

Opinnäytetyö AMK  
Rakennustekniikka  
Tuotantojohtaminen  
2012

Juha Kyynäräinen

# PUURUNKOISEN ILMANVAIHTOKONEHUONEEN TOTEUTUS VESIKATOLLE



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka | Tuotantojohtaminen

Syky 2012 | Sivumäärä 56+9

Ohjaaja: Esa Leinonen

Juha Kyynäräinen

## PUURUNKOISEN ILMANVAIHTOKONEHUONEEN TOTEUTUS VESIKATOLLE

Vanhoja rakennuksia peruskorjattaessa toimisto- ja liikerakennuksiksi tai niiden käyttötarkoitus muuttuu olennaisesti, asettaa ilmanvaihto omat vaatimuksensa. Tulo- ja poistoilmanvaihdosta huolehtivat suuret ilmanvaihtokoneet, jotka useimmiten sijoitetaan omaan ilmanvaihtokonehuoneeseensa. Kuten tässäkin tapauksessa, on suuret ilmanvaihtokonehuoneet helppo sijoittaa vesikatolle.

Opinnäytetyön tavoitteena oli vesikatolle rakennettavan ilmanvaihtokonehuoneen toteutuksen suunnittelu ja valvonta sekä puu- ja teräsrunkoisen toteutusvaihtoehdon vertailu. Työn lähtökohdina olivat arkkitehti- ja rakennesuunnitelmat, joiden mukaisesti työ toteutettiin. Tässä työssä käydään vaihe vaiheelta läpi puurunkoisen ilmanvaihtokonehuoneen toteutus vesikatolle työn suunnittelusta aina ilmanvaihtokoneiden asennukseen asti. Teräsrunkoisen ilmanvaihtokonehuoneen toteutusta peilataan toteutettuun puurunkoiseen ilmanvaihtokonehuoneeseen.

Opinnäytetyön aihe tuli Hartela Oy:ltä siellä suoritetun työpaikkaopintojakson aikana. Ilmanvaihtokonehuone toteutettiin Turku Port Centerin työmaalla, joka sijaitsee Turun satamassa.

Puurunkoisen ilmanvaihtokonehuoneen eduiksi muodostuivat materiaalien edullinen hinta, palokestävyys, työstettävyys työmaalla sekä edullisemmat nostokustannukset. Teräsrakenteiden etuja olivat pienet rakennemitat sekä nopeampi toteutus.

### ASIASANAT:

Ilmanvaihtokonehuone, puurunko, teräsrunko, toteutus, vertailu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Production Management

Autumn 2012 | Total number of pages 56+9

Instructor: Esa Leinonen

Juha Kyynäräinen

## CONSTRUCTING TIMBER-FRAMED VENTILATION MACHINE ROOM ON ROOFTOP

When old buildings are renovated for office and business use, or the building's use is essentially changed, the ventilation requirements change. Large machines take care of the ventilation and usually they are placed in a ventilation engine room. As in this case, the space-consuming ventilation engine rooms are easiest to place on the rooftop.

The objective of this thesis was to plan and supervise the construction of the ventilation machine room and compare the differences between timber and steel frames. The starting point of this work was the preparation of building and structural plans for the machine room. This thesis examines the construction of the timber-framed ventilation machine room step by step from the work planning until the installation of the ventilation equipment. The implementation of a steel-frame construction is compared to the ventilation engine room built.

The thesis was commissioned by Hartela Oy and the actual work was performed at the Turku Port Center site.

The benefits of the wooden frame are cheaper material costs, good fire resistance, workability on the site and cheaper lifting costs. The benefits of a steel frame are smaller structures and fast construction.

### KEYWORDS:

ventilation, engine room, timber-frame, steel-frame, execution, comparison

# SISÄLTÖ

<b>SANASTO</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 TURKU PORT CENTER</b>	<b>9</b>
<b>3 ILMANVAIHTOKONEHUONEEN TILANTARVE JA PALOTURVALLISUUS</b>	<b>11</b>
3.1 Ilmastointikonehuoneiden tilantarve toimisto- ja liikerakennuksissa	11
3.2 Ilmanvaihtokonehuoneen paloturvallisuus	13
<b>4 TOTEUTUKSEN SUUNNITTELU</b>	<b>15</b>
4.1 Toteutusmuoto	15
4.2 Logistiikka	15
4.3 Kosteudenhallinta	16
4.4 Työturvallisuus	17
<b>5 PURKUTYÖT</b>	<b>19</b>
5.1 Vanhat lämmöneristeet	19
5.2 Kivirakenteet	20
5.3 Vesikattorakenteet	20
<b>6 UUDET BETONIRAKENTEET JA LÄPIVIENNIT</b>	<b>21</b>
6.1 Vanhojen aukkojen umpeen valu	21
6.2 Palkit	21
6.2.1 Palkkimuottityö	22
6.2.2 Raudoitustyö	23
6.2.3 Betonityö	25
6.3 Pintabetonilattia	28
6.3.1 Pintabetonilattian alusta	28
6.3.2 Pintalaatta	29
6.3.3 Hierto ja jälkihoito	31
6.4 Läpiviennit	31
<b>7 RUNKO- JA VESIKATTOTYÖ</b>	<b>32</b>
7.1 Seinät	32

7.2 Vesikattorakenteet	34
7.2.1 Kattoristikoiden asennus	34
7.2.2 Ruodelaudoitus	39
7.2.3 Kattoluukut	40
7.3 Vesikate	41
<b>8 LÄMMÖNERISTYS, LEVY- JA PINTATYÖT</b>	<b>43</b>
8.1 Lämmöneristys ja höyrynsulku	43
8.2 Levytyö	45
8.3 Pintatyöt	46
8.3.1 Seinät ja katto	46
8.3.2 Lattia	47
8.3.3 Julkisivuverhous	48
<b>9 IV-KONEIDEN NOSTO JA UUSIEN RAKENTEIDEN LIITTYMINEN VANHOIHIN RAKENTEISIIN</b>	<b>50</b>
9.1 IV-koneiden nosto ja asennus	50
9.2 Uusien rakenteiden liittyminen vanhoihin rakenteisiin	51
9.2.1 Vanha lapekatto	51
9.2.2 Palomuuuri	52
9.2.3 Porrashuoneiden vesikatto	52
<b>10 TERÄS- JA PUURAKENTEISEN IV-KONEHUONEEN VERTAILU</b>	<b>53</b>
<b>11 YHTEENVETO</b>	<b>55</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>56</b>

## **LIITTEET**

Liite 1. IV-koneiden vaikutusalue.

Liite 2. Pohjapiirustus, 3. krs.

Liite 3. Uudet palkit taso +14.310, raudituspiirustus.

Liite 4. IV-konehuoneen leikkaukset.

Liite 5. IV-konehuoneen tasopiirustus ja ulkoseinäkaavio.

Liite 6. Palavillan muutoslaskelma puhallusvillaksi.

Liite 7. IV-konehuoneen työmenekkilaskelmat.

## KUVAT

Kuva 1. Havainnekuva Turku Port Centerin uudesta julkisivusta.	9
Kuva 2. Vanha vesikatto, jonka kohdalle uusi IV-konehuone toteutettiin.	10
Kuva 3. Konehuoneen pinta-ala rakennustilavuuden mukaan.	11
Kuva 4. Konehuoneen vapaa korkeus konehuoneen pinta-alan mukaan.	13
Kuva 5. Vanhoja vesikattorakenteita käytettiin sääsuojana.	17
Kuva 6. Vesikaton suojakaiteet.	18
Kuva 7. Vesikaton vanhat pukkiristikot.	19
Kuva 8. IV-konehuoneen leikkaus.	21
Kuva 9. Palkkimuotit.	23
Kuva 10. Palkin raudoitus.	24
Kuva 11. Nopeasti kovettuvan betonin suhteellisen lujuuden kehitys kypsyysikänsä funktiona.	27
Kuva 12. Pintabetonilattian alusta.	28
Kuva 13. Pintabetonilattian tartuntaharjaus.	30
Kuva 14. Läpivientien palokatko.	31
Kuva 15. IV-konehuoneen leikkaus.	32
Kuva 16. Puurungon pystytys.	33
Kuva 17. Vinotuen kiinnitys holviin.	34
Kuva 18. Kattoristikokaavio.	35
Kuva 19. Kattoristikoiden tuenta.	36
Kuva 20. Kattoristikoiden väliin asennettava tuulenohjain.	37
Kuva 21. Yläpohjan kulkusillat.	38
Kuva 22. Kattoon jätetty nostoaukko.	38
Kuva 23. IV-konehuoneen yläpohjan rakenneleikkauskuva.	39
Kuva 24. Kattoluukun osat.	40
Kuva 25. Saumatun peltikatteen asennus. Äänenvaimennuskaista edessä.	41
Kuva 26. Vanhat vesikattorakenteet purettiin uuden vesikaton alla.	42
Kuva 27. IV-konehuoneen ulkoseinän rakennetyyppi.	43
Kuva 28. Seinän lämmöneristys ja höyrynsulku.	44
Kuva 29. Vanhan puhallusvillaeristeen takaisin puhallus.	45
Kuva 30. Katon levytys.	46
Kuva 31. Polyuretaanipinnoitettu lattia.	48
Kuva 32. Vasemmalla länsipuolen julkisivupelti. Oikealla itäpuolen sadetakkipelti ja IV-kanavien säleiköt.	49
Kuva 33. IV-koneiden nosto.	50
Kuva 34. IV-koneet ja -kanavat asennettuna.	51

## TAULUKOT

Taulukko 1. Betonin kypsyysikä.	26
Taulukko 2. Teräs- ja puurunkoisen IV-konehuoneen kustannukset.	54

## SANASTO

A2-s1, d0	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu. Savuntuotto on erittäin vähäistä. Palavia pisaroita tai osia ei esiinny. (RT RakMK-21201.)
B-s1, d0	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu. Savuntuotto on erittäin vähäistä. Palavia pisaroita tai osia ei esiinny. (RT RakMK-21201.)
DFL-s1	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä. Savuntuotto on erittäin vähäistä. (RT RakMK-21201.)
Ilmanvaihtokonehuone	Huonetila, johon erilaiset ilmastointi- ja/tai ilmansiirtolaitteet on sijoitettu (RT RakMK-21219).
P1-luokan rakennukset	Tavallisesti kolme- tai useampikerroksisia. Kerrostalot ovat yleensä P1-luokan rakennuksia. (RT 08-10808 2003.)
P2-luokan rakennukset	Yleensä 1–2-kerroksisia, asuin- ja työpaikkarakennukset voivat kuitenkin olla myös 3–4-kerroksisia. Teollisuus-, varasto- ja myymälähallit ovat tyypillisiä P2-luokan rakennuksia. (RT 08-10808 2003.)
P3-luokan rakennukset	Rajoitettu kooltaan, käyttötavaltaan ja henkilömääriltään. Pientalot ovat tavallisimpia P3-luokan rakennuksia. (RT 08-10808 2003.)
Palo-osasto	Rakennuksen osa, josta palon leviäminen on määrätyn ajan estetty osastoivin rakennusosin tai muulla tehokkaalla tavalla. (RT RakMK-21201.)
Suojaverhous	Huonetilan puoleisen pinnan muodostava verhous, joka määrätyn ajan suojaa sen takana olevan rakenteen syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta. (RT RakMK-21201.)
T3-aika	Tehollinen aika, työvuoroaika. (Ratu KI-6015 2007.)

# 1 JOHDANTO

Vanhoja rakennuksia peruskorjattaessa toimisto- ja liikerakennuksiksi tai niiden käyttötarkoitus muuttuu olennaisesti, asettaa ilmanvaihto omat vaatimuksensa. Turun satamassa sijaitseva Linnankiinteistö peruskorjattiin Åbo Akademi-säätiön toimesta satama- ja merenkulun toimintoihin liittyväksi toimintakeskukseksi, Turku Port Centeriksi. Suuret ilmanvaihtokoneet vaativat paljon tilaa ja vanhoissa rakennuksissa tämä asettaa usein suuria haasteita.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja valvoa ilmanvaihtokonehuoneen toteutusta Turku Port Centerin työmaalla sekä vertailla puu- ja teräsrunkoisen ilmanvaihtokonehuoneen toteutusta ja kustannuksia.

Opinnäytetyössä selvitetään, kuinka määritellään ilmanvaihtokonehuoneiden tilan tarve, mitä paloturvallisuusvaatimuksia ilmanvaihtokonehuoneille asetetaan sekä käydään vaihe vaiheelta läpi puurunkoisen ilmanvaihtokonehuoneen toteutus vesikatolle vanhojen rakenteiden purusta IV-koneiden asennukseen asti. Alkuperäisen suunnitelman mukaisen teräsrunkoisen ilmanvaihtokonehuoneen toteutusta verrataan toteutuneeseen puurunkoiseen ilmanvaihtokonehuoneeseen.



## 2 TURKU PORT CENTER

Rakennuskohde on 1944 alkaen Tukolle rakennettu elintarvikkeiden varasto-, tuotanto- ja tukkukauppakiinteistö. Viime vuosina rakennuksessa on toiminut kirjo vuokralaisia, pienyrittäjiä ja taiteilijoita. Rakennus korjattiin toimisto- ja opetuskäyttöön sekä toimintaa tukeviksi ravintola- ja neuvottelutiloiksi (kuva 1).

Rakennuksessa on paikalla valettu betonirunko ja muuratut ja rapatut julkisivut. Rakennus on osittain perustettu peruskallion varaan ja osittain paaluanturoille.

Rakennuksen talotekniikka uusittiin kokonaan kiinteistöliittymiä myöten. Alkuperäisiä hissikuiluja käytettiin talotekniikan pystykuiluina.

Suunnitelmien mukaan kohteen likimääräinen laajuus:

- kokonaisala 26 500 m<sup>2</sup>
- kerrosala 21 500 m<sup>2</sup>
- tilavuus 95 000 m<sup>3</sup> (Pöyry 2011).



Kuva 1. Havainnekuva Turku Port Centerin uudesta julkisivusta (Pöyry 2011).

Tässä työssä käsitelty IV-konehuone tehtiin vesikatolle kahden porrashuoneen väliin siten, että porrashuoneiden ja IV-konehuoneen vesikaton harjat olivat yhtenäiset. Kuvassa 2 näkyy porrashuoneiden vesikatot, jotka olivat muuta vesikattoa korkeammat. Vanhat vesikatot olivat profiilipellillä katettuja lapekattoja.

IV-konehuoneen rakennustekniset työt aloitettiin tammikuussa 2012. IV-koneiden asennus alkoi huhtikuun alussa.



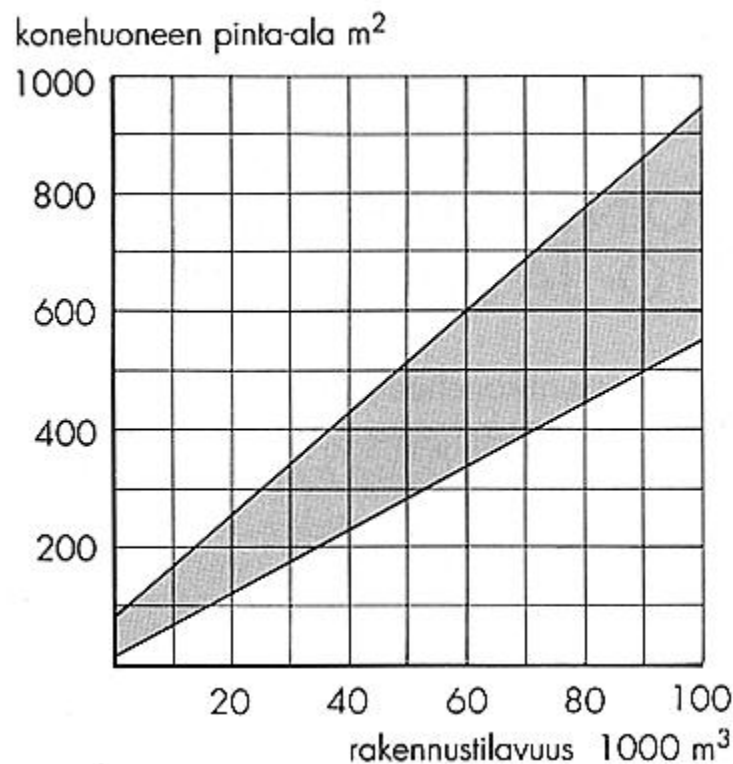
Kuva 2. Vanha vesikatto, jonka kohdalle uusi IV-konehuone toteutettiin.

### 3 ILMANVAIHTOKONEHUONEEN TILANTARVE JA PALOTURVALLISUUS

#### 3.1 Ilmastointikonehuoneiden tilantarve toimisto- ja liikerakennuksissa

Tilanvarausohjeita käytetään arkkitehtisuunnittelun luonnosvaiheessa arvioitaessa ilmastoinnin ja ilmastointikonehuoneiden tilantarvetta ja sijoitusta. Annetut tilanvarausohjeet ovat alustavia ja toimivat suunnittelun pohjana. Lopulliset tilantarpeet määrittää LVI-suunnittelija valitun ilmastointijärjestelmän perusteella. (RT 92-10478 1992.)

Kuvassa 3 esitetään konehuoneen pinta-ala rakennuksen tilavuuden mukaan. Konehuoneen mitoituksessa suositellaan käytettäväksi käyrien keskialuetta. Jos rakennuksessa on runsaasti esimerkiksi liike- ja autohallitiloja, käytetään ylemmää käyrää. (RT 92-10478 1992.)



Kuva 3. Konehuoneen pinta-ala rakennustilavuuden mukaan (RT 92-10478 1992).

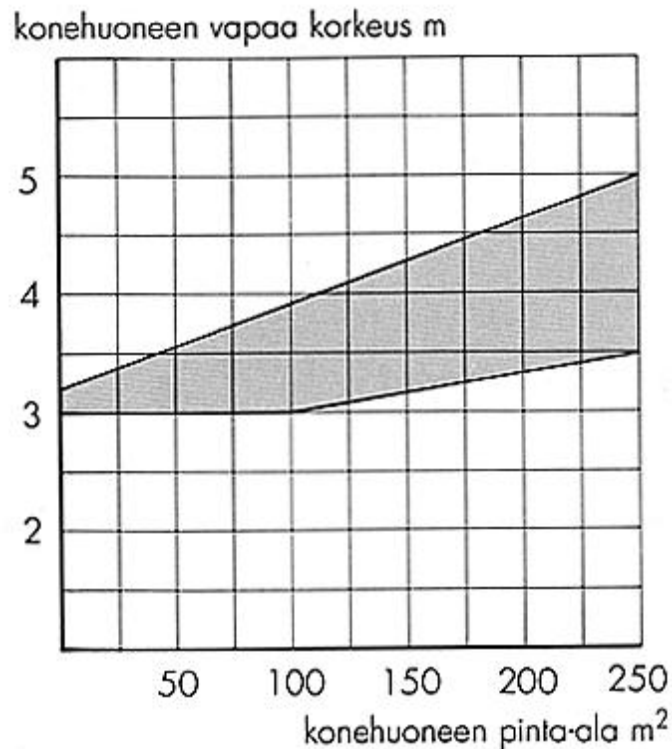
IV-koneiden vaikutusalue on esitetty liitteessä 1. Tässä työssä käsitellyn konehuoneen IV-koneet ovat TK06/PF06, jonka vaikutusalueet ovat 1. ja 1P kerroksessa, sekä TK11.1/PF11.1 ja TK11.2/PF11.2, jotka vaikuttavat 2. kerroksessa. Näiden IV-koneiden vaikutusalueen rakennustilavuus on noin 16 000 m<sup>3</sup>. Tällöin kuvan 3 mukaan IV-konehuoneen pinta-ala tulisi olla noin 200–250 m<sup>2</sup>. IV-konehuoneen pinta-ala oli 260 m<sup>2</sup>.

Kuvassa 4 esitetään tarvittava konehuoneen vapaa korkeus konehuoneen pinta-alan mukaan. Korkeuteen vaikuttavat esimerkiksi seuraavat asiat:

- kun tuloilma- ja poistoilmakone ovat päällekkäin (esimerkiksi käytettäessä ns. pyörivää lämmöntalteenottolaitetta) korkeusvaatimus kasvaa
- kun kanavia joudutaan asentamaan ilmastointikoneiden yläpuolelle, tarvitaan korkeutta huomattavasti lisää.

Tavallisen toimisto- ja liikerakennuksen konehuoneen vapaa korkeus on yleensä 3,0...3,8 m. Vapaan korkeuden ei tule olla alle 3,0 m. (RT 92-10478 1992.)

Kuvan 4 mukaan 260 m<sup>2</sup>:n konehuoneen vapaa korkeus tulisi olla 3,5–5 m:iä. Konehuoneen vapaa korkeus oli 3,4 m:iä.



Kuva 4. Konehuoneen vapaa korkeus konehuoneen pinta-alan mukaan (RT 92-10478 1992).

### 3.2 Ilmanvaihtokonehuoneen paloturvallisuus

Suomen rakentamismääräyskokoelma E7 kertoo ilmanvaihtokonehuoneen paloturvallisuudesta seuraavanlaisesti:

- Keskusilmanvaihtolaitteiston koneet sijoitetaan palotekniset vaatimukset täyttävään konehuoneeseen tai kammioon. Tämä ei ole tarpeen, jos koneet on sijoitettu rakennuksen ulkopuolelle siten, ettei niistä aiheudu palon leviämistä.
- Mikäli yhtä palo-osastoa palvelevan ilmanvaihtolaitteiston koneet sijaitsevat toisen palo-osaston alueella, ne paloeristetään kohdan 4.3 mukaisesti tai sijoitetaan vastaavan palonkestovaatimuksen täyttävään koteloon tai osastoituun konehuoneeseen.
- Keskusilmanvaihtolaitteiston konehuone tai kammio muodostetaan omaksi palo-osastoksi. P1-luokan rakennuksessa osastointi tehdään A2-s1, d0-luokan rakennusosin EI 60-luokkaisesti.

- P2-luokan 3–4-kerroksisessa asuin- ja työpaikkarakennuksessa osastointi tehdään EI 60-luokkaisesti. Muissa P2-luokan rakennuksissa osastointivaatimus on EI 30. Näiden tilojen sisäpuolisten seinä- ja kattopintojen luokkavaatimus on B-s1, d0. Tarvittaessa sisäpinnat varustetaan RakMK E1 kohdan 8.2.3 mukaisella suojaverhouksella.
- P3-luokan rakennuksissa osastointi tehdään EI 30-luokkaisin rakennusosin. Sisäpuolisten seinä- ja kattopintojen luokkavaatimus on B-s1, d0.
- Ilmanvaihtokonehuoneen tai kammion lattia tehdään vähintään D<sub>FL</sub>-s1-luokan rakennustarvikkeista.
- Konehuoneen ja kammion oven palonkesto-aika on vähintään puolet seinän palonkestoajasta. (RT RakMK-21219.)

Rakennus kuuluu P1-luokkaan. Tämän vuoksi IV-konehuone on osastoitu EI 60-luokkaisesti ja ovien palonkesto-aika on EI30, joka on puolet seinän palonkestoajasta.

IV-konehuoneen sijaitessa osittain tai kokonaan vesikaton yläpuolella osastoidaan konehuone 300 mm vesikaton yläpuolelle. Mikäli samassa rakennuksessa on eri korkeudella olevia kattoja ja ilmanvaihtokonehuone sijaitsee alemmalla katolla, huolehditaan siitä, ettei palo pääse nopeasti leviämään konehuoneesta korkeammassa osassa sijaitsevaan toiseen palo-osastoon. Tästä syystä konehuoneen sijaitessa alle neljän metrin etäisyydellä korkeamman osan ulkoseinästä tehdään konehuoneen taikka korkeamman osan ulkoseinät ja tarvittaessa konehuoneen katto osastoivana rakennusosana neljän metrin etäisyyteen. (RT RakMK-21219.)

## 4 TOTEUTUKSEN SUUNNITTELU

### 4.1 Toteutusmuoto

Projektin urakkamuotona oli jaettu urakka. Rakennusteknisten töiden urakoitsija toimi pääurakoitsijana ja lainsäädännön tarkoittamana päätoteuttajana. Putki-, ilmanvaihto-, rakennusautomaatio-, sprinkleri- ja sähkötöiden urakat sekä hissi-työt toteutettiin pääurakkaan alistettuina sivu-urakoina.

Tässä työssä käsitellyn ilmanvaihtokonehuoneen rakennustekniset työt ja purkutyöt päätettiin toteuttaa aliurakoina. Pääurakoitsijan tehtäväksi jäivät avustavat työt, materiaalihankinnat, nostot sekä työnjohto. Kiinnikkeet kuuluivat aliurakoitsijalle.

### 4.2 Logistiikka

Rakennettava IV-konehuone sijaitsi 3. kerroksessa. Ainut kulkumahdollisuus konehuoneeseen oli porrashuoneiden kautta. 3. kerroksen pohjapiirustus on esitetty liitteessä 2. Jätehuolto päätettiin järjestää siten, että aluksi hyödynnettäisiin pystysirroissa vanhaa hissikuilua sekä 2. kerroksessa olevaa nostoaukkoa. 2. kerroksen nostoaukosta saatiin kurottajan avulla tavaraa rakennukseen sisälle sekä ulos. Myöhemmin nostettaisiin vesikatolle IV-konehuoneen läheisyyteen maannostoastiat jäteastioiksi sen jälkeen, kun vanhan vesikaton rakenteet olisi ensin purettu. Täydet maannostoastiat nostettaisiin alas nosturilla ja tyhjennettäisiin sen vieressä oleviin jätelavoihin. Jätteet lajiteltiin puu-, metalli- sekä sekajätteiksi.

Materiaalien siirrot suunniteltiin tehtäväksi nosturilla, joka sijaitsi rakennuksen eteläpuolella. Alkuvaiheessa muottitarvikkeet jouduttiin viemään käsin porrashuoneen kautta 2. kerroksesta. Palkkien harjateräkset nostettiin nosturilla porrashuoneen kapean ikkunan kautta. Jos harjateräkset olisi tuotu käsin porrashuoneen kautta, olisi ne jouduttu lyhentämään ja tällöin olisi mennyt enem-

män harjaterästä jatkosten vuoksi. Kun vanhat vesikattorakenteet saatiin purettua IV-konehuoneen vierestä, kyettiin materiaalit nostamaan holvin päälle mahdollisimman lähelle IV-konehuonetta. Tämän vuoksi päätettiin jättää IV-konehuoneen ulkoseinään nostoaukko moduulin 7 kohdalle suurien IV-kanavien ja sähkökeskusten sisälle saamiseksi. IV-konehuoneen kattoon päätettiin jättää nostoaukko IV-koneiden nostoa varten. Suurimmat koneen osat olivat noin 1500 mm × 2000 mm. Tämän vuoksi nostoaukon kohdalta jätettiin kolme kattoristikkoa asentamatta, jolloin nostoaukoksi jäi 2700 mm × 6000 mm. Kattoristikoiden noston ajaksi jouduttiin nosturia siirtämään rakennuksen länsipuolelle, josta se yletyi koko IV-konehuoneen osalle. Nosturi pyrittiin pitämään rakennuksen eteläpuolella, koska siitä se kykeni palvelemaan useimpien kerrosten nostotarvetta.

Betonin pumppauskalusto valittiin huolella. Autobetonipumpun valintaan vaikuttivat kohteen korkeus maanpinnalta sekä vaakaetäisyys rakennuksen reunalta. Betoniletku päätettiin ottaa sisälle kattoluukun kautta, joka sijaitsee IV-konehuoneen keskellä. Tällä tavalla kyettiin valamaan palkit autobetonipumpua siirtämättä ja mahdollisimman lyhyellä pumppauslinjalla. Toinen vaihtoehto olisi ollut valaa kummastakin päästä rakennusta, mutta tällöin linjasta olisi tullut todella pitkä ja pumppua olisi jouduttu kuitenkin siirtämään toiseen päähän rakennusta. Pintabetonilattia valettiin kahdesta kohtaa, IV-konehuoneen keskellä olleen kattoluukun kautta sekä IV-konehuoneen päähän tehdyn väliaikaisen kattoluukun kautta. Betonin pumppauskalustoksi valittiin autobetonipumppu, jonka puomi oli 34/30m.

#### 4.3 Kosteudenhallinta

Koska tulevan IV-konehuoneen alapuolisissa tiloissa oli käynnissä sisävalmistusvaiheen töitä, oli estettävä kosteuden pääsy näihin tiloihin. Erilaisilla sääsuojilla kyetään suojaamaan rakennuskohde. Tässä tapauksessa päätettiin hyödyntää vanhoja vesikattorakenteita sääsuojana. Vanhat vesikattopellit purettaisiin juuri ennen puurunkotyötä, jolloin jätettäisiin vanha aluskate suojaksi (ku-



va 5). Runko tuotaisiin aluskatteen läpi ja uudet vesikattorakenteet tehtäisiin vanhan vesikaton yläpuolelle. Vanhat vesikattorakenteet purettaisiin uuden vesikaton suojassa, jolloin IV-konehuone ei olisi missään vaiheessa ilman sääsuojaa.



Kuva 5. Vanhoja vesikattorakenteita käytettiin sääsuojana.

#### 4.4 Työturvallisuus

IV-konehuoneeseen johtavat porrashuoneet ja koko IV-konehuone valaistiin loisteputkivalaisimilla. IV-konehuoneen valaisimet kiinnitettiin kattoon ja porrashuoneen valaisimet kiinnitettiin porraskaiteiden välijohteisiin.

Kuilujen ja IV-kanavien läpivientien ympärille asennettiin kaiteet putoamissuojaukseksi. Säätettävälle lapekatolle tehtiin puiset kaiteet (kuva 6), jotta katon päällä kyettiin työskentelemään turvallisesti.



Kuva 6. Vesikatonkaton suojakaiteet.

Vesikatolla työskennellessä käytettiin turvavaljaita, jos putoamissuojausta ei ollut muulla tavoin hoidettu. Vesikatolla työskennellessä tuli aina noudattaa erityistä varovaisuutta putoamissuojauksesta huolimatta.

## 5 PURKUTYÖT

### 5.1 Vanhat lämmöneristeet

Yläpohjan vanhat puhalletut lämmöneristeet imettiin pois kokonaan vanhaan holviin asti suurtehoimurilla, pakattiin paaleiksi ja varastoitiin työmaalle uusiokäyttöä varten. Kuvassa 7 näkyy vanhat pukkiristikot sekä suurtehoimurin imuputki. Eristeet imettiin 2–3 metriä uutta IV-konehuonetta laajemmalta osalta, jotta työskentely olisi helpompaa. Eristeet puhallettiin takaisin vanhalle osalle IV-konehuoneen valmistuttua. Näin kyetään uusiokäyttämään vanhat rakennuseristeet. Puhalluseristeet voidaan uusiokäyttää joko samassa kohteessa tai täysin eri kohteessa. Vanha puhalluseriste pakattiin paaleiksi ja suojattiin.



Kuva 7. Vesikaton vanhat pukkiristikot.

## 5.2 Kivirakenteet

Vanhat tiilihormit purettiin käsin koko vanhan yläpohjan alueelta. Keskellä oleva tiilestä muurattu palomuuuri purettiin myös käsin IV-konehuoneen osalta. Palomuuuri jätettiin IV-konehuoneen viereiseen yläpohjaan ja se liitettiin konehuoneen seinään palotiiviisti.

Purkujätteet poistettiin vanhan hissikuilun kautta 1. kerrokseen, josta ne poistettiin Bobcatin avulla rakennuksesta.

IV-konehuoneen ja porrashuoneiden väliset seinät olivat siporex-harkkoa. Alkuperäisten suunnitelmien mukaan oli tarkoituksena tehdä 2100 mm × 2000 mm:n oviaukot siporex-seinään. Töiden edetessä päätettiin kuitenkin purkaa koko siporex-seinät kantavaan teräsbetonipalkkiin asti, koska harkot eivät olleet missään kiinni. Myös IV-kanavat olisivat vaatineet suuret aukot siporex-seinään, joten oli järkevintä purkaa seinät kokonaan.

## 5.3 Vesikattorakenteet

Vanhan vesikaton kannatteina toimivat paikalla rakennetut pukkiristikot. Pystytolpat katkaistiin IV-konehuoneen kohdalta siten, että töitä kyettiin tekemään vanhan katon alla säänsuojassa.

Vanha peltikate purettiin kokonaan pois ja aluskate jätettiin paikoilleen. Uusi puurunko tuotiin aluskatteen läpi ja uusi vesikatto tehtiin valmiiksi, jonka jälkeen vasta purettiin loput puurakenteet.



mm vanhassa ja 125 mm uudessa rakenteessa. Tartunnat injektoitiin Hiltin Hit-Hy150 Max -ankkurointimassalla vanhaan betoniin.

### 6.2.1 Palkkimuottityö

Muottityö aloitettiin palkkien sijaintien mittauksella. Holviin kiinnitettyjä vanhoja pukkiristikoiden alasidepuita hyödynnettiin palkkimuottien teossa. Alasidepuihin mitattiin ja merkittiin palkkien sijainti. Alasidepuut katkaistiin suoraksi linjattujen merkkien kohdalta. Alasidepuihin kiinnitettiin muotin alajuoksu. Alajuoksun sisäpuolelle kiinnitettiin korokelautoja koolaukseksi. Juoksun ulkopuolelle kiinnitettiin joka toisen alasidepuun kohdalle tukilaudat. Lautojen väliin kiinnitettiin yläjuoksu ja tihennettiin pystykoolausta. Ensimmäisen muottipuoliskon muottilevyt naulattiin muottipinnaksi. Toinen muottipuolisko koottiin vastaavalla tavalla. Muottilevytyksen pystysuoruus tarkistettiin vesivaa'alla. Muotit tuettiin vinositeillä aluspuihin (kuva 9). Tukilautojen välille kiinnitettiin sidelaudat, ettei betonimassan valupaine pääse levittämään muottia. Korkeissa ja suuren valupaineen alaisissa rakenteissa käytetään lisäksi muottisiteitä. (Ratu 21-0270 2005.)



Kuva 9. Palkkimuotit.

### 6.2.2 Raudoitustyö

Palkkien rauditus koostui työ- ja vetoteräksistä sekä haoista. Palkin pituus-suuntainen rauditus ottaa taivutuksen aiheuttamat vetojännitykset. Siksi se on kentässä alapinnassa ja jatkuvilla tuilla yläpinnassa. Vetoraudituksen ja puristuspuolen betonin yhteistoiminta turvataan aina hakaraudoituksella. Jos leikkaus otetaan haoille, joudutaan niitä usein lisäämään tukien läheisyyteen. (Suomen betoniyhdistys ry 2004.)

Rauditus voidaan tehdä joko irtoteräksillä tai raudoituselementtinä. Matalampaan palkkiin valmistettiin raudoituselementti, joka koottiin palkkimuotin päällä ja se laskettiin valmiin palkkimuotin sisälle ja kiinnitettiin rauditusvälikkeisiin. Rauditusvälikkeiden tehtävänä on varmistaa riittävä suojabetonin paksuus.

Korkeamman palkin raudoitus tehtiin irtoteräksillä. Ensimmäiseksi kiinnitettiin Peikon työsaumaraudoite muottivaneriin ja porattiin reiät ripustusteräksille muottivanerin läpi. Asennustangot nostettiin paikoilleen ja kiinnitettiin muottiin naulattuihin raudoitusvälikkeisiin. Asennustankoina käytettiin varsinaisia raudoitustankoja. Palkin haat sidottiin asennusteräksiin ja ripustusteräkset kiinnitettiin hakoihin. Lopuksi palkkiteräkset sidottiin hakateräksiin. Kuvassa 10 korkeampi palkki raudoitettuna.



Kuva 10. Palkin raudoitus.

Korkeamman palkin raudoitukset on esitetty uusien palkkien raudoituskuvassa (liite 3). Raudoituskuvassa esitetyt palkit 1, 2 ja 3 ovat IV-konehuoneen korkea palkki. Korkeampi palkki toimii osana vesikaton uutta laattaa, johon työsauma ja ripustusteräkset liittyvät. Matalamman palkin raudoitus ilmenee IV-konehuoneen leikkauskuvasta (liite 4).

Raudoitustyön jälkeen palkkimuotti tuplattiin ja tuettiin. Alasidepuun kiinnitykseen tarkoitetut kierretangot laitettiin valun yhteydessä palkkeihin.



### 6.2.3 Betonityö

Palkkien valu oli tammikuun lopulla. Kylmä vuodenaika sekä hankala sijainti toivat omat haasteensa, jotka tuli ottaa huomioon jo betonointityötä suunniteltaessa. Kovettuvan betonin lujuuskehitys riippuu ratkaisevasti lämpötilasta. Betonin tavoitelujuus saavutetaan 28 vrk:ssa +20 °C:een lämpötilassa, kun koostumus ja työsuoritus ovat virheettömät. Matalammassa lämpötilassa kovettuminen hidastuu, korkeammassa nopeutuu. Erikoisen vaarallista lujuuskehitykselle on betonin jäätyminen kovettumisen varhaisessa vaiheessa. (Suomen betoniyhdistys ry 2004.)

Ulkoilman lämpötilan ollessa alhainen vaaditaan erikoistoimia, jotta betoni saisi riittävästi lämpöä kovettuakseen moitteettomasti. Betoniteknologian kannalta kylmä kausi käsittää koko sen ajanjakson, jolloin vuorokauden keskilämpötila saattaa laskea alle +5 °C:een. Kylmä sää vallitsee Suomessa lähes 2/3 vuotta. Muita huomioitavia säätekijöitä ovat lumisateet sekä tuuli. Tuuli lisää talvioloissa lämmön siirtymistä ja edistää kosteuden haihtumista. (Suomen betoniyhdistys ry 2004.)

Betonitekniiikan oppikirja kertoo kylmyyden asettamista erikoisvaatimuksista betonoinnin ja jälkihoidon osalta seuraavanlaisesti:

”Lähtöpinnat, kuten aikaisemmin valettu betoni, kallio, perusmaa ja muotti lämmitetään tarvittaessa ennakolta siten, että betonin jäätyminen estetään. Lumi ja jää poistetaan tai sulatetaan muoteista ja raudoituksesta.”

”Jälkihoidossa on huolehdittava, että betonilla on lujuuden kehittymiseen sopivat olosuhteet. Se edellyttää, että vastavaletut rakenteet suojataan ja lämpöeristetään. Rakenteiden lämmityksen tarkoituksena on estää betonin jäätyminen ja taata riittävä lämpötila betonin kovettumisreaktiolle. Betonin lujuudenkehitystä seurataan lämpötilamittauksin, kovettuvan betonin vieressä samoissa olosuhteissa säilytettyjen koekappaleiden avulla tai erityisillä lujuudenkehi-

tystä ilmaisevien mittareiden avulla.” (Suomen betoniyhdistys ry 2004.)

Koska betonointityö tehtiin vanhan vesikaton suojassa, pystyttiin luomaan hyvät olosuhteet betonointityölle. Tilaa lämmitettiin yli +5 °C:ksi. Myös vanhan holvin pintalämpötila oli vähintäänkin +5 °C:ta.

Betonin lujuudenkehitystä nopeutettiin käyttämällä nopeasti kovettuvaa betonia. Nopeasti kovettuvalla rakennebetonilla on nopea varhaislujuudenkehitys. Se saavuttaa jo 7 vuorokaudessa normaalin betonilaadun 28 vuorokauden lujuustason. (Rudus 2012a.)

Valetut palkit suojattiin heti routamatolla, jotta saatiin pienennettyä lämpöhäviötä. Betonin lujuudenkehitystä seurattiin säännöllisten lämpötilamittausten ja niiden avulla lasketun kypsyysikä perusteella. Taulukossa 1 on esitetty betonin lämpötilat ja kypsyysikä.

Sadgroven menetelmässä betonin kypsyysikä  $t_{20}$  lasketaan kaavalla

$$t_{20} = ((T + 16^{\circ}\text{C})/36^{\circ}\text{C})^2 \times t$$

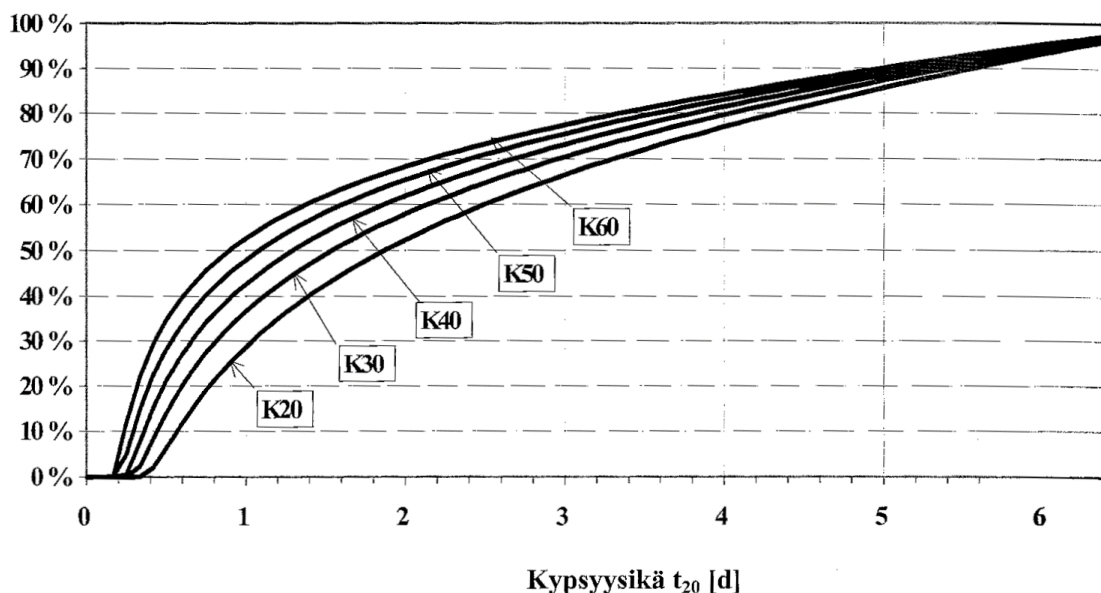
missä T on betonin lämpötila aikana t (°C)

t on kovettumisaika (d) .

Taulukko 1. Betonin kypsyysikä.

Aika valusta vuorokausina t (d)	Aikaväli t (d)	Lämpötila T (°C)	Keskilämpötila aikavälillä	Kypsyysikä t <sub>20</sub> aikavälillä ((T+16°C) / 36°C) <sup>2</sup> x t	Kypsyysikä Σ t <sub>20</sub> (d)
0	0	20			
1	1	16	18	0,79	0,79
2	1	7	11,5	0,41	1,20
3	1	2	4,5	0,25	1,45
4	1	-4	-1	0,11	1,56

Betonin lujuus saadaan kaaviosta, joissa on esitetty kypsyysiän funktiona betonin suhteellinen lujuus eri lujuusluokissa. Normaalisti ja nopeasti kovettuville betoneille on omat kaavionsa. Kuvassa 11 on esitetty nopeasti kovettuvan betonin suhteellisen lujuuden kehitys kypsyysiän funktiona.



Kuva 11. Nopeasti kovettuvan betonin suhteellisen lujuuden kehitys kypsyysiän funktiona (Suomen betoniyhdistys ry 2004).

3 vuorokauden jälkeen betonin kypsyysikä on 1,45 vuorokautta. Käytetty betoni oli lujuusluokaltaan K35. Betoni on kuvan 11 mukaan saavuttanut 50 % lujuudestaan 3 vuorokaudessa, eli betonin sen hetkinen lujuus on ollut noin 17,5 MN/m<sup>2</sup>. Betoni on jäänyt 3 vuorokauden jälkeen, mutta se on siihen mennessä ylittänyt jäätymslujuuden, joka on kaikilla lujuuksilla 5 MN/m<sup>2</sup>.

Muotit voitiin purkaa parin päivän päästä valusta, vaikka betoni ei ollut vielä saavuttanut 60 % lujuudestaan, joka on suositeltava muottien purkamislujuus. Muotit voitiin kuitenkin purkaa ennen tätä lujuutta, koska palkkeja ei kuormitettu lainkaan ja ne olivat täysin vanhan holvin päällä.

## 6.3 Pintabetonilattia

### 6.3.1 Pintabetonilattian alusta

Pintabetonin alustana toimi vanha holvilaatta. Ennen pintalattiavalua asennettiin viemärit ja lattiakaivot. Vanha holvin pinta imuroitiin puhtaaksi ja pinta kasteltiin kosteaksi paremman tarttuvuuden varmistamiseksi ennen valua (kuva 12).



Kuva 12. Pintabetonilattian alusta.

Alusta on hyvä kastella 1–2 vuorokautta ennen valua paremman tartunnan saavuttamiseksi. Suositeltavaa on, että alustan pinta on mattakostea ennen valun aloittamista mutta ei kiiltelevän märkä. Liian kuiva pinta on vähemmän haitallinen tartunnan kannalta kuin liian märkä. Pintalaatan kiinnipysymisen kannalta tärkeintä on, että alustan pinta on puhdas. (Betoniteollisuus ym. 2012.)

### 6.3.2 Pintalaatta

Koska IV-konehuoneeseen oli vaikea saada suuria rakennusmateriaaleja sisälle vesikattoa aukaisematta, päätettiin korvata raudoitettu lattia kuitubetonilattialla. Kuitubetonilla saavutettiin myös muita etuja. Raudoitetulla lattialla tarkoitetaan normaalilla verkkorauδοitteella vahvistettua lattiaa.

Teräskuiduilla voidaan korvata maanvaraisen tai pintabetonilattian tavanomaiset raudoitteet, mikä helpottaa lattiatöitä, esimerkiksi tartuntalaastin harjausta tekeillä olevan pintabetonilattian alustaan. Lisäksi tavanomaisen raudoituksen käytön yhteydessä vaikeutena on ollut raudoitusverkon oikea sijoittuminen valutyön yhteydessä. Kuitubetonilattiasta saadaan edullisemmän raudoitusjakautuman vuoksi sitkeämpi rakenne, jolloin halkeamat on paremmin hallittavissa. Kuitubetonilattiassa, kuten normaalirauδοitteisessa vaihtoehdossakin, kutistuma- liikkeet on hallittava liikuntasaumoilla. Laatasta voidaan tehdä myös ohuempi kuin normaalirauδοitetusta lattiasta. (Suomen betoniyhdistys ry 2004.)

Liikuntasauma sallii laatan pitenemisen, lyhenemisen ja kiertymisen. Liikuntasaumassa laatta on yleensä kokonaan poikki. Rakenteen tulee olla sellainen, että sauma pystyy siirtämään saumarakenteen kautta pystysuuntaisia kuormituksia tai laatan reunan tulee olla vahvistettu estämään sellainen taipuminen kuorman alla, että saumaan syntyvä kynnys heikentäisi sauman kestävyyttä ja häittäisi liikennöitävyyttä. Liikuntasauma tehdään aina sinne, missä rakennuksen runkokin on liikuntasauamalla jaettu osiin. (Suomen betoniyhdistys ry 2004.)

Liikuntasaumaraudat asennettiin rakennuksen liikuntasaumojen kohdalle. IV-konehuoneen osalla oli kaksi liikuntasaumaa.

Teräskuitubetonissa on tasaisesti jakautuneena teräskuituja, joiden pituus on 25...60 mm ja halkaisija 0,4...1,05 mm kuitutyypistä riippuen. Teräskuitujen määrä, käytännössä 25...40 kg/m<sup>3</sup>, on määritettävä tapaus- ja kuitutyypikohtaisesti. Teräskuidut sitkistävät betonia. Sen kompensointiin suositellaan massan tehonotkistamista 1–2 notkeusluokkaa loppunotkeuden ollessa 1–2 sVB. (Rudus 2012b.)

Käytetty betoni oli K35, joka oli tehonotkistettu. Kuitumääränä käytettiin minimiä, 20 kg/m<sup>3</sup>. Runkoaineen maksimirakekoko oli 8 mm, jotta pinta olisi hyvin hierrettävissä.

Pintabetonilattian paksuus vaihteli vanhan holvin epätasaisuuden vuoksi 30 mm:n ja 100 mm:n välillä. Betonin tartuntaa parannettiin alustan kastelun lisäksi harjaamalla betonia katuharjalla betonointityön edellä (kuva 13).

Tartuntaharjauksella voidaan parantaa laatan tartuntaa ja se tulee tehdä aina alle 70 mm paksujen pintavalujen alustoille. Tartuntalaastina voidaan käyttää varsinaiseen valuun tulevaa betonimassaa, jota harjataan alustan päälle ohut kerros. Betonikerros ei saa kuivua ennen massan levitystä sen päälle. (Betonteollisuus ym. 2012.)



Kuva 13. Pintabetonilattian tartuntaharjaus.

### 6.3.3 Hierto ja jälkihoito

Betonin pinta hierrettiin koneella. Hierto tiivistää betonin pintaosan, vähentää betonin huokoisuutta ja samalla parantaa lujuutta, kulutuksen kestävyyttä ja tiiveyttä. (Suomen betoniyhdistys ry 2004.)

Tilaa oli lämmitetty muutamia päiviä ennen valua. Valupäivänä holvin sekä ilman lämpötila oli lähemmäs kymmenen astetta. Jälkihoitona huolehdittiin siitä, että tila oli riittävän lämmin ja lattian pinta pysyi riittävän kosteana.

### 6.4 Läpiviennit

Tarvittavat läpiviennit porattiin timanttikoralla holvin läpi. Läpivientien ympärille muurattiin kalkkiahiekkatiileistä korotukset. Kun kanavat ja palopellit olivat asennettu läpivientien kohdalle, valettiin läpivientien ja muuratun korotuksen väli täyteen betonilla palokatkon aikaansaamiseksi. Palopeltien ja valun väli tiivistettiin palokittauksella (kuva 14).



Kuva 14. Läpivientien palokatko.





lappelleen, koska kattotuolit asennettiin suoraan runkotolppien päälle, jolloin katolta tulevat kuormat välittyvät suoraan runkotolpille.



Kuva 16. Puurungon pystytys.

IV-konehuone tuettiin sivusuunnassa vinotuilla. Vinotuet tulivat vain korkeammalle seinälle ja ne kiinnitettiin suunnitelmien mukaisesti 45°:een kulmaan. Vinotukina käytettiin liimapuupalkkeja. Vinotuet kiinnitettiin holviin niitä varten teetettyjen kiinnikkeiden avulla (kuva 17). Kiinnikkeet kiinnitettiin kierretangoilla ja kemiallisella ankkurointimassalla holviin suunnitelmien mukaisesti. Vinotukiin liittyvät detaljit on esitetty IV-konehuoneen leikkauskuvassa (liite 4).



Kuva 17. Vinotuen kiinnitys holviin.

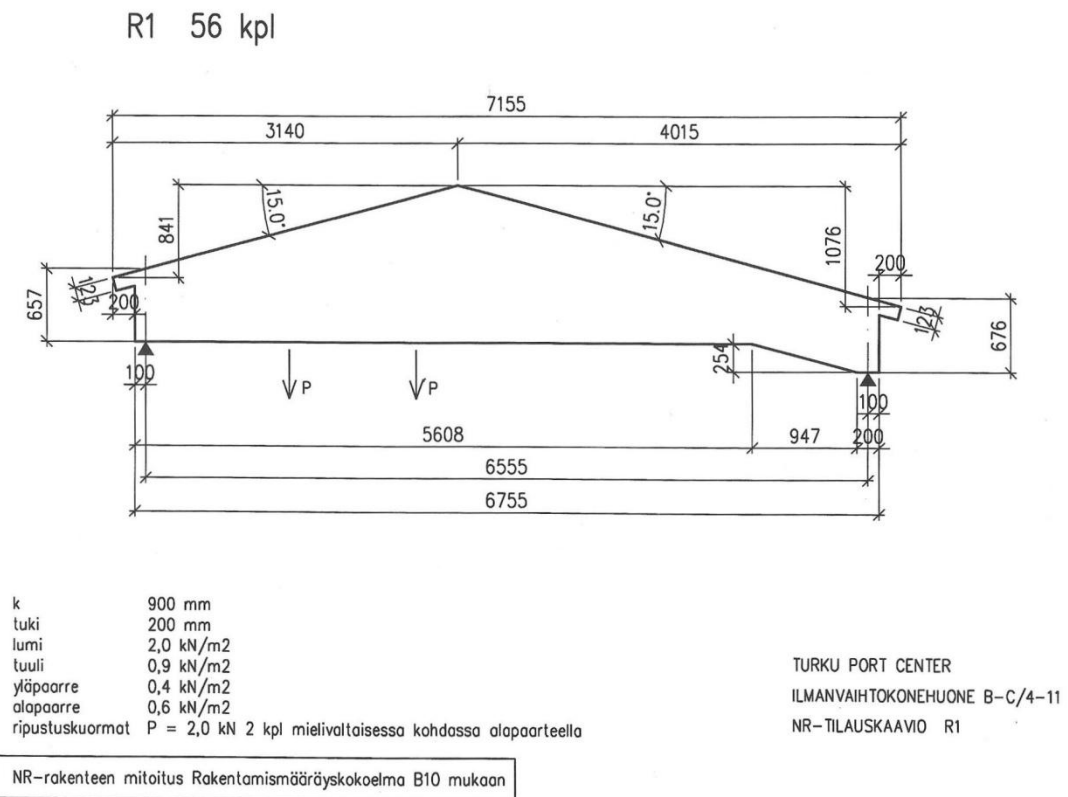
Pituussuuntainen tuenta tehtiin vaakakoolauksen yhteydessä. Vinotukina käytettiin 50×100 puutavaraa. Vinotukien paikat on esitetty IV-konehuoneen tasopiirustuksessa (liite 5). Runkoon jätettiin 20 mm:n liikuntasaumot.

## 7.2 Vesikattorakenteet

### 7.2.1 Kattoristikoiden asennus

Kattoristikkoina käytettiin NR-kattoristikoita. Naulalevy rakenne, eli NR-rakenne, on mitallistetusta lujuuslajitellusta sahatavarasta naulalevyliitoksin koottu kantava puurakenne. NR-rakenteet valmistetaan kyseiseen tuotantoon erikoistuneissa tehtaissa ulkopuolisen laadunvalvonnan alaisena. (Turun Rakennustuote 2012.)

Kattoristikkokaaviosta selviää kattoristikon mitat, jako, määrä sekä niihin kohdistuva kuormitus (kuva 18).



Kuva 18. Kattoristikkokaavio.

Asennustyö aloitettiin kiinnittämällä yläsidepuuhun rakennesuunnitelman mukaisesti vahvistetut kulmakiinnikkeet, 105×105×90×3,0, kattoristikoiden kohdalle. Kulmakiinnikkeet kiinnitettiin yläsidepuuhun kuudella 40×4 kampanaulalla per kiinnike.

Kattoristikot nostettiin ylös 6 kappaleen nipuissa. Niput tuettiin yläsidepuun päälle ja ne nostettiin paikoilleen käsin yksi kerrallaan. Kattoristikot kiinnitettiin kulmakiinnikkeisiin kuudella 40×4 kampanaulalla per kiinnike.

Tukikiinnitykseen ei saa käyttää vinonaulausta, koska naulat voivat halkaista paarteesta irtokiilan, joka ei ota vastaan tukipainetta. Vinonaulausta käytetään vain, jos rakennesuunnitelmassa niin on esitetty. Se on mahdollista vain väli-

tuella, jossa ei ole paarrejatkoa ja jossa naulalevy ulottuu paarteen alapintaan. (Turun Rakennustuote 2012.)

Asennusaikainen tuenta on tehtävä niin tukevasti, että naulalevyrakenteet pysyvät asemassaan ottaen huomioon rakennusaikaiset kuormitukset, kuten tuuli ja kannatteiden päälle nostettavat rakennustarvikkeet, jotka suunnitelmissa on huomioitu. Tuenta toteutettiin paikalla rakennettavilla reivauksilla. (Turun Rakennustuote 2012.)

Kattoristikot tuettiin ja jäykistettiin lopullisesti rakennesuunnitelmien mukaan (kuva 19). Pystysauvojen jäykistys on esitetty IV-konehuoneen leikkauskuvan leikkauksessa A-A (liite 4). Yläpaarteiden tuenta on esitetty IV-konehuoneen tasopiirustuksessa (liite 5).



Kuva 19. Kattoristikoiden tuenta.

Kattoristikoiden väliin asennettiin tässä vaiheessa tuulenohjaimet (kuva 20). Tuulenohjain on tarkoitettu yläpohjan räystääsalueelle asennettavan puhallusvil-

lan liikkumisen estämiseksi. Tuulenojain ohjaa tehokkaasti ilmavirtaukset yläpaarteen suuntaan. Tällöin lämmöneristeen eristyskyky paranee, koska tuuletu ilma ei pääse jäädyttämään lämmöneristeen yläpintaa. Viistoon katteen suuntaisesti asennettu tuulenojain estää myös tehokkaasti tuiskulumen pääsyä eristeisiin. (Isover 2012.)

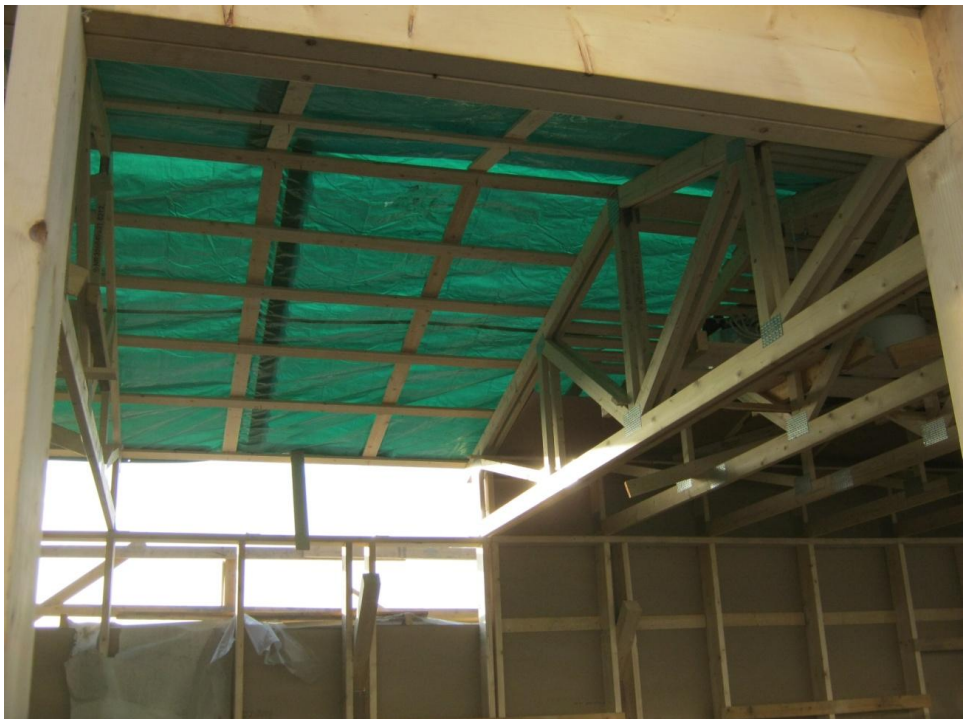


Kuva 20. Kattoristikoiden väliin asennettava tuulenojain.

Jotta IV-konehuoneen yläpohjassa olisi mahdollista liikkua, tehtiin kattoristikoiden väliin kulkusillat (kuva 21). Tässä vaiheessa kattoon jätettiin nostoaukko IV-koneiden nostoa varten (kuva 22).



Kuva 21. Yläpohjan kulkusillat.

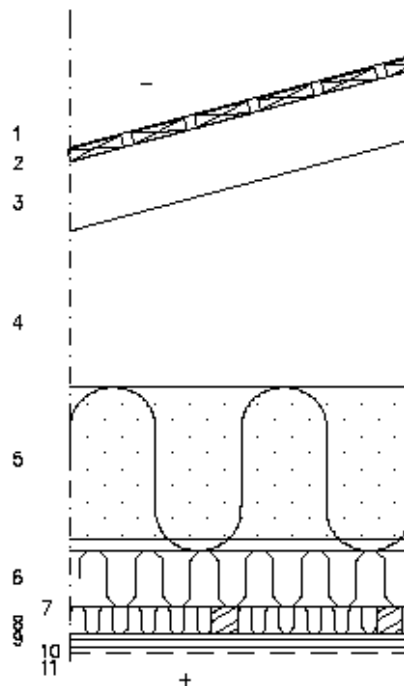


Kuva 22. Kattoon jätetty nostoaukko.

## 7.2.2 Ruodelaudoitus

Ruoteina käytettiin 25×100 lautaa. Ruodejako oli k120 ja ruoteet jatkettiin vaihtelevissa kohdissa. Ruoteet katkaistiin liikuntasauvojen kohdalta. Ruodejako ja puutavaran koko on esitetty yläpohjan rakenneleikkauskuvassa (kuva 23). IV-konehuoneen tasopiirustuksessa ja ulkoseinäkaaviossa on esitetty ruodetavaraksi 22×100. Suunnitelmien ristiriitaisuuden vuoksi ruodetavarana käytettiin vahvempaa puutavaraa.

IV-KONEHUONE



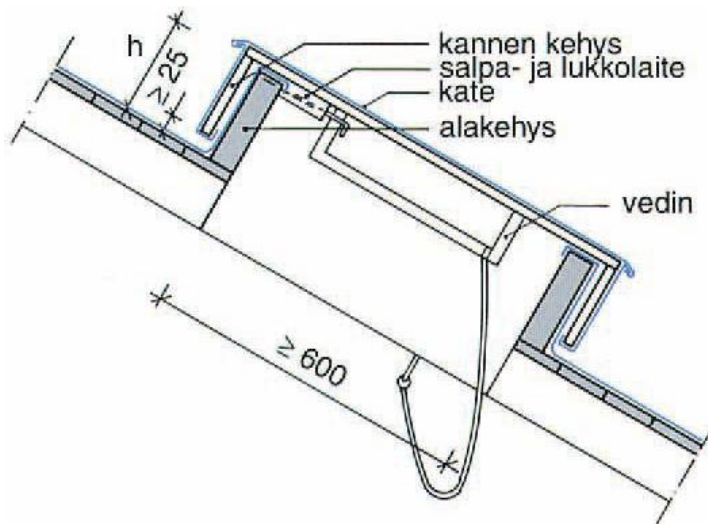
- |        |    |  |
|--------|----|--|
|        | 1  | Saumapeltikate arkkitehtisuunnitelman mukaan                         |
|        | 2  | Ruodelaudoitus, 25x100, 20mm:n raot                                  |
|        | 3  | Puurakenteiset NR-ristikot rakennepiirustusten mukaan                |
|        | 4  | Tuuletettu ilmatila  |
| 350 mm | 5  | Lämmöneriste, puhalluskiivilla, esim. Paroc BLT 6                    |
| 100 mm | 6  | Lämmöneriste, kiivilla (Paroc extra)                                 |
|        | 7  | Höyrynsulku, polyeteenihöyrynsulkukalva 0,2 mm                       |
| 50 mm  | 8  | Lämmöneriste, kiivilla (Paroc extra 260x1320x45), koolaus 48x48 k300 |
| 13 mm  | 9  | Kipsikartonkilevy (Gyproc GN )                                       |
| 15 mm  | 10 | Kipsikartonkilevy (Gyproc GF Protect F)                              |
|        | 11 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselostuksen mukaan                |

U-arvo: 0,09 W/m<sup>2</sup>K

Kuva 23. IV-konehuoneen yläpohjan rakenneleikkauskuva.

### 7.2.3 Kattoluukut

Kattoluukku muodostuu luukun kannesta ja alakehyksestä (kuva 24). Lisäksi, jos luukun kansi katetaan esimerkiksi pellillä ja kattoluukussa käytetään tukirakenteita, luukun kansi muodostuu kannen kehuksesta ja katteesta. (RT 85-10658 1998.)



Kuva 24. Kattoluukun osat (RT 85-10658 1998).

Kattoluukun vapaan kulkuaukon tulee olla vähintään 600 mm × 600 mm. Kattoluukun vapaaksi kulkuaukoksi tehtiin 700 mm × 700 mm. (RT RakMK-21184.)

Koska kattoluukun alakehys jäi luukun kannen sisäpuolelle, luukun kehys tehtiin sisämitoiltaan noin 25 mm alakehyksen ulkomittoja suuremmaksi. Alakehyksen korkeus määräytyy katon kaltevuuden, kateen, kattoluukun muodon ja sijainnin ja saranointitavan mukaan. Alakehyksen tulee olla vähintään 150 mm korkea. Katoilla, jotka ovat loivempia kuin 1:10, alakehys tehdään vähintään 300 mm korkeaksi ja aina mahdollisen räystään padotuskorkeuden yläpuolelle. (RT 85-10658 1998.)

Alakehys tehtiin 50×150 puutavarasta. Kannen kehys tehtiin 50×100 puutavarasta, jolloin kannen ja katon väliin jäi 50 mm. Kannen kehysten päälle kiinnitettiin 18 mm:ä paksu filmivaneri, joka pellitettiin.



### 7.3 Vesikate

Saumattua peltikatetta voidaan käyttää kaksinkertaisin saumoin katoissa, joiden kaltevuus on vähintään 1:10. Saumatun peltikaton alle ei laitettu aluskatetta. Aluskatetta ei tarvita, koska laudoitus ja pelti sitovat kosteuden joista se haihtuu tuuletusväliin. (RT 85-10862 2006.)

Peltirivit ajettiin työmaalla 600 mm leveästä sinkitystä pellistä. Valmiit peltirivit nostettiin nipuissa katolle.

Peltikatteen alle, peltirivien keskelle, asennettiin äänenvaimennuskaista (kuva 25). Peltirivit kiinnitettiin kiinnitysluskoilla ruoteisiin yhdellä ruuvilla per kiinnike. Kiinnitysluskat olivat samasta ohutlevystä kuin kate. Kiinnitysluskat asennettiin saumoihin ennen seuraavan rivin asennusta. Rivien saumat maalattiin tiivistemaalilla peltirivi kerrallaan. Rivit saumattiin toisiinsa saumaurissalla. (Ratu 34-0244 2002.)



Kuva 25. Saumatun peltikatteen asennus. Äänenvaimennuskaista edessä.

Vanhat vesikattorakenteet purettiin vasta, kun uusi vesikatto oli valmis (kuva 26). Näin työt kyettiin tekemään säänsuojassa koko ajan.



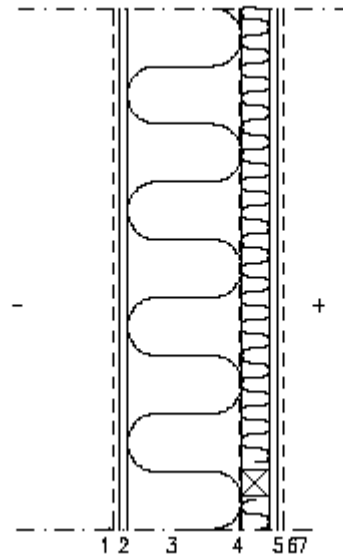
Kuva 26. Vanhat vesikattorakenteet purettiin uuden vesikaton alla.

## 8 LÄMMÖNERISTYS, LEVY- JA PINTATYÖT

### 8.1 Lämmöneristys ja höyrönsulku

IV-konehuoneen ulkoseinän rakennetyyppi on esitetty kuvassa 27. Ulkoseinän palonkestoluokka on EI60.

3. KERROKSEN PUURUNKOINEN IV-KONEHUONE



- |        |   |   |
|--------|---|---|
|        | 1 | Ulkoverhoaus arkkitehtisuunnitelman mukaan, ullakkotilassa ei ulkoverhoausa |
|        | 2 | Tuulensuojalevy Glasroc GHU 13 Hydra  |
| 200 mm | 3 | Palamaton mineraalivilla, runkotolpat rakennepiirustusten mukaan            |
|        | 4 | Höyrönsulku, polyeteenimuovikalvo 0,2mm                                     |
| 50 mm  | 5 | Palamaton mineraalivilla, koolaus 48x48 k600                                |
| 13 mm  | 6 | Kipsilevy, erikalskova  |
|        | 7 | Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan                        |

Palonkestoluokka: EI60  
Lämmönläpäisykerroin U= 0.16 W/m<sup>2</sup>K

Kuva 27. IV-konehuoneen ulkoseinän rakennetyyppi.

Höyrynsulkumuovi asennettiin lämmöneristekerrosten väliin ja se kiinnitettiin runkotolppiin. Höyrynsulkumuovin saumat teipattiin höyrynsulkuteipillä. Höyrynsulkumuovi voidaan asentaa ennen vaakakoolausta, kunhan 2/3 lämmöneristeen vahvuudesta on höyrynsulkumuovin ulkopuolella. Seinän lämmöneristeen vahvuus on 250 mm, jolloin 2/3 on 167 mm. Höyrynsulun ulkopuolisen eristeen vahvuus oli 200 mm, joten höyrynsulkumuovi voitiin asentaa ennen vaakakoolausta (kuva 28).

Katon ja seinien höyrynsulkumuovi asennettiin samaan aikaan. Katon höyrynsulkumuovi limitettiin seinän höyrynsulkumuovin päälle ja saumat teipattiin tiiviiksi. Höyrynsulkumuovi teipattiin tiiviisti läpivientien ympärille.

Katon höyrynsulku kiinnitettiin kattoristikoiden alapaarten alapintaan. Tämän jälkeen tehtiin koolaus 50×50 puutavarasta, k400. Koolauksen väliin asennettiin 50 mm:n lämmöneriste. Höyrynsulkumuovia ei katkaistu liikuntasaumojen kohdalta.



Kuva 28. Seinän lämmöneristys ja höyrynsulku.

Yläpohjan rakennekuvasta poiketen 100 mm:n vahvuinen pehmeä levykivivillaeiste korvattiin puhalluskivivillalla. 100 mm:ä Parocin eXtra -kivivillaa korvattiin 120 mm:llä Parocin BLT 6 -puhalluskivivillaa. Tällöin puhallettavan eristeen kokonaisvahvuus oli 470 mm:ä. Lisättävän puhalluskivivillan määrä on laskettu liitteessä 6.

Betonipalkit eristettiin ulkopuolelta 100 mm:n kivivillalla. Eriste verhoiltiin tuulensuojakipsilevyllä.

Vanha puhallusvillaeriste puhallettiin takaisin vanhaan osaan ja samalla kasvatettiin vanhan osan eristevahvuutta noin 50 mm:llä (kuva 29).



Kuva 29. Vanhan puhallusvillaeristeen takaisin puhallus.

## 8.2 Levytyö

Ulkoseinät levytettiin ulkopuolelta tuulensuojakipsilevyllä. Sisäpuoli levytettiin erikoiskovalla kipsilevyllä. Levyt katkaistiin liikuntasauvojen kohdalta.

Kattoon tuli kaksinkertainen levytys (kuva 30). Ensin asennettiin 13 mm:n normaali kipsilevy. Tämän päälle tuli 15 mm:n palonsuojakipsilevy. Levyjen saumat limitettiin.



Kuva 30. Katon levytys.

### 8.3 Pintatyöt

#### 8.3.1 Seinät ja katto

Seinät ja katto maalattiin valkoiseksi. Liikuntasaumot peitettiin valkoisilla metallilistoilla. Listat kiinnitettiin vain toisesta reunasta.

### 8.3.2 Lattia

Lattia päällystettiin Nanten PU-Flex -polyuretaanipinnoitteella (kuva 31). Se on kaksikomponenttinen liuotteeton polyuretaanipohjainen pinnoite, jota käytetään yleensä sellaisenaan joustavana pinnoitteena kohteissa, joissa pinnoitteelta edellytetään vesitiivyyttä ja halkeaman silloituskykyä. Se sopii myös asfaltti- ja vaneripinnoitteeksi. Pinnoite on elastinen ja kestää hyvin iskuja ja kulutusta. Tuote kestää vettä, suolaliuoksia, normaaleja pesuaineita sekä orgaanisia että epäorgaanisia happoja, liuotteita ja vahvoja emäksiä lyhytaikaisesti. Se kestää hyvin myös polttoaineita, rasvoja ja öljyjä. Tyypillisimpiä käyttökohteita ovat ilmastointikonehuoneet. (Nanten 2012.)

Sementtiliima poistettiin pintahionnalla. Hiontapöly imuroitiin huolellisesti pois. Alusta pohjustettiin 10–30 % ohennetulla Nanten PU-Flex –polyuretaanipinnoitteella. Levitys tehtiin lyhytkarvaisella maalaustelalla ristiin telaamalla. Pinnoitus tehtiin kaatamalla pohjustetulle alustalle pinnoitetta yhtenäiseksi vanaksi, josta levitettiin säätölastalla haluttuun kerrospaksuuteen. Pinta rullattiin piikkitelalla ilmakuplien poistamiseksi. 100 mm:ä korkeat jalkalistat tehtiin telalla. Pinnoite on kosketuskuiva 12 tunnin jälkeen ja täysin kovettunut 7 vuorokauden jälkeen, kun ilman lämpötila on +23°C ja ilman suhteellinen kosteus RH 50 %. (Nanten 2012.)



Kuva 31. Polyuretaanipinnoitettu lattia.

### 8.3.3 Julkisivuverhous

Julkisivut verhoiltiin pellillä (kuva 32). Länsipuolen julkisivuverhous tehtiin valkoisesta Ruukin poimulevypelistä. Itäpuolen julkisivuun asennettiin valkoinen sadetakkipelti. Peltien taakse jätettiin ilmarako.





Kuva 32. Vasemmalla länsipuolen julkisivupelti. Oikealla itäpuolen sadetakkipelti ja IV-kanavien säleiköt.

Sadetakkipelti kiinnitettiin porakärkiruuveilla vaakalaudoitukseen. Sadetakkipeltien saumat tiivistettiin elastisella tiivistemassalla. Pystysaumot kiinnitettiin popniiteillä. IV-kanavien säleiköt asennettiin sadetakkipellin päälle. Myöhemmässä vaiheessa sadetakkipellin ja IV-säleikköjen päälle asennettiin harva vaakasäleikkö. Sadetakkipellin tarkoituksena on estää säleikön läpi pääsevän veden ja lumen tunkeutuminen rakenteisiin.

## 9 IV-KONEIDEN NOSTO JA UUSIEN RAKENTEIDEN LIITTYMINEN VANHOIHIN RAKENTEISIIN

### 9.1 IV-koneiden nosto ja asennus

Vesikattoon jätettiin kolmen kattotuolin välinen nostoaukko, 2700 × 6000, josta IV-koneet nostettiin sisälle lattian pinnoituksen jälkeen (kuva 33). Kun IV-koneet oli nostettu sisälle, tehtiin nostoaukko umpeen.



Kuva 33. IV-koneiden nosto.

Seinään jätettiin moduulin 7 kohdalle aukko, josta saatiin nostettua sisälle loput Ivis-tarvikkeet. Seinään jätetty nostoaukko tehtiin umpeen siinä vaiheessa, kun suuret tarvikkeet oli saatu nostettua sisälle. Konehuone tuli täyteen talotekniik-

kaa. IV-konehuoneesta tuli melko avara suurista IV-koneista ja -kanavista huolimatta (kuva 34).



Kuva 34. IV-koneet ja -kanavat asennettuna.

## 9.2 Uusien rakenteiden liittyminen vanhoihin rakenteisiin

### 9.2.1 Vanha lapekatto

IV-konehuoneen viereen jäävän vanhan lapekaton runkoa vahvistettiin lisäämällä yksi tolpparivi suunnitelmien mukaisesti. IV-konehuoneen leikkauskuvassa on esitetty lisätolpparivi (liite 4). Kattovasat kiinnitettiin IV-konehuoneen ulkoseinään. Ulkoseinään, kattovasojen alle, kiinnitettiin vaakaan 50×100 juoksu, johon kattovasat kiinnitettiin naulaamalla.

### 9.2.2 Palomuuuri

Vanha palomuuuri liitettiin IV-konehuoneen seinään palotiiviisti. Palomuurin molemmille puolille asennettiin 15 mm:n palonsuojakipsilevyt. Levyjen väli täytettiin kivivillalla. Kivivillaa tuli 320 mm vahvuisen palomuurin paksuuden verran. Palonsuojakipsilevyt vietiin vesikattoon asti.

### 9.2.3 Porrashuoneiden vesikatto

Kahden porrashuoneen ja niiden välissä olevan uuden IV-konehuoneen vesikatton tuli olla yhtenäinen. Porrashuoneiden keskinäinen korkoero oli noin 90 mm. Uuden IV-konehuoneen katon harjakorkeus oli suunnitelmassa suurempi kuin porrashuoneiden. Tämän vuoksi konehuoneen suunniteltua korkeutta pienennettiin, jotta IV-konehuoneen harja olisi mahdollisimman lähellä porrashuoneiden harjoja.

Porrashuoneiden kattokaltevuus oli jyrkempi kuin IV-konehuoneen katto. Myös porrashuoneiden lappeiden kaltevuudet erosivat toisistaan, jonka vuoksi konehuoneen ja porrashuoneiden harjat erosivat sivusuunnassa 100–120 mm.

Porrashuoneiden katot koolattiin IV-konehuoneen katon kanssa samaan tasoon ja kaltevuuteen, jolloin konesaumattu peltikate meni yhtenäisenä koko rakennuksen pituudelta ilman pykälää.

## 10 TERÄS- JA PUURAKENTEISEN IV-KONEHUONEEN VERTAILU

Alkuperäisten suunnitelmien mukaan ilmanvaihtokonehuone olisi toteutettu teräsrakenteisena. Tällöin vanha puurakenteinen vesikatto olisi jouduttu purkamaan kokonaan uuden IV-konehuoneen kohdalta, jotta teräsosat olisi voitu nostaa paikoilleen. Uudet teräspilarit olisi kiinnitetty teräsbetonisiin peruspilareihin. Uudet yläpohjarakenteet olisi tehty teräksestä ja kertopuusta rakennesuunnitelmien mukaan. Ulkoseinät olisi tehty teräspintaisista sandwich-elementeistä.

Paloturvallisuuden vuoksi kantavat teräsrakenteet olisi tullut palosuojata. Palonsuojausmenetelmiä on useita, kuten maalaus, levytys, ruiskutus tai rakenteellisen palonsuojauksen hyödyntäminen. Asuin- ja toimistorakentamisessa varsin tavanomainen ratkaisu on käyttää pilareina betonitäytteisiä putkia, jolloin rakenne toimii normaalilämpötiloissa liittorakenteena ja palotilanteessa teräsbetonipilarina. (RT 82-10765 2001.)

Puu- ja teräsrunkoisen IV-konehuoneen työmenekkilaskelmat on esitetty liitteessä 7. Työmenekkilaskelmat on tehty Raturin Aikataulukirja 2008:n mukaan. Työmenekkilaskelmassa on käytetty T3-aikoja. T3-ajat ovat tavoitteellisia työmenekkejä, jotka eivät sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaihe aikataulujen, viikkoaikataulujen ja tehtäväsuunnitelmien tehtävien kestoja laskettaessa. (Ratu KI-6015 2007.)

Työmenekkilaskelman mukaan teräsrunkoisen IV-konehuoneen kokonaistyömenekki on pienempi kuin puurunkoisen. Laskelmassa ei ole huomioitu uusien ja vanhojen rakenteiden liittymisiä toisiinsa.

Taulukossa 2 on esitetty teräsrunkoisen ja puurunkoisen iv-konehuoneen materiaali- ja työkustannukset. Taulukossa esitetyt kustannukset on koottu kustannuslaskelmasta. Teräsrunko ja sandwich-elementit ovat huomattavasti kalliimpia kuin puurunkoinen seinä.

Taulukko 2. Teräs- ja puurunkoisen IV-konehuoneen kustannukset.

<b>Seinät teräsrunkoisena</b>	<b>€</b>		<b>Seinät puurunkoisena</b>	<b>€</b>
paroc, työ	5 238		seinä, materiaalit	5 959
paroc, materiaalit	18 935		katto, materiaalit	26 200
teräsrakenteet	26 250		aliurakoitsijan tarjous	48 500
kirvesmies työ	341			
kipsilevyt (GF+GN)	1 877			
katto, materiaalit	26 200			
katto, työ	32 405			
<b>yhteensä (alv 0 %)</b>	<b>111 246</b>		<b>yhteensä (alv 0 %)</b>	<b>80 659</b>

Teräsrakenteen eduksi voidaan sanoa pienet rakennemitat, keveät rakenteet, mittatarkat esivalmistetut osat, nopea asennus ja se kestää hyvin kosteudenvaihtelua. Huonoja puolia ovat palosuojauksen tarve, materiaalien korkea hinta ja työstettävyys työmaalla. (Rakennusoppi 2007.)

## 11 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ja valvoa puurunkoisen ilmanvaihtokonehuoneen toteutus Turku Port Centerin työmaalla sekä vertailla puu- ja teräsrunkoisen konehuoneen eroja. Lähtökohtana olivat olemassa olevat suunnitelmat.

Turku Port Center korjattiin toimisto- ja opetustiloiksi, jolloin se asetti uudet vaatimukset ilmanvaihdolle. Suuret ilmanvaihtokoneet vaativat paljon tilaa ja etenkin korkeus aiheuttaa usein vaikeuksia. Kuten tässäkin kohteessa, osa tiloista oli todella matalia. Tässä työssä käsitelty ilmanvaihtokonehuone ei aiheuttanut vaikeuksia tilan koon kanssa, koska kyseessä oli aivan uusi tila. Tilan korkeus ei myöskään aiheuttanut ongelmia, koska uusi IV-konehuone tehtiin vesikatolle.

Vaikka konehuoneeseen tuli kuusi ilmanvaihtokonetta ja paljon IV-kanavia sekä muuta talotekniikka, on konehuone siitä huolimatta todella avara verrattuna tyyppillisiin IV-konehuoneisiin.

Alkuperäisten suunnitelmien mukaan IV-konehuone olisi toteutettu teräsrunkoisena, jonka ulkoseinät olisivat olleet teräspintaisia sandwich-elementtejä. Työmenekkilaskelmien mukaan teräsrunkoinen IV-konehuone olisi ollut nopeampi toteuttaa, mutta kokonaiskustannuksiltaan teräsrunkoinen IV-konehuone olisi tullut noin 38 % kalliimmaksi kuin puurunkoinen konehuone. Puurungon eduksi nousi kustannusten lisäksi sen työstettävyyys työmaalla, jolloin sen liittäminen vanhoihin rakenteisiin oli helpompaa sekä työt pystyttiin tekemään koko ajan säänsuojan alla vanhoja vesikattorakenteita hyödyntämällä.

Ilmanvaihtokonehuoneen rakennus vesikatolle osoittautui todella mielenkiintoiseksi työksi, sillä se sisälsi monia eri työvaiheita sekä eri ammattiryhmien töiden yhteensovittamista. Työ sisälsi jonkin verran ennakkosuunnittelua, muun muassa nostojen ja työmenetelmien osalta. Yksi merkittävimmistä asioista tässä työssä oli se, että työt kyettiin tekemään talviaikaan säänsuojassa eikä kastettu alla olevia tiloja.

## LÄHTEET

Betoniteollisuus ry; Betonilattaiyhdistys ry & Rakennustuoteteollisuus RTT ry 2012. Betonilattiat kortisto. Viitattu 16.6.2012. Saatavilla: <http://www.betoni.com/paikallavalurakentaminen/ladattavia-oppaita-ja-lomakkeita>.

Isover 2012. Tuulenojain. Viitattu 18.6.2012. <http://www.isover.fi/tuotteet/rakennuseristeet/puhallusvilla/2537/isover-tuulenojain>.

Nanten 2012. Nanten Pu-Flex polyuretaanipinnoite, tuoteseloste. Viitattu 21.6.2012. [http://www.nanten.fi/fi/ruubikcms/useruploads/files/polyuretaanipinnoitteet/pu-flex\\_polyuretaanipinnoite\\_040106.pdf](http://www.nanten.fi/fi/ruubikcms/useruploads/files/polyuretaanipinnoitteet/pu-flex_polyuretaanipinnoite_040106.pdf).

Rakennusoppi 2007. TKK Arkkitehtiosasto. Viitattu 7.10.2012. Saatavilla: [http://arkkitehtuuri.tkk.fi/oppituolit/ro/julkaisut/Teras\\_web.pdf](http://arkkitehtuuri.tkk.fi/oppituolit/ro/julkaisut/Teras_web.pdf).

Ratu 21-0270 2005. Levymuottityö.

Ratu 34-0244 2002. Ohutlevytyö, kate.

Ratu KI-6015 2007. Aikataulukirja 2008.

RT 08-10808 2003. Rakennuksen paloluokka ja sen määrittäminen.

RT 82-10765 2001. Asuin- ja toimistorakennusten teräsrakenteet.

RT 85-10658 1998. Kattoluukku.

RT 85-10862 2006. Metallinen saumattu katto.

RT 92-10478 1992. Ilmastointikonehuoneiden tilantarve toimisto- ja liikerakennuksissa.

RT RakMK-21201. E1 Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 25.8.2012. Saatavilla: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126522&lan=fi>.

RT RakMK-21219. E7 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. Ohjeet 2004. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 19.8.2012. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/data/normit/17076-E7s.pdf>.

RT RakMK-21184. F2 Rakennuksen käyttöturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2001. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Viitattu 19.8.2012. Saatavilla: <http://www.finlex.fi/data/normit/6376-F2.pdf>.

Rudus 2012a. Nopeasti kovettava rakennebetoni. Viitattu 16.6.2012. <http://www.rudus.fi/tuotteet/betonit/rakennebetonit>.

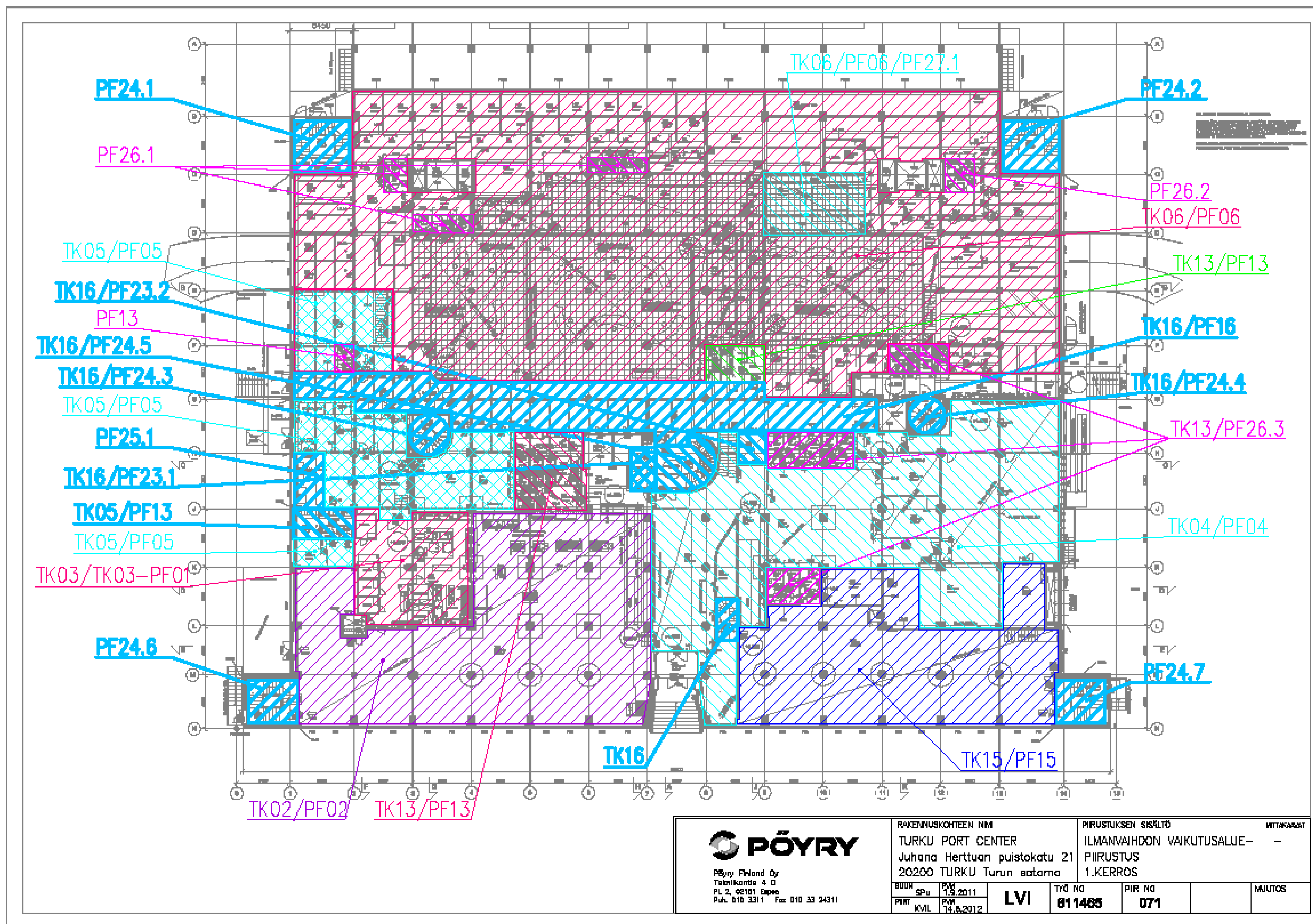
Rudus 2012b. Kuitubetoni. Viitattu 16.6.2012. <http://www.rudus.fi/tuotteet/betonit/kuitubetoni>.

Suomen betoniyhdistys ry 2004. Betoniteknikan oppikirja By 201. 5. uudistettu painos. Jyväskylä 2009.

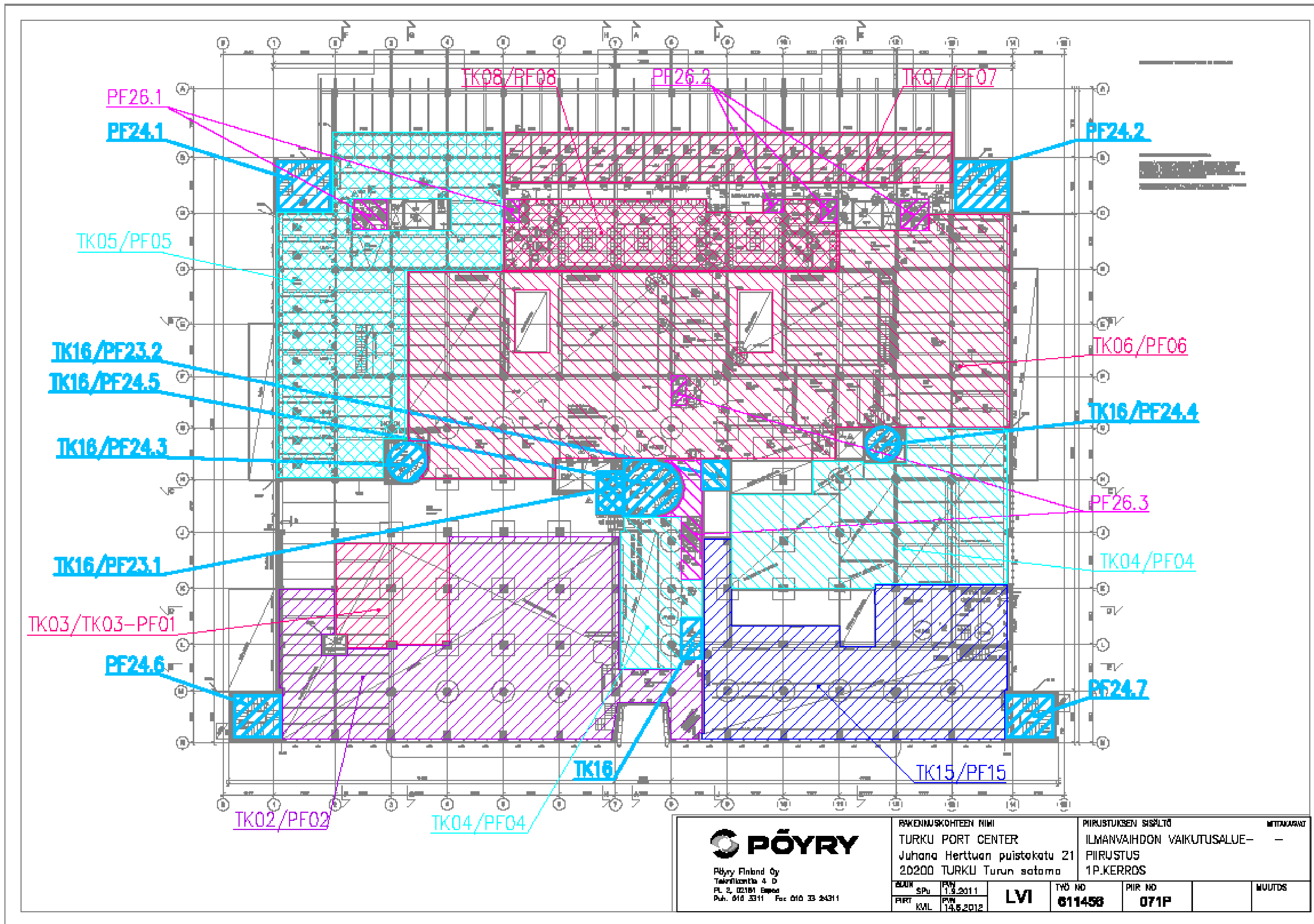
Turun Rakennustuote 2012. NR-rakenteiden asennus- ja käsittelyohje. Viitattu 17.6.2012. Saatavilla: <http://www.turunrakennustuote.fi/images/trt-kattoristikot-asennusohje.pdf>.



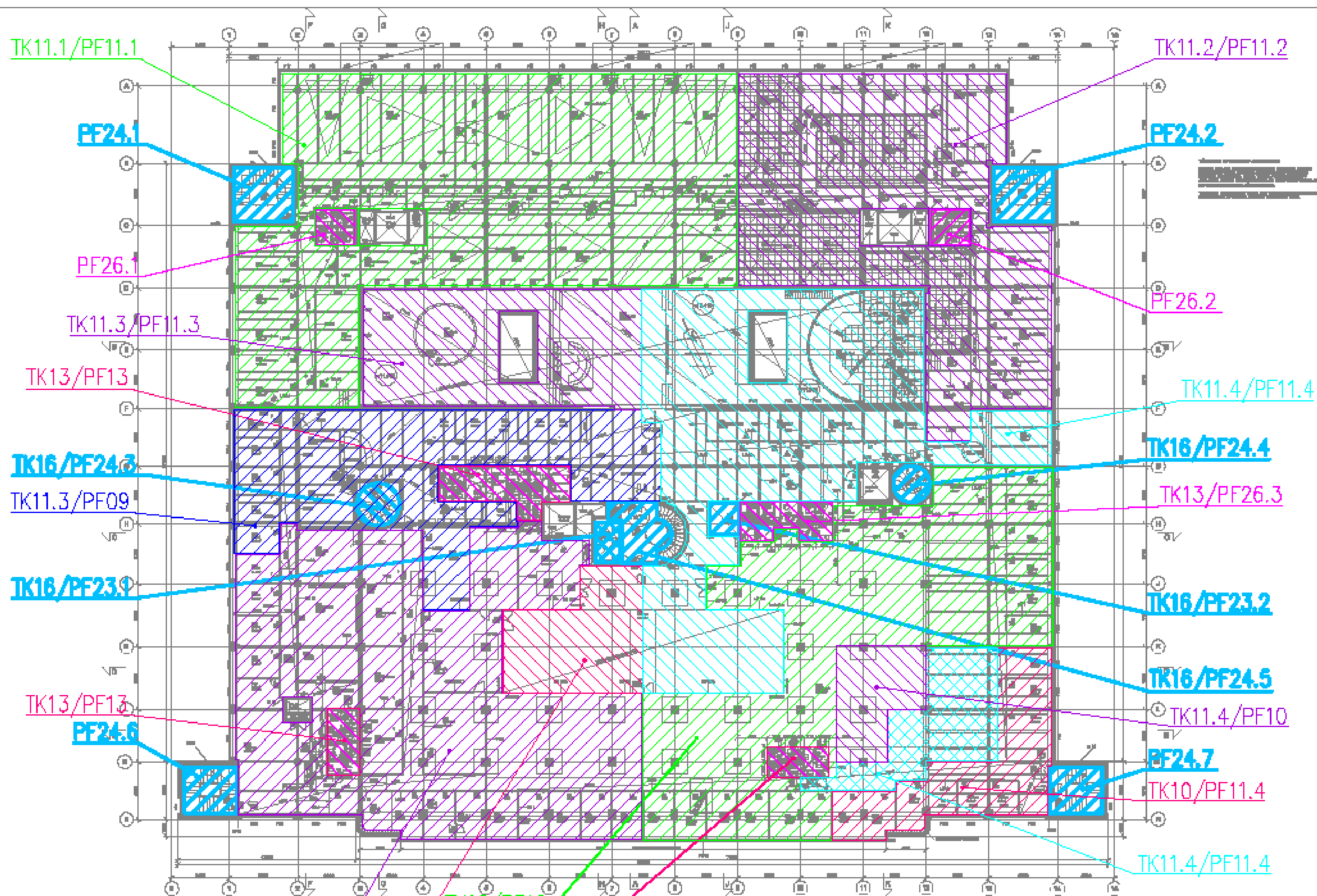
IV-koneiden vaikutusalue.



 <p>Pöyry Finland Oy Talonkatu 4 D PL 2, 02101 Espoo Puh. 010 3311 Fax 010 33 34311</p>	RAKENNUSKOHTIEN NIM TURKU PORT CENTER Juhana Herttuan puistikatu 21 20200 TURKU Turun satama		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ ILMANVAHDON VAIKUTUSALUE- PIIRUSTUS 1.KERROS		MITTAKAASIT
	BOUW SPu PIRT KVL	PAK 1.9.2011 PAK 14.8.2012	TYÖ NO <b>811465</b>	PIIR NO <b>071</b>	MUUTOS



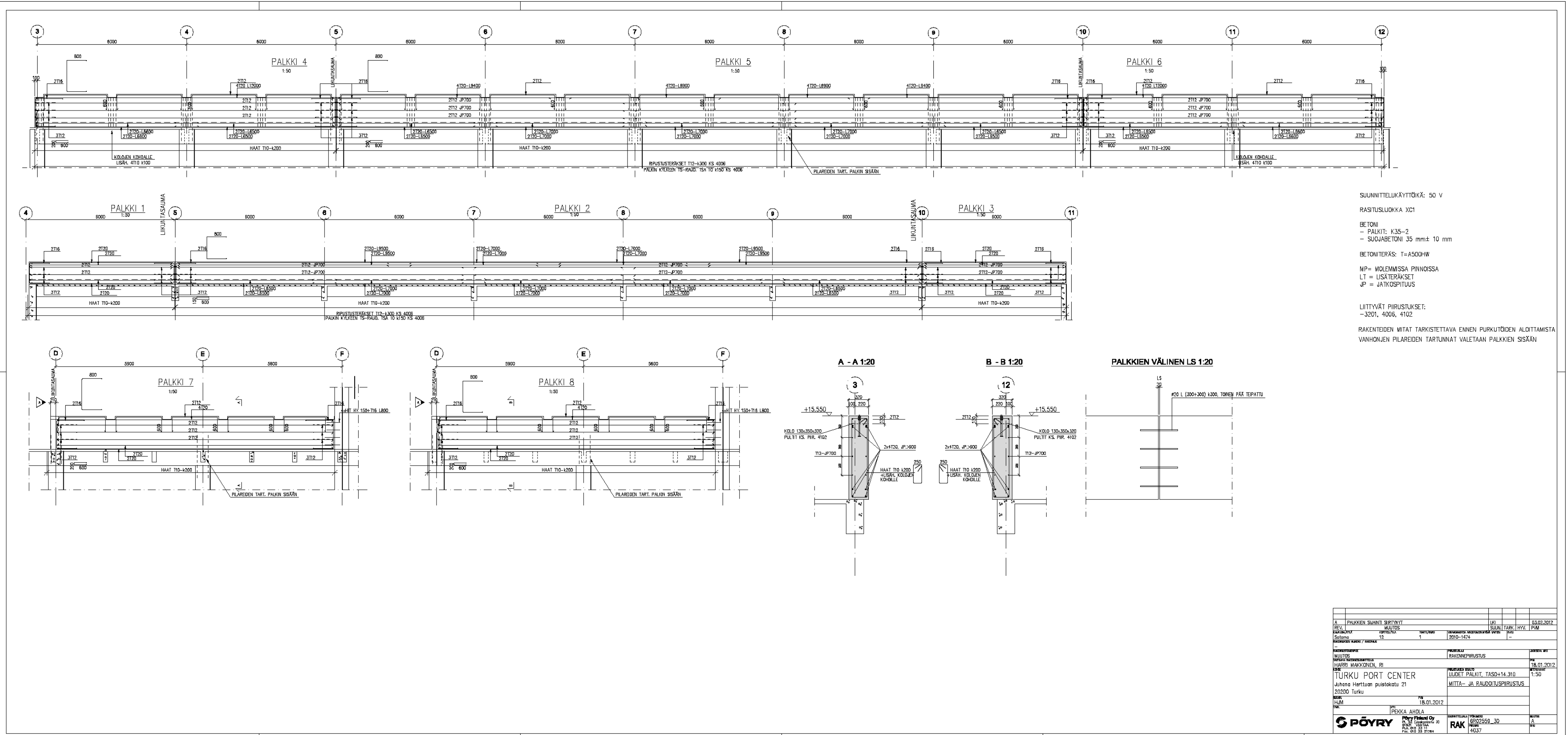
 Pöyry Finland Oy Tekniikkatie 4 D PL 2, 02181 Espoo Puh. 010 3311 Fax 010 33 24311	RAKENUSKOHTEEN NIMI TURKU PORT CENTER Juhana Herttuan puistikatu 21 20200 TURKU Turun satama		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ ILMANVAHDON VAIKUTUSALUE- PIIRUSTUS 1P.KERROS		MITTAKAIVAT -
	SUUR SPu PIR KML	PIR 13.2011 PIR 14.6.2012	LVI	TYÖ NO 611458	PIIR NO 071P



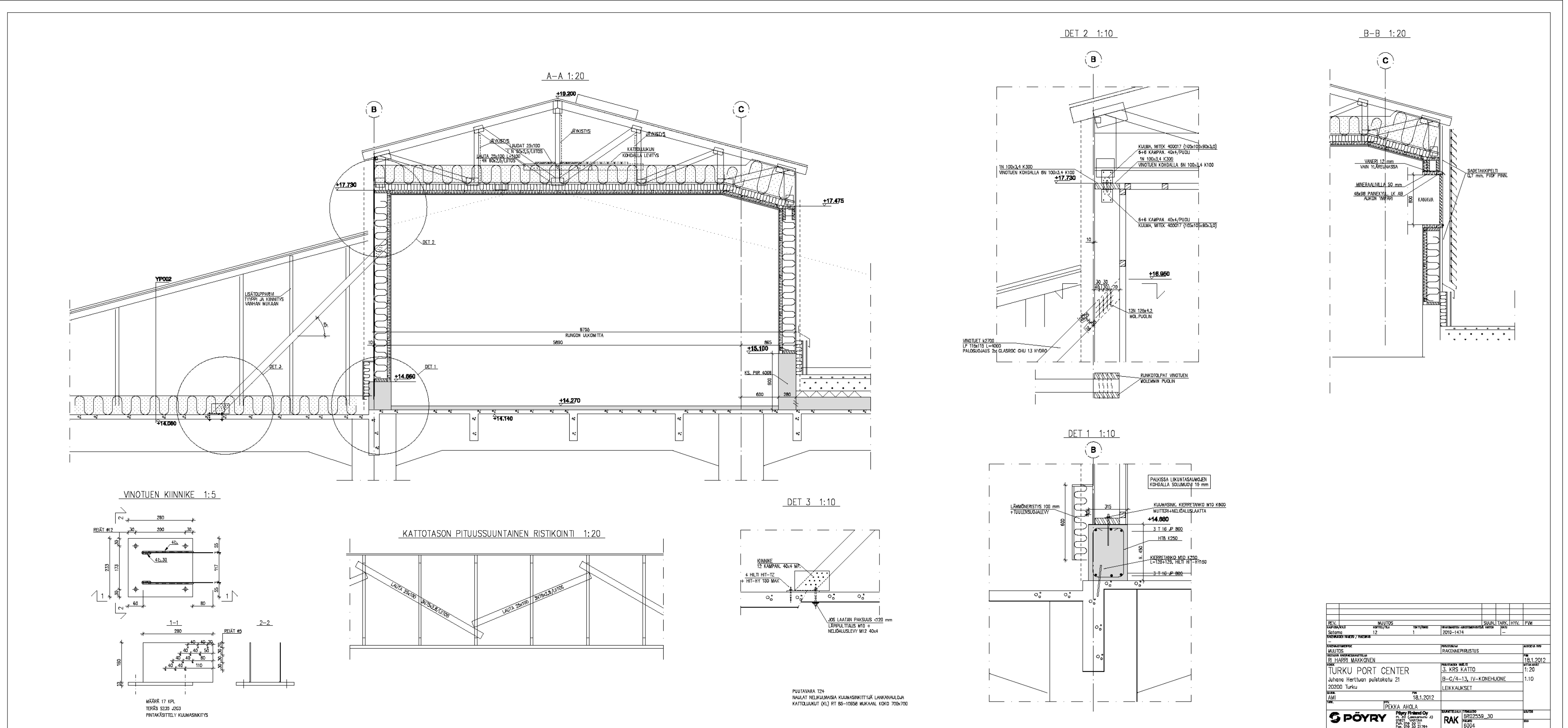
 <p><b>PÖYRY</b> Pöyry Finland Oy Tietokanta 4.0 PL 2, 02101 Espoo Puh. 010 3311 Fax 010 33 24311</p>	RAKENNUSKOHTIEN NIMI TURKU PORT CENTER Juhana Herttuan puistokatu 21 20200 TURKU Turun satama		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ ILMANVAHDON VAIKUTUSALUE- PIIRUSTUS 2.KERROS		MITTAKAARTI -
	BUOH SPu PIRI KVL	PAK 1.9.2011 PAK 14.8.2012	LVI	TYÖ NO 811485	PIIR NO 072



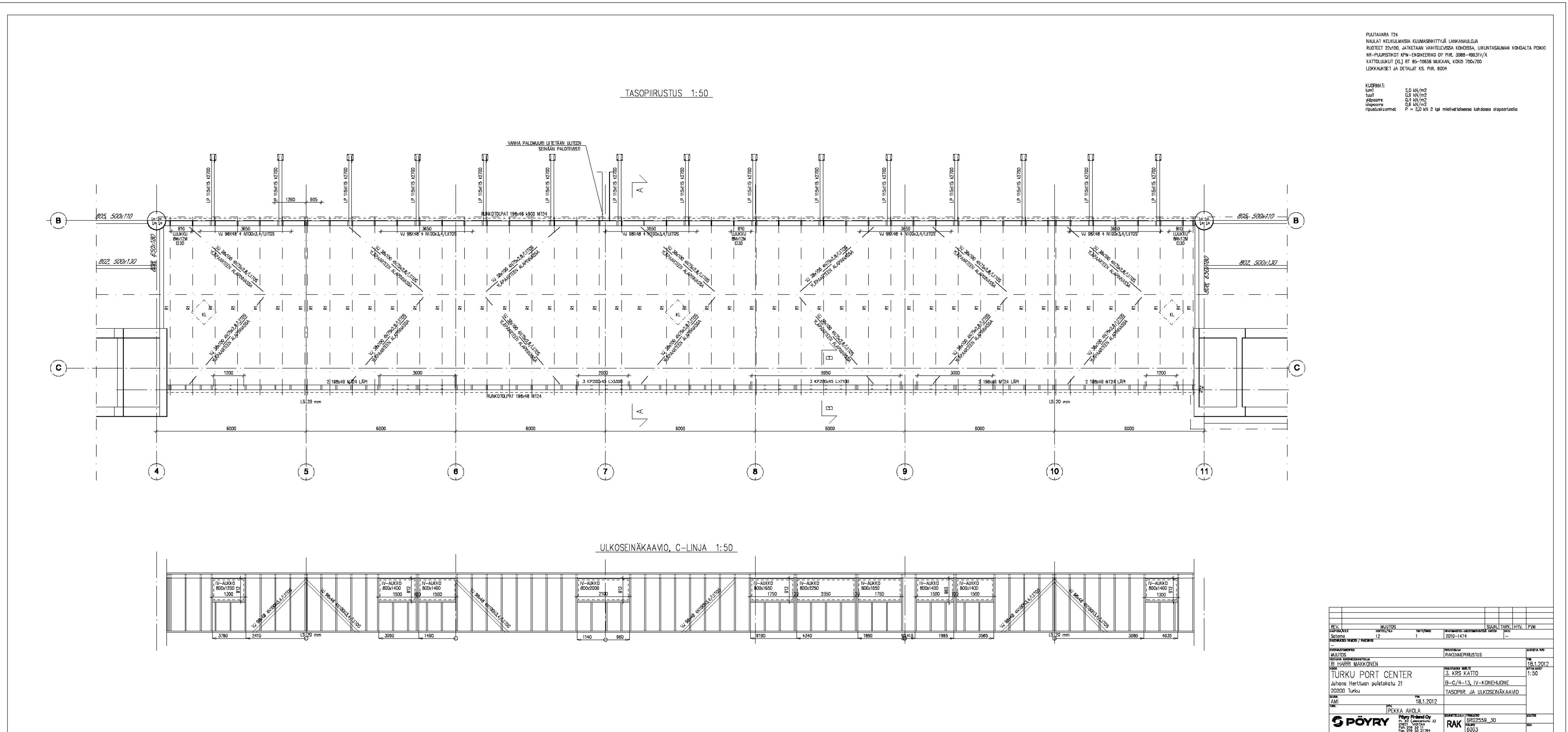
# Uudet palkit taso +14.310, raudituspiirustus



IV-konehuoneen leikkaukset.



### IV-konehuoneen tasopiirustus ja ulkoseinäkaavio.



PIILUTAVARA T24  
 RAULAT KULUKUVAISSA KILMASOVIITTUJEN LANKAMAILLOJA  
 RUOKEET 22x100, JÄTETÄN VAIHEISSA KOHOSSA, URINTASAMAN KOHALTA POKKI  
 KE-FIIPERSIÖTY KVM-ENGINEERING OY TIE. 3308-00310/VIA  
 KÄTTÖLUKUT (L) RT 85-10556 MUKAJI, KOKO 700x700  
 LEIKKAUKSET JA DETALIT KS. PIR. 6004

KUORMAT:  
 Lumi 2,0 kN/m<sup>2</sup>  
 Tuuli 0,5 kN/m<sup>2</sup>  
 Miesonne 0,5 kN/m<sup>2</sup>  
 Roppari 0,5 kN/m<sup>2</sup>  
 Roppariormat P = 2,0 kN/2 kpl miltä tahansa kahdesta suunnasta

PROJEKTI	MUUTOS	MIKÄLLE	MIKÄLLE	MIKÄLLE	MIKÄLLE	MIKÄLLE	MIKÄLLE	MIKÄLLE	MIKÄLLE
01	01	01	01	01	01	01	01	01	01
02	02	02	02	02	02	02	02	02	02
03	03	03	03	03	03	03	03	03	03
04	04	04	04	04	04	04	04	04	04
05	05	05	05	05	05	05	05	05	05
06	06	06	06	06	06	06	06	06	06
07	07	07	07	07	07	07	07	07	07
08	08	08	08	08	08	08	08	08	08
09	09	09	09	09	09	09	09	09	09
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
64	64	64	64	64	64	64	64	64	64
65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
67	67	67	67	67	67	67	67	67	67
68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
72	72	72	72	72	72	72	72	72	72
73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
77	77	77	77	77	77	77	77	77	77
78	78	78	78	78	78	78	78	78	78
79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
83	83	83	83	83	83	83	83	83	83
84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
86	86	86	86	86	86	86	86	86	86
87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
91	91	91	91	91	91	91	91	91	91
92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
98	98	98	98	98	98	98	98	98	98
99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

## Palavillan muutoslaskelma puhallusvillaksi

Paroc eXtra lämmönjohtavuus  $\lambda_{D,eXtra} = 0,036 \text{ W/mK}$

Paroc BLT6 lämmönjohtavuus  $\lambda_{D,BLT6} = 0,041 \text{ W/mK}$

Lämmönläpäisykerroin  $U = \frac{1}{R}$

missä  $R = \text{lämmönvastus}$

Lämmönvastus  $R = \frac{d}{\lambda}$

missä  $d = \text{ainekerroksen paksuus (m)}$

Paroc eXtran lämmönvastus

$$R_{eXtra} = \frac{d_{eXtra}}{\lambda} = \frac{0,1\text{m}}{0,036 \text{ W/mK}} \approx 2,78 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Paroc BLT6:n lämmönvastus tulee olla sama kuin Paroc eXtran. Tällöin saadaan ratkaistua tarvittava ainepaksuus lämmönvastuksen kaavan avulla.

$$R_{BLT6} = R_{eXtra}$$

$$R_{BLT6} \times \lambda_{BLT6} = d_{BLT6}$$

$$d_{BLT6} = 2,78 \text{ m}^2\text{K/W} \times 0,041 \text{ W/mK} \approx 0,114\text{m} = 114\text{mm}$$



## IV-konehuoneen työmenekkilaskelmat

<b>Puurunkoinen IV-konehuone</b>	Määrä	yksikkö	tth/yks.	työn kesto, tth
Palkkimuottityö	110	m <sup>2</sup>	0,36	39,60
Raudoitustyö	1,75	t	10,62	18,59
Betonointi	16,54	m <sup>3</sup>	0,29	4,80
Pintabetonityö	260	m <sup>2</sup>	0,23	59,80
Lattian pinnoitus PU-Flex	260	m <sup>2</sup>	0,41	106,60
Ulkoseinän puurunkotyö ja lisäkoolaus	229	m <sup>2</sup>	0,8	183,20
Vesikaton puurunkotyö	311	m <sup>2</sup>	0,3	93,30
Katon yksinkertainen koolaus	260	m <sup>2</sup>	0,1	26,00
Tuulensuojalevytyt	229	m <sup>2</sup>	0,07	16,03
Seinän sisäpuolinen levytys	229	m <sup>2</sup>	0,13	29,77
Katon sisäpuolinen 2-kertainen levytys	260	m <sup>2</sup>	0,32	83,20
Metallioivityö	2	kpl	3	6,00
Julkisivun ohutlevyverhous	150	m <sup>2</sup>	0,81	121,50
Katteen ohutlevytyö	311	m <sup>2</sup>	0,22	68,42
Seinän 2-kertainen levylämmöneristys	229	m <sup>2</sup>	0,13	29,77
Yläpohjan levylämmöneristys	260	m <sup>2</sup>	0,13	33,80
Yläpohjan lämmöneristys puhallusvillalla	147	m <sup>3</sup>	0,112	16,46
Maalaus ruiskulla	545	m <sup>2</sup>	0,043	23,44
<b>Kokonaistyömenekki</b>				<b>960,27</b>
<b>Teräsrunkoinen IV-konehuone</b>				
Palkkimuottityö	110	m <sup>2</sup>	0,36	39,60
Raudoitustyö	1,75	t	10,62	18,59
Betonointi	16,54	m <sup>3</sup>	0,29	4,80
Pintabetonityö	260	m <sup>2</sup>	0,23	59,80
Lattian massapinnoitus PU-Flex	260	m <sup>2</sup>	0,41	106,60
Teräsrunkotyö:				
Pilarit	16	kpl	1,91	30,56
Palkit	14	kpl	1,67	23,38
Jäykisteet	8	kpl	1,16	9,28
Metallioivityö	2	kpl	3	6,00
Metallielementtityö	278	m <sup>2</sup>	0,73	202,94
Katteen ohutlevytyö	311	m <sup>2</sup>	0,22	68,42
Vesikaton puurunkotyö	311	m <sup>2</sup>	0,42	130,62
Katon yksinkertainen koolaus	260	m <sup>2</sup>	0,1	26,00
Katon sisäpuolinen 2-kertainen levytys	260	m <sup>2</sup>	0,32	83,20
Pilarien betonitäyttö (palosuojaus)	2,8	m <sup>3</sup>	1,31	3,67
Yläpohjan 2-kertainen levylämmöneristys	260	m <sup>2</sup>	0,2	52,00
Maalaus ruiskulla	260	m <sup>2</sup>	0,043	11,18
<b>Kokonaistyömenekki</b>				<b>876,63</b>