

Juha-Matti Pasto

**Teollisuushallin sosiaali-tilojen rakennus- ja rakenne-
suunnittelu**

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Juha-Matti Pasto

Työn nimi: Teollisuushallin sosiaalityötilojen rakennus- ja rakennesuunnittelu

Ohjaaja: Arto Saariaho

Vuosi: 2013

Sivumäärä:46

Liitteiden lukumäärä:11

Tässä opinnäytetyössä suunnitellaan laajennus Etelä-Pohjanmaalla Alavudella sijaitsevalle Normek Oy:lle teräsrakennetuotantotilojen yhteyteen. Laajennus koskee pääasiassa sosiaalityötiloja, toimistotiloja ja varastotiloja.

Opinnäytetyössä käydään läpi teräsrungon mitoitus ja tilojen rakennesuunnittelu sekä rakennuslupavaiheen rakennuskuvien piirto.

Työssä on käytetty apuna vanhoja suunnitelmia ja paikan päällä tehtyjä mittauksia. Runko on suunniteltu käyttäen hyväksi Autodeskin Robot Structural Analysis -ohjelmaa sekä itse laskien. Rakennus- ja rakennekuvat on piirretty CADS -ohjelmistolla.

Avainsanat: Henkilöstötilat, rakennesuunnittelu, mitoitus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Juha-Matti Pasto

Title of thesis: The design of social facilities in an industrial building

Supervisor: Arto Saariaho

Year: 2013

Number of pages: 46

Number of appendices:11

The main purpose for the thesis was to design new social facilities for an industrial building. The client of the thesis and the user of the industrial building is Normek Oy, in Alavus Finland. The social facilities were designed for 40 employees. In addition to the social facilities some storage and office space were also designed.

The thesis focuses on designing a steel structure for the spaces and designing structures for the expansion in general. Drawings for the planning permission were also done.

The drawings were made with a CADS planner -program, and the designing of steel structures was partially done with Autodesk Robot structural Analysis - program. Older plans of the industrial building were used as well as measuring on site while planning new facilities.

Keywords: Social, facility, industrial, building, designing.

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
Käytetyt termit ja lyhenteet	8
1 JOHDANTO.....	9
2 ALKUSELVITYKSET.....	10
3 LAAJENNUKSEN PERUSTIEDOT.....	12
4 TOIMENPITEET ENNEN LAAJENNUKSEN ALOITTAMISTA.....	16
5 TILAT	17
5.1 Tilojen käyttäjän määrittelemä tilantarve	17
5.2 Puku- ja pesutilojen tilavaatimukset	18
6 TILOJEN SUUNNITTELU	21
7 RAKENNESUUNNITTELU	22
7.1 Seinärakenteet.....	22
7.2 Yläpohja	23
7.3 Alapohja ja sokkeli	25
8 RAKENNUKSEN RUNGON SUUNNITTELU	26
8.1 Rasiukset	26
8.1.1 Rasiusluokkien määrittely	26
8.1.2 Tuulikuorma	26
8.1.3 Lumikuorma	27
8.1.4 Kinostuma	28
8.1.5 Hyötykuormat, välipohjan ja kattorakenteen omapaino.....	29
8.2 Valitut rakenteet	30
8.3 Kuormitusmalli ja rakenteiden käyttöasteet.....	31
9 ANTURAN MITOITUS.....	33
9.1 Mitoitus.....	33
9.2 Anturan minimiraudoitus.....	37

9.3 Anturan lävistyskestävyys	38
10 RUNGON LIITOSMITOITUS	40
10.1 Liitosmitoituksen lähtötiedot	40
10.2 Välipohjapalkkeja kannattelevan konsolin ja pilarin liitosmitoitus	40
10.3 Yläpohjapalkin ja pilarin välinen liitosmitoitus.....	43
LÄHTEET	44
LIITTEET	46
SISÄLTÖ.....	2
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	3
1 Rakennelaskelman selostus	4
1.1 Perustiedot	4
1.2 Rakenteellinen järjestelmä	4
1.3 Normit ja kuormitukset.....	5
1.3.1 Määräykset, ohjeet ja kirjallisuusluettelo	5
1.3.2 Palonkestovaatimus ja ympäristöluokka	6
1.3.3 Kuormitukset	7
1.4 Materiaaliominaisuudet	7
1.5 Laskentamenetelmät	8
2 Teräsrakenteiden mitoitus.....	9
2.1 Rakenneosien määrittely.....	9
2.2 Kuormat.....	10
2.3 Kuormayhdistelyt.....	12

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Hallin pohjoispääty.	11
Kuvio 2. Hallin laajennettava sivu.	11
Kuvio 3. Nestekaasusäiliö ja nestekaasulinja.....	16
Kuvio 4. Ensimmäisen kerroksen tilasuunnitelma.	17
Kuvio 5. Toisen kerroksen tilasuunnitelma.....	17
Kuvio 6. Pesupaikkojen vähimmäismäärät.....	18
Kuvio 7. Wc- ja urinaalipaikkojen vähimmäismäärä.	18
Kuvio 8. Vaatekaapin ja siihen liittyvän penkin mitoitus.	19
Kuvio 9. Kaapiston vähimmäisetäisyys seinään.....	20
Kuvio 10. Kaapistojen väliset minimietäisyydet.....	20
Kuvio 11. Laajennuksen sijainti.....	21
Kuvio 12. Ulkoseinäelementti AST-T.	22
Kuvio 13. Märkätilan seinärakenne.	23
Kuvio 14. Märkätilan seinä- ja lattiarakenne.....	23
Kuvio 15. Yläpohjan rakenne.	24
Kuvio 16. Märkätilan lattiarakenne.	25
Kuvio 17. Maastoluokka 2.	26
Kuvio 18. Kinostuma.	29
Kuvio 19. Ontelolaatan kuormituskäyrä.	31
Kuvio 20. Ontelolaattatyypit.	31
Kuvio 21. Rakenteen kuormitusmalli.....	32
Kuvio 22. Rakenteiden kuormitusasteet.....	32
Kuvio 23. Tekla Structures -ohjelmalla luotu 3D-malli rungosta.....	40
Kuvio 24. WQ-palkin mitat.....	41
Kuvio 25. WQ-palkin konsolin mitat pilarissa.	42
Kuvio 26. Kaksoispienahitsi.	42
Taulukko 1. Kohteen tiedot.	12
Taulukko 2. Rakenteellinen järjestelmä.	13
Taulukko 3. Suunnittelua määräävät ja ohjaavat standardit ja normit.	14
Taulukko 4. Ympäristörasitukset.....	14

Taulukko 5. Materiaaliominaisuudet.....	15
Taulukko 6. Kuormitukset.....	15

Käytetyt termit ja lyhenteet

e-luku	e-luku on asemakaavakuvassa näkyvä kerroin, jolla saadaan selville rakennusoikeus tontin pinta-alasta.
U-Arvo	U-Arvo on rakenteen lämmönläpäisykerroin. Yksikkö on W/m^2K .
RT-kortti	RT-kortilla tarkoitetaan Rakennustieto Oy:n julkaisemia rakentamista ohjaavia tietokokoelmakortteja.
Hehtaari	Hehtaari on pinta-alan yksikkö. $1 \text{ ha} = 10\,000 \text{ m}^2$
Seuraamusluokka	Seuraamusluokalla tarkoitetaan Eurokoodi-normistossa esiintyvää kolmevaiheista luokitusta, jolla määritellään rakennuksen kuormayhdistelyjen osavarmuuskertoimet. Seuraamusluokkia ovat CC1, CC2 ja CC3, joista CC3 on vaativin.
Luotettavuusluokka	Luotettavuusluokka on riippuvainen seuraamusluokasta. Luotettavuusluokat ovat RC1, RC2 ja RC3, joista RC3 on vaativin.
a-mitta	a-mitta tarkoittaa hitsausliitoksen poikkileikkauksen suurimman kateetin mitta.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tilaajana toimii Kiinteistöyhtiö Normek Alavus Oy, joka omistaa tontin ja kiinteistöt. Opinnäytetyön tarve on tilojen käyttäjällä, Normek Oy:n Alavuden tehtaalla, joka on vuokralla kiinteistöyhtiön tiloissa.

Opinnäytetyössä suunniteltiin sosiaalitalat 40 hengelle sekä toimisto- ja varastotilaa vanhan tuotantotilan yhteyteen tuotantohallin läntiselle julkisivulle. Työ saatettiin rakennuslupavaiheeseen asti. Työssä käytettiin hyväksi sekä tehtaan vanhoja rakennus- ja rakennesuunnitelmia että paikan päällä tehtäviä mittauksia.

Opinnäytetyössä suunnittelun apuna käytettiin Robot Structural Analysis- CADS- ja Tekla Structures -ohjelmistoja.

2 ALKUSELVITYKSET

Tehdas sijaitsee Alavuden kaupungissa osoitteessa Tuurintie 21 tontilla, jonka koko on 67 240 m² eli 6,7 hehtaaria. Tontin tehokkuutta kuvaava e-luku on 0,4 ja rakennusoikeutta 26 897 m², josta tällä hetkellä käytetty on noin 10 628 m². Rakennusoikeutta on jäljellä vielä 16 269 m². Laajennus tulee olemaan 348 m².

Tuotantotila, jonka yhteyteen laajennus suunnitellaan, on jaettu kahteen osaan. Toisessa osassa toimii Normek Oy:n alumiini- ja lasijulkisivujen tuotanto ja toisessa teräsrunkotuotanto. Suunniteltu laajennus tulee teräsrunkotuotantotilojen yhteyteen.

Tuotantohalli on rakennettu nykyiselle paikalleen vuonna 1971, ja halli on kokenut monia muutoksia elinkaarensa aikana. Hallien tiloissa on toiminut mm. Lemminkäinen Oy, PPTH Oy ja Eurosteel Oy. Halleille on tehty ensimmäinen peruskorjaus 1982 ja toinen 1984. Tontin pihat on asfaltoitu vuonna 1982.

Alkuselvityksissä käytettiin hyväksi aiemmin saatuja vanhoja piirustuksia. Piirustuksiin kuuluivat asemapiirustus, seinän ja katon leikkauspiirustus sekä kaasulinja- ja laitepiirustus.

Vanhan hallin pilarijako on 4,8 metriä ja samaa pilarijakoa haluttiin käyttää laajennuksessakin. Laajennuksella ei kuitenkaan haluttu kuormittaa tuotantotilan runkoa. Laajennuksen pilarilinja on suunniteltu kulkemaan limittäin tuotantotilan pilarilinjan kanssa.

Kuviossa 1. esitetty teollisuushallin pohjoispääty, jonka oikealle puolelle laajennus suunniteltiin. Kuviossa 2. näkyy teollisuushallin lännenpuoleinen sivu jonka kylkeen laajennus aikanaan tulisi.



Kuvio 1. Hallin pohjoispääty.



Kuvio 2. Hallin laajennettava sivu.

3 LAAJENNUKSEN PERUSTIEDOT

Tässä kappaleessa esitetään laajennuksen perustietoja taulukkomuodossa. Taulukossa 1. olevat perustiedot laajennuksesta on selvitetty asteittain laajennusta suunniteltaessa ja taulukkoa päivitetty suunnittelun edetessä.

Taulukko 1. Kohteen tiedot.

Kohteen tiedot	Sosiaalitalan laajennus, Normek Oy, Alavuden Tehdas
Pääasiallinen käyttötarkoitus	Sosiaali-, varasto- ja toimistotila
Pääasiallinen rakennusmateriaali	Teräs
Pääasiallinen rakennustapa	Elementti
Kerros-luku	2
Kokonaiskorkeus	9 metriä
Bruttopinta-ala yhteensä	348 m ²

Taulukosta 2. käy ilmi laajennuksen rakenteellinen järjestelmä.

Taulukko 2. Rakenteellinen järjestelmä.

Perustamismaaperä	Pohjatutkimusta ei ole tehty, laskennassa käytetään heikosti kantavan maapohjan arvoa 200 kN/m ²
Perustamistapa	Pilariantura
Pilarit	Teräspilarit 200*200*8, k/k 4,8 metriä, reunalla 5 metriä, teräslaatu S355
Välipohjapalkit	WQ-palkki, 130*10 – 10*150 – 20*400, Teräslaatu S355
Yläpohjapalkit	HEA140, Teräslaatu S355
Alapohja	Kantava maanvarainen teräsbetonilaatta
Välipohja	200 mm ontelolaatasto
Yläpohjan rakenteet	SPU-Elementti rakenne kantavalla profiilipellillä
Ulkoseinät	Sokkelit betonisandwich elementtejä ja seinät peltisandwich elementtejä
Normit ja kuormitukset	Kohde on suunniteltu Eurokoodinormituksen mukaan

Taulukossa 3. on esitetty suunnittelua määrääviä ja ohjaavia standardeja ja normeja, joita tulee noudattaa suunnittelun edetessä. Taulukoita on päivitetty suunnittelun edetessä.

Taulukko 3. Suunnittelua määräävät ja ohjaavat standardit ja normit.

Teräsrakenteiden suunnittelu; Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt	SFS-EN-1993-1-1:2005
Rakenteiden kuormat, yleiset kuormat; Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodi	RIL-201-1-2011
Tilavuuspainot, omapainot ja rakennusten hyötykuormat	SFS-EN-1991-1-1:2002
Lumikuormat	SFS-EN-1991-1-3:2003
Tuulikuormat	SFS-EN-1991-1-4:2003

Taulukko 4. käsittelee ympäristön aiheuttamia rasitusluokkia, suunniteltua käyttöikää sekä palonkestovaatimusta.

Taulukko 4. Ympäristörasitukset.

Palonkestovaatimus	Rakennuksen paloluokka P2, Rakennusrungon palonkestovaatimus R-15
Ympäristörasitus	XC1 Lämpimät sisätilat, XC3 XC4 XF1 Ulkoilmaan rajoittuvat tilat, XC2 Perustukset
Suunniteltu käyttöikä	Perustukset 100 vuotta Runko 50 vuotta Julkisivut 50 vuotta
Betonipeitteen toleranssi	10 mm

Taulukossa 5. on esitetty yleiset laajennusta koskevat materiaaliominaisuudet.

Taulukko 5. Materiaaliominaisuudet.

Putkiprofiilit, palkit ja siteet	S355
Hitsattavat harjatangot	A500HW
Verkot	B500K

Taulukossa 6. on esitetty kuormitukset jotka vaikuttavat rakenteisiin niitä mitoitet-
taessa.

Taulukko 6. Kuormitukset

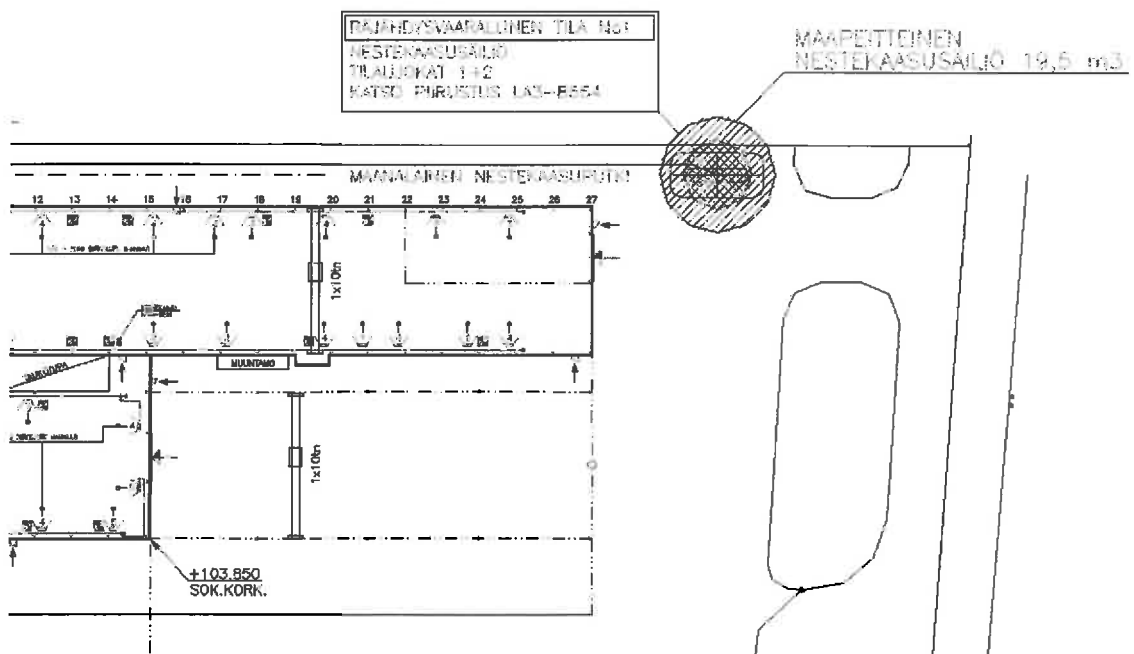
Välipohjan hyötykuorma	2,50 kN/m ²
Katon omapaino	0,45 kN/m ²
Välipohjan omapaino	2,60 kN/m ²
Lumikuorma maan pinnalla	2,50 kN/m ²
Lumikuorman kinostuma katolla	2,60 kN/m ²
Tuulikuorma	0,921 kN/m ²

4 TOIMENPITEET ENNEN LAAJENNUKSEN ALOITTAMISTA

Hallin laajennussuunta tulee olemaan länteen ja tämä aiheuttaa omat haasteensa ja rajoituksensa laajennuksen toteutukselle.

Tontin raja kulkee 8 metrin päässä laajennettavan hallin kyljestä ja laajennuksesta halutaan 6 metriä leveä. Tämä tarkoittaa, että laajennus ulottuu 2 metrin päähän tontin rajasta. Normaalisti rakennuslupa vaatii 5 metriä etäisyyttä tontin rajoihin, mutta poikkeusluvalla voidaan rakentaa lähemmäksi tontin rajaa. Alavudella voidaan poikkeusluvalla rakentaa lähimmillään yhden metrin etäisyydelle rajasta. Poikkeuslupaa varten tarvitaan suostumus kaupungilta ja rajanaapureilta.

Lisäksi laajennukselle varatulla tilalla maan alla kulkee hallin lämmitystä palveleva nestekaasuputki ja -säiliö, jotka tulee poistaa ennen laajennuksen aloitusta. Nestekaasuputken ja -säiliön poistaminen on jo otettu huomioon ja nestekaasun korvaajaksi on tulossa kaukolämpö.



Kuvio 3. Nestekaasusäiliö ja nestekaasulinja.

5.2 Puku- ja pesutilojen tilavaatimukset

Rakennustiedon ohjekortti RT 94-10969, Pysyvien työpaikkojen puku-, pesu- ja wc-tilat, määrittelee likaavien töiden sosiaalityötiloille kuvioissa 6-10 esitettyjä vähimmäisvaatimuksia.

Pesupaikkojen vähimmäismäärät.

työn likaavuus	henkilöä/pesupaikka	henkilöä/suihku
likaamaton työ	20...50	50
vähäisessä määrin likaava työ	8...20	50
likaava työ	4	10...25 *
erittäin likaava työ	4	5...25 *
ei tiedossa	5	50

* Tarvittaessa osa pesupaikoista toteutetaan suihkuina, kuitenkin vähintään yksi suihku 25 työntekijää kohti. Jos pesupaikat toteutetaan suihkuina, tulee pesuallaita kuitenkin olla likaavassa työssä vähintään yksi pesuallas 10 työntekijää kohti ja erittäin likaavassa työssä yksi pesuallas 5 työntekijää kohti.

Kuvio 6. Pesupaikkojen vähimmäismäärät.

(RT 94-10969)

Wc- ja urinaalipaikkojen vähimmäismäärä.

henkilöstöä	wc-paikkaa kohti	urinaalipaikkaa kohti
naiset	15	-
miehet	20	20

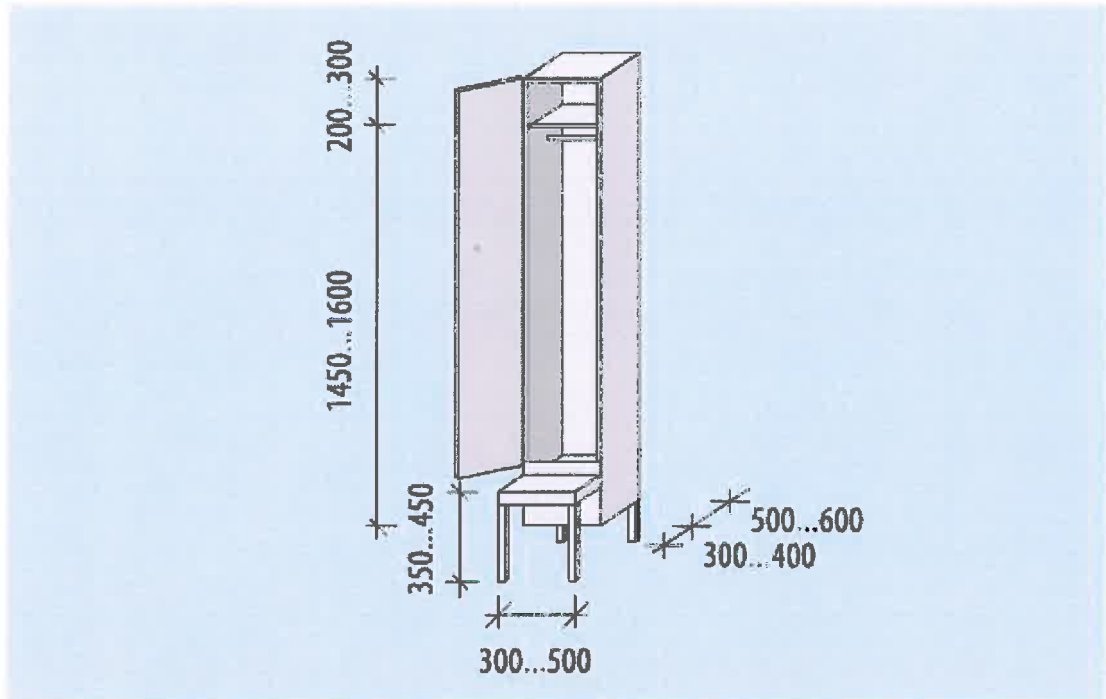
Kutakin alkavaa 15/20-lukua kohti tulee olla yksi wc/urinaalipaikka. Jos urinaalipaikkoja ei ole, käytetään miehille samaa paikkamitoitusta kuin naisillekin. Jos työtiloissa käy asiakkaita, autonkuljettajia yms. tulee heitä varten tarvittaessa olla erilliset wc-tilat työpaikan henkilökunnalle tarkoitettujen wc-tilojen lisäksi.

Kuvio 7. Wc- ja urinaalipaikkojen vähimmäismäärä.

(RT 94-10969)

Työ on likaavaa ja tilat suunnitellaan 40 hengelle, joten suihkuja tarvitaan vähintään 4 kpl, vaatekaappeja 80 kpl ja pesualtaita 10 kpl.

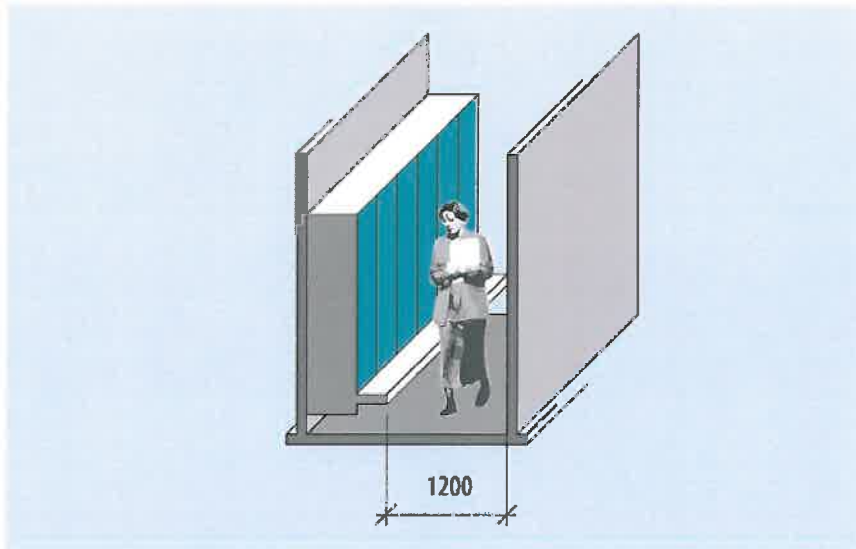
Lisäksi minimietäisyydet pukuhuoneen sisällä kaapistojen välillä ja kaapistojen minimikoot määräytyvät Rakennustiedon kortista 94-10969, Pysyvien työpaikkojen pesu-, puku- ja wc-tilat.



*Vaatekaapin ja siihen liittyvän penkin mitoitus.
Mittakaava 1:50.*

Kuvio 8. Vaatekaapin ja siihen liittyvän penkin mitoitus.

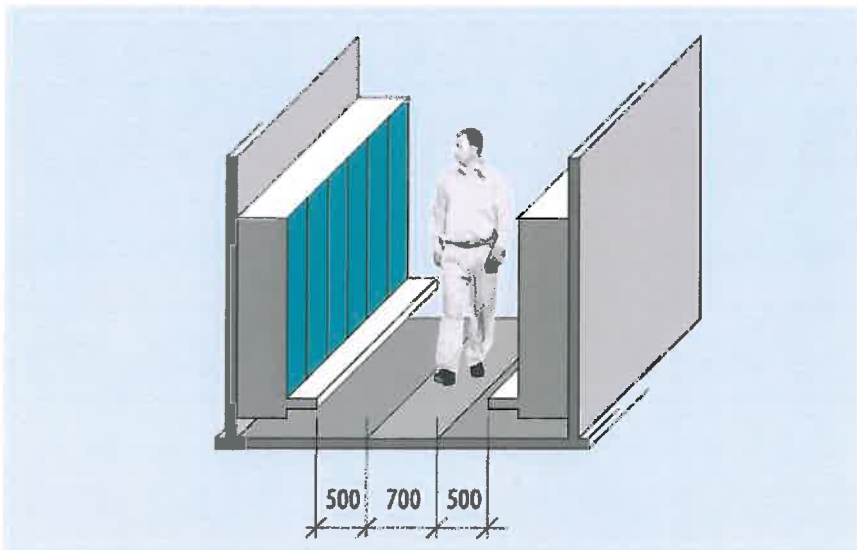
(RT 94-10969)



Pukuhuoneen istuintasolla varustetun kaapiston vähimmäisetäisyys vastapäisestä seinästä, mittakaava 1:100.

Kuvio 9. Kaapiston vähimmäisetäisyys seinään.

(RT 94-10969)



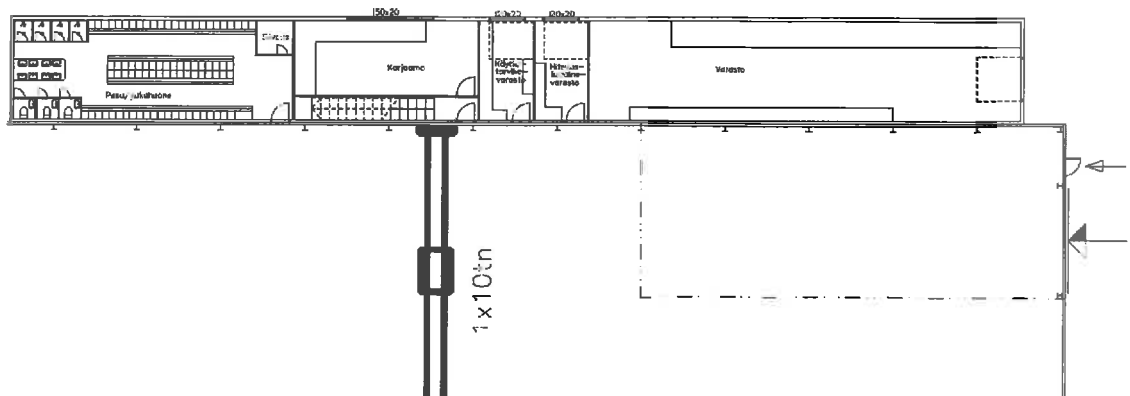
Penkillä varustettujen kaapistojen välinen keskinäinen vähimmäisetäisyys, keskellä kulkutila, mittakaava 1:100.

Kuvio 10. Kaapistojen väliset minimietäisyydet.

(RT 94-10969)

6 TILOJEN SUUNNITTELU

Laajennus suunnitellaan vanhan nestekaasulinjan päälle ja kaasulinja on purettava ennen laajennuksen rakennusvaihetta. Kuviossa 11. käy ilmi laajennuksen sijainti vanhaan halliin nähden.



Kuvio 11. Laajennuksen sijainti.

Laajennus päätettiin sijoittaa 2,4 metriä irti tuotantohallin päädyistä, sillä näin saadaan pilarijako kulkemaan tuotantotilassa ja laajennuksessa limittäin laajennuksen ja vanhan hallin yhteisellä seinällä.

7 RAKENNESUUNNITTELU

7.1 Seinärakenteet

Ulko- ja väliseinärakenteet toteutetaan peltisandwich-elementein. Ulkoseinät toteutetaan Parocin AST-T-elementillä, jonka nimellinen paksuus on 240 mm.

Sisäseinät Paroc-elementein AST-T, nimellisellä paksuudella 80 mm.

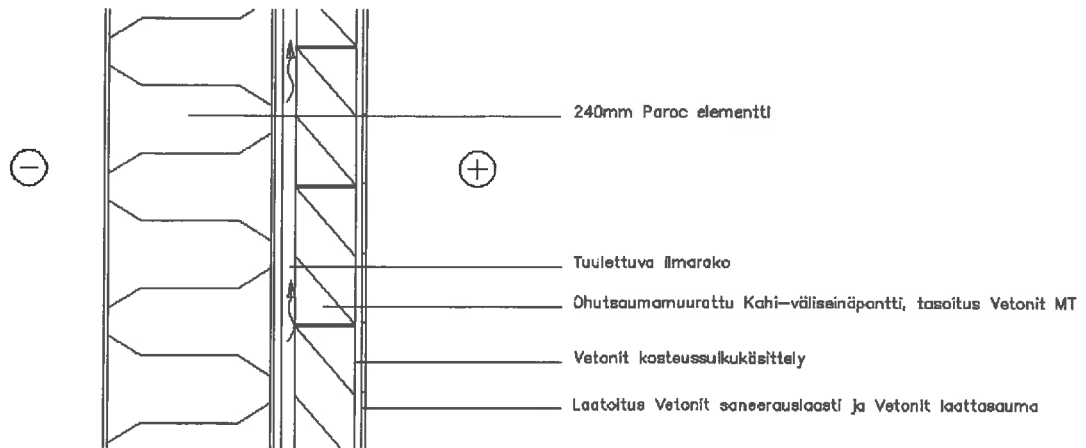
AST-T Paroc-elementtien palonkestoluokitus koskee elementtejä, joissa pintalevyt on valmistettu muovipinnoitetusta teräksestä. Painot pätevät elementeille, joiden pintalevyjen paksuus on 0,6/0,5 mm.

Elementti-tyyppi	Ominaisuus	Nimellispaksuus / Todellinen paksuus, mm								
		50/53	80/79	100/99	120/120	150/151	175/173	200/202	240/243	300/305
AST-T	U-arvo, W/m ² K ¹⁾	0,68	0,47	0,38	0,31	0,25	0,22	0,19	0,16	0,13
	Palonkesto, min ²⁾	-	EI 30	EI 45	EI 60	EI 120	EI 120	EI 180	EI 240	EI 240
	Paino, kg/m ² ³⁾	14	16	17	19	21	23	25	28	33

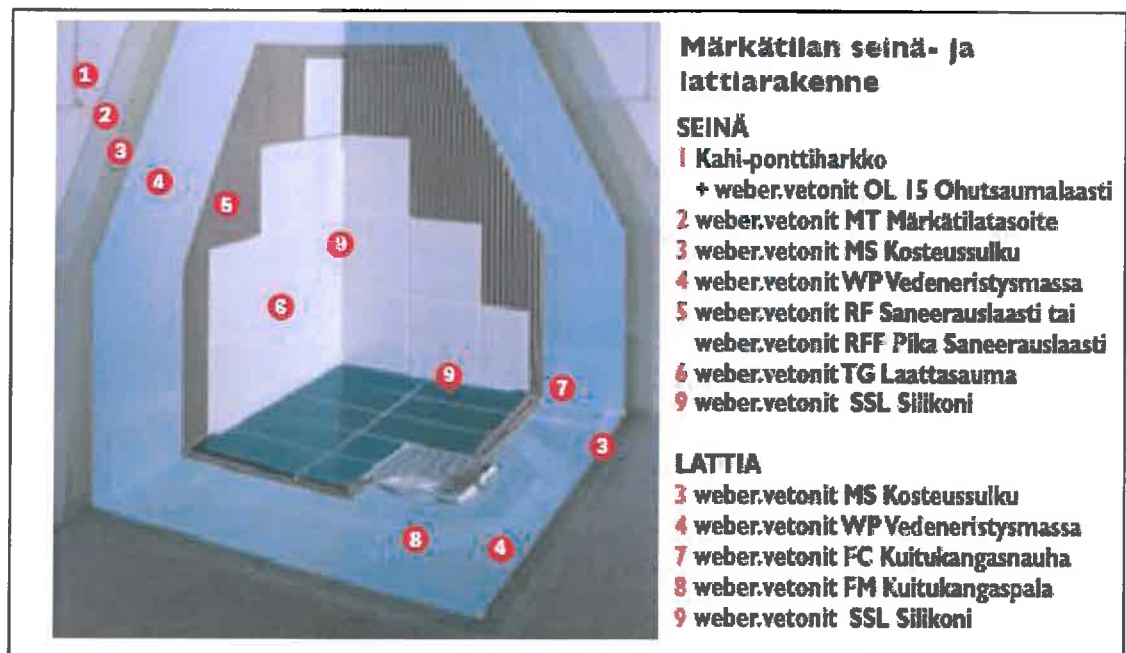
Kuvio 12. Ulkoseinäelementti AST-T.
(Paroc Group.)

U-arvovaatimus laajennuksen ulkoseinille on 0,17 w/m²K.

Märkätilojen seinät toteutetaan Kahi-harkoilla, jotka muurataan peltisandwich-elementtiseinän sisäpuolelle asianmukaisella ilmaraolla Kahi-ponttiharkkoseinän ja Paroc-elementtiseinän väliin.



Kuvio 13. Märkätilan seinärakenne.



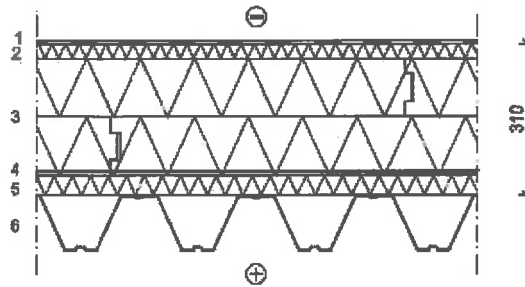
Kuvio 14. Märkätilan seinä- ja lattiarakenne.
(Rakentajan Tietopalvelu RTI Oy.)

7.2 Yläpohja

Kattorakenteeksi valittiin SPU AL eristeinen teräspoimulevyyden tukeutuva yläpohjarakenne YP 7.1.0, jonka omapainoksi valmistaja ilmoittaa 20-45 kg/ m². Lasken-

nassa käytetään arvoa 0,45 kN/m². Elementin U-arvo on 0,09 W/m²K, joka on sama kuin yläpohjan u-arvovaatimus.

Rakennuskohte	SPR6 Teräspolmulevy, Matalaenerglataso SPU AL eristeinen yläpohjarakenne		Luokka YP 7.1.1
Suunnittelija	Pvm	Mittakaava 1:10	Työ nro



Rakenne	1	Vedeneristekermi rakennesuunnitelman mukaan
	2	Laakerivillakerros 30 mm, kateen vaatimusten mukaan
	3	SPU AL 120 + 120 mm saumat liimitään
	4	Höyrynsulku tarvittaessa
	5	Kova mineraalivilla 40 mm vaaditun paloluokan mukaan
	6	Kantava teräspolmulevy rakennesuunnitelman mukaan

U-arvo 0,08 W/m²K (SPU AL A_U 0,023 W/mK, Laakeri- ja palovilla A_U 0,037 W/mK)

Liikuntasaumojen suunnittelukun kiinnitettävä erityistä huomiota.

Paino: Lämmöneristeet -17 kg/m²
Kokonaispaino -20,50 kg/m², riippuen teräspolmulevystä ja kermistä

SPU AL eristelevyjissä ei tule poistaa laminaattien levyjen kumme/takaan puolelta. Kahden SPU AL eristelevyn välillä jääviä laminaatteja ei tule myöskään poistaa.

Lämmönläpäisykartotmat (YP 7.1)

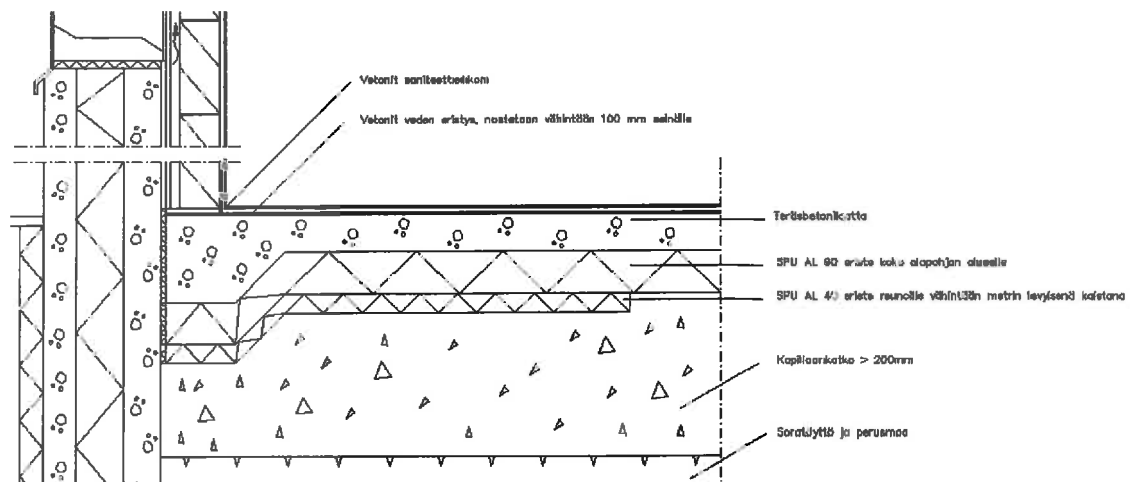
Detailin tunnus	Eristepaksuudet	U-arvo
YP 7.1.0	SPU AL 100 + 100 yhdenkertainen kerros (vaihtoehtoisesti SPU AL 200)	0,08 W/m ² K
YP 7.1.1	SPU AL 120 + 120 yhdenkertainen kerros (vaihtoehtoisesti SPU AL 150 + 90)	0,08 W/m ² K
YP 7.1.2	SPU AL 150 + 120 yhdenkertainen kerros (vaihtoehtoisesti SPU AL 170 + 100)	0,07 W/m ² K

U-arvo on laskettu ISO 8999:2007 mukaan. Lämpöteho on otettu huomioon lämmöneristekerros, laakerivillakerros ja palovillakerros. SPU-levyillä on paksuusvaihtelu 0-10 mm ja U-arvo vaihtelee 0,04-0,07 W/m²K. Käytännössä ei ole oltava huomiota.

Kuvio 15. Yläpohjan rakenne.
(SPU Eristeet Oy.)

7.3 Alapohja ja sokkeli

Maanvarainen alapohja toteutetaan SPU-Eristeen maanvaraisella alapohjarakenteella AP 2.1.0 ja riittäväällä betonilaatalla. Alapohjan U-arvo 0,16 W/m²K ja tämä täyttää u-arvo vaatimuksen.



Kuvio 16. Märkätilan lattiarakenne.

Sokkelit toteutetaan 1,5 metriä korkeilla ja 320 mm leveillä VaBe-Talojen SW-sokkelielementeillä.

8 RAKENNUKSEN RUNGON SUUNNITTELU

8.1 Rasitukset

8.1.1 Rasitusluokkien määrittely

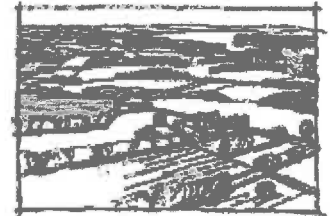
Laajennuksen rungon suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta ja perustusten 100 vuotta. Laajennus kuuluu seuraamusluokkaan CC2 ja luotettavuusluokkaan RC2.

8.1.2 Tuulikuorma

Rakennus sijaitsee isojen peltoaukeiden keskellä lähes lakeassa maastossa. Näin ollen rakennus kuuluu maastoluokkaan 2.

Maastoluokka II

Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta, kuten heinää tai ruohoa ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), jotka ovat vähintään esteen 20-kertaisen korkeuden etäisyydellä toisistaan



Kuvio 17. Maastoluokka 2.
(Heinisuo M.)

Tuulenpuoleisen seinän korkeus on 8,2 metriä ja pulpettikatto on 7,6 asteen kullalla.

Rakennuksen kokonaistuulikuorma lasketaan kaavalla 1 seuraavanlaisesti:

$$F_{w,k} = c_F \cdot q_k(h) \cdot A_{ref}$$

$$A_{ref} = 8,2m \cdot 58m = 475,6m^2$$

$$c_F = 1,5$$

$$q_k(h) = q_k(8,2m) = 0,61 + \left(\frac{0,04}{20} \cdot 2 \right) = 0,614 \frac{kN}{m^2}$$

$$F_{w,k} = 1,5 \cdot 0,614 \frac{kN}{m^2} \cdot 475,6m^2 = 438,028kN$$

Tästä neliökuorman avulla laskemalla saadaan rakenteelle aiheutuva pystysuuntainen viivakuorma pilarivälillä 4,8 metriä jota, kuvataan termillä $q(k) \left[\frac{kN}{m} \right]$.

$$q(k) = 1,5 \cdot 0,614 \frac{kN}{m^2} \cdot 4,8m$$

$$q(k) = 4,4208 \frac{kN}{m}$$

8.1.3 Lumikuorma

Rakennus sijaitsee Alavudella Etelä-Pohjanmaalla, jossa maanpäällinen lumikuorma S_k on $2,5 \frac{kN}{m^2}$. Alla esitetty lumikuorman laskentamalli, jossa c_i tarkoittaa lumikuorman lämpökerroin ja c_e tarkoittaa lumikuorman tuulensuojauskerrointa. Termi μ_1 tarkoittaa lumikuorman muotokerrointa.

$$S = \mu_1 \cdot c_i \cdot c_e \cdot S_k$$

$$\mu_1 = 0,8$$

$$S_k = 2,5 \frac{kN}{m^2}$$

$$c_i = 1,0$$

$$c_e = 1,0$$

$$S = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,5 \frac{kN}{m^2} = 2 \frac{kN}{m^2}$$

Lumikuorma muutettuna viivakuormitukseksi kN/m:

$$S = 2 \frac{kN}{m^2} \cdot 4,8m = 9,6 \frac{kN}{m}$$

8.1.4 Kinostuma

Kinostuma lasketaan käyttäen hyväksi lumikuorman muotokertoimia. Aikaisemmin laskettu lumikuorman muotokerroin μ_1 säilyy laskuissa mukana ja lisäksi otetaan mukaan muotokerroin μ_2 joka muodostuu kahdesta eri muotokertoimesta μ_s ja μ_w .

μ_s on ylemmältä katolta liukuvan lumen aiheuttama lumikuorman muotokerroin ja se saa arvon 0 kun ylemmän katon kattokulma on pienempi kuin 15-astetta. Nyt ylemmän katon kattokulma on 9-astetta, joten termi $\mu_s = 0$.

Tästä seuraa:

$$\mu_s = 0$$

$$\mu_2 = \mu_w + \mu_s$$

$$\mu_2 = \mu_w$$

Toinen muotokertoimen μ_2 arvoon vaikuttava kerroin μ_w on tuulesta johtuva lumikuorman muotokerroin. μ_w lasketaan kaavalla $0,8 + 0,8 \cdot \frac{\alpha}{30}$, missä α on korkeamman rakennusosan kattokulma.

Nyt korkeamman rakennusosan kattokulma α on 9 astetta, joten:

$$\mu_w = 0,8 + 0,8 \cdot \frac{\alpha}{30}$$

$$\mu_w = 0,8 + 0,8 \cdot \frac{9}{30}$$

$$\mu_w = 1,04$$

Joten:

$$\mu_2 = \mu_w = 1,04$$

Kinostuman pituutta rakennusosan matalammalla katolla kuvataan termillä l_s .

$$l_s = 2 \cdot h$$

$$l_s = 2 \cdot 1\text{m}$$

$$l_s = 2\text{m}$$

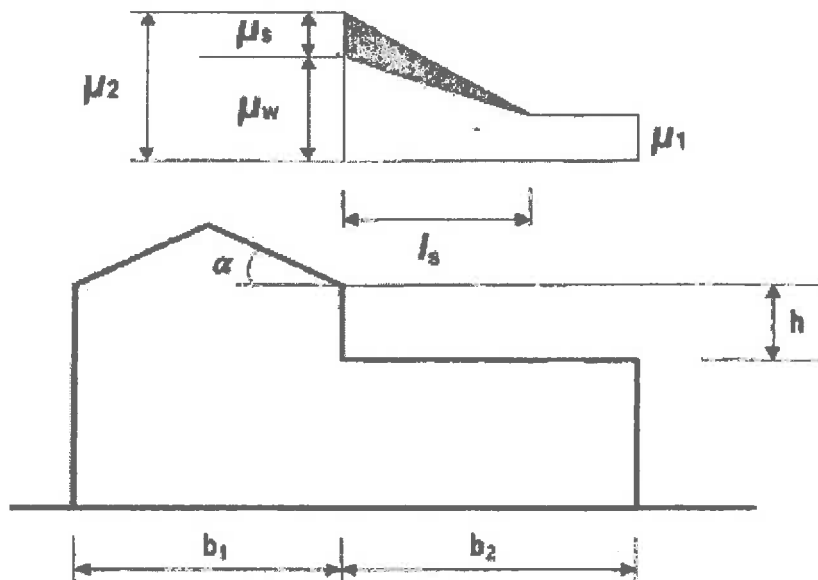
Kinostumaa tapahtuu 2 metrin matkalla ja kinostuman aiheuttama lumikuorma on:

$$S = \mu_2 \cdot c_i \cdot c_e \cdot S_k$$

$$S = 1,04 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$S = 2,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Joten kinostuma korottaa lumikuorman arvoa $0,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ kahden metrin matkalla matalimmalla kattolapella.



Kuvio 18. Kinostuma.

8.1.5 Hyötykuormat, välipohjan ja kattorakenteen omapaino

Toisen kerroksen välipohjan hyötykuormana käytetään laskennassa arvoa 250 kg/m^2 , joka on toimistotiloille ominainen hyötykuorman arvo. Välipohjan ontelolaa-

tan omapaino saumattuna on 260 kg/m^2 . Kattorakenteen ilmoitettu omapaino on 45 kg/m^2 . Kaikki rakenteet ovat käyttöluokassa 2. Välipohjan toimistotilan hyötykuorma on luokassa B. Lumi ja välipohjan hyötykuormien aikaluokka on keskipitkä.

Välipohjan rasitukset:

Välipohjaan kohdistuva rasitus on pitkäaikaista. Välipohjarakenteen omapaino sekä välipohjan hyötykuorman ominaisarvo $q(v)$ yhteenlaskettuna ja muutettuna rasitukseksi pilarivälille 4,8 metriä on:

$$q(v) = 2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 2,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q(v) = 5,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q(v) = 5,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 4,8 \text{m}$$

$$q(v) = 24,48 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

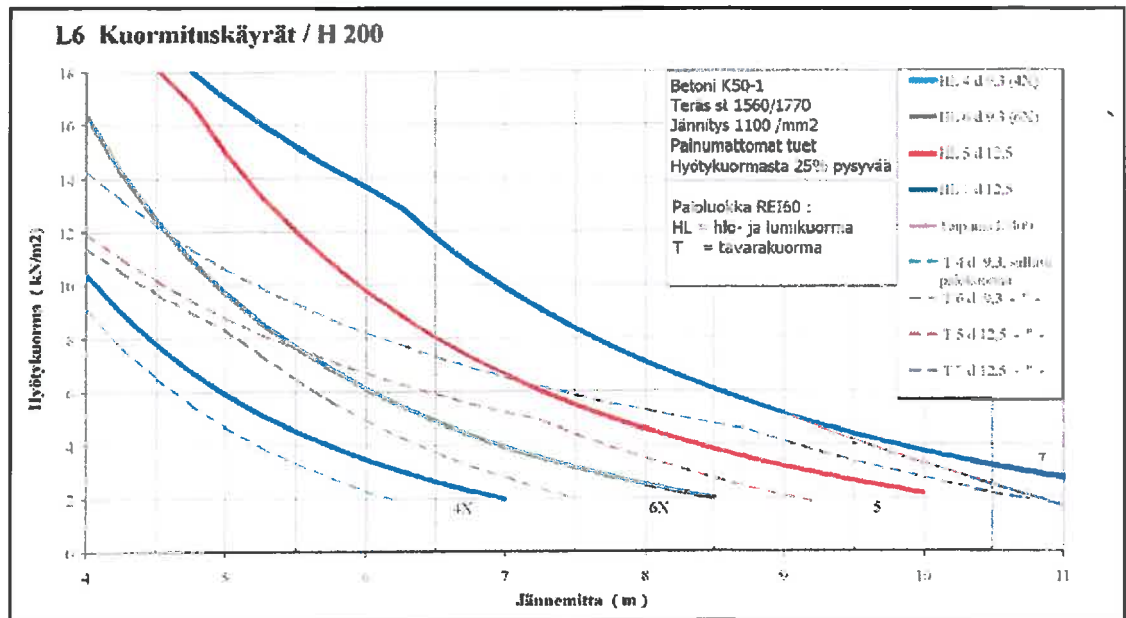
Kattorakenteen omapainosta syntyvä kuorma $q(k)$ pilarivälillä 4,8 metriä:

$$q(y) = 0,45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 4,8 \text{m}$$

$$q(y) = 2,16 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

8.2 Valitut rakenteet

Välipohjassa on kantavana rakenteena 200 mm korkea ontelolaatta, jonka omapaino saumattuna on 260 kg/m^2 . Ontelolaatta on valittu kantavuuden perusteella.



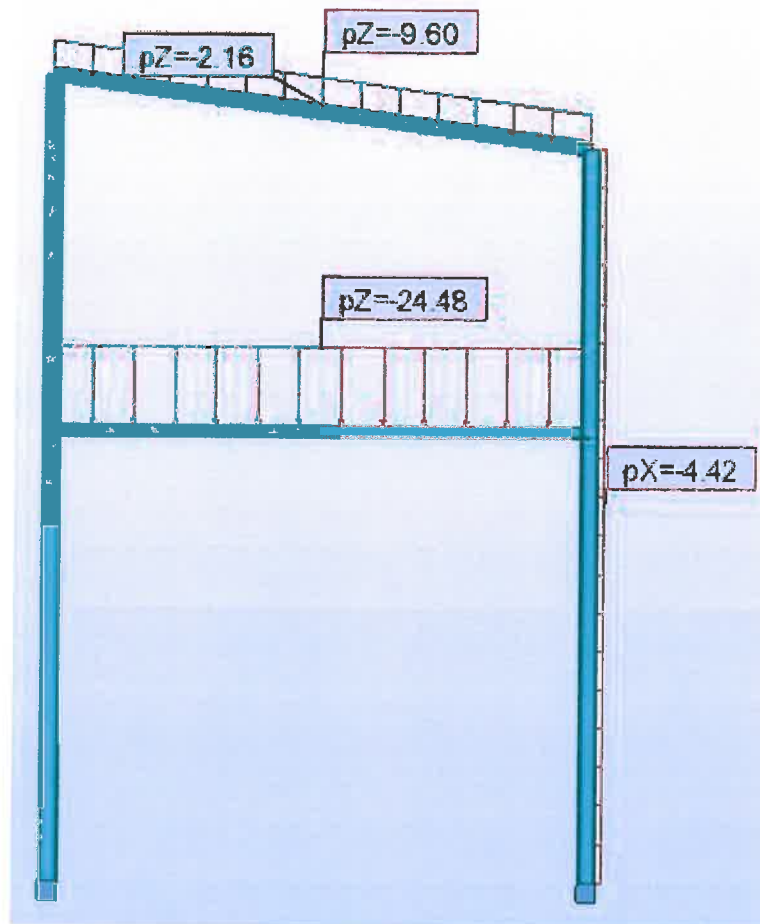
Kuvio 19. Ontelolaatan kuormituskäyrä.
(Luja Betoni Oy.)

LAATTATYYPPI	LAATAN KORKEUS [mm]	ELEMENTIN PAINO [kg/m ²]	PAINO SAUMATTUNA [kg/m ²]	VÄHIMMÄISTUKIPINTA [mm]	MAKSIMIJÄNNEVÄLI [m]
O15	150	205	215	60	7,0
O20	200	245	260	60	11,0
O27	265	360	390	60	13,5
O32	320	390	400	60	16,0
O37	370	435	510	60	14,0
O40	400	435	465	100	18,5
O50	500	560	600	100	20,0

Kuvio 20. Ontelolaattatyypit.
(Betoniteollisuus Ry.)

8.3 Kuormitusmalli ja rakenteiden käyttöasteet

Kuormitusmalli on poikkileikkaus välipohjallisesta rungosta, jossa runkoon kohdistuu eniten rasitusta. Kuormitusmallissa rakenteille kohdistuvat neliökuormitukset on muutettu viivakuormituksiksi ja laskettu rakenteille pilarivälillä 4,8 metriä.



Kuvio 21. Rakenteen kuormitusmalli.

Rakenteiden kuormitusasteet selvitettiin Robot Office Analysis Professional – ohjelmistolla.

Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case	Ratio(Ly)	Case (vy)	Ratio(pz)	Case (Lx)	Ratio(vx)	Case (vy)	Ratio(vy)	Case (vy)
1 Column_1	SQUA 200x20	S355	81.20	81.20	0.27	2 WIND1	-	-	-	-	0.79	2 WIND1	0.00	1 DL1
2 Column_2	SQUA 200x20	S355	73.88	73.88	0.32	2 WIND1	-	-	-	-	0.87	2 WIND1	0.00	1 DL1
3 Beam_3	HEA 140	S355	105.55	171.95	0.82	3 SN1	0.00	1 DL1	0.70	3 SN1	-	-	-	-
4 Beam_4	WQ-Palkki p15	S355	138.62	59.86	0.60	4 DL2	0.00	1 DL1	0.87	4 DL2	-	-	-	-

Kuvio 22. Rakenteiden kuormitusasteet.

Pilari-palkki-runko toteutetaan pilareilla 200*200*8, välipohjan WQ-palkilla 10*200/10*320/15*500 ja kattokannattajina toimivilla HEA140-palkeilla. Tuulisiteinä ja asennusaikaisina tukina toimivat teräsputkiprofiili 120*120*5.

9 ANTURAN MITOITUS

9.1 Mitoitus

Anturat on mitoitettu tässä välipohjan alueelle, missä vallitsee suurin kuormitus. Anturan yläpinnan syvyys on yksi metri. Antura toteutetaan pilarianturana. Anturalle tulee kuormitusta seinärakenteelta, sokkelielementeiltä sekä anturan yläpuolen soratäytöltä ja pilareiden kautta siirtyvät rungon kuormitukset.

Geoteknisenä maapohjan kantavuutena, merkitään $\sigma_{g,Rd}$, laskelmissa käytetään arvoa 200 kN/m^2 , sillä pohjatutkimusta tontille ei oltu tehty ja 200 kN/m^2 toimii heikosti kantavan maaperän ominaisarvona tällaisissa tilanteissa.

Seinäelementin toimittajan ilmoittama elementin omapaino on 28 kg/m^2 , ja yhdelle anturalle seinäpinta-alaa tulee: $8,2\text{m} \cdot 4,2\text{m} = 39,36\text{m}^2$.

Tästä saadaan seinäelementeistä anturoille kohdistuva kuormitus:

$$0,28 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 39,36\text{m}^2 = 11,0208\text{kN}$$

Sokkelielementtien omapainosta aiheutuva kuormitus anturalle pilarivälillä $4,8$ metriä on:

$$0,2\text{m} \cdot 1,5\text{m} \cdot 4,8\text{m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 36\text{kN}$$

Pilasterin kooksi valitaan 500 millimetriä korkea neliönmuotoinen pilasteri, jonka sivumitat ovat 450 millimetriä.

Pilasterin omapaino:

$$0,5\text{m} \cdot 0,45\text{m} \cdot 0,45\text{m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 2,5313\text{kN}$$

Omapainoa laskettaessa on käytetty betonin tilavuuspainoa 25 kN/m^3 .

Robot Structural Analysis Professional -ohjelmiston kautta anturalle rakennuksen rungon kautta syntyvä kuormitus on:

$$V_{ED,R} = 115,58kN \text{ ja } M_{ED} = 78,43kNm$$

Näistä anturalle tuleva momentti jaetaan anturalle tulevilla pystysuuntaisilla kuormituksilla, jolloin saadaan anturan epäkeskeisyys e .

$$e = \frac{78,43kNm}{(11,0208kN + 36kN + 2,5313kN + 115,58kN)}$$

$$e = \frac{78,43kNm}{165,132kN}$$

$$e = 0,475m$$

Geotekninen kantavuus:

$$\delta_{g,Rd} = 200 \frac{kN}{m^2}$$

Anturan tehollinen mitta:

$$L_{eff} = \frac{N_{Ed}}{\delta_{g,Rd} \cdot B}, \text{ missä } N_{Ed} = 165,132 \text{ kN ja } B = 1500 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = \frac{165,132kN}{200 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,5m}$$

$$L_{eff} = 0,550m$$

Anturan vaadittu minimileveys:

$$L = \left(\frac{L_{eff}}{2} + e \right) \cdot 2$$

$$L = \left(\frac{0,550m}{2} + 0,475m \right) \cdot 2$$

$$L = 1,500m$$

Maksimi pohjapaine anturalle:

$$P_{ED} = \delta_{g,Rd} = 200 \frac{kN}{m^2}$$

Momentti:

$$M_{ED} = \frac{P_{ED} \cdot (a^2) \cdot B}{2}, \text{ missä } a \text{ on mitta pilasterin kyljestä anturan kylkeen:}$$

$$a = \frac{1500mm}{2} - \frac{450mm}{2}$$

$$a = 525mm$$

$$M_{ED} = \frac{200 \frac{kN}{m^2} \cdot (0,525m)^2 \cdot 1,5m}{2}$$

$$M_{ED} = 41,344kNm$$

Suojabetonin paksuus anturan pohjassa $C_{nom} = 60mm$

Anturan korkeus $h = 500mm$

Hakaterästen paksuus $d_{haka} = 8mm$

Pääterästen paksuus $d_{pääteräs} = 12mm$

Anturan tehollinen korkeus $d = h - C_{nom} - d_{haka} - \frac{d_{pääteräs}}{2}$

$$d = 500mm - 60mm - 8mm - \frac{12mm}{2}$$

$$d = 426mm$$

Ennen suhteellisen momentin laskentaa on selvitettävä betonin puristuslujuuden mitoitusarvo.

$$f_{cd} = 0,85 \cdot \frac{35 \frac{N}{mm^2}}{1,5}$$

$$f_{cd} = 19,833 \frac{N}{mm^2}$$

Suhteellinen momentti μ

$$\mu = \frac{M_{ED}}{B \cdot d^2 \cdot f_{cd}}$$

$$\mu = \frac{41,344 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{1500 \text{ mm} \cdot (426 \text{ mm})^2 \cdot 19,833 \frac{N}{mm^2}}$$

$$\mu = 0,007658$$

Puristus vyöhykkeen suhteellinen korkeus:

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu}$$

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,007658}$$

$$\beta = 0,007688$$

Sisäinen momenttivarsi z

$$Z = d \cdot \left(1 - \frac{\beta}{2}\right)$$

$$Z = 426 \text{ mm} \cdot \left(1 - \frac{0,007688}{2}\right)$$

$$Z = 424,36 \text{ mm}$$

Raudituksen pinta-ala A_s

$$A_s = \frac{M_{ED}}{z \cdot f_{yd}}, \text{ missä } f_{yd} \text{ on terästen lujuuden mitoitusarvo:}$$

$$f_{yd} = \frac{500 \frac{N}{mm^2}}{1,15}$$

$$f_{yd} = 435 \frac{N}{mm^2}$$

$$A_s = \frac{41,344 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{424,36 \text{ mm} \cdot 435 \frac{N}{mm^2}}$$

$$A_s = 223,969 \text{ mm}^2$$

Aiemmin valitun 12 mm paksuisen harjateräksen pinta-ala on $\pi \cdot r^2 = \pi \cdot 6^2$

$$\pi \cdot 6^2 = 113,097 \text{ mm}^2$$

Raudoitus vaatimus A_s jaettuna valitun harjateräksen pinta-alalla saadaan:

$$\frac{A_s}{\pi \cdot r^2} = \frac{223,969 \text{ mm}^2}{113,097 \text{ mm}^2} = 1,980275$$

Valitulla 12mm harjaterästangolla raudoitukseksi riittäisi siis 2 kpl 12 mm harjaterästä. Näin ei ole, sillä on vielä tarkastettava minimiraudoitus.

9.2 Anturan minimiraudoitus

$$A_{s,\min} \geq 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot h \cdot b, \text{ missä } f_{ctm} \text{ on betonin keskimääräinen vetolujuus ja } f_{yk}$$

teräksen myötölujuuden ominaisarvo 500 N/mm².

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot \left(35 \frac{N}{mm^2} \right)^{2/3}$$

$$f_{ctm} = 3,2099 \frac{N}{mm^2}$$

$$A_{s,min} \geq 0,26 \cdot \frac{3,2099 \frac{N}{mm^2}}{500 \frac{N}{mm^2}} \cdot 500mm \cdot 1500mm$$

$$A_{s,min} \geq 1251,86mm^2$$

Nyt laskettava rauditusmäärä 12 mm harjateräksillä.

$$\frac{A_{s,min}}{\pi \cdot 6^2} = \frac{1251,86mm^2}{133,097mm^2} = 11,07$$

Valitaan siis 12 kpl harjateräksiä läpimitalla 12 mm.

Anturan sivujen mitat 1500 mm, pilasterin sivujen mitta 450 mm ja korkeus 500 mm.

9.3 Anturan lävistyskestävyys

Anturaan kohdistuva leikkausvoima:

$$V_d = (a - d) \cdot \delta_{g,Rd}$$

$$V_d = (0,525m - 0,426m) \cdot 200 \frac{kN}{m^2}$$

$$V_d = 19,8 \frac{kN}{m}$$

Anturan leikkauskapasiteetti:

$$V_{C,D} = 0,4 \cdot K \cdot \left(1 + 50 \cdot \frac{A_s}{bd} \right) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d, \text{ missä } K = 1,6 - d$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_C}, \text{ missä } \alpha_{ct} \text{ on } 1,0 \text{ sekä } \gamma_C \text{ on } 1,5$$

$$f_{ctd} = 1,0 \cdot \frac{2,25}{1,5}$$

$$f_{ctd} = 1,5$$

Tarkistetaan mitoitusehto:

$$\frac{A_s}{bd} \leq 0,02$$

$$\frac{1357,17\text{mm}^2}{1500\text{mm} \cdot 426\text{mm}} \leq 0,02$$

$$0,002124 \leq 0,02$$

$$V_{C,D} = 0,4 \cdot 1,6 - 0,426\text{mm} \cdot \left(1 + 50 \cdot \frac{1357,17\text{mm}^2}{1500\text{mm} \cdot 426\text{mm}} \right) \cdot 1,5 \cdot 1500\text{mm} \cdot 426\text{mm}$$

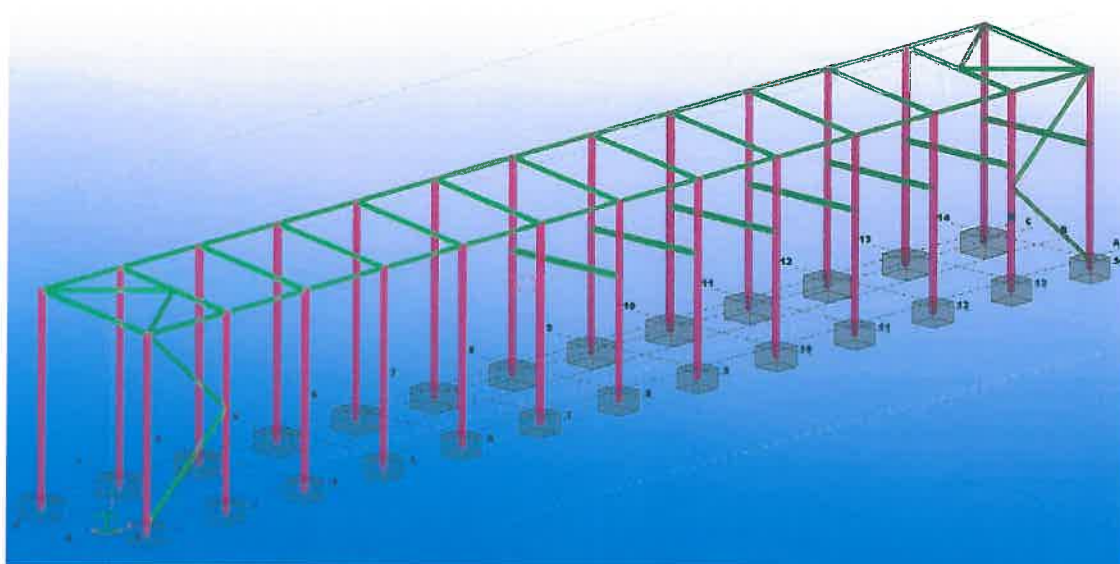
$$V_{C,D} = 497,913 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Anturan leikkauskestävyys on riittävä.

10 RUNGON LIITOSMITOITUS

10.1 Liitosmitoituksen lähtötiedot

Rungon liitosmitoituksessa keskitytään välipohjallisen rakennusalueen liitoksiin, koska siellä kuormat ovat suurimmat. Tuulisiteet on mitoitettu ottamaan vastaan rakennusvaiheen kuormia ja tukemaan runkoa asennusvaiheessa.



Kuvio 23. Tekla Structures -ohjelmalla luotu 3D-malli rungosta.

10.2 Välipohjapalkkeja kannattelevan konsolin ja pilarin liitosmitoitus

Välipohjan WQ-palkit kiinnitetään runkoon hitsattavilla konsoleilla ja konsoliliitoksen päälle tulevalla teräslevyllä, joka sitoo liitoksen kiepahduksen.

Konsolille tuleva kuormitus on sama kuin välipohjapalkin tukireaktio. Tukireaktion tulee olla yhtä iso kuin välipohjan omapainon, välipohjan hyötykuorman ja WQ-palkin omapainon yhteenlaskettu rasitus.

WQ-palkin omapaino on 572,4 kg ja tämä jaettuna kuudella metrillä:

$$\frac{572,4 \text{ kg}}{6 \text{ m}} = 95,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

WQ-palkin omapaino laskelmissa siis 0,954 kN/m.

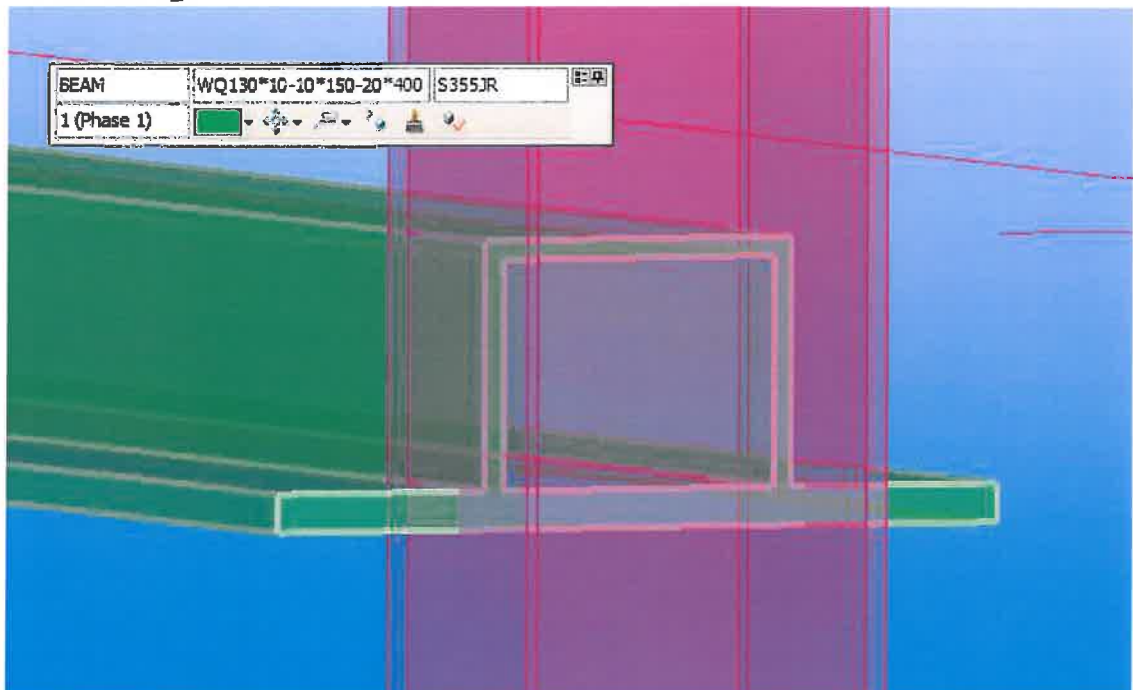
Konsolille tuleva kuormitus on sama kuin välipohjapalkin tukireaktio. Tukireaktion tulee olla yhtä iso kuin välipohjan omapainon, välipohjan hyötykuorman ja WQ-palkin omapainon yhteenlaskettu raskuus.

Yhteen hitsattavaan WQ-palkkia kannattelevaan konsoliin aiheutuva kuormitus on siis ontelolaattojen omapaino, välipohjan hyötykuorman arvo sekä wq-palkin omapaino yhteenlaskettuna ja osavarmuusluvulla kerrottuna sekä muutettuna piste-kuormitukseksi konsolille.

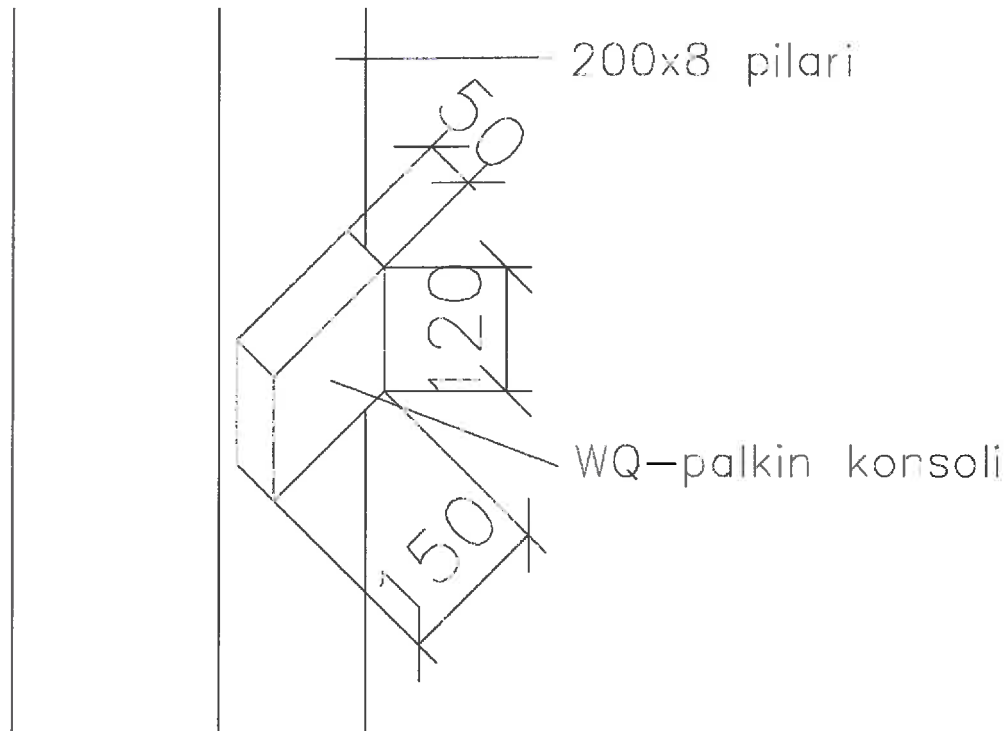
$$q(h) = 2,5 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,5 \cdot 4,8m + 2,6 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,15 \cdot 4,8m = 32,4 \frac{kN}{m}$$

$$q(h) = 32,4 \frac{kN}{m} + \left(0,954 \frac{kN}{m} \cdot 1,15 \right) = 33,5 \frac{kN}{m}$$

$$q(h) = \frac{33,5 \frac{kN}{m} \cdot 6m}{2} = 100,5kN$$



Kuvio 24. WQ-palkin mitat.



Kuvio 25. WQ-palkin konsolin mitat pilarissa.

Konsoli jää WQ-palkin sisään ja WQ-palkki jää makaamaan konsolin päälle. Liitoksen päälle tulee vielä hitsattava levy 10*150*200 joka ottaa vastaan ontelolaattojen asennusaikaisen kiepsahduksen, liitoslevyn hitsit ympäripienahitsillä a-mitalla 3 mm. Konsolin ja levyn teräsmateriaali S355JR. WQ-palkki jää 20 mm irti pilarista liitoksessa.

Konsolin kaksoispienaliitoshitsin mitoitus:



Kuvio 26. Kaksoispienahitsi.
(Hämeen Ammattikorkeakoulu.)

Hitsausliitos lasketaan kahdella kylkiapienahitsillä, mutta liitos toteutetaan ympärihitsillä. Liitoksen otsapienahitsien vaikutus kuorman ollessa kylkiapienahitsien suuntainen on mitoituksessa niin pieni, että se jätetään huomiotta.

Kylkiapienahitsin laskukaava:

$$a \geq \frac{\beta_w \cdot v_{M2} \cdot V_{ED} \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot F_u \cdot l}$$
, missä a on pienuhitsin koko millimetreinä, β_w on hitsin korrelaatiokerroin, v_{M2} on hitsin osavarmuusluku, V_{ED} on liittokselle aiheutuva kuormitus, F_u on liitettävän osan teräslaadusta riippuva teräksen myötölujuus ja l on liittohitsin pituus millimetreinä. Näiden laskenta arvot ovat:

$$V_{ED} = 100,5 \text{ kN}$$

$$\beta_w = 0,9$$

$$v_{M2} = 1,25$$

$$l = 120 \text{ mm}$$

$$F_u = 510 \text{ N/mm}^2$$

$$a \geq \frac{0,9 \cdot 1,25 \cdot 100,5 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 510 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 120 \text{ mm}}$$

$$a \geq 1,6 \text{ mm}$$

Mitoituksessa tulee ottaa huomioon hitsiliitoksen a-mitan minimivaatimus, joka on 3 mm. Eurokoodi-standardi ei näe alle 3 mm:n hitsausaumoja voimia siirtävänä. Tästä syystä liittoksen minimi a-mitaksi muodostuu 3 mm.

10.3 Yläpohjapalkin ja pilarin välinen liitosmitoitus

Yläpohjan pilari - HEA140-liitos toteutetaan pulttiliitoksena.

Tuulisiteiden liitokset toteutetaan pulttiliitoksilla.

LÄHTEET

- Betoniteollisuus Ry. Ontelolaatat. [Verkkosivu]. Betoniteollisuus Ry. [Viitattu 20.5.2013]. Saatavana: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>
- Heinisuo, M. 2008. Rakennustarkastajat, Kevät 2008. [Verkkosivu]. Valtion Ympäristöhallinto. [Viitattu 23.4.2013]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=95837&lan=fi>
- Hämeen Ammattikorkeakoulu. 2008. Metallirakentajan käsikirja. [Verkkojulkaisu]. Hämeen Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 25.4.2013]. Saatavana: http://portal.hamk.fi/portal/pls/portal/!PORTAL.wwwob_page.show?_docname=5876283.PDF
- Luja Betoni Oy. 2007. Suunnitteluohje Luja Ontelolaatta Luja Kuorilaatta. [Verkkojulkaisu]. Luja Betoni Oy. [Viitattu 19.4.2013]. Saatavana: http://www.lujabetoni.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/luja/embeds/lujabetoniwwwstructure/17554_luja-ontelo-ja_kuorilaatat_suunnitteluohje.pdf
- Paroc Group. 2013. Paroc elementtien ominaisuudet. [Verkkosivu]. Paroc Group. [Viitattu 1.4.2013]. Saatavana: <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/ratkaisut/sandwichelementit/tekniset-ominaisuudet>
- Perälä, M. 2012. Teräsrakenteet 2. Opintomateriaali. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu.
- Rakentajan Tietopalvelu RTI Oy. 2013. Märkätilaan kiviaineiset seinät Kahi-harkoilla. [Verkkosivu]. Rakentajan Tietopalvelu RTI Oy. [Viitattu 15.4.2013]. Saatavana: <http://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/sisaeseinae-ja-kattoverhous/yritysten-artikkeleita-aiheesta/maerkaetilaan-kiviaineiset-seinaet-kahi-harkoilla>
- RakMK C3. 2009. Rakennusten lämmöneristys. Helsinki: Rakennustietosäätiö.
- RIL 201-1-2011. 2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RT 09-10692. 2009. Pysyvien työpaikkojen puku-, pesu- ja wc-tilat. Helsinki: Rakennustieto.
- Saariaha, A. 2010. Betonirakenteet 2. Opintomateriaali. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu

SPU Eristeet Oy. AP 2.1.0. [Verkojulkaisu]. SPU Eristeet Oy. [Viitattu 5.4.2013].
Saatavana: <http://www.spu.fi/files/spu/PDF/AP%20210.pdf>

SPU Eristeet Oy. YP 7.1.0. [Verkojulkaisu]. SPU Eristeet Oy. [Viitattu 6.4.2013].
Saatavana: <http://www.spu.fi/files/spu/PDF/YP%20710.pdf>

Vabetalot. SW-Sokkelielementti. [Verkkosivu]. Vabetalot. [Viitattu 19.4.2013].
Saatavana: <http://www.vabetalot.fi/rakenteet.php?sokkeli>

LIITTEET

LIITE 1. Laskentaraportti

Laskentaraportti

Sosiaali-, toimisto- ja varastotilan laajennus

Normek Oy, Alavuden tehdas

SISÄLTÖ

SISÄLTÖ.....	2
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	3
Rakennelaskelman selostus.....	4
Perustiedot.....	4
Rakenteellinen järjestelmä.....	4
Normit ja kuormitukset	5
Määräykset, ohjeet ja kirjallisuusluettelo	5
Palonkestovaatimus ja ympäristöluokka.....	6
Kuormitukset	6
Materiaaliominaisuudet	7
Laskentamenetelmät.....	7
Teräsrakenteiden mitoitus	9
Rakenneosien määrittely	10
Kuormat	11
Kuormayhdistelyt	12

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1: Rakennemalli.....	9
Kuvio 2: Kuormitus	11
Kuvio 3: Kuormayhdistelyt murtorajatilassa, ultimate limit state	12
Kuvio 4: Kuormayhdistelyt käyttörajatilassa, service limit state.....	12

1 Rakennelaskelman selostus

1.1 Perustiedot

Kohteen tiedot	Sosiaali-tilojen laajennus, Normek Oy, Alavuden tehdas
Pääasiallinen käyttötarkoitus	Sosiaali-, toimisto- ja varastotila
Pääasiallinen rakennusmateriaali	Teräs
Pääasiallinen rakennustapa	Elementti
Kerrosluku	2
Kokonaiskorkeus	9m
Bruttopinta-ala yhteensä	348m ²
Tarkempi käyttötarkoitus	Tuotantorakennus

1.2 Rakenteellinen järjestelmä

Perustamismaaperä	Pohjatutkimusta ei tehty, laskennassa heikosti kantava maapohja 200 kN/m ²
Perustamistapa	Pilariantura
Pääasialliset runkorakenteet	

Pilarit	Teräspilarit 200*200*8, k/k 4,8m ja reunalla 5m, S355
Välipohjapalkit	WQ-Palkki, 10*130/10*150/15*400, S355
Yläpohjapalkit	HEA140, S355
Alapohja	Kantava maanvarainen teräsbetonilaatta
Välipohja	200mm ontelolaatasto
Yläpohjan rakenteet	SPU-Elementti rakenne kantavalla profiilipellillä
Ulkoseinät	Sokkelit betonisandwich- elementtejä ja seinät peltisandwich- elementtejä

1.3 Normit ja kuormitukset

Kohde on suunniteltu Eurokoodi-normituksen mukaan

1.3.1 Määräykset, ohjeet ja kirjallisuusluettelo

Teräsrakenteiden suunnittelu

SFS-EN-1993-1-1: 2005

Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt

Rakenteiden kuormat; Yleiset kuormat

RIL-201-1-2011	Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodi.
SFS-EN-1991-1-1:2002	Tilavuuspainot, omapainot ja rakennusten hyötykuormat.
SFS-EN-1991-1-3:2003	Lumikuormat
SFS-EN-1991-1-4:2003	Tuulikuormat

1.3.2 Palonkestovaatimus ja ympäristöluokka

Palonkestovaatimus	Paloluokka P2. Rakennuksenrun- gon palonkestovaatimus R-15 (RakMk E1)
Ympäristörausitus	XC1, Lämpimät sisätilat XC3, XC4, XF1, Ulkoilmaan rajoittuvat XC2, Perustukset
Suunniteltu käyttöikä	Perustukset 100 vuotta Runko 50 vuotta Julkisivut 50 vuotta
Betonipeitteen toleranssi	10 mm

1.3.3 Kuormitukset

Pysyviä kuormia rakennuksessa aiheuttavat rakennusosien omapaino, SPU-Elementein toteutettu yläpohja ja ontelolaatoon toteutettu välipohja.

Pysyvät kuormat

Välipohjan hyötykuorma: 2,50 kN/m²

Katon omapaino: 0,45 kN/m²

Välipohjan omapaino. 2,60 kN/m²

Muuttuvat kuormat

Lumikuorma maan pinnalla: 2,5 kN/m²

Lumikuorma katolla: 2,0 kN/m²

Tuulikuorma: 0,921 kN/m² (Maastoluokka II)

1.4 Materiaaliominaisuudet

Teräkset ja raudoitukset: S355J2 Putkiprofiilit
S355J2 Palkit ja siteet
A500HW Hitsattavat harjatangot
B500K Verkot

1.5 Laskentamenetelmät

Runkorakenteet

Runkorakenteiden lujuuslaskenta sisältäen pilarit palkit ja siteet, on suoritettu Robot Structural Analysis Professional 2013 -ohjelmalla. Ohjelmalla on laskettu rakenteiden käyttöaste murtorajatilassa, sekä tehty taipumatarkastelut käyttörajatilassa ottaen huomioon sallitut taipumat ja niiden vaikutukset rakenteiden toimintaan.

Robot Structural Analysis Professional -ohjelma perustuu 3D -elementtimenetelmään. Lujuuslaskennassa käytettyjen mallien geometria on saatu linkittämällä rautalankamalli Tekla Structures 3D -mallinnusohjelmasta.

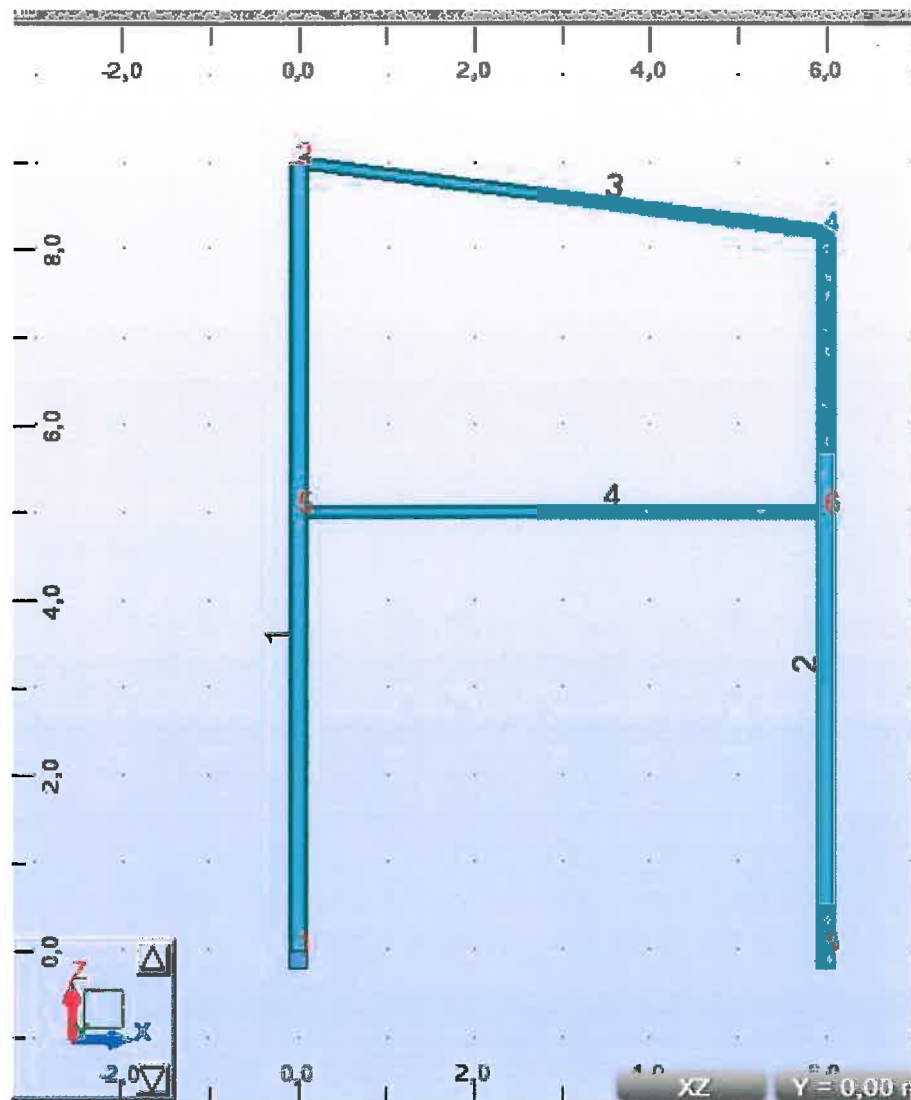
Liitokset

Liitosmitoitus on tehty osittain Robot Structural Analysis -ohjelmalla ja osittain itse laskien. Liitosmitoitusraportit ovat erillisellä liitteellä.

Jäykistys

Rakennuksessa käytetään vinosauvoja eli ns. tuulisiteitä jäykistykseen. Vinosauvat on sijoitettu molempiin päihin symmetrisesti.

2 Teräsrakenteiden mitoitus



Kuvio 27: Rakennemalli

Lujuuslaskennassa rakennemallina on käytetty yhtä jännemittan väliä.

2.1 Rakenneosien määrittely

Sauvat määritellään lujuuslaskentaa varten, jolla otetaan huomioon rakenteen tuenta ja yhteistoiminta. Robot Structural Analysis -ohjelmassa rakenneosien määrittelyt tehdään member types -toiminnon avulla. Laskentaa varten sauvat on kat-

kaistu osiin rakenteiden solmukohtien tai rakenteiden nurjahduspituuksien mukaan. Yläpohjan palkkien nurjahduspituutena on käytetty palkkien pituutta ja pilareiden nurjahduspituus määräytyy pilareiden tuennan mukaan.

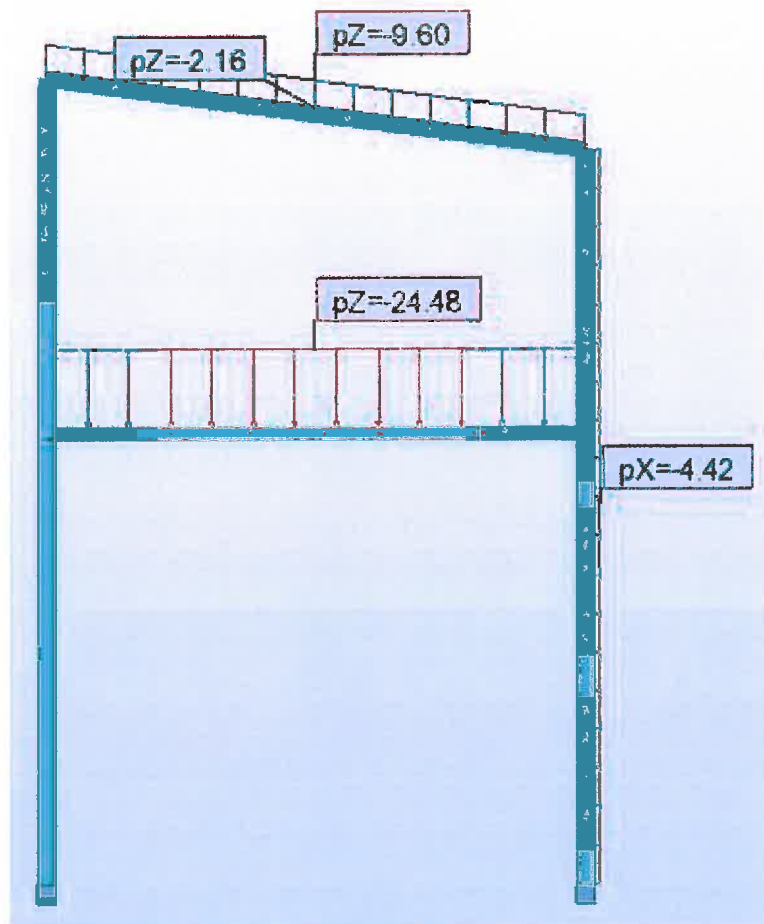
Nurjahduspituudet:

Palkit ja siteet = L

Pilarit = 0,7 L

2.2 Kuormat

Pysyvät ja muuttuvat kuormat on muutettu viivakuormitukseksi käsin laskemalla. Myöhemmin kuormat on syötetty mallinnusohjelmaan viivakuormituksena. Mallinnus toteutettiin välipohjallisen tilan alueella pilarivälillä 4,8 metriä, jossa vallitsevat suurimmat rasitukset.



Kuvio 28: Kuormitus

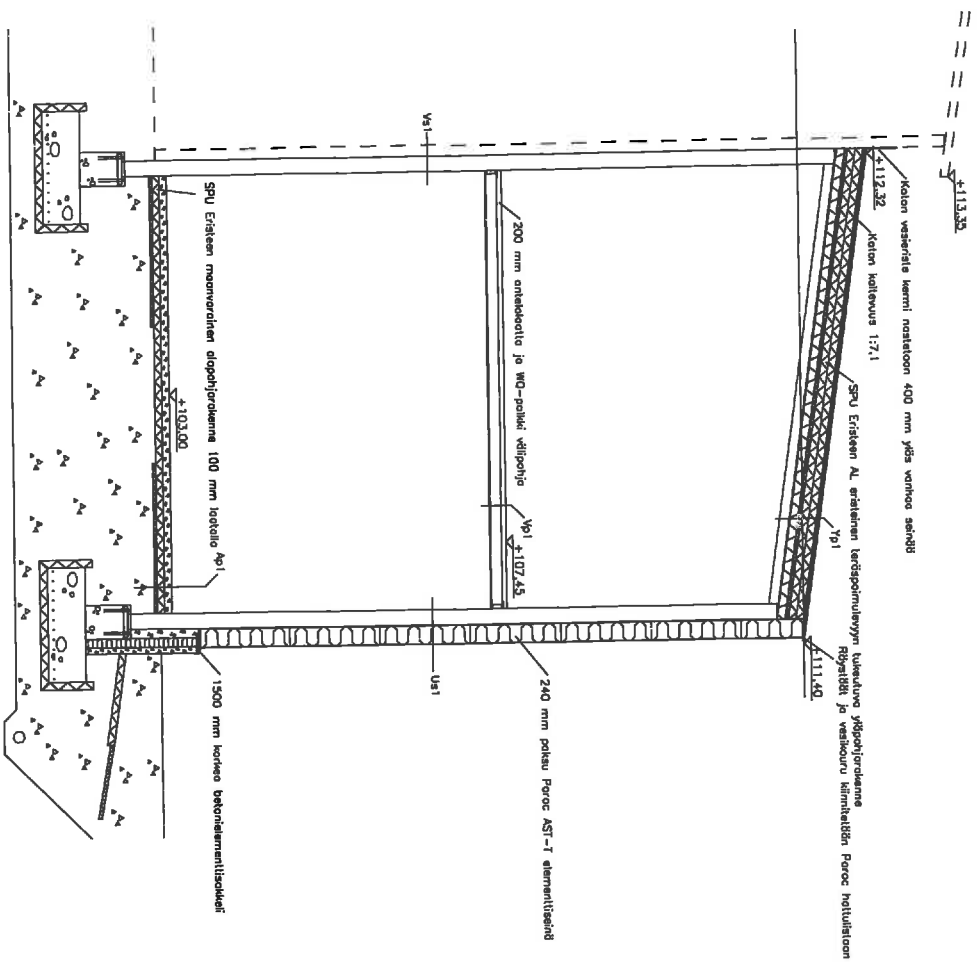
2.3 Kuormayhdistelyt

SLS:CHR/ 1	$1*1.00 + 2*1.00 + 3*0.70 + 4*1.00$
SLS:CHR/ 2	$1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00$
SLS:CHR/ 3	$1*1.00 + 4*1.00$
SLS:CHR/ 4	$1*1.00 + 2*0.60 + 3*1.00 + 4*1.00$
SLS:CHR/ 5	$1*1.00 + 3*1.00 + 4*1.00$
SLS:FRE/ 6	$1*1.00 + 2*0.20 + 3*0.20 + 4*1.00$
SLS:FRE/ 7	$1*1.00 + 2*0.20 + 4*1.00$
SLS:FRE/ 8	$1*1.00 + 4*1.00$
SLS:FRE/ 9	$1*1.00 + 3*0.40 + 4*1.00$
SLS:QPR/ 10	$1*1.00 + 3*0.20 + 4*1.00$
SLS:QPR/ 11	$1*1.00 + 4*1.00$
SLS:CHR/ 1	$1*1.00 + 2*1.00 + 3*0.70 + 4*1.00$
SLS:CHR/ 2	$1*1.00 + 2*1.00 + 4*1.00$
SLS:CHR/ 3	$1*1.00 + 4*1.00$
SLS:CHR/ 4	$1*1.00 + 2*0.60 + 3*1.00 + 4*1.00$
SLS:CHR/ 5	$1*1.00 + 3*1.00 + 4*1.00$
SLS:FRE/ 1	$1*1.00 + 2*0.20 + 3*0.20 + 4*1.00$
SLS:FRE/ 2	$1*1.00 + 2*0.20 + 4*1.00$
SLS:FRE/ 3	$1*1.00 + 4*1.00$
SLS:FRE/ 4	$1*1.00 + 3*0.40 + 4*1.00$
SLS:QPR/ 1	$1*1.00 + 3*0.20 + 4*1.00$
SLS:QPR/ 2	$1*1.00 + 4*1.00$

Kuvio 30: Kuormayhdistelyt käyttörajatilassa, service limit state

Combinations/Comp.	Definition
ULS/1	$1*1.35 + 4*1.35$
ULS/2	$1*0.90 + 4*0.90$
ULS/3	$1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.94 + 4*1.15$
ULS/4	$1*1.15 + 2*1.50 + 4*1.15$
ULS/5	$1*1.15 + 4*1.15$
ULS/6	$1*0.90 + 2*1.50 + 3*0.94 + 4*0.90$
ULS/7	$1*0.90 + 2*1.50 + 4*0.90$
ULS/8	$1*0.90 + 4*0.90$
ULS/9	$1*1.15 + 2*0.90 + 3*1.35 + 4*1.15$
ULS/10	$1*1.15 + 3*1.35 + 4*1.15$
ULS/11	$1*0.90 + 2*0.90 + 3*1.35 + 4*0.90$
ULS/12	$1*0.90 + 3*1.35 + 4*0.90$

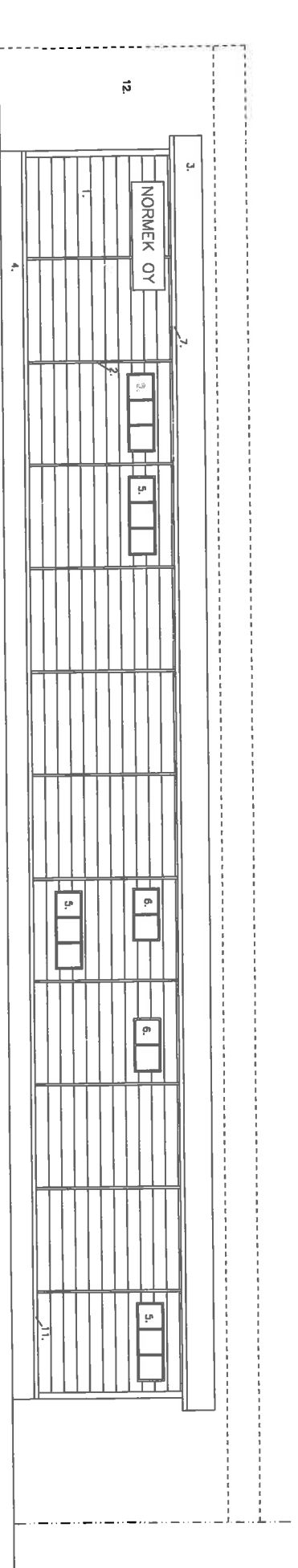
Kuvio 29: Kuormayhdistelyt murtorajatilassa, ultimate limit state



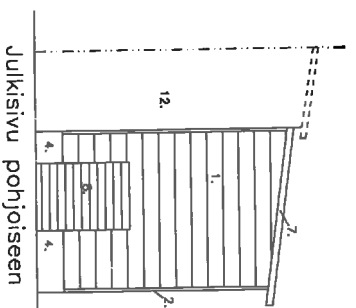
Rakenteiden seuroomuusluokka CC2,
 Luotettavuusluokka RC2,
 Rakenteet käyttöluokassa 2,
 Rakenteiden toteutusluokka EXC2,
 Palonkestoluokka P2,
 Rungon palonkestovaatimus R-15,

Yläpohjassa kantava profiilipelti paksuudella 1,25 mm ja
 antikondenssi pinoitteella,
 Väli pohjassa 200 mm ontelolaatta,
 Betoninen sokkelelementti korkeudella 1500 mm,
 Antura 1500*1500 mm korkeudella 500 mm.
 Pilarit 200*200*8,
 Yläpohjan kannattajana HEA140 palkisto,
 Väli pohjan kannattajana WQ-palkki koossa 10*130/10*150/15*400,
 Alapohja maanvaraisella betonilaatalla paksuudella 100 mm.

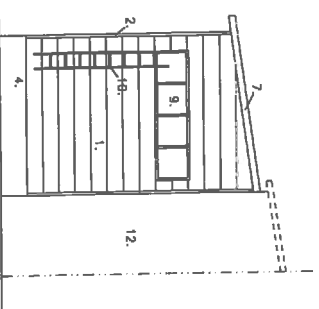
Teollisuusrakennuksen rakennus- ja rakennesuunnittelu			
Normek Oy, Alavuden Tehdas			
Tuurinte 21	18.05.2013		1:100
63400 Alavus			Posto Juhna-Matti



Julkisivu länteen



Julkisivu pohjoiseen

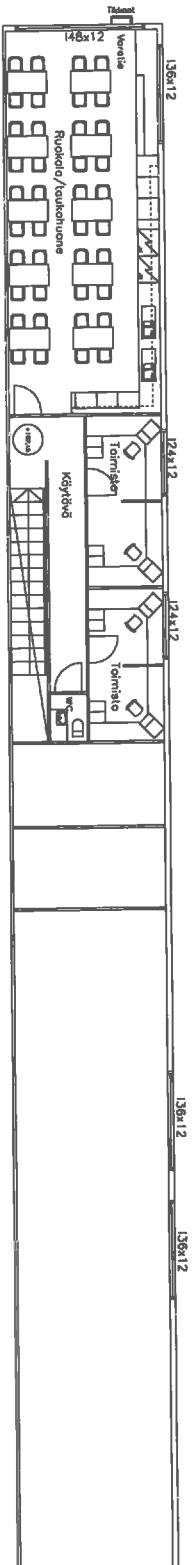
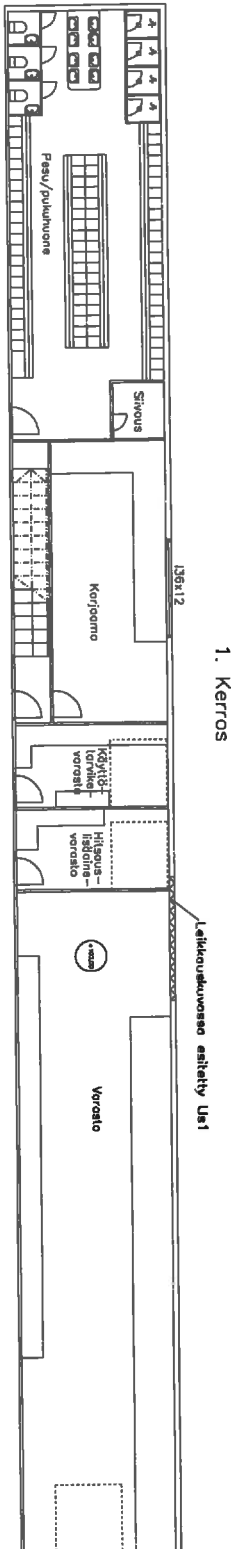


Julkisivu etelään

Julkisivumateriaalit

1. Paroc-line 600 sandwich elementti, RR24
2. Paroc deco kiinnitysjärjestelmä, seinälista LF-3C, RR21
3. Vesikattorakenne, vedeneristekermi
4. 1500mm korkuinen sokkelielementti.
5. Kolmiaukkoinen Tikli elementti ikkuna, 3656x1251
6. Kaksiaukkoinen Tikli elementti ikkuna, 2456x1251
7. Rästäsliisitus, 200mm, RR21
8. Nosto-ovi, 2500x3500
9. Neliaukkoinen Tikli elementti ikkuna, 4856x1251, hätäpoistumistikkaille johtava ikkuna aukeava
10. Hätäpoistumistikkat, RR21
11. Sokkelin tippapelti, RR21
12. Vanha halli

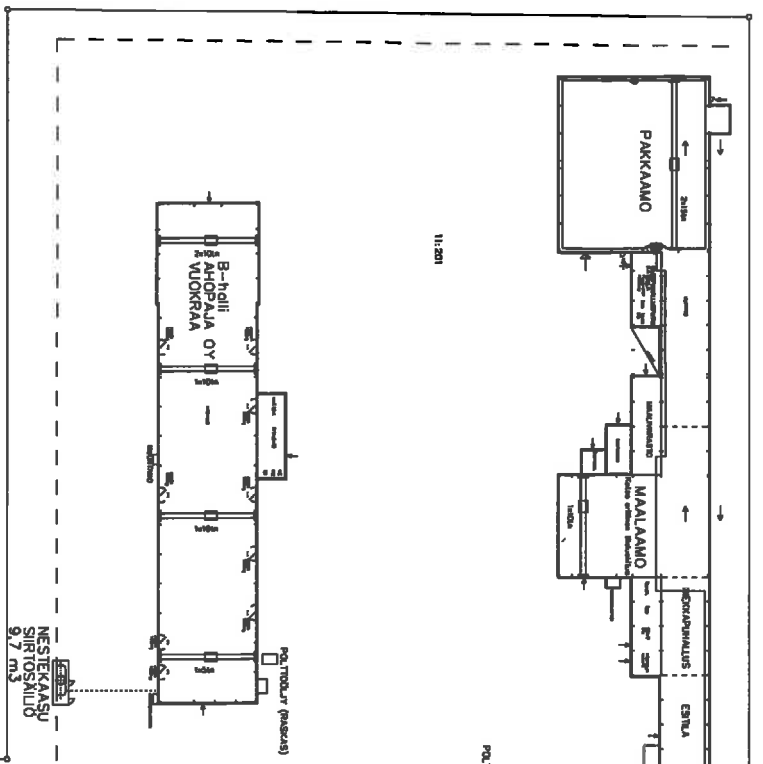
Normek Oy		Julkisivu kuvat
Tuurite 21, 63300 Alous		
Teollisuushallit	Pvm. 21.4.2013	Sosioli-, varasto- ja toimistotilan laajennus
1:100	Pesto Juno-Matti	



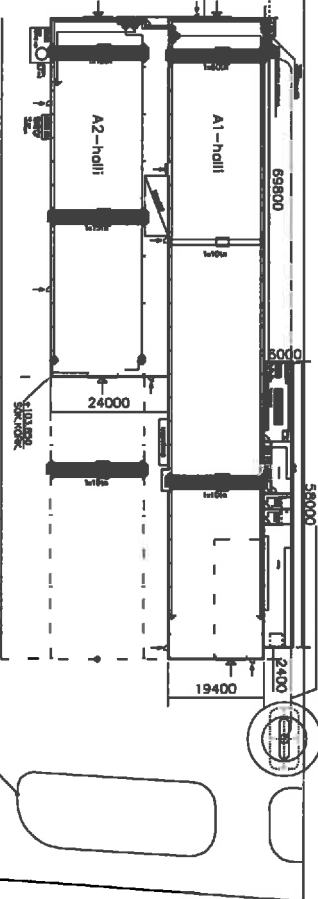
Normek Oy Tuurinka 21, 63300 Alous		Pohjakuvat kerroksittain	
Tiedinvaikotili	Pvm. 21.4.2013	Sosioli-, varasto- ja toimistotilan laajennus	
1:100	A1	Pasio juho-Matti	

Normek Oy		Asemakaava
Tuurinte 21, 63300 Alous		
Teollisuustilii	Pvm. 21.4.2013	Sosioidi-, varasto- ja toimistotilien laajennus
1:500	A1	Posto Jalno-Maiti

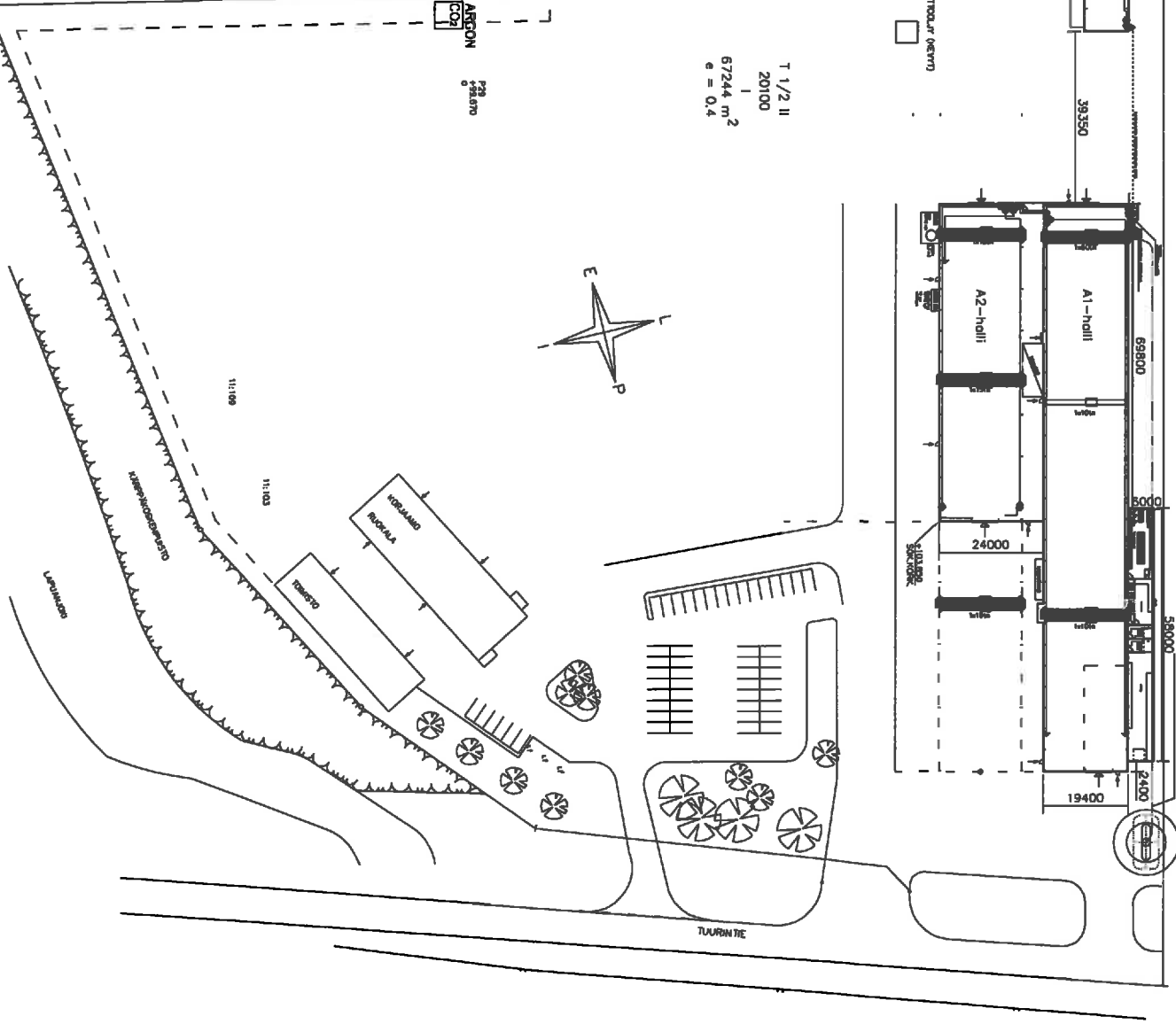
A1-Hallin laajennus.
Sosioidi, varasto, korjamo ja toimistotilat.
Laajennus käsittää 348 brm².



T 1/2 II
20100
67244 m²
e = 0,4



MAAPITTEINEN
NESTEKASSUSALUO 19,5 m²

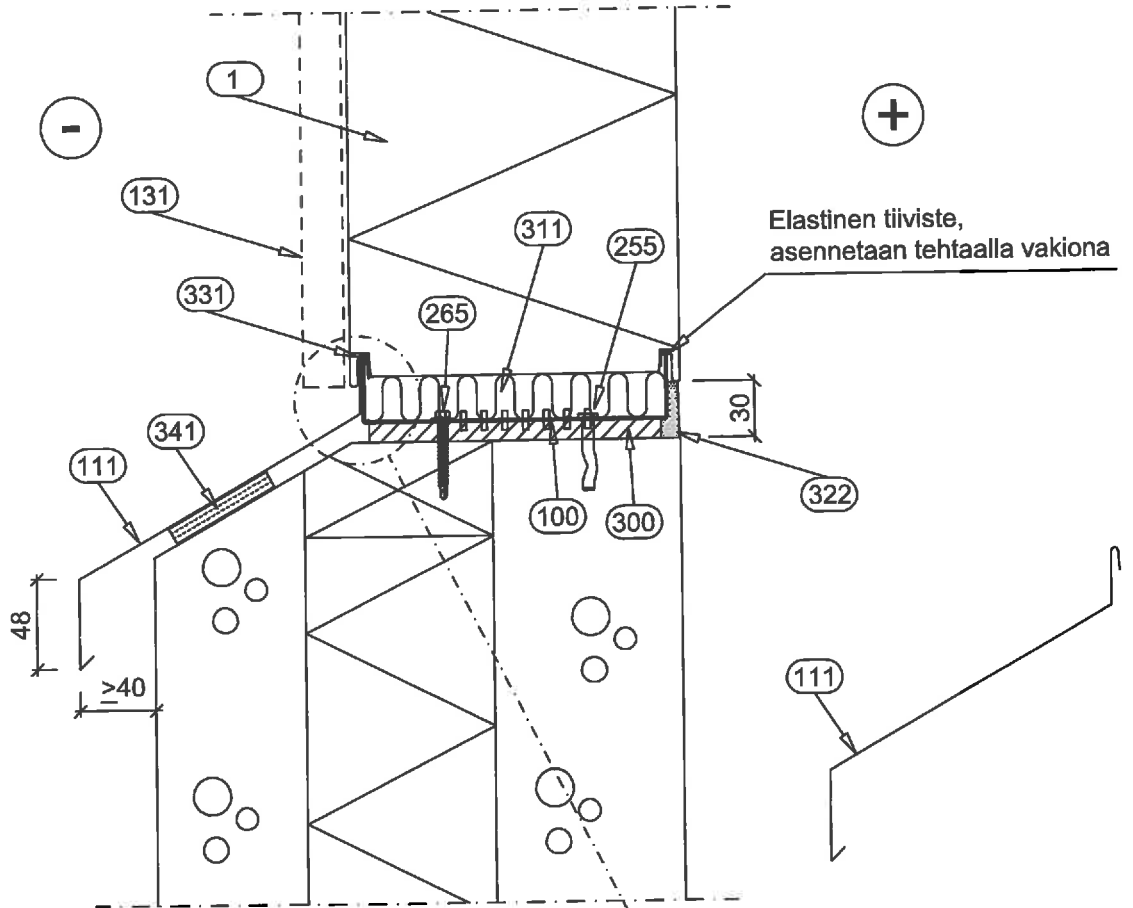


RUUKKI

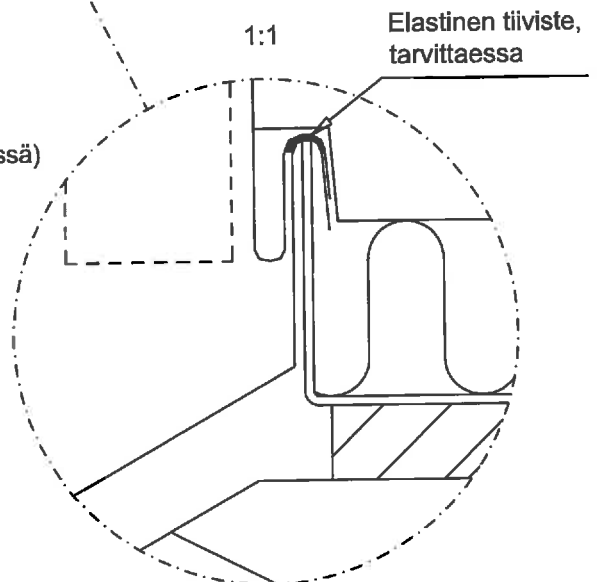
Piirustuksen sisältö

Sandwich panel SPA, vaaka-asennus
Sokkeli, pystyleikkaus
Vaihtoehto 1

Päiväys 22.01.2010	Muutospäivä .	Työ nro .	Piirustus nro SPA01-1E-FI	Versio
Piirtänyt Ruukki	Muutos .		Tiedosto nro SPA01-1E-FI.DWG	
Suhde 1:4	Rakennus .			



- 001. Sandwich panel SPA, vaaka-asennus
- 100. /EA1U___/ Sokkelikisko
- 111. /EA1P3-___/ Sokkellista (as. paneliasennuksen yhteydessä)
- 131. /EA1JV1/ Pystysaunalista
- 255. Spike-kiinnike, betoni k600
- 265. Kiinnitysruuvi, puu k600
- 300. /EA3SP___10/ Sokkelinauha
- 311. /EAWS30565/ Mineraalivilla
- 322. /EA3SM310___/ Elastinen tiivistysmassa, tarvittaessa
- 331. Elastinen ponttitiiviste, tarvittaessa
- 341. Vaneri, tarvittaessa
- Ruukin toimitus

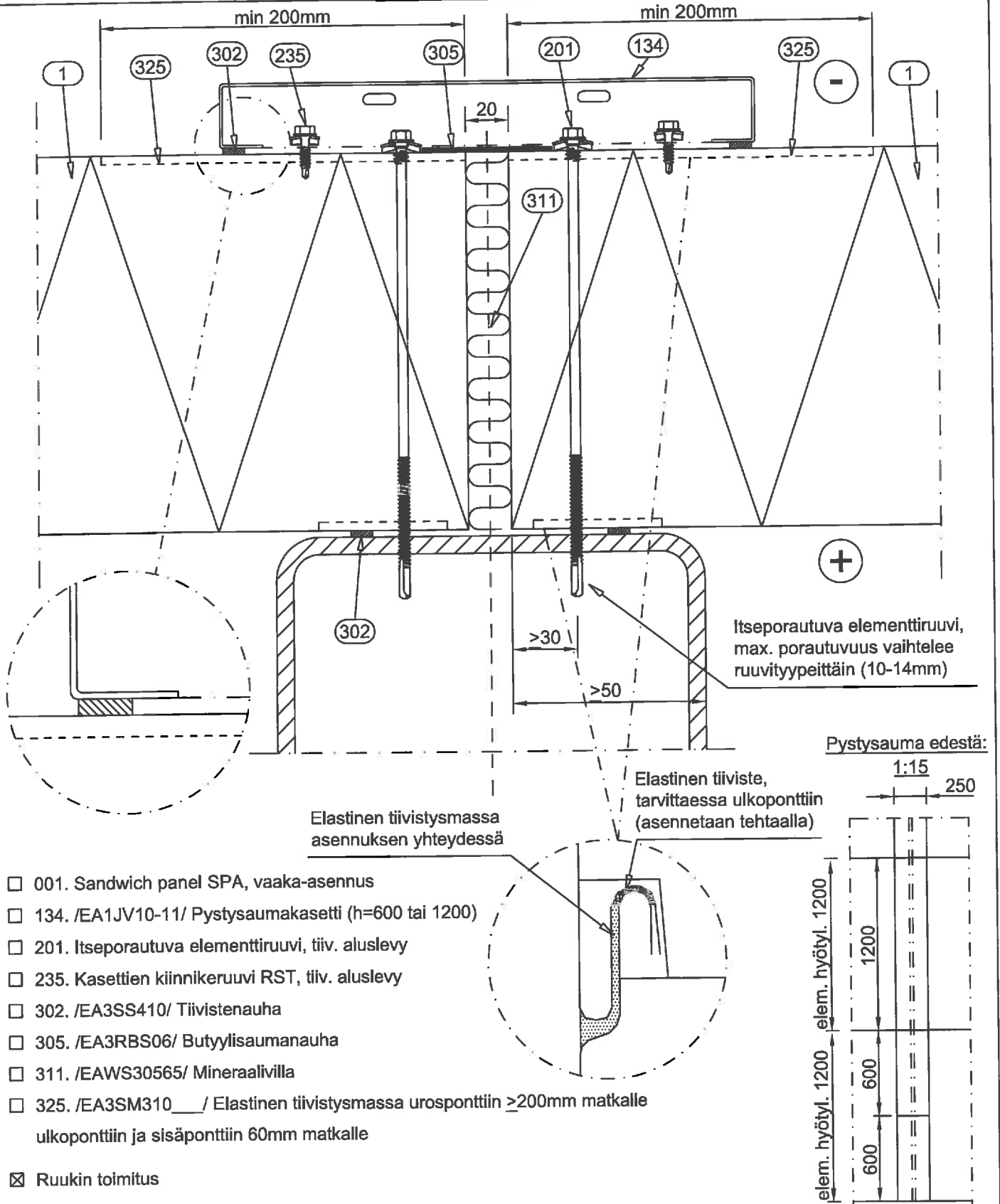


RUUKKI

Piirustuksen sisältö

Sandwich panel SPA, vaaka-asennus
Pystysauma, vaakaleikkaus
Teräsputkipilari, vaihtoehto 3

Päiväys 22.01.2010	Muutospäivä	Työ nro	Piirustus nro SPA03-3E-FI	Versio
Piirtänyt Ruukki	Muutos			
Suhde 1:2.5	Rakennus		Tiedosto nro SPA03-3E-FI.DWG	

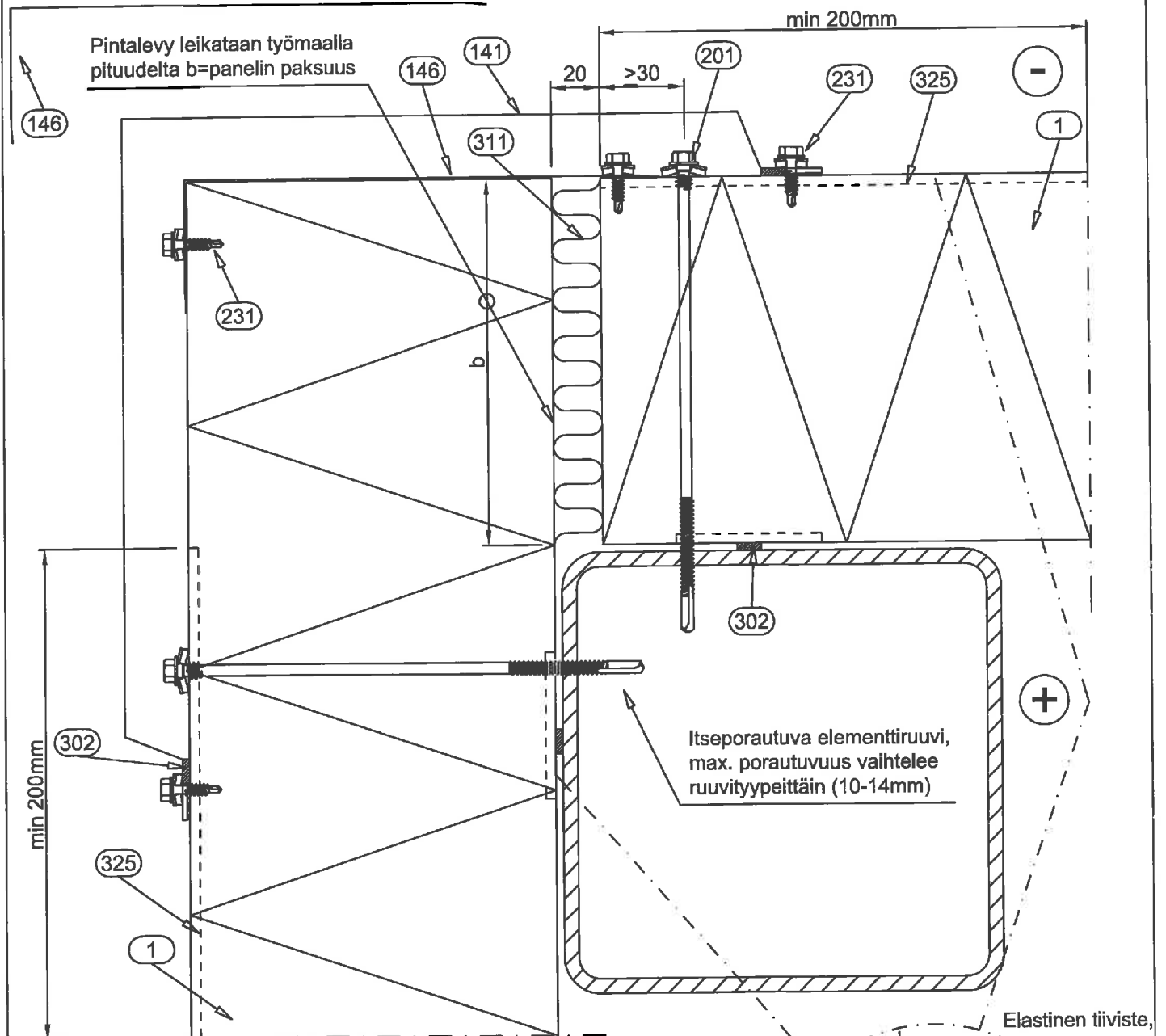


RUUKKI

Piirustuksen sisältö

Sandwich panel SPA, vaaka-asennus
Ulkonurkka, vaakaleikkaus
Teräsputkipilari, vaihtoehto 1

Päiväys 22.01.2010	Muutospäivä	Työ nro	Piirustus nro SPA04-1E-FI	Versio
Piirtänyt Ruukki	Muutos			
Suhde 1:2.5	Rakennus		Tiedosto nro SPA04-1E-FI.DWG	



- 001. Sandwich panel SPA, vaaka-asennus
- 141. /EA1EC1-3/ Ulkonurkkalista, suositeltava panelipaksuus $\leq 150\text{mm}$
- 146. /EA1EC9-___/ Ulkonurkkalista
- 201. Itseporautuva elementtiruuvi, tiivisteellinen aluslevy
- 231. Listaruuvi, tiivisteellinen aluslevy
- 302. /EA3SS410/ Tiivistenauha
- 311. /EAWS30565/ Mineraalivilla
- 325. /EA3SM310___/ Elastinen tiivistysmassa urosponnttiin $\geq 200\text{mm}$ matkalle
- Ruukin toimitus ulkoponttiin ja 60mm matkalle sisäponttiin

Copyright © Rautaruukki Oyj. Sallittu vain Ruukin tuotteiden suunnitteluun.

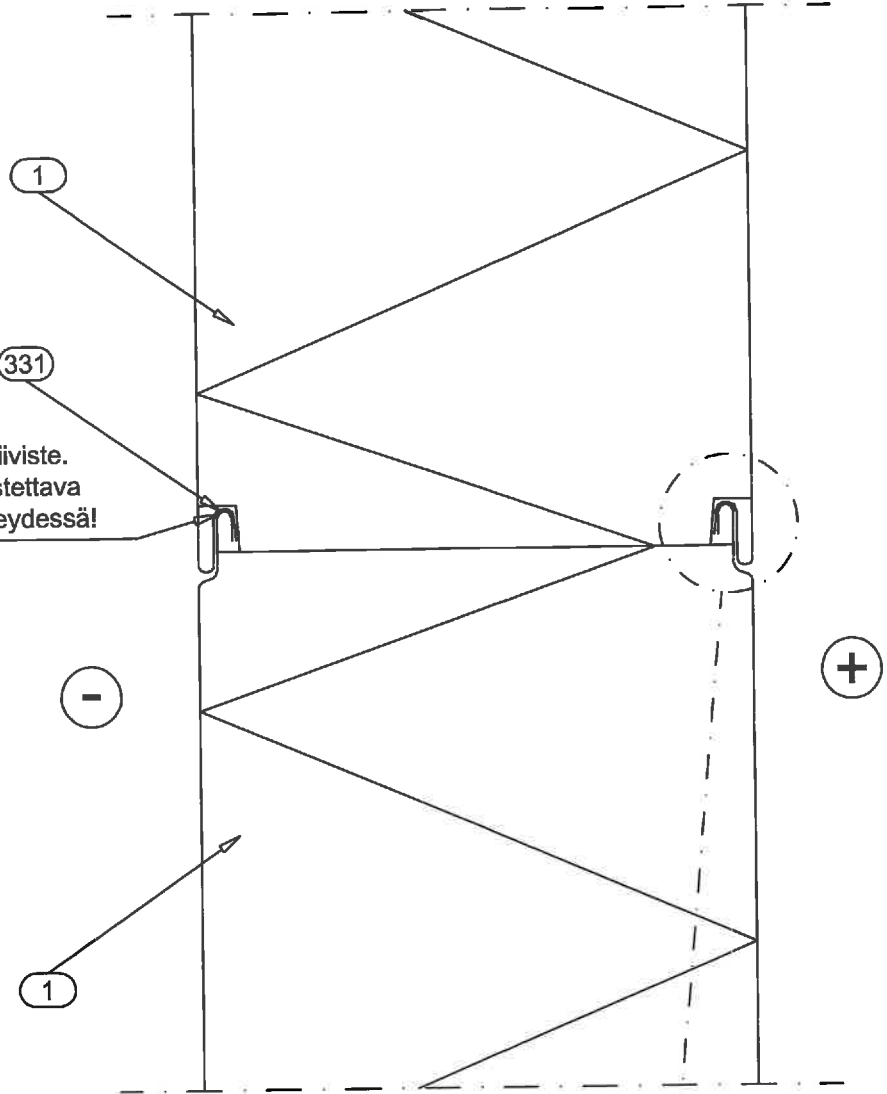
RUUKKI

Piirustuksen sisältö

Sandwich panel SPA, vaaka-asennus
Elementtien välinen sauma, pystyleikkaus

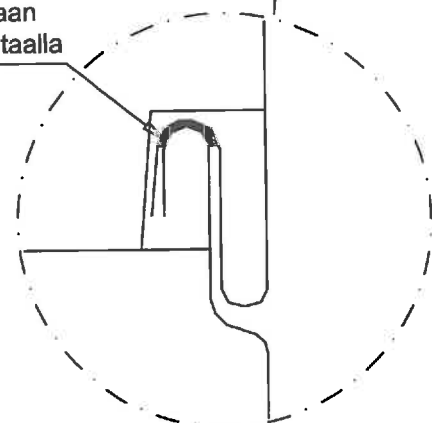
Päiväys 22.01.2010	Muutospäivä .	Työ nro .	Piirustus nro SPA02-1E-FI	Versio .
Piirtänyt Ruukki	Muutos .			
Suhde 1:2	Rakennus .		Tiedosto nro SPA02-1E-FI.dwg	

Tuulenpaineen olessa $> 0,6 \text{ kN/m}^2$,
elementin ulkoponttiin tulee aina ponttitiiviste.
Mikäli ponttitiiviste tarvitaan, on se muistettava
tilata elementtiin elementtitalauksen yhteydessä!



Elastinen ponttitiiviste asennetaan
sisäpuolen ponttiin vakiona tehtaalla

- 001. Sandwich panel SPA, vaaka-asennus
- 331. Elastinen ponttitiiviste, tarvittaessa
- Ruukin toimitus

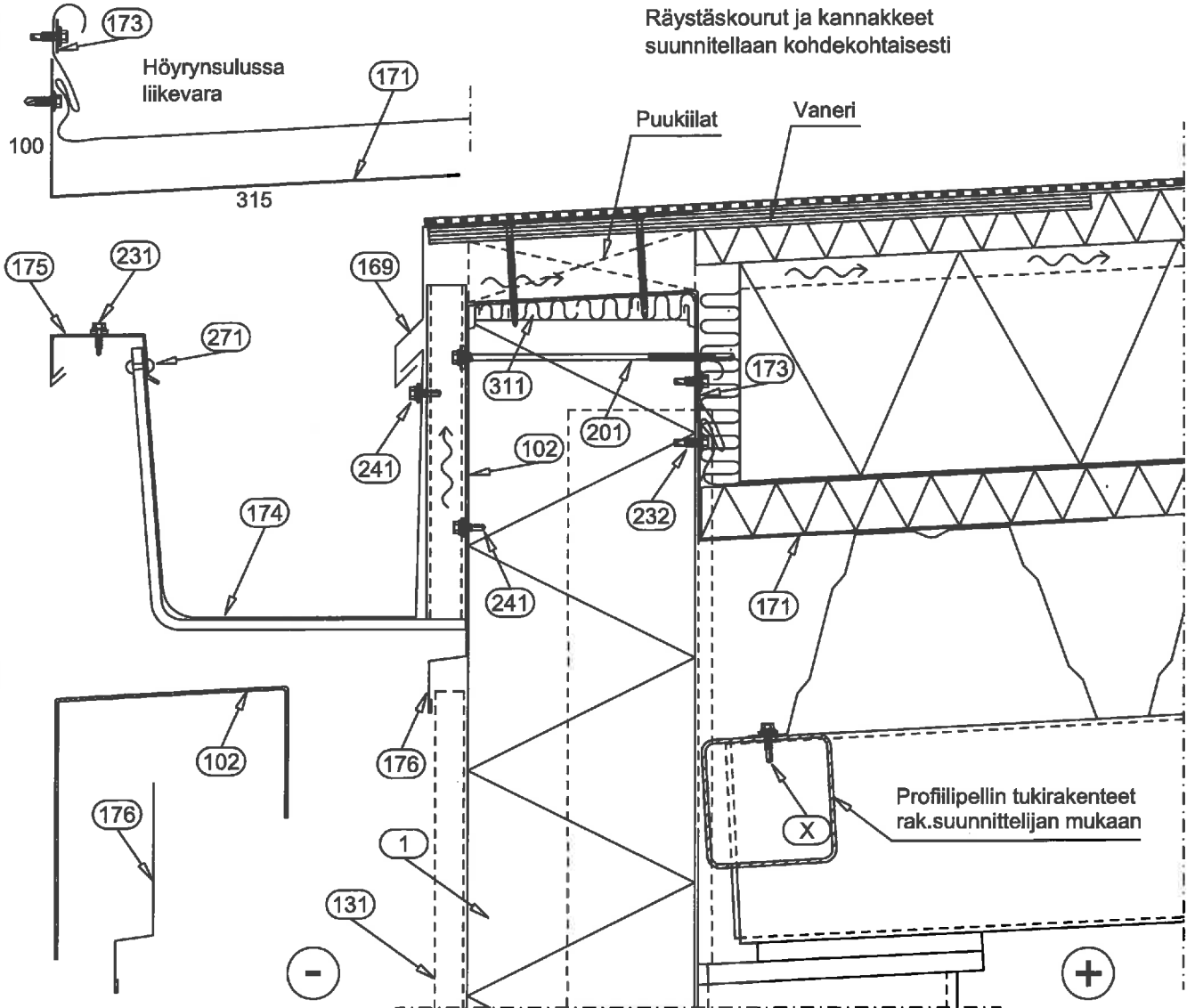


RUUKKI

Piirustuksen sisältö

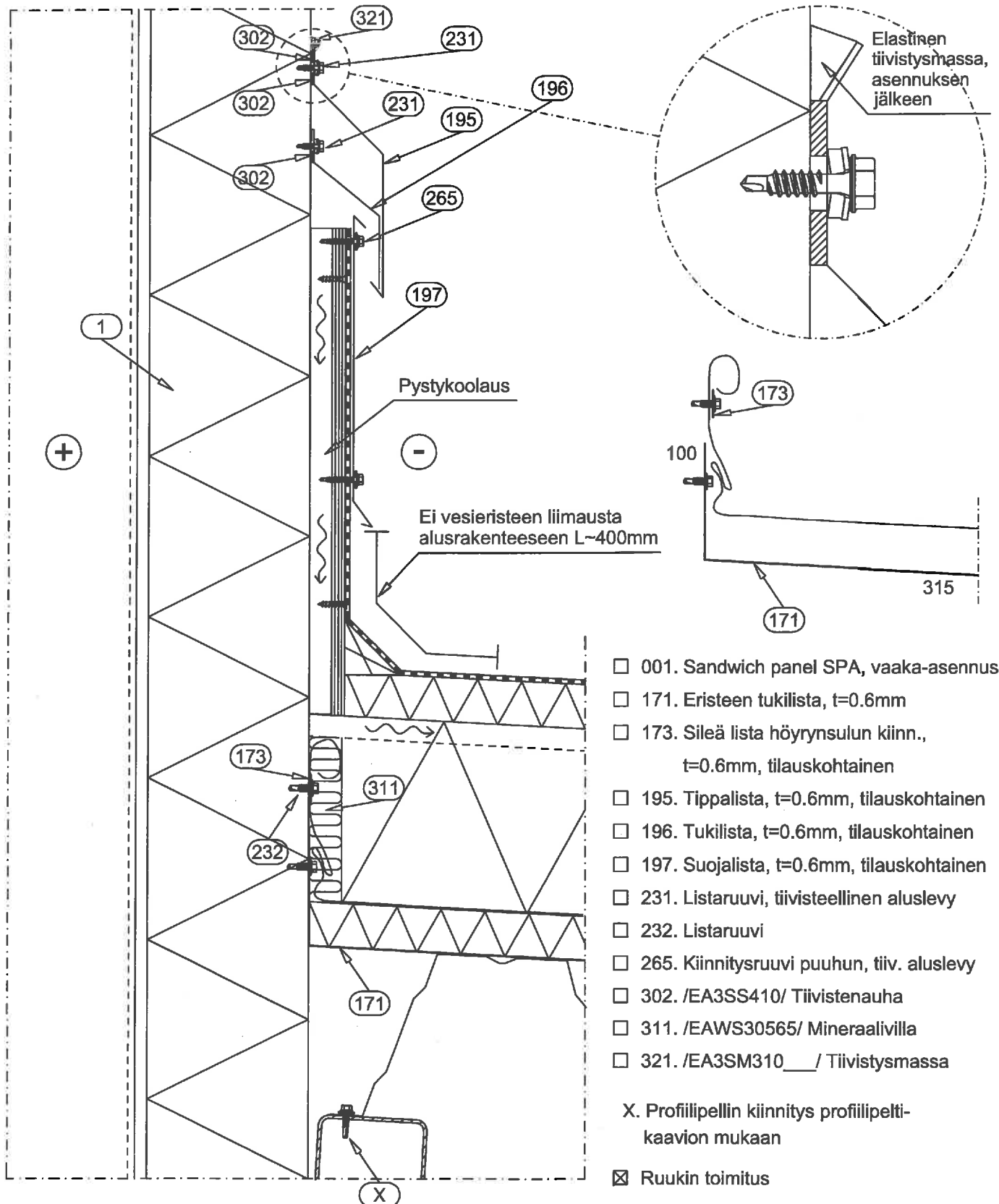
Sandwich panel SPA, vaaka-asennus
Tasaräystäs
Sivuräystäsleikkaus, bitumikermikate

Päiväys 22.01.2010	Muutospäivä .	Työ nro .	Piirustus nro SPA06-11E-FI	Versio .
Piirtänyt Ruukki	Muutos .			
Suhde 1:5	Rakennus .		Tiedosto nro SPA06-11E-FI.dwg	



- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> 001. Sandwich panel SPA, vaaka-asennus | <input type="checkbox"/> 201. Itseporautuva elementtiruuvi, tiivisteellinen aluslevy |
| <input type="checkbox"/> 102. Räystäsranka, t=2.0mm, tilauskohtainen | <input type="checkbox"/> 231. Listaruuvi, tiivisteellinen aluslevy |
| <input type="checkbox"/> 131. /EA1JV1/ Pystysaumalista | <input type="checkbox"/> 232. Listaruuvi |
| <input type="checkbox"/> 169. Räystäslista, t=0.6mm, tilauskohtainen | <input type="checkbox"/> 241. Kiinnitysruuvi, tiivisteellinen aluslevy |
| <input type="checkbox"/> 171. Eristeen tukilista, t=0.6mm | <input type="checkbox"/> 271. Popniitti |
| <input type="checkbox"/> 173. Sileä lista höyrynsulun kiinn., t=0.6mm, tilauskoht. | <input type="checkbox"/> 311. /EAWS30565/ Mineraalivilla |
| <input type="checkbox"/> 174. Vesikouru, t=0.6mm, tilauskohtainen | |
| <input type="checkbox"/> 175. Peitelista, t=0.6mm, tilauskohtainen | X. Profilipellin kiinnitys profilipeltikaavion mukaan |
| <input type="checkbox"/> 176. Myrskylista, t=0.6mm, tilauskohtainen | <input checked="" type="checkbox"/> Ruukin toimitus |

Päiväys 22.01.2010	Muutospäivä	Työ nro	Piirustus nro SPA07-1E-FI	Versio
Piirtänyt	Muutos			
Suhde 1:5	Rakennus		Tiedosto nro SPA07-1E-FI.dwg	



- 001. Sandwich panel SPA, vaaka-asennus
- 171. Eristeen tukilista, t=0.6mm
- 173. Sileä lista höyrysulun kiinn., t=0.6mm, tilauskohtainen
- 195. Tippalista, t=0.6mm, tilauskohtainen
- 196. Tukilista, t=0.6mm, tilauskohtainen
- 197. Suojalista, t=0.6mm, tilauskohtainen
- 231. Listaruuvi, tiivisteellinen aluslevy
- 232. Listaruuvi
- 265. Kiinnitysruuvi puuhun, tiiv. aluslevy
- 302. /EA3SS410/ Tiivistenauha
- 311. /EAWS30565/ Mineraalivilla
- 321. /EA3SM310___/ Tiivistysmassa
- X. Profiilipellin kiinnitys profiilipelti-kaavion mukaan
- Ruukin toimitus