

ASUINKERROSTALON RAKENNESUUNNITTELU

Petteri Paavonen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2013
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Talonrakennustekniikka

PETTERI PAAVONEN
Asuinkerrostalon rakennesuunnittelu

Opinnäytetyö 75 sivua, joista liitteitä 22 sivua
Huhtikuu 2013

Asuinkerrostalorakentaminen muodostaa merkittävän osan koko Suomen rakentamisesta. Kuitenkin asuinkerrostalon rakennesuunnittelu jää opinnoissa melko vähäiselle huomiolle. Tästä syystä opinnäytetyöni tarkoituksena on laatia ohjeistusta asuinkerrostalon rakennesuunnitteluun.

Opinnäytetyö on tehty Insinööritoimisto Jonecon Oy:lle tehdyn työprojektin pohjalta. Työprojektissa tehtiin rakennesuunnitelmat KOy Tampereen Niemenrannan Verneriin. Projektin aikana käytiin läpi kaikki rakennesuunnittelussa huomioitavat asiat.

KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin on varsin tavallinen 6-kerroksinen asuinkerrostalo, jossa ei ole erityisen vaikeita kohtia rakennesuunnittelijalle. Opinnäytetyö tuo esiin rakennesuunnittelussa huomioitavat asiat eri rakennesuunnitelmissa ja -ratkaisuissa. Pääpaino on Vernerin rakenneratkaisuissa, mutta myös vaihtoehtoisia ratkaisuja on käsitelty.

Nykyään asuinkerrostalojen pystyrakenteet tehdään yleisimmin elementtirakenteisina. Välipohjana voidaan käyttää paikallavalettavaa teräsbetoniholvia tai ontelolaatoin tehtävää välipohjaa. Yleisesti käytettyjä perustamisvaihtoehtoja on maanvarainen anturaperustus tai paaluperustus. Edellä mainituista vaihtoehdoista muodostuu pääosin merkittävimmät eroavaisuudet asuinkerrostalon rakennesuunnittelussa.

Heinäkuussa 2013 talonrakentamisessa otetaan käyttöön eurokoodi. Opinnäytetyön rakennesuunnittelukohde on laskettu vielä Suomen rakentamismääräyskokoelman B-osan mukaisesti, mutta opinnäytetyössä käydään läpi kuormituksia myös eurokoodeilla.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme of Civil Engineering
Building Construction

PETTERI PAAVONEN
Structural Design of Apartment Building

Bachelor's thesis 75 pages, including appendices 22 pages
April 2013

A construction of apartment buildings forms significant part of whole Finland's building construction. Nonetheless it has been paid quite little attention to the apartment building's structural design in studies. Purpose of this bachelor's thesis is to devise instructions for the structural designing of the apartment building.

This thesis is based on a work project in Insinööritoimisto Jonecon Oy. The work project was a structural designing for Real Estate Company Vernerin in Tampere. During the project whole structural designing process of the apartment building has been conversed on.

Real Estate Company Vernerin is quite typical apartment building with six storeys. There are no specially challenging points for a structural designer. This thesis shall introduce facts which must be taken into account while accomplishing the structural design process. The main focus is on Vernerin's structural solutions but the thesis also deals with alternative solutions.

Nowadays the most common way to build apartment building's vertical structures is to use pre-fabricated units. As an intermediate floor can be used either cast-in-place structure or hollow-core concrete slab. Generally used ways to do foundation is a continuous footing or a pile foundation. These above mentioned alternatives constitute the most significant differences in the structure design of the apartment building.

Eurocodes shall be taken into use in the building construction in July 2013. The structure desing in this thesis is calculated according to the part B of The National Building Code of Finland. However, in this thesis there are also analyzed loads according to the eurocodes.

Key words: structural design, apartment building, AutoCAD

ALKUSANAT

Olen ollut Insinööritoimisto Jonecon Oy:ssä töissä kesäisin sekä opiskelujen ohella kevästä 2011 alkaen. Sinä aikana olen saanut olla mukana tekemässä rakenne- ja elementtisuunnittelua mielenkiintoisiin projekteihin.

Haluan kiittää Insinööritoimisto Jonecon Oy:n toimitusjohtajaa Jouni Koskista työpaikan ja mielenkiintoisen opinnäytetyöaiheen tarjoamisesta. Kiitän Insinööritoimisto Jonecon Oy:llä työtä ohjannutta Jani Lipsasta hyvistä neuvoista rakennesuunnitteluun. Kiitokset myös Insinööritoimisto Jonecon Oy:n Tiina Karilalle, jolta olen saanut hyviä neuvoja elementtisuunnitteluun. Tampereen ammattikorkeakoulun puolelta kiitän työtä ohjannutta Heikki Saarenpäättä.

Tampereella huhtikuussa 2013

SISÄLLYS

ERITYISSANASTO	6
1 JOHDANTO.....	8
2 LÄHTÖTIEDOT RAKENNESUUNNITTELUUN	10
2.1 Yleistiedot	10
2.2 Tiedot muilta suunnittelijoilta.....	11
3 RAKENNESUUNNITTELU	13
3.1 Suunnittelun aloitus	13
3.2 Rakenteiden kuormitukset	14
3.2.1 Kuormitusyhdistelmät RakMK:n B-osan mukaisesti.....	14
3.2.2 Kuormitusyhdistelmät eurokoodi EN1990:n mukaisesti	15
3.3 Rakennetyypit	17
3.4 Rakennuksen kokonaisjäykistys	18
3.5 Alapohja.....	19
3.6 Perustukset	20
3.6.1 Maanvarainen antura.....	21
3.6.2 Paaluperustus	22
3.7 Salaojat.....	23
3.8 Radonin torjunta	25
3.9 Välipohjat.....	27
3.9.1 Paikallavalettava välipohja.....	29
3.9.2 Ontelolaatoin tehtävä välipohja.....	30
3.10 Väestönsuoja	31
3.11 Porrashuoneet	33
3.12 Parvekkeet	33
3.13 Ulko- ja väliseinät	40
3.14 Yläpohja ja vesikatto.....	41
3.15 Julkisivun muuraus	43
3.16 Tyyppelementit ja julkisivukaaviot.....	44
4 POHDINTA.....	47
5 LÄHTEET	49
6 LIITTEET	53

ERITYISSANASTO

BY	Suomen betoniyhdistys
Elpo-hormi	Elpotek Oy:n valmistama betonirunkoinen asuinkerrostalon kerroskorkeinen nousuputkistoelementti
eurokoodit	yleiseurooppalaiset kantavien rakenteiden suunnittelustandardit
gryndaus	Perustajaurakointi, jossa perustajaosakas yleensä hankkii tontin, perustaa yhtiön, rakentaa rakennuksen ja myy asunnot kuluttajille.
hyötykuorma (q_k)	kuormat, jotka ovat muuttuvia liikkuvia kuormia, kuten oleskelukuormat, lumikuormat, tuulikuormat ja onnettomuuskuormat
kerroskorkeus	kahden päällekkäisen lattiapinnan välinen kohtisuora etäisyys
korko	N2000-järjestelmän mukaiset korkeudet esim. +110.300
KOy	kiinteistöosakeyhtiö
osavarmuuskerroin	eri materiaaleille kerroin, jolla vähennetään materiaalin kestävyysarvoa
REI	rakennusosiin kohdistuvat palotekniset vaatimukset, esim. REI120, jossa R = kantavuus, E = tiiviys, I = eristävyys. 120 = palonkestovaatimus minuutteina
pysyvä kuorma (g_k)	pysyvät ja kiinteät kuormat, kuten rakenteiden omat painot
RakMK	Suomen rakentamismääräyskokoelma
RIL	Suomen Rakennusinsinöörien Liitto
RT-kortti	Rakennustiedon ohjekortisto
sandwich-elementti	tarkoittaa betonirakentamisessa esivalmistettua elementtiä, jossa on kantava betoninen sisäkuori, eriste ja betoninen ulkokuori
U-arvo	U-arvo on lämmönläpäisevyyttä kuvaava arvo. Mitä pienempi U-arvo, sitä parempi lämmöneristys.
Verner	KOy Tampereen Niemenrannan Verner

yksiaukkoinen rakenne rakenneosa on tuettu vain päistään, jolloin vetojännitys on alareunassa ja puristusjännitys yläpinnassa

Ohjelmistosanastoa

AutoCAD	Autodeskin yleissuunnitteluohjelma
FEM-design	StruSoftin rakennesuunnitteluohjelma, joka perustuu FEM-menetelmään
FEM-menetelmä	Finite Element Method, elementtimenetelmä, perustuu rakenteiden jakamiseen elementteihin elementtimenetelmäteorian mukaisesti
PUPAX	Insinööritoimisto Pauli Närhen tekemä laskentaohjelma.

Teräsbetonirakenteiden merkintöjä

K (betonissa)	betonin lujuusluokka (esim. K30-2, jossa puristuslujuus on 30MPa ja rakenneluokka 2. K30 vastaa eurokoodissa C25/30.)
T	A500HW (esim. 2T10 = 2 kpl musta harjaterästanko Ø10mm)
K (teräksissä)	B500K (esim. K8-150 = musta harjateräsverkko, Ø8mm k150 molempiin suuntiin)
S	S235JRG2 (esim. 2S16 = 2 kpl musta sileä tanko Ø16mm)
E	B600KX (esim. E7 = 1 kpl ruostumaton harjaterästanko Ø7mm)
UH	Umpihaka (esim. UH. T8 = umpihaka Ø8mm harjateräksestä)
RST	AISI 304 = EN1.4301 = ruostumaton teräs (esim. NL 2Ø16(RST) = 2 kpl ruostumattomia nostolenkkejä Ø16mm)
HST	AISI 316 = EN 1.4404 = haponkestävät teräkset
k	k-jako (esim. T10 k250 = Ø10mm harjateräksiä 250 mm:n jaolla, jossa mitta on keskeltä keskelle)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia ohjeita asuinkerrostalon rakennesuunnitteluun. Opinnäytetyössä on tutustuttu asuinkerrostalojen yleisimpiin rakenneratkaisuihin. Rakennesuunnittelun eri vaiheet ja rakennevalinnat ovat merkittävä osa asuinkerrostalon rakennesuunnittelua. Opinnäytetyötä on tehty Insinööritoimisto Jonecon Oy:lle tehtävän työprojektin ohessa.

Työprojektina on rakennesuunnitelmat ja –piirustukset Tampereelle rakennettavaan KOy Tampereen Niemenrannan Verneriin. Opinnäytetyö perustuu paljolti Vernerin rakennesuunnittelussa tarvittuihin tietoihin, mutta lisäksi vaihtoehtoisia rakenneratkaisuja tuodaan esiin. Työprojektina suunniteltava kohde on 6-kerroksinen asuinkerrostalo, jonka välipohjarakenteena on paikallavaluholvi.

Vuonna 2011 valmistuneista rakennuksista oli asuinrakennuksia 35,5 % kuutiomäärällä mitattuna. Valmistuneista asunnoista yli puolet oli asuinkerrostaloissa. (Tilastokeskus.) Valtaosa asuinkerrostaloista rakennetaan betonisina, vaikka viime vuosina puukerrostalojen rakentaminen on nostanut osuuttaan asuinkerrostaloissa ja tämän kehityksen uskotaan jatkuvan.

Vaikka betoniset asuinkerrostalot muodostavat merkittävän osan koko rakentamisesta, ammattikorkeakoulun talonrakennuspuolella käydään varsin pintapuolisesti läpi asuinkerrostalojen rakenteita. Myöskään asuinkerrostalon rakennesuunnitteluun ei kovin paljoa ole opintomahdollisuuksia. Asuinkerrostalon rakennesuunnitteluun liittyy paljon asioita, joita ei pysty oppimaan ammattikorkeakoulun opintomäärässä. Tämä opinnäytetyö selvittää asuinkerrostalokohteen koko rakennesuunnitteluprosessia vaiheineen, ja sitä miten rakennesuunnittelija valitsee ja mitoittaa käytettäviä rakenteita.

Talonrakentamisessa kantavien rakenteiden mitoituksessa otetaan, useiden viivästysten jälkeen, käyttöön 1.7.2013 eurokoodit. KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin on vielä laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman B-osan mukaisesti, mutta tässä opinnäytetyössä käydään läpi myös, miten kuormitukset muuttuvat Suomen rakentamismääräyskokoelman B-osasta siirryttäessä eurokoodeihin.

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan vain merkittävimpiä asuinkerrostalon rakenneosia. Työmaavaiheen rakennesuunnittelua ei oteta mukaan tähän opinnäytetyöhön. Lisäksi esimerkiksi sisäänkäyntien katokset on jätetty opinnäytetyöstä pois, vaikka niiden suunnittelu kuuluu rakennesuunnittelijan tehtäviin. Rajaus on osin tehty myös sen takia, että näitä osia suunnitellaan useasti vasta sitten, kun työmaa niitä tarvitsee. Myöskään elementtisuunnittelua ei käsitellä tyyppielementtejä enempää, sillä se ei kuulu varsinaiseen rakennesuunnitteluprosessiin.

KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin rakennesuunnittelu aloitettiin joulukuun alussa 2012 arkkitehdin kuvien pohjalta. YIT aloittaa rakennustyöt maaliskuussa 2013. Rakennuksen on tarkoitus valmistua 2014.

Lähteinä on käytetty pääasiassa Insinööritoimisto Jonecon Oy:n suunnitteluohjeita, RT-kortistoa, Rakennusinsinöörien liiton RIL:n julkaisuja sekä Suomen rakentamismääräyskokoelmaa.

Piirustukset on tehty AutoCAD LT 2011 –ohjelmalla. Rakenteiden mitoitus on tehty Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaisesti käyttäen Exceliin tehtyjä mitoituspohjia tai taulukkomitoitusmenetelmiä. Välipohjiin vaadittavat raudoitukset on mitoitettu FEM-design –ohjelmalla. Lisäksi on käytetty palkin laskentaohjelmaa PUPAXia.

2 LÄHTÖTIEDOT RAKENNESUUNNITTELUUN

Rakennesuunnittelun alkaessa lähtötietoina olivat arkkitehdin piirustukset kohteesta sekä geosuunnittelijan tekemä pohjarakennesuunnitelma. KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin on rakennusyhtiö YIT:n gryndauskohde, joka tarkoittaa perustajaurakointia, jossa perustajaosakas yleensä hankkii tontin, perustaa yhtiön, rakentaa rakennuksen ja myy asunnot kuluttajille.

2.1 Yleistiedot

Rakennesuunnittelukohteena on KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin, joka sijaitsee Tampereen Niemenrannan kaupunginosassa, korttelissa 7900 ja tontilla 4. Korttelissa on 6 tonttia, joista kahteen ollaan rakentamassa asuinkerrostaloja. Näiden viereen rakennetaan vielä kaksi uutta asuinkerrostaloa.

KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin on 6-kerroksinen asuinkerrostalo, jonka bruttoala on 4186 m². Talossa on kaksi porrashuonetta, A ja B. Rakennuksen keskellä on liikuntasäily. Julkisivuksi toiseen pitkään sivuun tulee julkisivumuuraus ja sisäpihan puolelle betoniset sandwich-elementit. Vernerin itään päin tuleva reuna tulee kiinni jo valmistuneeseen, tontilla 5 olevaan, KOy Tampereen Niemenrannan Rudolfiin. Rudolfin suunniteltaessa asia on huomioitu, ja kyseisen sivun perustus toimii myös Vernerin sivun perustuksena. Läntinen sivu liittyy katoksella viereiseen hieman myöhemmin rakennettavaan KOy Tampereen Niemenrannan Viljamiin.

Kohteen rakennuttajana toimiva YIT on valinnut välipohjarakenteeksi paikallavaluholvin. Tampereen seudulla YIT Rakennus Oy on viime vuosina tehnyt useisiin kohteisiin holvit paikallavalaen.

Pääsuunnittelijana Vernerissä on arkkitehtisuunnittelusta vastaava Arkkitehtitoimisto Helamaa&Heiskanen Oy. Geosuunnittelut tekee Geopalvelu Oy ja LVI-suunnittelijana toimii Rejlers Oy. Rakennesuunnittelun lisäksi elementtisuunnittelun tekee Insinööri-toimisto Jonecon Oy.

Rakennukset jaotellaan kolmeen paloluokkaan: P1, P2 ja P3. Näistä P1-luokka on vaativin. KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin kuuluu paloluokkaan P1. Rakennusosiin kohdistuvat palotekniset vaatimukset ilmoitetaan seuraavilla kirjaimilla: REI, joista R = kantavuus, E = tiiviys, I = eristävyys. Kirjaimen perässä oleva luku ilmoittaa palonkestovaatimuksen minuutteina (RakMK E1 2011).

Palotekniset vaatimukset perustuvat palokuormiin, jotka määritellään palo-osaston käytötavan perusteella. Asuinkerrostalojen huoneistoissa palokuormat jäävät tavallisesti alle 600 MJ/m^2 , mutta kellarin irtaimistovarastossa palokuorma määritellään ryhmään, jossa palokuormaa on vähintään 600 MJ/m^2 , mutta kuitenkin enintään 1200 MJ/m^2 . Edellä mainitut arvot vaikuttavat palomitoitukseen. Suurimmassa osassa asuinkerrostalon tiloista on palokuormaa alle 600 MJ/m^2 , jolloin 3–8-kerroksisessa asuinkerrostalossa palonkestovaatimus kantavilla rakenteilla on R60. Irtaimistovarastoissa suurempi palokuorma johtaa palonkestovaatimukseen R120. (RakMK E1 2011). BY 50 Betoninormit –kirjasta löytyy tarkemmin tietoa kantavan seinärakenteen minimipaksuuksista ja suojabetonin arvoista eri palovaatimuksissa. Irtaimistovaraston paloteknisiä asioita on tarkasteltu alaluvussa 3.9.

KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin energiatehokkuusluku on 104 ($\text{kWh/brm}^2/\text{vuosi}$). Rakennus kuuluu siten energiatehokkuusluokkaan B, mikä käy ilmi rakennuksen energiatodistuksesta. Energiatehokkuusluokat ovat A-G, joista A on vähiten kuluttava. B-luokkaan pääseminen ei asuinkerrostalossa aiheuta erityisiä toimenpiteitä rakennesuunnittelijalle. Rakenteina käytetään voimassaolevat U-arvot täyttäviä rakenneratkaisuja.

2.2 Tiedot muilta suunnittelijoilta

Arkkitehti toimii yleensä rakennusprojektin pääsuunnittelijana. Rakennesuunnittelija aloittaa työnsä tutustumalla arkkitehdin piirtämiin kuviin kohteesta. AutoCAD:ssa arkkitehdin pohjakuvat saadaan taustalle viitepiirustuksena, jonka päälle voidaan piirtää rakenne pohjia eri kerroksista.

Arkkitehti määrää kerrosten valmiiden lattiapintojen korot. KOy Tampereen Niemenrannan Vernerissä ensimmäisen kerroksen lattian valmispinta on korossa +110.300.

Rakennuksen kerroskorkeus on 3000 mm eli aina kerrosta ylemmäs mentäessä korkoon tulee 3 metriä lisää. Arkkitehdin vastuualueella ovat lisäksi muun muassa rakennuksen huoneistojako, eri pintamateriaalit ja ulkonäkö.

Geopalvelu Oy teki YIT Rakennus Oy:n toimeksiannosta pintavaaituksen, kartoituksen ja pohjatutkimuksia tontilla 4 / 7900 / Niemenranta / Tampere. Tontti lähialueineen vaa-
rittiin ja kartoitettiin takymetrillä ja VRS GPS-mittauksena. Maakerroksen laatua ja ko-
van pohjan syvyyttä tutkittiin painokairauksin 9 tutkimuspisteestä. Alueen tontit ovat
avointa vanhaa peltoa. Tontin 4 koillis- ja itäpuolella on rakenteilla asuinkerrostaloja.

Geosuunnittelija on antanut ohjeeksi Vernerin suunnitteluun, että rakennus perustetaan
anturaperustuksin tiiviin moreenin päälle rakennettavan, kalliomurskeesta #0/100 tehtä-
vän massanvaihtotäytön ja vähintään 0,2 m paksun, kalliomurskeesta #0/32 tai #0/63
tehtävän arinakerroksen varaan. Edellä mainitulla tavalla perustettaessa geoteknisenä
kantavuutena voidaan käyttää $\rho \leq 300$ kPa.

Alapohjan lattiat voidaan rakentaa maanvaraisina perusmaan/mursketäytön päälle tehtä-
vän kapillaarikerroksen varaan. Alapohjarakenteet on tehtävä radonturvallisiksi. Raken-
teet on myös routasuojattava. Mitoittava pakkasmäärä Tampereella routivuutta arvioita-
essa on $F_{50} = 42\ 000$ Kh.

3 RAKENNESUUNNITTELU

3.1 Suunnittelun aloitus

Rakennesuunnittelu aloitetaan tutustumalla arkkitehdin kohteesta lähettämiin kuviin. Alussa arkkitehdin lähettämänä kuvina ovat asemapiirustus, peruserroksen pohjakuva sekä julkisivukuvat. Näiden kuvien pohjalta lähdetään tekemään kohteelle rakennesuunnitelmia. Arkkitehdin kuvat päivittyvät suunnitteluprosessin aikana, ja pidemmälle mentäessä kuvien määrä lisääntyy. KOy Tampereen Niemenrannan Vernerissä, kuten useasti kerrostaloissa, kerrokset toistuvat pääpiirteittään samanlaisia ylöspäin. Tämä helpottaa tietysti arkkitehdin, rakennesuunnittelijan ja LVI-suunnittelijan tehtäviä. Kerroksissa 2-6 on vain joitakin eroavaisuuksia, kuten joidenkin ikkunoiden sijaintien muutoksia. Rakennesuunnittelijan kannalta tärkeintä on, että seinälinjat pysyvät alhaalta ylöspäin samoina. Mikäli alimmassa kerroksessa on muusta poikkeavaa tilaa, esimerkiksi liiketilaa, todennäköisesti siellä seinät eivät mene yläpuolisten kerrosten tavoin. Tämä aiheuttaa rakennesuunnittelijalle haasteita.

Ensimmäinen tarvittava tieto on se, tehdäänkö kohteen välipohjat paikallavalettavana vai ontelolaattoina. Paikallavaluholvi eroaa ontelolaatoilla tehdystä välipohjasta huomattavasti. Rakennesuunnitteluun kuluu paikallavaluholvia käytettäessä enemmän aikaa kuin ontelolaattoja käytettäessä, koska ontelolaattojen punostuksen suunnittelee aina erikoissuunnittelija. Tarkemmin eroja tarkastellaan alaluvussa 3.9.

Tärkeitä tietoja rakennesuunnittelijalle ovat myös perustamistapa ja alapohjaratkaisu. Perustamistapa määrittelee voidaanko käyttää maanvaraista anturaa vai täytyykö käyttää paaluperustusta. Alapohjaratkaisu voi olla maanvarainen tai kantava alapohja.

Rakennesuunnittelijan on tiedettävä tontin rajat, jotta pystyy tekemään suunnittelut niin, että pysyttäisiin omalla tontilla, mikäli tämä vain on mahdollista. Aina tämä ei ole kuitenkaan onnistu ahtailla tonteilla. Esimerkiksi salaojat saattaa olla pakko suunnitella kulkemaan paikoitellen viereisen tontin puolella. Toisen tontin puolelle menevät rakenteet määritellään rasitteiksi, jotka täytyy toisen tontin omistajan hyväksyä.

3.2 Rakenteiden kuormitukset

Kantava rakenne tulee suunnitella siten, että sillä on riittävä varmuus murtumista ja haitallisia muodonmuutoksia vastaan (RIL 144-2002, 12).

Kuormat jaetaan erilaisiin kuormatyyppeihin, jotta niitä pystytään tarkastelemaan asianmukaisella tavalla. Yleisimmät talonrakennuksessa huomioitavat kuormat ovat pysyvät kuormat, luonnonkuormat, hyötykuormat ja onnettomuuskuormat. Pysyvää kuormaa ovat esimerkiksi rakenneosien paino, maanpaine, kutistuminen ja viruminen. Luonnonkuormia ovat lumikuorma, tuulikuorma ja muut luonnon aiheuttamat kuormat. Hyötykuormiin kuuluu henkilökuormat ja tavarakuormat. Onnettomuuskuormista mainittakoon törmäyskuormat kantaviin rakenteisiin ja väestönsuojan mitoituksessa on huomioitava paineaalto.

Rakenteen toimivuutta täytyy tarkastella kahdessa eri rajatilassa. Murtorajatilassa lasketaan, etteivät laskentakuormien aiheuttamat rasitukset ylitä rakenteen tai rakenneosan kapasiteettia. Käyttöraajatilassa osoitetaan, että ominaiskuormituksilla esimerkiksi taipumat eivät nouse yli annettujen rajojen. (RIL 144-2002, 13).

Eri rakenneosien kuormituksia käsitellään tarkemmin kyseisen rakenneosan kappaleessa.

3.2.1 Kuormitusyhdistelmät RakMK:n B-osan mukaisesti

Murtorajatila

$$q_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} g_i + \gamma_{q1} q_{k1} + \gamma_{q2} q_{k2} + \sum_{i=3}^n \gamma_{qi} q_{ki} \quad (1)$$

jossa

$\gamma_{gi} = 0,9$ tai $1,2$ (osavarmuuskerroin pysyvälle kuormalle, käytetään vaarallisemman tapauksen aiheuttavaa)

g_i = pysyvän kuorman ominaisarvo

$\gamma_{q1} = 1,6$ (osavarmuuskerroin määräävälle muuttuvalle kuormalle, joka ei ole luonnonkuorma)

q_{k1} = ominaisarvo muuttuvalle kuormalle, joka ei ole luonnonkuorma

$\gamma_{q2} = 1,6$ (osavarmuuskerroin määräävälle luonnonkuormalle)

q_{k2} = ominaisarvo muuttuvalle kuormalle, joka on lumi **tai** tuulikuorma. Toinen näistä on muu muuttuva kuorma.

$\gamma_{qi} = 0,8$ (osavarmuuskerroin muille muuttuville kuormille)

q_{ki} = muun muuttuvan kuorman ominaisarvo

Käyttörajatila

- Pitkäaikaiset vaikutukset

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + \sum_{i=1}^n \psi_i q_{ki} \quad (2)$$

jossa

ψ_i = muuttuvan kuorman pitkäaikaisisuus

- Lyhytaikaiset vaikutukset

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_{k1} + q_{k2} \sum_{i=3}^n 0,5q_{ki} \quad (3)$$

Muut merkinnät samat kuin kaavassa 1.

Onnettomuusrajatila

$$q_d = \sum_{i=1}^m g_i + q_A + \sum_{i=1}^n 0,5q_{ki} \quad (4)$$

jossa

q_A = onnettomuuskuorman ominaisarvo

Muut merkinnät samat kuin kaavassa 1.

3.2.2 Kuormitusyhdistelmät eurokoodi EN1990:n mukaisesti

Loppuvuodesta 2007 alkaen on voitu käyttää eurokoodeja rinnakkain RakMK:n B-osan kanssa. Eurokoodin on tarkoitus tulla voimaan 1.7.2013 alkaen ainoana kantavien rakenteiden suunnittelustandardina talonrakentamisessa. (Ympäristöministeriö 2012)

Murtorajatila

$$\left. \begin{matrix} 1,15K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_p P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (5)$$

tai kuitenkin vähintään

$$\left. \begin{matrix} 1,35K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} \quad (6)$$

joissa

K_{FI} = kuormakerroin seuraamusluokasta riippuen: 0,9 (CC1); 1,0 (CC2); 1,1 (CC3)

$G_{k,j}$ = pysyvät kuormat

P = esijännitysvoimat

γ_p = esijännitysvoiman osavarmuuskerroin

$Q_{k,1}$ = määräävä muuttuva kuorma

$Q_{k,i}$ = muu muuttuva kuorma

ψ = yhdistelykerroin, 0...1,0. Yleensä 0,7 (RIL 201-1-2011 Taulukko A1.1(FI), 49)

Käyttörajatila

- Ominaisyhdistelmä

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (7)$$

- Tavallinen yhdistelmä

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (8)$$

- Pitkäaikaisyhdistelmä

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (9)$$

Muut merkinnät samat kuin kaavassa 5.

Onnettomuustilanne

- Pääasiallisen kuorman ($Q_{k,1}$) ollessa lumi, jää- tai tuulikuorma

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (10)$$

- Pääasillisen kuorman ($Q_{k,1}$) ollessa muu kuin lumi, jää- tai tuulikuorma

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (11)$$

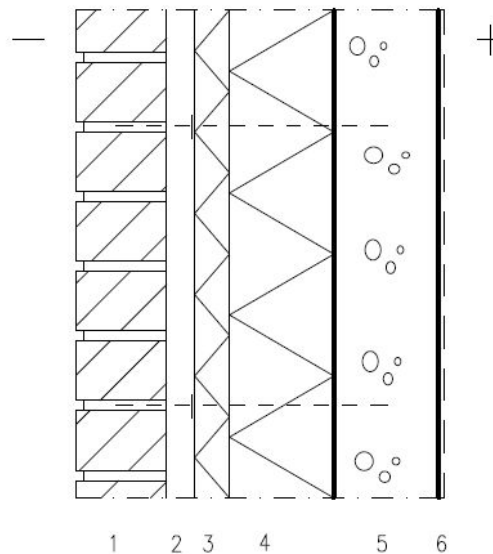
joissa

A_d = onnettomuuskuorma

Muut merkinnät samat kuin kaavassa 5.

3.3 Rakennetyypit

Rakennetyypit ovat rakenneleikkauksia eri rakenneosista, kuten alapohjista, ulkoseinistä, väliseinistä, välipohjista ja yläpohjista. Rakennetyypeissä esitetään käytettävät materiaalit ja niiden paksuudet (kuva 1). Näiden perusteella tiedetään, miten mikäkin kohta rakennuksessa toteutetaan.



135 mm	1	Julkisivumuuraus rakennusselityksen mukaan
40 mm	2	Ilmarako
50 mm	3	Tuulensuojapinnoitteellinen julkisivueriste (A2-s1,d0) esim ISOVER RKL-FASADE, : ryhmä 03.050, lambda d =0,031
150 mm	4	Mineraalivilla: Ryhmä 01.035, Isover OL-E (valmiina elementissä) lambda d =0,035
150/300 mm	5	Teräsbetoni rakennepiirustusten mukaan (kantava 150mm, VSS 300mm)
	6	Pintamateriaali ja -käsittely huoneselityksen mukaan

KUVA 1: Esimerkki rakennetyypistä. Kuvassa tiilimuurattu ulkoseinä (US2).

Rakennetyypit ovat yhteiset KOy Niemenrannan Vernerissä ja paria kuukautta myöhemmin suunniteltavassa ja rakennettavassa KOy Niemenrannan Viljamissa. Rakennetyypeissä on myös jonkin verran yhtäläisyyksiä saman korttelin jo aiemmin rakennettuihin kerrostaloihin, joiden rakennesuunnitelmat on tehnyt Insinööritoimisto Jonecon Oy. Näitä ovat Niemenrannan Rudolf ja Niemenrannan Meesakatu.

3.4 Rakennuksen kokonaisjäykistys

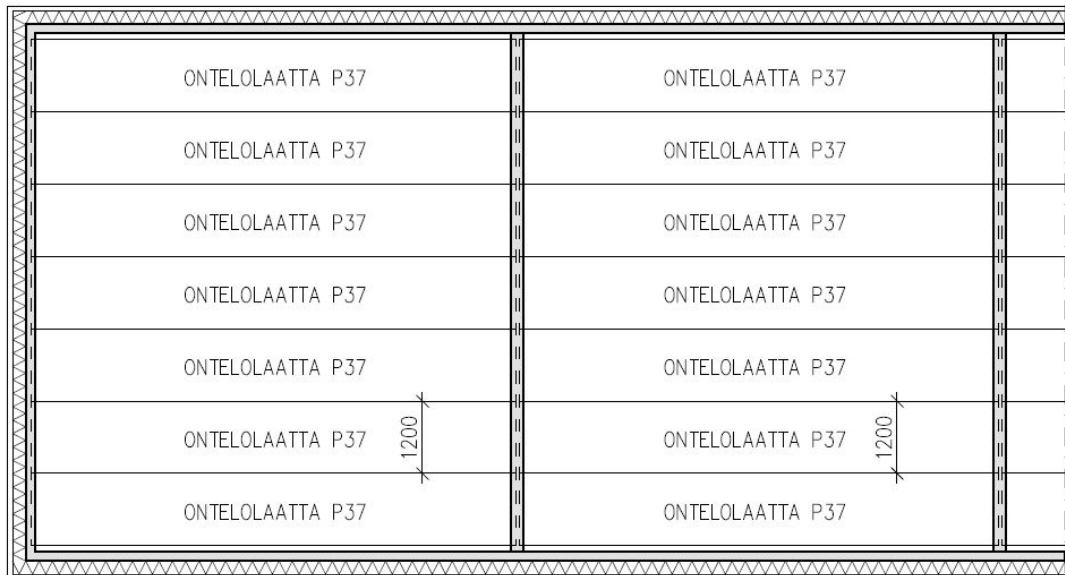
Tavallisesti kuormia laskettaessa lasketaan kuormankantokyky. Toinen yhtä tärkeä asia on rakennusrungon riittävä vakavuus eli stabiilisuus. Stabiilisuus tarkoittaa sitä, että voimat ovat tasapainossa. Rakennus jäykistetään siihen kohdistuvia vaakavoimia vastaan. Jäykistystä laskettaessa merkittäviä vaakavoimia asuinkerrostaloissa ovat tuulikuorma, rakenteiden vinoudesta ja kuormien epäkeskisyydestä aiheutuvat voimat sekä rakenteet sisäiset pakkovoimat. Lisäksi huomioidaan tarpeen mukaan kuormat maanpaineesta. (Saarinen E., Kinnunen J. & Tiira S. 1986, 510-512).

Rungon jäykistämistapoja ovat mastoseinät, pilarimastot, sydänjäykistys ja kehäjäykistys. Parhaiten näistä asuinkerrostalon jäykistykseenä toimii mastoseinäjäykistys. Kyseinen jäykistys perustuu siihen, että seinät ovat yksittäisiä suuria levyjä, jotka tukeutuvat perustuksiin asti. (Saarinen E., Kinnunen J. & Tiira S. 1986, 512). Tätä tapaa on käytetty myös KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin jäykistyslaskelmissa.

Tavallisesti ulkoisen kuorman resultantti ei kulje pystyrakenteiden kiertokeskiön kautta. Tällöin välipohjiin tulee siirtymän lisäksi myös kiertymää. (Saarinen E., Kinnunen J. & Tiira S. 1986, 514).

Rakennesuunnittelijan kannattaa selvittää rungon jäykistykseen riittävyys mahdollisimman pian rakennesuunnittelun alkaessa. Mikäli arkkitehdin kuvien pohjalta jäykistäviä seiniä ei ole tarpeeksi, rakennesuunnittelija voi vielä alkuvaiheessa vaikuttaa arkkitehdin pohjakuviin, ja mahdollisesti saada lisää kantavia ja samalla jäykistäviä seiniä. Jos seiniä ei ole mahdollista lisätä, täytyy jäykistys hoitaa muulla tavoin kuin mastoseinäjäykistykseenä. Ristiinkantava paikallavaluholvi jakaa kuormat varsin tasaisesti eri seinälinjoille, kuten Vernerissä. Ontelolaatoin tehtävässä välipohjassa kannattaa huomioida ontelolaattojen suunta. Jäykistykseen kannalta rakennuksen pitkittäisuuntaisesti kulkevat

ontelolaatat ovat paremmat (kuva 2). Kohteet pyritäänkin suunnittelemaan niin, että ainakin osa ontelolaatoista on pitkittäissuuntaisesti. Jäykistävinä toimivat parhaiten pitkät seinät, joille tulee paljon kuormaa. Vernerin jäykistyslaskelmat on esitetty liitteissä 18-20.



KUVA 2: Ontelolaatat rakennuksen pituussuunnassa.

3.5 Alapohja

Alapohja on suunniteltava ja rakennettava niin, ettei rakenteiden painumat ja muut muodonmuutokset vaaranna rakennuksen suunniteltua toimintaa rakenteiden käyttöiän aikana. Jos maanvaraisen alapohjan painumat tulevat liian suuriksi, täytyy käyttää kantavaa alapohjaa. (RakMK B3 2004). Alapohjan vaihtoehtoina voi olla maanvarainen alapohja tai kantava alapohja. Kantava alapohja on yleensä ryömintätillinen, mutta se voi olla myös maatavasten valettu.

Maanvaraisen alapohjan U-arvon vähimmäisvaatimus on $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. (RakMK C3 2010). Maavaraisessa alapohjarakenteessa on yleensä 80 mm teräsbetoni-laatta, joka on eristeen päällä. EPS-eristettä on tavallisesti laatan alla 150 mm ja laatan reuna-alueiden alla 200 mm. Maanvarainen alapohja ei tukeudu seinään, vaan tiivistetty maa kantaa laattaa tasaisesti. Maanvaraisessa alapohjassa tulee huomioida radonin mahdollisuus, minkä takia laatan ja seinän liitos tiivistetään kumibitumikaistalla. Lisäksi alapohjan

maa-aineksessa täytyy kulkea radon-putkisto, joka poistaa maaperän radonpitoisuutta. Maanvarainen alapohja saa painua enintään 5 mm enemmän kuin rakennus (RakMK B3 2004).

Ryömintätilallisen alapohjan suunnittelussa tulee huomioida, ettei ryömintätilaan keräännä vettä ja että ryömintätila tuulettuu riittävästi. Ryömintätilan tuuletusaukkojen yhteispinta-alan tulee olla vähintään 4 promillea ryömintätilan pinta-alasta. (RakMK C2 1998). Tuulettuvan alapohjan U-arvon vähimmäisvaatimus on $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ (RakMK C3 2010). Ryömintätilallisessa alapohjassa laatta on kantava, joten se tukeutuu seiniin samalla tavalla kuin muut välipohjaholvit. Ryömintätilaa täytyy päästä tarkastamaan ja ryömintätilan olisikin hyvä olla 1,2 metriä korkea. Tuulettuvaa alapohjaa käytettäessä maaperästä nousevat radonpitoisuudet päätyvät ryömintätilan ilmaan, josta ne tuuletuksen kautta kulkeutuvat ulkoilmaan, eivätkä rakennuksen sisälle. Kantavalla alapohjalaa-talla alapohjan kuormat täytyy huomioida myös perustuksille.

3.6 Perustukset

Perustuksia voidaan alkaa mitoittaa, kun peruskerroksen rakennekuva on saatu piirrettyä. Lisäksi on tiedettävä, miten kerrokset ylempänä menevät. Rakennekuvaan hahmotellaan, miten holvilta kuormat kertyvät seinälle, josta ne taas menevät alapuoliselle seinälle ja sitä kautta perustuksiin. Paikallavalettavan laatan kuormitukset jakautuvat kentältä useasti neljälle seinälle, kun taas ontelolaattaa käytettäessä kuormitukset tulevat ainoastaan laatan päihin, jotka tukeutuvat seinään. Rakennesuunnittelijan tehtävä on määrittää kuormitukset ja saada perustukset kantamaan sille tulevat kuormat.

Perustuksille tulevat kuormat yksinkertaistettuna:

- Seinien omat painot (jokaisesta kerroksesta)
- Välipohjalaatan omapaino alueelta, joka johtaa kuormat kantavalle seinälle (jokaisesta kerroksesta).
- Välipohjalaatalle tuleva hyötykuorma alueelta, joka johtaa kuormat kantavalle seinälle (jokaisesta kerroksesta).
- Yläpohjarakenteilta omapaino
- Lumikuorma

Väestönsuojan kohdalta perustuksiin tulee lisäksi huomioida ensinnäkin väestönsuojan seinien ja katon suuremmat rakennepaksuudet, jotka ovat huomattavasti tavallista rakennepaksuutta painavampia. Onnettomuustilanteessa väestönsuojan kattoon oletetaan vaikuttavan 100 kN/m^2 painekuorma, josta tosin perustuksia laskettaessa huomioidaan vain 25 kN/m^2 . Väestönsuojan lattian hyötykuorman arvo on tavallisesti mitoitettu normaalia lattian hyötykuormaa suuremmaksi, Vernerissä 4 kN/m^2 . Väestönsuojan kohdalle siis tulee yleensä isoimman kokoiset anturat.

Perustuksiin pitää huomioida, jos IV-konehuoneelta tulee kuormaa perustuslinjalle ja lisäksi IV-konehuoneen seinän viereen kinostuvan lumen lisäkuorma. Vernerissä osa parvekkeista kiinnitetään kannatinterästen, tässä tapauksessa putkipalkkien, avulla ulkoseinän läpi holviin. Nämä kannatinteräokset välittävät parvekkeelta kuormia, jotka myöskin on huomioitava perustuksia laskettaessa.

3.6.1 Maanvarainen antura

Insinööri-toimisto Jonecon Oy:n Exceliin tehdyllä mitoitusohjelmalla mitoitettiin KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin maanvaraiset anturat. Exceliin syötettiin jokaiseen perustuslinjaan vaikuttavat seinän paksuudet ja kuormitusleveydet sekä mahdolliset lisäkuormat (liitteet 21-22). Jatkuvilla seinäanturoilla kuormien yksikkönä on kN/m . Ohjelma laskee tarvittavan seinäanturan korkeuden ja leveyden. Terästen halkaisija valitaan itse niin, että jako on sopiva. Perustuslinjoja tuli Excelin tietokantaan yhteensä 50 kappaletta. Suurimmaksi tuli 400 mm korkea ja 1400 mm leveä antura, jossa pääraudoitukseksi valittiin T12 k190 ja pitkittäisraudoitukseksi 5T10. Minimissään käytettiin 300 mm korkeaa ja 600 mm leveää raudoittamatonta anturaa, jossa kuitenkin kulkevat 3T10 pitkittäisraudoituksena betonin kuivumiskutistumisen takia. Erilaisia anturoiden leveyksiä valittiin 600 mm ja 1400 mm välillä aina 100 mm välein. Anturan korkeuksiksi valittiin 300 mm , 350 mm ja 400 mm .

Perustusten mitoittamisen jälkeen täytyy määritellä perustusten korkeusasema. Anturan korkeusasemaan vaikuttaa eniten mihin korkoon lopulliseksi jäävä maanpinta tulee. Geosuunnittelijan pinnantasaussuunnitelmasta nähdään, mihin korkoihin maanpinta lopulta tasataan. Vernerissä maanpinta on lopulta korkeimmillaan koillisnurkassa $+111.35$ ja matalimmillaan lounaisnurkassa $+109.50$. Korkeuseroa siis on n. 1850 mm .

Ulkoseinien anturoiden yläpinnan tulisi olla vähintään 500 mm maanpinnan alapuolella, jotta anturan päälle voidaan asentaa routaeristeet sekä routaesisteen päälle tuleva tarvittava maa-aines. Sokkelit tehdään elementteinä, joten perusoletuksena sokkelielementin korkeus on 1000 mm (liite 8). Kun anturaa täytyy laskea alemmas maanpinnan alentuessa, lasketaan anturaa 300 mm alemmas, jottei anturoille tule tarpeettoman paljon eri korkoja. Anturan kantavuuden säilyttämisen takia anturaa saa nostaa tai laskea luiskaten suhteessa 1:3. Jos päälle tulee sokkelielementti, luiskattuun kohtaan täytyy tehdä teräsbetoninen nosto, jotta sokkelielementti voidaan asentaa.

Väliseinien allaolevien anturoiden korkeus määräytyy oikeastaan sen mukaan, että tarvittavat asennukset, kuten viemäröinnit ja radonputket saadaan kulkemaan anturoiden yläpuolella. Aiemmin suunnitteluissa kohteissa oli vaikeuksia saada tarvittavat asennukset tehtyä maahan anturan päälle, joten nyt anturaa pudotettiin aiemmista niin, että anturan yläpinta on 500 mm alempana kuin maanvaraisen laatan eristeen alareuna. Väliseinien allaolevien anturoiden yläpinnan peruskoroksi tuli +109.545.

3.6.2 Paaluperustus

Mikäli maapohjan kantavuus ei riitä maanvaraisella anturalla, täytyy käyttää paaluperustusta. Paalut jaotellaan maata syrjäyttäviin ja maata syrjäytymättömiin paaluihin. Maata syrjäyttäviin paaluihin kuuluvat lyöntipaalut, lyötävät tai puristettavat pienpaalut, lyötävät suurimitalliset teräsputkipaalut, puupaalut ja lyötävät avoimet paalut. Maata syrjäytymättömiin paaluihin kuuluvat kaivinpaalut, porattavat pienpaalut ja porattavat suurimitalliset teräsputkipaalut. (RIL 254-2011, 135.)

Teräsbetonisia lyöntipaalukokoja on yleisesti 250x250, 300x300 ja 350x350 (mm). Lyötävät teräsputkipaalut jaetaan pienpaaluihin ja suurpaaluihin. Pienpaalut ovat halkaisijaltaan $30 \text{ mm} \leq d \leq 300 \text{ mm}$ ja suurpaalujen halkaisija on vähintään 300 mm. (RIL 254-2011, 135.) Asuinkerrostalokohteissa paaluina käytetään yleensä lyöntipaaluina teräsbetoni- tai teräspaaluja.

Paaluja käytettäessä paaluantura eroaa huomattavasti maanvaraisesta anturasta. Maanvaraisen anturalle kuormat tulevat tasaisesti, kun taas paaluanturoihin tukivoimat tulevat

pistemäisesti paalusta. Tämän takia paaluantura on korkeampi ja vaatii järeämpää raudoitusta kuin maanvarainen antura. Paalujen katkaisutaso suunnitellaan tavallisesti niin, että paalut ulottuvat vähintään 50 mm paaluanturaan (RIL 254-2011, 170).

Suunnittelussa paalujen väliset minimietäisyydet valitaan siten, että vierekkäiset paalut eivät vaikuta vähentävästi toistensa kantavuuteen eivätkä asennettaessa vahingoita toisia. Pienpaalujen yläpäähän asennetaan paaluhattu, jonka välityksellä kuormat siirretään perustusrakenteelta paalulle. Suunnittelijan tulee huomioida mitoituksessa paaluhattuun kohdistuvat leikkaus- ja momenttirasitukset ja paaluanturan betonin lujuus sekä lävistyskapasiteetti. (RIL 254-2011, 168). Paalut kannattaa varustaa kalliokärjillä, mikäli niille on tarve. Kallion lisäksi kyseeseen tulee myös kivinen tai lohkarainen maakerros.

Paalut tulee työmaalla lyödä suunniteltuihin kohtiin. Paalutustyön jälkeen työmaalta lähetetään rakennesuunnittelijalle lyödyistä paaluista tarkemittaukset, joista ilmenee paalujen sijaintipoikkeamat suunnitteluista paikoista sekä kaltevuudet. Rakennesuunnittelijan tulee ottaa huomioon sijaintipoikkeamat anturan mitoituksessa sekä paalujen kantavuudessa. Mikäli paalu on liian vinossa, se hylätään eli sille ei oleteta kantavuutta. Paalun mennessä vinoon, helpoin tapa on yleensä lyödä viereen uusi paalu, ja toivoa sen menevän riittävän suoraan. Uusien paalujen lyömisessä voi tulla ongelmia, jos paalutuskone on jo ehditty viemään pois työmaalta.

Paalujen sallitut sijaintipoikkeamat riippuvat paalutyypistä. Sijaintitoleranssit on selvitetty RIL:n julkaisussa 254-2011 Paalutusohje 2011.

3.7 Salaojat

Rakennuksen kuivatus suunnitellaan RIL 126-2009 ohjeiden mukaan. Salaojaputkien ylin kohta saa olla korkeimmillaan anturan alapinnan tasolla. Salaojaputkien kaadot tulee olla välillä 0,5...1%, jotta kuivatus toimii. Vernerissä kallistukset laskettiin 1,0%:lla. Salaojaputkien alla ja vieressä tulee olla ≥ 100 mm ja päällä ≥ 200 mm sala-ojasepeliä esimerkiksi Ø6..8/16. Putkien ympärystäyttö tulee tehdä hyvin vettäläpäisevällä salaojatoralla tai -sepelillä, kuten myös sokkelin vierustäyttö ja lattian alapuolinen salaojituskerros.

Salaojapiirustuksessa esitetään putkien lähtökorot sekä tarkastuskaivot, joissa näkyy salaojaputken tulo- ja lähtökorkeusasema. Salaojaputkien tarkastuskaivot sijoitetaan yleensä rakennuksen kulmille. Tarpeen mukaan myös väleille, koska tarkastuskaivojen välimatka ei saa ylittää 20 metriä. Salaojaputket kulkevat suorina kaivosta kaivoon. Muovikaivojen maksimiasennussyvyys on yleensä 4,0 metriä. Tätä syvemmät kaivot tehdään betonisina tai teräsbetonisina. (RIL 126-2009, 73).

Vernerissä suunniteltaessa kaivojen syvyydet jäävät alle 3 metrin. Vernerissä kannet ovat valurautaa ja mekaanisesti lukittavat. Nurmialueella voitaisiin käyttää myös muovisia kansia. Kaivojen kannet on tuotava näkyviin. Kansien pitää kestää kuormitusta nurmialueella 50 kN, kevyen liikenteen alueella 250 kN ja liikennealueella 400 kN (RIL 126-2009, 75).

Vernerissä salaojaputket piti suunnitella kiertämään parvekepielien maanvaraiset anturat. Paaluanturaa käytettäessä putken voisi viedä anturan alta. Alivedettäessä maanvaraisen anturan kantavuus heikentyisi. Lisäksi putkea olisi jälkeinpäin huomattavasti vaikeampi kaivaa esiin, mikäli siinä jotain ongelmaa ilmenisi.

A-portaan puoleisen hissikuilun perustus menee syvemmälle kuin viereiset väliseinien anturat tai ulkoseinien anturat. Hissikuilun vierestä täytyy myös hoitaa kuivatus omalla salaojaputkella, joka liitetään ulkopuolella olevaan tarkastuskaivoon.

Salaojaputkien minimikoko DN 100 mm määräytyy hoito- ja huoltonäkökohtien perusteella. Verneissä käytetään Veto-tupla 117/100 polyeteenimuovista salaojaputkea. Tarkastuskaivoina alle 2 metriä syvillä salaojilla halkaisijaltaan 400 mm kaivoa ja yli 2 metriä syvillä salaojilla halkaisijaltaan 560 mm tarkastuskaivoa. Lietepesät kaivoissa pitää olla ≥ 500 mm. Salaojaputket pitää lämpöeristää, mikäli peitesyvyys on < 800 mm. Vernerissä peitesyvyydet ovat suuremmat, joten lämpöeristettä ei tarvita salaojaputkien päällä. Salaojaputkista tulevat vedet kerätään perusvesikaivoon, jonka paikan rakennesuunnittelija määrittelee LVI-suunnittelijan kanssa.

3.8 Radonin torjunta

Radon on hajuton, mauton ja näkymätön radioaktiivinen kaasu, jota ei pysty havaitsemaan ilman erikoismittalaitteita. Radonia esiintyy Suomessa erityisen paljon, ja se pääsee rakennukseen varsinkin maanvastaisissa rakenteissa olevien epätiiviyiskohtien kautta. (Ympäristöministeriö 2011.) Suomessa radonpitoisuudet ovat Euroopan alueen suurimpia. Suurin todennäköisyys korkeille radonpitoisuuksille on Etelä-Suomessa ja Pirkanmaalla. (STUK 2013.)

Uudet rakennukset tulee suunnitella ja rakentaa siten, että sisäilman radonpitoisuus ei ylittäisi 200 becquereliä kuutiometrissä (Bq/m^3). (Sosiaali- ja terveysministeriön päätös 944/1992; RakMK D2 2012.)

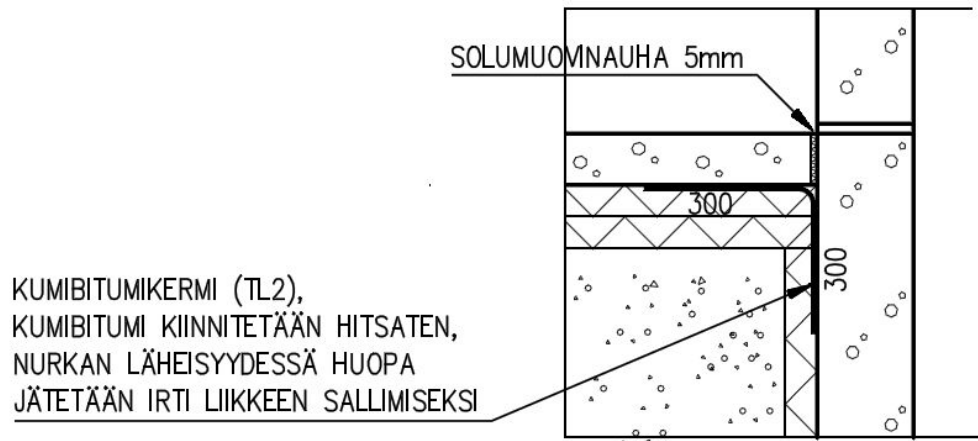
Rakennuspaikan radonriskit on otettava huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa (RakMK B3). Tarkemmin tätä asiaa on esitelty RT-kortissa Radonin torjunta (RT 81-10791). Rakennuspohjan tuuletusjärjestelmä suunnitellaan ja rakennetaan edellä mainitun RT-kortin mukaisesti.

Radon kulkeutuu rakennukseen joko suoraan rakennusosien läpi tai rakennusosien liitosten ja halkeamien kautta. Merkittävin osuus radonista tulee sisäilmaan liitosten ja halkeamien kautta (RT 81-10791). Maanvaraisen alapohjan takia huomiota täytyy kiinnittää radonteknisesti useampiin asioihin kuin tuulettuvalla ryömintätilallisella alapohjalla.

Erityistä huomiota radonteknisesti on kiinnitettävä

- liitoskohtien tiivistämiseen (kuten perusmuurin ja alapohjan liitos)
- läpivientien tiivistämiseen
- lattialaatan halkeamien minimointiin.

Radonin torjunta tehdään kahdella tavalla: rakenteiden tiivistämisellä ja tuuletusjärjestelmän tekemisellä. Kuvassa 3 näkyy kuinka kantavan seinän ja laatan välinen sauma tiivistetään. Kumibitumikermi kiinnitetään hitsaten laattaan ja seinään. Kiinnitettäessä on otettava huomioon, ettei kumibitumikermi rakenteen kutistumisen, painumisen tai muiden liikkeiden vuoksi rikkoudu eikä irtoa rakenteista.



KUVA 3: Kantavan seinän ja laatan välisen sauman tiivistäminen.

Rakennuspohjan tuuletusjärjestelmällä varmistetaan sisäilman radonpitoisuuden hallinta, vaikka perustusrakenteisiin jäisikin ilmapuotoja. Tuuletusjärjestelmä tehdään monihaaraisena imukanavistona, johon kuuluu imukanavisto, kokoojakanavisto, poistokanava ja poistopuhaltimena huippuimuri.

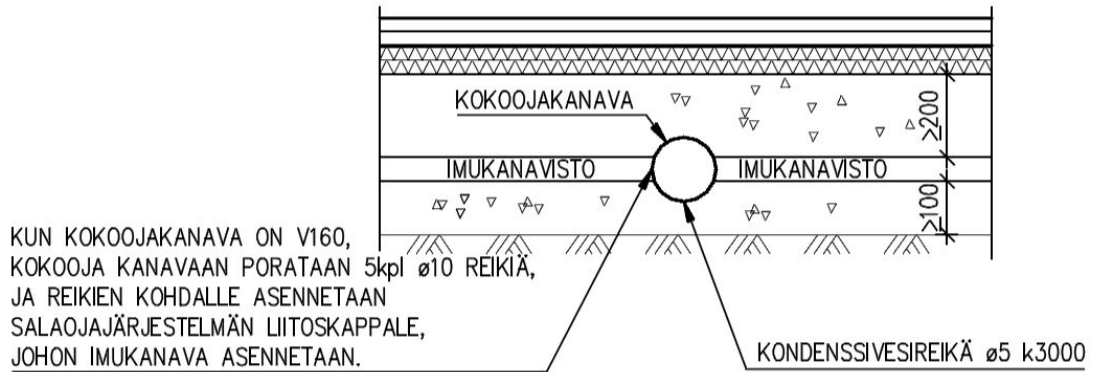
Kokoojakanava pyritään sijoittamaan rakennuksen keskilinjalle. Kokoojakanavasta haarautuu sivulle imukanavat 1,5...2,5 metrin välein mahdollisimman tasaisesti rakennuksen pohjan alueelle. Kokoojakanavaan voi tiivistyä vettä, minkä takia kanavan alaosaan tehdään halkaisijaltaan 5 mm:n reikiä noin 3 metrin välein, kuten kuvassa 2 on esitetty.

Imukanavistona käytetään muovista salaojaputkea. Imuputkea asennettaessa on otettava huomioon, että imuputken etäisyys perusmuurista tulee olla noin 1,5 metriä. Esimerkiksi käytävien alle ei asenneta radonputkistoa, koska etäisyys perusmuurista olisi liian pieni. Jos imukanavan reitillä on 3 metriä kapeampia kohtia, on kohdassa käytettävä tavallista rei'ittämätöntä putkea, esimerkiksi sadevesiviemäriputkea. Samoin myös, jos imukanava joudutaan viemään perustusten läpi, rei'ittämätöntä putkea käytetään 1200 mm pituudelta. Radonputkistot piirretään salaojakuvaan (liite 2).

Kokooja- ja imukanavan mitoitus perustuu rakennuksen kokoon. Poistopisteen ja kokoojakanavan pään välinen etäisyys vaikuttaa käytettävän putken kokoon. Tähän kohteeseen valittiin imukanaviksi käytettäväksi Ø100 salaojaputkea. Radonputkiston sijoitus hahmottuu kuvasta 4. Kokoojakanavana toimii Ø160 viemäriputki. Poistokanavat on eristettävä vesihöyrytiivillä lämmöneristeellä, jotta vältetään kondenssivaaralta. Ra-

donputkisto asennetaan maahan sitten, että putken yläreunasta on 350 mm maanvaraisen laatan eristeen alareunaan. Näin radonputken yläpuolella mahtuvat kulkemaan viemäriputket.

KOKOOJAKANAVA = MUOVINEN VIEMÄRIPUTKI Esim. V100/V160
 IMUKANAVISTO = SALAOJAPUTKI min. NIMELLISHALKAISUJA $\varnothing 65/\varnothing 80/\varnothing 100/\varnothing 130\text{mm}$



KUVA 4: Radonputkiston imukanavisto ja kokoojakanava.

3.9 Välipohjat

Paikallavalettava holvi on korkeudeltaan yleensä 260 mm + pintatasoite. Ontelolaattoina käytetään asuinrakennuksen välipohjassa ääneneristävyyden takia yleensä P37-ontelolaattoja, joiden korkeus on 370 mm + pintatasoite. Kerrostalon kerroskorkeuden tulee olla vähintään 3000 mm (RakMK G1). Paikallavaluholvin ansiosta samalla kerroskorkeudella huonekorkeutta saa yleensä 110 mm lisää verrattuna ontelolaattavälipohjaan. Paikallavaluholvi on perinteinen tapa rakentaa välipohja, kun taas ontelolaatoin tehtävä välipohja on uudempaa elementtirakentamista. Nykyään välipohjia tehdään molempia tapoja käyttäen. Erot ovat alueellisia, mutta enemmistö asuinkerrostalojen välipohjista tehdään ontelolaatoin.

Paikallavaluholvin rakentamiseen tarvitaan osaavaa työvoimaa tekemään muotitus ja raudoitus. Ontelolaattojen asennus käy nopeammin, koska ontelolaatat toimitetaan tehtaalta työmaalle ja ne pyritään asentamaan paikalle suoraan kuormasta. Mikäli ontelolaatoissa ilmenee jotain vikaa, kuten kuljetuksen aikana tulleita vaurioita tai laatta on väärän kokoinen, on hankalaa saada korvaavaa elementtiä nopeasti työmaalle. Jos joku ontelolaatoista puuttuu tai sitä ei voida asentaa, ei rakentamisessa myöskään voida edetä kerroksissa ylöspäin. Paikallavaluholviin voidaan vapaammin tehdä läpivientejä, kun taas ontelolaatoissa punosten sijainti määrää yleensä, voidaanko reikiä tehdä työmaalla.

Ontelolaatoilla päästään jopa 13 m jänneväleihin ja se kantaa päistään. Paikallavaluholvilla ei päästä niin pitkiin jänneväleihin. Paikallavaluholvilla voidaan toteuttaa 7x7 metrin kenttiä siten, että laatta on ristiinkantava eli se tukeutuu neljään reunaan (Saarinen J. 2007). Käytännössä siis paikallavaluholvi tarvitsee tiheämmin kantavia väliseiniä kuin ontelolaatat. Tällä tavoin kuormakin jakautuu tasaisemmin seinille, ja sitä kautta myös perustuksille. Paikallavaluholvin liitoksia on esitetty liitteissä 10-12.

260 mm teräsbetoniholvi painaa n. 650kg/m^2 . P37-ontelolaatta painaa saumattuna 510kg/m^2 . Eroa on tällöin 27 %. Ontelolaattojen märkätilojen lisäkuormat huomioituna ero ei ole kuitenkaan niin suuri. Vernerissä peruskerroksen paikallavaluholvista on n. 15 % märkätiloja. Märkätilat huomioituna ontelolaattaholvin keskimääräinen paino on n. 600kg/m^2 . Täten paikallavalettavalla laaatalla on omaa painoa käytännössä vajaa 10% enemmän kuin P37-ontelolaatalla.

Kerrosten rakentamista voidaan nopeuttaa käyttämällä hormielementtejä. Ne ovat tavallisesti kerroksen korkuisia ja niissä on valmiina tarvittava talotekniikka (Elementtisuunnittelu.fi 2013). Hormielementit liitetään toisiinsa ja niiden LVIS-putkitukset yhdistetään työmaalla. Hormielementit ripustetaan tavallisesti holvista, kuten myös KOy Tampereen Niemenrannan Vernerissä. Holville lasketaan tällöin lisäkuormaa $g_k = A \times 55,0\text{ kN}$, jossa A on hormielementin pohjan pinta-ala [m^2]. Hormielementteinä on yleisesti käytetty Elpotek Oy:n valmistamaa Elpo-hormia.

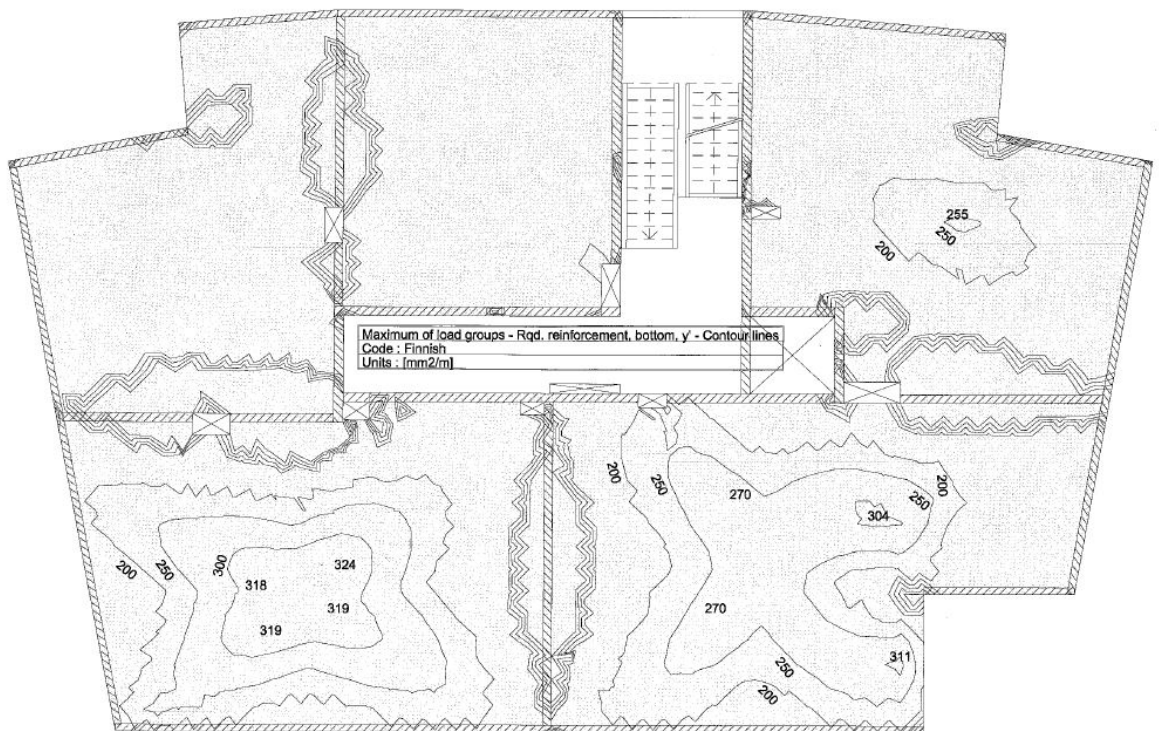
Asuinkerrostalon väestönsuoja toimii normaalissa käytössä irtaimistovarastona. Pohjakerroksessa on tavallisesti myös muualla irtaimistovarastoa. Irtaimistovaraston paloluokka on R120 EI90, jonka perusteella katon suojabetonin täytyy olla vähintään 35 mm (BY50, 177). Tämä täytyy huomioida laskettaessa laatan kestävyyttä, koska tehollisen korkeuden arvo on tällöin tavallista pienempi. Irtaimistovaraston kantavien betoniseini- en sisäkuoren täytyy olla vähintään 160 mm (BY50, 184). Normaalisti sandwich-elementtien sisäkuori on 150 mm paksu, joten irtaimistovaraston kohdalla kuorta täytyy vahventaa 10 mm sisäänpäin.

Asuinkerrostalojen välipohjaholveille laskettava hyötykuorma on RakMK B-osan mukaan $1,5\text{ kN/m}^2$, mikä kerrotaan varmuuskertoimella 1,6. Eurokoodissa asuinkerrostalon välipohjaholvien hyötykuorma on $2,0\text{ kN/m}^2$, mikä kerrotaan alle 8-kerroksisissa asuinkerrostaloissa varmuuskertoimella 1,5. Eurokoodin kuorma on lopulta jonkin verran

isompi. Tämä vaikuttaa välipohjaholvien mitoitukseen, sekä sitä kautta myös perustuksille huomioon otaviin kuormiin.

3.9.1 Paikallavalettava välipohja

KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin välipohjat tehdään paikallavalettavana teräsbetoniholvina, lukuun ottamatta porrashuoneita. Teräsbetoniholvin rakennekorkeus on 260 mm, jonka päälle tulee 25 mm pintarakenteita, eli tässä tapauksessa todennäköisesti parkettilattia. Väestönsuojan kattona on 400 mm teräsbetonilaatta. Välipohjan rakennekuvasta saadaan tehtyä FEM-design –malli, jolla välipohjan voi laskea. FEM-design –ohjelma antaa tarvittavat raudoitusten poikkileikkauspinta-alat metriä kohden alapintaan ja yläpintaan, kuten kuva 5 havainnollistaa. Molempiin pintoihin tulee vaadittu raudoitus myös erikseen x- ja y-suuntaan.



KUVA 5: Raudoituksen vaaditut poikkileikkauspinta-alat metrille (alapinta y-suunta 2.kerroksen katto).

Kerroksien 2-5 katoissa (liite 4) alapinnan perusraudoitukseksi tulee koko kohteen kaikkiin välipohjiin T10k250 ristiin, minkä poikkileikkauspinta-ala metriä kohden on $314 \text{ mm}^2/\text{m}$. Kuten kuvasta 3 nähdään, alapinnoissa y-suuntaan lähes joka kohdassa

riittää teräsmääräksi 314 mm²/m. Vasemman alareunan kentässä vaadittu raudoitus on hieman isompi kuin perusraudoitus, joten tässä kentässä täytyy käyttää pientä lisäraudoitusta T8k300. Raudoitusdetailit on esitetty liitteessä 7.

Yläpinnan raudoitus on haasteellisempi, ja vaatii enemmän aikaa. Yläpinnan raudoitusta paikallavaluholvin keskialueella ei yleensä ole, koska laatan yläpinnassa on vain puristusta. Kaksiaukkoisessa laatasta keskituella on suuri raudoitus yläpinnassa. Kriittisiä paikkoja, joihin yläpintaan tarvitsee terästä on myös rakennuksen sisänurkat, joihin yleensä kohdistuu kova pistemäinen voima laatan kuormista johtuen. Yläpintoihin, joissa tarvittiin raudoitusta, käytettiin YIT:n toivomuksesta verkkoa 10/8-150/400-5000/2350. (Pitkittäin T10 teräkset, k150 jaolla ja 5000 mm pituinen verkko. Poikittain T8 teräkset, k400 jaolla ja 2350 mm leveä verkko.) Verkosta tulee raudoituspinta-alaa 523 mm²/m, joten lisäksi käytettiin paikoitellen T8k300 lisäteräksiä.

3.9.2 Ontelolaatoin tehtävä välipohja

Kuten aiemmin on mainittu, yleisesti asuinkerrostaloissa käytetään P37-ontelolaattaa, jolla päästään 13 metrin jänneväliin. Palonkestoa REI120 vaativissa tiloissa käytetään ontelolaattaa 2P37, jossa punokset kulkevat hieman ylempänä, jotta punosten suojabetoni on suurempi. Tämä taas vähentää tehollista korkeutta, ja siten vähentää kestävyyttä. Ontelolaatta tehdään aina yksiaukkoisena jännitettyinä rakenteena. Märkätiloissa käytetään P37K-ontelolaattaa, jossa on valmiina 170 mm syvennys, johon työmaalla tehdään märkätilojen vaaditut kaadot. P37K-laatan kolotussa osassa ei ole onteloita, vaan alaosan 200 mm on pelkkää betonia. Pintavalujen kanssa tästä laatasta tulee painavampi kuin pelkästä P37-ontelolaatasta, mikä täytyy huomioida suunnittelussa.

Ontelolaatta on jännitetty rakenne, joten sen punossuunnittelun tekee aina erikoissuunnittelija. Päärakennesuunnittelija ilmoittaa punossuunnittelijalle ontelolaattoihin kohdistuvat kuormat. Elementtisuunnitteluvaiheessa jokaisesta ontelolaatasta lähetetään n.s. lappukuva punossuunnitteluun.

Rakennesuunnittelijan on suunniteltava rakennekuviin ontelolaatat. Yleensä ontelolaattoihin täytyy myös suunnitella teräsbetonisia päätypalkkeja tai ontelolaatat on tuettava

viereisiin ontelolaattoihin kannakkeiden avulla. Kannakkeina voidaan käyttää Peikon valmistamia PETRA-ontelolaattakannakkeita.

Laatan onteloiden kohdalle voidaan tehdä reikiä melko vapaasti. Suuret reiät tehdään yleensä elementtitehtaalla. Ne voidaan tehdä sijoittamalla reikä kahden ontelolaatan sauman väliin molemmin puolin. Parman ontelolaataston suunnitteluohjeessa on näytetty suurimmat reikämitat ja ohjeita reikien sekä hormien sijoittelusta. Rakennesuunnittelijan tehtävä on varmistaa, että hormien suunnat ja paikat on suunniteltu niin, että laatas-to voidaan toteuttaa. (Parma 2010).

Ontelolaattojen kestävyyksissä pahimmat tilanteet tulevat pitkillä ontelolaatoilla, joissa on reikiä takia jouduttu rikkomaan punoksia. Lisäksi laatoissa mahdolliset lisäkuormat ja märkätilojen koloukset saattavat olla merkittäviä, mikäli laatta on kestävyytensä ylärajoilla.

3.10 Väestönsuoja

Uudisrakennuksiin on rakennettava väestönsuoja, jos rakennuksen kerrosala on vähintään 1 200 neliometriä. Väestönsuojan tulee suojata tilaa asevaikutuksilta, rakennuksen sortumiselta sekä ionisoivalta säteilyltä ja myrkyllisiltä aineilta. Väestönsuojan lämpötilan, ilmanlaadun ja hygieenisen varustetason tulee olla riittävä. Väestönsuoja tulee voida ottaa käyttöön 72 tunnissa. (Pelastuslaki 379/2011).

Väestönsuojat jaotellaan eri suojaluokkiin, joita ovat S1, S2 ja kalliosuoja. Väestönsuojan varsinaisen suojatilan pinta-ala lasketaan rakennuksen kerrosalan mukaisesti, minkä perusteella määräytyy väestönsuojan luokka (taulukko 1). Asuinkerrostaloissa suojatilan pinta-ala tulee olla 2 % rakennuksen kerrosalasta. Väestönsuojan on kestävä painealto, jonka mitoitus määräytyy suojaluokan mukaan. S1-suojaluokka on yleisin asuinkerrostaloissa. (Valtioneuvoston asetus 408/2011, RT 92-11083)

Väestönsuojaluokka	Koko enintään	Mitoittava kuormitus
S1	135 m ²	100 kN/m ²
S2	900 m ²	200 kN/m ²
Kalliosuoja	4 500 m ²	300 kN/m ²

TAULUKKO 1: Väestönsuojien luokat

S1-suojaluokan väestönsuojissa on tavallisesti kattona 400 mm teräsbetoniholvi. Seininä 300 mm paksut teräsbetoniseinät. Seinän ja katon liitoksen täytyy olla tiivis.

KOy Tampereen Niemenrannan Vernerissä väestönsuojan katon ja seinien rauditus mitoitettiin Dalsbruk Oy:n taulukkomitoituksella, joka perustuu RakMK:n B-osan mukaiseen mitoitukseen. Mitoituskäyrät ovat onnettomuustilanteessa, jolloin mitoittava hetkellinen kuorma on 100 kN/m². Mitoituksen voi tehdä myös FEM-design –ohjelmalla. Mitoituksessa rakenteellisesti pahimpaan kohtaan väestönsuojan holvin alaja yläpintaan tuli raudoitukseksi T12 k300 + T16 k 300 (liite 3). Koko laataston reunateräksinä ovat UT 12 k150. Seinien raudoituksena ovat sisäpinnassa T10k150# ja ulkopinnassa T12k220#.

Eurokoodeilla laskettaessa väestönsuojan mitoitus ei poikkea juurikaan RakMK:n B-osan mukaisesta mitoituksesta. Molemmissa käytetään onnettomuuskuormana 100 kN/m² painekuormaa, jonka varmuuskerroin on 1,0. Pysyvien kuormien varmuuskertoimet ovat myös 1,0 molemmilla tavoilla laskettaessa. Eroa kuormituksissa tulee ainoastaan hyötykuorman vähennyskertoimesta, joten ero on varsin vähäinen.

Väestönsuojat muodostavat rakennuksen kustannuksista merkittävän osan. Väestönsuojat ovat kalliita rakentaa, mutta ovat käytössä tavallisesti vain varastotiloina. Rakentamiskustannuksia haluttaisiin alentaa, jotta asuntojen hintoja saataisiin alemmaksi. Sisäasiainministeriö asetti 30.10.2012 työryhmän, jonka tehtävänä on laatia selvitys mahdollisuudesta luopua yleisestä väestönsuojien rakentamisvelvollisuudesta. (Ympäristöministeriö. Tiedote 2012).

3.11 Porrashuoneet

KOy Tampereen Niemenrannan Vernerissä porrashuoneiden portaat tehdään elementtirakenteisina. Jotta betonielementtiportaat päästään asentamaan, esivalmistettua massiivilaattaelementtiä käytetään myös porrashuoneiden laattana. Tämä on hyvin yleinen tapa kerrostalojen porrashuoneiden toteutuksessa. Massiivilaattaelementit toimivat yksiaukkoisina laattoina, ja ne voidaan tarvittaessa tukea viereiseen elementtilaattaan. Massiivilaattojen raudoitukset määrää elementtisuunnittelija.

Portaille ja käytäville lasketaan hyötykuormaa RakMK:n B-osan mukaisesti $2,5 \text{ kN/m}^2$. Eurokoodissa portaille ja käytäville lasketaan hyötykuormaa $2,0 \text{ kN/m}^2$, joka on sama kuin eurokoodissa välipohjalle tuleva hyötykuorma. Väestönsuojasta tulee olla kaksi erillistä poistumisreittiä, joiden tulee kestää mahdollinen rakennuksen sortuma. Vernerin B-portaan porraskäytävän massiivilaattaelementeille täytyy huomioida 25 kN/m^2 sortumakuorma.

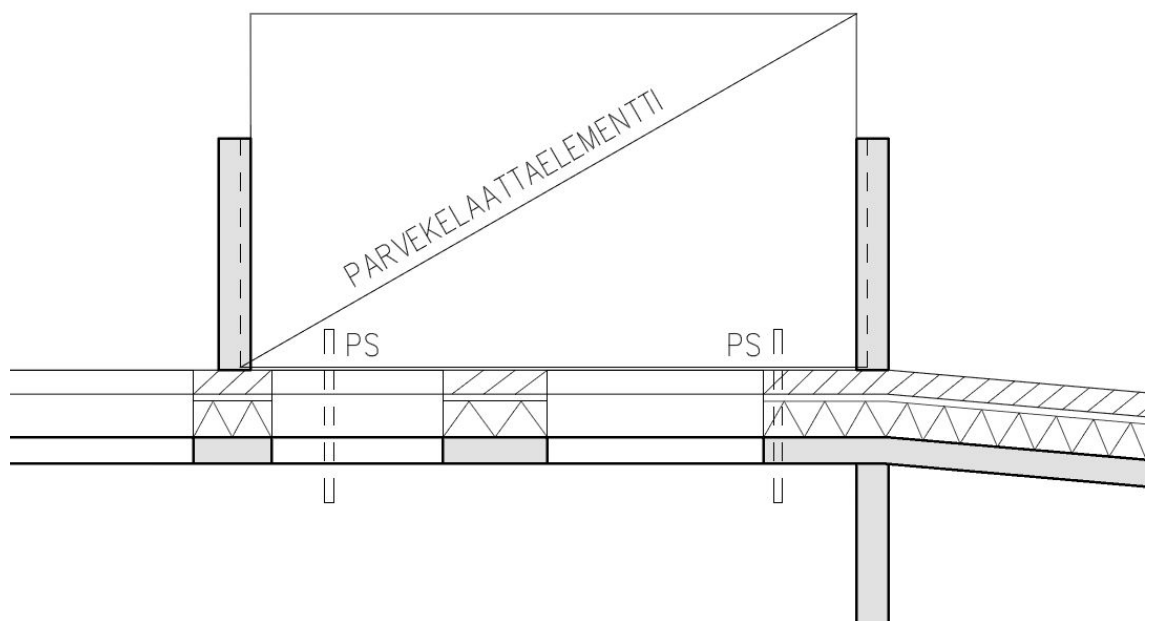
3.12 Parvekkeet

KOy Tampereen Niemenrannan Verneriin parvekelaatat ja parvekekattolaatat tulevat molemmat elementtirakenteisina. Parvekelaattojen paksuus on 250 mm. Yleisimpiä parvekelaattatyyppejä ovat kiilalaatta ja kuppilaatta. Vernerissä parvekelaattojen tyypit eivät kuitenkaan ole kumpaakaan näistä, vaan YIT:n haluama malli, joka on pinnaltaan tasainen, mutta laatan reunoilla kiertää ura, mikä kallistaa laatussa olevaan vedenpoistoon. Parvekelaattoihin tehdään urien kallistukset elementtisuunnittelun ohjeiden mukaisesti riippuen siitä, mihin kohtaan laattaa sadevedenpoisto on suunniteltu. Vernerin parvekkeet ovat kannatettu pielillä ja pilareilla, joille tehdään omat perustukset sekä osa parvekkeista lisäksi kannatinteräksillä. Osa parvekkeista on sisäänvedettyjä parvekkeita. Parvekelaatan ja ulkoseinän ulkopinnan väliin jää 15 mm vara. Tämä väli täytetään palokatkovillalla ja pintaan tulee elastinen palokitti.

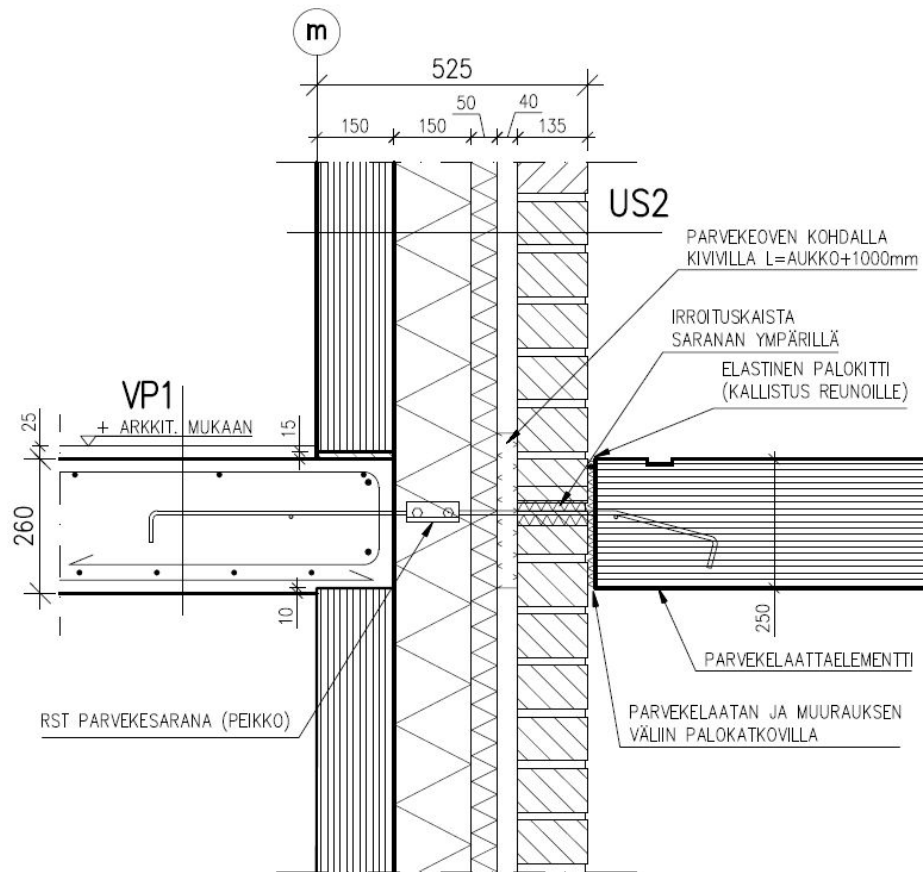
Parvekelaattojen sidonnassa käytetään Peikon parvekesaranoita. Kannattimina käytetään teräspalkkeja kooltaan $80 \times 80 \times 5,0 \text{ mm}$, jonka sisälle tulee mineraalivillatäyttö. Putkipalkit ottavat pystysuoran kuorman lisäksi myös vaakasuuntaista voimaa, joten se korvaa siltä osin parvekesaranan. Parvekesaranat siirtävät vain vaakasuorat rasitukset

parvekkeesta rakennukseen ja sallivat enintään 20 mm pystysuoran liikkeen (Peikko). Parvekesaranaa voidaan käyttää, kun parvekelaatan ja rakennusrungon välille ei tule pystysuuntaisia voimia. Tämänlainen tilanne on esimerkiksi silloin, kun parvekelaatta on kannatettu sivuilta pielillä. Parvekesaranoita tai teräskannattimia käytetään vähintään 2 kappaletta parvekkeelle.

Kuvasta 6 nähdään, että parvekepielet kannattelevat parvekelaattaelementtiä. Pielet ovat parvekelaatan painopisteeseen nähden sijoitettu seinän puolelle. Tällöin ei synny pystykuormia parvekelaatan ja rakennusrungon välille. Tässä tapauksessa voidaan käyttää parvekesaranaa (PS). Laatan päälle tulevat pielet, jotka estävät kippausvaaran. Laatan kippaamisvaara täytyy tutkia parvekekattolaatassa, jonka päälle ei tule pieliä. Kuva 7 havainnollistaa leikkauksen parvekelaatan liitoksesta seinään käytettäessä parvekesaranoita.



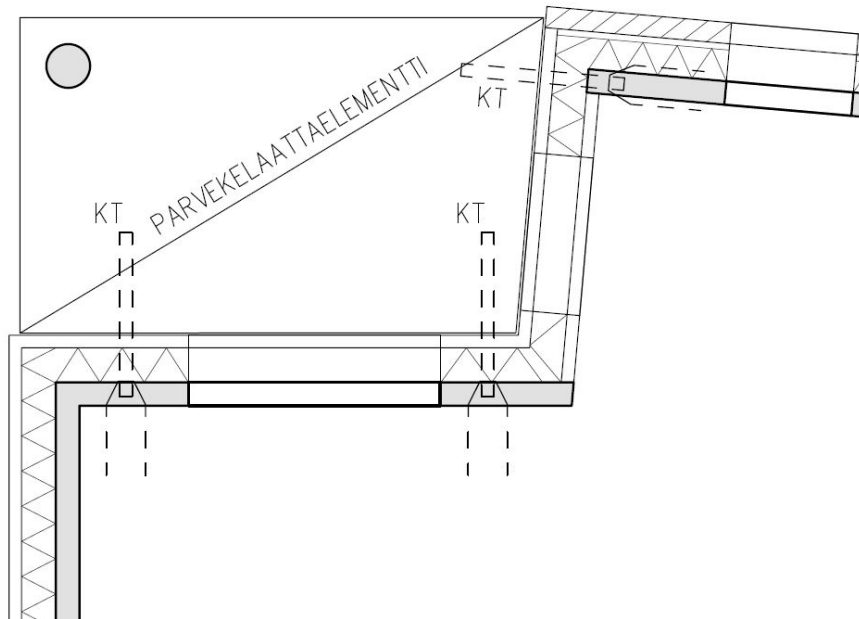
KUVA 6: Parvekelaatan sitomisessa käytetty parvekesaranoita.



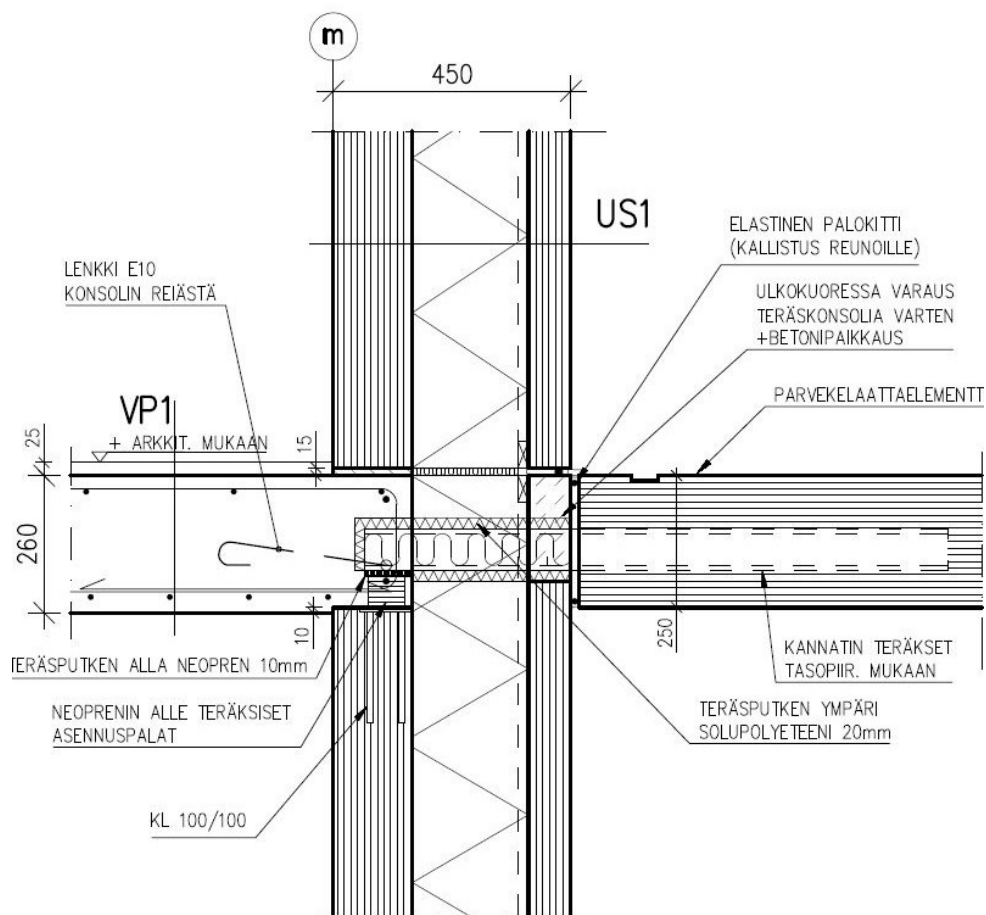
KUVA 7: Leikkaus parvekkeesta parvekesaranoita käytettäessä.

Kannatinteräksiä käytetään esimerkiksi silloin, kun laatan päät on tuettu pilareilla. Tällöin seinälinjalla vaaditaan kantokykyä, joista kannatinteräksinä toimivat 80x80x5,0 putkipalkit siirtävät kuormat kantavan seinän sisäkuorelle.

Kuvasta 8 nähdään, että kantava pilari on laatan vasemmassa ylänurkassa. Tällöin pystykuormaa kohdistuu seinälinjoille, minkä takia ei voida käyttää parvekesaranoita. Molempiin suuntiin täytyy käyttää kannatinteräspalkkeja, jotka välittävät laatalta tulevat kuormat kantavan seinän sisäkuoreen. Kuva 9 esittää, miten sisäkuori kantaa kannatinteräkset.

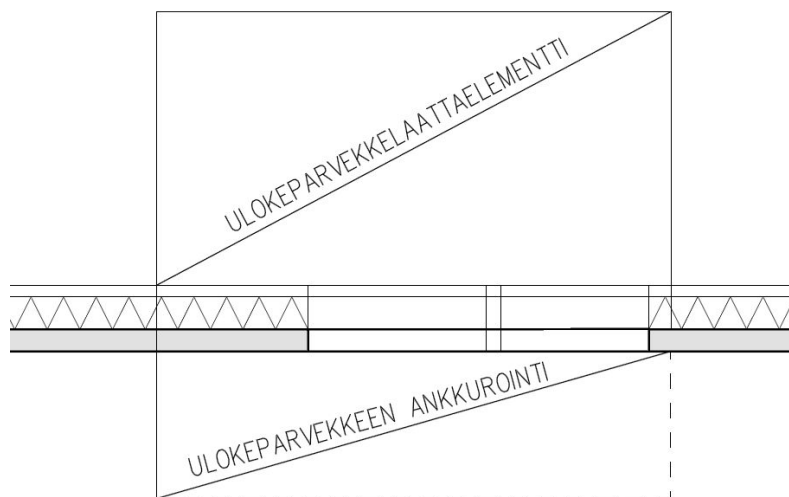


KUVA 8: Parvekelaatta tuettu kannatinteräspalkeilla (KT).

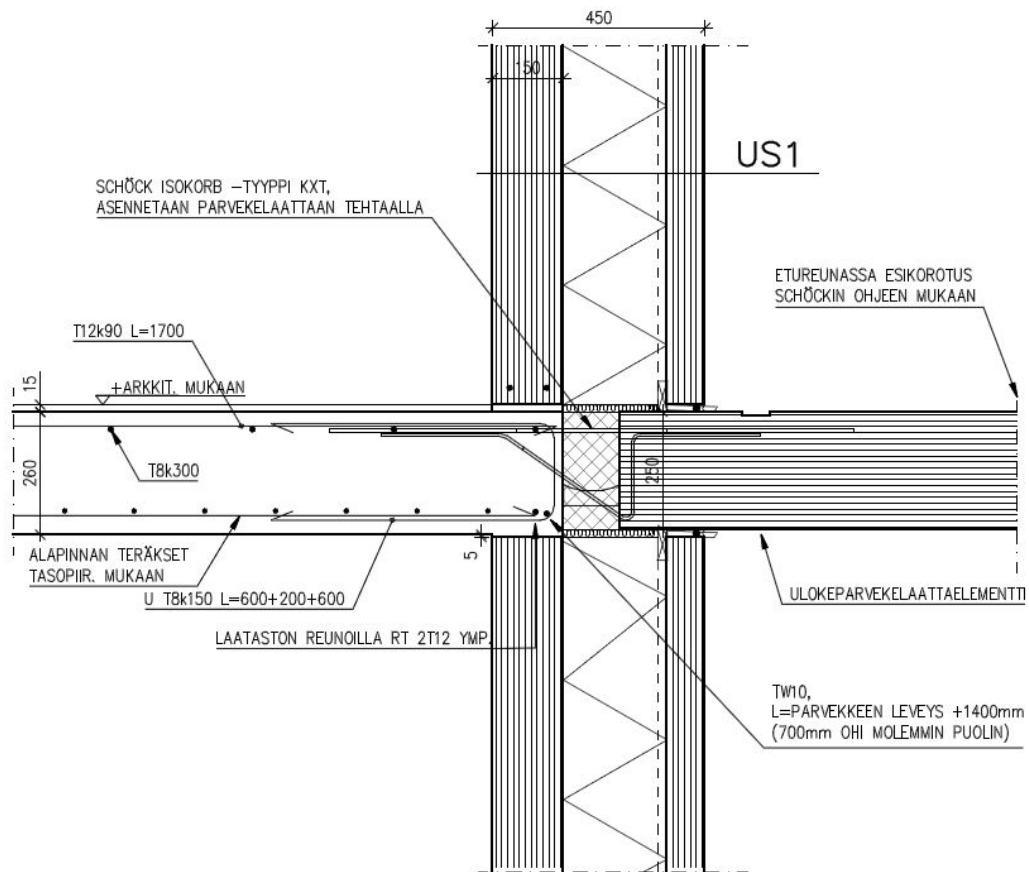


KUVA 9: Leikkaus parvekkeesta käytettäessä kannatinteräspalkkeja.

Ulokeparvekelaattoja käytettäessä ei tarvita parvekkeen pystyrakenteita. Pieliä ja pilareita käytettäessä parvekelaatan sidonta runkoon vaatii varsin vähän terästä verrattuna siihen, että käytettäisiin ulokeparvekelaattoja. Ulokeparvekelaatat ankkuroidaan holviin (kuva 10). Ulokeparvekelaatat mahdollistavat parvekkeiden vapaamman sijoittelun julkisivussa. Ulokeparvekkeet sopivat hyvin ahtaisiin kohteisiin, sillä maahan asti ei tule pieliä tai pilareita, jotka veisivät tilaa esimerkiksi kevyenliikenteenväylältä. (Betoniteollisuus ry, Betonielementtiparvekkeet, elokuu 2010.) Ulokeparvekkeet vaativat järeämmän raudoituksen sekä holvin yläpintaan että ulokeparvekelaatan yläpintaan (kuva 11). Yleinen tapa on käyttää ulokeparvekkeille vakioitua kannatusratkaisua esimerkiksi Schöck Isokorb KXT tai Peikko NIRO. Kannatusratkaisussa on mukana lämmöneriste sekä raudoitus, joka sidotaan parvekelaatan ja holvin raudoitukseen. Kannatusratkaisu on valmiiksi ulokeparvekelaattaelementissä. Työteknisesti ulokeparvekelinja vaatii asennusvaiheessa tuentoja alhaalta asti. Nämä voidaan purkaa, kun ylimmäinenkin ulokeparvekelaatta on asennettu ja kyseisen holvin betoni on saavuttanut riittävän lujuuden.



KUVA 11: Ulokeparveke pohjakuvassa



KUVA 12: Leikkaus ulokeparvekkeesta.

Ripustettava parveke on myös yksi vaihtoehto. Sen edut ovat paljon ulokeparvekkeen kaltaisia. Ripustus voidaan tehdä esimerkiksi ruostumattomasta teräksestä valmistetuilla vetotangoilla. Ripustettavissa parvekejärjestelmissä on saatavilla kuitubetoninen versio, jossa laatan oma paino pienenee merkittävästi. Haasteena ripustettavissa parvekkeissa on vetotangon palonkesto.

Suomen rakentamismääräyskokoelman B-osan mukaan parvekkeet mitoitetaan kestämään $1,5 \text{ kN/m}^2$ hyötykuorma sekä lisäksi kaiteen vieressä 2 kN/m hyötykuorma viivakuormana. Eurokoodin mukaisesti parvekkeet mitoitetaan kestämään $2,5 \text{ kN/m}^2$ hyötykuorma (RIL 201-1-2011, 67). Ominaisarvo on selvästi suurempi kuin RakMK:n B-osassa, mutta tämä selittyy sillä, että eurokoodi ei huomioi kaiteen viereen erikseen viivakuormaa.

Ulokeparveke mitoitetaan ulokkeena, joten sen koolle tulee rajoituksia värähtelyn tai taipuman johdosta. Ulokeparvekkeiden kuorma tulee suoraan rakennuksen ulkoseinärungolle, mikä lisää kuormitusta myös kyseisen seinälinjan perustuksille.

Parvekepilarien mitoituksessa on huomioitava mahdolliset törmäyskuormat, mikäli parvekepilariin on mahdollista kohdistua ajoneuvon törmäys. Vaakasuuntainen törmäyskuorma vaihtelee 100...1000 kN välillä riippuen ajoneuvoväylän tyypistä. Paikoitusalueella on pienimmät kuormat ja teillä, jolla nopeusrajoitus on ≥ 50 km/h, on suurimmat kuormat. Törmäyskuormaa voidaan vähentää taulukon (RIL 144-2002, 139) mukaisesti riippuen tien etäisyydestä pilariin. Törmäyskuorman vaikutuspisteen oletetaan olevan 1,0 metrin korkeudella maanpinnasta. (RIL 144-2002, 137-139.)

KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin suunnittelussa pilarille otettiin törmäyskuormaa 75 kN, sillä kevyenliikenteen väylä on lähin tie. Tiehen on etäisyyttä n. 7,5 metriä, joten alkuperäistä 150 kN arvoa voidaan tiputtaa kertoimella 0,5.

Rakennesuunnittelija voi mitoittaa parvekepilareit myös niin, että onnettomuustilanteessa kahdesta parvekepilariista toisen oletetaan pettävän, mutta parvekekannatuksen kestävä yhdellä pilarilla lyhytaikaiset kuormat. Törmäyskuormaa ei katsota olevan, mikäli kantavaa rakennetta suojaa vaatimustason täyttävä suojakaide.

Parvekekaiteiden täytyy kestää riittävät vaakasuorat kuormitukset, jotta parvekkeen käyttö on turvallista. RakMK:n B-osan mukaisesti kaiteen tulee kestää asuinkerrostalossa hyötykuormaa $q_k = 0,4$ kN/m (RIL 144-2002, 78). Eurokoodissa vastaavasti asuinrakennuksen kuormaluokka A:ssa q_k arvo voidaan valita väliltä 0,2 kN/m...1,0 kN/m, mutta suositus on 0,5 kN/m (SFS EN 1991-1-1, 44).

3.13 Ulko- ja väliseinät

Ulkoseinän U-arvon vähimmäisvaatimus on $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ (RakMK C3). U-arvo vaatimus on otettu huomioon valittaessa ulkoseinän rakennetyyppejä. Erityisesti huomio kiinnittyy eristeen kokoon ja materiaaliin.

Ulkoseiniä KOy Tampereen Niemenrannan Vernerissä on perustyypeiltään kahta erityyppiä. US1 on betonisandwich-elementtinä tehtävä seinä. Kantavan betonisen sisäkuoren vahvuus on 150 mm, eristeenä 220 mm ristiin uritettu mineraalivilla ($\lambda_d = 0,035 \text{ W/mK}$) ja ulkokuorena betonia 80 mm. US2 on puhtaaksi muurattu ulkoseinätyyppi, johon tulee 150mm sisäkuorielementti, jonka päälle 150 mm mineraalivillaa (Isover OL-E, $\lambda_d = 0,035 \text{ W/mK}$) + 50mm tuulensuojapinnoitteinen julkisivueriste (esim. Isover RKL-FASADE, $\lambda_d = 0,031 \text{ W/mK}$). Välissä on 40 mm ilmarako ennen paikalla tehtävää julkisivumuurausta, jossa tiilen paksuus on 135 mm. Lisäksi yksi ulkoseinä tulee jo olemassa olevaa Niemenrannan Rudolfin seinää vasten. Vastakkain tulevalla seinälinjalta molemmissa taloissa on 160 mm paksut betoniseinät, jotka toimivat palomuurina. Rudolfin seinästä poistetaan olemassa oleva lämmöneriste ja betoniseinien välille jätetään 50 mm ilmarako.

Rakennuksen luoteeseen päin olevalle pitkälle seinälle tulee huomioida myös maanpaine (liite 9). Maanpainetta katsotaan tulevan, mikäli valmis maanpinta nousee lattiapintaa korkeammalle. Tuleva maanpinta nousee korkeimmillaan 1500 mm anturan yläpuolelle. Maanpaine otettiin huomioon suunniteltaessa kyseisen puolen perustuksia sekä päälle tulevan maanpaineraudoitettun elementin raudoituksia. Maanpaine ulkokuorelta välittyi ansaiden kautta sisäkuoreen, joka raudoitetaan kestävänsä vaadittu maanpaine. Vernerissä käytettiin YIT:n toivomuksesta anturasta lattiavalun yläpintaan asti tulevaa paikallavalunostoa, joka myös piti mitoittaa maanpaineelle, kuten myös tapitus noston ja elementin välillä. Tapeiksi tulivat T20 k1200 jaolla.

Rakennuksen väliseininä käytetään huoneistojen välillä 180mm betoniseinää ja porashuoneita vasten 200mm betoniseiniä. Väliseinät tehdään elementtirakenteisina. Kerrostaloissa käytetään yleensä raudoittamatonta väliseinää. Seinässä on kuitenkin rautaa tavallisesti 2T8 alapinnassa, yläpinnassa sekä sivuissa. Mahdollisissa oviaukoissa ovenpäällispalkin raudoituksena riittää tavallisesti palkin ala- ja yläpinnassa 3T12 ja palkin hakana UH. T6k250. Ovien, kuten sivujenkin, pystyraudoituksena on tavallisesti 2T8.

Rakennuksen toisessa kerroksessa täytyy kahdessa kohtaa väliseinänä käyttää seinämäistä palkkia. Seinämäisellä palkilla tarkoitetaan jännevälinsä nähden korkeaa levymäistä teräsbetonirakennetta, joka tukeutuu palkin tavoin. Seinämäisiä palkkeja käytetään paljon kerrostalojen kantavissa rakenteissa, kun alimmissa kerroksissa kantavien seinien käyttö ei ole mahdollista. (Saarinen, E & Kähkönen L. 1986, 510.)

Rakennuksen ensimmäiseen kerrokseen tulee käytävä porrashuoneesta, joten siinä kohdalla, mistä käytävä alkaa, on yläpuolella kuudenteen kerrokseen asti jatkuva betoninen väliseinä. Tämän takia toiseen kerrokseen siihen kohdalle, jossa alapuolella ei ole enää kantavaa rakennetta, täytyy laittaa seinämäinen palkki. Seinämäiset palkit tukeutuvat molemmin puolin 200 mm matkalta alapuolelta tuleviin viereisiin seiniin.

Seinämäiset palkit ovat yleensä yhtä paksuja kuin viereiset seinät. Seinämäinen palkki eroaa väliseinästä ainoastaan raudoituksensa takia. Seinämäisen palkin, jonka täytyy kannatella ylempien kerroksien kuormia, raudoitus on yleensä esim. T8#150 molempiin pintoihin ja reunoilla haat UT8 k200. Ala- ja yläpintaan tulee terästä 2T16 + 2T10. Tämän suuntaisella raudoituksella voidaan tehdä esimerkiksi kaksi metriä pitkä seinämäinen palkki toiseen kerrokseen, kun alemmassa kerroksessa ei ole seinää sillä kohdalla.

3.14 Yläpohja ja vesikatto

Yläpohjan U-arvon vähimmäisvaatimus on $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ (RakMK C3 2010). Käytännössä tämä arvo saavutetaan asuinkerrostalon yläpohjassa, kun yläpohjaholvin päällä on 450 mm puhallusvilla ($\lambda_d = 0,041 \text{ W/mK}$). Tuulettuvaa ilmatilaa täytyy alaräystäällä jäädä vähintään 100 mm. Reuna-alueilla puhallusvilla täytyy suojata tuulen vaikutukselta vähintään metrin etäisyydellä reunoista.

Vesikatteena voidaan käyttää yleisesti kumibitumikermiä, tiilikatetta tai teräskatetta. Katetta valitessa on huomioitava vesikaton kaltevuudet. Aluskate valitaan vesikatteesta riippuen. Yleisimpiä kattotyyppejä ovat pulpettikatto, harjakatto ja sisäänpäin viemäroity katto eli kansan kielellä tasakatto.

Loivilla katoilla katteiden on oltava jatkuvia eli niiden saumojen on kestävä vedenpainetta. Materiaaleina käytetään tällöin erilaisia kermejä. Jyrkillä katoilla käytetään pääosin katemateriaaleja, jotka luokitellaan epäjatkuviksi katteiksi kuten tiili- tai peltikate. Jyrkän ja loivan katon raja ei ole aivan tarkasti määritelty. Jyrkkinä kattoina voidaan kuitenkin pitää kattoja, joiden kaltevuus on suurempi kuin 1:20. (Kattoliitto)

Yläpohjarakenteena Vernerissä on 260 mm teräsbetoniholvi (liite 5). Porrashuoneiden kattoina ovat kuitenkin massiivilaattaelementit, kuten muissakin kerroksissa. Holvin päälle tulee paikallatehtävät vesikaton puurakenteet, jotka kannattavat vesikatetta (liite 6). Osa rakennusyryksistä haluaa tehdä vesikaton puutyöt paikalla, kun osa taas haluaa tilata mieluummin valmiit kattoristikot elementteinä. Puutavarana käytetään yleensä lujuusluokaltaan T24 puutavaraa ja säälle alttiiden puuosien on oltava kestopuuta. Kattokaltevuus Vernerissä on 1:12,5.

Vesikaton puurakenteina ovat Vernerissä kattokannattajina 50x125 ja tolppina 50x100 k1600 ja korotetun lumikuorman vaikutusalueella 50x100 k1200. Kantavat ja jäykistävät puurakenteet naulataan kolmella 100x3,4 (mm) naulalla. Kattokannattajien päälle tulee 23 mm:n raakaponttilauta, jonka päällä on vesikatteenä kumibitumikermi. Aluspuu ammutaan holviin kiinni. Aluspuun on oltava kestopuuta tai vaihtoehtoisesti aluspuun ja betonin väliin täytyy laittaa bitumihuopakaista. Vesikaton leikkauksia on esitetty liitteissä 13 ja 14.

Paikallatehtävän katon puurakenteiden kestävyys mitoitetaan rakennesuunnittelija. Mitoituksessa on tarkasteltava kattokannattajien ja pilareiden kestävyys. Lisäksi myös koko katon jäykistys tulee tarkastella. Pilareista yläräystäään puolella olevaan puupilariin tulee pituutensa takia pahin mahdollinen tilanne, joten jos sen linjan pilarit kestävä, myös muut pilarit kestävä. On mahdollista nurjahdustukea pisimpiä pilareita tai vaihtoehtoisesti tihentää tolppajakoa korkeissa kohdissa, jolloin pilariin tuleva kuorma vähenee. Vinoreivauksina käytetään Vernerissä muurauksen puoleisella yläräystäällä 50x100 puutavaraa k900 jaolla. Ala- ja sivuräystäillä käytetään 22x100 lautaa k1800 jaolla. Vinoreivauksen tulisi mennä vähintään kolmen tolpan yli. Kattoristikoita käytettäessä ristikot yleensä suunnittelee kattoristikkosuunnittelija, jolle rakennesuunnittelija ilmoittaa tarvittavat lähtötiedot jokaisesta kattoristikkotyypistä, mitä kohteessa käytetään.

Yläpohjaholviin, eli Vernerin tapauksessa kuudennen kerroksen kattoon, tulee hieman isompi rauditus kuin peruserroksiin, sillä kuormat ovat suurempia kuin välipohjissa. Yläpohjalle lasketaan $1,0 \text{ kN/m}^2$ pysyvä kuorma vesikaton rakenteista. $1,0 \text{ kN/m}^2$ on varsin hyvä lähtöoletus myös muihin kohteisiin, joissa kattokannattajat ovat perinteisellä k900-jaolla ja vesikatteenä kumibitumikermi. Molemmissa porrashuoneissa on katolla oma IV-konehuoneensa, josta tulee lisäkuormaa yläpohjan holville, mikäli IV-konehuoneen seinälinja ei mene alemman seinälinjan päälle. Lumikuorma vaihtelee aluekohtaisesti. Tampereen seudulla oleva lumikuorma on RakMK:n B-osan mukaisesti $1,8 \text{ kN/m}^2$ (RIL 144-2002, 24). Joten myös hyötykuormaa on yläpohjassa enemmän lumikuorman takia verrattuna välipohjaholvin $1,5 \text{ kN/m}^2$ oleskelukuormaan. Lisäksi lumikuorman IV-konehuoneen seinästä johtuva kinostuma pitää huomioida. Kinostumaksi on laskettu pitkän seinän viereen $2,8 \text{ kN/m}^2$ ja lyhyen seinän viereen $3,5 \text{ kN/m}^2$. Pitkän seinän kohdalla kinostumakuorma pienenee tasaisesti peruslumikuormaan $1,8 \text{ kN/m}^2$ $2,2$ metrin matkalla. Ylemmältä katolta ei oleteta liukuvan lunta, koska katon kaltevuus on alle 15 astetta (RIL 144-2002, 27).

RakMK:n B-osassa ilmoitetaan lumikuormien arvot katolla. Eurokoodissa lumikuorma ilmoitetaan maassa olevana. Tampereen seudulla eurokoodin mukaisesti lumikuorman arvo maassa on $2,5 \text{ kN/m}^2$. Tämä arvo kerrotaan yleisimmillä kattotyypeillä kertoimella 0,8:lla, jolloin lumikuorman arvo katolla on $2,0 \text{ kN/m}^2$.

3.15 Julkisivun muuraus

KOy Tampereen Niemenrannan Vernerin toiseen pitkään julkisivuun tehdään paikalla tehtävä julkisivumuuraus. Tiilenä käytetään poltettua moduulikokoista täystiiltä (MKH), jonka mitat ovat $285 \times 85 \times 135$ (mm). Moduulikokoista tiiltä käyttäessä ja perinteisellä 15 mm laastisaumalla tiilen ja laastin korkeus on 100 mm. Kun kerroskorkeus on 3000 mm, tiiliä menee 30 kappaletta päällekkäin kerrosta kohti. Siten myös muuraus alkaa jokaisen välipohjan kohdalta samasta kohtaa. Tätä voidaan pitää moduulikokoisen tiilen merkittävänä etuna. Tiilen pituus sauman kanssa on $285 \text{ mm} + 15 \text{ mm} = 300 \text{ mm}$. Tiilimuurauksen kannatustapa on yleensä perustuksista kannatettu. Jos perustuksista ei voida kannattaa muurausta jostakin syystä, voidaan muuraus kannattaa rakennusrungosta. Molempia tapoja voidaan käyttää samassa kohteessa tarpeen mukaan. Tiilisiteet vä-

littävät tiiliseinältä tuulikuormat rakennuksen kantavaan sisäkuoreen. Vernerissä ruostumattomia Ø 5mm tiiliseiteitä laitetaan vähintään 4 kpl / m².

Tiilijulkisivuun tulee erilaisia rasituksia kuten lämmön- ja kosteusvaihteluita. Myös rakenteen kuormitukset aiheuttavat muurattuun rakenteeseen muodonmuutoksia. Muuratuissa väliseinissä rasitukset jäävät yleensä vähäisiksi kuten myös lyhyissä ulkoseinälinjoissa. Pitkät ulkoseinälinjat täytyy jakaa liikuntasaumoilla sellaisiin osiin, etteivät muodonmuutokset pääse aiheuttamaan haitallisia halkeamia rakenteeseen. Halkeiluun vaikuttaa myös käytetty laasti. Halkeilujen välttämiseksi kannattaa valita laasti, jolla on hyvä tartuntalujuus. Liikuntasaumoina käytetään tiilten välillä 12...20 mm vahvaa elastista saumaussmassaa, jonka alla on pohjanauha. Tämä mahdollistaa rakenteen riittävän liikkumisvaran. Pystysuora liikuntasauma pyritään tekemään vedenpitäväksi, mutta sitä ei kuitenkaan saa täysin vedenpitäväksi. Sadevettä pääsee muurin läpi erilaisten epätiivien kohtien kautta. (RT 82-10510 1993.) Tämän takia tiilimuurauksen takana tulisi olla 30...40 mm ilmarako. Vernerissä käytettiin 40 mm ilmarakoa.

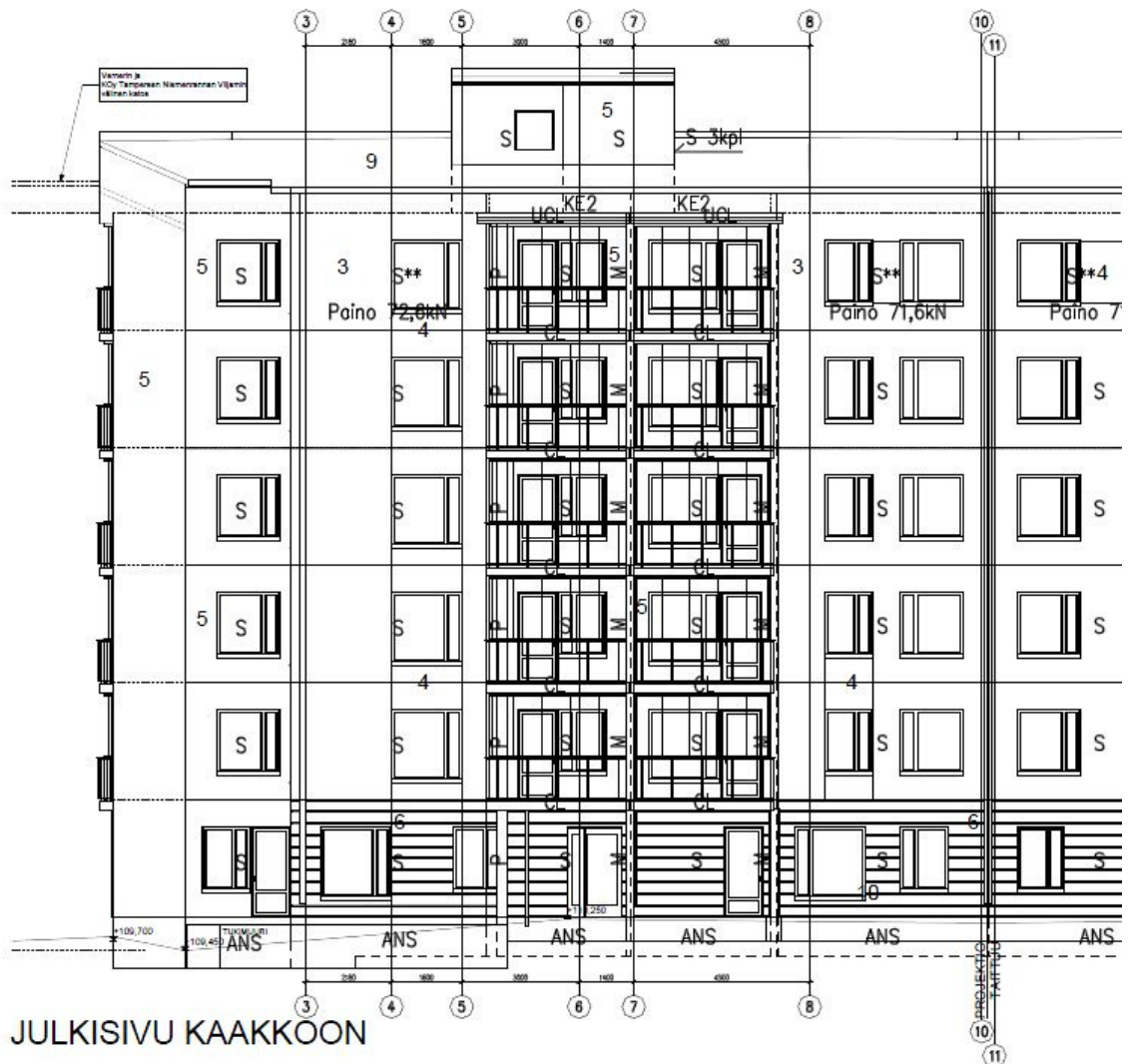
Rakennesuunnittelijan tulee määrittää tiilimuuraukseen tulevien liikuntasaumojen paikat. Liikuntasaumat sijoitetaan kohtiin, joissa halkeamisten syntyminen on todennäköistä. Mikäli ei ole kuitenkaan mahdollista saada liikuntasaumaa halkeilulle alttiiseen kohtaan, käytetään raudoituksena esimerkiksi 2E7-teräksiä tai Amutekin Biståltikasraudoitetta, joilla saadaan kuormia siirrettyä kriittisestä paikasta muualle. Jännityksiä kertyy aukkojen kulmiin, muurien nurkkiin ja rakenteen muuttumakohtiin. Muuttumakohdilla tarkoitetaan kohtia, joissa rakennuksen perustamistapa vaihtuu, perustuksilla on suuri korkeusero, muuratun rakenteen kannatustapa vaihtuu, muuratun rakenteen korkeus tai paksuus muuttuu, muurauksen suunta muuttuu lyhyellä matkalla tai muurattu rakenne liittyy toiseen rakenteeseen. (Amutek Oy 2009; RT 82-10510 1993.)

3.16 Tyypielementit ja julkisivukaaviot

Rakennesuunnittelijan tehtäviin kuuluu myös tyypielementtien ja julkisivuelementti-kaavioiden teko. Tyypielementtien tekeminen tarkoittaa sitä, että jokaisesta eri elementtityypistä tehdään piirustus, josta käy ilmi samantyyppisissä elementeissä tarvittavat asiat, kuten betoniluokka, tartunnat ja raudoitukset. Tyypielementeissä esitetään vain yleisimmät ja toistuvat mitat (liitteet 15-17).

Tässä vaiheessa suunnittelua rakennesuunnittelija tekee arkkitehdin julkisivupiirustusta pohjana käyttäen julkisivuelementtikaavion, johon merkitään elementtien tunnuksat. Julkisivuelementtikaaviossa (kuva 14) esitetään rakennukseen tulevat elementit ilman sisäpuolisia elementtejä eli väliseinä-, porras- ja massiivilaattaelementtejä. Kaaviosta käy alustavasti ilmi julkisivussa näkyvien elementtien saumat. Saumajakoa tehtäessä tulee huomioida kaksi merkittävää asiaa. Julkisivun täytyy saumoineen näyttää hyvältä, joten saumojen täytyy olla esteettisesti aseteltu. Tärkeä asia on myös se, etteivät elementtien painot nouse liian suuriksi. Työmaan työmaainsinööri ilmoittaa elementin maksimipainon, joka Vernerissä on 7,5 tonnia. Tavallisesti elementtien painot pyritään pitämään alle 8 tonnissa. Kyseinen 7,5 tonnin arvo voidaan kuitenkin ylittää, mikäli asennettava elementti tulee julkisivuun sille puolelle, johon nosturilla on lyhyempi matka nostaa. Tällöin täytyy olla tieto nosturin nostokapasiteeteista eri nostopituuksille. Vernerin työmaalla sama nosturi toimii sekä Vernerin että viereen tulevan Viljamin rakennustöitä tehtäessä, mikä onkin suurin syy niin pienelle elementin maksimipainolle. Tarkemmin nosturin nostoetäisyydet ilmoittaa vielä työmaainsinööri. Mikäli on mahdollista, sandwich-elementtien saumat pyritään saamaan risteävän väliseinän kohdalle pintaan, jolloin sisätöiden viimeistelytyöt helpottuvat. Tarkemmin saumojen paikat millimetrin tarkkuudella määrää elementtisuunnitteluvaiheessa elementtisuunnittelija.

Tyypielementtien ja julkisivuelementtikaavioiden pohjalta tehdään elementtien määrä- ja kustannuslaskentaa. Näiden pohjalta elementtitehtailta saadaan pyydettyä tarjous tehtävistä elementistä. Elementtisuunnittelun alkaessa tyypielementeistä on hyvä lähteä suunnittelemaan jokaista elementtiä yksitellen.



KUVA 14: Julkisivuelementtikaavio B-portaan sivulta kaakkoon.

Julkisivuelementtikaavioiden elementit esitetään kirjaintunnuksilla. Elementtisuunnitteluvaiheessa kirjaimen perään täydennetään yksittäisen elementin oma numero. Varsinaisesti elementtisuunnitteluvaiheessa elementtien saumat piirretään kunkin kerroksen omaan elementtikaaviosta, jotka tehdään kerroksien rakennekuvien pohjalta. Kuvassa 11 näkyvässä elementtikaaviossa kirjaintunnuksina ovat: S = kantava ruutuelementti, M = parvekepielielementti, P = pilarielementti, KE = kuorielementti, CL = parvekelaatta-elementti, UCL = parvekekattolaatta-elementti ja ANS = kantava sokkelielementti. Kirjaintunnukset saattavat vaihdella suunnittelutoimistoittain.

4 POHDINTA

Rakennesuunnittelut tehtiin gryndauskohteeseen, minkä takia suunnittelu eroaa hieman normaalista. Tavallisesti rakennesuunnittelutoimisto tekee kohteen urakkavaiheen rakennesuunnitelmat, joiden perusteella käydään rakentamisurakointivaiheen urakkakilpailu, josta valikoituu kohteelle rakennusurakoitsija. Rakennesuunnittelutoimiston tekemien urakkavaiheen rakennekuvien perusteella rakennesuunnittelija päivittää kuvat varsinaisiksi rakennekuviksi. Muutoksia tulee kohteesta riippuen, mutta urakkavaiheen rakennesuunnitelmat kannattaa tehdä niin hyvin, että mahdollisimman vähillä lisäyksillä tai muutoksilla voidaan toteuttaa varsinaisetkin rakennekuvat. Gryndauskohteessa rakentava yhtiö voi myös tarkemmin päättää rakenneratkaisuista, joiden pohjalta rakennesuunnittelija suunnittelee jo kohteen urakkavaiheen rakennesuunnitelmat.

Rakennusinsinöörin (AMK) koulutus antaa työelämän rakennesuunnitteluun pohjatietoja, jotka ovat kuitenkin varsin vähäisiä verrattuna siihen tietomäärään, mitä asuinkerrostalon rakennesuunnittelussa täytyy huomioida. Tärkeimpänä pohjatietona voidaan pitää kaikkia rakenteiden mitoituksen kurseja sekä erityisesti teräsbetonirakenteiden kurseja. Lisäksi oli kannattavaa käydä kurssi, jolla opeteltiin käyttämään FEM-designia, joka on varsin merkittävä rakennelaskentaohjelma.

Rakennesuunnitteluprosessissa on erittäin tärkeää tutustua kaikkiin saatavilla oleviin lähtötietoihin. Varsinkin alussa tehtävät rakenne pohjakuvat kannattaa tehdä huolellisesti, sillä asuinkerrostalokohteessa samat pohjat kopioidaan ylöspäin muuttaen vain tarvittavat kohdat. Mikäli heti ensimmäisessä pohjakuvassa on jokin virhe, virheet kertaantuvat kaikkiin kuviin. Myös rakenneleikkauksia tehtäessä mahdolliset virheet löytyvät viimeistään elementtisuunnittelussa. Tällöin on korjattava kaikkia niitä kohtia, joihin kyseinen virhe on päätenyt. Muutoskuvien tekeminen, tulostaminen sekä niistä kirjaa pitäminen vievät aikaa.

Rakennesuunnittelijan tulee tietää tarkalleen, mikä kuva on milloinkin laitettu projekti-pankkiin jakeluun kuten myös muutoskuvien päivämäärät ja kirjaintunnukset. Varsinaiseen suunnitteluun kannattaa käyttää aikaa ja ajatusta mahdollisimman paljon, jotta välttyy muutoskuvilta, jotka johtuvat omasta huolimattomuudesta. Eri suunnittelijoiden kanssa on parempi sopia rakenneratkaisut mieluummin ennen kuin vasta kuvan julkaisun jälkeen.

Rakennesuunnittelussa merkittävästi aikaa vievät kuormien laskeminen perustuksille, rakenneleikkauskuvien piirtäminen sekä välipohjien raudoitusten laskeminen ja suunnitteleminen laskujen pohjalta. Rakennesuunnitteluun haastetta toi myös se, että Vernerin rakennetaan kiinni KOy Tampereen Niemenrannan Rudolfiin.

Rakennesuunnittelukuvia kertyi lopulta paljon. Tämän opinnäytetyön liitteisiin on valittu kohteen merkittävimmät rakennekuvat, joista saa käsityksen suunnittelukohteesta. Mikäli jokaisen rakennekuvan leikkauksineen olisi laittanut erikseen liitteeksi, liitteitä olisi tullut reilusti yli 100 kappaletta. Rakennepohjien kuvat ovat liitteissä tulostettu A3-kokoon, jolloin mittakaava ei pidä paikkaansa. Näistä saa kuitenkin käsityksen rakennuksesta. Rakenneleikkaukset ovat oikeassa mittakaavassa A4-kokoon tulostettuna. Kohteeseen liittyvistä laskelmista on esitetty myös vain muutamia tärkeimmät liitteissä 18-22.

5 LÄHTEET

Painetut lähteet

RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2009. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 144-2002 Rakenteiden kuormitusohjeet 2002. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 201-1-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat 2011. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 254-2011 Paalutusohje 2011. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Saarinen, E & Kähkönen L. 1986. BY 202 Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja osa 2, Jyväskylä, Gummerus.

Saarinen, E., Kinnunen J. & Tiira S. 1986. BY 202 Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja osa 3, Jyväskylä, Gummerus.

Suomen betoniyhdistys 2004. BY 50 Betoninormit 2004. Helsinki, Suomen betoniyhdistys ry.

RT-kortisto

RT 81-10791 Radonin torjunta 2003. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 82-10510 Tiilirakenteet 1993. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 85-10799 Bitumikermikatteet, perustietoja 2003. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 92-11083 S1-luokan teräsbetoniväestönsuoja 2012. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

Suomen rakentamismääräyskokoelma

RakMK B3. Pohjarakenteet. Määräykset ja ohjeet 2004. Helsinki. Ympäristöministeriö.

RakMK C2. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. Helsinki. Ympäristöministeriö.

RakMK C3. Rakennuksen lämmöneristys. Määräykset 2007. Helsinki. Ympäristöministeriö.

RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki. Ympäristöministeriö.

RakMK G1. Asuntosuunnittelu. Määräykset ja ohjeet 2005. Helsinki. Ympäristöministeriö

RakMK E1. Rakennusten paloturvallisuus. Määräyksen ja ohjeet 2011. Helsinki. Ympäristöministeriö.

Sähköiset lähteet

Amutek Oy. Bistål-tikasraudoite (päivitetty 16.11.2009).

http://www.amutek.fi/detaljit/AMUTEK_OY_BISTAL_2009_3.pdf

(luettu 5.2.2013)

Betoniteollisuus ry. Betonielementtiparvekkeet (elokuu 2010).

www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23624/Betonielementtiparvekkeet.pdf (luettu 7.2.2013)

Elementtisuunnittelu.fi. Hormielementit.

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/hormit-ja-kylpyhuoneet/hormielementit> (luettu 9.2.2013)

Kattoliitto. Kateratkaisut. <http://www.kattoliitto.fi/index.phtml?s=62> (luettu 16.2.2013)

Parma Oy. Parman ontelolaatatot. Suunnitteluohje 1.11.2010.

www.parma.fi/images/files/publications/PARMA_ol_suunnohje_optimized.pdf (luettu 16.2.2013)

Peikko Group Oy. PS-Parvekesarana. <http://www.peikko.fi/product-fi/p=PS-parvekesaranat> (luettu 26.1.2013)

Pelastuslaki 379/2011.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379> (luettu 18.2.2013)

Saarinen, Juha 2007. Betonivälipohjan tuotanto- ja kustannustekijöiden vertailu: Ontelolaatta vai paikallavalu? <https://publications.theseus.fi/handle/10024/9639> (luettu 10.12.2012)

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös 944/1992.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920944> (luettu 28.12.2012)

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS EN 1991-1-1. Eurocode 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat.

Säteilyturvakeskus. Radon.

http://www.stuk.fi/sateilytietoa/oikopolut/radon/fi_FI/index/ (luettu 28.12.2012)

Tilastokeskus. Suomi lukuina. Rakentaminen 2011.

http://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_rakentaminen.html (luettu 20.2.2013)

Valtioneuvoston asetus väestönsuojista 408/2011.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110408> (luettu 18.2.2013)

Ympäristöministeriö. Eurokoodit (päivitetty 15.5.2012)

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=411522&lan=FI> (luettu 12.2.2013)

Ympäristöministeriö. Radon (päivitetty 7.7.2011).

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=4139&lan=fi> (luettu 28.12.2012)

Ympäristöministeriö. Tiedote. Asuntonministeri Kiuru: Väestönsuojien rakentamisvelvoitteesta luovuttava (9.11.2012)

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=423704&lan=fi> (luettu 24.2.2013)

6 LIITTEET

Liite 1: Perustukset

Liite 2: Salaojapiirustukset

Liite 3: 1.krs katto ja pystyrakenteet

Liite 4: 2.krs katto ja pystyrakenteet

Liite 5: 6. krs katto ja pystyrakenteet

Liite 6: Vesikatto

Liite 7: Raudoitusdetailjit

Liite 8: Perustusleikkaus P1

Liite 9: Perustusleikkaus P4

Liite 10: Välipohjaleikkaus V1

Liite 11: Välipohjaleikkaus V4

Liite 12: Välipohjaleikkaus V10

Liite 13: Yläpohjaleikkaus Y1

Liite 14: Yläpohjaleikkaus Y3

Liite 15: Tyypielementti S

Liite 16: Tyypielementti R

Liite 17: Tyypielementti CL

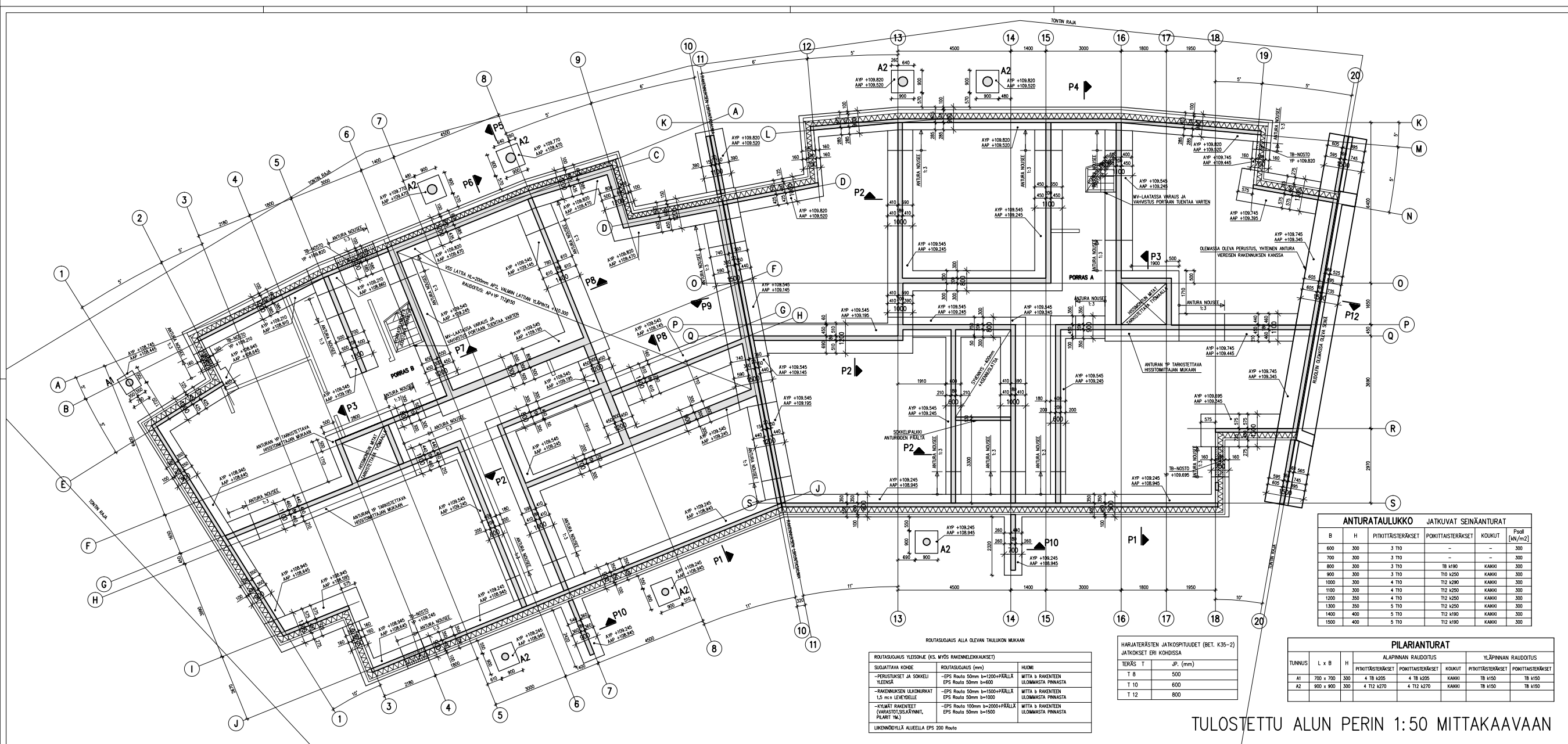
Liite 18: Rakennuksen jäykistyslaskelma s. 1

Liite 19: Rakennuksen jäykistyslaskelma s. 2

Liite 20: Rakennuksen jäykistyslaskelma s. 3

Liite 21: Kuormien laskenta perustuksille s. 1

Liite 22: Kuormien laskenta perustuksille s. 2



RAKENNUS PERUSTETAAN ANTOULLA MURSEKERROKSEN VÄLITYKSELLÄ KIVIMÄKERÖSTÄMÄN JA OSITTAIN MASSANVAHDON VÄRAAN POHJAKÄNNÄSSUNNITELMAN JA POHJATUTKAILUN OHJEIDEN MUKAAN.
TÄYDYN MATERIAALI JA TIIVISTYS POHJATUTKAILUN OHJEIDEN MUKAAN.
SALLITTU POHJAPANE: P_{all} = 300 kN/m², MURSEKERTYTÖ ANTURAN ALLA ≥ 200.
BETON: ANTURAT JA PERUSMAURIT: K35-2 RASTISLUOKKA K22 KÄYTTÖKÖ 100v
SÄÄMÄTÖN NIMELLISARVO: c = 30mm, e = 50mm SUORAAN MAITA VASTEN VÄLITYSSE
LUOKITUN TÄSÖN JA MAURIN: K35-2 RASTISLUOKKA K22, K21 KÄYTTÖKÖ 50v
SUORAMETÖN NIMELLISARVO: c = 35mm
BETONTERÄS: T=ASO09K, K=8500K, E=8600K, S=5235A02
RAKENNETERÄSLAUDIT: SFS-EN 10025 RAKENNELUOKKA: 2 (B7)
RAKENNETERÄS: S3500N PUUTERÄSLEIET
S3502G4 KUUMAVALESSUT PROFILIT
S3502G3 LEVYT
S3508G2 KUUMAVALESSUT L-PROFILIT JA KYLMÄVAIVATUUT U-PROFILIT
RST = EN 14301 = AS 304 RST-TERÄSLEIEN KÄYTTÖ
RST = EN 14044 = AS 316 HARJOITTELUKSET TERÄSLEIEN KÄYTTÖ
LUOKITUN RAJOTETTAVAT TERÄSOSAT KUUMAVALESSUT (STANDARDI SFS-EN ISO 1464)
KÄYTTÖKÖN UMPIKÄSISÄÄ PÄÄTÖKSESSÄ 10mm VÄLITYSREIÄ.
KUUMAVALESSUTIN TERÄSOSAN PÄÄTÖKSESSÄ PÄÄTÖKSELLÄ: PÄÄTÖKSELLÄ
1. ENKOSTETTU ET 29-10201 MUKAAN
2. MAALAUK AB/2-29P ET 29-10208
3. HÄSTÄT KOKIAT SIELLEEN SINKKIPÄÄMÄLLÄ HET HITSAUKSEN JÄRJYTYKSE
SINKKIKERROKSEN PÄÄTÖKSESSÄ ON VASTAATTAVIA ALUPEKISTEÄ.
HITSAUSLUOKKA: C / SFS-EN 25817
HITSAUSLUOKKA: PÄÄTÖKSESSÄ TAI PÄÄTÖKSESSÄ e-MITTA VÄLITYKSEN ANEPAKUSTUS, MIKÄ EI TOSON MÄNTÄ.
RAKENNUSKÄNNÄLLÄ MÄNTÄTÄÄN SITES, ETTÄ VÄRÄSE VITTAAMAAN SALAJAN
TAI RAKENNUSKÄNNÄLLÄ.
SALAJAT ENLISEN SUUNNITELMAN MUKAAN.

KORKEUDET OVAT N2000 -JÄRJESTELMÄSSÄ

VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

B	H	PITKITTÄSTERÄKSET	POIKITTÄSTERÄKSET	KOUKUT	P _{all} [kN/m ²]
600	300	3 T10	-	-	300
700	300	3 T10	-	-	300
800	300	3 T10	T8 k205	KAKKI	300
900	300	3 T10	T10 k250	KAKKI	300
1000	300	4 T10	T12 k250	KAKKI	300
1100	300	4 T10	T12 k250	KAKKI	300
1200	350	4 T10	T12 k250	KAKKI	300
1300	350	5 T10	T12 k250	KAKKI	300
1400	400	5 T10	T12 k190	KAKKI	300
1500	400	5 T10	T12 k190	KAKKI	300

TUNNUS	L x B	H	ALAPINNAAN RAUDOITUS		YLÄPINNAAN RAUDOITUS		
			PITKITTÄSTERÄKSET	POIKITTÄSTERÄKSET	KOUKUT	PITKITTÄSTERÄKSET	POIKITTÄSTERÄKSET
A1	700 x 700	300	4 T8 k205	4 T8 k205	KAKKI	T8 k150	T8 k150
A2	900 x 900	300	4 T12 k270	4 T12 k270	KAKKI	T8 k150	T8 k150

SUGATTAVIA KOHDE	ROUITUSJÄRJESTYS (mm)	HUOMI
-PERUSTUKSET JA SOKEI YLEISÄ	-EPS Routa 50mm b=2000+PÄRILLÄ EPS Routa 50mm b=4000	MITTA & RAKENTEEN LOJUMASTA PÄINÄSTÄ
-RAKENNUSKÄNNÄKORIT 1,5 m:n LEVYDELLE	-EPS Routa 50mm b=1500+PÄRILLÄ EPS Routa 50mm b=1000	MITTA & RAKENTEEN LOJUMASTA PÄINÄSTÄ
-KIVÄT RAKENNEET (VAKUUSTOJEN KÄNNÄT, PLAATIT Y.M.)	-EPS Routa 100mm b=2000+PÄRILLÄ EPS Routa 50mm b=1500	MITTA & RAKENTEEN LOJUMASTA PÄINÄSTÄ

TERÄS T	JP. (mm)
T 8	500
T 10	600
T 12	800

TULOSTETTU ALUN PERIN 1:50 MITTAKAAVAAN

Projekti: RAKENNUS	12-1274-R
Alue: RAKENNUS	01
Yhteyshenkilö: MTK Tampereen Hämäläinen Yhtiö	1:50
Projekti: RAKENNUS	12-1274-R
Alue: RAKENNUS	01
Yhteyshenkilö: MTK Tampereen Hämäläinen Yhtiö	1:50

19.12.12
RAK 664-01

SALAOJAT:

SALAOJITUSTYÖSSÄ NOUDATETAAN RIL 126-2009 OHJEITA

SOKKELIN VIERUSTÄYTTÖ, LATTIOIDEN ALAPUOLINEN SALAOJITUSKERROS SEKÄ SALAOJAN YMPÄRYSTÄYTTÖ TEHDÄÄN HYVIN VETTÄLÄPÄISEVÄLLÄ SALAOJASORALLA TAI -SEPELILLÄ VIEREISEN PIIR. MUKAAN. SALAOJAN YMPÄRYSTÄYTTÖN TULEE OLLA POHJARAKENNUKSEEN (RIL 121-2004) KUVAN 9 RAKEISUUSALUEEN 1 MUKAISTA SALAOJASEPELÄÄ.

SALAOJAT LÄMPÖERISTETÄÄN MIKÄLI PEITESYVYYS < 800 mm

KUN PEITESYVYYS 500-800 -> EPS 120 Rouda 50 mm b=1000 mm
KUN PEITESYVYYS < 500 -> EPS 120 Rouda 100 mm b=1000 mm

KAIVOJEN KANNET VALURAUTAA JA MEKAANISESTI LUKITTAVAT. KANSIEN KUORMITUS-KESTÄVYYS:
- ISTUTUSALUEELLA P > 250 kN
- LIIKENNEALUEELLA P > 400 kN

KAIVOJEN KANNET ON TUOTAVA AINA NÄKYVIIN

LÄMPÖLINJAT SALAOJITETAAN KOKO PITUDELTAAN

SALAOJEN KORKEUSASEMA TARKENNETAAN TYÖN EDISTYESSÄ. SALAOJEN KORKEUSASEMA SITEN, ETTÄ MYÖS HISSIKULUJEN POHJA ON SALAOJITUSTASON YLÄPUOLELLA.

SALAOJASORAN RAKEISUUSKÄYRÄ POHJATUTKIJAN MUKAAN

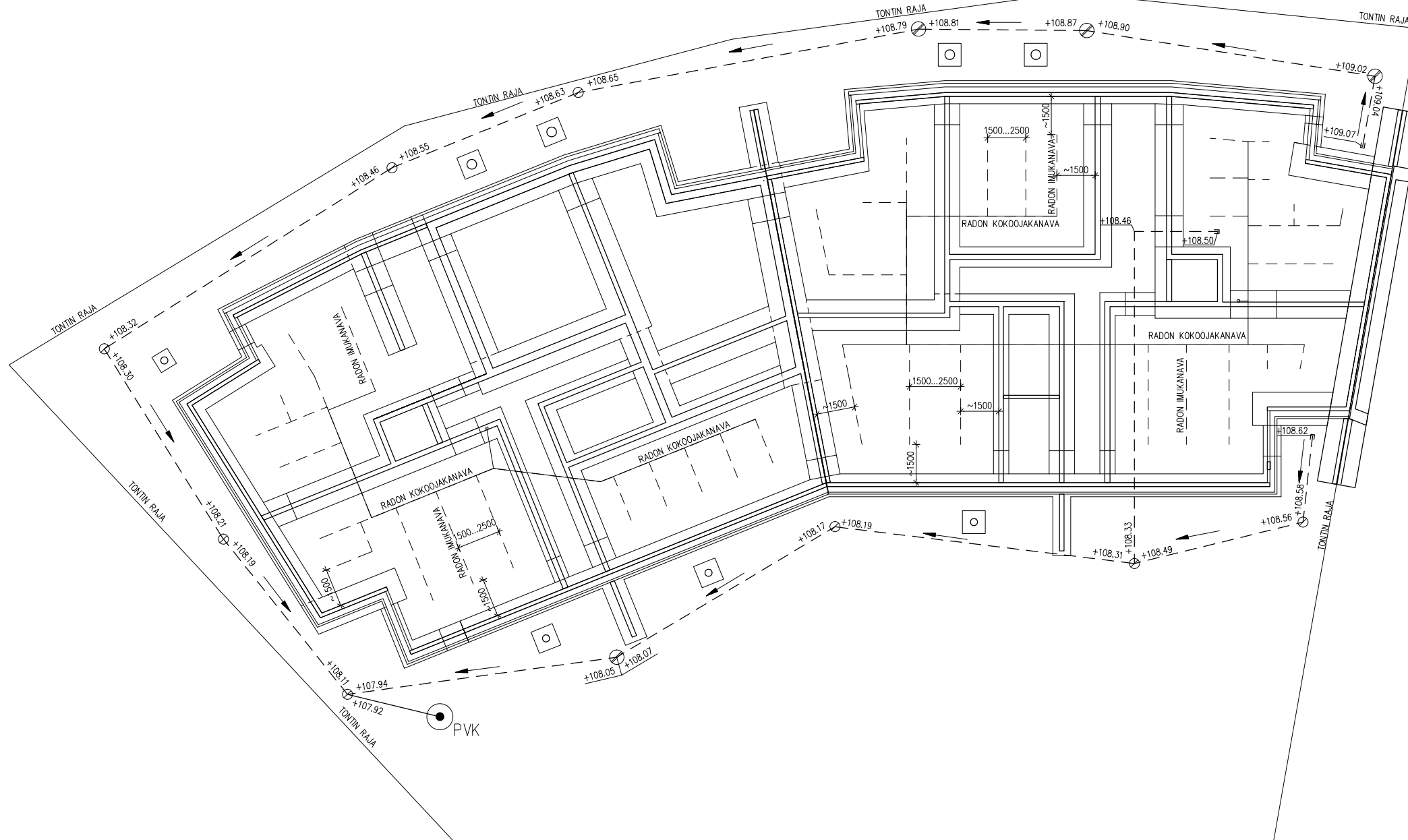
MERKKIEN SELITYKSIÄ:

- ⊙ ALLE 2 m SYIEN SALAOJEN TARKASTUSKAIVO Ø400, LIETEPESÄ ≥500mm
- ⊙ YLI 2 m SYIEN SALAOJEN TARKASTUSKAIVO Ø560, LIETEPESÄ ≥500mm
- ⊙ YLI 4 m SYIEN SALAOJEN TARKASTUSKAIVO Ø1000, BETONI, LIETEPESÄ ≥500mm
- SALAOJAVESIEN KOKOOJAKAIVO LVI-SUUNN. MUKAAN

PVK

- MUOVINEN SALAOJAPUTKI, KALLISTUS 1.0% (VETO-TUPLA 117/100 POLYET.MUOVI)
- 2kpl MUOVISTA SALAOJAPUTKEA RINNANI, KALLISTUS 1.0% (VETO-TUPLA 117/100 POLYET.MUOVI)
- MUOVINEN VIEMÄRIPUTKI, KALLISTUS 1%

KORKEUDET OVAT N2000 -JÄRJESTELMÄSSÄ



RAKENNUSPOHJAN TUULETUSJÄRJESTELMÄ:

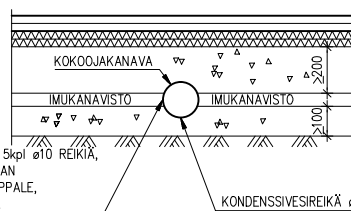
TUULETUSJÄRJESTELMÄ RAKENNETAAN RT 81-10791 MUKAAN

- = IMUKANAVA, Ø100 SALAOJAPUTKI
- = PERUSTUSTEN LÄPIVIENI, MUOVINEN VIEMÄRIPUTKI L≥1200mm
- = IMUPISTE JA SIIRTOKANAVA, MUOVINEN VIEMÄRIPUTKI Ø160

- PERUSMUURIN JA IMUPUTKEN VÄLINEN ETÄISYYS ≥1500mm
- KUN ETÄISYYS ON <1500mm KÄYTTÄÄN MUOVISTA VIEMÄRIPUTKEA
- KOKOOJAKANAVAN ALAOSAAN REIÄT Ø5 k-3000 KONDENSSEVEDEN POISTAMISEKSI
- PERUSMUURIN JA BETONILAATAN VÄLISET SAUMAT TIIVISTETÄÄN DETALJIN 2 MUKAAN
- ALAPOHJAN TUULETUSPUTKISTO YHDISTETÄÄN KATOLLE JOHTAVAAN PYSTYVIEMÄRIIN LVI-SUUNNITELMIEN MUKAISESTI.

RADON-PUTKISTON RAKENNUSOHJEET (RT 81-10791)

- KOKOOJAKANAVA = MUOVINEN VIEMÄRIPUTKI Esim. V100/V160
- IMUKANAVISTO = SALAOJAPUTKI min. NIEMELLISHALKAISUJA Ø65/Ø80/Ø100/Ø130mm

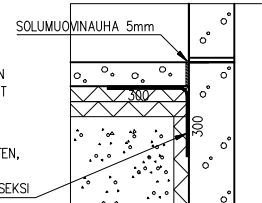


KUN KOKOOJAKANAVA ON V160, KOKOOJAJA KANAVAAN PORATAAN Skpl Ø10 REIKÄÄ, JA REIKIEN KOHDALLE ASENNETAAN SALAOJAJÄRJESTELMÄN LIITOSKAPPALE, JOHON IMUKANAVA ASENNETAAN.

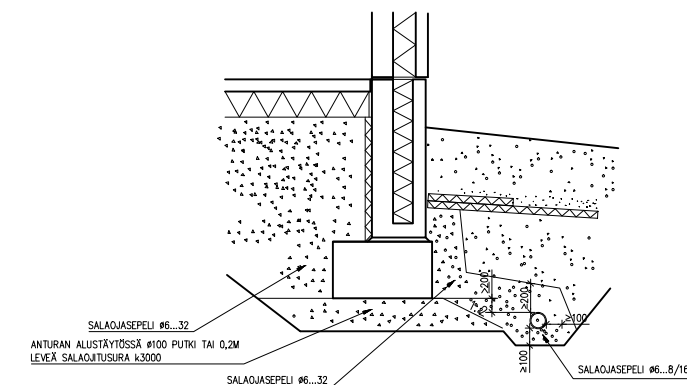
DET 2 KANTAVAN SEINÄN JA LAATAN VÄLISEN SAUMAN TIIVISTYS

KTS. MYÖS MAANVARAISENLATTIAN TYÖ- JA LIIKUNTASAUMA DETALJIT

KUMBITUMIKERMI (TL2), KUMBITUMI KIINNITETÄÄN HITSATEN, NURKAN LÄHEISYYDESSÄ HUOPA JÄTETÄÄN IRTI LIIKKEEN SALLIMISEKSI



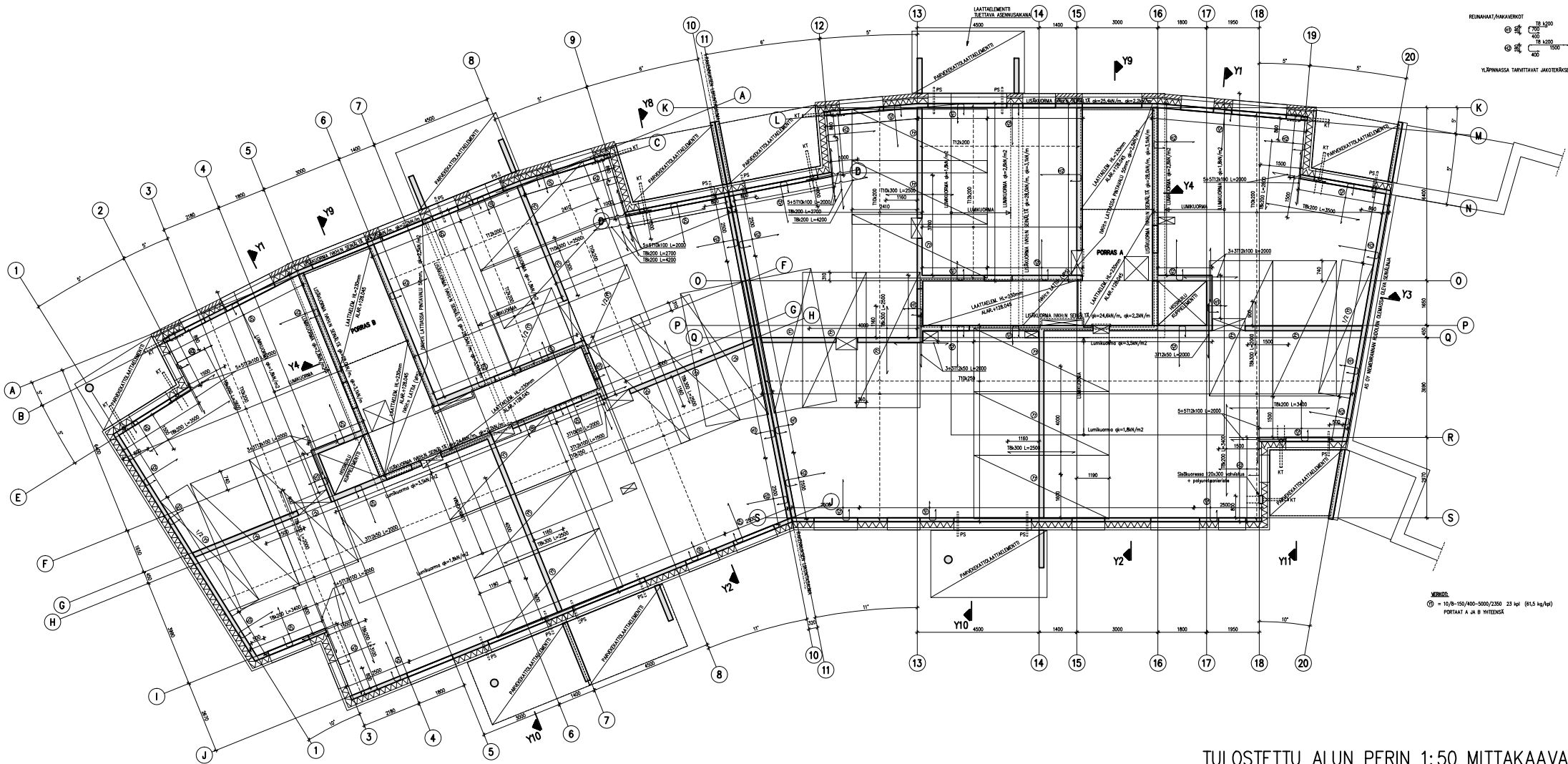
MAANVARAINENPERUSTUS:



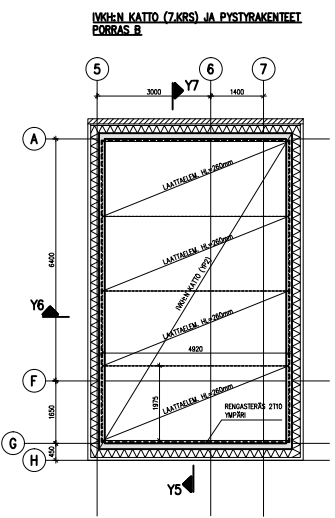
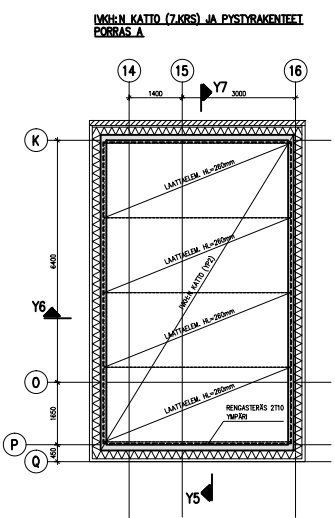
VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Päiväys
K.oso/Kylä NIEMENRANTA	Korttelit/tila 7900	Tontti/R.no 4	Viranomaisen merkintöjä varten	12-1274-R
Rakennusostajamäärä UUDISRAKENNUS	Rakennusköhteen nimi ja osoite YIT/ Tampereen Niemenrannan Vernerin	Pirustustasoj RAKENNEPIIRUSTUS	Juoks. n:o 03	Mittakaavat 1:100
Suunnittelija INSINÖÖRITOIMISTO JONECON Oy	TAKUUKATU 24B 33400 TAMPERE p. 03-31418200 FAX 03-31418210	Pirustuksen sisältö SALAOJAPIIRUSTUS	Suunnittelija, työn n:o ja piirustuksen n:o	Muutos
Vast.suunn. Suunn.	Janne Lipsanen Tark./Hyv. Jouko Koskinen	Pvm. 19.12.12		
			RAK 664-03	

TULOSETTU ALUN PERIN 1:100 MITTAKAAVAAN



TULOSTETTU ALUN PERIN 1:50 MITTAKAAVAAN



YLIPOHJAKORKEUS: PÄIKKÄLAINNETTU TERÄSBETONIKATTA H=300mm (SP), MÄRÄ EI TOIN MÄNTÄ.
KANTAVAN HOLVIN ALAP. +128.055 ELLI TOIN MÄNTÄ

TÄSIN KUORAT LUUN KANTAVAN LATTIAN OMPANNA:
RANKITET: $\phi = 12$ M/2
LUMIKORKEUS: $\phi = 12$ M/2
PÖRSÄKORKEUS: KOKOIN OMPANNAKORKEUS $\phi = A + 55.0$ M ($A=2$) $\phi = A + 3$
PÖRSÄKORKEUS ERETTY PLANGISSA.

PAULUKORKEUS: PÖRSÄKORKEUS KOKOIN PÖRSÄKORKEUS ERETTY PLANGISSA.

YLIPOHJAKORKEUS (Elementti ompanonnasta noutama):
KANTAVAN RANKIN K30-2, K30/30 50%, Raudoituskaikki 303 Sijaintilähti ompanonnasta $c = 20$ mm
KANTAVAN RANKIN K30-2, K30/30 50%, Raudoituskaikki 303 Sijaintilähti ompanonnasta $c = 20$ mm
PÖRSÄKORKEUS, K30-2, K30/30 50%, Raudoituskaikki 303, Sijaintilähti ompanonnasta $c = 30$ mm

BETONIKORKEUS: t=400mm, k=800mm, l=800mm, s=320mm/2

SP = ELEMENTTI RAUDOITETUN SEINÄRANKIKSEN PÄIKKÄS

KANTAVAT YLIPOHJAKORKEUS TERÄSBETONIN 150mm, PÖRSÄKORKEUS SEINÄT 200mm.
SEINÄN PYSYVÄRANKITETUS LEMURANKITETUS SEINÄN.

AIKUISEN VAPUPOHJAKORKEUS JA RAUDOITUKSEN LIITTYMINEN SEINÄRANKIKSEEN PER. 664-30 MUKAAN
LATTIATON KUNTOA $\phi = 12$ M/2

JÄLKIÖN RANKITETTYYPPIEN MUKAAN.

RANKITETUSRAUDOITUS: SP5-DN 10025 RANKITETUSKORKEUS: 2 (P)
RANKITETUS: 3000mm PYSYVÄRANKITETUS
3000mm KUNTOVALMISTUS PROFILIT
3000mm LEVIT

3000mm KUNTOVALMISTUS L-PROFILIT JA KUNTOVALMISTUS U-PROFILIT
RST = EN 14454 = A30 3M RST-TERÄSKORKEUS
RST = EN 14454 = A30 3M RANKITETUSRAUDOITUS
LATTIATON RAUDOITUKSEN TERÄSBETONIN KUNTOVALMISTUS (STANDARDI SP5-DN 10025)

KUNTOVALMISTUKSEN TERÄSBETONIN PÄIKKÄLAINNETTUJEN TÖMÄLLÄ:
1. OMPANONNASTA 17 20-100M MUKAAN
2. MAALAS AR2-20P RST 20-100M
3. KUNTOVALMISTUKSEN KUNTOVALMISTUKSEN MAALAS AR2-20P RST 20-100M

HITTOLOUKKA: C/ SP5-DN 2007
HITTOLOUKKA: PÖRSÄS- JA PÖRSÄKORKEUS -MÄNTÄ VÄHINTÄN ANKURIVÄLÄ, MÄRÄ EI TOIN MÄNTÄ.

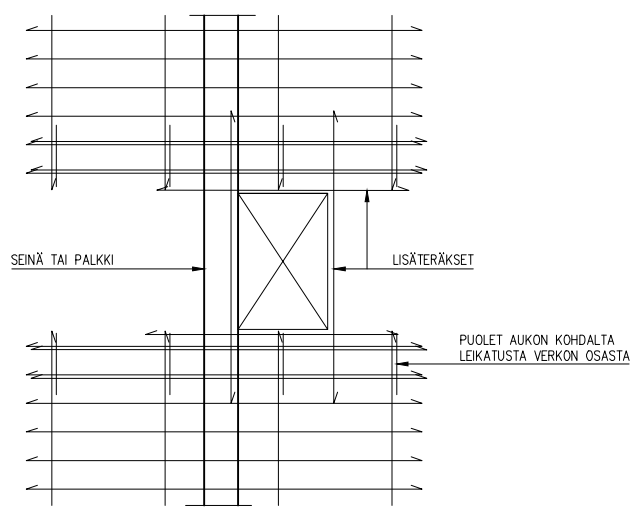
KORKEUDET OVAT N2000 -JÄRJESTELMÄSSÄ

VAIN OPINNÄYTYÖJÄ VARTEN

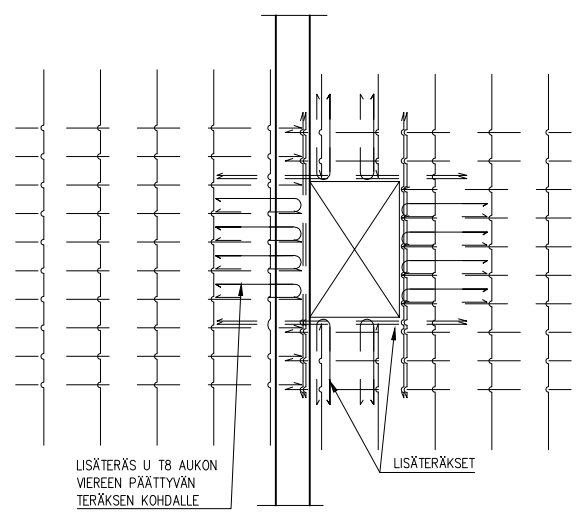
Projekti	1117 / Tampereen Nämennyöryjen Vernet	Projekti	6.KRS KATTO JA PYSYVÄRANKITET 1:50
Alue	33400 TAMPERE	Projekti	MÖH-N KATTO JA PYSYVÄRANKITET
Projekti	16.01.13	Projekti	RAK 664-15
Projekti	16.01.13	Projekti	

LAATAN RAUDOITUS AUKKOJEN KOHDALLA

YLÄPINNAN TERÄKSET



ALAPINNAN TERÄKSET



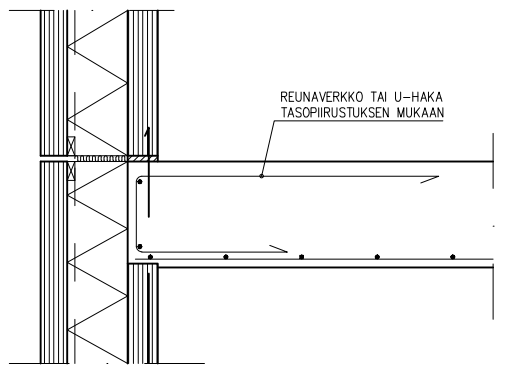
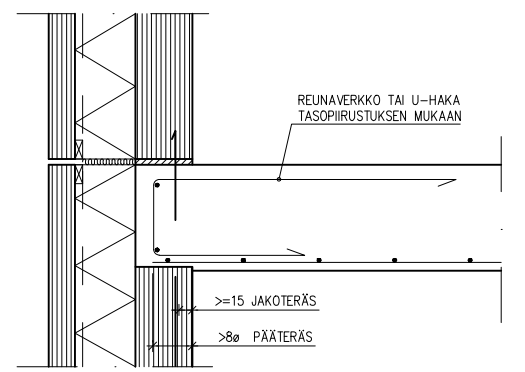
- AUKON KOHDALLE JÄÄVÄT YLÄPINNAN TERÄKSET SIIRRETÄÄN PUOLIKSI AUKON MOLEMMILLE REUNOILLE, SEKÄ YKSI YLIMÄÄRÄINEN TERÄS KAIKILLE REUNOILLE, JOKA ON YLÄPINNAN TERÄSTEN KOKONEN KUITENKIN VÄH. T8
- ELLEI AUKON KOHDALLA OLE YLÄPINNAN TERÄSIÄ LAITE-TAAN YKSI TERÄS, JOKA ON ALAPINNAN TERÄSTEN KOKONEN KUITENKIN VÄH. T8
- KATSO PITUUDET ALAPINNAN TERÄKSISTÄ

- MOLEMMILLE PUOLILLE PUOLET AUKON KOHDALLE JÄÄVÄSTÄ TERÄSMÄÄRÄSTÄ, SEKÄ 1 YLIMÄÄRÄINEN TERÄS KAIKILLE PUOLILLE.
- LISÄTERÄSTEN KOKO ON SAMA KUIN SAMANSUUNTAISTEN ALAPINNAN TERÄSTEN, KUITENKIN VÄH. T8
- LISÄTERÄKSET ULOTETAAN, ELLEI TOISIN NÄYTETÄ, MOLEMMIN PUOLIN SEURAAVASTI:

T8	400mm
T10	500mm
T12	600mm

RAUDOITUKSEN LIITTYMINEN SEINÄRAKENTEISIIN

KANTAVA ULKOSEINÄ/ VÄLIPOHJA



IRTOTERÄSTEN JATKOS
TERÄSLAATU A500HW
BETONILUOKKA K ≥30- ≥ 2

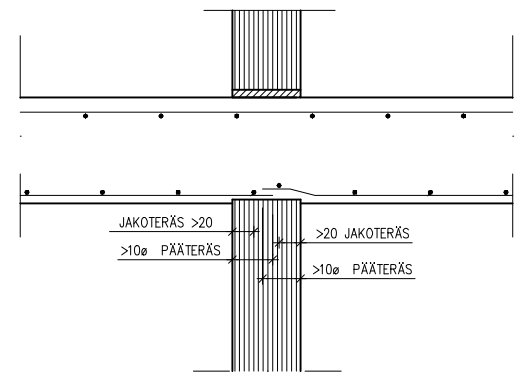
JATKETTAVA TERÄS	JATKOSPITUUS Lj
8	>500
10	>700
12	>850
16	>1100
20	>1350
25	>1700

VERKKOJEN JATKOS
TERÄSLAATU B 500 K
HITSAUSLUOKKA F20
BETONILUOKKA K ≥30- ≥ 2

Lj: MATKALLA VÄHINTÄÄN 2 POIKITTAISTANKOA MOLEMMISSA VERKOISSA

JATKETTAVA TERÄS	JATKOSPITUUS Lj	POIKITTAISTERÄS
4	>265	>4
5	>355	>4
6	>450	>4
7	>260	>4
8	>300	>5
9	>330	>5
10	>360	>6
11	>400	>6
12	>450	>7

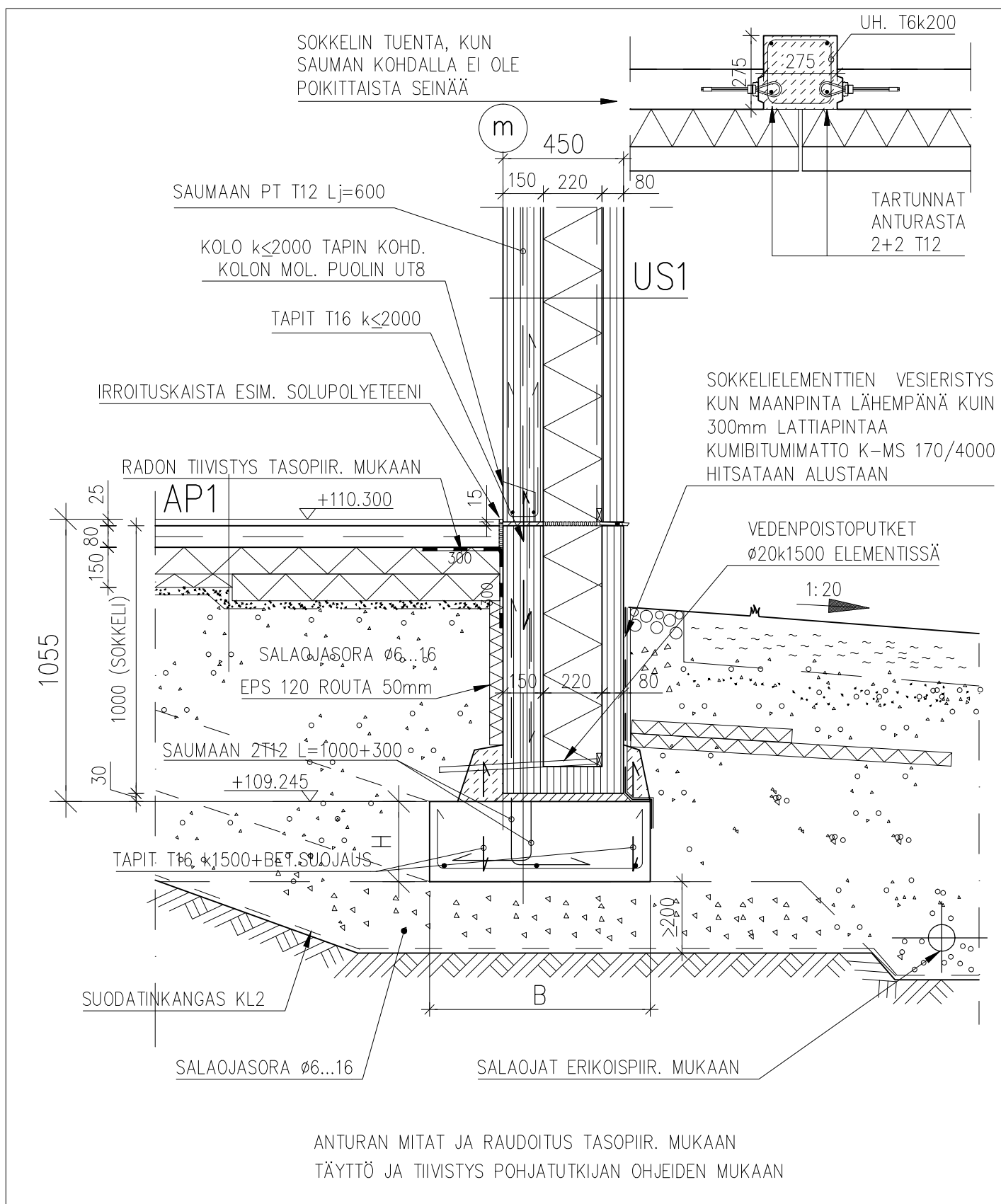
KANTAVA VÄLISEINÄ/ VÄLIPOHJA



VAIN OPINNÄYTETYÖTÄ VARTEN

TULOSTETTU ALUN PERIN
1:10 MITTAKAAVAAN

Tunn.	Lukum.	Muutos	Nimim.	Päiväys
K.oso/Kyöj	Korttel/tila	Tontti/R.no	Viranomaisen merkintöjä varten	
NIEMENRANTA	7900	4	12-1274-R	
Rakennustöimiespid	UUDISRAKENNUS	Rakennuskohteen nimi ja osoite	Piirustuslaji	Juoks. n:o
YIT/ Tampereen Niemenrannan Verner	LIELAHENKATU 33400 TAMPERE	YIT/ Tampereen Niemenrannan Verner	RAKENNEPIIRUSTUS	30
RAUDOITUSDETALJIT	YLEISPIIRUSTUS	Mittakaavat	1:10	
INSINÖÖRITOIMISTO JONECON oy				
Vast.suunn.	JANI LIPSAANEN	Pvm.	Suunnittelua, työn n:o ja piirustuksen n:o	
Suunn.	Tark./Hyv. JOUNI KOSKINEN	16.01.13	Muutos	
RAK 664-30				



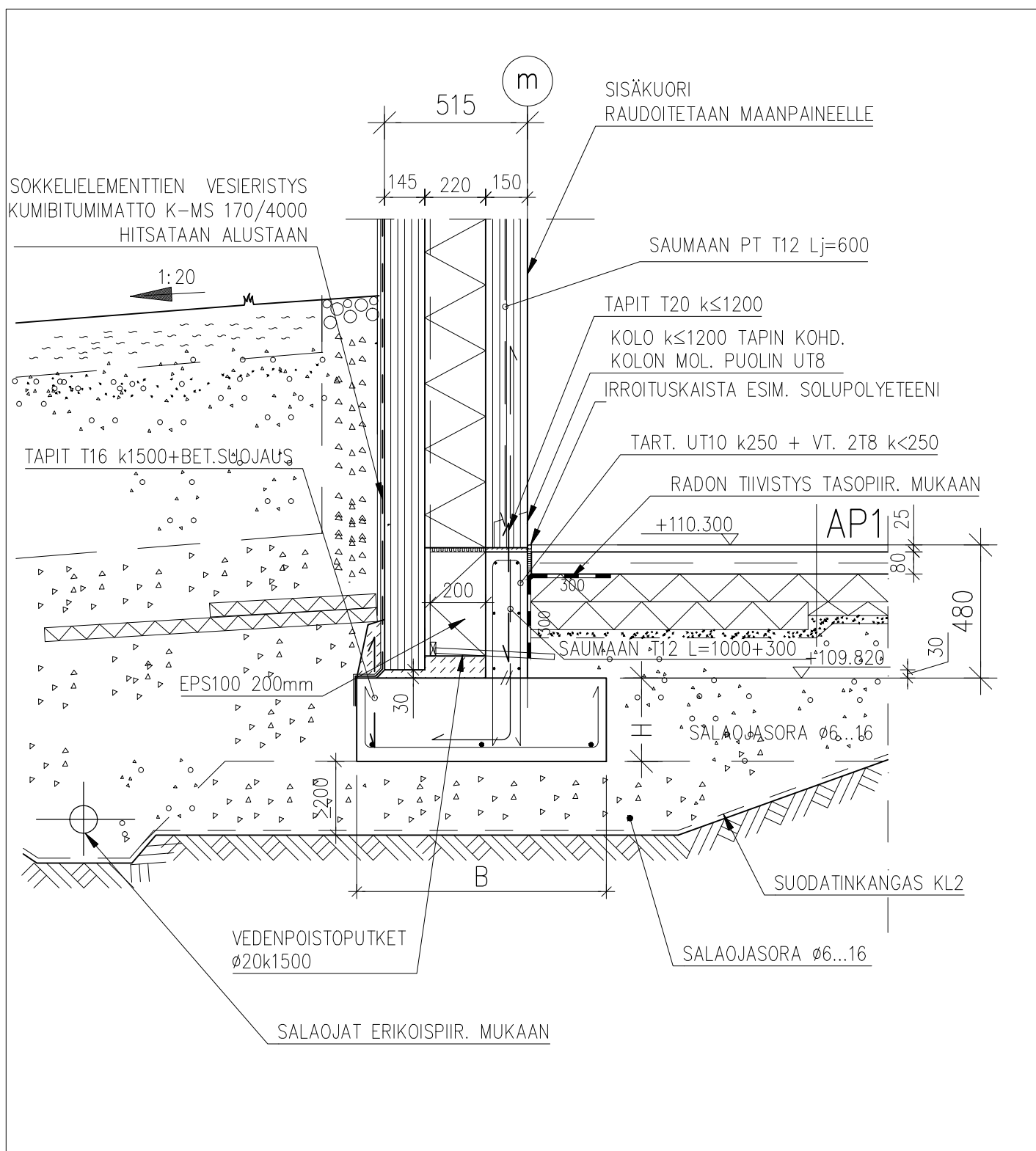
Rakennuskohde

NIEMENRANNAN VERNERI

SISÄPIHA

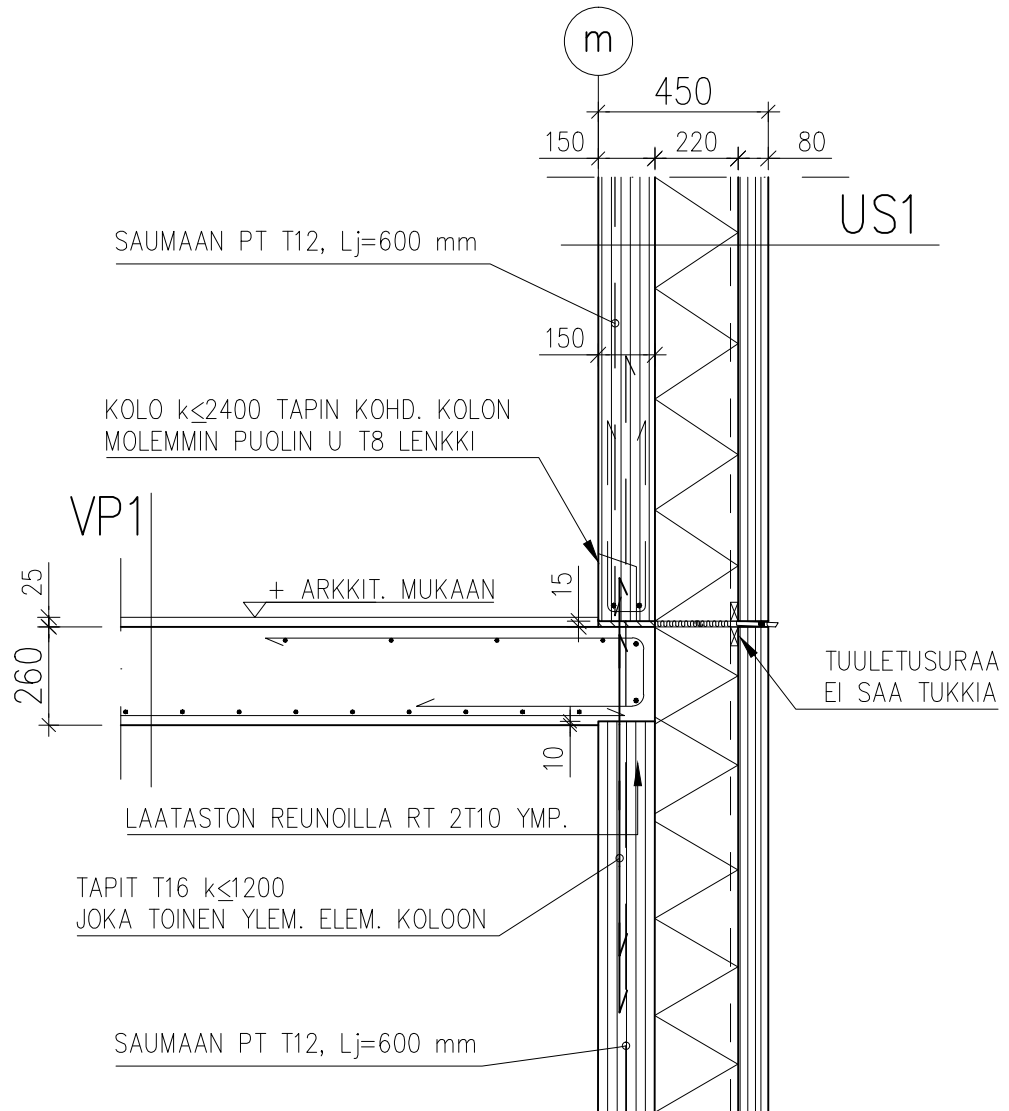
Tyyppi

P1



ANTURAN MITAT JA RAUDOITUS TASOPIIR. MUKAAN
TÄYTTÖ JA TIIVISTYS POHJATUTKIJAN OHJEIDEN MUKAAN

<p>Rakennuskohde NIEMENRANNAN VERNERI</p>	<p>TIELLE PÄIN</p>	<p>Tyyppi P4</p>
		



HOLVIN RAUDOITUS TASOPIIRUSTUSTEN MUKAAN
RAKENNETYYYPIT PIIR. N:O 00 MUKAAN
PINTARAKENTEET RAKENNUSSELITYKSEN MUKAAN

Rakennuskohde

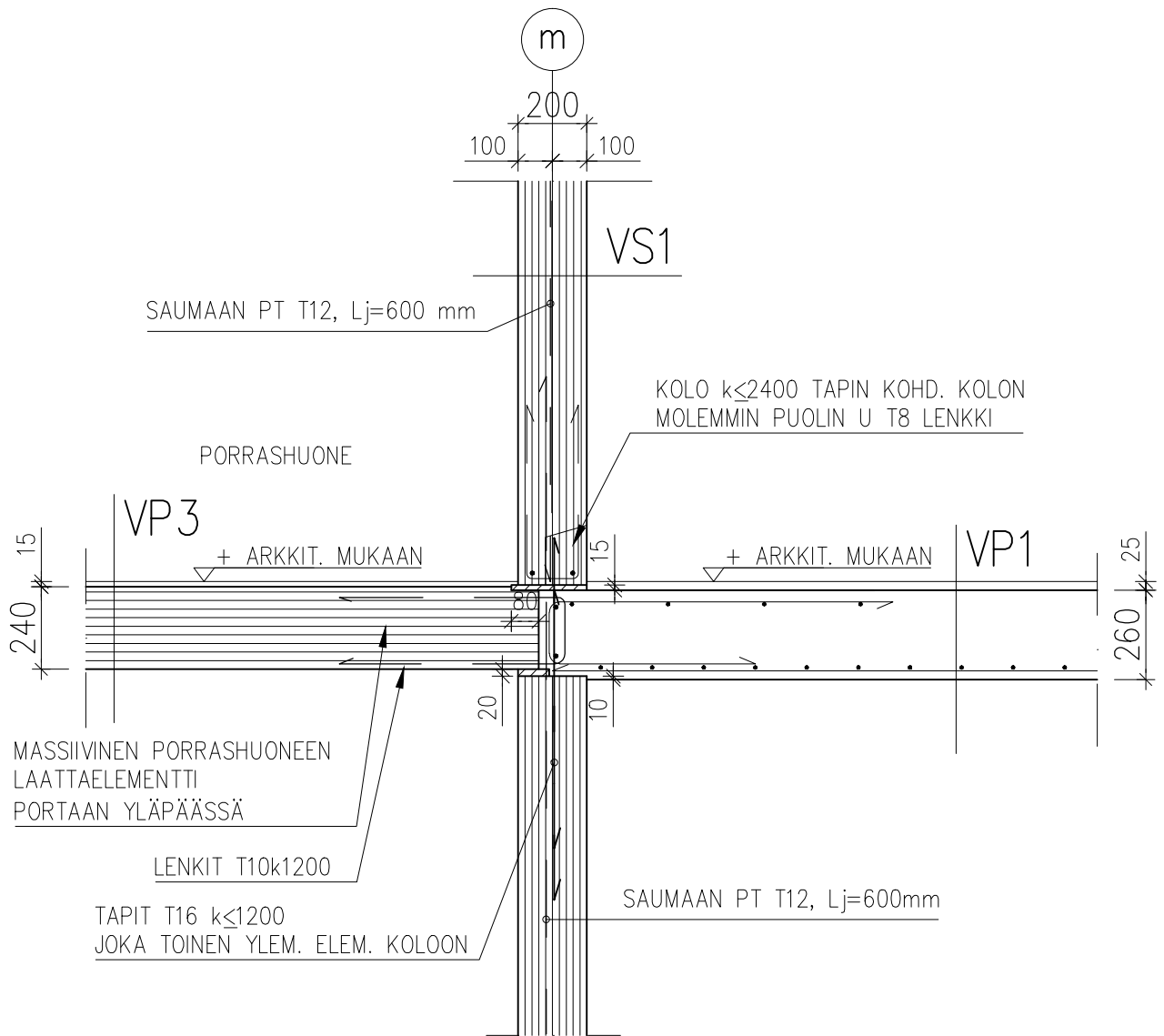
NIEMENRANNAN VERNERI

Välipohjan liittymä

US1 ulkoseinään

Tyyppi

V1



HOLVIN RAUDOITUS TASOPIIRUSTUSTEN MUKAAN

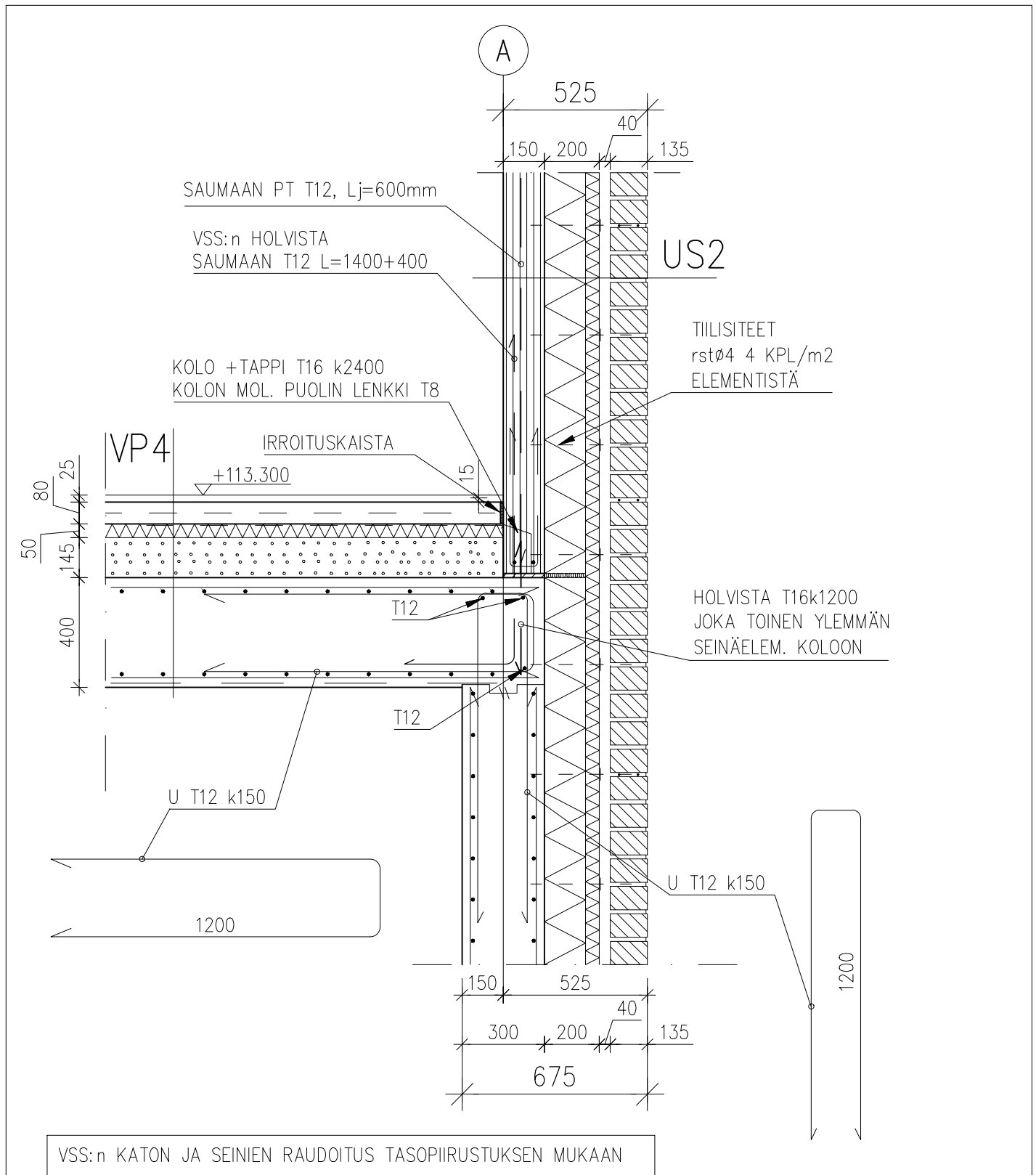
Rakennuskohde

NIEMENRANNAN VERNERI

Välipohjan liittymä
elementtiporrastoon

Tyyppi

V4



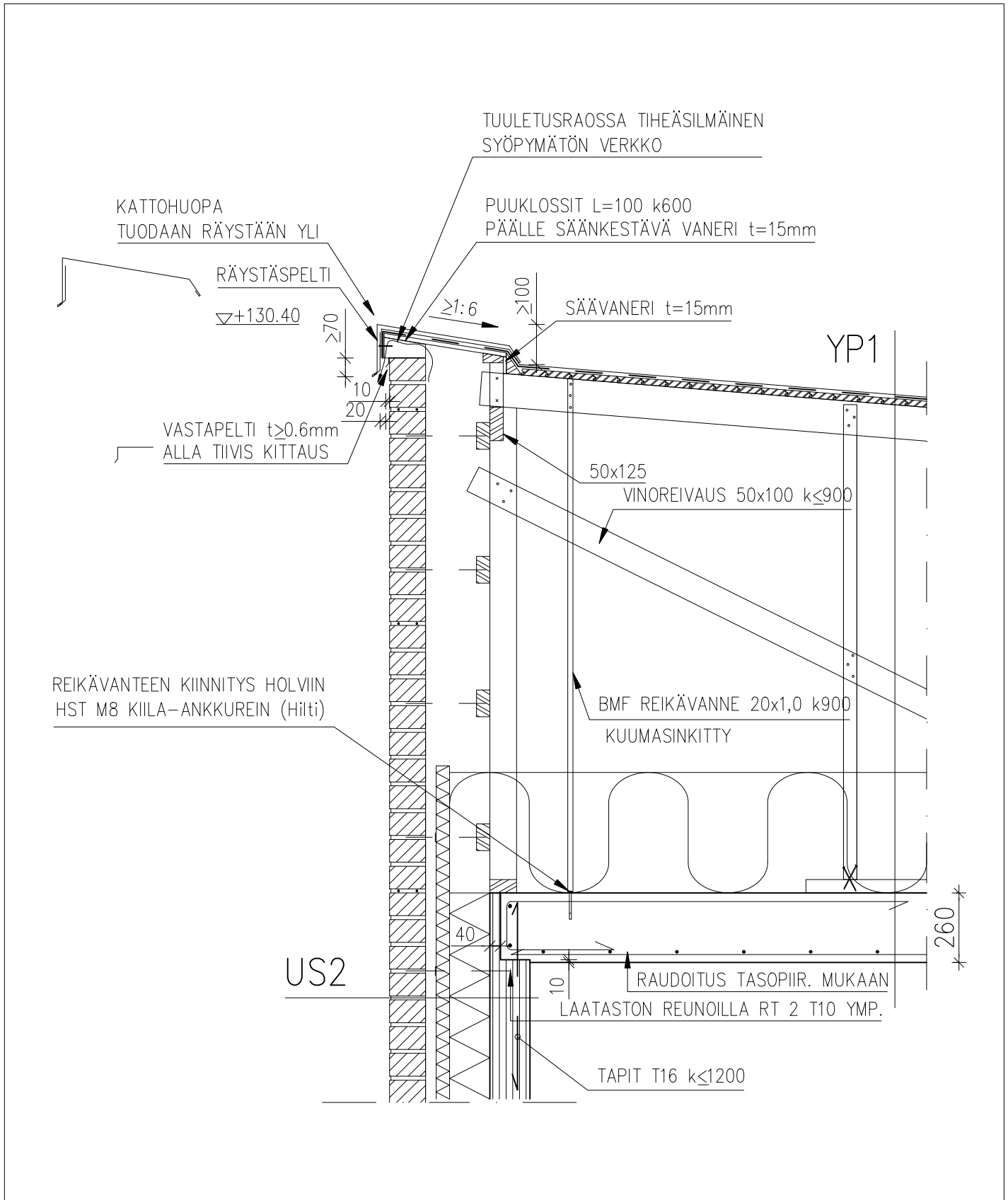
Rakennuskohde

NIEMENRANNAN VERNERI

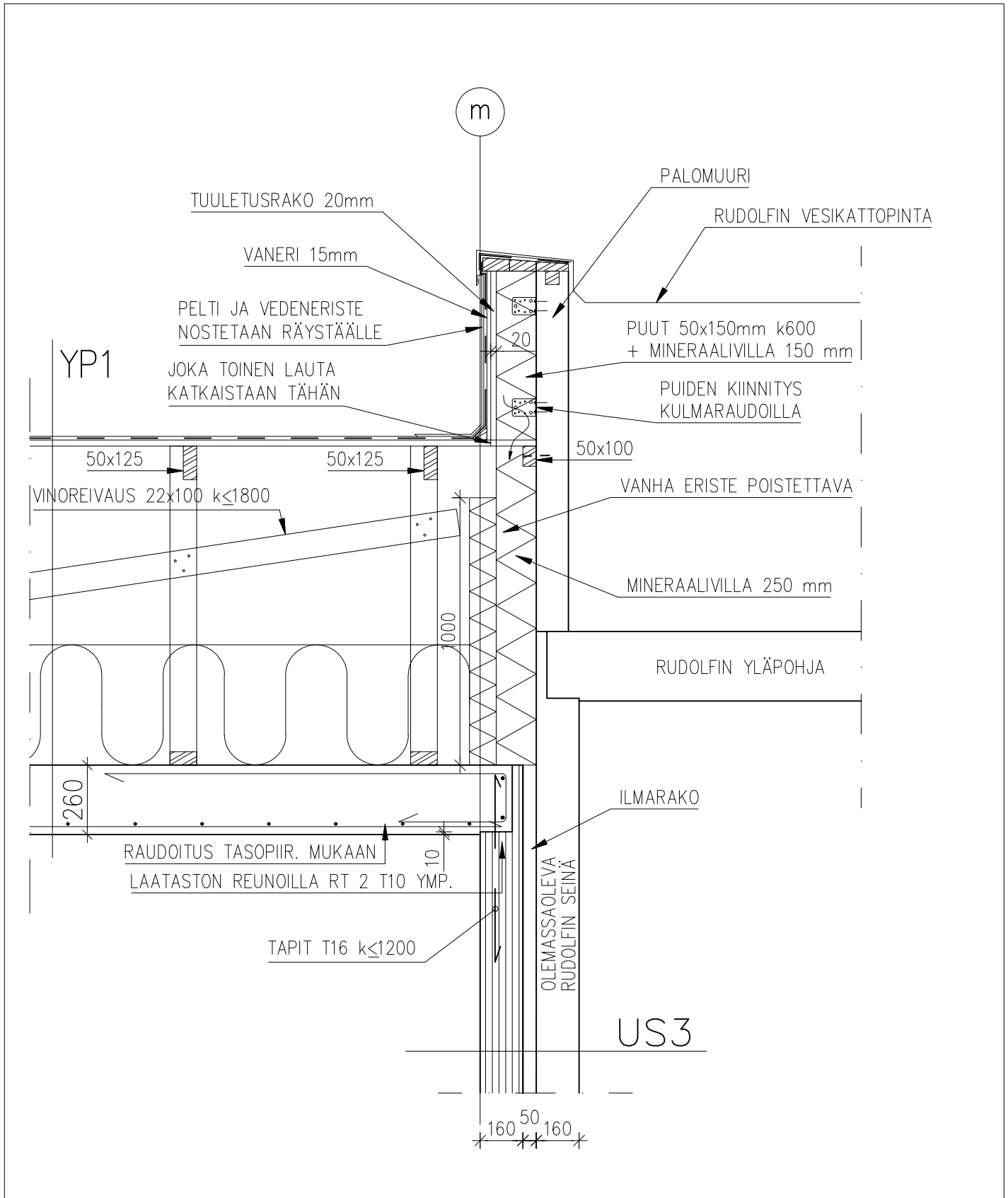
Kantavan ulkoseinän (US2)
liitos väestönsuojaan


Tyyppi

V10

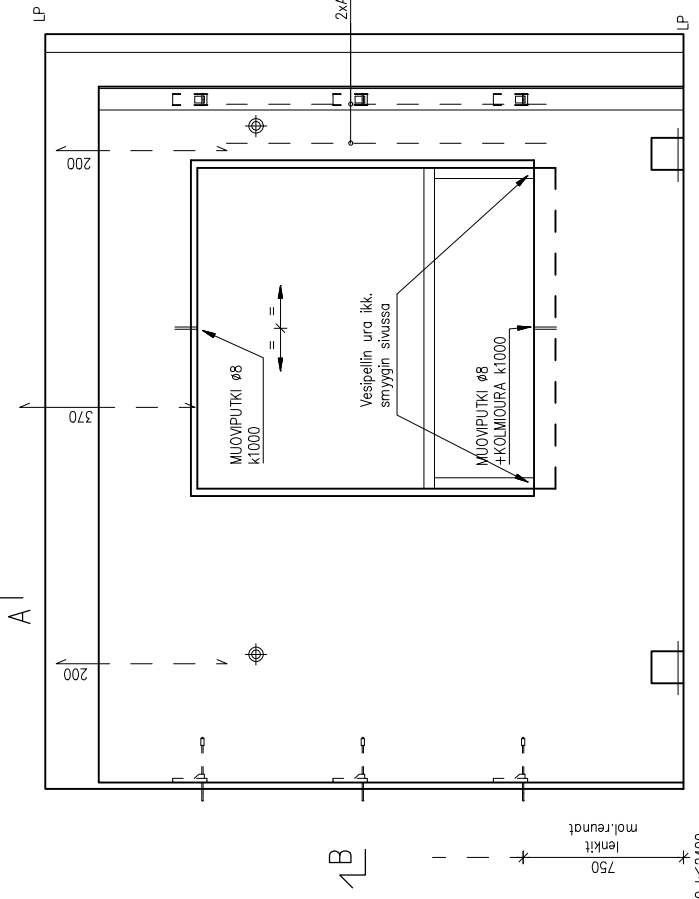


<p>Rakennuskohde NIEMENRANNAN VERNERI</p>	<p>Yläräystäs, tuulettuva</p>	<p>Tyyppi Y1</p>
		

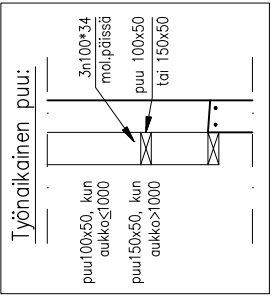
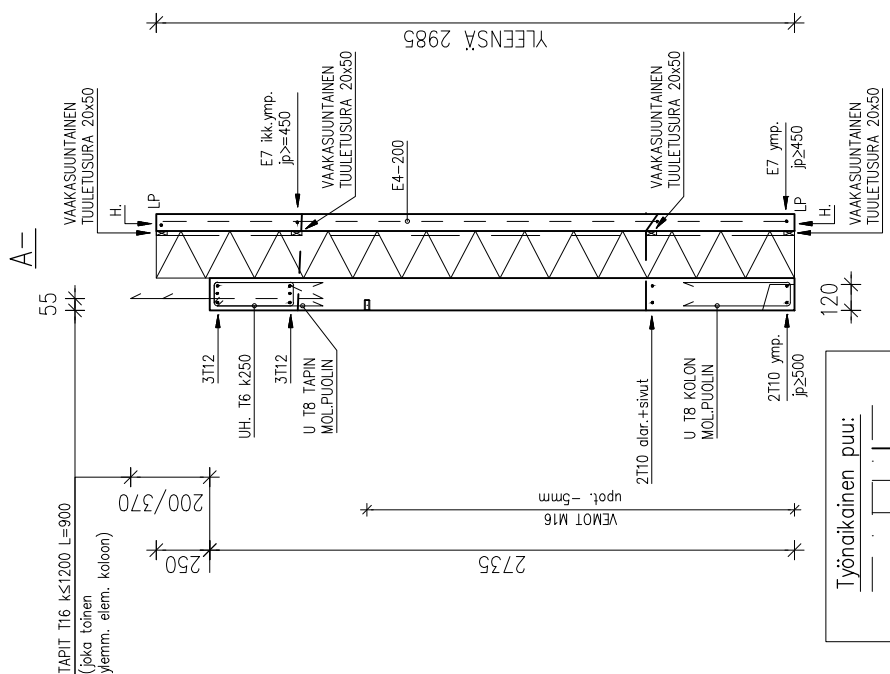
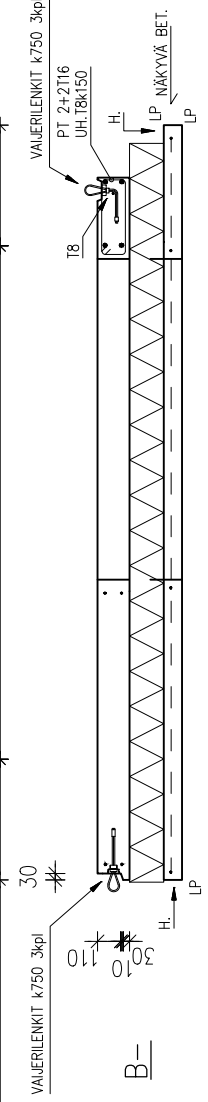
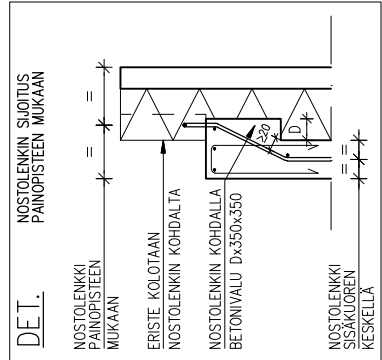
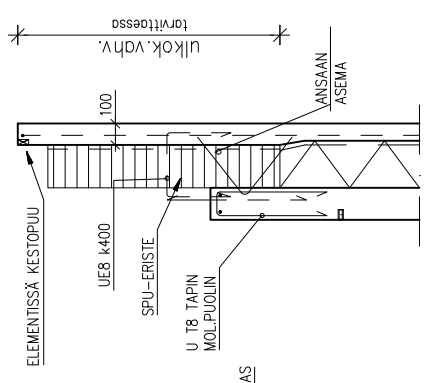


<p>Rakennuskohde</p> <p>NIEMENRANNAN VERNERI</p>	<p>Räystäs Rudolfia vasten</p>	<p>Tyyppi</p> <p>Y3</p>
		

NL-A 2ø (S235JR)
 TAPIT T16 k=1200
 (joka toinen
 ylemm. elem. koloon)
 VEMOT M16
 upot. -5mm



Ylärimän elementin yläp.



VAIN LASKENTAA VARTEN

ELEMENTTI KATSOITU SISÄLTÄPÄIN:	MISTEET:	LIIKKAPEMPERÖSTYS MERKITYISSÄ BETONIREUNOISSA (LP)
STANDARDIN SFS 3165 MUKAAN	JULKISIVUN PINTAKÄSITELY:	ARKKITEHDIN MUKAAN
UUKOKUORI K35-Z (RASTUSLUOKKA XC3.4-XF) (KÄYTTÖIKÄ 50V)	H = SAUMAKITIN KANSÄ KOSKETUKSIN JOUJUAT PINNAT HOITAAAN TEHTAALLA	KITIN PYSYVYYPDEN VARMISTAMISEKSI
SISÄKUORI K30-Z (RASTUSLUOKKA XC1) (KÄYTTÖIKÄ 100V)	NOSTOLENKIT:	Betonikeskus r.y:n "Betonielementtien nostolenkki j.p.-ankkurit, 2003" mukaan
BETONIN LÄMPÖTILA KOVETUMISEN AIKANA ≤ 50 C	TOLERANSSIT:	Betonikeskus r.y:n "Betonielementtien toleranssit, 2003" normaali luokka
BETONIN LÄADUNVALVONTA BENI MUKAAN (TARK. VALM.)	BETONIPINNAT:	LAATULUOKKA A (BY:N JULKAISU NRO 40)
TERÄS:	KÄSITELYLIIKUUDEET:	MUOSTISTA PURKI: 0.50 K
SFS 1200	HISAJUUTU VERKOT:	K=8500K (UUKOKUORESSA RUOSTUMATON; E=8600KX)
T=4500H, S=5235,RC2, E=8600KX,	ANSAAIT:	PAROC COS 5qpt., RISTIN URITETTU, URASUOJUAITU
ISOVER OL-E-UGL, RISTIN URITETTU, URASUOJUAITU	ERISTE:	SPU-P, URITETTU, URASUOJUAITU
ERISTE 8mm YLÄ ULKOKUOREN, JOLLE TOISIN MAINITTU	ELEMENTIN PAINO (KN):	ERISTEEN PÄALLE SUOJAUVUO.
		POSTO JUURI ENNEN PÄALLE TULEVAN ELEMENTIN ASENNUSTA.

Rakemuskohde: nimi ja osoite
 YIT/ Niemenrannan Vernerin
 LIELAHENKATU
 33400 TAMPERE

Piirustuksen sisältö
 TYPPIELEMENITTI
 RUUTUELEMENTIT, KANTAVA

Mittakaava
 S

Suunnittelija, työn n:o ja piirustuksen n:o
 RAK 664-E05

Muutos
 Muutos

ppa

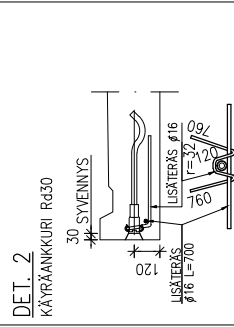
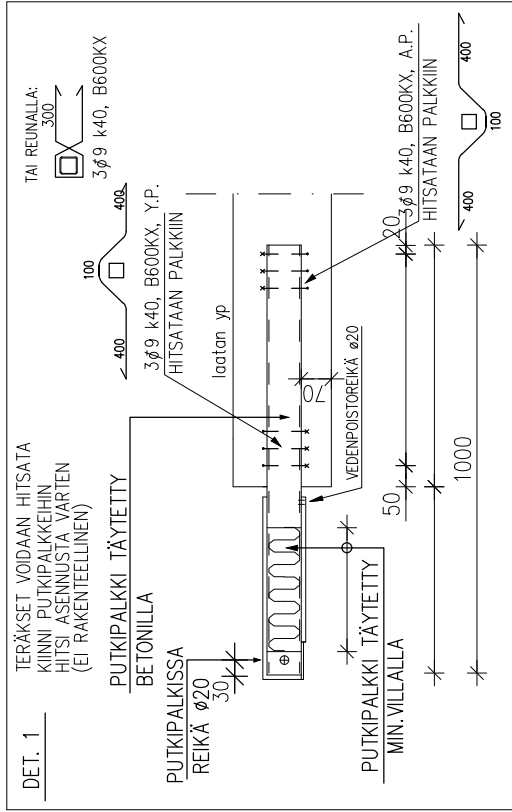
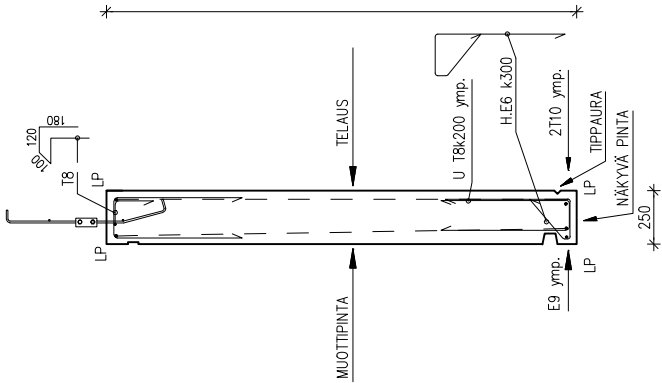
Pvm.
 25.01.13

www.jonecon.fi
 INSINÖÖRITOIMISTO JONECON Oy
 TAKAINMÄTU 219 33540 TAMPERE P. 03-3148200 FAX 03-3148210

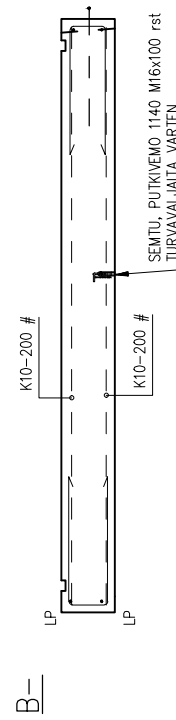
NOSTOANKKURIT PLA (rst) 4 kp
 TERÄSPEIKKO, upot. -3mm + muovitulppa
 2 Rd30 KÄYRÄANKKURI
 UPOTUS 30mm, DET.2
 Laotan osuudella+95 betoniäyttyä,
 muualla mineraalivillatäyttö
 DET.1:
 PUTKEN YMPÄRI
 SOLUPOLYETEENI 20mm,
 ALLA NEOPREENI 10mm (120*120),
 ASENNETAAN TEHTAALLA

PUTKIPALKKI 80x80x5.0 AISI 316, STALA 350 EN 1.471 fy=350MPa, L=1000

URA, SYV. 10mm
 ei kollistustat!!
 PARVEKESARANA (rst)
 TERÄSPEIKKO TAI VAST.
 lasraud. toimittajan mukaan



LAATAN YLÄPINTAAN M16:st VEMOT
 PIELLEN JA PILAREIN TUENTAA VARTEN



PUTKIPALKKI 80x80x5.0 AISI 316, STALA 350 EN 1.471 fy=350MPa, L=1000
 Laotan osuudella+95 betoniäyttyä,
 muualla mineraalivillatäyttö
 DET.1:
 PUTKEN PÄÄLLÄ JA SIVUILLA
 SOLUPOLYETEENI 20mm
 ALLA NEOPREENI 10mm (120*120),
 ASENNETAAN TEHTAALLA

VAIN LASKENTAA VARTEN

ELEMENTTI:	STANDARDIN SFS 3165 MUKAAN	PINTAKÄSITELY:	YLÄPINTA: MUOTTIPINTA
BETONI:	K45-1 (RASTIUSLUOKKA YLÄP. XC3.4-XF3 ALAP XC3-XF1) (KÄYTTÖKÄ 50)	NOSTOLENKIT:	ALAPINTA: TELAUS
	BETONIN LÄMPÖTILA KOVETTUMISEN AIKANA ≤ 50 C	TOLEANSIT:	Betonikeskus r.y:n "Betonielementtien nostoleikit, ja-ankurit, 2003" mukaan
SUOJABETONI:	35mm, RASTIUSLUOKKA XC3.4	BETONIPINNA:	Betonikeskus r.y:n "Betonielementtien teloranssit, 2003" normaali luokka
TERÄS:	SFS 1200 T=A500RH, S=5235/RG2, E=B600KX, HIGASUOTI VERKOT: K=B500K (RUOSTUMATON, E=B600KX) RST=AIS304+EN1.4301, jos ei toisin mainita	KÄSITTELYLUOJUEDET:	LAATULUOKKA A (Ø:Y:N JULKAISU NRO 40) MUOSTIJA PURKU: 0.50 K SIIRTO JA VARASTOINTI: 0.50 K TOIMITUS YLENSÄ: ≥ 0.70 K, KUITINKIN ≥ K25 NOSTO NOSTOLENKIT: ≥ K15 PAKKASENKESTOLUJUIS: ≥ 0.50K ASENNUSLUJUIS: ≥ 0.80K
VISTEET:	LYÜKYNÄPÖRÖISTYS MERKITSISSÄ BETONIELEMENTISSÄ (LP)	ELEMENTIN PAINO (AKI):	
MUIDEN PARVEKELAATTELEMENTTITYYPPIEN RAUDOITUS JA MUOTOITUS SUUNNITELMIEN MUKAISESTI ARKKITEHTI- JA RAKENESUUNNITELMA NOUTAETIEN, KS. ELEMENTTISUUNNITELMA			

Sum.		Nim.	Pöytäys
Rakemuskohteen nimi ja osoite	Pöytäyksen sisältö		
YIT/ Niemenramman Vernerin LIELAHENKÄTU 33400 TAMPERE	TYYPPIELEMENTTI PARVEKELAATTELEMENTTI		
	CL	Suunnittelua, työn n:o ja piirustuksen n:o	Muutos
			RAK 664-E12
		Suunn.	PPa
		Pvm.	25.01.13



Rakennusrungon jäykistäminen mastoseinillä

sivu 1/3

PROJEKTIN NIMI: Niemenrannan Vernerit

NRO: 664

Tehnyt	PPA	Pvm	6.2.2013	Hyv.		Pvm	
--------	-----	-----	----------	------	--	-----	--

Rakennuksen mitat: $X = 22,000$ m kerroskorkeus: $h = 3,000$ m
 $Y = 16,000$ m kerrosten lukumäärä: 6 kpl
 \Rightarrow rakennuksen korkeus: $z = 18,000$ m

Tuulikuorma

Maastoluokka: II Maatalousmaa, satunnaisia pieniä esteitä

Nopeuspaine: $\Rightarrow q = 0,65 \cdot \left(\frac{Z}{10}\right)^{0,24} = 0,8$ kN/m²
 $X/Y = 1,375 \Rightarrow C_{px} = 1,2$ $F_{wx} = C_{px}qh = 2,7$ kN/m
 $Y/X = 0,727 \Rightarrow C_{py} = 1,2$ $F_{wy} = C_{py}qh = 2,7$ kN/m

Pysyvät kuormat

 Ontelolaatta: P50 $\Rightarrow g_k = 6,0$ kN/m²

 Muut pysyvät kuormat: $0,5$ kN/m²

 Arvioitu kerrosten seinien paino jäykistävien seinien suhteen: $2,0$ kertaiseksi

 Tason kuormat yhteensä: $6,5$ kN/m²

 Koko kerroksen pysyvät kuormat: $\Rightarrow N_d = 0,9N_k = 1103,7$ kN

Lisävaakavoimat
 $H_{dx} = 5,351$ kN $H_{dy} = 7,4$ kN

 Muut vaakavoimat / kerros (x-suunta): $0,0$ kN

 Muut vaakavoimat / kerros (y-suunta): $0,0$ kN

Jäykistävät seinät

Seinä	Etäisyys origosta [m]	leveys b [m]	pituus l [m]	kuormitusleveys [m]	etäisyys kk:stä	$k_i = (bl^3)/12$	paino g_{ski} [kN]
1x	6,720	0,180	2,735	4,500	-1,03	0,307	36,9
2x	6,720	0,180	2,210	4,500	-1,03	0,162	29,8
3x	7,460	0,200	2,580	2,000	-0,29	0,286	38,7
4x	7,450	0,180	4,319	3,900	-0,30	1,208	58,3
5x	9,310	0,200	2,300	2,500	1,56	0,203	34,5
6x	9,310	0,200	2,600	2,500	1,56	0,293	39,0
7x	9,310	0,200	2,000	2,300	1,56	0,133	30,0
8x	7,460	0,200	2,200	3,900	-0,29	0,177	33,0
9x					0,00	0,000	0,0
10x					0,00	0,000	0,0
Yhteensä						2,770	300,3
1y	9,200	0,180	6,900	3,700	-0,47	4,928	93,2
2y	4,711	0,180	1,370	3,600	-4,96	0,039	18,5
3y	4,711	0,180	4,000	3,600	-4,96	0,960	54,0
4y	10,552	0,200	5,200	3,500	0,88	2,343	78,0
5y	13,352	0,200	4,400	3,000	3,68	1,420	66,0
6y					0,00	0,000	0,0
7y					0,00	0,000	0,0
8y					0,00	0,000	0,0
9y					0,00	0,000	0,0
10y					0,00	0,000	0,0
Yhteensä:						9,689	309,6

Rakennuksen jäykistys

sivu 2/3

PROJEKTIN NIMI: Niemenrannan Vernerit

NRO: 664

Tehnyt PPA

Pvm 6.2.2013

Hyv.

Pvm

Vaakakuormat yhteensä:

$$F_{dx} = 48,551 \text{ kN}$$

$$F_{dy} = 66,758 \text{ kN}$$

Kiertokeskiön etäisyys origosta:

$$\bar{x} = \frac{\sum k_y x'}{\sum k_y} = 9,673 \text{ m}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum k_x y'}{\sum k_x} = 7,751 \text{ m}$$

Kiertokeskiön etäisyys kuormien painopisteestä:

$$x_1 = 1,327 \text{ m}$$

$$y_1 = 0,249 \text{ m}$$

Laatastoa kiertävä momentti:

$$M = F_{dy} x_1 - F_{dx} y_1 = 76,5 \text{ kNm}$$

Siirtymät:

$$v_x = \frac{F_{dx}}{\sum k_x} = 17,527$$

$$v_y = \frac{F_{dy}}{\sum k_y} = 6,890$$

$$\theta = \frac{M}{\sum k_x y^2 + \sum k_y x^2} = 1,565$$

Seinien ottamat kuormat / kerros:

$$Q_x = k_x v_x + k_x x \theta$$

Seinä	kN
1x	4,9
2x	2,6
3x	4,9
4x	20,6
5x	4,0
6x	5,8
7x	2,7
8x	3,0
9x	0,0
10x	0,0

$$Q_y = k_y v_y + k_y y \theta$$

Seinä	kN
1y	30,3
2y	0,0
3y	-0,8
4y	19,4
5y	18,0
6y	0,0
7y	0,0
8y	0,0
9y	0,0
10y	0,0

Rakennuksen jäykistys

sivu 3/3

PROJEKTIN NIMI: Niemenrannan Vernerit

NRO: 664

Tehnyt	PPA	Pvm	6.2.2013	Hyv.		Pvm	
--------	-----	-----	----------	------	--	-----	--

 Laskettava kerros: Laskettavia kerroksia: kpl

 Kaatava voima x-suuntaan yhteensä: kN Resultantin etäisyys: m

 Kaatava voima y-suuntaan yhteensä: kN

 Varmuuskerroin kaatumiselle:

Seinä	Kaatava voima F_k [kN]	Pystyssä pitävä voima N_k [kN]	Kaat. mom. $M_{kaat.}$ [kNm]	Pyst.mom. $M_{pyst.}$ [kNm]	kaatum. varmuus	Ankkur. vetovoima [kN]	Pystysauma $V_{d,max}$ [kN / m]	Vaaka-sauma $N_k \mu_k / F_k$	lisäkuorm. perust. [kN]
1x	29	631	264	691	2,6	Ei tarvita	16,1	5,8	107,1
2x	15	510	139	451	3,2	Ei tarvita	10,5	8,9	70,0
3x	29	390	264	403	1,5	Ei tarvita	17,0	3,6	113,6
4x	124	906	1 113	1 565	1,4	24	43,0	2,0	286,4
5x	24	388	219	357	1,6	Ei tarvita	15,8	4,3	105,6
6x	35	439	316	456	1,4	7	20,2	3,4	135,0
7x	16	323	144	259	1,8	Ei tarvita	12,0	5,5	79,9
8x	18	479	164	422	2,6	Ei tarvita	12,4	7,1	82,6
9x	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
10x	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Yht.	291	4 067	2 622	4 604	1,8				
1y	182	1 399	1 637	3 862	2,4	Ei tarvita	39,5	2,1	263,5
2y	0	273	2	150	82,3	Ei tarvita	0,2	364,8	1,5
3y	5	797	45	1 275	28,2	Ei tarvita	1,9	42,8	12,6
4y	116	1 060	1 046	2 205	2,1	Ei tarvita	33,5	2,5	223,5
5y	108	820	970	1 443	1,5	3	36,7	2,1	244,8
6y	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
7y	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
8y	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
9y	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
10y	0	0	0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Yht.	411	4 349	3 699	8934	2,4				

Jäykistävän seinän ankkurointi vetovoimalle:

 Suurin vetovoima seinässä: kN

 Syötetty vetovoima: kN

Rakenneluokka: 2

 Teräksen halkaisija (A500HW): 10 mm $\Rightarrow f_{yd} =$ N / mm²

 Tarvittavien vetoterästen määrä: kpl

KUORMIEN LASKENTA MAANVARAISILLE PERUSTUKSILLE

sivu 1/1

PROJEKTIN NIMI: Niemenrannan Vernerit

664

Tehnyt PPA

Pvm

12.12.2012

Hyv.

Pvm

LINJA: 6, A-F

1.
2.
YLÄP
KUORM. LEVEYS:

1,6

3,1

3,1

YHTEENSÄ / KERROS
YLÄPOHJA:

	kuormitus kN/m ²	kork. m	pysyvä k. kN/m	muuttuva k. kN/m	pysyvä k. kN/m	muuttuva k. kN/m
lumikuorma	2,5			7,75	26,35	7,75
vesikattorakenteet	1		3,1			
holvi	7,5		23,25			

KERROKSET (1. kuorm.leveys):

kerroksia / kpl	1					
kantava seinä paksuus/ m	0,4	2,74	27,4		52,36	40
oleskelukuorma	25			40		
pintavalu+ väliseinät	0,6		0,96			
holvi	15		24			

KERROKSET (2. kuorm.leveys):

kerroksia kpl	4					
kantava seinä paksuus/ m	0,2	2,74	13,7		142,84	18,6
oleskelukuorma	1,5			4,65		
pintavalu + väliseinät	0,6		1,86			
holvi	6,5		20,15			

ALAPOHJA:

kantava seinä paksuus/ m	0,3	3	22,5		31,46	6,4
oleskelukuorma	4			6,4		
kerr. väliseinä+ tasoite	0,6		0,96			
holvi	5		8			

LISÄKUORMA:

24

2

$$g_k = \frac{277,01}{kN/m}$$

$$q_k = \frac{74,75}{kN/m}$$

$$g_d = \frac{332,412}{kN/m}$$

$$q_d = \frac{119,6}{kN/m}$$

YHTEENSÄ

$$p_k = \frac{351,76}{kN/m}$$

YHTEENSÄ

$$p_d = \frac{452,012}{kN/m}$$

 sall.pohjapaine(kN/m²): 300

seinän paksuus: 300

ANTURA

B(mm): 1200

H(mm): 300

pääraud. halk.(mm) = 10 k 200

jakoraud. halk.(mm) = 8 k 400 4 kpl

Koukku: KAIKKI

