



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

BM-PORRASHUONE

TEKIJÄ: Matti Laitinen

| | | | |
|---|-----------|--------------------|------|
| Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala | | | |
| Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma | | | |
| Työn tekijä Matti Oskari Laitinen | | | |
| Työn nimi BM-Porrashuone | | | |
| Päiväys | 22.4.2016 | Sivumäärä/Liitteet | 44/3 |
| Ohjaajat Lehtorit Harry Dunkel ja Viljo Kuusela | | | |
| Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Betonimestarit Oy ja Insinööritoimisto SRT Oy | | | |
| Tiivistelmä | | | |
| <p>Opinnäytetyössä käsiteltiin Betonimestarit Oy:n pyynnöstä uutta BM-Porrashuone rakennustapaa. Työssä käytiin läpi mitä BM-Porrashuone tarkoittaa ja mihin sitä käytetään. Onko BM-Porrashuonetta järkevä toteuttaa vai onko perinteiset rakennustavat taloudellisempia? Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja verrata BM-Porrashuoneen jäykistyskapasiteetin ominaisuuksia levyseinäelementteihin ja paikallavalettuihin rakenteisiin. Lisäksi vertailua suoritettiin rakennusosien määristä. Tutkielmassa käsiteltiin yhtenä osana myös BM-Porrashuoneen rakenne- ja elementtisuunnittelua.</p> <p>Opinnäytetyössä stabiliteetilaskelmat tehtiin yksinkertaistamisen vuoksi suorakaiteen muotoiselle toimistotalolle, johon ei kohdistunut epäsymmetrisyydestä johtuvia kiertymiä. Rakennuksen rungon jäykistyslaskelmat tehtiin pitkälti RTT Rakennustuoteteollisuus ry, betoniteollisuusjaoston (Valmisosarakentaminen: 2, osa G, Elementtirakennuksen jäykistys) julkaiseman teoksen pohjalta ja yhdessä Insinööritoimisto SRT Oy:n kanssa. Lisäksi opinnäytetyön laskelmissa käytettiin Eurokoodien 1 ja 2 mukaisia laskelmamenetelmiä sekä Suomen rakennusinsinöörien Liiton RIL ry julkaisemia teoksia.</p> <p>Tutkielman teknisessä vertailussa, jossa vertailtiin BM-Porrashuoneen jäykistyskapasiteetin ominaisuuksia levyseinäelementteihin ja paikallavalettuihin rakenteisiin, huomattiin eroja rakenteiden välillä. Yhteenvetona levyseinävaihtoehdon ja BM-Porrashuoneen välisestä vertailuista voitiin sanoa, että seinäkenkien paremmasta sijoittelukyrvystä johtuen BM-Porrashuoneen stabiliteetti rakennuksen Y suuntaan oli hieman parempi kuin normaalien elementtien. Suuntaan X stabiliteetti oli puolestaan neljänneksen parempi. BM-Porrashuoneessa ja paikallavaletussa vastaanlaisessa porrashuonetornissa eroa oli lähinnä rakennuksen Y suunnassa. Lisäksi kustannusvertailussa huomattiin kustannuksiin vaikuttavia säästöjä erikoisosista, joita tarvitaan eniten yksittäisiin levyseiniin.</p> | | | |
| Avainsanat BM-Porrashuone, rakennuksen jäykistäminen, elementtisuunnittelu | | | |
| | | | |

| | | | |
|--|---------------|------------------|------|
| Field of Study Technology, Communication and Transport | | | |
| Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering | | | |
| Author(s) Matti Oskari Laitinen | | | |
| Title of Thesis BM-Stairwell | | | |
| Date | 22 April 2016 | Pages/Appendices | 44/3 |
| Supervisor(s) Mr Harry Dunkel, Lecturer and Mr Viljo Kuusela, Lecturer | | | |
| Client Organisation /Partners Betonimestarit Ltd and Insinööritoimisto SRT Ltd | | | |
| <p>Abstract</p> <p>This thesis was done by request of Betonimestarit Oy. The thesis dealt with what is the meaning of the BM-Stairwell and what it is used for as well as whether it is sensible to implement the BM-Stairwell or is the traditional construction method still more economical? The purpose of the thesis was to examine and compare the stability properties of BM-Stairwell on the element wall and cast in place concrete structures.</p> <p>For the sake of simplicity the stability calculations in this thesis were made for a rectangular-shaped office building, which is not subject to the rotation caused by the asymmetry. The building frame stability calculations were done with the help of RTT Rakennustuoteteollisuus ry (Valmisosarakentaminen: 2, osa G, Elementtirakennuksen jäykistys) and together with the Insinööritoimisto SRT Ltd. In addition, the methods in accordance with Eurocodes 1 and 2, as well as published works of the RIL - Finnish Association of Civil Engineers were used in the calculations.</p> <p>In the technical comparison part of the thesis, differences in the stability properties of the structures between the BM-stairwell to normal wall elements and the cast in placed structures were noted. To sum up, based on the comparison between the wall element and the BM-Stairwell it can be said that because of the better wall shoe placement, the BM-Stairwell's stability capacity to the direction of Y was little better than that of the wall element. To the direction of X, the stability in turn was a quarter better. With the BM-Stairwell and similar cast in place stairwells, there were differences mainly to the direction Y of the building. In addition, the cost comparison showed impressive cost savings for special parts needed most in individual wall elements.</p> | | | |
| Keywords BM-Stairwell, element design, building stability | | | |
| | | | |

ESIPUHE

Tämä insinöörityö tehdään Betonimestarit Oy:lle. Työtäni ohjaa Insinööritoimisto SRT Oy:n työntekijät, sekä Savonia-ammattikorkeakoulun lehtorit Harry Dunkel ja Viljo Kuusela. Työni onnistumisen on tehnyt mahdolliseksi SRT Oy:n tarjoama työympäristö, sen tekniikka ja lähdekirjallisuuden saatavuus.

Opinnäytetyöni mielenkiintoisesta aiheesta haluan kiittää Betonimestarit Oy:tä ja johtaja Timo Venhoa. Laadukkaasta ohjauksesta kiitän Insinööritoimisto SRT Oy:tä ja erityisesti DI Pauli Oksmania, tekniikan ylioppilasta Otto Oksmania sekä RI Janne Siposta.

Kiitos aviopuolisolleni ja perheelleni, jotka ovat kannustaneet ja tukeneet minua koko opiskelun aikana.

Kuopiossa 22.4.2016

Matti Laitinen

SISÄLTÖ

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | JOHDANTO | 7 |
| 1.1 | Taustat ja tavoitteet..... | 7 |
| 1.2 | Keskeiset käsitteet | 7 |
| 2 | BM-PORRASHUONEEN RAKENTEEN KUVAUS..... | 8 |
| 3 | BM-PORRASHUONEEN MATERIAALIT | 11 |
| 4 | BM-PORRASHUONEEN VALMISTUS JA KÄYTTÖKOHTEET | 12 |
| 4.1 | Valmistus | 12 |
| 4.2 | Käyttökohteet | 13 |
| 5 | BM-PORRASHUONEEN SUUNNITTELU | 14 |
| 5.1 | Lakisääteiset vaatimukset | 14 |
| 5.2 | Käyttöikä ja suojabetoni | 14 |
| 5.3 | Jäykistys | 15 |
| 5.3.1 | Jäykistyksen laskentaperiaatteet | 15 |
| 5.3.2 | BM-Porrashuoneen lisäjäykistysosat | 23 |
| 5.3.3 | Vaakasauman mitoitus | 24 |
| 5.3.4 | Pystysauman/nurkan mitoitus | 25 |
| 5.4 | Seinän raudoitus | 28 |
| 5.5 | Konsolin raudoitus | 29 |
| 5.6 | Palomitoitus..... | 31 |
| 5.7 | Nostolenkit | 32 |
| 6 | TEKNINEN VERTAILU..... | 33 |
| 7 | KUSTANNUSVERTAILU..... | 35 |
| 8 | ESIMERKKILASKELMA BM-PORRASHUONEESTA | 36 |
| 8.1 | Lähtötiedot..... | 37 |
| 8.2 | Suojabetoni | 38 |
| 8.3 | Rakennuksen stabiliteettilaskelma | 38 |
| 8.4 | Raudoitus | 38 |
| 8.5 | Konsoli | 39 |
| 8.6 | Liitokset muihin rakenteisiin..... | 41 |
| 8.7 | Esimerkki mallielementtisarjasta | 42 |
| | LÄHTEET | 43 |

| | |
|---|----|
| LIITTEET | 45 |
| Liite 1: BM-Porrashuoneen stabiliteettilaskelma | 45 |
| Liite 2: Tekninen vertailu | 55 |
| Liite 3: Mallielementit..... | 73 |

1 JOHDANTO

1.1 Taustat ja tavoitteet

Opinnäytetyössä käsitellään Betonimestarit Oy:n pyynnöstä uutta BM-Porrashuone rakennustapaa. Työssä tarkastellaan mitä tarkoittaa BM-Porrashuone ja mihin sitä käytetään. Tavoitteena on selvittää, onko BM-Porrashuonetta järkevä toteuttaa vai onko perinteiset rakennustavat taloudellisempia?

Opinnäytetyö on tutkielma BM-Porrashuoneesta, minkä sisältö on BM-Porrashuoneen rakenne- ja elementtisuunnittelu liitos- ja raudoitusdetaljeineen. Porrashuonetta on tarkoitus käyttää ensisijaisesti toimistotaloissa, joissa rakennuksen jäykistyksen tarve on yleensä suuri. BM-Porrashuoneen käyttöön ei kuitenkaan ole estettä muissakaan rakennushankkeissa. Rakennesuunnitteluosioissa tutkitaan porrashuoneen stabiliteettikapasiteettia, jossa BM-Porrashuone ottaa vastaan rakennukseen tulevat vaakakuormat, kuten tuulikuorman ja epäkeskisyydestä johtuvan lisävaakakuorman. Suunnitelmien pohjalta luodaan Tekla Structure -ohjelmiston avulla rakennemalli esimerkki BM-Porrashuoneesta. Mallista tuotetaan elementtituotannon ja laskennan avuksi elementtipiirroksat.

Opinnäytetyössä stabiliteettilaskelmat tehdään yksinkertaistamisen vuoksi suorakaiteen muotoiselle toimistotalolle, johon ei kohdistu epäsymmetrisyydestä johtuvia kiertymiä. Rakennuksen rungon jäykistyslaskelmat tehdään pitkälti RTT Rakennustuoteollisuus ry, betoniteollisuusjaoston (Valmisarakentaminen: 2, osa G, Elementtirakennuksen jäykistys) julkaiseman teoksen pohjalta ja yhdessä Insinööritoimisto SRT Oy:n kanssa. Lisäksi opinnäytetyön laskelmissa käytetään Eurokoodien 1 ja 2 mukaisia laskelmamenetelmiä sekä Suomen rakennusinsinöörien Liiton RIL ry julkaisemia teoksia.

Tavoitteeseen kuuluu myös kilpailukyyn selvittäminen, jossa BM-Porrashuonetta vertaillaan normaaliin elementti- ja paikallavalurakentamiseen. BM-Porrashuoneen kilpailukykyä selvitetään tutkielman teknisessä vertailussa, sekä kustannusvertailussa, joidenka tulokset arvioivat BM-Porrashuoneen taloudellisen kannattavuuden. Teknisessä vertailussa vertaillaan BM-Porrashuoneen jäykistyskapasiteetin ominaisuuksia levyseinäelementteihin ja paikallavalettuihin rakenteisiin. Kustannusvertailussa vertaillaan puolestaan kustannuksiin vaikuttavia asioita rakennustapojen välillä.

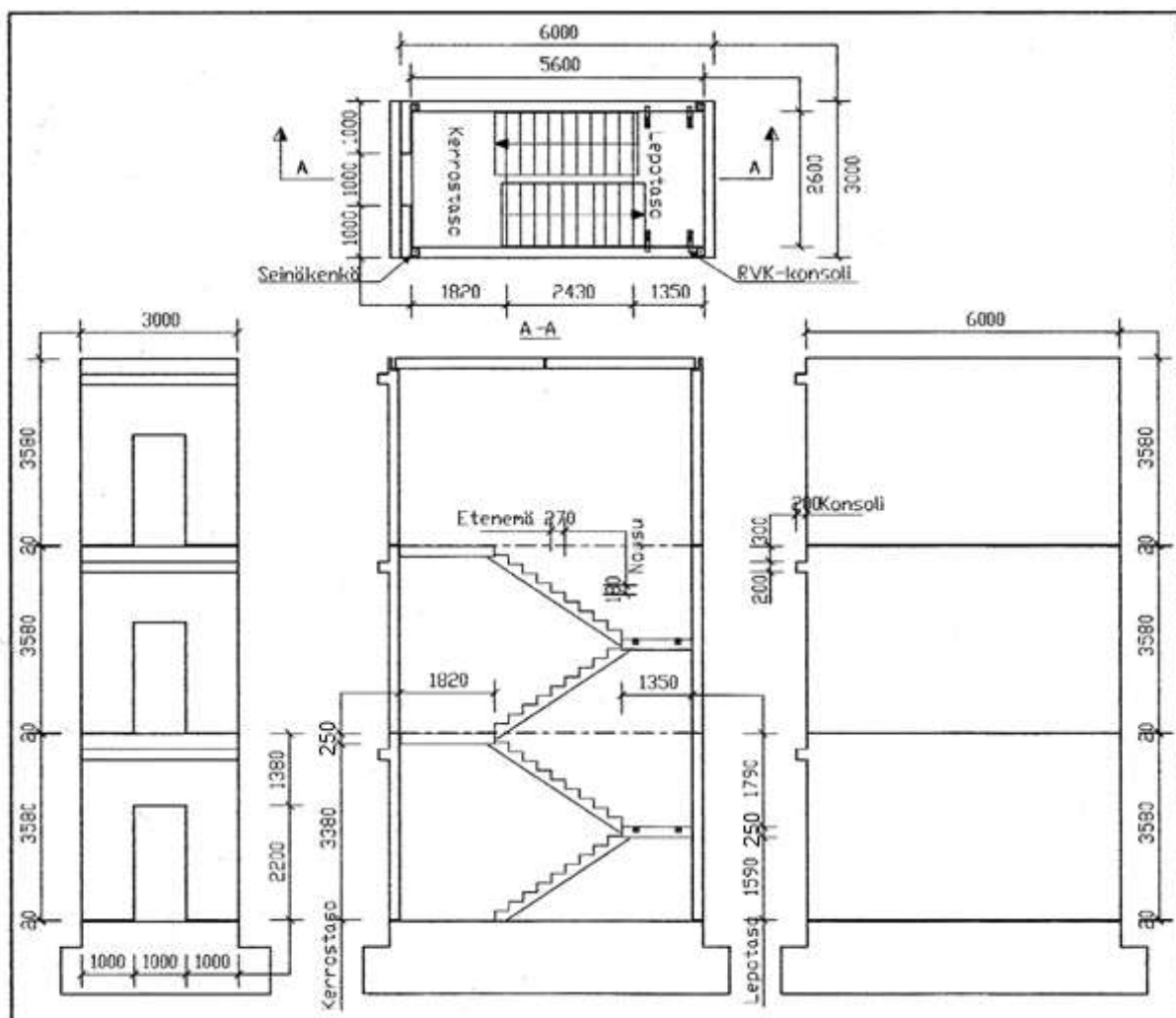
Lopullinen tulos työstä voi johtaa tuotteen jatkokehitykseen, mikäli tuote todetaan hyödylliseksi. Betonimestarit Oy:n kanssa on sovittu, että projekti tulee olemaan vain teoreettinen tarkastelu, joten työn mallielementtiä ei koeteta tämän opinnäytetyön yhteydessä.

1.2 Keskeiset käsitteet

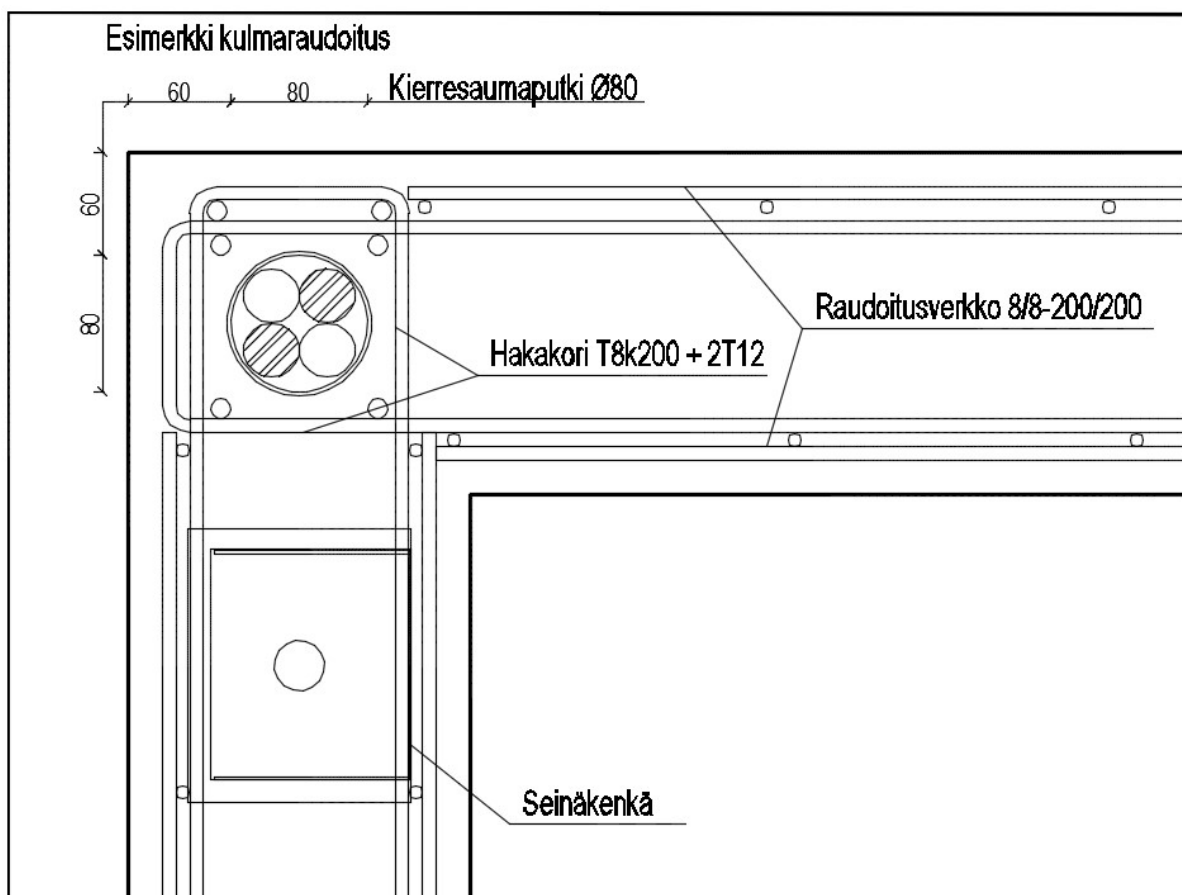
BM-Porrashuone = Porrashuoneen neljä (4) seinää (ulkomitat 3 m x 6 m, maksimikorkeus 3,6 m, seinän vahvuus 200 mm) tehdään yhtenä elementtinä/kerroskorkeus. Lepotasot, portaat ja muut siniin liittyvät rakennusosat eivät kuulu varsinaiseen elementtiin, mutta niiden kannatukset on huomioitu BM-Porrashuoneessa esimerkiksi konsoleilla ja tartunnoilla.

2 BM-PORRASHUONEEN RAKENTEN KUVAUS

BM-Porrashuone on kuvan 1 mukainen porrashuonetorni, joka koostuu erikorkuisista elementeistä. Porrashuone suunnitellaan olemaan rakennuksen jäykistetorni. Rakennuksen stabiileetin kannalta BM-Porrashuone elementtiratkaisu on normaaliin elementtirakentamiseen verrattuna kutakuinkin sama. Isoin ero on rakenteiden nurkkaliitoksessa; BM-Porrashuoneessa nurkka lenkki raudoitetaan ja valetaan yhtenäiseksi, kun taas leveymenteissä käytetään vaarna- ja vaijerilenkkiliitosta. BM-Porrashuoneen nurkka voidaan toteuttaa myös käyttämällä rauditusverkkoa, jonka poikittaiset teräksiset ovat käännetty limityspituuden verran yli nurkasta. Nurkan raudoittaminen rauditusverkolla on mahdollista, mikäli rakennukselta ei vaadita vääntöjäykkyyttä. BM-Porrashuoneessa jäykistykseen käytetään lähtökohtaisesti vain kahdella sivulla olevia seinäkenkiä. Seinäkenkiä käytetään myös asennuksen helpottamiseen. Vaakavoimien kasvaessa seinäkenkien lisäämisen tai suurentamisen sijaan lisäkapasiteettia saadaan porrashuoneen nurkissa sijaitsevista kierresaumaputkista, joihin asennetaan tarvittaessa lisäraudoitus harjateräksinä (/jännepunoksina) (kuva 2).



Kuva 1: Esimerkkikuva BM-Porrashuoneesta



Kuva 2: Nurkan lisäjäykistysmahdollisuus

BM-Porrashuoneeseen perustuvassa rakennejärjestelmässä ensimmäisenä työmaalla asennetaan BM-Porrashuoneen elementit. BM-porrashuoneelle suunnitellaan aina tapauskohtaisesti perustukset ja jäykisteiden ankkurointi.

Ensimmäinen BM-Porrashuone-elementti asennetaan perustuksissa oleviin pultteihin/ tartuntoihin. Elementin seinäkengän ja alapuolisen rakenteen väliin on laitettava kokoon puristumaton teräslatta, jos kaikki BM-Porrashuone elementit on tarkoitus asentaa yhdeksi torniksi valamatta vaakasaumavälillä elementtiasennusten välissä. Elementissä ei ole pystysaumoja, joten seuraava elementti voidaan nostaa heti alemman elementin päälle. Porrashuoneen lepotasot, joiden suositeltava minimipaksuus on 250 mm, ja portaat voidaan asentaa yhtä aikaa BM-Porrashuoneen elementtien kanssa, mikäli tämä on mahdollista sovittaa elementtitoimitusten kanssa. Portaat ja välitasot voidaan suunnitella asennettavaksi jälkiasennuksena, jossa tasojen kannatus konsoleilla mahdollistaa porrastornin asennuksen rakennuksen katolle asti ilman porrashuoneen välitasoja ja portaita. Porrassyöksyillä on usein pitkät toimitusajat, eikä toimitusketju ole Betonimestarit Oy:n ohjauksessa. Jälkiasennuksella voidaan varmistaa, ettei elementtiasennuksiin tule toimituksista johtuvia viivästyksiä. Elementtiasennustyön nopeuttamiseksi kaikki elementtikuljetukset ja nostot tulisi sovittaa asennustyön tahtiin. Lisäksi nostotyön onnistumisen kannalta on huomioitava BM-Porrashuone elementin paino (3.6 m korkea elementti painaa noin 30 tonnia). BM-Porrashuone elementtien asennusten jälkeen porrashuoneeseen liittyvät ontelolaatat voidaan asentaa laattakonsoleiden varaan. Viimeistään ontelolaattojen

reunavalujen yhteydessä tulee saumata BM-Porrashuone elementtien vaakasaumat, jolloin rakenteesta tulee yhtenäinen. Näin varmistetaan, etteivät työsaumat ole elementtiasennuksessa tahdistava tekijä ja muu runko voidaan nostaa pystyyn tukeutuen porrashuoneeseen. Porrashuoneen seinäpintoihin on mahdollista asentaa teräksisiä piilokonsoleita esimerkiksi palkkien kannattelemiseksi.

3 BM-PORRASHUONEEN MATERIAALIT

BM-Porrashuone toteutetaan SFS-EN 1992-1-1 liitteen A taulukon A.1 mukaisten tiukennettujen toleranssien mukaan. Pienennetty betoniteräksen materiaalin osavarmuusluku $\gamma_s = 1,1$ tulee kyseeseen, kun työn suoritusta valvotaan osana laadunvalvontajärjestelmää, jolloin poikkileikkausmitan sekä raudoituksen sijainti pysyy standardin SFS EN-1992-1-1 taulukon A.1 pienennettyjen poikkeamien rajoissa, katso taulukko 1. Betonille voidaan käyttää lukua $\gamma_c = 1,35$, jos edellisten ehtojen lisäksi betonin lujuuden keskihajonnan osoitetaan olevan enintään 10 %. (EUROKOODI 2: Betonirakenteiden suunnittelu.)

Taulukko 1: Pienennetyt poikkeamat (EUROKOODI 2: Betonirakenteiden suunnittelu SFS-EN 1992-1-1 liite A, taulukko A.1)

| h tai b (mm) | Pienennetyt poikkeamat (mm) | |
|------------------|--|---|
| | Poikkileikkausmitta $\pm\Delta h, \Delta b$ (mm) | Raudoituksen sijainti $+ \Delta c$ (mm) |
| ≤ 150 | 5 | 5 |
| 400 | 10 | 10 |
| $\geq 2\ 500$ | 30 | 20 |

HUOM. 1 Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti.

HUOM. 2 $+ \Delta c$ viittaa betoniterästen tai jänneterästen keskimääräiseen sijaintiin poikkileikkauksessa tai metrin leveydellä (esim. laatoissa ja seinissä).

BM-Porrashuoneen betonin lujuusluokka on vähintään C30/37, jotta Betonimestarit Oy:n elementti-tehtaiden betonivalukierrot onnistuisivat suunnitellussa aikataulussa.

Taulukko 2: Eurokoodin EN1992-1-1 mukaisia betonin lujuus- ja muodonmuutosominaisuuksia.

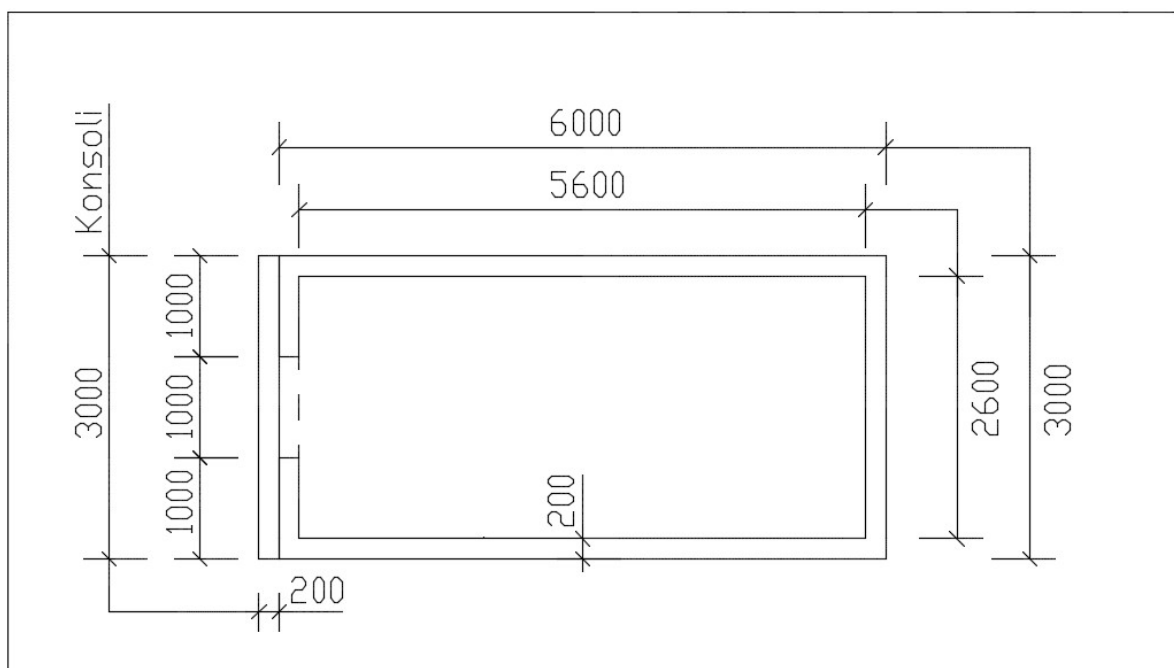
| Merkintä | Kuvaus | Ominaisuudet | | | | | | | | |
|----------------------|----------------------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | 16 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | |
| f_{ck} (MPa) | Lieriölujuuden ominaisarvo | 16 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | |
| $f_{ck, cube}$ (MPa) | Kuutiolujuuden ominaisarvo | 20 | 25 | 30 | 37 | 45 | 50 | 55 | 60 | |
| f_{ctm} (MPa) | Keskimääräinen vetolujuus | 1,9 | 2,2 | 2,6 | 2,9 | 3,2 | 3,5 | 3,8 | 4,1 | |
| $f_{ctk,0.05}$ (MPa) | Vetolujuuden ominaisarvo | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,7 | 2,9 | |
| E_{cm}^a (GPa) | Sekanttimoduuli | 29 | 30 | 31 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | |

Merkinnät
^a Keskimääräinen sekanttimoduuli 28 d betonille, jonka runkoaine on kvartsiittia.

4 BM-PORRASHUONEEN VALMISTUS JA KÄYTTÖKOHTEET

4.1 Valmistus

BM-Porrashuoneen seinien ulkomitat ovat vakiot. Lyhempi sivu on kolme (3) metriä ja pidempi kuusi (6) metriä (kuva 3). Seinien paksuus on 200 mm. Sivumittojen lisäksi konsolit ovat tarvittavilla sivuilla. Konsolin koko pääsääntöisesti: leveys 200 mm, korkeus 200 mm. BM-Porrashuoneen yhden elementin korkeus on maksimissaan 3,6 metriä. Elementin korkeuteen ei lasketa sen mukana tulevien pulttien seinästä ylimenevää osaa.



Kuva 3: BM-Porrashuoneen mitat.

BM-Porrashuoneen raudoitus ja betonointi tehdään elementtiä varten suunniteltuun pystymuottiin. Mikäli porrashuoneelta vaaditaan vääntöjäykkyyttä, käytetään nurkan raudoituksessa hakakoreja, joiden U-lenkit ja pieliteräkset on hitsattu yhteen. Jos runkoon ei kohdistu vääntöä, nurkkaraudoituksena voidaan käyttää nurkan yli käännetty raudoitusverkkoa. Muu raudoitus toteutetaan käyttämällä seinän minimiraudoituksen vaatimaa raudoitusverkkoa. Lisäraudoitteet lisätään rakennesuunnitelmien mukaan. Jos BM-Porrashuoneessa tarvitaan lisäterästystä vastaanottamaan vetovoimaa, nurkkiin voidaan lisätä seinän sisään jäävät kierresaumaputket. Työmaalla kierresaumaputkiin upotetaan elementtiasennusvaiheessa joko harjateräksiä tai jännepunoksia. Kierresaumaputkien ympärille tarvitaan hakaraudoitus betonin halkeilemista vastaan.

Porrashuoneen lisävarusteet ja tarvittavat muutokset seiiniin lisätään elementtiin tapauskohtaisesti. BM-porrashuoneen betonointi ja jälkihoito suoritetaan normaalin seinäelementin mukaisesti.

4.2 Käyttökohteet

BM-Porrashuoneelle sopivia käyttökohteita ovat pysäköintihallit, sekä liike- ja toimistorakennukset, joissa rakennuksen jäykistäminen on vaativaa. BM-porrashuonetta voidaan käyttää myös asuinkerrostalo rakentamiseen, vaikkakin jäykistystarve yksittäisillä rakennusosilla on yleensä alhaisempi.

BM-Porrashuoneen sijoittaminen rakennukseen tulisi ensisijaisesti valita niin, että porrashuoneesta olisi suurin hyöty rakennuksen jäykistämisen kannalta. Pyritään välttämään esimerkiksi rakenteiden kiertymiä, eli epäsymmetrisyyttä. Suurimman hyödyn BM-porrashuoneesta saa, kun sen pitkät sivut ovat kohtisuorassa suurinta vaakakuormaa vastaan.

5 BM-PORRASHUONEEN SUUNNITTELU

5.1 Lakisääteiset vaatimukset

Porrashuoneiden tilojen mitoitusta säädellään Suomen Rakentamismääräyskokoelman osissa F2 ja E1. Osa E1 käsittelee rakennusten paloturvallisuutta ja määrittelee kulkutien minimileveyden ja korkeuden eli leveyden suhteessa käyttäjämäärään. Osa E1 käsittelee lisäksi portaan maksiminousun ja minimietenemän, sekä savunpoiston ja pääsyn kellarikerroksiin. Osa F2 käsittelee rakennusten käytöturvallisuutta ja määrittää huoneiston oven etäisyyden porrasaskelmista, sekä kaiteen mitoituksen. (Elementtisuunnittelu.fi. b.)

5.2 Käyttöikä ja suojabetoni

EN1990 mukaan suunniteltu käyttöikä täytyy määritellä suunnitelmissa. Tilaajan asettama tavoitekäyttöikä toimii lähtötietona suunnittelijan suunnitelmissa.

Suomalaisissa rakennusohjeissa (RIL216-2001) suositellaan EN 1990:stä poiketen rakennuksen primääristen kantavien rakenteiden (kantava runko) suunnitelluksi käyttöiksi yhtä (1) korkeampaa luokkaa, kun rakennuksen suunniteltu käyttöikä on korkeintaan 50 vuotta. Ohjeiden perusteella tavallisissa rakennuksissa, joiden suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta, valitaan kantavan rungon suunnittelukäyttöikäksi 100 vuotta. (Elementtisuunnittelu.fi. a.)

Käyttöiän kannalta oleellista on betonirakenteiden suojabetonin paksuus, joka muodostuu betonipeitteen vähimmäisarvosta ja mittapoikkeamista. Betonipeitteen vähimmäisarvo c_{min} on vähintään tangon halkaisija, $c_{min,dur}$ tai 10 mm, missä $c_{min,dur}$ on ympäristöolosuhteista johtuva suojabetonin vähimmäisarvo (katso taulukko 3).

Taulukko 3: Betonipeitteen vähimmäisarvot eri rasitusluokissa (EUROKOODI 2: Betonirakenteiden suunnittelu SFS-EN 1992-1-1)

| Ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvovaatimus $c_{min,dur}$ (mm) | | | | | | | | |
|---|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Kriteeri | Rasitusluokka taulukon 4.1 mukaan | | | | | | | |
| | X0 | XC1 | XC2 XC3 | XC4 | XD1 | XS1 | XD2 | XD3 XS2,3 |
| Betoniteräs | 10 | 10 | 20 | 25 | 30 | 30 | 35 | 40 |
| Jänneteräs | 10 | 20 | 30 | 35 | 40 | 40 | 45 | 50 |
| 100 vuoden suunniteltu käyttöikä ¹⁾ | +0 | +0 | +5 | +5 | +5 | +5 | +5 | +5 |
| Lujuusluokka \geq | C20/25 -5 | C30/37 -5 | C35/45 -5 | C35/45 -5 | C35/45 -5 | C40/50 -5 | C35/45 -5 | C45/55 -5 |
| RakMK B4 1-rakenneluokka | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 | -5 |

¹⁾ Jos rakenteen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta, on myös muut säilyvyysvaatimukset tarkistettava RakMK B4 (SFS-EN 206-1 kansallinen liite) mukaisesti.

Betonipeitteen nimellisarvo määritetään elementtipiirustuksissa, sillä se määrää raudoitteiden sijainnin. Betonipeite määritellään vähimmäisarvon c_{\min} ja mittapoikkeaman Δc_{dev} summana:

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} \quad (8.1)$$

Betonipeitteen määrittäminen lähteen Betonirakenteiden suunnitteluohje RIL202-2011/by61, sivujen 25 - 28 mukaisesti.

5.3 Jäykistys

Opinnäytetyössä tarkastellaan toimistorakennuksen jäykistävää BM-Porrashuonetta, normaalia levyseinäelementtiä sekä kolmantena vaihtoehtona paikallavalettua porrashuonetta. Toimistorakennuksen jäykistys toteutetaan yleensä mastoseinäjäykistyksellä, joka voi olla usein ainoa mahdollinen jäykistystapa. Mastoseinäjäykistys koostuu mastoseinistä ja -torneista, joita ovat kaikki tekniikkakuilut, hissi- ja porrashuoneet. (Päivöke 2012.)

Rakennuksen muodon ja jäykistystavan mahdollisesta epäsymmetrisyydestä johtuen rakennukselta vaaditaan vääntöjäykkyyttä. Mastotornien poikkileikkausprofiileilla on suhteellisen suuret vääntöjäykkyydet tavalliseen mastoseinään verrattuna. Tavallisesti stabiliteetilaskelmissa mastotornit käsitellään erillisistä suorista mastoseinistä koostuviksi, joista jokaisen suorakaidepoikkileikkauksen vääntöjäykkyys on pieni. Tästä johtuen mastotornien vääntöjäykkyyttä laskettaessa suorakaidepoikkileikkausten summaa ei huomioida voimajakauman laskennassa. Tällaisessa tapauksessa väännöstä aiheutuvat lisärasituksetkin mastotorniin voidaan sulkea pois mitoituksista. (Päivöke 2012.) Mikäli kiertymiä muodostuu esimerkiksi epäsymmetrisyydestä, on oleellista tarkastella rakennuksen stabiliteettia kiertymien suhteen, jotta tarkastelu olisi mahdollisimman realistinen. Tämän opinnäytetyön esimerkkilaskelmassa mastotornit ovat aseteltu symmetrisesti, joten kiertymistä aiheutuvaa vääntöä ei muodostu.

Tässä tutkielmassa levyseinävaihtoehto on laskettu yksittäisinä levyinä ja BM-Porrashuone sekä paikallavalettua mastotorni on tarkasteltu yhtenä kerroksen korkuisena profiilimastona. Profiilimaston jäyhyysmomentti ja staattinen momentti on laskettu taulukossa 5 taulukon kuvan mukaiselle profiilille. Taulukon kuvan mukaisella profiililla päästään laskelmissa varmalle puolelle. Kuitenkin muut laskelmat tehdään I-profiilien mukaan (kuva 5).

5.3.1 Jäykistykseen laskentaperiaatteet

Rakennuksen jäykistystä suunniteltaessa on selvitettävä ensiksi siihen kohdistuvat kuormitukset eri kuormitustapauksissa. Kuormien yhdistely toteutetaan Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat: RIL 201-1-2008, 38 ohjeen mukaisesti. Rakennusta kuormittaa rakennuksen omapaino N_d , rakennuksen vinoudesta johtuva lisävaakavoima H_d , sekä seiniin kohdistuva tuulikuorma W_d . Vaakakomponenttien jakaminen jäykistäville pystyrakenteille tapahtuu periaatteella, jossa vaakasuorat tasot

toimivat jäykkinä levyinä ja jakavat voimat seinien kesken niiden jäykkyyksien suhteissa. Laskelmat tehdään rakennukselle sen X - ja Y - suuntiin.

Rakennuksen omapainoa voidaan arvioida joko erittelemällä rakennusosat tai kaavan (8.2) mukaisesti. Rakennuksen massa lasketaan aina kerroksittain.

$$N_d = A * (1,15K_{FI})_{0,9} G_k + 1,5K_{FI} \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} * Q_k \quad (8.2)$$

missä

A on rakennuksen kerrosala

K_{FI} on seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

G_k on tason pysyvä kuorma

Q_k on tason muuttuva kuorma.

Rakenteiden vinoudesta johtuva lisävaakavoima H_d lasketaan rakennuksen lyhempään suuntaan kaavasta (8.3) ja pidempään suuntaan kaavasta (8.4). Laskelmamenetelmä on RTT Rakennustuoteteollisuus ry, betonteollisuusjaoston (Valmisosarakentaminen 1995, 14) mukainen, joten se ei ole nykyisen Eurokoodin 2 mukainen. RTT Rakennustuoteteollisuus ry:n laskelmamenetelmän oletetaan olevan niin sanotusti varmalla puolella Eurokoodin 2 mukaiseen tapaan verrattuna.

$$H_{dt} = \frac{N_d}{150} \quad (8.3)$$

$$H_{dt} = \frac{b}{l} \frac{N_d}{150} \geq \frac{N_d}{250} \quad (8.4)$$

missä

N_d on tason omapaino

b on rakennuksen lyhemmän sivun mitta

l on rakennuksen pidemmän sivun mitta

Tuulikuorma lasketaan aina kohtisuoraan seinään nähden, olettaen ettei molemmille seinäpinnoille tuule samanaikaisesti. Tuulikuormaa laskiessa tulee selvittää mihin maastoluokkaan rakennus kuuluu, sillä se vaikuttaa tuulen ominaisnopeuspaineeseen. Eurokoodi EN1991-1-4 liite A luokittelee maasto-olosuhteet maaston rosaisuuden mukaan viiteen eri luokkaan. Rakennukseen kohdistuva tuulikuorma lasketaan seuraavasti:

$$W_k = C_s C_d C_f * q_0(h) * A_i \quad (8.5)$$

missä

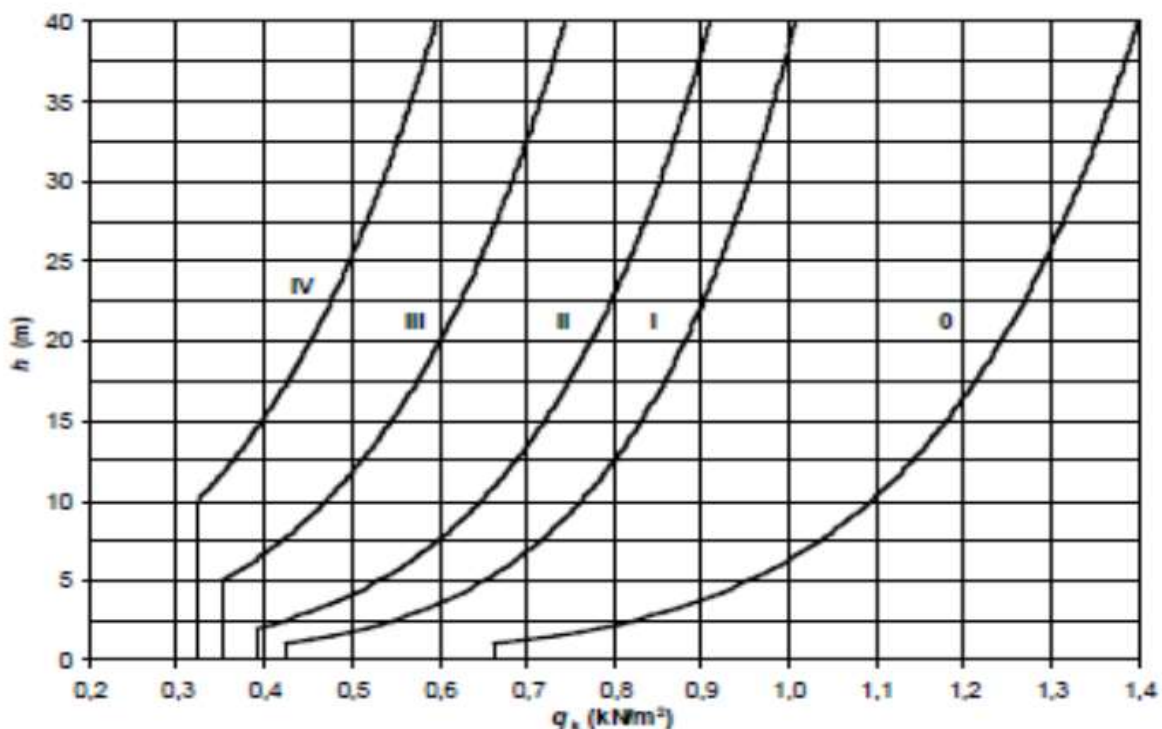
$C_s C_d$ on rakennuksen rakennekerroin (Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat: RIL 201-1-2008, luku 6)

C_f on rakennuksen voimakerroin (Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat: RIL 201-1-2008, kuva 5.2S)

q_0 on maaston pinnan muodon mukaan modifioitu nopeuspaine, joka määritetään rakennuksen harjan korkeudelta. Katso kuva 4.

A_i on tuulikuorman vaikutusala kerroskorkeudella i .

(Lähde: Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat: RIL 201-1-2008, 136.)



Kuva 4: Nopeuspaine q_0 (h) eri maastoluokissa. Maastoluokat on merkitty roomalaisin numeroin. (Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat: RIL 201-1-2008, kuva 4.5S, 132)

Tuulen mitoitusarvo lasketaan seuraavasti:

$$W_d = 1,5K_{FI} * W_k \quad (8.6)$$

Lopuksi rakennuksen vaakavoimat lasketaan yhteen, näin saadaan F_d . Vaakavoimat määritellään rakennukselle kerroksittain ja molemmille pääsuunnille erikseen.

$$F_d = H_d + W_d \quad (8.7)$$

Kun rakennuksen vaakavoimat on saatua laskettua, ne jaetaan seinien jäykkyyksien mukaan jäykistävälle seinille kaavalla (8.8). (Valmisarakentaminen 1995, 26). Tässä opinnäytetyössä käsitellään vain tapaus, jossa rakennus ei saa kiertymiä.

$$Q = \frac{k}{\sum k} * F_d \quad (8.8)$$

missä

k on seinän jäykkyys

Σk on kaikkien seinien jäykkyyksien summa

Q on laskettavan seinän päähän kohdistuva pistekuorma.

Seinien jäykkyydet lasketaan erikseen rakennuksen X ja Y-suunnissa. Jäykkyydet saadaan laskettua kaavoista (8.9) ja (8.10). (Valmisosarakentaminen 1995, 29)

$$\frac{1}{k_x} = \frac{H^3}{3EI_y} + \kappa_x \frac{H}{GA} \quad (8.9)$$

$$\frac{1}{k_y} = \frac{H^3}{3EI_x} + \kappa_y \frac{H}{GA} \quad (8.10)$$

missä

E on seinän kimmomoduuli

I_y ja I_x on poikkileikkauksen hitausmomentti y- ja x-suuntaisten akselien suhteen. (Aukon vaikutus on huomioitava seinän hitausmomentissa.)

BM-Porrashuoneen $I_x = 14,2 \text{ m}^4$ ja $I_y = 5,28 \text{ m}^4$.

H on tarkasteltavan poikkileikkauksen korkeus mastoseinän kiinnityskohdasta

G on seinän liukumoduuli

A on poikkileikkauksen pinta-ala.

Kertoimet κ_y ja κ_x saadaan kaavoista:

$$\kappa_x = \frac{A}{I_y^2} \int \frac{S^2(x)}{t(x)} dx \quad (8.11)$$

$$\kappa_y = \frac{A}{I_x^2} \int \frac{S^2(x)}{t(x)} dx \quad (8.12)$$

missä

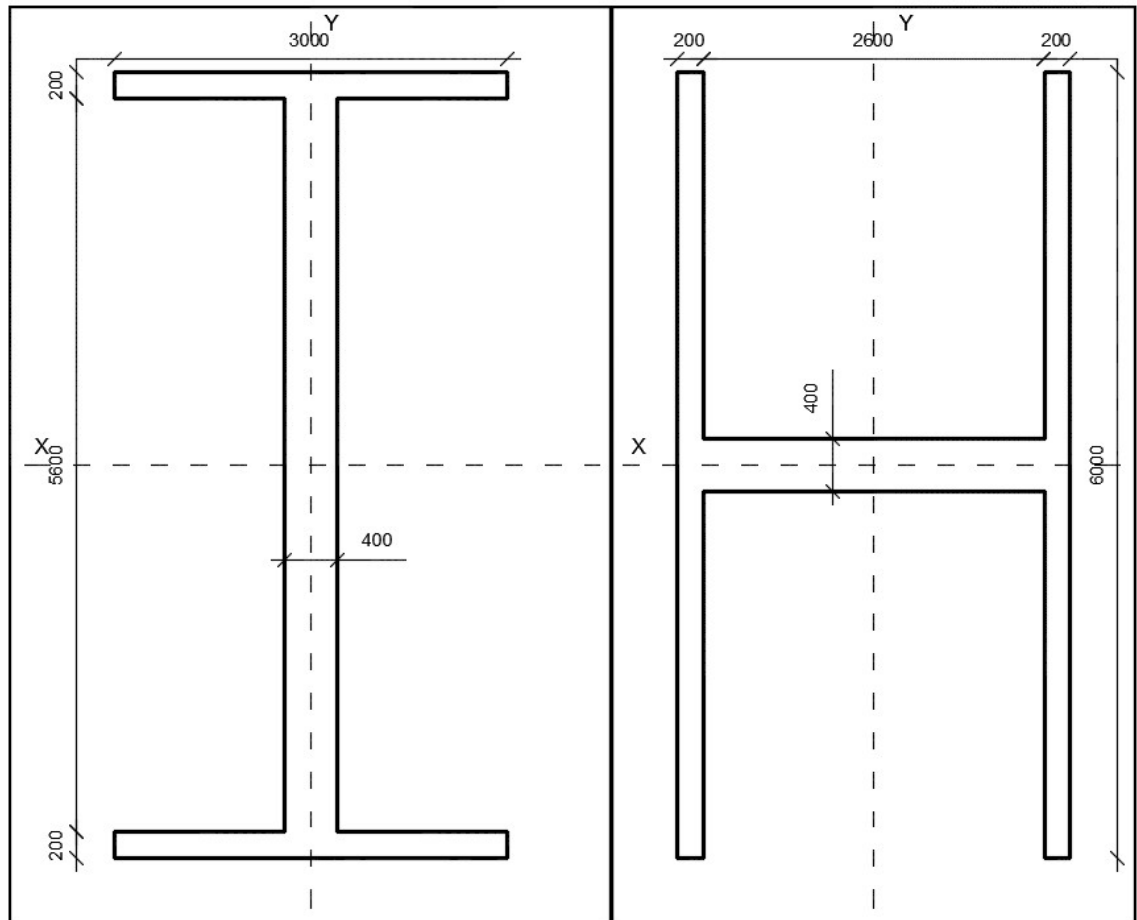
S on poikkileikkauksen staattinen momentti painopisteakselin suhteen

t on seinän paksuus.

(Lähde: Valmisosarakentaminen 1995, 29.)

BM-Porrashuoneen kertoimet ovat:

$\kappa_x = 0,004$ ja $\kappa_y = 0,006$



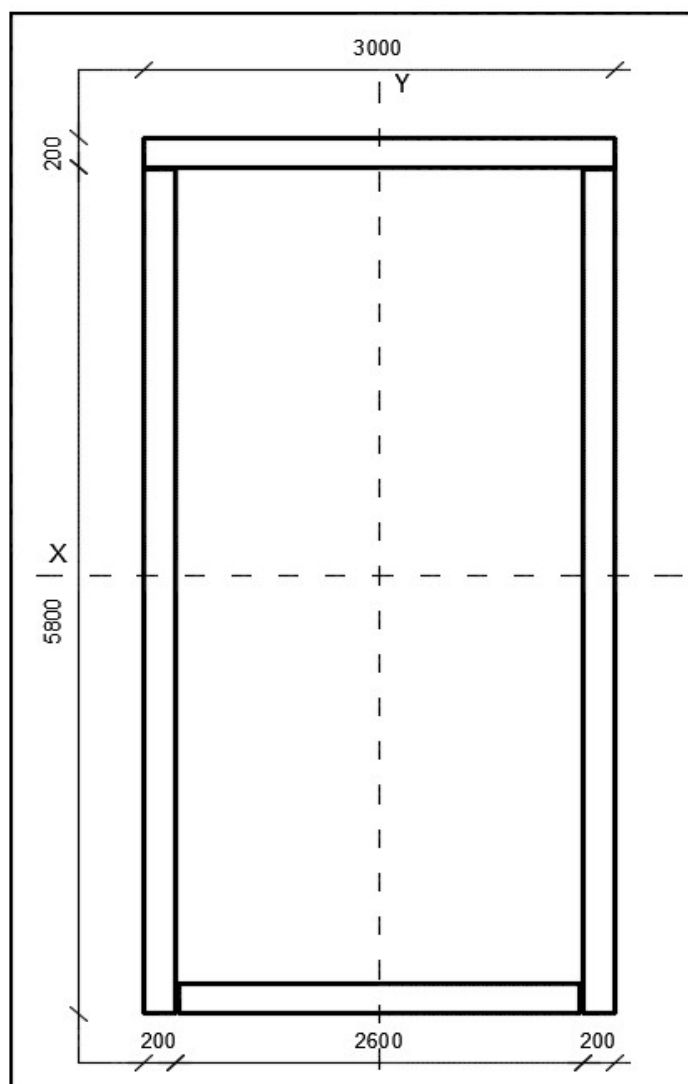
Kuva 5: BM-Porrashuoneen poikkileikkaus voidaan ajatella olevan I-profilin kumpaankin suuntaan. Profilin uuma on kaksi (2) kertaa seinän paksuus.

Levyseinäelementeistä tehty porrashuone koostuu neljästä (4) erillisestä seinäelementistä. Yhden (1) suorakaidepoikkileikkausprofiilin kertoimet ovat kuvan 6 vaakasuunnassa:

$$\kappa_y \approx 0, \text{ koska } I_x \gg I_y$$

$$\kappa_x = 1,2$$

(Lähde: Valmisosarakentaminen 1995, 32)



Kuva 6: Seinäelementeistä koottu porrashuone

Mastoseinän jäykkyyksien kaavoista (8.9) ja (8.10) ensimmäinen termi on taivutusjäykkyydestä johdettu osuus ja toinen termi antaa leikkausvoiman osuuden. Jäykkyyttä laskiessa jätetään usein toinen termi huomioimatta, mutta matalissa ja vähemmän hoikissa mastorakenteissa se on edelleen laskettava. Suorilla seinillä leikkausvoiman osuus tulisi ottaa huomioon, jos seinän sivusuhte on $H/L \leq 4$. (Valmisosarakentaminen 1995, 29.)

Mastotornia/mastoseinää pyrkii kaatamaan kaatavamomentti $M_{k,d}$, johon vaikuttaa seinään kohdistuva pistekuorma Q ja seinämän korkeus h . Kaatavamomentti lasketaan ylhäältä alaspäin summattujen tason momenttiin ylempään tason momentti. Kaatavamomentti on sama seinän molemmissa pädyissä.

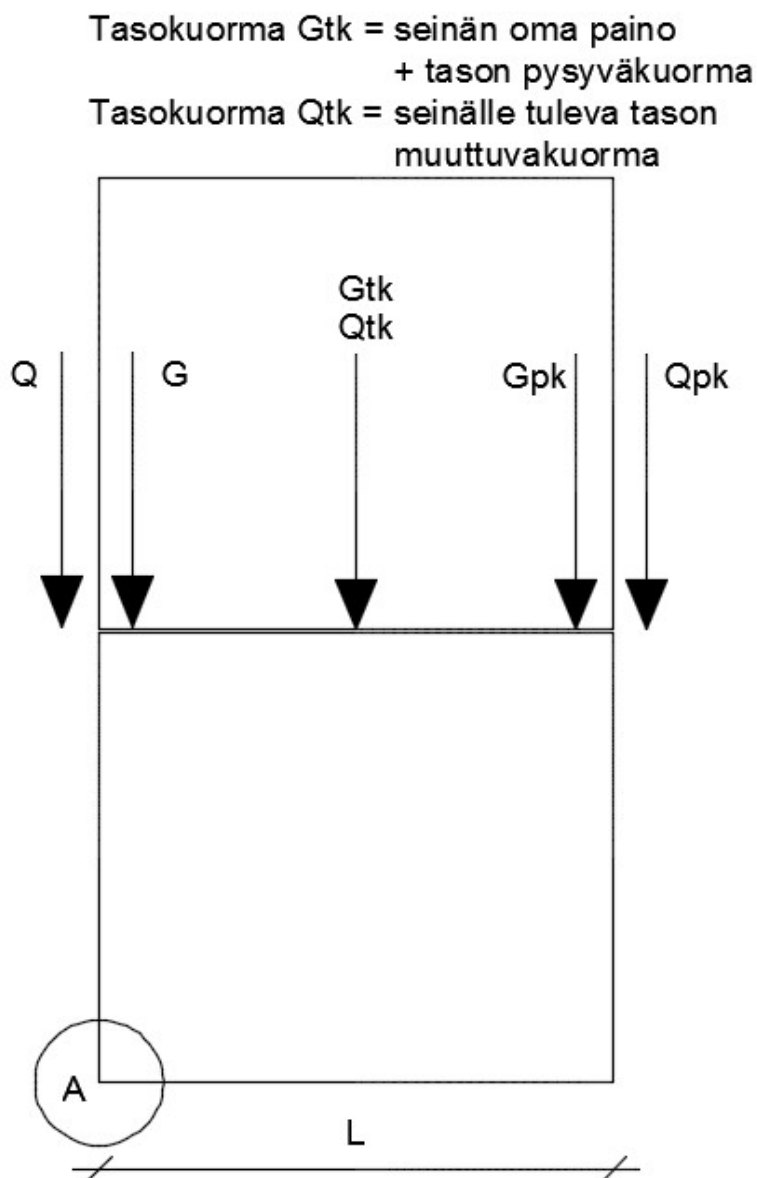
$$M_{k,d} = \sum_{i=1}^n h_i * Q_i \quad (8.13)$$

missä

h_i on seinän vaakakuorman vaikutuspisteen etäisyys tasolla i

Q_i on seinään kohdistuva pistekuorma tasolla i .

Seinää pystyssä pitävä momentti $M_{p,d}$, tutkitaan vastaavasti murtotilarajassa eri kuormitustapauksilla. Kuormitustapauksissa tulee tutkia ainakin kaatumisvarmuuden ja normaalien olosuhteiden mukaiset tapaukset. Kaatumisvarmuuden pysyvien kuormien varmuuskerroin on 0,9. Toisin kuin muissa murtotilarajan kuormitustapauksissa, kaatumisvarmuudessa ei huomioida muuttuvia kuormia. Murtotilarajan varmuuskertoimet ovat: pysyväkuorma on 1,15 ja muuttuvakuorma määräytyy yhdistelykertoimista. Pystyssä pitävä momentti pisteen A suhteen (kuva 7) lasketaan kaavoista (8.14) ja (8.15). Pystyssä pitävä momentti on tarkastettava seinän molemmissa päädyissä.



Kuva 7: Pystyssä pitävä momentti pisteen A suhteen. Kuormat Q ja G ei vaikuta pisteeseen A.

Pystyssä pitävä momentti tasolla i:

$$M_A = \sum_{i=1}^n \left(\frac{(\overset{1,15K_{FI}}{0,9}) G_{tk} + 1,5K_{FI} \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} * Q_{tk}}{2} + (\overset{1,15K_{FI}}{0,9}) G_{pk} + 1,5K_{FI} \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} * Q_{pk} \right) * L \quad (8.14)$$

Kaavassa G_{pk} viittaa elementin päähän kohdistuvaan pistekuormaan ja G_{tk} on seinälle tuleva tasainen kuorma. Pistekuormaksi lasketaan liittyvän elementin omapaino ja sen kuormitukset. Lisäksi piste-kuormiin huomioidaan esimerkiksi palkkien liitokset seiniin. Tasaiseen kuormaan katsotaan kuuluvan elementin oma metripaino ja esimerkiksi konsoloiden varassa olevien ontelolaattojen hyöty- ja pysyväkuorma. Porrashuoneen seiniin kohdistuu tasaisesti rappusten ja lepotasojen kuormat. Kaavassa (8.14) momentit lasketaan ylhäältä alapäin summaten edellisen kerroksen momentti alempaan kerrokseen.

Seinä pyrkii kaatumaan, jos kaatavamomentti on isompi kuin pystyssä pitävä momentti. Tästä muodostuu kaava (8.15), josta selviää tarvitseeko kyseinen seinä lisäkiinnitysosa pysyäkseen pystyssä. Tarkastelu tehdään seinän molempiin pätyihin.

$$F_{vd} = \frac{M_{pd} - M_{kd}}{d}, \text{ kun } M_{kd} > M_{pd} \quad (8.15)$$

missä

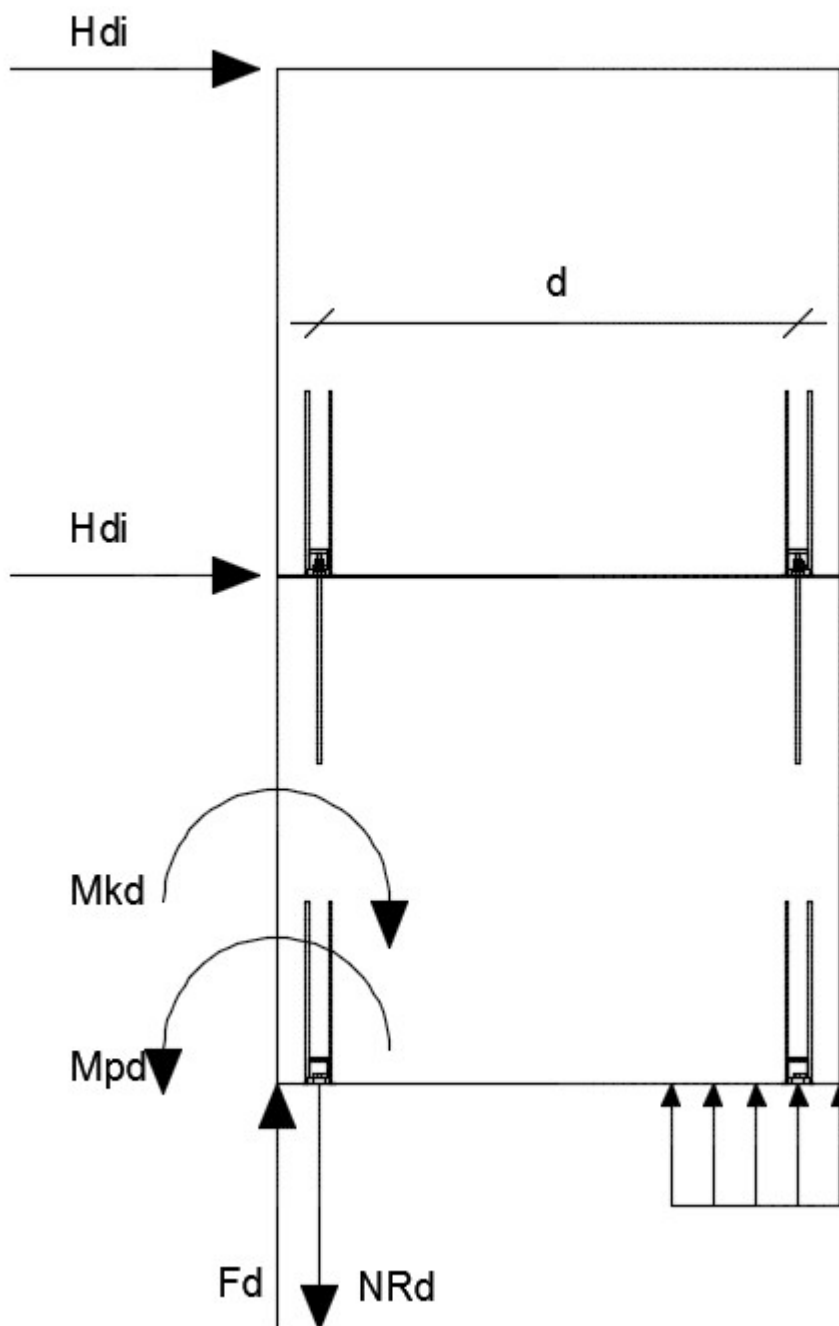
F_{vd} on voima, joka pyrkii nostamaan seinää

d on seinän kiinnikkeiden välinen etäisyys.

F_{vd} arvon ollessa positiivinen kummallakin puolella seinää, on seinä puristettu koko matkalta, eikä se tarvitse vetoteräksiä tai seinäkenkiä vakauden säilyttämiseen. Mikäli toinen tai molemmat F_v :n arvot ovat negatiivisia, nurkkaan/nurkkiin kohdistuu vetoa, joka pyrkii kaatamaan seinän. Vastavoimaksi tälle vedolle seiniin asennetaan esimerkiksi seinäkenkiä tarvittava määrä varmistamaan seinän pystyssä pysyvyys.

Taulukko 4: Anstar Oy:n ASL seinäkenkien kestävyysarvot. (ASL SEINÄKENKÄ 8/2013, 1)

| ASL | Pultit ensisijaisesti | Kestävyys N_{Rd} C25/30 [kN] |
|--------|-----------------------|--------------------------------|
| ASL16 | AHP 16 | 62,2 |
| ASL 20 | AHP 20 | 97,0 |
| ASL 24 | AHP 24 | 139,7 |
| ASL 30 | AHP 30 | 222,1 |
| ASL 36 | AHP 36 | 470,6 |
| ASL 39 | AHP 39 | 562,2 |
| ASL 45 | AHP 45 | 752,2 |
| ASL 52 | AHP 52 | 1012,6 |



Kuva 8: Periaatekuva kuvastaa seinän toimintaa vaakakuormien vaikuttaessa vasemmalta. Seinäkengä muodostaa vastavoiman N_{Rd} voimalle F_v .

5.3.2 BM-Porrashuoneen lisäjäykistysosat

Lisäraudoituksen tarve tulee kyseeseen silloin, kun seinäkengän koko ylittää Anstar Oy:n ASL45 seinäkengän. Muidenkin seinäkenkävalmistajien seinäkengät käyvät, mutta tutkielmassa on käytetty ASL kenkäsarjaa. BM-porrashuoneen jäykistyskapasiteettia voidaan lisätä käyttämällä halkaisijaltaan 80 mm:n kierresaumaputkea elementin nurkkaan. Asennusaikana työmaalla kierresaumaputkeen lisätään harjateräksiä tai jopa jännepunoksia, jotka ankkuroidaan yläpäästään porrashuonetornin katolle ja alapäästään perustuksiin saaden näin lisäjäykkyyttä rakenteeseen. Kierresaumaputkessa olevien harjaterästen vetolujuus lasketaan kaavalla:

$$N_{Rd} = A_s * f_{yd} \quad (8.16)$$

missä

$A_s = \pi * r^2$, r on harjateräksen säde

f_{yd} on teräksen mitoituslujuus.

Ankkurointi - ja limityspituus tulee laskea erikseen kohteessa käytettävien materiaalien ja tartuntaolosuhteiden mukaan. Jatkospituudet SFS-EN-1992-1-1 standardin kohtien 8.4 ja 8.7 ohjeiden mukaisesti.

5.3.3 Vaakasauman mitoitus

BM-Porrashuoneen vaakasaumassa voidaan käyttää vaarnatappeja tai valuankkurikoloja, tai seinien väliin voidaan tehdä niin sanottu betonikonsoli. Betonikonsolia käytettäessä, alemman elementin yläosaan tehdään koroke ja ylemmän elementin alareunaan samalle kohtaan loveus. Näin syntyy hammastava liitos, eivätkä seinäpinnat pääse liukumaan keskenään.

Seinään kohdistuva työntävä vaakavoima tasolla i lasketaan kaavasta:

$$H_{di} = \sum Q_{di} \quad (8.17)$$

missä

Q_{di} on kerroksella i seinän pätyyn kohdistuva vaakavoima. $\sum Q_i$ lasketaan ylhäältä alaspäin, summien edellisen kerroksen vaakavoima alemman kerroksen vaakavoimaan.

Seinien vaakasauma tarvitsee erillisen kiinnityksen, mikäli betonipintojen kitka ei pysty pitämään rakennetta paikoillaan (kaava 8.18) (muokattu lähteestä: Valmisosarakentaminen 1995, 56).

$$H_{di} > \mu N_{di} \quad (8.18)$$

missä

μ on betonin kitkakerroin, $\mu=0,27$

N_{di} on rakenteen stabiloiva pystykuorma (varmuuskerroin 0,9) kerroskorkeudella i , kuorma lasketaan seinälle rakennuksen katolta alaspäin.

Mikäli betonipintojen välinen kitka ei pysty pitämään rakennetta paikoillaan, voidaan elementtien väliin laittaa esimerkiksi harjaterästäpituus. Juotetun tappiliitoksen leikkauskestävyys voidaan laskea elementin betonin lujuuden mukaan, koska heikomman juotosvalun murtumisen jälkeen harjaterästappiliitos toimii yhä onnettomuuskuormille. Liitoksen lopullinen murtuminen tapahtuu elementin betonin murtuessa.

Harjaterästappien halkaisija sekä liitosten jakoa voidaan arvioida seuraavasta kaavasta:

$$V_{Rd} = 1,2 * \phi^2 * \sqrt{f_{cd} * f_{yd}} \geq H_{di} - \mu N_{di} \quad (8.19)$$

missä

V_{Rd} on yhden (1) harjaterästappiliitoksen leikkauskapasiteetti

ϕ on tapin halkaisija

f_{cd} on elementin betonin mitoituslujuus

f_{yd} on tapin teräksen mitoituslujuus

(Lähde: Rakentajain kalenteri 1992, 340.)

5.3.4 Pystysauman/nurkan mitoitus

Lähtökohtaisesti BM-Porrashuoneen nurkkaan ei tarvita erillistä nurkkaraudoitusta, sillä yleensä yhtenäisen betonin leikkauslujuus riittää rakennuskohteissa. Nurkkaan tarvitaan leikkausraudoitus, mikäli betonin leikkauskestävyys ei riitä kumoamaan nurkkiin kohdistuvaa leikkausvoimaa. Raudoituksessa käytetään hakakoreja, joissa U-lenkit ja pieliteräkset on hitsattu yhteen. Kiertymättömissä rakenteissa voidaan käyttää nurkan yli taitettua rauditusverkkoa. Hakakorien U-lenkin pidempi sivumitta määräytyy ankkurointipituuden ja seinän paksuuden mukaan. Ankkurointipituus on vähintään 400 mm riippuen teräksen halkaisijasta (ankkurointipituutta 400 mm käytetään harjateräkselle T8). Ankkurointipituus lasketaan alkavaksi sisänurkasta. Lyhempi sivumitta muodostuu samoin kuin elementtiä kiertävissä hakakoreissa. Hakakoreja tarvitaan myös nurkissa, mikäli käytetään kierresaumaputkea ja siihen pujotettavia harjateräksiä (/jännepunoksia). Tässä tilanteessa hakakorit toimivat niin sanottuna halkaisuraudoituksena, mikä estää nurkkaan kohdistuvan vedon aiheuttaman halkeilun.

Kimoteorian mukaan BM-Porrashuoneen nurkkaan kohdistuva leikkausjännitys lasketaan seuraavasti:

$$\tau = \frac{H_j * S}{I * 2 * b} \leq f_{ctd} = \alpha_{ct} * \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} \quad (8.20)$$

missä

τ on saumassa vaikuttava leikkausjännitys

H_j on saumaan kohdistuva kokonaisvaakavoima kerroksessa j

S on kappaleen staattinen momentti

I on kappaleen jäyhyysmomentti

b on kappaleiden välisen sauman paksuus

f_{ctd} on betonin leikkauslujuus

α_{ct} on betonin vetolujuuskerroin, Suomessa käytetään arvoa 1,0

$f_{ctk,0,05}$ on vetolujuuden 5% alaraja-arvo

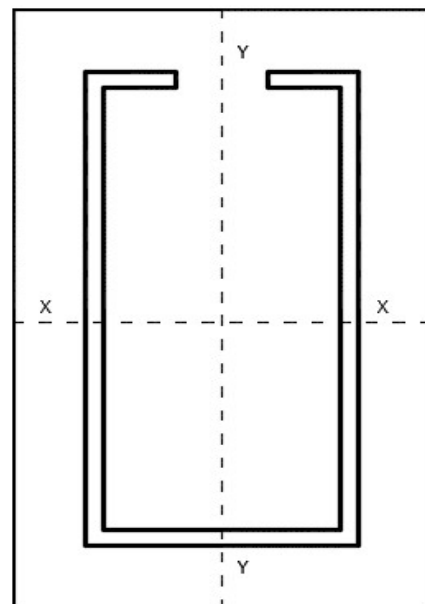
γ_c on betonin pienennyskerroin.

(Lähde: Betoniteollisuus ry 2010, 40.)

Taulukko 5: BM-Porrashuoneen jäyhyyshmomentit ja staattiset momentit suuntiin X ja Y. Taulukon kuva BM-Porrashuoneen X - ja Y -suunnista.

BM-Porrashuoneen:

| Jäyhyyshmomentti [m ⁴] | Staattinen momentti [m ³] |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| $I_y = 5,28$ | $S_y = 2,47$ |
| $I_x = 14,20$ | $S_x = 2,83$ |



Käytännössä taivutusmitoitus lasketaan plastisen jännitys jakauman tavoin, jolloin leikkausjännitys jakauma on laskettava käytetyn jakauman ja todellisten rakenteiden mukaan. (Betoniteollisuus ry 2010, 40) Esimerkiksi BM-Porrashuoneen X suunnassa seinillä ei välttämättä ole omia seinäkengkiä, joten nurkkasauman on kyettävä välittämään koko ankkurointivoima. Nurkkaan kohdistuessa vetoa, nurkan leikkausjännitys on:

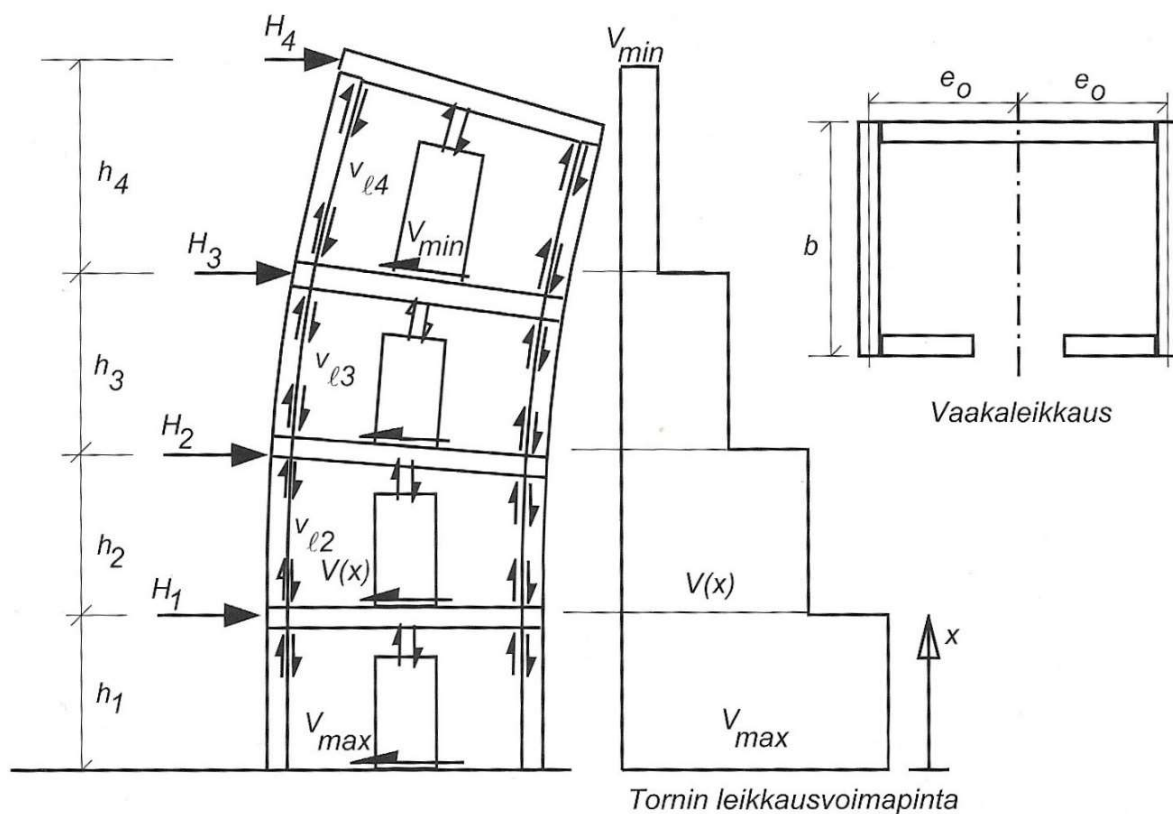
$$\tau = \frac{H_i \cdot S}{I \cdot 2b} + \frac{F_v}{A} \leq f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} \quad (8.21)$$

missä

F_v on nurkan yli siirrettävän ankkuroitavan voiman itseisarvo, $F_{v, \max} =$ liittyvän seinän seinäkengän

N_{Rd}

A on sauman ala.



Kuva 9: Esimerkkikuva jäykistystornin elementtien pystyliitoksien leikkausvoimista (Leskelä 2008, 571)

5.4 Seinän raudoitus

BM-Porrashuoneen seinän raudoitus toteutetaan seinän minimi-raudoituksen vaatimalla raudoitusverkolla siihen asti kuin se on mahdollista. Verkot tulevat seinän molempiin pintoihin, ja lisäraudoitteet lisätään rakennesuunnitelmien mukaan. Mitoitukset EUROKOODI 2: Betonirakenteiden suunnittelu SFS-EN 1992-1-1 mukaan.

Seinän pystyraudoituksen ala on:

$$A_{s,vmin} = 0,002A_c \quad (8.22)$$

missä A_c on seinän poikkipinta-ala.

Pystytankoväli:

$$k = 3*b \text{ tai } k = 400 \text{ mm, sen mukaan kumpi on pienempi.} \quad (8.23)$$

Seinän vaakaraudoituksen ala on:

$$A_{s,hmin} = 0,25 A_{s,vmin} \quad (8.24)$$

missä $A_{s,vmin}$ on seinän pystyraudoituksen ala.

Vaakatankoväli:

$$k_{max} = 400 \text{ mm} \quad (8.25)$$

Raudoitusverkon A_s , kun verkko on seinän molemmissa pinnoissa:

$$A_s = 2 * \frac{h}{k} * \pi * r^2 \quad (8.26)$$

missä

h on tarkasteltava leveys/korkeus

k on terästankojen välinen etäisyys.

Elementin pieliteräkset:

BM-Porrashuoneessa käytetään pieliteräksiä, joihin on hitsattu U-lenkit kiinni. Tämän ansiosta elementin pielen tekeminen tehdään nopeammin ja mittatarkemmin kuin solmimalla U-lenkit yksitellen. Elementissä käytetään pieliteräksiä 2T12 ja U-lenkkejä T8 k200. (U-lenkkien pidempi sivumitta on 400 mm).

Ankkurointi - ja limityspituudet tulee laskea erikseen kohteessa käytettävien materiaalien ja tartuntaolosuhteiden mukaan. Jatkospituudet SFS-EN-1992-1-1 standardin kohtien 8.4 ja 8.7 ohjeiden mukaisesti.

5.5 Konsolin raudoitus

BM-Porrashuoneessa käytetään lähtökohtaisesti 200 mm x 200 mm kokoista betonista laattakonsolia. Mitoitukset lasketaan soveltaen lähdeä Rakentajain kalenteri 1992, sivut 330 - 339.

Konsolinraudoitustarpeeseen vaikuttaa metrikuorma F_{vd} . Kuorma saadaan konsolille kohdistuvasta kuormitusalueesta.

$$F_{vd} = 1,5K_{FI}F_q + 1,15K_{FI}F_g \quad (8.27)$$

missä

F_q on tason hyötykuorma

F_g on tason pysyväkuorma

Kun F_{vd} tiedetään, saadaan laskettua vaakasuora F_{hd} :

$$F_{hd} = k * F_{vd} \quad (8.28)$$

missä

$k = 0,2$ on neopreenilaakerin kitkakerroin.

$k = 0,5$ muissa tapauksissa.

F_{hd} :n jälkeen voidaan laskea ankkuroitava voima N_s :

$$N_s = \frac{F_{vd} * a}{z} + F_{hd} \left(1 + \frac{\Delta h}{z}\right) \quad (8.29)$$

missä

$z \approx 0,8 * d$, d =tehollinen korkeus tuen reunasta (ellei lasketa tarkemmin)

a on F_{hd} etäisyys seinästä ($a = 100$ mm)

Δh on neopreenin paksuus + terästen painopisteen etäisyys konsolin yläreunasta.

Konsolin hakojen teräsmäärä saadaan kaavasta:

$$A_{s,haat} = \frac{N_s}{F_{yd}} \quad (8.30)$$

Konsolin pitkittäisteräsmäärä saadaan kaavasta:

$$A_{s,pitkittäinen\ teräs} = \frac{F_h}{F_{yd}} \quad (8.31)$$

Terästen määrien lisäksi on tarkastettava betonin puristuskestävyys.

Konsolin betoni kestää mikäli;

$$N_{cw} \leq N_{cw,max} \quad (8.32)$$

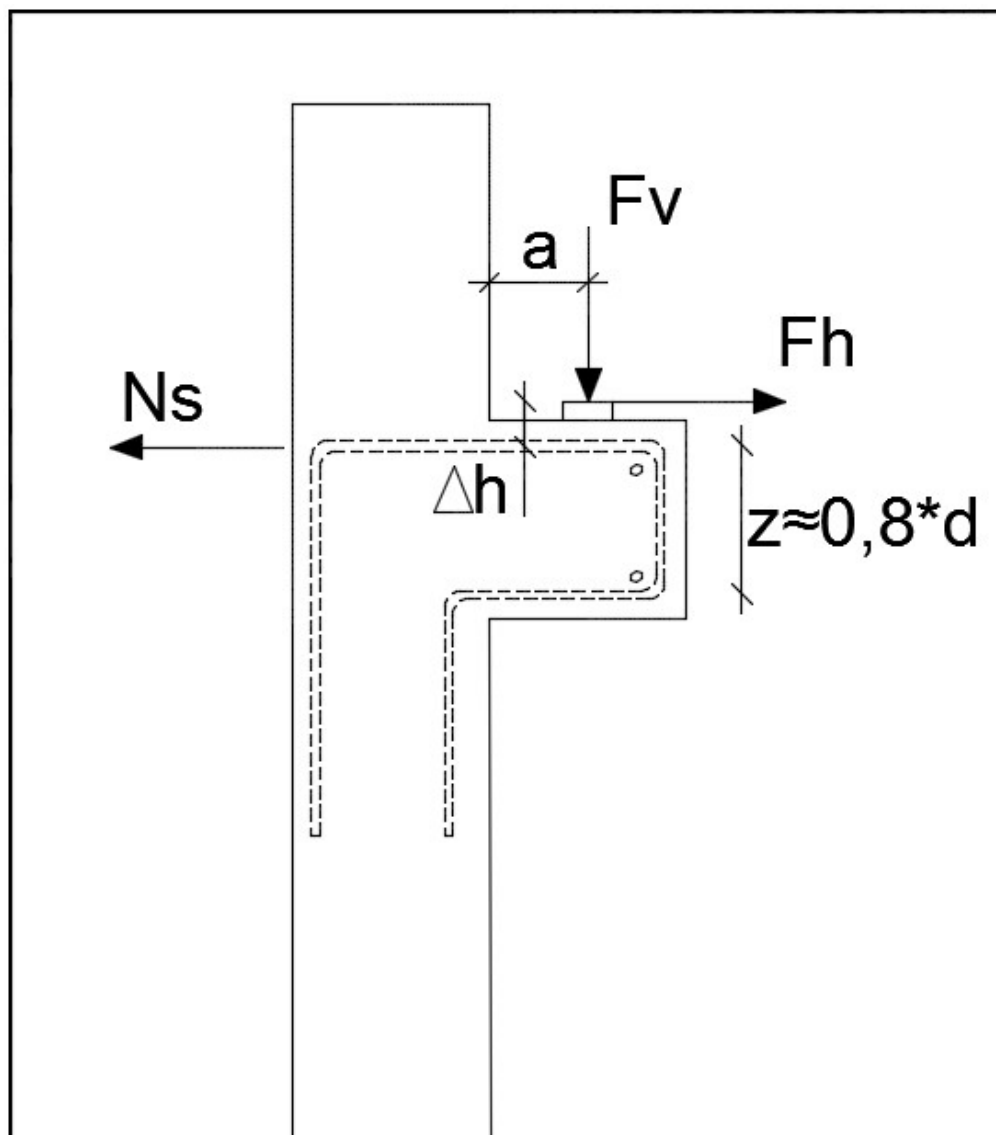
missä

$$N_{cw,max} = 0,15 * f_{cd} * b_w * d \quad (8.33)$$

ja

$$N_{cw} = F_{vd} \sqrt{1 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} \quad (8.34)$$

b_w on 1000 mm, kun konsoli mitoitetaan metrin levyiselle kaistalle.



Kuva 10: Konsoliin vaikuttavat voimasuureet.

5.6 Palomitoitus

BM-Porrashuoneen palomitoitus toteutetaan Suomen standardisoimisliiton SFS-EN-1992-1-2 mukaisella taulukkomitoituksella. Seinien standardi palonkestävyyden vaatima vähimmäissuojabetonin paksuuden taulukkomitoitus on esitetty taulukossa 6.

Taulukossa 6 esitetään kantavien betoniseinien vähimmäissuojabetonipaksuudet palotilanteessa. $\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd}$ on palotilanteen kuormilla lasketun seinäkuorman suhde seinän kestävyuden mitoitusarvoon normaalilämpötilassa. Varmalla puolella olevana arvona voidaan käyttää 0,7. (EUROKOODI 2: Betonirakenteiden suunnittelu SFS-EN 1992-1-2)

| Standardi- palon- kestävyys | Vähimmäismitat (mm) | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Seinän paksuus / keskiöetäisyys | | | |
| | $\mu_{fi} = 0,35$ | | $\mu_{fi} = 0,7$ | |
| | altistus toiselta puolelta | altistus molemmilta puolin | altistus toiselta puolelta | altistus molemmilta puolin |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| REI 30 | 100/10* | 120/10* | 120/10* | 120/10* |
| REI 60 | 110/10* | 120/10* | 130/10* | 140/10* |
| REI 90 | 120/20* | 140/10* | 140/25 | 170/25 |
| REI 120 | 150/25 | 160/25 | 160/35 | 220/35 |
| REI 180 | 180/40 | 200/45 | 210/50 | 270/55 |
| REI 240 | 230/55 | 250/55 | 270/60 | 350/60 |

* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä betonipeitteen paksuus on määräävä.

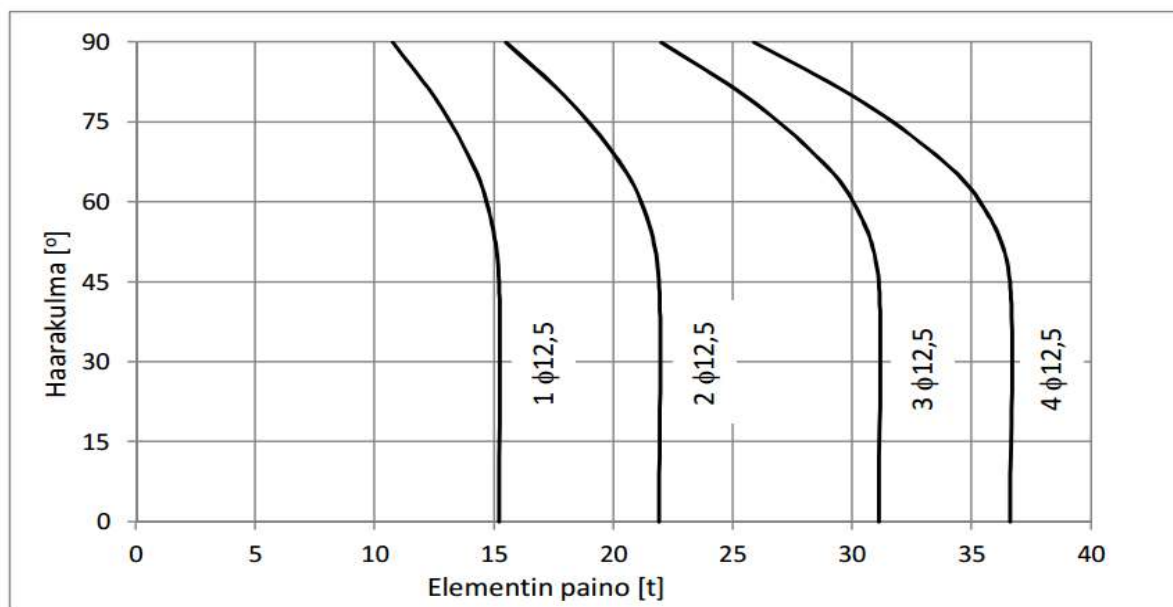
5.7 Nostolenkit

BM-Porrashuoneen nostolenkkeinä käytetään jännepunoksia. Tarvitaan neljä (4) nostopistettä, jotta porrashuone-elementti saadaan nostettua vakaasti. Nostopisteet sijaitsevat painopisteen mukaan porrashuoneen pitkillä sivuilla. Taulukosta 7 käy ilmi jännepunosten tartuntapituudet ja taulukosta 8 näkyy kuinka monta jännepunosta BM-Porrashuone elementtiin tarvitaan. (Betonimestarit Oy käyttää nostolenkeissä 12.5 SUP-P 1630/1860 jännepunosta. Jännepunos 12.5 SUP-P 1630/1860 on varmalla puolella verrattuna taulukoissa esitettyyn St1550/1770 jännepunokseen.)

Taulukko 7: Jännepunosten St1550/1770 tartuntapituudet. (Betoniteollisuus ry 2010, 27)

| | | Betonin lieriölujuus f_{ck} nostohetkellä | | | | | | | |
|---------------------------|-------------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ϕ [mm] | 12 [MPa] | 16 [MPa] | 20 [MPa] | 25 [MPa] | 30 [MPa] | 35 [MPa] | 40 [MPa] | 45 [MPa] | 50 [MPa] |
| Hyvät tartuntaolosuhteet | | | | | | | | | |
| 9,3 | 1500 | 1250 | 1100 | 900 | 800 | 750 | 700 | 650 | 600 |
| 12.5 | 1900 | 1600 | 1400 | 1200 | 1100 | 1000 | 900 | 850 | 800 |
| Huonot tartuntaolosuhteet | | | | | | | | | |
| 9,3 | 2050 | 1700 | 1500 | 1300 | 1150 | 1050 | 950 | 900 | 850 |
| 12,5 | 2750 | 2250 | 1950 | 1700 | 1500 | 1350 | 1250 | 1150 | 1100 |

Taulukko 8: Jännepunoslenkkien St1550/1770 valinta, lenkin taivutuskulma 45°, elementissä 2 nostolenkkiä (Betoniteollisuus ry 2010, 30).



Taulukkojen perusteella 3,6 metriä korkeaan ja 30 tonnia painavaan BM-Porrashuone-elementtiin tarvitaan yksi (1) halkaisijaltaan 12,5 mm jännepunos neljään (4) nurkkaan (nostohaarakulma enintään 45°). Näin ollen punosten yhteiskapasiteetiksi muodostuu 2 x 15,1 tonnia eli noin 30,2 tonnia. BM-Porrashuoneen noston täytyy tapahtua suoraan ylöspäin käyttäen nostopukkia, joka jakaa neljän nostopisteen kuorman siten ettei se aiheuta seinän sisäpintaan jännityksiä.

6 TEKNINEN VERTAILU

Teknisen vertailun lähtökohtana on neljästä (4) seinäelementistä koottu porrashuone, BM-Porrashuone, sekä betonista paikallavalettava porrashuonetorni. Teknisessä vertailussa vertaillaan eri rakennusvaihtoehtojen stabiliteetin kapasiteettieroja.

Liitteessä 2 on esitetty laskelmat rakennustapojen stabiliteeteista. Laskelman lähtökohtana on Insinööriopiskelija Joel Karjalaisen opinnäytetyössään suunnittelema toimistotalo. Vertailussa toinen porrashuonetorni on poistettu laskelmista ja sen ottamat vaakavoimat on siirretty suoraan yhdelle porrashuoneelle. Tällä menetelmällä laskelmille on saatu isommat kuormitukset, jotta rakennustapojen väliset erot olisivat selkeämmät. Laskelmien yksinkertaistamisen vuoksi kiertymistä aiheutuvia vaikutuksia ei ole lisätty laskelmiin. Laskelmissa ei myöskään ole huomioitu porrashuoneen ulkopuolisia kuormituksia, vaan porrashuoneen omat seinät aiheuttavat kaikki kuormitukset tässä laskelmassa. Vertailussa tutkitaan ainoastaan rakennustavoista johtuvia eroja. Ulkopuolisten rakenteiden lisääminen laskelmiin toisi kaikille vaihtoehdoille saman edun pystyssä pitävään momenttiin.

Vertailussa käytettävien seinien mitat (kuvien 5 ja 6 mukaisesti):

- Kaikkien seinien $h=3,6$ m

Levyseinät:

- 1 ja 2: $L=5,8$ m ja $b=0,2$ m
- 4: $L=2,6$ m ja $b=0,2$ m
- 5: $L=3,0$ m ja $b=0,2$ m, lisäksi seinän keskellä on oviaukko (mitat $h=2,2$ m $L=1,0$ m)

BM-Porrashuone ja paikallavalettu porrashuonetorni

- 1: $L=6,0$ m ja $b=2 \times 0,2$ m= $0,4$ m
- 2: $L=3,0$ m ja $b=2 \times 0,2$ m= $0,4$ m

(Seinien mittoihin ei ole huomioitu saumoja. Pysty- ja vaakasauma 20 mm.)

Rakennuksen stabiliteetti voidaan laskea mastotornille joko osissa tai yhtenäisenä profiilina. Molemmissa tapauksissa seinän jäykkyyksien suhde $[k/\Sigma k]$ on kaikille tapauksille sama. Tästä seuraa, että levyseinät 1 ja 2 ottavat yhteensä saman vaakakuorman kuin BM-Porrashuone Y suuntaan. Erona laskennassa on se, että paikallavaletussa ja BM-Porrashuoneessa yhtenäisen valun vuoksi voidaan seinien pituudet laskea seinien ulkomitoista tarvittavaan suuntaan. Tämän oletuksen perusteella seinäkenkien ja jäykistysraudoituksen sijainnit ovat lähempänä nurkkia, josta seuraa pystyssä pitävään momenttiin pidempi momenttivarsi. Yhtenäisen valun vuoksi nurkkien leikkauskapasiteetti saadaan suuremmaksi raudoituksen ja betonin avulla, kuin normaalisti elementtien pystysaumoissa käytettävillä vaijerilenkeillä (vertailussa käytetty PVL80 vaijerilenkkiä (peikko.fi)). Merkittävänä erona levyseinävaihtoehdon ja BM-Porrashuoneen välillä on niissä käytettävien seinäkenkien lukumäärä (vertailussa on käytetty ASL seinäkenkätuotteita). Normaalisissa elementtirakentamisissa seinään on laitettava kaksi (2) seinäkenkää stabiliteetin ja asentamisen vuoksi, mikäli rakenteeseen kohdistuu vetoa. Seinien vaakaliitoksessa voidaan käyttää harjaterästappeja seinäkenkien sijasta, jos rakenne on kokonaan puristettu. BM-Porrashuoneessa seinäkenkiä tulee pääsääntöisesti vain kahdelle pitkälle sivulle, josta johtuen seinäkenkien lukumäärä putoaa kahdeksasta (8) neljään (4). Mikäli pidemmän sivun seinäkengät eivät riitä, voidaan seinäkenkiä lisätä myös BM-porrashuoneen lyhemmille sivuille.

Levyseinien vaakaliitoksessa ja BM-Porrashuoneessa voidaan käyttää tappiliitosta, mikäli rakenne on kokonaan puristettu.

Liitteessä 2 esitetystä teknisestä vertailusta käy ilmi, että levyseinän 1 ja 2 lopullinen vetojännitys on maksimissaan 178 kN, eli seinien vetovoima on yhteensä maksimissaan 356 kN. Vastaava luku BM-Porrashuoneen Y-suuntaan on noin 5,9 % vähemmän kuin levyseinävaihtoehdolla, eli 335 kN. Vertailussa paikallavalettua tornia (maksimiveto 305 kN) ja BM-Porrashuonetta, huomataan paikallavaletun porrashuoneen vetovoiman olevan 9,0 % pienempi kuin BM-Porrashuoneen. Voidaan siis päätellä, ettei porrashuoneella saavuteta merkittävästi lisää stabiliteettiä suuntaan Y levyseinään verrattuna. Tarkastellessa huoneen lyhempää ja heikompaa suuntaa (suunta X), huomataan levyseinien 4 ja 5 muodostuvan ankkuroitavaa vetovoimaa yhteensä 237 kN. Vastaava luku BM-Porrashuoneella on 171 kN eli noin 28 % vähemmän kuin levyseinillä. Lisäksi vertailussa paikallavalettua porrashuonetta (maksimiveto 165 kN) BM-Porrashuoneeseen, jää rakenteiden ankkuroitavan vetovoiman eroksi 3,5 %. Vertailun tulokset ovat esitetty vain oikeanpuoleiselle kaatumiselle.

Yhteenvedon levyseinävaihtoehdon ja BM-Porrashuoneen välisestä vertailusta voidaan sanoa, että seinäkenkien paremmasta sijoittelukyvyistä johtuen BM-Porrashuoneen stabiliteetti rakennuksen Y suuntaan on hieman parempi kuin normaalien elementtien. Suuntaan X stabiliteetti on puolestaan neljänneksen parempi. BM-Porrashuoneessa ja paikallavaletussa vastaavanlaisessa porrashuoneetornissa eroa oli lähinnä rakennuksen Y suunnassa. (Tulokset saatu vain tässä vertailussa.)

Yhteenvedon perusteella voidaan todeta, että BM-Porrashuone on rakenneteknisiltä ominaisuuksiltaan parempi kuin vastaavat levyelementtiseinät. BM-Porrashuoneen jäykistyskapasiteetti ei kuitenkaan yllä vertailussa paikallavaletun porrashuoneen tasolle. Betonimestarit Oy selvittää BM-Porrashuoneen teknisten ominaisuuksien riittävyyden suhteessa sen käyttötarkoituksiin, muodostaen näin kokonaisvaltaisen kuvan BM-Porrashuoneen hyödyllisyydestä.

7 KUSTANNUSVERTAILU

Kustannusvertailu eri toteutustapojen välillä ei sisälly opinnäytetyöhön, vaan sen toteuttaa Beto-nimestarit Oy omana työnään. Yritys arvioi samalla BM-Porrashuoneen todellisen kannattavuuden ja kustannukset huomioiden elementtien tuomat hyödyt työmaan ja tehtaan näkökulmasta.

Kustannusvertailussa käsitellään rakennustapojen hyviä ja huonoja puolia, sekä niistä aiheutuvia kustannuksia. Levyseinissä hyviä puolia ovat niiden asennusten ja kuljetusten helppous. Levyseinät painavat maksimissaan 10,5 tonnia, joten työmaalle ei tarvitse erikoisnosturia asennuksen ajaksi. Lisäksi niiden kuljetus tehtaalta työmaalle on helpompaa kuin BM-Porrashuoneen kuljetus. BM-Porrashuone painaa noin 30 tonnia ja on 3,6 metriä korkea, joten elementtien kuljettaminen on mahdollista ainoastaan yksi kerrallaan. Elementin paino vaatii erikoisnosturin ja nostot tulee tapahtua mahdollisimman lähellä lopullista elementin sijoitusta. Hyvänä puolena BM-Porrashuoneessa voidaan pitää sen pystysaumattomuutta, minkä vuoksi asennusta hidastavat pystysaumaukset jäävät työvaiheista pois. BM-Porrashuone voidaan asentaa lopulliseen korkeuteensa kerralla, eikä asennukseen tarvitse erillisiä tukia, sillä elementti pysyy pystyssä oman muotonsa ansiosta. Paikallavalurakentamisen ja elementtirakentamisen suurimpana erona on niiden asennusnopeus. Paikallavaluseinät vaativat työmaalla tehtävän seinän muotin, raudoituksen ja betonoinnin. Lisäksi paikallavaletuissarakenteissa on muistettava betonin kovettumisaika ja seinämuottien poistamiseen tarvittava aika. Levyseinäelementit voidaan puolestaan valaa tehtaassa elementtien valmistukseen tarkoitetuilla työpöydillä, ja BM-Porrashuone sille rakennetussa pystymuotissa. Näin ollen elementtivaihtoehdoissa ei tarvitse odotella työmaan kovettumisaikoja, vaan asentaminen voidaan aloittaa elementtitoimituksen saapessa työmaalle.

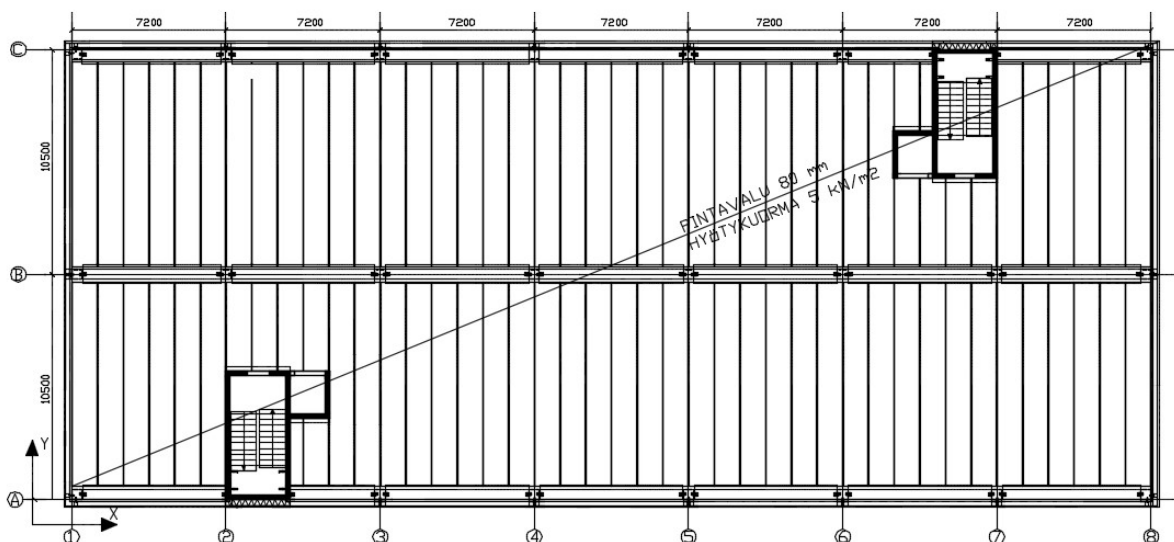
Kustannuksiin vaikuttavia säästöjä syntyy myös erikoisosista, joita tarvitaan elementtiseiniin. Seuraavassa taulukossa on esitelty elementtitarvikkeiden vähimmäismäärät yhden (1) kerroksen korkeudella.

Taulukko 9: Vertailu elementtivarusteiden määristä (paikallavalettuun porrashuoneeseen ei tarvita taulukossa mainittuja osia)

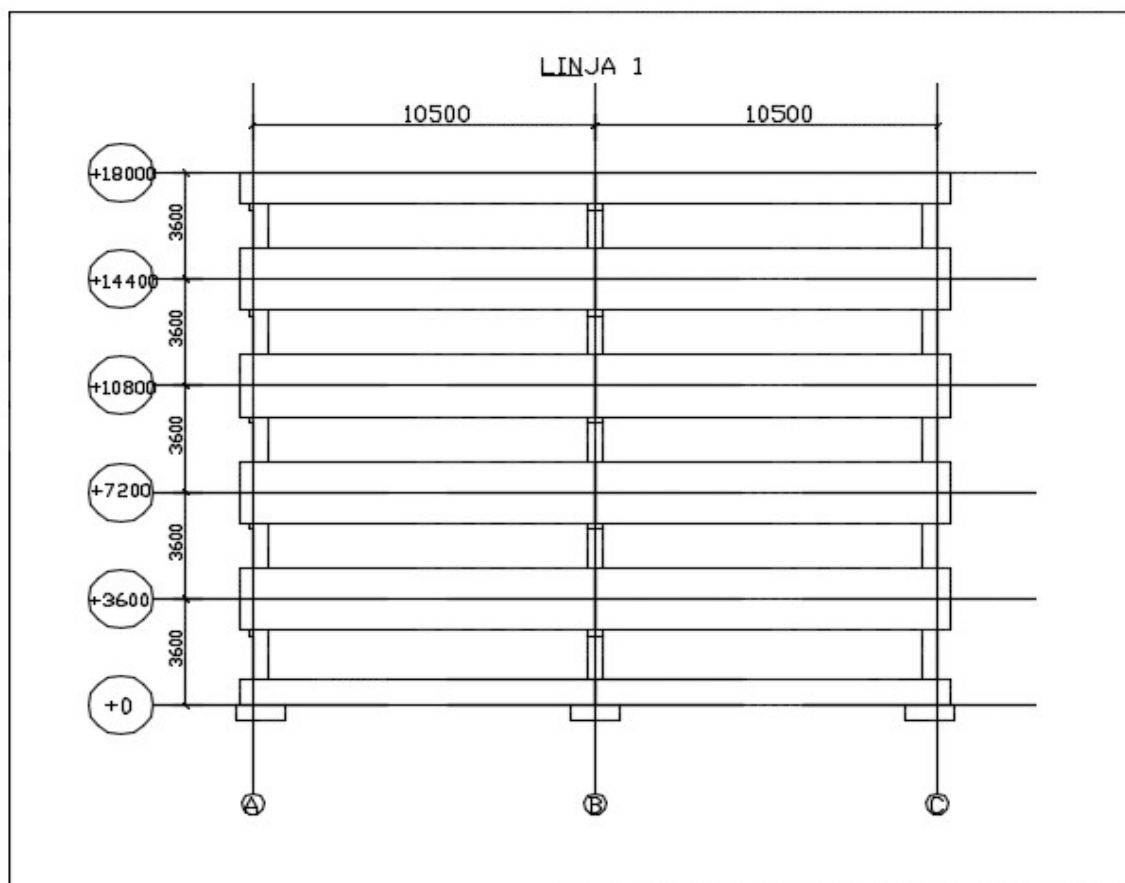
| Elementtitarvikkeet | Levyseinät | BM-Porrashuone |
|----------------------|------------|----------------|
| PVL80 | >112 kpl | 0 kpl |
| SBKL | 8 kpl | 0 kpl |
| ASL 30 + AHP30 | 8 kpl | 4 kpl |
| Valuankkurit "vemot" | 8 kpl | 0 kpl |
| Nostolenkit | 8 kpl | 4 kpl |

8 ESIMERKKILASKELMA BM-PORRASHUONEESTA

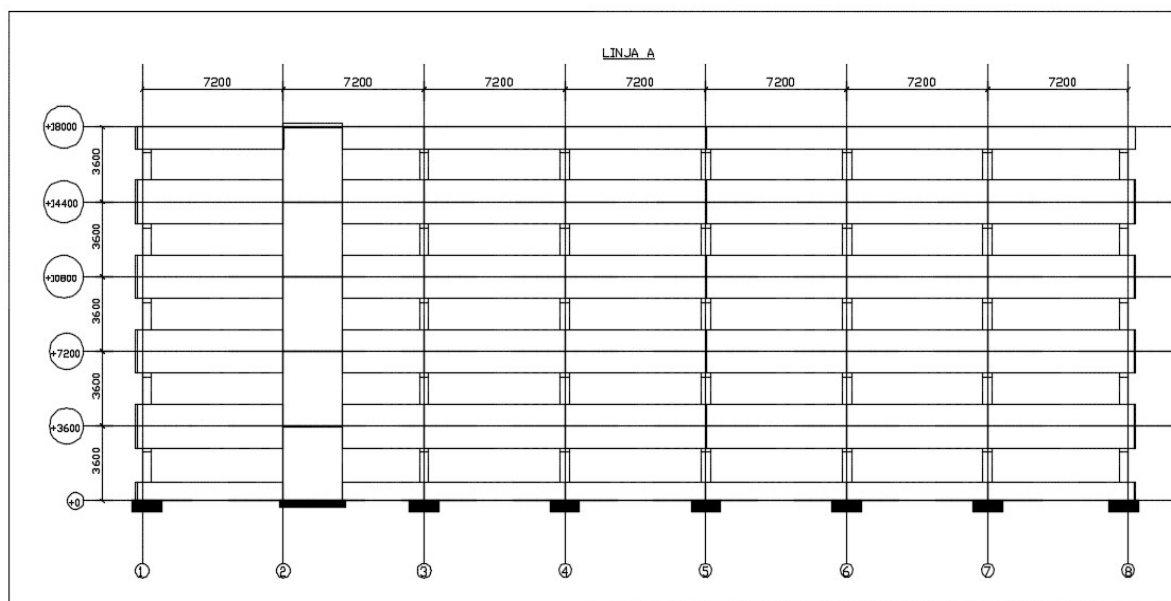
Esimerkkilaskelma perustuu Joel Karjalaisen 2016 toteuttamaan opinnäytetyöhön "Toimistotalokonsepti myynnin ja suunnittelunohjauksen työkaluksi". Joel Karjalaisen esittämän toimistotalon pohjaratkaisu on kuvan 11 mukainen. Toimistotalon kerroskorkeus on 3,6 metriä. Kuvissa 12 ja 13 on esitetty toimistotalon julkisivuelementtikaaviot.



Kuva 11: Toimistotalon pohjapiirustus (muokattu lähteestä Karjalainen 2016). Kohteessa on kaksi (2) BM-Porrashuonetta ja molempiin niihin liittynyt hissikuilu.



Kuva 12: Toimistotalon lyhempi julkisivu (muokattu lähteestä Karjalainen 2016)



Kuva 13: Toimistotalon pidempi julkisivu (muokattu lähteestä Karjalainen 2016)

Kuvissa 12 ja 13 ei ole huomioitu ylimmän kerroksen ontelolaattojen päälle rakennettavaa kattoa, mutta liitteen 1 laskelmissa katon korkeudeksi on arvioitu yksi (1) metri. Kattorakenteiksi on ajateltu paperieristettä, pintavalua ja huopakatetta (omapaino on noin 8 kN/m²)

8.1 Lähtötiedot

- betoninrasitusluokka XC1
- betoninlujuus C30/37
- toleranssit: Normaaliluokka/Betonelementtien toleranssit 2011 sekä SFS-EN 1992-1-1 liitteen A taulukon A.1 mukaisten tiukennettujen toleranssien mukaan.
- seuraamusluokka CC2
- maastoluokka 3
- käyttöikä 50 vuotta
- Suunnittelu toteutetaan
- tasokuormat:
 - 1-4 krs:
 - hyötykuorma $Q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$
 - pysyväkuorma $G_k = 6,0 \text{ kN/m}^2$
 - pintalaatta 80 mm: 2,0 kN/m²
 - ontelolaatta 320, saumattuna: 4,0 kN/m²
 - 5 krs (katto)
 - lumikuorma $Q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
 - pysyväkuorma $G_k = 8,0 \text{ kN/m}^2$
 - kattoeristeet (kevytsora/papu), huopakate ja pintavalu: 4,0 kN/m²
 - ontelolaatta 320, saumattuna: 4,0 kN/m²

8.2 Suojabetoni

Esimerkkilaskelmassa BM-Porrashuoneen rasitusluokka on XC1, jonka seurauksena $c_{\min, \text{dur}} = 10 \text{ mm}$. BM-Porrashuone valetaan muottipintaa vasten, joten Δc_{dev} on 10 mm, (Betonirakenteiden suunnitteluohje RIL202-2011/by61, 25 - 28). Näin ollen kaavalla (8.1) suojabetoni on minimissään:

$$c_{\text{nom}} = c_{\text{min}} + \Delta c_{\text{dev}}$$

$$c_{\text{nom}} = 10 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$$

8.3 Rakennuksen stabiiliteettilaskelma

Katso Liite 1: BM-Porrashuoneen stabiiliteettilaskelma

Stabiiliteettilaskelmasta käy ilmi, että kyseisessä suunnittelukohteessa seinät ovat kauttaaltaan puristettuja. Näin ollen rakennuksen stabiiliteetin takaamiseksi ei tarvita lisäkiinnitysosia, mutta asennuksen helpottamiseksi ja jatkuvan sortumisen estämiseksi laitetaan BM-Porrashuoneen pitkille sivuille 0,3 m päähän ulkoreunasta Anstar Oy:n ASL30 seinäkenkä. Seinäkenkiä tulee yhteensä neljä (4) kappaletta perinteisen kahdeksan (8) sijasta.

Laskelmien mukaan BM-Porrashuoneen nurkkaan kohdistuvaa leikkausvoimaa voidaan hallita betonin leikkauslujuudella, joten nurkkaan ei tarvita erillistä nurkkaraidoitusta. Myöskään elementtien vaakasaumassa ei tarvita tapitusta, sillä sauman kitkavoima estää rakenteiden välisen liukuman.

8.4 Raidoitus

BM-Porrashuoneen seinän raidoitus toteutetaan seinän minimi-raidoituksen vaatimalla raidoitusverkolla. Raidoitusverkot tulevat seinän molempiin pintoihin.

Seinän pystyraidoituksen ala lasketaan kaavalla (8.22)

$$A_{s, \text{vmin}} = 0,002 A_c$$

$$A_{s, \text{vmin}} = 0,002 * b * h = 0,002 * 200 \text{ mm} * 1000 \text{ mm}$$

$$= 400 \text{ mm}^2$$

Pystytankoväli lasketaan kaavalla (8.23)

$$k = 3 * b \text{ tai } k = 400 \text{ mm, sen mukaan kumpi on pienempi.}$$

Tästä seuraa $k = 400 \text{ mm}$

Seinän vaakaraidoituksen ala lasketaan kaavalla (8.24)

$$A_{s, \text{hmin}} = 0,25 A_{s, \text{vmin}}$$

$$A_{s, \text{hmin}} = 0,25 * 400 \text{ mm}^2 = 100 \text{ mm}^2$$

Vaakatankoväli:

$$k_{\text{max}} = 400 \text{ mm}$$

BM-Porrashuoneen seinän raudoituksessa käytettävän verkon määritys olettaen verkon olevan #T8-200 molemmissa seinän pinnoissa lasketaan kaavalla:

$$2 * \frac{h}{k} * \pi * r^2 = 2 * \frac{1000\text{mm}}{200\text{mm}} * \pi * (4\text{mm})^2 \approx 503 \text{ mm}^2/\text{m}^2 \quad (8.26)$$

→ verkko #T8-200 molempiin pintoihin.

Limityspituus:

200/200 verkoissa käytetään betonin ollessa C30/37 limityspituutta vähintään 400 mm, eli kaksi silmäväliä. Nurkissa rauditusverkko käännetään nurkan yli.

Elementin pieliteräkset:

BM-Porrashuoneessa käytetään pieliteräksiä, joihin U-lenkit on hitsattu kiinni. Tämän ansiosta elementin pielien tekeminen saadaan tehtyä nopeammin ja mittatarkemmin kuin solmimalla U-lenkit yksitellen. Elementissä käytetään pieliteräksiä 2T12 ja U-lenkkejä T8 k200. (U-lenkkien pidempi sivumitta on 400 mm).

Jatkospituudet:

Harjateräksellä T12 betonin ollessa C30/37 käytetään jatkospituutta 600 mm.

8.5 Konsoli

Konsolin rauditus lasketaan kappaleessa 8.5 esitetyillä kaavoilla. Kerroksissa 1-4 on suurin F_{vd} , joten lasketaan sen perusteella konsolin rauditus metrin kaistalle.

$$F_{vd} = 1,5K_{FI}F_q + 1,15K_{FI}F_g$$

$$F_{vd} = 1,5 * 1,0 * 17 \text{ kN} + 1,15 * 1,0 * 16 \text{ kN}$$

$$F_{vd} \approx 33 \text{ kN}$$

$$F_h = k * F_{vd}$$

$$F_h = 0,2 * 33 \text{ kN}$$

$$F_h = 6,6 \text{ kN}$$

$$d = 200 \text{ mm} - 24 \text{ mm} = 176 \text{ mm}$$

$$z = 0,8 * d = 0,2 * 176 \text{ mm} = 141 \text{ mm}$$

$$a = 100 \text{ mm}$$

$$N_s = \frac{F_{vd} * a}{z} + F_h \left(1 + \frac{\Delta h}{z}\right)$$

$$N_s = \frac{33 \text{ kN} * 100 \text{ mm}}{141 \text{ mm}} + 6,6 \text{ kN} \left(1 + \frac{44 \text{ mm}}{141 \text{ mm}}\right)$$

$$N_s \approx 32 \text{ kN}$$

$$F_{yd} = \frac{F_{yk}}{\gamma}$$

$$F_{yd} = \frac{500 \text{ MPa}}{1,1}$$

$$F_{yd} = 455 \text{ MPa}$$

Konsolin hakojen teräsmäärä saadaan seuraavasta kaavasta:

$$A_{s,haat} = \frac{N_s}{F_{yd}}$$

$$A_{s,haat} = \frac{32 \text{ kN}}{455 \text{ MPa}}$$

$$A_{s,haat} = 70,3 \text{ mm}^2$$

Haat T8k500

Konsolin pitkittäisteräsmäärä saadaan käyttäen tiukennettuja toleransseja kaavasta:

$$A_{s,pitkittäinen \text{ teräs}} = \frac{F_h}{F_{yd}}$$

$$A_{s,pitkittäinen \text{ teräs}} = \frac{6,6 \text{ kN}}{455 \text{ MPa}}$$

$$A_{s,pitkittäinen \text{ teräs}} = 15 \text{ mm}^2$$

Pieliteräkset 2T12

Betonin puristuskestävyys.

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma}$$

$$f_{cd} = 0,85 \frac{30 \text{ MPa}}{1,35} = 18,9 \text{ MPa}$$

Tarkastellaan $N_{cw,max}$ yhden (1) metrin matkalta

$$N_{cw,max} = 0,15 * f_{cd} * b_w * d$$

$$N_{cw,max} = 0,15 * 18,9 \text{ MPa} * 176 \text{ mm}$$

$$N_{cw,max} = 499,0 \text{ kN/m}$$

$$N_{cw,d} = F_{vd} \sqrt{1 + \left(\frac{a}{2}\right)^2}$$

$$N_{cw,d} = 33 \text{ kN} \sqrt{1 + \left(\frac{0,1 \text{ m}}{2}\right)^2}$$

$$N_{cw,d} = 33 \text{ kN}$$

$$N_{cw,d} \leq N_{cw,max}$$

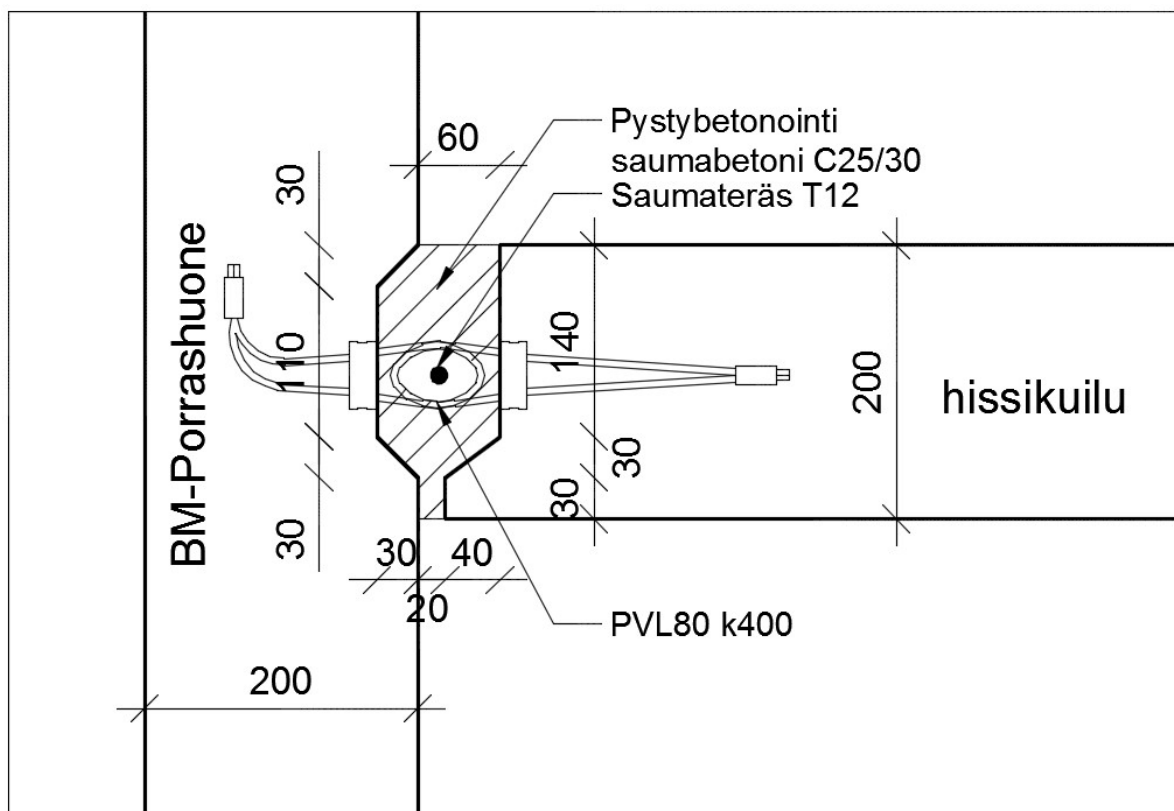
$$33 \text{ kN} \leq 499,0 \text{ kN/m}$$

OK! Kestää!

8.6 Liitokset muihin rakenteisiin

BM-Porrashuoneen ulkopuolelle liittyy hissikuilu vaarnaura + vaijerilenkki liitoksella (kuva 14). Lisäksi Porrashuoneen sivuille liittyy JK-palkit piilokonsoleilla. Porrashuoneen sisäpuolella on aina vähintään lepotaso, kerrostasanne ja kaksi porrashuonetta, jotka tukeutuvat tasanteisiin. Lepotaso liittyy BM-porrashuoneen seiniin esimerkiksi RVK-bokseilla ja kerrostasanteelle seinien yläosassa on loveukset, joihin tasanne upotetaan. Kerrostasanne voidaan toteuttaa myös RVK-bokseilla, kuten lepotasot.

Porrashuoneeseen liittyvän hissikuilun x- suuntaisen seinän jäykkyys on 0,005 liitteen 1 mukaan. Tämän tiedon perusteella liitteen 1 kuormilla ja kappaleen 8.3.4 kaavoilla saadaan laskettua vaijerilenkkiliitokselle syntyvä kuormitus. Sauman yli kulkee 98 kN/m voima, joten liitoksen paikalla pysymiseen tarvitaan PVL80 k400 liitos.



Kuva 14: Hissikuilu liittyy BM-Porrashuoneen seinään vaijerilenkkiliitoksella.

BM-Porrashuoneeseen liittyvän JK-palkin teräspiilokonsolille tuleva kuormitus voidaan laskea liitteen 1 kappaleesta pistekuormat; nurkkaa 1 kohdistuvien kuormien perusteella. Maksimikuormitus on kerroksissa 1-4, siellä teräspiilokonsolille tuleva kuorma murtotilarajassa on noin 272 kN. JK-palkin ja seinän väliin sopii esimerkiksi Anstar Oy AEP-piilokonsoli järjestelmä. Teräspiilokonsoliksi valitaan laskelmien perusteella AEP400S ja AEP400PA. BM-Porrashuoneeseen liittyy myös toinen, kuormitusaltaan huomattavasti pienempi JK-palkki, joten sen mitoituksesi riittää edellä laskettu teräspiilokonsoli.

8.7 Esimerkki mallielementtisarjasta

Liitteessä 3 on esitetty BM-Porrashuoneen mallielementtipiirrossarja. Liitteessä on esitelty myös vastaavan porrashuoneen elementtikuvat toteutettuna levyseinistä.

LÄHTEET

ASL SEINÄKENKÄ. [verkkoaineisto]. [viitattu 2016-02-20] Saatavissa: <http://www.anstar.fi/wp-content/uploads/2013/02/Seinakenkaesite-8-2013.pdf>

BETONIRAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE: RIL 202-2011/by61. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Betoniteollisuus ry. [verkkoaineisto] 2010. [viitattu 2016-03-01] Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22634/Laskentaperiaatteet.pdf>

Betoniteollisuus ry [verkkoaineisto] Betonielementtien nostolenkit ja – ankkurit 2010 + Muutokset 2014_07. [viitattu 2016-03-01] Saatavissa: http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23860/Betonielementtien_nostolenkit_ja_-ankkurit_2010%20+%20Muutokset_2014_07.pdf

Elementtisuunnittelu.fi. a [verkkoaineisto]. [viitattu 2016-03-26] Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/rakenteellinen-toiminta/sailyvyys>

Elementtisuunnittelu.fi. b [verkkoaineisto]. [viitattu 2016-03-26] Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/portaat>

EUROKOODI 2: BETONIRAKENTEIDEN SUUNNITTELU. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. SFS-EN 1992-1-1 [viitattu 2016-02-23] Helsinki: Suomen Standardoimisliitto. Saatavissa: <http://www.eurocodes.fi/1992/1992-1-1/contents1992-1-1.htm>

EUROKOODI 2: BETONIRAKENTEIDEN SUUNNITTELU. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus. SFS-EN 1992-1-2 [viitattu 2016-02-23] Helsinki: Suomen Standardoimisliitto. Saatavissa: <http://www.eurocodes.fi/1992/1992-1-2/Contents1992-1-2.htm>

KARJALAIEN, Joel 2016. Toimistotalokonsepti myynnin ja suunnittelunohjauksen työkaluksi. Savonia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Julkaisematon Opinnäytetyö

Leskelä, M. 2008. By 210, betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Peikko.fi [verkkoaineisto] PVL-vaijerilenkki. Seinäelementtien pystysaumaliitoksiin. Tekninen käyttöohje 2012. [viitattu 2016-02-20] Saatavissa: <http://materials.crasman.fi/materials/extloa-der/?fid=9860&org=2&chk=fd4ade16>

PÄIVÖKE, Natalia 2012. Rakennusta jäykistävän profiilimaston vääntöjäykkyyden osuus rasiusten jakaumassa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

RTT Rakennustuoteteollisuus ry, betonteollisuusjaosto 1995, Valmisosarakentaminen 2; osa G, Elementtirakennuksen jäykistys

Rakentajain kalenteri 1992 osa 1: käsikirja. Rakentajain kustannus 1991.

SUUNNITTELUNPERUSTEET JA RAKENTEIDEN KUORMAT: RIL201-1-2008. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

LIITTEET

Liite 1: BM-Porrashuoneen stabiileettilaskelma

Kuormat

| | | |
|----------------------|---------|-----------------------|
| <u>1-4 krs.</u> | | |
| Hyötykuorma | $Q_k =$ | 5,0 kN/m ² |
| Pysyväkuorma | $G_k =$ | 6,0 kN/m ² |
| <u>5krs. (katto)</u> | | |
| Lumikuorma | $Q_k =$ | 2,0 kN/m ² |
| Pysyväkuorma | $G_k =$ | 8,0 kN/m ² |

Seuraamusluokka CC2

$$K_{FI} = 1,0$$

Kuormitustapaukset

$$KT1: 1,5K_{FI}Tuuli + 1,05K_{FI}Q_{k,i} + 1,15K_{FI}G_k$$

$$KT2: 1,5K_{FI}Tuuli + 0,9K_{FI}G_k$$

Rakennuksen kerrosala (A)

$$A = 1060 \text{ m}^2$$

Toimistotalo

Kuormaluokka B:

Varmuuskertoimet kuormitustapauksille:

| | | |
|--------------|------|---------|
| Tuulikuorma | 1,5 | |
| Hyötykuorma | 1,05 | |
| Lumikuorma | 1,05 | |
| Pysyväkuorma | 1,15 | tai 0,9 |

Tason pystykuorma (N_d)

| Krs | KT1 | | KT2 | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|----|
| | G_k | Q_k | N_d | N_d | |
| 5 | 8480 | 2120 | 11978 | 9858 | kN |
| 4 | 6360 | 5300 | 12879 | 11289 | kN |
| 3 | 6360 | 5300 | 12879 | 11289 | kN |
| 2 | 6360 | 5300 | 12879 | 11289 | kN |
| 1 | 6360 | 5300 | 12879 | 11289 | kN |

Tuulikuorma

Maastoluokka 3

$$\text{Rakennekerroin } c_s c_d = 0,9$$

$$\text{Voimakerroin } c_f = 1,4 \quad \text{Pidempi sivu}$$

$$\text{Voimakerroin } c_f = 0,9 \quad \text{Lyhempi sivu}$$

Tuulipinta-ala (A_i)

$$A_{y,1-4} = 181,4 \text{ m}^2$$

$$A_{y,5} = 141,12 \text{ m}^2$$

Rakennuksen tuulipinnan mitat

$$h_{1-4} = 3,6 \text{ m}$$

$$h_5 = 2,8 \text{ m}$$

$$L = 50,4 \text{ m}$$

$$B = 21 \text{ m}$$

$$A_{x,1-4} = 75,6 \text{ m}^2$$

$$A_{x,5} = 58,8 \text{ m}^2$$

Tuulikuorma suuntaan Y

| Krs | $q_0(h)$ | W_k [kN] | W_d [kN] |
|-----|----------|------------|------------|
| 5 | 0,58 | 103 | 155 |
| 4 | 0,54 | 123 | 185 |
| 3 | 0,48 | 110 | 165 |
| 2 | 0,41 | 94 | 141 |
| 1 | 0,35 | 80 | 120 |

Tuulikuorma suuntaan X

| Krs | $q_0(h)$ | W_k [kN] | W_d [kN] |
|-----|----------|------------|------------|
| 5 | 0,58 | 28 | 41 |
| 4 | 0,54 | 33 | 50 |
| 3 | 0,48 | 29 | 44 |
| 2 | 0,41 | 25 | 38 |
| 1 | 0,35 | 21 | 32 |

Lisävaakavoimat

| <u>Suuntaan Y</u> | | KT1 | KT2 |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Krs | H _{d1} [kN] | H _{d1} [kN] | H _{d1} [kN] |
| 5 | 47,9 | 39,4 | |
| 4 | 51,5 | 45,2 | |
| 3 | 51,5 | 45,2 | |
| 2 | 51,5 | 45,2 | |
| 1 | 51,5 | 45,2 | |

| <u>Suuntaan X</u> | | KT1 | KT2 |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Krs | H _{dt} [kN] | H _{dt} [kN] | H _{dt} [kN] |
| 5 | 79,9 | 65,7 | |
| 4 | 85,9 | 75,3 | |
| 3 | 85,9 | 75,3 | |
| 2 | 85,9 | 75,3 | |
| 1 | 85,9 | 75,3 | |

Rakennuksen vaakakuormat kerroksittain

KT1

Suuntaan Y

| Krs | W _d [kN] | H _{d1} [kN] | F _d [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|---------------------|
| 5 | 155 | 48 | 203 |
| 4 | 185 | 52 | 237 |
| 3 | 165 | 52 | 216 |
| 2 | 141 | 52 | 192 |
| 1 | 120 | 52 | 172 |

Suuntaan X

| Krs | W _d [kN] | H _{dt} [kN] | F _d [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|---------------------|
| 5 | 41 | 80 | 121 |
| 4 | 50 | 86 | 135 |
| 3 | 44 | 86 | 130 |
| 2 | 38 | 86 | 124 |
| 1 | 32 | 86 | 118 |

KT2

Suuntaan Y

| Krs | W _d [kN] | H _{d1} [kN] | F _d [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|---------------------|
| 5 | 155 | 39 | 194 |
| 4 | 185 | 45 | 230 |
| 3 | 165 | 45 | 210 |
| 2 | 141 | 45 | 186 |
| 1 | 120 | 45 | 165 |

Suuntaan X

| Krs | W _d [kN] | H _{dt} [kN] | F _d [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|---------------------|
| 5 | 41 | 66 | 107 |
| 4 | 50 | 75 | 125 |
| 3 | 44 | 75 | 119 |
| 2 | 38 | 75 | 113 |
| 1 | 32 | 75 | 107 |

Pistekuormat

$$\text{Pistekuorma } Q = A \times Q_k$$

$$\text{Pistekuorma } G = A \times G_k$$

Nurkka 1:

- Kuormitusala $A = \frac{10,5 \text{ m} \times 7,2 \text{ m}}{4} = 18,9 \text{ m}^2$
- 5krs $Q = 18,9 \text{ m}^2 \times \frac{2,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 37,8 \text{ kN}$
- 5krs $G = 18,9 \text{ m}^2 \times \frac{8,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 151,2 \text{ kN}$
- 1 – 4krs $Q = 18,9 \text{ m}^2 \times \frac{5,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 94,5 \text{ kN}$
- 1 – 4krs $G = 18,9 \text{ m}^2 \times \frac{6,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 113,4 \text{ kN}$

Nurkka 2:

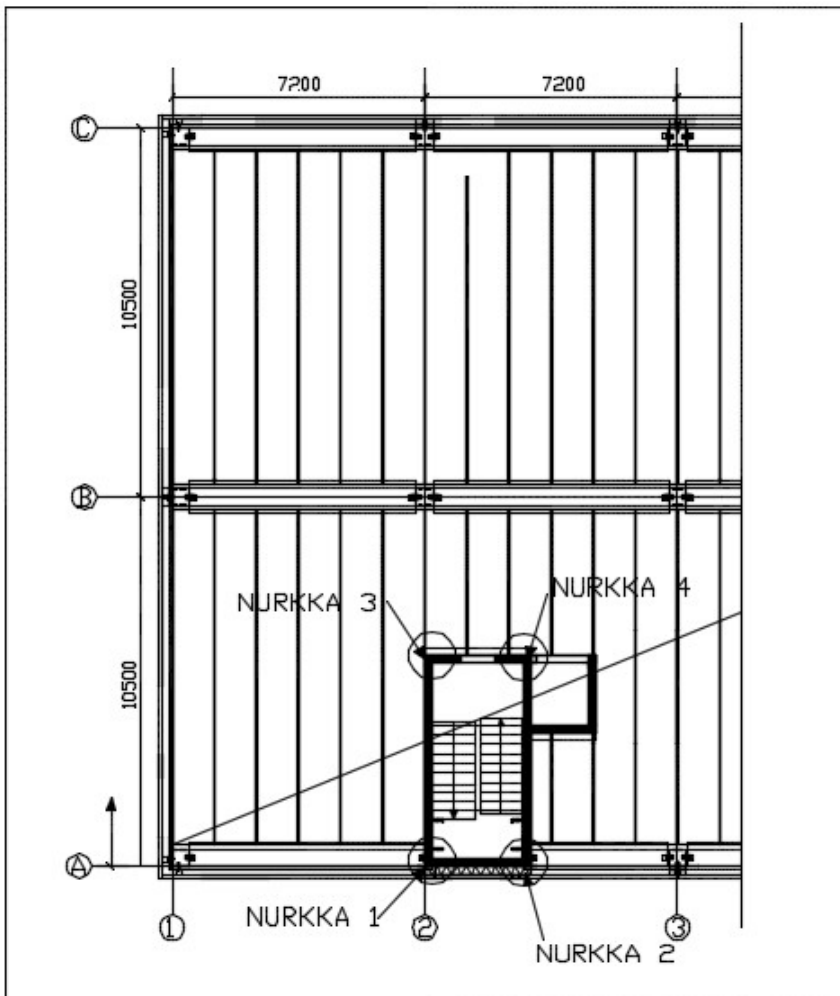
- Kuormitusala $A = 4,83 \text{ m}^2$
- 5krs $Q = 4,83 \text{ m}^2 \times \frac{2,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 9,7 \text{ kN}$
- 5krs $G = 4,83 \text{ m}^2 \times \frac{8,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 38,6 \text{ kN}$
- 1 – 4krs $Q = 4,83 \text{ m}^2 \times \frac{5,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 24,1 \text{ kN}$
- 1 – 4krs $G = 4,83 \text{ m}^2 \times \frac{6,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 29,0 \text{ kN}$

Nurkka 3:

- Kuormitusala $A = 6,75 \text{ m}^2$
- 5krs $Q = 6,75 \text{ m}^2 \times \frac{2,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 13,5 \text{ kN}$
- 5krs $G = 6,75 \text{ m}^2 \times \frac{8,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 54,0 \text{ kN}$
- 1 – 4krs $Q = 6,75 \text{ m}^2 \times \frac{5,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 33,8 \text{ kN}$
- 1 – 4krs $G = 6,75 \text{ m}^2 \times \frac{6,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 40,5 \text{ kN}$

Nurkka 4:

- Kuormitusala $A = 4,16 \text{ m}^2$
- Liittyvän palkin omapaino = 6,5 kN
- 5krs $Q = 4,16 \text{ m}^2 \times \frac{2,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 8,3 \text{ kN}$
- 5krs $G = 4,16 \text{ m}^2 \times \frac{8,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} + 6,5 \text{ kN} = 39,8 \text{ kN}$
- 1 – 4krs $Q = 4,16 \text{ m}^2 \times \frac{5,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} = 20,8 \text{ kN}$
- 1 – 4krs $G = 4,16 \text{ m}^2 \times \frac{6,0 \text{ kN}}{\text{m}^2} + 6,5 \text{ kN} = 31,5 \text{ kN}$



Kuva nurkkien numeroinnista. Nurkkien pistekuormissa ei ole huomioitu ulkoseinältä tulevaa pistekuormaa.

Seinien omapainot:

- Suuntaan Y $18 \text{ kN/m} \times 5,6 \text{ m} = 100,8 \text{ kN/m}$
- Suuntaan X linja A/1-2 $18 \text{ kN/m} \times 2,6 \text{ m} = 46,8 \text{ kN}$
- Suuntaan X linja A-B/1-2 $13,8 \text{ kN/m} \times 2,6 \text{ m} = 35,9 \text{ kN}$

BM-Porrashuoneen 1 linja A-B/2-3

- 5krs PK Q1 = $37,8 \text{ kN} + 9,7 \text{ kN} = 47,5 \text{ kN}$
- 5krs PK 1 G1 = $151,2 \text{ kN} + 38,6 \text{ kN} + 46,8 \text{ kN} = 236,6 \text{ kN}$
- 1-4krs PK Q1 = $94,5 \text{ kN} + 24,1 \text{ kN} = 118,6 \text{ kN}$
- 1-4krs PK 1 G1 = $113,4 \text{ kN} + 29,0 \text{ kN} + 46,8 \text{ kN} = 189,2 \text{ kN}$

- 5krs PK Q3 = $13,5 \text{ kN} + 8,3 \text{ kN} = 21,8 \text{ kN}$
- 5krs PK 1 G3 = $54,0 \text{ kN} + 39,8 \text{ kN} + 37,2 \text{ kN} = 131 \text{ kN}$
- 1-4krs PK Q3 = $33,75 \text{ kN} + 20,8 \text{ kN} = 54,6 \text{ kN}$
- 1-4krs PK 1 G3 = $40,5 \text{ kN} + 31,5 \text{ kN} + 37,2 \text{ kN} = 109,2 \text{ kN}$

BM-Porrashuoneen 1 linja 2-3/A-B

- 5krs PK Q1 =37,8 kN
- 5krs PK 1 G1 =151,2 kN+ 108 kN =259,2 kN
- 1-4krs PK Q1 =94,5 kN
- 1-4krs PK 1 G1 =113,4 kN + 108 kN =221,4 kN

- 5krs PK Q3 =9,7 kN + 8,3 kN = 21,8 kN
- 5krs PK 1 G3 =38,6 kN + 39,8 kN + 100,8 kN = 178,3 kN
- 1-4krs PK Q3 =24,1 kN + 20,8 kN = 44,9 kN
- 1-4krs PK 1 G3 =29,0 kN + 31,5 kN + 100,8 kN = 161,3 kN

Tasokuormat:

BM-Porrashuoneen 1 linja A-B/2-3

Tasokuorma muodostuu katolla olevasta massiivilaatasta ja katto rakenteita ($G_k = 8 \text{ kN/m}^2$), sekä portaista ja lepotasoista ($G_k = 14 \text{ kN/m}$).

- 5krs TK Q2 =2,8 m x 2 kN/m² = 5,6 kN/m
- 5krs TK G2 =2,8 m x 8 kN/ m² = 22,4 kN/m
- 1-4krs TK Q2 = 0 kN/m
- 1-4krs TK G2 = 14 kN/m

BM-Porrashuoneen 1 linja 2-3/A-B

Tasokuorma muodostuu konsolin päällä olevista laatoista.

- 5krs TK Q2 =2,25 m x 2 kN/m² = 4,5 kN/m
- 5krs TK G2 =2,25 m x 8 kN/m² = 18 kN/m
- 1-4krs TK Q2 =2,25 m x 5 kN/m² = 11,3 kN/m
- 1-4krs TK G2 =2,25 m x 6 kN/m² = 13,5 kN/m

BM-Porrashuone

| | | |
|--------------------|------------|-------------------------|
| Betoni C30/37 | $f_{cm} =$ | 38 MN/m ² |
| Kimmomoduuli | $E =$ | 32837 MN/m ² |
| Liikumoduuli | $G =$ | 13682 MN/m ² |
| Seinän korkeus | $H =$ | 3,6 m |
| Profilin pinta-ala | $A =$ | 3,24 m ² |

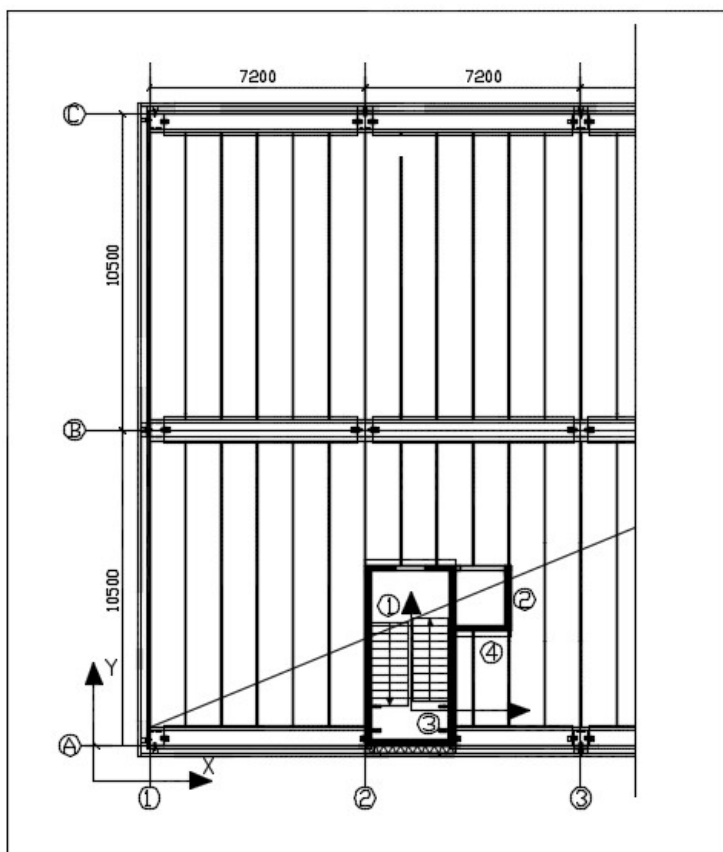
Suuntaan Y

| Seinätunnus | kpl | Leveys [m] | Paksuus [m] | Jäyhyysmomentti [m ⁴] | κ | K | $k/\Sigma K$ |
|-------------|-----|------------|-------------|-----------------------------------|----------|-------|--------------|
| 1 | 2 | 6,0 | 0,4 | 14,20 | 0,006 | 29550 | 0,495 |
| 2 | 2 | 2,2 | 0,2 | 0,18 | 1,2 | 295 | 0,005 |
| YHT | 4 | | | | | 59691 | 1,0 |

Suuntaan X

| Seinätunnus | kpl | Leveys [m] | Paksuus [m] | Jäyhyysmomentti [m ⁴] | κ | K | $k/\Sigma K$ |
|-------------|-----|------------|-------------|-----------------------------------|----------|-------|--------------|
| 3 | 2 | 3,0 | 0,4 | 5,28 | 0,004 | 11108 | 0,479 |
| 4 | 2 | 1,65 | 0,2 | 0,44 | 1,2 | 491 | 0,021 |
| YHT | 4 | | | | | 23198 | 1,0 |

Jäyhyysmomenteissa on huomioitu oviaukon vaikutus



Kuva BM-Porrashuoneen seinien numeroinnista.

BM-Porrashuone 1 Linja A-B/2-3 (Suuntaan Y)

Pystykuormat

| Krs | PK Q1 [kN] | PK G1 [kN] | TK Q2 [kN/m] | TK G2 [kN/m] | Seinän OP [kN/m] | PK Q3 [kN] | PK G3 [kN] |
|-----|------------|------------|--------------|--------------|------------------|------------|------------|
| 5 | 47,5 | 236,6 | 5,6 | 22,4 | 36 | 21,8 | 131,0 |
| 4 | 236,6 | 189,2 | 0,0 | 14,0 | 36 | 54,6 | 109,2 |
| 3 | 118,6 | 189,2 | 0,0 | 14,0 | 36 | 54,6 | 109,2 |
| 2 | 118,6 | 189,2 | 0,0 | 14,0 | 36 | 54,6 | 109,2 |
| 1 | 118,6 | 189,2 | 0,0 | 14,0 | 36 | 54,6 | 109,2 |

PK= pistekuorma TK= Tasokuorma OP= omapaino

Vaakakuorma Q

| Krs | KT1 | KT2 |
|-----|--------|--------|
| | Q [kN] | Q [kN] |
| 5 | 100,3 | 96,1 |
| 4 | 117,2 | 114,0 |
| 3 | 107,0 | 103,8 |
| 2 | 95,1 | 92,0 |
| 1 | 84,9 | 81,8 |

Momentit $M_{k,d}$ ja $M_{p,d}$

| Krs | KT1 | KT2 | $M_{p,v,d}$ [kNm] | $M_{p,o,d}$ [kNm] | $M_{p,v,d}$ [kNm] | $M_{p,o,d}$ [kNm] |
|-----|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{k,d}$ [kNm] | | | | |
| 5 | 361 | 346 | 1260 | 2037 | 865 | 1435 |
| 4 | 783 | 756 | 2530 | 5034 | 1590 | 2592 |
| 3 | 1168 | 1130 | 3800 | 7217 | 2314 | 3749 |
| 2 | 1510 | 1461 | 5070 | 9400 | 3039 | 4905 |
| 1 | 1816 | 1756 | 6340 | 11583 | 3764 | 6062 |

V = Vasemmalle O = Oikealle

Seinää pystyssä pitävä voima

Seinän pituus L= 6,0 m

Kiinnikkeiden välinen etäisyys d= 5,4 m

| KRS | KT1 | | KT2 | | Seinä- kenkä [ASL] | N_{Rd} [kN] |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|---------------|
| | F_v [kN] V | F_v [kN] O | F_v [kN] V | F_v [kN] O | | |
| 5 | 167 | 310,4 | 96 | 201,7 | ASL30 | 221,1 |
| 4 | 324 | 787,3 | 154 | 339,9 | ASL30 | 221,1 |
| 3 | 487 | 1120,2 | 219 | 484,9 | ASL30 | 221,1 |
| 2 | 659 | 1461,0 | 292 | 637,8 | ASL30 | 221,1 |
| 1 | 838 | 1808,6 | 372 | 797,5 | ASL30 | 221,1 |

Positiivinen F_v = rakennus pysyy pystyssä ilman lisäkiinnikkeitä

Vaakasauma

| Krs | H _d [kN] | μN _d [kN] | F _{bw} [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|----------------------|
| 5 | 100,3 | 147 | -47,0 |
| 4 | 217,5 | 276 | -58,2 |
| 3 | 324,5 | 404 | -79,6 |
| 2 | 419,6 | 532 | -112,9 |
| 1 | 504,5 | 661 | -156,4 |

F_{bw} = negatiivinen saumaan ei tarvitse laittaa tappeja.

F_{bw} = positiivinen, saumaan tarvitaan voiman F_{bw} kiinniottamiseen vaarnatappeja.

Pystysauman mitoitus (1krs.)

Sauman korkeus 3,6m

sauman leveys 0,2m

Saumabetoni C30/37

$$\tau = \frac{H_j \cdot S}{I \cdot 2 \cdot b} \leq f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c}$$

Betoni sauman kapasiteetti $f_{ctd} = 1481 \text{ kN/m}^2$

Saumassa yli kulkeva voima $\tau = 591 \text{ kN/m}^2$

Jos $f_{ctd} > \tau$, nurkkaan ei tarvita leikkausraudoitusta

BM-Porrashuone 1 Linja 2-3/A-B (Suuntaan X)

Pystykuormat

| Krs | PK Q1 [kN] | PK G1 [kN] | TK Q2 [kN/m] | TK G2 [kN/m] | Seinän OP [kN/m] | PK Q3 [kN] | PK G3[kN] |
|-----|------------|------------|--------------|--------------|------------------|------------|-----------|
| 5 | 37,8 | 259,2 | 4,5 | 18,0 | 36 | 21,8 | 178,3 |
| 4 | 94,5 | 221,4 | 11,3 | 13,5 | 36 | 44,9 | 161,3 |
| 3 | 94,5 | 221,4 | 11,3 | 13,5 | 36 | 44,9 | 161,3 |
| 2 | 94,5 | 221,4 | 11,3 | 13,5 | 36 | 44,9 | 161,3 |
| 1 | 94,5 | 221,4 | 11,3 | 13,5 | 36 | 44,9 | 161,3 |

PK= pistekuorma TK= Tasokuorma OP= omapaino

Vaakakuorma Q

| Krs | KT1 | KT2 |
|-----|---------------------|---------------------|
| | Vaaka-kuorma Q [kN] | Vaaka-kuorma Q [kN] |
| 5 | 58,1 | 51,3 |
| 4 | 64,9 | 59,8 |
| 3 | 62,2 | 57,1 |
| 2 | 59,1 | 54,1 |
| 1 | 56,5 | 51,4 |

Momentit $M_{k,d}$ ja $M_{p,d}$

| Krs | KT1 | KT2 | KT1 | KT2 | KT1 | KT2 |
|-----|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{p,v,d}$ [kNm] | $M_{p,o,d}$ [kNm] | $M_{p,v,d}$ [kNm] | $M_{p,o,d}$ [kNm] |
| 5 | 209 | 185 | 784 | 1047 | 554 | 773 |
| 4 | 443 | 400 | 1585 | 2174 | 1057 | 1437 |
| 3 | 667 | 606 | 2386 | 3300 | 1559 | 2102 |
| 2 | 880 | 800 | 3187 | 4427 | 2061 | 2767 |
| 1 | 1083 | 985 | 3988 | 5554 | 2564 | 3431 |

V = Vasemmalle O = Oikealle

Seinää pystyssä pitävä voima

Seinän pituus L= 3,0m

Kiinnikkeiden välinen etäisyys d= 2,8m

| KRS | KT1 | KT2 | F_v [kN] | F_v [kN] | Seinä-kenkä [ASL] | N_{Rd} [kN] |
|-----|------------|------------|------------|------------|-------------------|---------------|
| | F_v [kN] | F_v [kN] | | | | |
| | V | O | V | O | | |
| 5 | 205 | 299,3 | 132 | 210,0 | ASL30 | 221,1 |
| 4 | 408 | 618,3 | 235 | 370,5 | ASL30 | 221,1 |
| 3 | 614 | 940,6 | 340 | 534,4 | ASL30 | 221,1 |
| 2 | 824 | 1267,0 | 450 | 702,2 | ASL30 | 221,1 |
| 1 | 1038 | 1596,7 | 564 | 873,5 | ASL30 | 221,1 |

Positiivinen F_v = rakennus pysyy pystyssä ilman lisäkiinnikkeitä

Vaakasauma

| Krs | H _d [kN] | μN _d [kN] | F _{bw} [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|----------------------|
| 5 | 58,1 | 163,2 | -105,1 |
| 4 | 122,9 | 311,9 | -189,0 |
| 3 | 185,2 | 460,7 | -275,5 |
| 2 | 244,3 | 609,5 | -365,2 |
| 1 | 300,8 | 758,2 | -457,4 |

F_{bw} = negatiivinen saumaan ei tarvitse laittaa tappeja.

F_{bw} = positiivinen, saumaan tarvitaan voiman F_{bw} kiinniottamiseen vaarnatappeja.

Pystysauman mitoitus (1krs.)

Sauman korkeus 3,6m

sauman leveys 0,2m

Saumabetoni C30/37

$$\tau = \frac{H_j \cdot S}{I \cdot 2 \cdot b} \leq f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c}$$

Betoni sauman kapasiteetti f_{ctd} = 1481kN/m²

Saumassa yli kulkeva voima τ = 150kN/m²

Jos f_{ctd} > τ, nurkkaan ei tarvita leikkausraudoitusta

Liite 2: Tekninen vertailu

Rakennuksen vaakakuormat kerroksittain

| KT1 | | | KT2 | | |
|------------|---------------------|---------------------|------------|---------------------|---------------------|
| Suuntaan Y | | | Suuntaan X | | |
| Krs | F _d [kN] | F _d [kN] | Krs | F _d [kN] | F _d [kN] |
| 5 | 202,6 | 121,3 | 5 | 194,1 | 107,2 |
| 4 | 236,7 | 135,5 | 4 | 230,3 | 124,9 |
| 3 | 216,1 | 129,9 | 3 | 209,8 | 119,3 |
| 2 | 192,1 | 123,5 | 2 | 185,8 | 112,9 |
| 1 | 171,5 | 118,0 | 1 | 165,2 | 107,4 |

Varmuuskertoimet

Pysyväkuorma = 1,15 TAI 0,9

Kuormitustapaukset

KT1: $1,5K_{FI}Tuuli + 1,05K_{FI}Q_{k,i} + 1,15K_{FI}G_k$

KT2: $1,5K_{FI}Tuuli + 0,9K_{FI}G_k$

Seinien jäykkyydet

Levyseinä

Betoni C30/37 $f_{cm} = 38 \text{ MN/m}^2$

Liukumoduli $G = 13682 \text{ MN/m}^2$

Kimmomoduli $E = 32837 \text{ MN/m}^2$

Seinän korkeus $H = 3,6 \text{ m}$

Suuntaan Y

| Seinätunnus | kpl | Leveys [m] | Paksuus [m] | Jäyhyysmomentti [m ⁴] | κ | K | $k/\Sigma K$ |
|-------------|-----|------------|-------------|-----------------------------------|----------|------|--------------|
| 1 | 1 | 5,8 | 0,2 | 3,25 | 1,2 | 2393 | 0,5 |
| 2 | 1 | 5,8 | 0,2 | 3,25 | 1,2 | 2393 | 0,5 |
| YHT | 2 | | | | | 4787 | 1,0 |

Suuntaan X

| Seinätunnus | kpl | Leveys [m] | Paksuus [m] | Jäyhyysmomentti [m ⁴] | κ | K | $k/\Sigma K$ |
|-------------|-----|------------|-------------|-----------------------------------|----------|------|--------------|
| 4 | 1 | 2,6 | 0,2 | 0,29 | 1,2 | 450 | 0,419 |
| 5 | 1 | 3,0 | 0,2 | 0,44 | 1,2 | 623 | 0,581 |
| YHT | 2 | | | | | 1073 | 1,0 |

Seinätunnuksen 4 seinissä on otettu huomioon oviaukon vaikutus jäyhyysmomenttiin.

BM-Porrashuone Y-suunta

| Seinätunnus | $k/\Sigma K$ |
|-------------|--------------|
| 1 | 1,0 |

BM-Porrashuone X-suunta

| Seinätunnus | $k/\Sigma K$ |
|-------------|--------------|
| 3 | 1,0 |

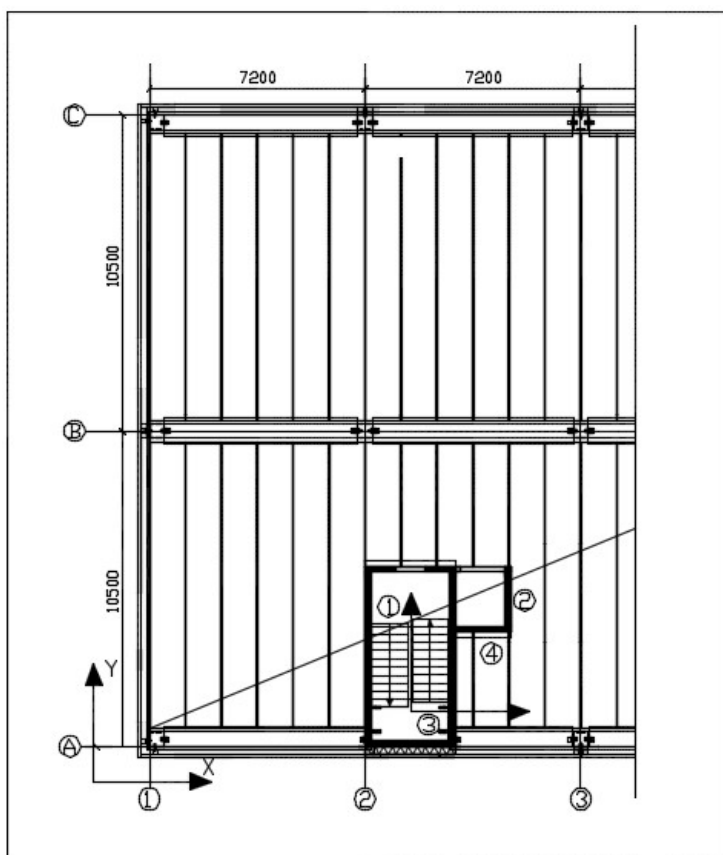
Paikallavalettu Y-suunta

| Seinätunnus | $k/\Sigma K$ |
|-------------|--------------|
| 1 | 1,0 |

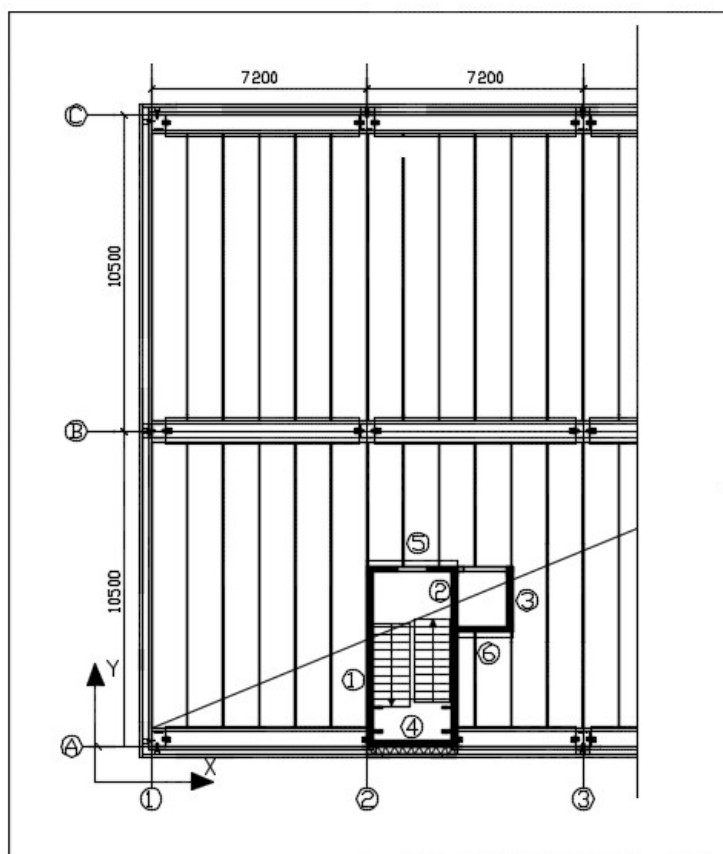
Paikallavalettu X-suunta

| Seinätunnus | $k/\Sigma K$ |
|-------------|--------------|
| 3 | 1,0 |

BM-Porrashuone ja paikallavalettu porrashuone saa arvon $k/\Sigma K = 1$. Torni ajatellaan yhdeksi kappaleeksi, joka ottaa vastaan kaikki kuormat.



Kuva BM-Porrashuoneen ja paikallavaletun porrashuoneen seinien numeroinnista.



Kuva seinäelementtien numeroinnista.

Levyseinä 1 Linja 2/A-B

Pystykuormat

| Krs | PK G1 [kN] | Seinän OP [kN/m] | PK G3[kN] |
|-----|------------|------------------|-----------|
| 5 | 23,4 | 18 | 21,5 |
| 4 | 23,4 | 18 | 21,5 |
| 3 | 23,4 | 18 | 21,5 |
| 2 | 23,4 | 18 | 21,5 |
| 1 | 23,4 | 18 | 21,5 |

Vaakakuorma Q

| Krs | KT1 Q [kN] | KT2 Q [kN] |
|-----|------------|------------|
| 5 | 101,3 | 97,1 |
| 4 | 118,3 | 115,2 |
| 3 | 108,1 | 104,9 |
| 2 | 96,1 | 92,9 |
| 1 | 85,8 | 82,6 |

PK= pistekuorma TK= Tasokuorma OP= omapaino

G1= seinältä 5 välittyvä kuorma, G3= seinältä 4 välittyvä kuorma

HUOM! Teknisessä vertailussa pystykuormia syntyy vain porrashuoneen omista seinistä.

Momentit $M_{k,d}$ ja $M_{p,d}$

| Krs | KT1 | | KT2 | | KT1 | | KT2 | |
|-----|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{p,v,d}$ [kNm] | $M_{p,o,d}$ [kNm] | $M_{p,v,d}$ [kNm] | $M_{p,o,d}$ [kNm] | $M_{p,v,d}$ [kNm] | $M_{p,o,d}$ [kNm] |
| 5 | 365 | 349 | 203 | 216 | 159 | 169 | | |
| 4 | 791 | 764 | 407 | 432 | 318 | 338 | | |
| 3 | 1180 | 1142 | 610 | 648 | 478 | 507 | | |
| 2 | 1526 | 1476 | 814 | 864 | 637 | 677 | | |
| 1 | 1834 | 1773 | 1017 | 1081 | 796 | 846 | | |

V = Vasemmalle O = Oikealle

Seinää pystyssä pitävä voima

Seinän pituus L= 5,8 m

Kiinnikkeiden välinen etäisyys d= 5,2 m

| KRS | KT1 | | KT2 | | Seinäkenkä [ASL] | N_{Rd} [kN] |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|---------------|
| | F_v [kN] V | F_v [kN] O | F_v [kN] V | F_v [kN] O | | |
| 5 | -31 | -29 | -37 | -35 | ASL30 | 221,1 |
| 4 | -74 | -69 | -86 | -82 | ASL30 | 221,1 |
| 3 | -110 | -102 | -128 | -122 | ASL30 | 221,1 |
| 2 | -137 | -127 | -161 | -154 | ASL30 | 221,1 |
| 1 | -157 | -145 | -188 | -178 | ASL30 | 221,1 |

Negatiivinen F_v = rakennus kaatuu ilman lisäkiinnikkeitä

Levyseinä 2 Linja 2-3/A-B

Pystykuormat

| Krs | PK G1 [kN] | Seinän OP [kN/m] | PK G3[kN] |
|-----|------------|------------------|-----------|
| 5 | 23,4 | 18 | 21,5 |
| 4 | 23,4 | 18 | 21,5 |
| 3 | 23,4 | 18 | 21,5 |
| 2 | 23,4 | 18 | 21,5 |
| 1 | 23,4 | 18 | 21,5 |

Vaakakuorma Q

| Krs | KT1 Q [kN] | KT2 Q [kN] |
|-----|------------|------------|
| 5 | 101,3 | 97,1 |
| 4 | 118,3 | 115,2 |
| 3 | 108,1 | 104,9 |
| 2 | 96,1 | 92,9 |
| 1 | 85,8 | 82,6 |

PK= pistekuorma OP= omapaino

G3= seinältä 5 välittyvä kuorma, G1= seinältä 4 välittyvä kuorma

HUOM! Teknisessä vertailussa pystykuormia syntyy vain porrashuoneen omista seinistä.

Momentit $M_{k,d}$ ja $M_{p,d}$

| Krs | KT1 | | KT1 | | KT2 | |
|-----|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{p,v,d}$ [kNm] | $M_{p,o,d}$ [kNm] | $M_{p,v,d}$ [kNm] | $M_{p,o,d}$ [kNm] |
| 5 | 365 | 349 | 203 | 216 | 159 | 169 |
| 4 | 791 | 764 | 407 | 432 | 318 | 338 |
| 3 | 1180 | 1142 | 610 | 648 | 478 | 507 |
| 2 | 1526 | 1476 | 814 | 864 | 637 | 677 |
| 1 | 1834 | 1773 | 1017 | 1081 | 796 | 846 |

V = Vasemmalle O = Oikealle

Seinää pystyssä pitävä voima

Seinän pituus L= 5,8 m

Kiinnikkeiden välinen etäisyys d= 5,2 m

| KRS | KT1 | | KT2 | | Seinäkenkä [ASL] | N_{Rd} [kN] |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|
| | F_v [kN] V | F_v [kN] O | F_v [kN] V | F_v [kN] O | | |
| 5 | -31 | -29 | -37 | -35 | ASL30 | 221,1 |
| 4 | -74 | -69 | -86 | -82 | ASL30 | 221,1 |
| 3 | -110 | -102 | -128 | -122 | ASL30 | 221,1 |
| 2 | -137 | -127 | -161 | -154 | ASL30 | 221,1 |
| 1 | -157 | -145 | -188 | -178 | ASL30 | 221,1 |

Negatiivinen F_v = rakennus kaatuu ilman lisäkiinnikkeitä

Levyseinä 4 Linja A/2-3

Pystykuormat

| Krs | PK G1 [kN] | Seinän OP [kN/m] | PK G3[kN] |
|-----|------------|------------------|-----------|
| 5 | 52,2 | 18 | 52,2 |
| 4 | 52,2 | 18 | 52,2 |
| 3 | 52,2 | 18 | 52,2 |
| 2 | 52,2 | 18 | 52,2 |
| 1 | 52,2 | 18 | 52,2 |

Vaakakuorma Q

| Krs | KT1 Q [kN] | KT2 Q [kN] |
|-----|------------|------------|
| 5 | 50,8 | 44,9 |
| 4 | 56,8 | 52,3 |
| 3 | 54,5 | 50,0 |
| 2 | 51,8 | 47,3 |
| 1 | 49,5 | 45,0 |

PK= pistekuorma TK= Tasokuorma OP= omapaino
 G3= seinältä 1 välittyvä kuorma, G1= seinältä 2 välittyvä kuorma

HUOM! Teknisessä vertailussa pystykuormia syntyy vain porrashuoneen omista seinistä.

Momentit $M_{k,d}$ ja $M_{p,d}$

| Krs | KT1 | KT2 | KT1 | KT2 | | |
|----------------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{p,V,d}$ [kNm] | $M_{p,O,d}$ [kNm] | $M_{p,V,d}$ [kNm] | $M_{p,O,d}$ [kNm] |
| 5 | 183 | 162 | 183 | 183 | 143 | 143 |
| 4 | 387 | 350 | 366 | 366 | 286 | 286 |
| 3 | 584 | 530 | 549 | 549 | 430 | 430 |
| 2 | 770 | 701 | 732 | 732 | 573 | 573 |
| 1 | 948 | 863 | 915 | 915 | 716 | 716 |
| V = Vasemmalle | | O = Oikealle | | | | |

Seinää pystyssä pitävä voima

Seinän pituus L= 2,6 m

Kiinnikkeiden välinen etäisyys d= 2 m

| KRS | KT1 | | KT2 | | Seinäkenkä [ASL] | N_{Rd} [kN] |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|
| | F_v [kN] V | F_v [kN] O | F_v [kN] V | F_v [kN] O | | |
| 5 | 0 | 0 | -9 | -9 | ASL30 | 221,1 |
| 4 | -11 | -11 | -32 | -32 | ASL30 | 221,1 |
| 3 | -17 | -17 | -50 | -50 | ASL30 | 221,1 |
| 2 | -19 | -19 | -64 | -64 | ASL30 | 221,1 |
| 1 | -17 | -17 | -73 | -73 | ASL30 | 221,1 |

Negatiivinen F_v = rakennus kaatuu ilman lisäkiinnikkeitä

Vaakasauma

| Krs | H _d [kN] | μN _d [kN] | F _{bw} [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|----------------------|
| 5 | 50,8 | 36,7 | 14,1 |
| 4 | 107,6 | 73,5 | 34,1 |
| 3 | 162,1 | 110,2 | 51,9 |
| 2 | 213,9 | 147,0 | 66,9 |
| 1 | 263,3 | 183,7 | 79,6 |

F_{bw} = negatiivinen saumaan ei tarvitse laittaa tappeja.

F_{bw} = positiivinen, saumaan tarvitaan voiman F_{bw} kiinniottamisen tappeja.

Harjaterästappiliitos (1krs.)

| | | | |
|-----------|---------------------------|--------|----------------------------|
| Hajateräs | A500HW | Betoni | C30/37 |
| | T 20 | | f _{cd} = 18,9 MPa |
| | f _{yd} = 455 MPa | | |

Yhden liitoksen leikkauskestävyys

$$V_{Rd} = 44,5 \quad \text{kN}$$

Liitoksien ottama vaakavoima

Liitosten määrä

kpl 2

$$V_{Rd} = 89,0 \quad \text{kN}$$

Harjatappiliitos 2 x T20

Pystysauman raudoitus

Seinän 4 liitos seinään 1 ja 2 kerrokset 3- 5

Saumabetoni C25/30

Saumassa yli kulkeva voima

$$\tau = 45 \text{ kN/m}$$

$$A = 0,72 \text{ m}^2$$

$$b = 0,2 \text{ m}$$

$$F_{v,max} = 0 \text{ kN}$$

Vaijerilenkki PVL 80 k 750 mm

$$V_{Rd} = 67,0 \text{ kN/m}$$

Sauman korkeus= 3,6 m

PVL 80 5 kpl/seinä

Kerroksien 1 - 3 pystysaumassa PVL80 14+14 ja lisäksi elementtien päät yhdistetään loveamalla, loveuksen korkeus 1790mm.

Levyseinä 5 Linja A-B/2-3

Pystykuormat

| Krs | PK G1 [kN] | Seinän OP [kN/m] | PK G3[kN] |
|-----|------------|------------------|-----------|
| 5 | 52,2 | 14,3 | 52,2 |
| 4 | 52,2 | 14,3 | 52,2 |
| 3 | 52,2 | 14,3 | 52,2 |
| 2 | 52,2 | 14,3 | 52,2 |
| 1 | 52,2 | 14,3 | 52,2 |

PK= pistekuorma

OP= omapaino

G1= seinältä 1 välittyvä kuorma, G3= seinältä 2 välittyvä kuorma

Vaakakuorma Q

| Krs | KT1 Q [kN] | KT2 Q [kN] |
|-----|------------|------------|
| 5 | 70,4 | 62,2 |
| 4 | 78,7 | 72,5 |
| 3 | 75,5 | 69,3 |
| 2 | 71,7 | 65,6 |
| 1 | 68,5 | 62,4 |

HUOM! Teknisessä vertailussa pystykuormia syntyy vain porrashuoneen omista seinistä.

Momentit $M_{k,d}$ ja $M_{p,d}$

| Krs | KT1 | KT2 | KT1 | KT2 | | |
|-----|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{p,V,d}$ [kNm] | $M_{p,O,d}$ [kNm] | $M_{p,V,d}$ [kNm] | $M_{p,O,d}$ [kNm] |
| 5 | 254 | 224 | 205 | 205 | 160 | 160 |
| 4 | 537 | 485 | 410 | 410 | 321 | 321 |
| 3 | 809 | 735 | 614 | 614 | 481 | 481 |
| 2 | 1067 | 971 | 819 | 819 | 641 | 641 |
| 1 | 1314 | 1195 | 1024 | 1024 | 801 | 801 |

V = Vasemmalle

O = Oikealle

Seinää pystyssä pitävä voima

Seinän pituus L= 3,0 m

Kiinnikkeiden välinen etäisyys d= 2,4 m

| KRS | KT1 | | KT2 | | Seinäkenkä [ASL] | N_{Rd} [kN] |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------|
| | F_v [kN] V | F_v [kN] O | F_v [kN] V | F_v [kN] O | | |
| 5 | -20 | -20 | -27 | -27 | ASL30 | 221,1 |
| 4 | -53 | -53 | -69 | -69 | ASL30 | 221,1 |
| 3 | -81 | -81 | -106 | -106 | ASL30 | 221,1 |
| 2 | -103 | -103 | -137 | -137 | ASL30 | 221,1 |
| 1 | -121 | -121 | -164 | -164 | ASL30 | 221,1 |

Negatiivinen F_v = rakennus kaatuu ilman lisäkiinnikkeitä

Vaakasauma

| Krs | H _d [kN] | μN _d [kN] | F _{bw} [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|----------------------|
| 5 | 70,4 | 35,8 | 34,6 |
| 4 | 149,1 | 71,6 | 77,5 |
| 3 | 224,6 | 107,5 | 117,1 |
| 2 | 296,3 | 143,3 | 153,1 |
| 1 | 364,9 | 179,1 | 185,8 |

F_{bw} = negatiivinen saumaan ei tarvitse laittaa tappeja.

F_{bw} = positiivinen, saumaan tarvitaan voiman F_{bw} kiinniottamisen tappeja.

Harjaterästappiliitos (1krs.)

| | | | |
|-----------|---------------------------|--------|----------------------------|
| Hajateräs | A500HW | Betoni | C30/37 |
| | T 20 | | f _{cd} = 18,9 MPa |
| | f _{yd} = 455 MPa | | |

Yhden liitoksen leikkauskestävyys

$$V_{Rd} = 44,5 \quad \text{kN}$$

Liitoksien ottama vaakavoima

Liitosten määrä

kpl 5

$$V_{Rd} = 222,4 \quad \text{kN}$$

Harjatappiliitos 5 x T20

Pystysauman raudoitus

Seinän 5 liitos seinään 1 ja 2 kerrokset 4- 5

Saumabetoni C25/30

Saumassa yli kulkeva voima

$$\tau = 41 \text{ kN/m}$$

$$A = 0,72 \text{ m}^2$$

$$b = 0,2 \text{ m}$$

$$F_{v,max} = 0 \text{ kN}$$

Vaijerilenkki PVL 80 k 750 mm

$$V_{Rd} = 67,0 \text{ kN/m}$$

Sauman korkeus= 3,6 m

PVL 80 5 kpl/seinä

Kerroksien 1 - 3 pystysaumassa PVL80 14+14 ja lisäksi elementtien päät yhdistetään loveamalla, loveuksen korkeus 1790mm.

Vaakasauma

| Krs | H _d [kN] | μN _d [kN] | F _{bw} [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|----------------------|
| 5 | 202,6 | 72,6 | 130,0 |
| 4 | 439,3 | 145,2 | 294,1 |
| 3 | 655,4 | 217,8 | 437,7 |
| 2 | 847,5 | 290,3 | 557,2 |
| 1 | 1019,1 | 362,9 | 656,2 |

F_{bw} = negatiivinen saumaan ei tarvitse laittaa tappeja.

F_{bw} = positiivinen, saumaan tarvitaan voiman F_{bw} kiinniottamisen tappeja.

Harjaterästappiliitos (1krs.)

| | | | |
|-----------|---------------------------|--------|----------------------------|
| Hajateräs | A500HW | Betoni | C30/37 |
| | T 20 | | f _{cd} = 18,9 MPa |
| | f _{yd} = 455 MPa | | |

Yhden liitoksen leikkauskestävyys

$$V_{Rd} = 44,5 \quad \text{kN}$$

Liitoksien ottama vaakavoima

Liitosten määrä kpl 15

$$V_{Rd} = 667,2 \quad \text{kN}$$

Harjatappiliitos 8 x T20/seinän puoli

Pystysauman mitoitus (1krs.)

Saumabetoni C30/37

Saumassa yli kulkeva voima

$$\tau = 1194 \text{ kN/m}^2$$

$$A = 0,72 \text{ m}^2$$

$$b = 0,2 \text{ m}$$

$$F_{v,max} = 0 \text{ kN}$$

$$h = 3,6 \text{ m}$$

Betoni sauman kapasiteetti $f_{ctd} = 1481 \text{ kN/m}^2$

Jos $f_{ctd} > \tau$, nurkkaan ei tarvita leikkausraudoitusta

BM-Porrashuone suuntaan X

Pystykuormat

| Krs | PK G1 [kN] | Seinän OP [kN/m] | PK G3[kN] |
|-----|------------|------------------|-----------|
| 5 | 100,8 | 32,3 | 100,8 |
| 4 | 100,8 | 32,3 | 100,8 |
| 3 | 100,8 | 32,3 | 100,8 |
| 2 | 100,8 | 32,3 | 100,8 |
| 1 | 100,8 | 32,3 | 100,8 |

Vaakakuorma Q

| Krs | KT1 Q [kN] | KT2 Q [kN] |
|-----|------------|------------|
| 5 | 121,3 | 107,2 |
| 4 | 135,5 | 124,9 |
| 3 | 129,9 | 119,3 |
| 2 | 123,5 | 112,9 |
| 1 | 118,0 | 107,4 |

PK= pistekuorma

OP= omapaino

G1= "levyseinaltä" 1 välittyvä kuorma, G3= "levyseinaltä" 2 välittyvä kuorma

HUOM! Teknisessä vertailussa pystykuormia syntyy vain porrashuoneen omista seinistä.

Momentit $M_{k,d}$ ja $M_{p,d}$

| Krs | KT1 | KT2 | KT1 | KT2 | $M_{p,O,d}$ [kNm] |
|-----|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{p,V,d}$ [kNm] | $M_{p,V,d}$ [kNm] | |
| 5 | 437 | 386 | 404 | 316 | 316 |
| 4 | 924 | 835 | 807 | 632 | 632 |
| 3 | 1392 | 1265 | 1211 | 947 | 947 |
| 2 | 1837 | 1671 | 1614 | 1263 | 1263 |
| 1 | 2262 | 2058 | 2018 | 1579 | 1579 |

V = Vasemmalle O = Oikealle

Seinää pystyssä pitävä voima

Seinän pituus L= 3,0 m

Kiinnikkeiden välinen etäisyys d= 2,8 m

| KRS | KT1 | | KT2 | |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | F_v [kN] V | F_v [kN] O | F_v [kN] V | F_v [kN] O |
| 5 | -12 | -12 | -25 | -25 |
| 4 | -42 | -42 | -73 | -73 |
| 3 | -65 | -65 | -113 | -113 |
| 2 | -80 | -80 | -146 | -146 |
| 1 | -87 | -87 | -171 | -171 |

Negatiivinen F_v = rakennus kaatuu ilman lisäkiinnitteitä

Seinäkengät BM-Porrashuone 1 suuntaan y seiniltä

Vaakasauma

| Krs | H_d [kN] | μN_d [kN] | F_{bw} [kN] |
|-----|------------|----------------|---------------|
| 5 | 121,3 | 72,6 | 48,7 |
| 4 | 256,8 | 145,1 | 111,6 |
| 3 | 386,7 | 217,7 | 169,0 |
| 2 | 510,2 | 290,2 | 220,0 |
| 1 | 628,2 | 362,8 | 265,4 |

F_{bw} = negatiivinen saumaan ei tarvitse laittaa tappeja.

F_{bw} = positiivinen, saumaan tarvitaan voiman F_{bw} kiinniottamisen tappeja.

Harjaterästappiliitos (1krs.)

Hajateräs A500HW Betoni C30/37
 T 20 $f_{cd} = 18,9$ MPa
 $f_{yd} = 455$ MPa

Yhden liitoksen leikkauskestävyys

$$V_{Rd} = 44,5 \quad \text{kN}$$

Liitoksien ottama vaakavoima

Liitosten määrä kpl 6

$$V_{Rd} = 266,9 \quad \text{kN}$$

Harjatappiliitos 3 x T20/seinän puoli

Pystysauman mitoitus (1krs.)

Saumabetoni C30/37

Saumassa yli kulkeva voima

$$\tau = 550 \text{ kN/m}^2$$

$$A = 0,72 \text{ m}^2$$

$$b = 0,2 \text{ m}$$

$$F_{v,max} = 171 \text{ kN}$$

$$h = 3,6 \text{ m}$$

Betoni sauman kapasiteetti

$$f_{ctd} = 1481 \text{ kN/m}^2$$

Jos $f_{ctd} > \tau$, nurkkaan ei tarvita leikkausraudoitusta

Paikallavalettu porrashuone suuntaan Y

Pystykuormat

| Krs | PK G1 [kN] | Seinän OP [kN/m] | PK G3[kN] |
|-----|------------|------------------|-----------|
| 5 | 46,8 | 36 | 37,2 |
| 4 | 46,8 | 36 | 37,2 |
| 3 | 46,8 | 36 | 37,2 |
| 2 | 46,8 | 36 | 37,2 |
| 1 | 46,8 | 36 | 37,2 |

Vaakakuorma Q

| Krs | KT1 Q [kN] | KT2 Q [kN] |
|-----|------------|------------|
| 5 | 202,6 | 194,1 |
| 4 | 236,7 | 230,3 |
| 3 | 216,1 | 209,8 |
| 2 | 192,1 | 185,8 |
| 1 | 171,5 | 165,2 |

PK= pistekuorma OP= omapaino

G1= "levyseinaltä" 4 välittyvä kuorma, G3= "levyseinaltä" 5 välittyvä kuorma

HUOM! Teknisessä vertailussa pystykuormia syntyy vain porrashuoneen omista seinistä.

Momentit $M_{k,d}$ ja $M_{p,d}$

| Krs | KT1 | KT2 | KT1 | KT2 | KT1 | KT2 |
|-----|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{k,d}$ [kNm] | $M_{p,V,d}$ [kNm] | $M_{p,O,d}$ [kNm] | $M_{p,V,d}$ [kNm] | $M_{p,O,d}$ [kNm] |
| 5 | 729 | 699 | 381 | 447 | 298 | 350 |
| 4 | 1581 | 1528 | 762 | 894 | 596 | 700 |
| 3 | 2360 | 2283 | 1143 | 1341 | 894 | 1050 |
| 2 | 3051 | 2952 | 1524 | 1788 | 1192 | 1400 |
| 1 | 3669 | 3547 | 1904 | 2236 | 1490 | 1750 |

V = Vasemmalle O = Oikealle

Seinää pystyssä pitävä voima

Seinän pituus

L= 6,0 m

Kiinnikkeiden välinen etäisyys

d= 5,9 m

| KRS | KT1 | KT2 | $F_{yd}=417 \text{ N/mm}^2$ | | Vetoa vastaava harjate- räsmäärä A_s [mm ²] | Esim. T25 [mm ²] 491 |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|--|--|
| | F_v [kN] V | F_v [kN] O | F_v [kN] V | F_v [kN] O | | |
| 5 | -59 | -48 | -68 | -59 | 163 | 1 |
| 4 | -139 | -116 | -158 | -140 | 379 | 1 |
| 3 | -206 | -173 | -235 | -209 | 565 | 2 |
| 2 | -259 | -214 | -298 | -263 | 715 | 2 |
| 1 | -299 | -243 | -348 | -305 | 836 | 2 |

Negatiivinen F_v = rakennus kaatuu ilman lisäkiinnikkeitä

Vaakasauma

| Krs | H _d [kN] | μN _d [kN] | F _{bw} [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|----------------------|
| 5 | 202,6 | 72,9 | 129,7 |
| 4 | 439,3 | 145,8 | 293,5 |
| 3 | 655,4 | 218,7 | 436,7 |
| 2 | 847,5 | 291,6 | 555,9 |
| 1 | 1019,1 | 364,5 | 654,6 |

F_{bw} = negatiivinen saumaan ei tarvitse laittaa tappeja.

F_{bw} = positiivinen, saumaan tarvitaan voiman F_{bw} kiinniottamisen tappeja.

Työsaumaraudoitus 2T8 k200

Työsaumaraudoitteen leikkausvoimakapasiteetti /metri

$$V_{Rd} = 125,8 \text{ kN/m}$$

Seinän pituus L= 6,0

Työsaumaraudoitteen leikkausvoimakapasiteetti /seinä

$$V_{Rd} = 755 \text{ kN}$$

Työsaumanraudoitteiden leikkausvoiman kapasiteettia on arvioitu teräksen puhtaasti leikkauksen kautta: $V_{Rd} = 0,6A * f_{yd}$, missä A on teräksen poikkipinta-ala ja f_{yd} , teräksen mitoituslujuus.

Pystysauman mitoitus (1krs.)

Saumabetoni C25/30

Saumassa yli kulkeva voima $\tau = 1194 \text{ kN/m}^2$

$$A = 0,72 \text{ m}^2$$

$$b = 0,2 \text{ m}$$

$$h = 3,6 \text{ m}$$

Betoni sauman kapasiteetti $f_{ctd} = 1200 \text{ kN/m}^2$

Jos $f_{ctd} > \tau$, nurkkaan ei tarvita leikkausraudoitusta

Vaakasauma

| Krs | H _d [kN] | μN _d [kN] | F _{bw} [kN] |
|-----|---------------------|----------------------|----------------------|
| 5 | 121,3 | 72,6 | 48,7 |
| 4 | 256,8 | 145,1 | 111,6 |
| 3 | 386,7 | 217,7 | 169,0 |
| 2 | 510,2 | 290,2 | 220,0 |
| 1 | 628,2 | 362,8 | 265,4 |

F_{bw} = negatiivinen saumaan ei tarvitse laittaa tappeja.

F_{bw} = positiivinen, saumaan tarvitaan voiman F_{bw} kiinniottamisen tappeja.

Työsaumaraudoitus 2T8 k200

Työsaumaraudoitteen leikkausvoimakapasiteetti /metri

$$V_{Rd} = 125,8 \text{ kN/m}$$

Seinän pituus L= 3,0

Työsaumaraudoitteen leikkausvoimakapasiteetti /seinä

$$V_{Rd} = 377 \text{ kN}$$

Työsaumanraudoitteiden leikkausvoiman kapasiteettia on arvioitu teräksen puhtaasti leikkauksen kautta: $V_{Rd} = 0,6A * f_{yd}$, missä A on teräksen poikkipinta-ala ja f_{yd} , teräksen mitoituslujuus.

Pystysauman mitoitus (1krs.)

Saumabetoni C35/37

Saumassa yli kulkeva voima $\tau = 313 \text{ kN/m}$

$$A = 0,72 \text{ m}^2$$

$$b = 0,2 \text{ m}$$

$$h = 3,6 \text{ m}$$

Betoni sauman kapasiteetti $f_{ctd} = 1200 \text{ kN/m}^2$

Jos $f_{ctd} > \tau$, nurkkaan ei tarvita leikkausraudoitusta

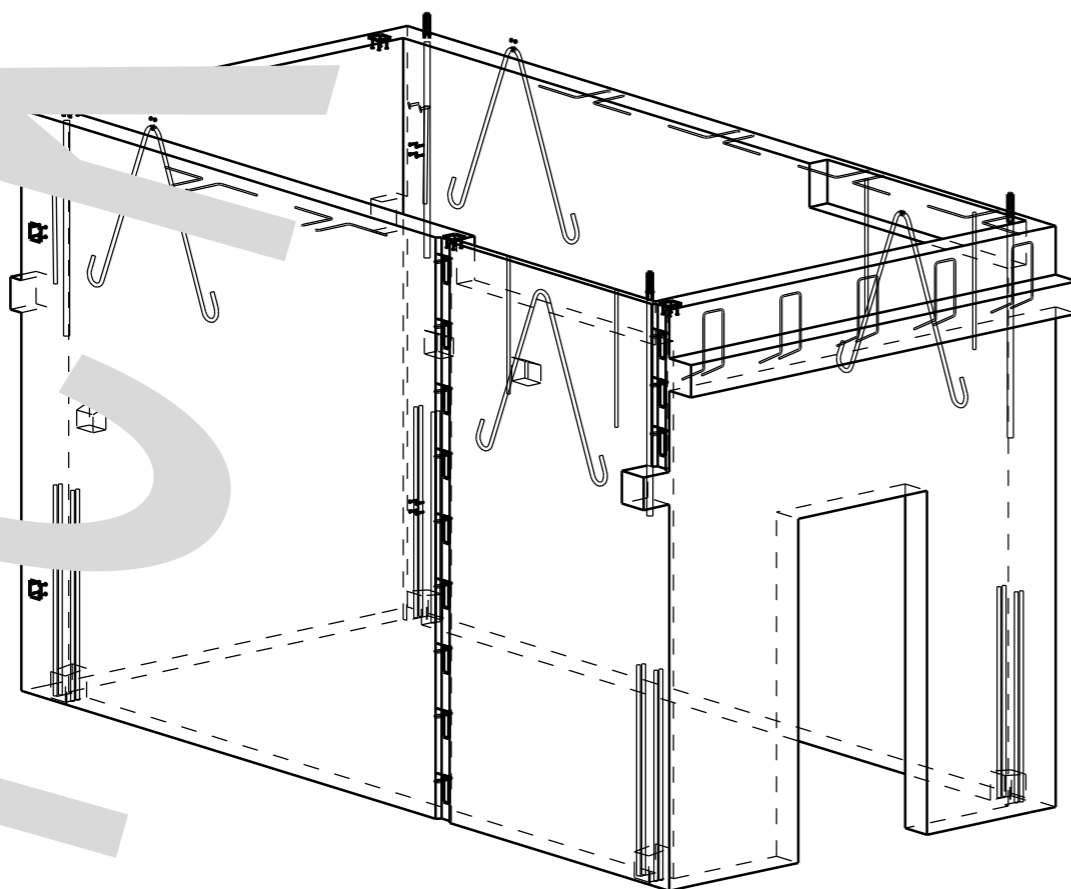
Liite 3: Mallielementit

Liitteessä kolme on mallielementti BM-Porrashuoneesta ja BM-porrashuonetta vastaavasta levyseinäelementeistä. Elementtipiirustukset ovat periaatteellisia ja niissä esitettyjä tietoja ei ole tarkastettu ulkopuolisessa tarkastuksessa.

RAUDOITELUETTELO

| RAUDOITTEET | | D | L | dL | PAINO | TAIVUTUSMITAT [mm] | | | | | | | | | | KOMMENTTI | | |
|-------------|-----------|------|--------|------|----------|--------------------|------|------|-----|----|-----|----|----|----|----|-----------|----|----|
| TYY NRO | LKM LAATU | [mm] | [mm] | [mm] | YHT [kg] | a | b | c | d | e | u | v | x | TD | | | | |
| A | 8 | 2 | A500HW | 12 | 2680 | 4.8 | 2680 | | | | | | | | | | | |
| A | 9 | 2 | A500HW | 12 | 2400 | 4.3 | 2400 | | | | | | | | | | | |
| B | 13 | 4 | A500HW | 12 | 1430 | 5.1 | 824 | 644 | | | | 90 | | | | | 60 | |
| A | 16 | 2 | A500HW | 12 | 2590 | 4.6 | 2590 | | | | | | | | | | | |
| D | 17 | 2 | A500HW | 12 | 6430 | 11.4 | 644 | 5202 | 644 | | | | | | | | | 60 |
| B | 18 | 4 | A500HW | 12 | 3210 | 11.4 | 644 | 2599 | | | | 90 | | | | | | 60 |
| B | 19 | 2 | A500HW | 12 | 1520 | 2.7 | 914 | 644 | | | | 90 | | | | | | 60 |
| B | 20 | 2 | A500HW | 12 | 3280 | 5.8 | 2670 | 644 | | | | 90 | | | | | | 60 |
| D | 21 | 2 | A500HW | 12 | 6450 | 11.5 | 644 | 5222 | 644 | | | | | | | | | 60 |
| A | 22 | 2 | A500HW | 12 | 3860 | 6.9 | 3865 | | | | | | | | | | | |
| B | 28 | 4 | A500HW | 12 | 1470 | 5.2 | 940 | 560 | | | | 90 | | | | | | 60 |
| B | 29 | 1 | A500HW | 12 | 3410 | 3.0 | 2910 | 535 | | | | 90 | | | | | | 60 |
| A | 30 | 2 | A500HW | 12 | 2870 | 5.1 | 2870 | | | | | | | | | | | |
| A | 34 | 8 | A500HW | 16 | 3320 | 42.0 | 3320 | | | | | | | | | | | |
| D | 35 | 147 | A500HW | 8 | 960 | 56.1 | 426 | 152 | 426 | | | | | | | | | 32 |
| D | 36 | 53 | A500HW | 8 | 950 | 20.0 | 426 | 144 | 426 | | | | | | | | | 32 |
| Un | 39 | 7 | A500HW | 8 | 1750 | 4.9 | | | | | | | | | | | | |
| A | 50 | 2 | A500HW | 12 | 2920 | 5.2 | 2922 | | | | | | | | | | | |
| A | 51 | 2 | A500HW | 12 | 3880 | 6.9 | 3882 | | | | | | | | | | | |
| B | 52 | 1 | A500HW | 12 | 1070 | 1.0 | 554 | 554 | | | | 90 | | | | | | 60 |
| B | 53 | 1 | A500HW | 12 | 3420 | 3.0 | 2914 | 539 | | | | 90 | | | | | | 60 |
| B | 54 | 1 | A500HW | 12 | 1070 | 1.0 | 550 | 550 | | | | 90 | | | | | | 60 |
| A | 55 | 8 | A500HW | 12 | 3540 | 25.1 | 3540 | | | | | | | | | | | |
| A | 56 | 2 | A500HW | 12 | 2960 | 5.3 | 2960 | | | | | | | | | | | |
| G | 57 | 8 | A500HW | 12 | 490 | 3.5 | 91 | 62 | 160 | 68 | 138 | 44 | 44 | 54 | 60 | | | |
| G | 58 | 8 | A500HW | 12 | 490 | 3.5 | 78 | 62 | 184 | 68 | 127 | 44 | 44 | 54 | 60 | | | |
| A | 59 | 8 | A500HW | 12 | 1940 | 13.8 | 1940 | | | | | | | | | | | |
| A | 61 | 6 | A500HW | 12 | 160 | 0.9 | 160 | | | | | | | | | | | |
| Un | 62 | 8 | A500HW | 12 | 1490 | 10.6 | | | | | | | | | | | | |
| A | 122 | 1 | A500HW | 12 | 910 | 0.8 | 910 | | | | | | | | | | | |
| D | 126 | 4 | A500HW | 12 | 1870 | 6.7 | 880 | 160 | 880 | | | | | | | | | 32 |

RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]: 291.9



SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

| | |
|-----------------------|-------------|
| Paloluokka | R60 |
| Rasitusluokka | XC1 |
| Suunniteltu käyttöikä | 50 tai 100v |

TUOTETIEDOT

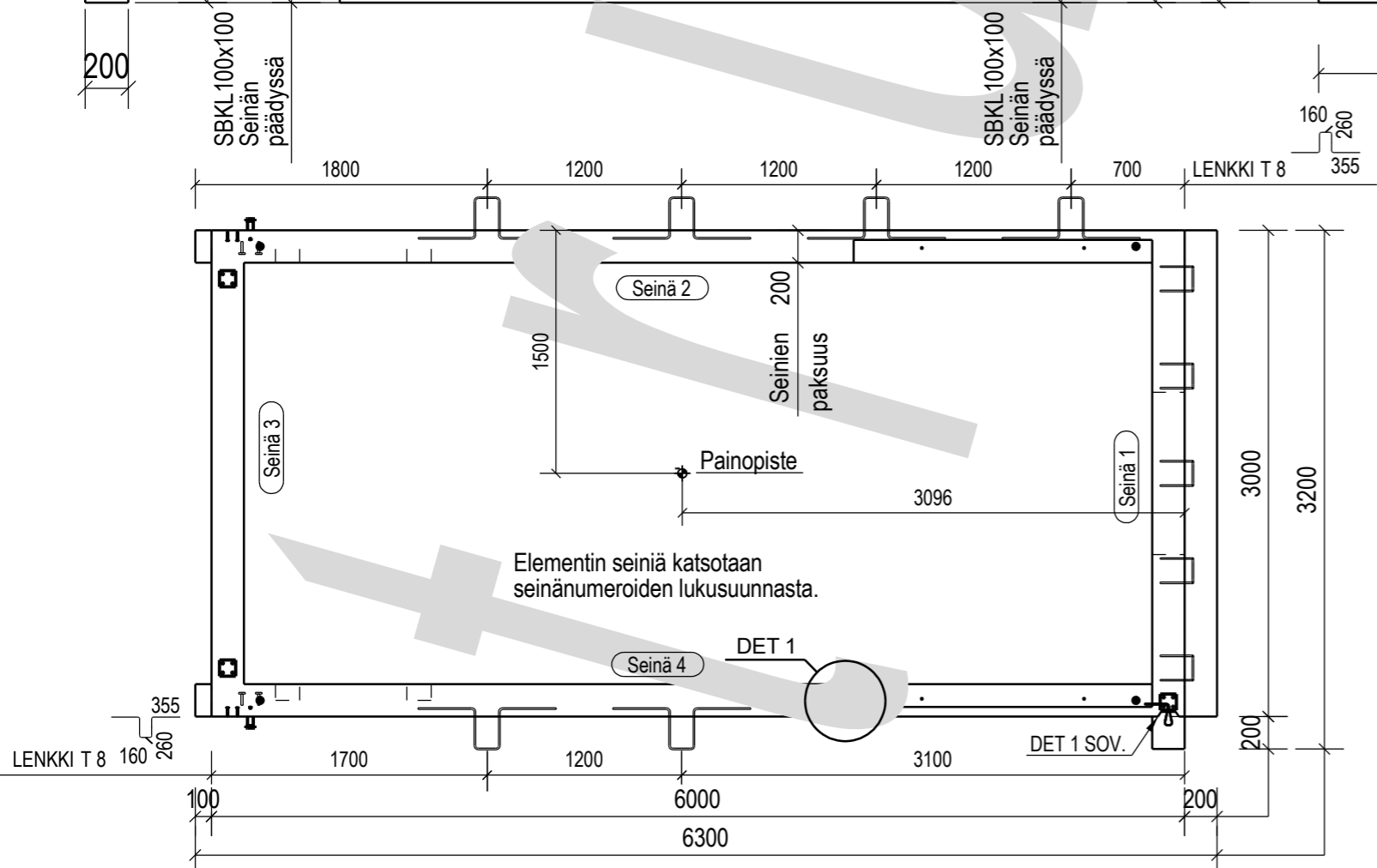
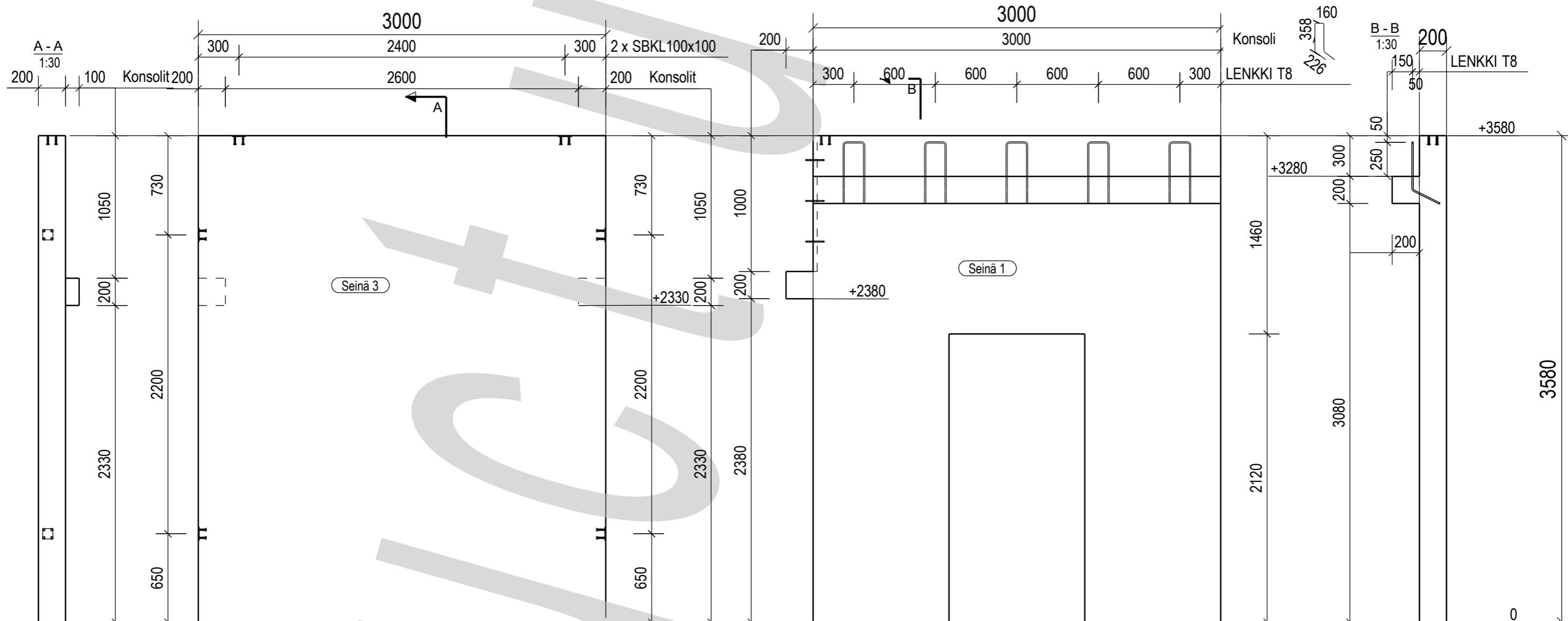
| | |
|----------------------------|--|
| Betonipeite 1 | 20 mm |
| Toleranssiluokka | Normaaliluokka/Betonelementtien toleranssit 2011 |
| Pintakäsittely 1 | MUO-A |
| Pintakäsittely 2 | MUO-A |
| Muotistanostolujuus | 50% suunnittelulujuudesta |
| Kuljetus- ja asennuslujuus | 80% suunnittelulujuudesta |

VALUTARVIKELUETTELO

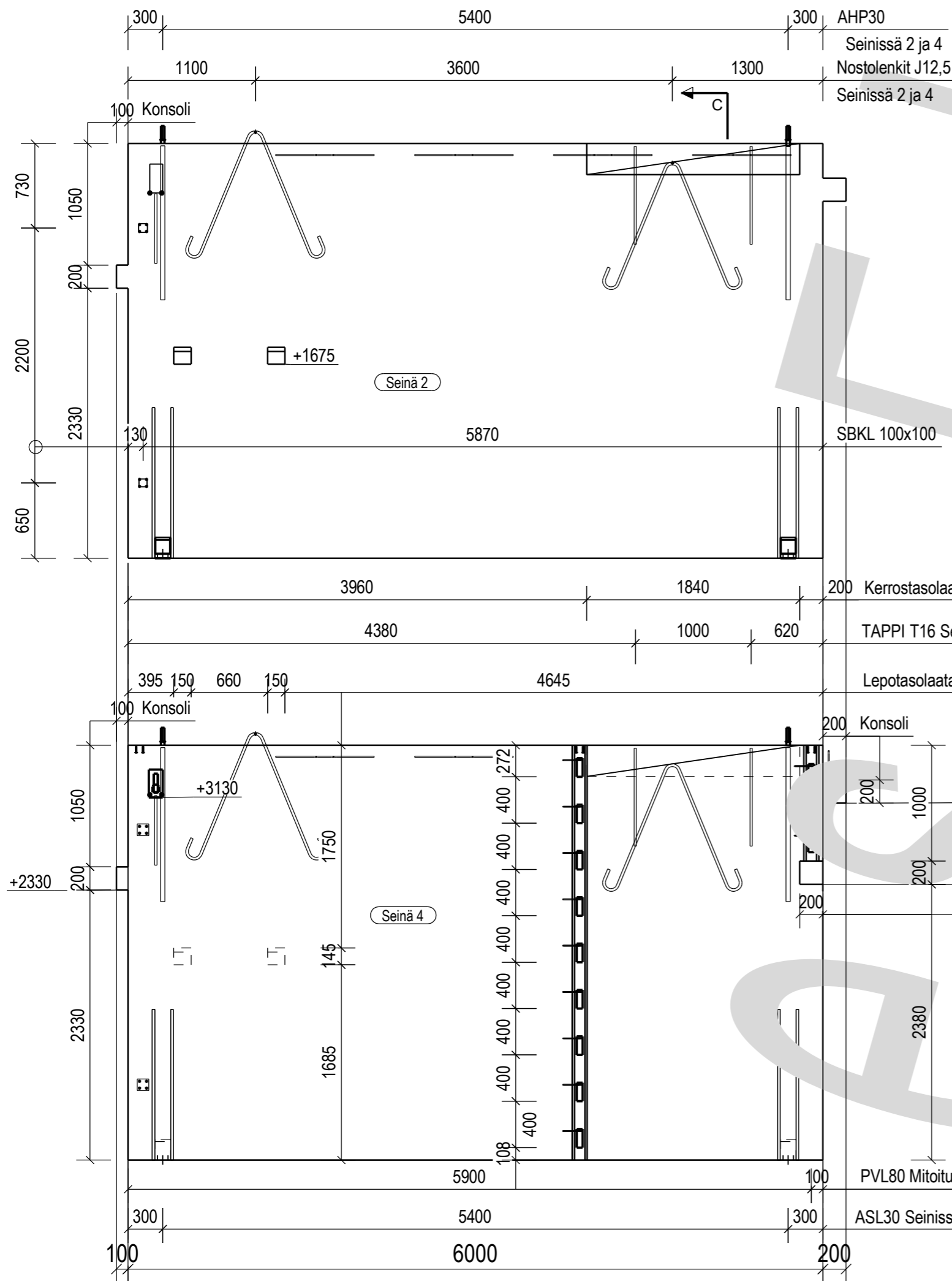
| PIIR. NUMERO | LKM | MATERIAALI | PINTA-ALA [m2] | MÄÄRÄ | YKS |
|------------------|-----|------------|----------------|-------|-----|
| 1 | 1 | C30/37 | 21.54 | 11.85 | m³ |
| ELEMENTTI PAINO: | | | | 29.63 | t |

| MÄÄRÄ | TARVIKKEET |
|----------|-----------------------------|
| 2 kpl | AEP400K Console support |
| 2 kpl | AEP400S AEP corbel |
| 4 kpl | AHP30 Anchor bolt |
| 4 kpl | ASL30 Wall shoe |
| 4 kpl | J12.5 |
| 12 kpl | PVL80 Steel_loop |
| 8 kpl | SBKL100x100 Fastening plate |
| 4 kpl | TAPPI A500HW |
| 5 kpl | LENKKI Ø8 1270.0mm A500HW |
| 6 kpl | LENKKI Ø8 1310.0mm A500HW |
| 521.1 kg | Verkko 8/200 |
| 70.3 kg | A500HW ø 8 |
| 156.2 kg | A500HW ø 12 |
| 42.0 kg | A500HW ø 16 |

| | | | | | |
|--|--------------------|--|--------------------------|-------------|--|
| KOHDE Opinnäytetyö BM-Porrashuone Tekijä: Matti Laitinen | | PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ MALLIELEMENTTI BM-PORRASHUONE | | MITTAKAAVAT | |
| PIIRT. | SUUN. ML | TARK. ML | HYV. | | |
| POWERED BY A TRIMBLE COMPANY | | TYÖNUMERO 1 | ALANUMERO | PIIR. NRO. | |
| S.ALA RAK | | SIVU 1 / 5 | PVM 08.04.2016 | MUUTOS | |



| | | | | |
|---|-----------|------------|-----------|--|
| KOHDE Opinnäytetyö BM-Porrashuone Tekijä: Matti Laitinen | TYÖNUMERO | ALANUMERO | PIIR. NRO | |
| | 1 | | | |
| SALA | SIVU | PVM. | MUUTOS | |
| RAK | 2 / 5 | 08.04.2016 | | |



AHP30
Seinissä 2 ja 4
Nostolenkit J12,5
Seinissä 2 ja 4

SBKL 100x100

200 Kerrostasolaatan varaukset seinissä 2 ja 4

TAPPI T16 Seinissä 2 ja 4

Lepotasolaatan varaukset, seinissä 2 ja 4

200 Konsoli

+3080

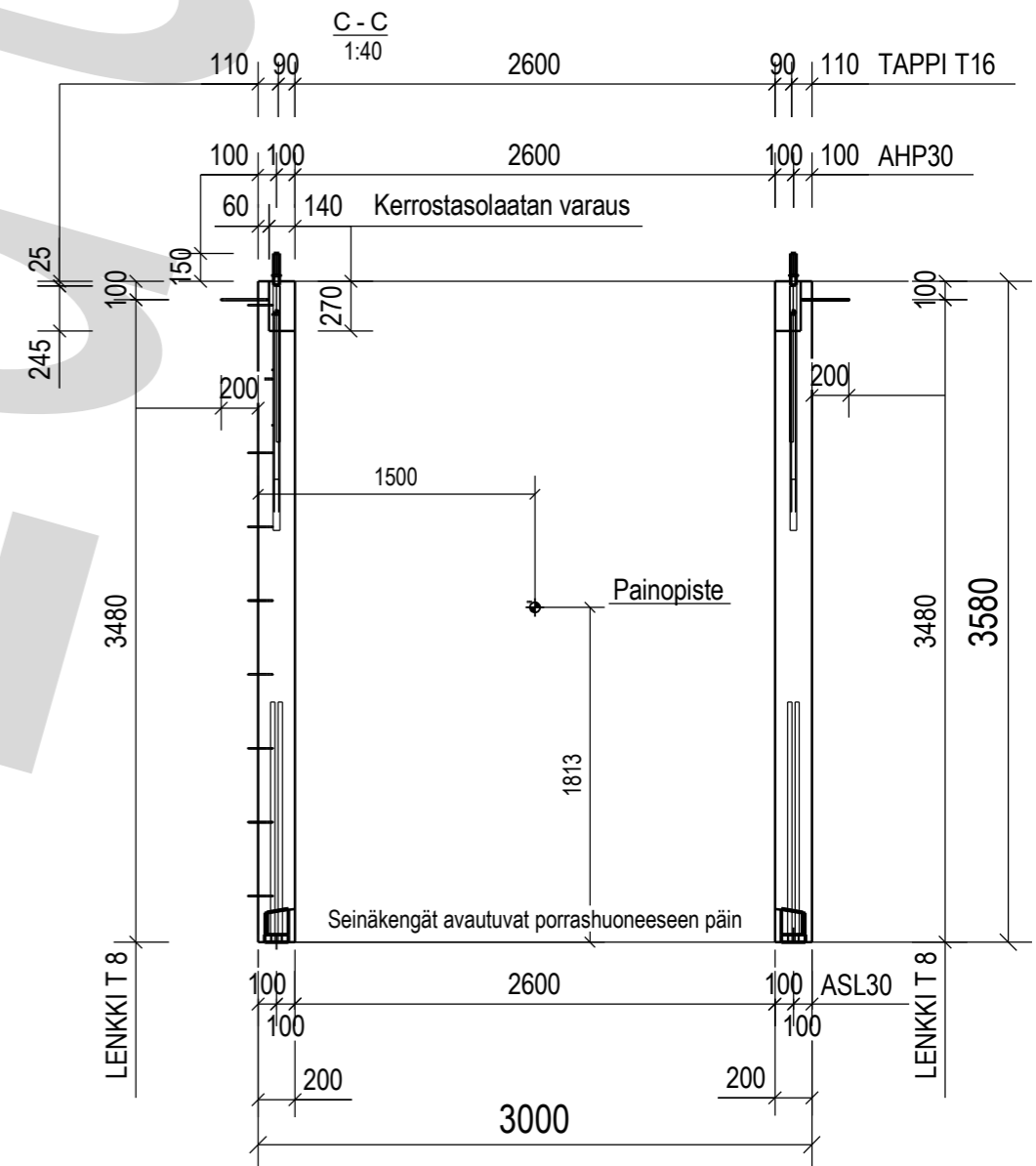
+2380

Konsoli

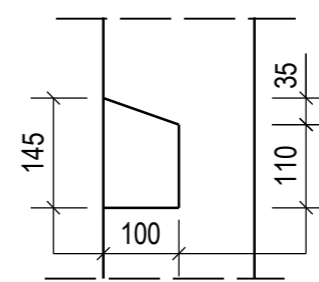
2380

PVL80 Mitoitus kotelon pohjasta

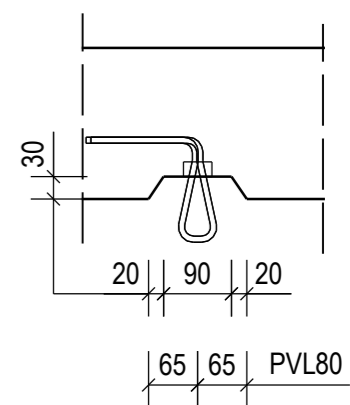
ASL30 Seinissä 2 ja 4



LEPOTASO VARAUS
1:10



DETAIL 1
1:10



KOHDE
Opinnäytetyö
BM-Porrashuone
Tekijä: Matti Laitinen

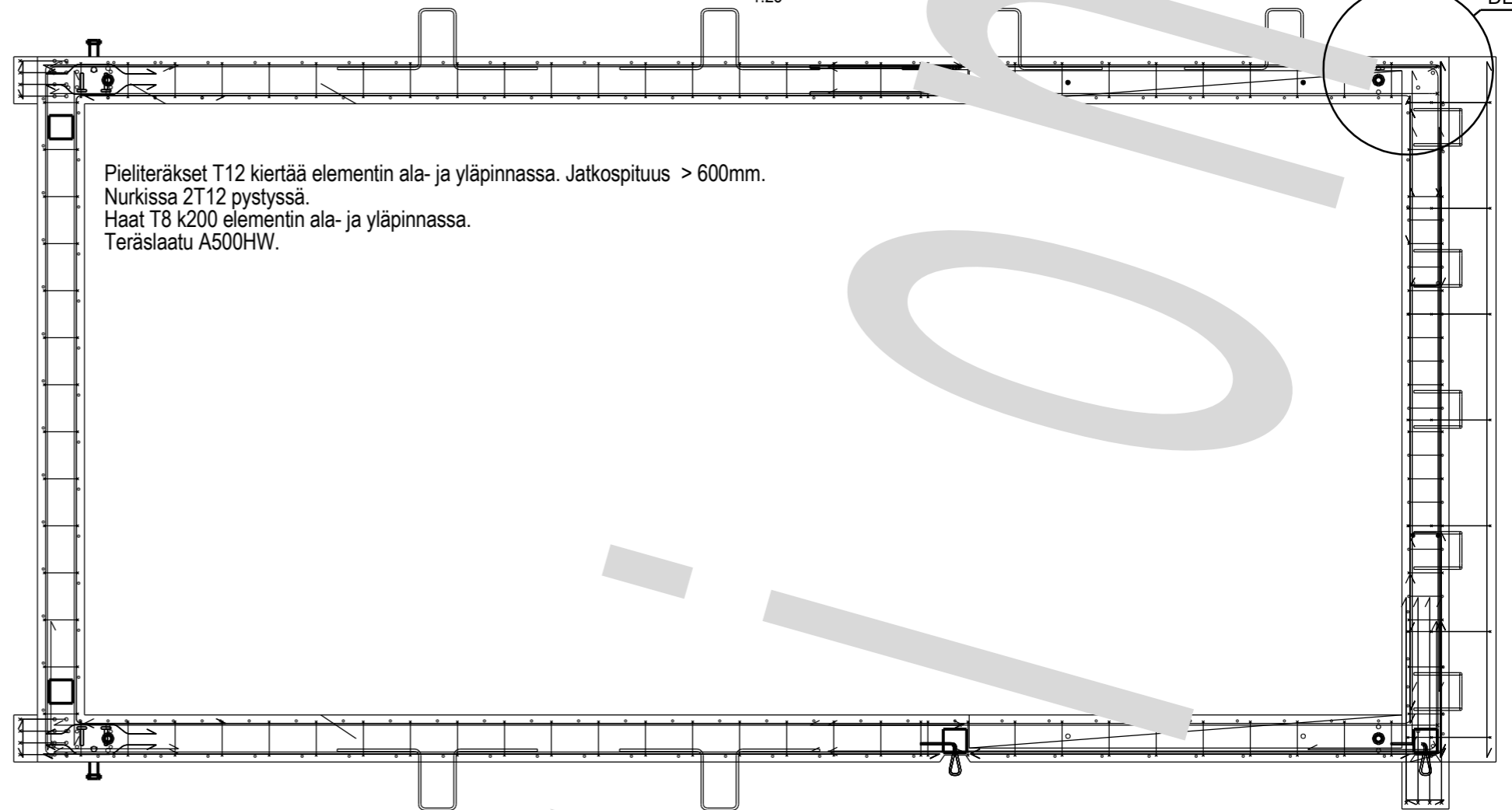
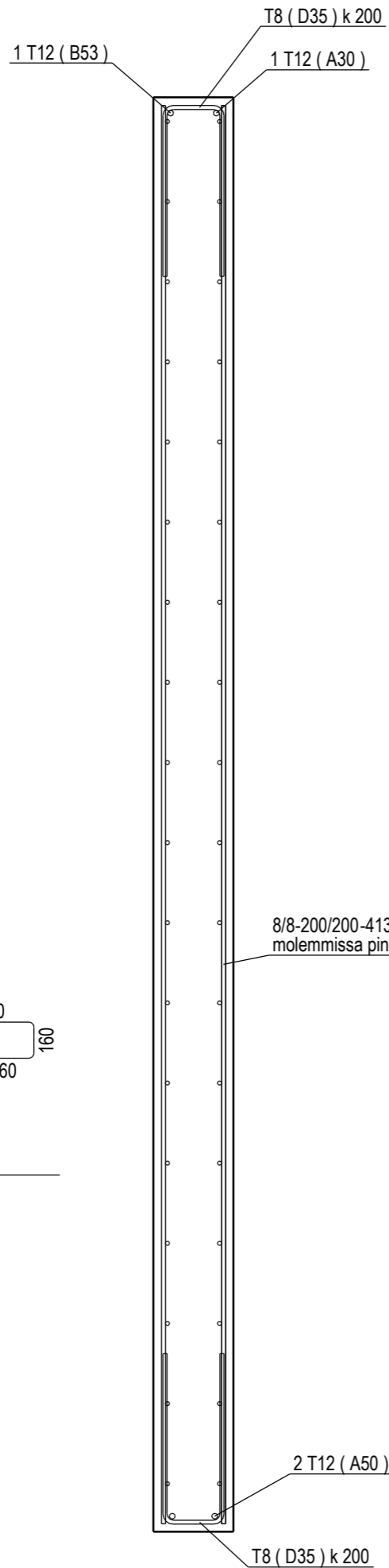
| | | | |
|----------------|---------------|--------------------|--------|
| TYÖNUMERO 1 | ALANUMERO | PIIR. NRO | |
| SALA RAK | SIVU 3 / 5 | PVM. 08.04.2016 | MUUTOS |

Porrashuoneen vaakaleikkaus

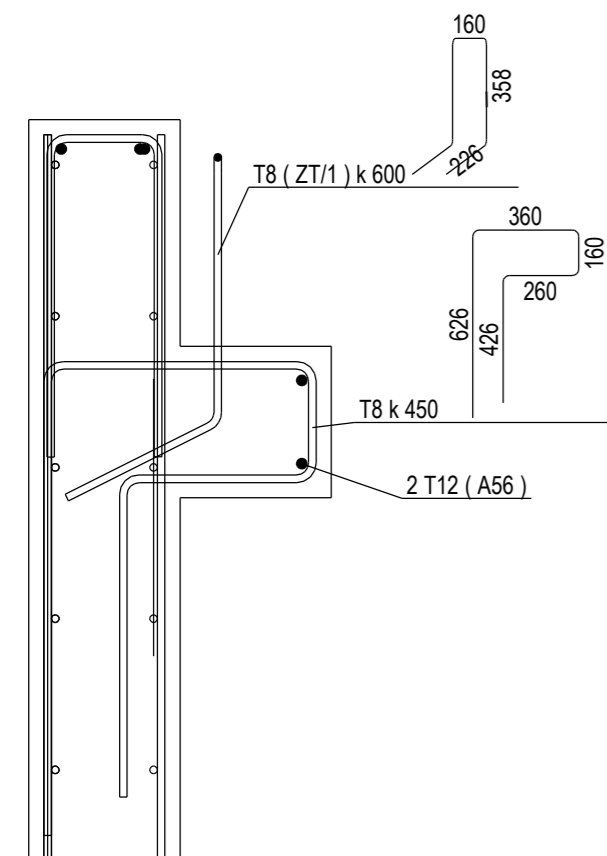
1:25

DET 2

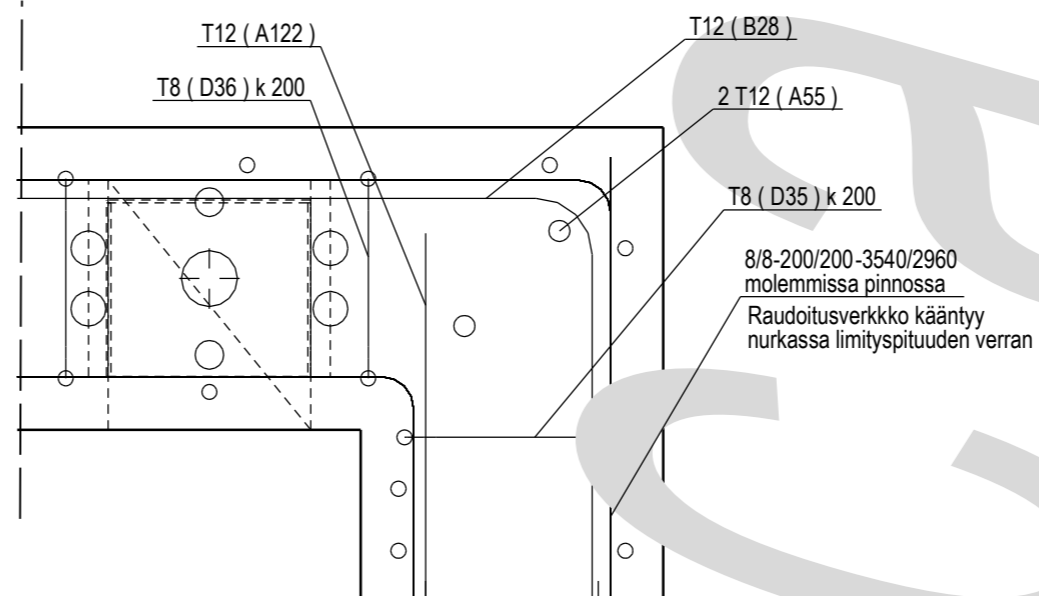
Seinän tyypiraudoitus



Konsolin raudoitus
1:10



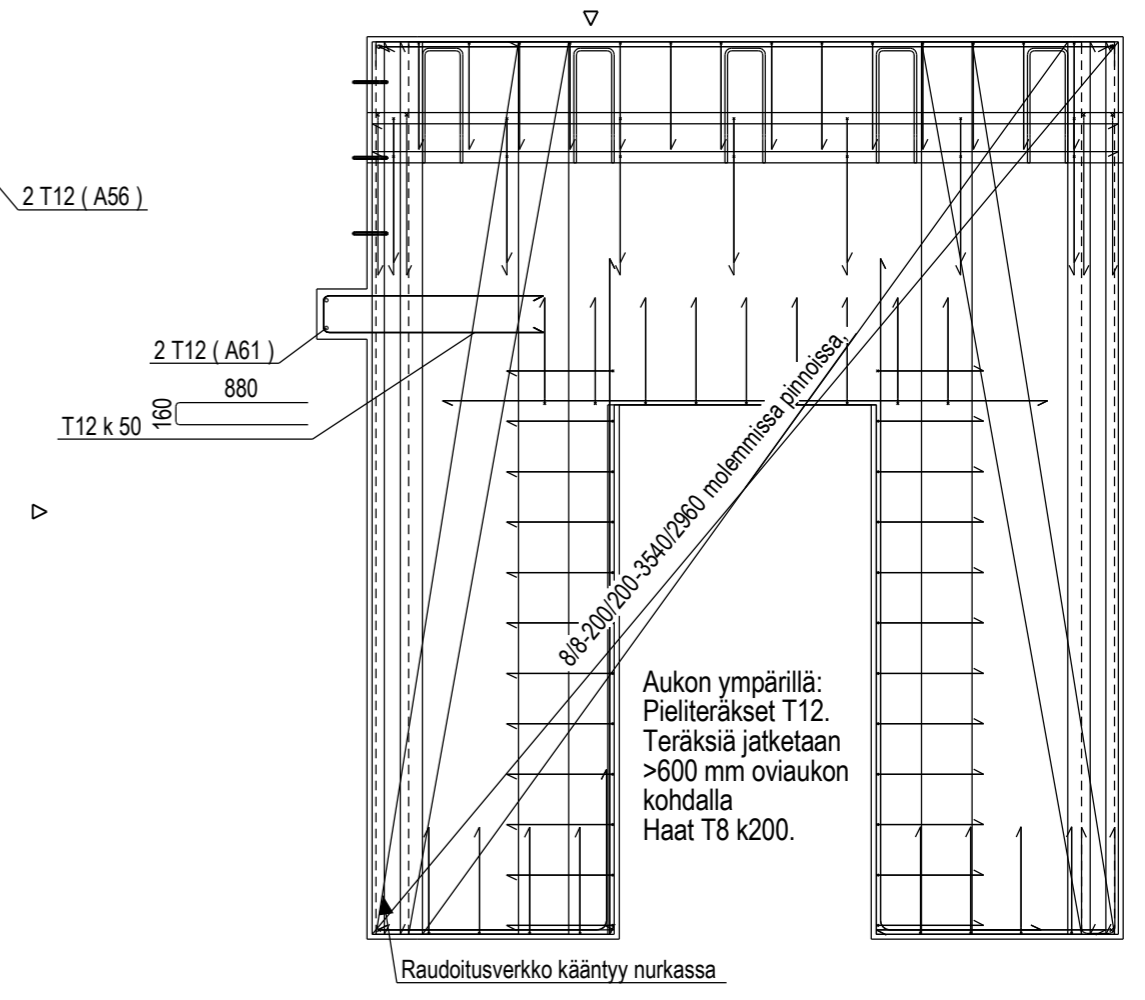
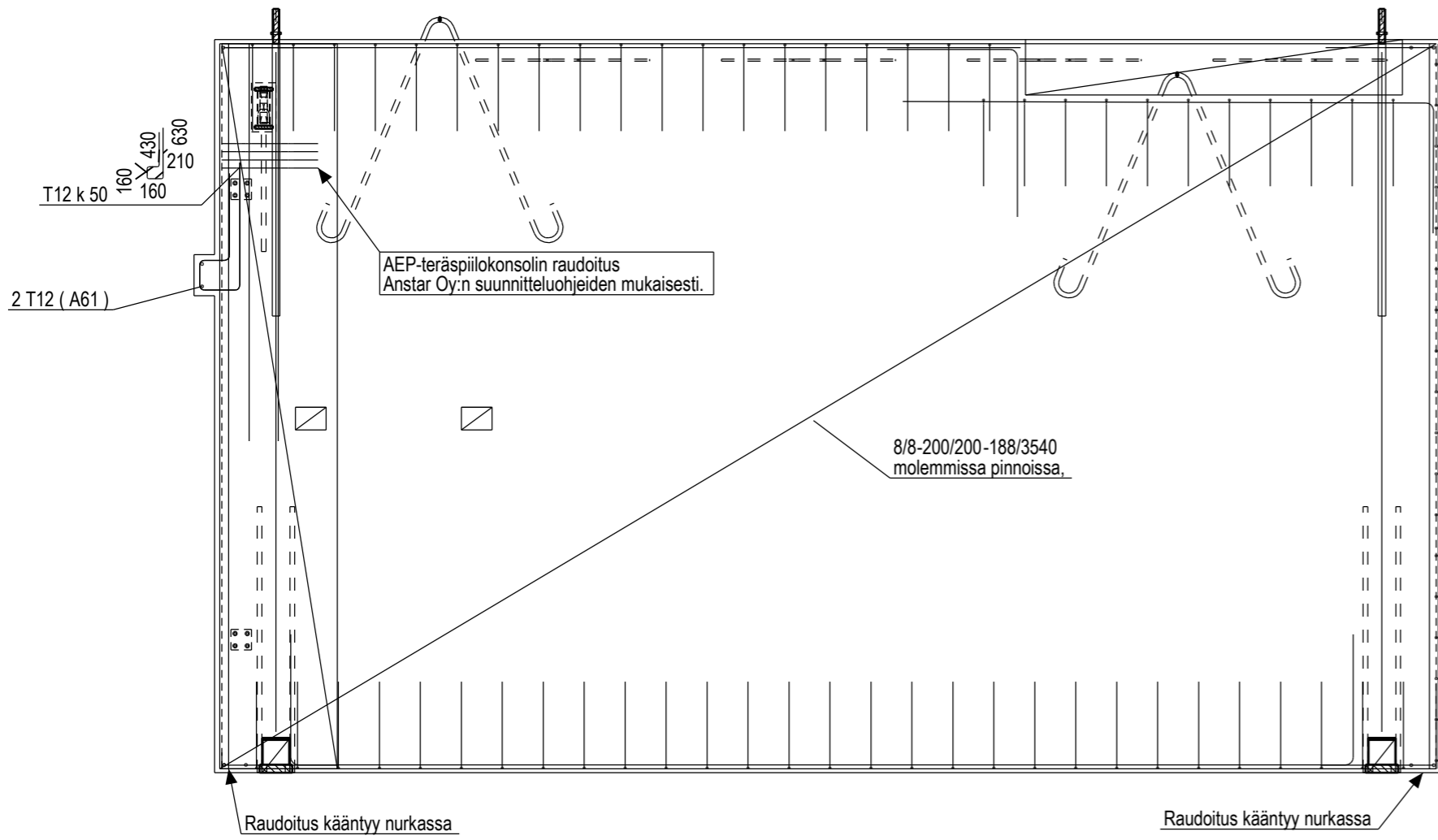
DETAIL 2
1:5



KOHDE
Opinnäytetyö
BM-Porrashuone
Tekijä: Matti Laitinen

| | | | |
|----------------|---------------|--------------------|--------|
| TYÖNUMERO 1 | ALANUMERO | PIIR. NRO | |
| S.ALA RAK | SIVU 4 / 5 | PVM. 08.04.2016 | MUUTOS |

Pieliteräket 2T12 elementin ympäri. Limityspituus > 600mm.
 Haat T8 k200 elementin ylä- ja alapinnassa-
 Raudoitusverkko, limityspituus >2 silmäväliä

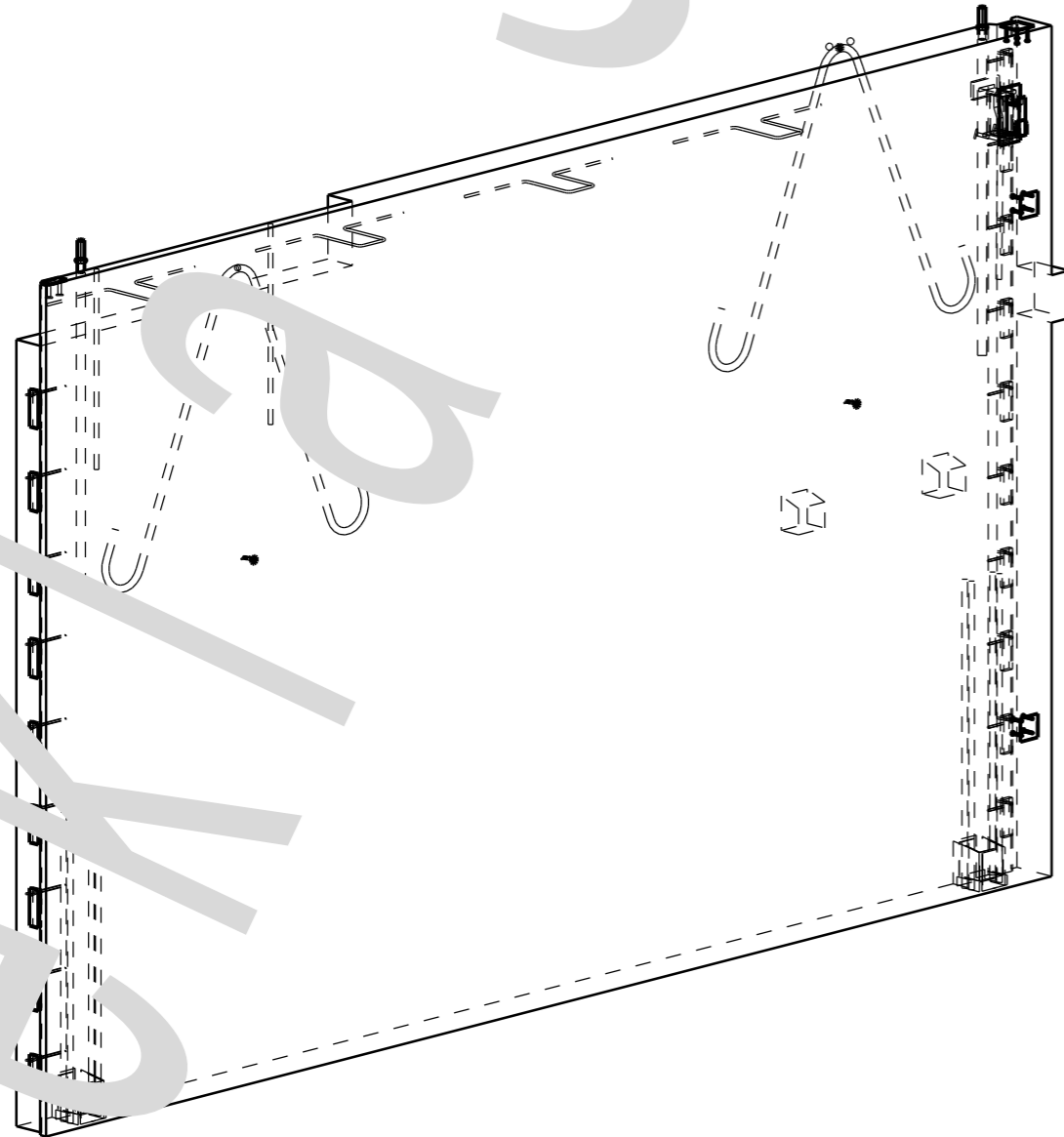


| | | | | |
|---|-----------|------------|-----------|--|
| KOHDE Opinnäytetyö BM-Porrashuone Tekijä: Matti Laitinen | TYÖNUMERO | ALANUMERO | PIIR. NRO | |
| | 1 | | | |
| S.ALA | SIVU | PVM. | MUUTOS | |
| RAK | 5 / 5 | 08.04.2016 | | |

RAUDOITELUETTELO

| RAUDOITTEET TYY NRO | LKM | LAATU | D [mm] | L [mm] | dL [mm] | PAINO YHT [kg] | TAIVUTUSMITAT [mm] | | | | | | | | | | KOMMENTTI | | | | |
|------------------------|-----|-------|-----------|-----------|------------|-------------------|--------------------|------|-----|----|-----|----|----|----|----|--|-----------|--|--|--|----|
| | | | | | | | a | b | c | d | e | u | v | x | TD | | | | | | |
| A | 34 | 2 | A500HW | 16 | 3320 | 10.5 | 3320 | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 35 | 29 | A500HW | 8 | 960 | 11.1 | 426 | 152 | 426 | | | | | | | | | | | | 32 |
| D | 36 | 28 | A500HW | 8 | 950 | 10.6 | 426 | 142 | 426 | | | | | | | | | | | | 32 |
| D | 41 | 33 | A500HW | 8 | 890 | 11.6 | 400 | 130 | 400 | | | | | | | | | | | | 32 |
| G | 57 | 4 | A500HW | 12 | 490 | 1.8 | 91 | 62 | 160 | 68 | 138 | 44 | 44 | 54 | 60 | | | | | | |
| G | 58 | 4 | A500HW | 12 | 490 | 1.8 | 78 | 62 | 184 | 68 | 127 | 44 | 44 | 54 | 60 | | | | | | |
| A | 59 | 4 | A500HW | 12 | 1940 | 6.9 | 1940 | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 61 | 2 | A500HW | 12 | 160 | 0.3 | 160 | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 77 | 2 | A500HW | 12 | 5980 | 10.6 | 644 | 4996 | 405 | | | | | | | | | | | | 60 |
| B | 79 | 2 | A500HW | 12 | 4280 | 7.6 | 405 | 3910 | | | | | 90 | | | | | | | | 60 |
| B | 80 | 2 | A500HW | 12 | 3980 | 7.1 | 507 | 3510 | | | | | 90 | | | | | | | | 60 |
| D | 81 | 2 | A500HW | 12 | 4050 | 7.2 | 507 | 3100 | 507 | | | | | | | | | | | | 60 |
| A | 82 | 2 | A500HW | 12 | 750 | 1.3 | 755 | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 86 | 2 | A500HW | 12 | 2990 | 5.3 | 644 | 2379 | | | | | 90 | | | | | | | | 60 |
| A | 121 | 2 | A500HW | 16 | 3050 | 9.6 | 3050 | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 124 | 4 | A500HW | 12 | 880 | 3.1 | 405 | 133 | 405 | | | | | | | | | | | | 60 |
| D | 130 | 4 | A500HW | 12 | 1670 | 5.9 | 780 | 160 | 780 | | | | | | | | | | | | 32 |

RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]: 112.3



SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

| | |
|-----------------------|-----|
| Paloluokka | R60 |
| Rasitusluokka | XC1 |
| Suunniteltu käyttöikä | 50v |

TUOTETIEDOT

| | |
|----------------------------|---|
| Betonipeite 1 | 20 mm |
| Toleranssiluokka | Normaaliluokka/Betonielementtien toleranssit 2011 |
| Pintakäsittely 1 | THI-A |
| Pintakäsittely 2 | MUO-A |
| Muotistanostolujuus | 50% suunnittelulujuudesta |
| Kuljetus- ja asennuslujuus | 80% suunnittelulujuudesta |

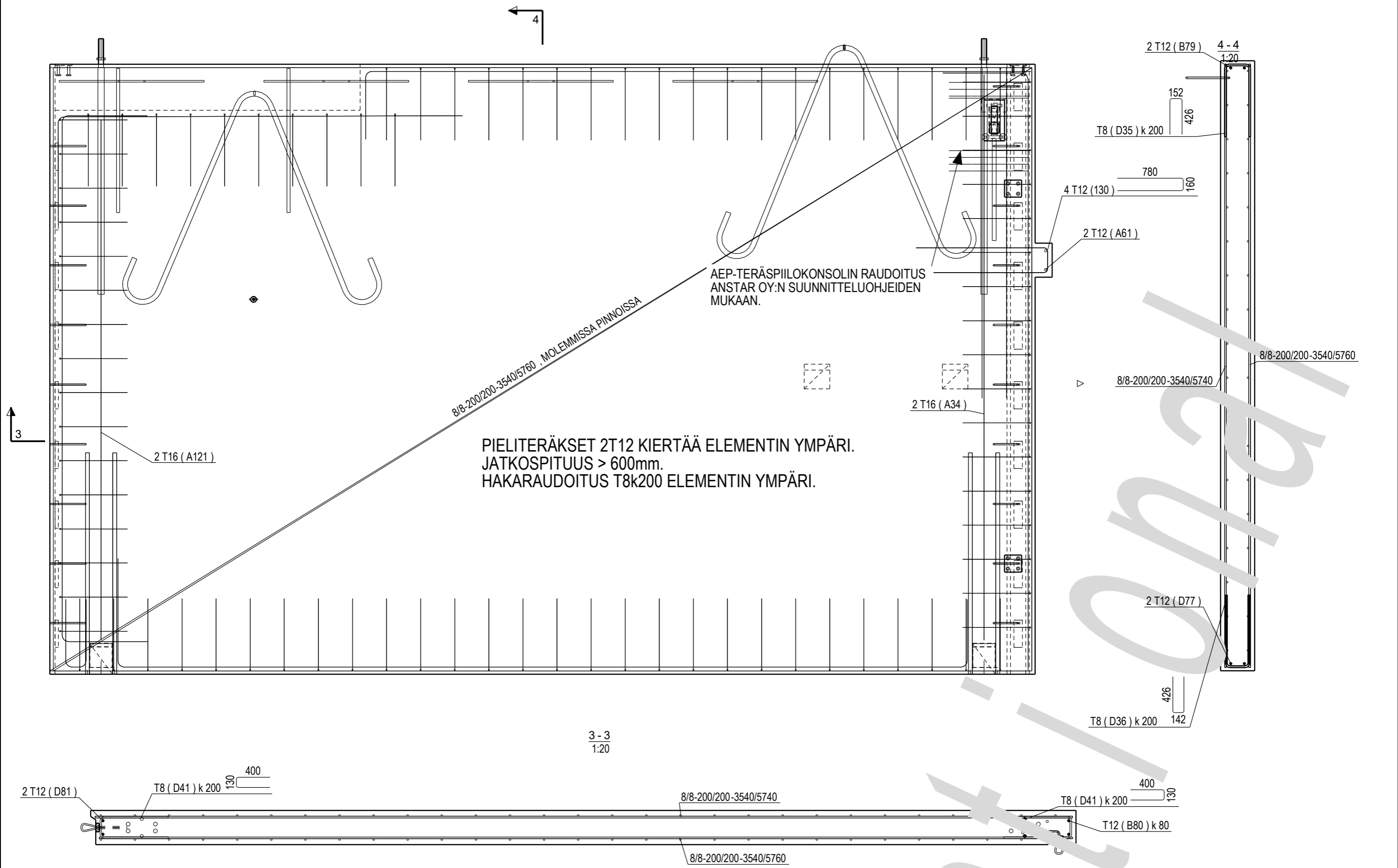
VALUTARVIKELUETTELO

| PIIR. NUMERO | LKM | MATERIAALI | PINTA-ALA [m ²] | MÄÄRÄ | YKS |
|------------------|-----|------------|-----------------------------|-------|----------------|
| 2 | 1 | C30/37 | 20.71 | 4.04 | m ³ |
| ELEMENTTI PAINO: | | | | 10.09 | t |

MÄÄRÄ TARVIKKEET

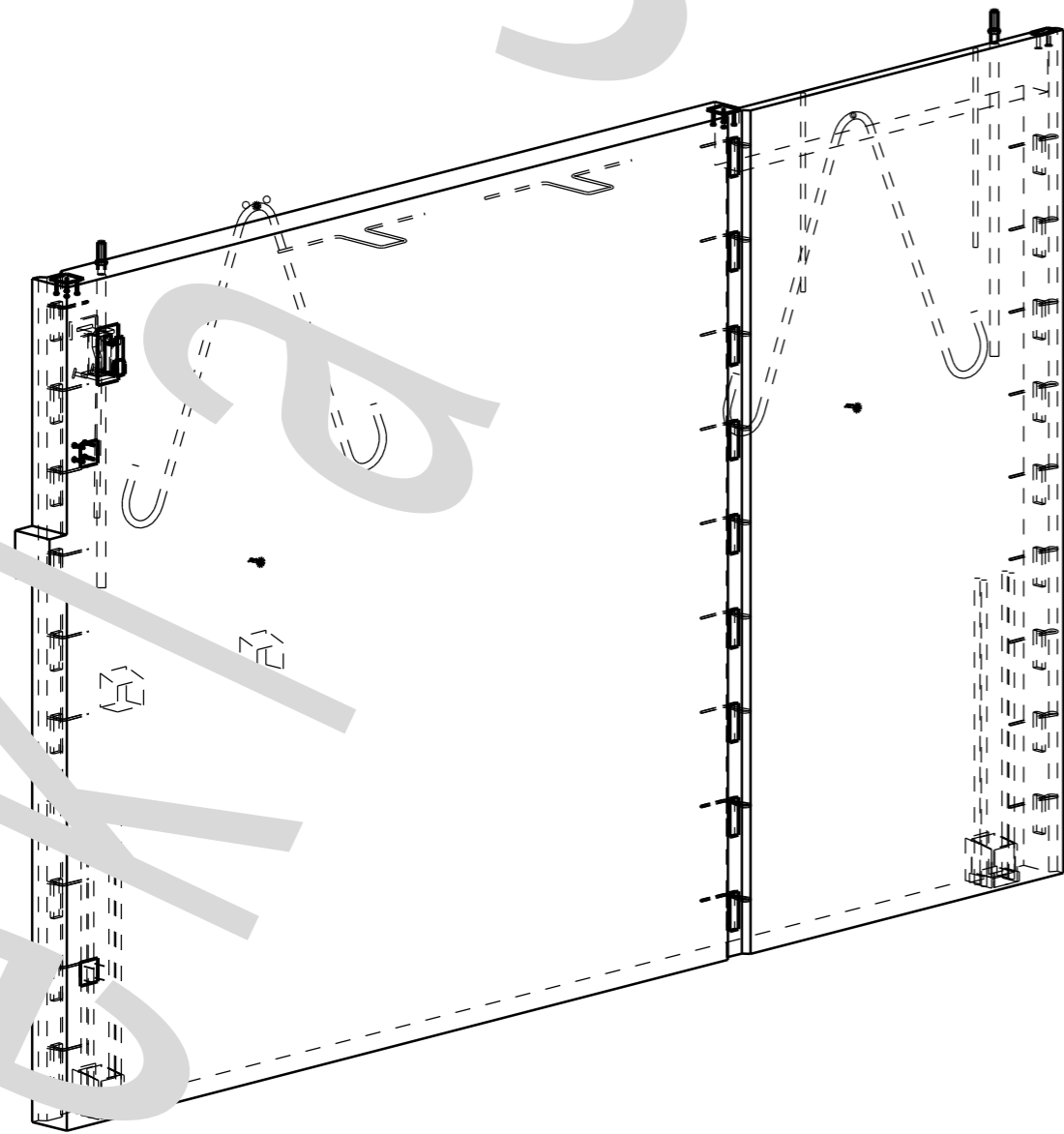
| | |
|----------|-----------------------------|
| 1 kpl | AEP400K Console support |
| 1 kpl | AEP400S AEP corbel |
| 2 kpl | AHP30 Anchor bolt |
| 2 kpl | ASL30 Wall shoe |
| 19 kpl | PVL80 Steel_loop |
| 2 kpl | SA25 |
| 1 kpl | SBKL50x100 Fastening plate |
| 3 kpl | SBKL100x100 Fastening plate |
| 2 kpl | VEMO1168-A M10x60 S235JR |
| 2 kpl | TAPPI A500HW |
| 4 kpl | LENKKI Ø8 1310.0mm A500HW |
| 159.3 kg | Verkko 8/200 |
| 33.3 kg | A500HW ø 8 |
| 58.9 kg | A500HW ø 12 |
| 20.1 kg | A500HW ø 16 |

| | | | | | |
|---|---------------|---|-----------|------------|-------------|
| KOHDE Opinnäytetyö BM-Porrashuone Tekijä: Matti Laitinen | | PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ MALLIELEMENTTI: LEVYSEINÄ 1 | | | MITTAKAAVAT |
| PIIRT. | SUUN. ML | TARK. ML | HYV. | | |
| POWERED BY A TRIMBLE COMPANY | | TYÖNUMERO 1 | ALANUMERO | PIIR. NRO. | |
| S.ALA RAK | SIVU 1 / 3 | PVM 08.04.2016 | MUUTOS | | |



| | | | | |
|---|-----------|------------|-----------|--|
| KOHDE Opinnäytetyö BM-Porrashuone Tekijä: Matti Laitinen | TYÖNUMERO | ALANUMERO | PIIR. NRO | |
| | 1 | | | |
| SALA | SIVU | PVM. | MUUTOS | |
| RAK | 3 / 3 | 08.04.2016 | | |

| RAUDOITTELUETTELO | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-----------|------|--------|------|----------|--------------------|------|------|-----|----|-----|----|-----------|----|----|
| RAUDOITTEET | | D | L | dL | PAINO | TAIVUTUSMITAT [mm] | | | | | | | KOMMENTTI | | |
| TYY NRO | LKM LAATU | [mm] | [mm] | [mm] | YHT [kg] | a | b | c | d | e | u | v | | x | TD |
| A | 34 | 2 | A500HW | 16 | 3320 | 10.5 | 3320 | | | | | | | | |
| D | 35 | 11 | A500HW | 8 | 960 | 4.2 | 426 | 152 | 426 | | | | | | 32 |
| D | 41 | 25 | A500HW | 8 | 890 | 8.8 | 400 | 130 | 400 | | | | | | 32 |
| D | 43 | 45 | A500HW | 8 | 910 | 16.2 | 400 | 150 | 400 | | | | | | 32 |
| G | 57 | 4 | A500HW | 12 | 490 | 1.8 | 91 | 62 | 160 | 68 | 138 | 44 | 44 | 54 | 60 |
| G | 58 | 4 | A500HW | 12 | 490 | 1.8 | 78 | 62 | 184 | 68 | 127 | 44 | 44 | 54 | 60 |
| A | 59 | 4 | A500HW | 12 | 1940 | 6.9 | 1940 | | | | | | | | |
| A | 61 | 2 | A500HW | 12 | 160 | 0.3 | 160 | | | | | | | | |
| D | 69 | 2 | A500HW | 12 | 1350 | 2.4 | 644 | 162 | 607 | | | | | | 60 |
| D | 70 | 2 | A500HW | 12 | 6140 | 10.9 | 607 | 4994 | 607 | | | | | | 60 |
| D | 71 | 2 | A500HW | 12 | 5030 | 8.9 | 607 | 3885 | 607 | | | | | | 60 |
| B | 72 | 2 | A500HW | 12 | 3830 | 6.8 | 607 | 3260 | | | | 90 | | | 60 |
| A | 73 | 2 | A500HW | 12 | 3500 | 6.2 | 3507 | | | | | | | | |
| D | 101 | 7 | A500HW | 8 | 890 | 2.5 | 400 | 130 | 400 | | | | | | 32 |
| D | 119 | 2 | A500HW | 12 | 1280 | 2.3 | 607 | 127 | 607 | | | | | | 60 |
| D | 120 | 1 | A500HW | 8 | 780 | 0.3 | 345 | 130 | 345 | | | | | | 32 |
| A | 123 | 2 | A500HW | 12 | 2370 | 4.2 | 2370 | | | | | | | | |
| D | 129 | 4 | A500HW | 12 | 1670 | 5.9 | 780 | 160 | 780 | | | | | | 32 |
| RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]: | | | | | | | | | | | | | 100.9 | | |



SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

| | |
|-----------------------|-----|
| Paloluokka | R60 |
| Rasitusluokka | XC1 |
| Suunniteltu käyttöikä | 50v |

TUOTETIEDOT

| | |
|----------------------------|--|
| Betonipeite 1 | 20 mm |
| Toleranssiluokka | Normaaliluokka/Betonelementtien toleranssit 2011 |
| Pintakäsittely 1 | THI-A |
| Pintakäsittely 2 | MUO-A |
| Muotistanostolujuus | 50% suunnittelulujuudesta |
| Kuljetus- ja asennuslujuus | 80% suunnittelulujuudesta |

VALUTARVIKELUETTELO

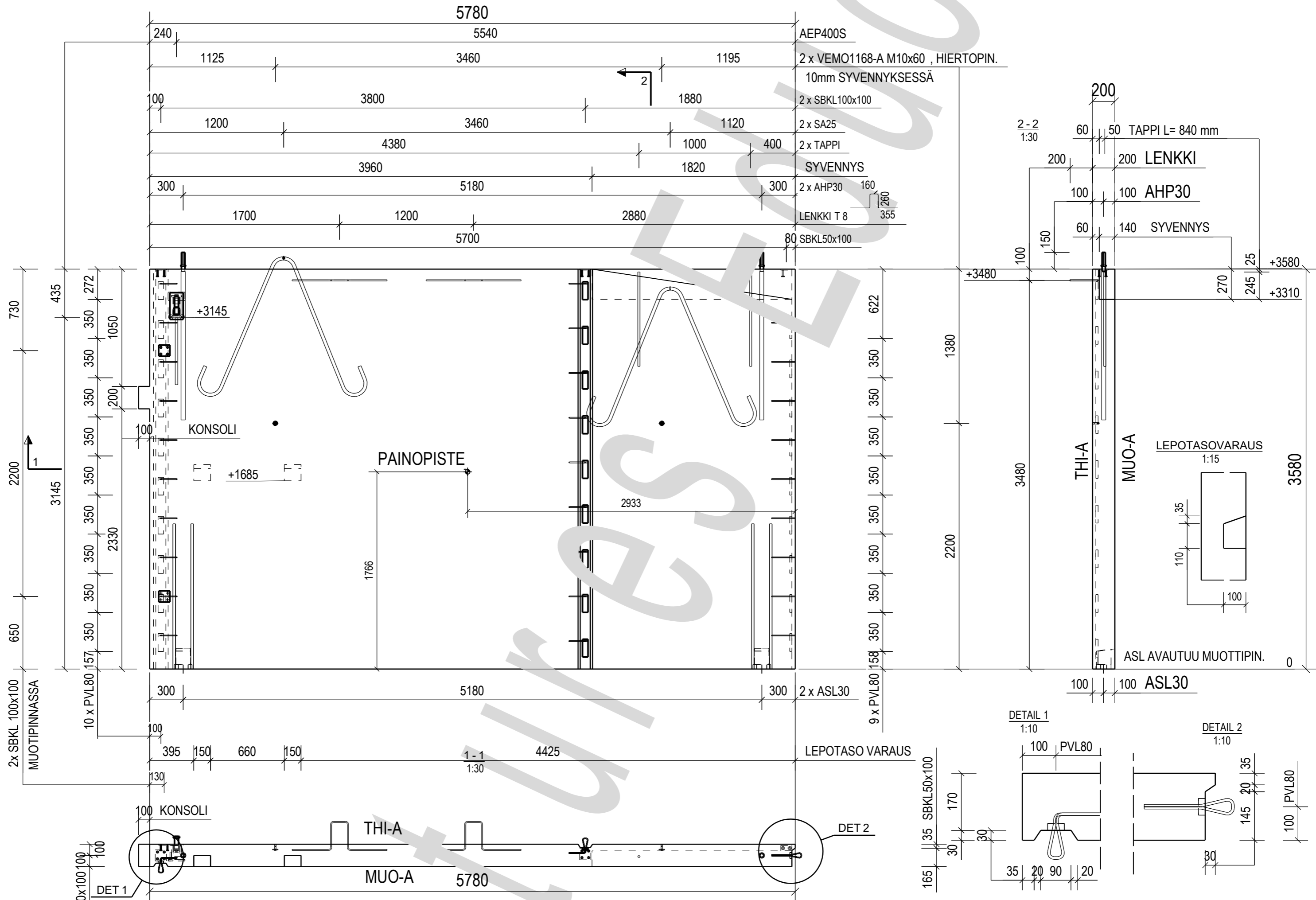
| PIIR. NUMERO | LKM | MATERIAALI | PINTA-ALA [m ²] | MÄÄRÄ | YKS |
|------------------|-----|------------|-----------------------------|-------|----------------|
| 3 | 1 | C30/37 | 20.71 | 4.02 | m ³ |
| ELEMENTTI PAINO: | | | | 10.06 | t |

MÄÄRÄ TARVIKKEET

| | |
|----------|-----------------------------|
| 1 kpl | AEP400K Console support |
| 1 kpl | AEP400S AEP corbel |
| 2 kpl | AHP30 Anchor bolt |
| 2 kpl | ASL30 Wall shoe |
| 28 kpl | PVL80 Steel_loop |
| 2 kpl | SA25 |
| 1 kpl | SBKL50x100 Fastening plate |
| 4 kpl | SBKL100x100 Fastening plate |
| 2 kpl | VEMO1168-A M10x60 S235JR |
| 2 kpl | TAPPI A500HW |
| 2 kpl | LENKKI Ø8 1310.0mm A500HW |
| 159.6 kg | Verkko 8/200 |
| 32.0 kg | A500HW ø 8 |
| 58.4 kg | A500HW ø 12 |
| 10.5 kg | A500HW ø 16 |

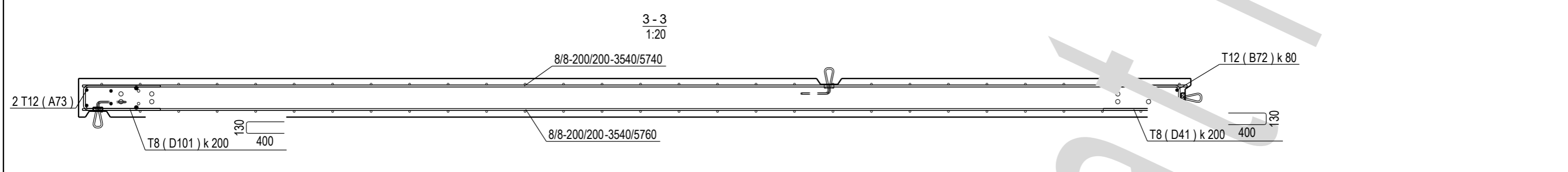
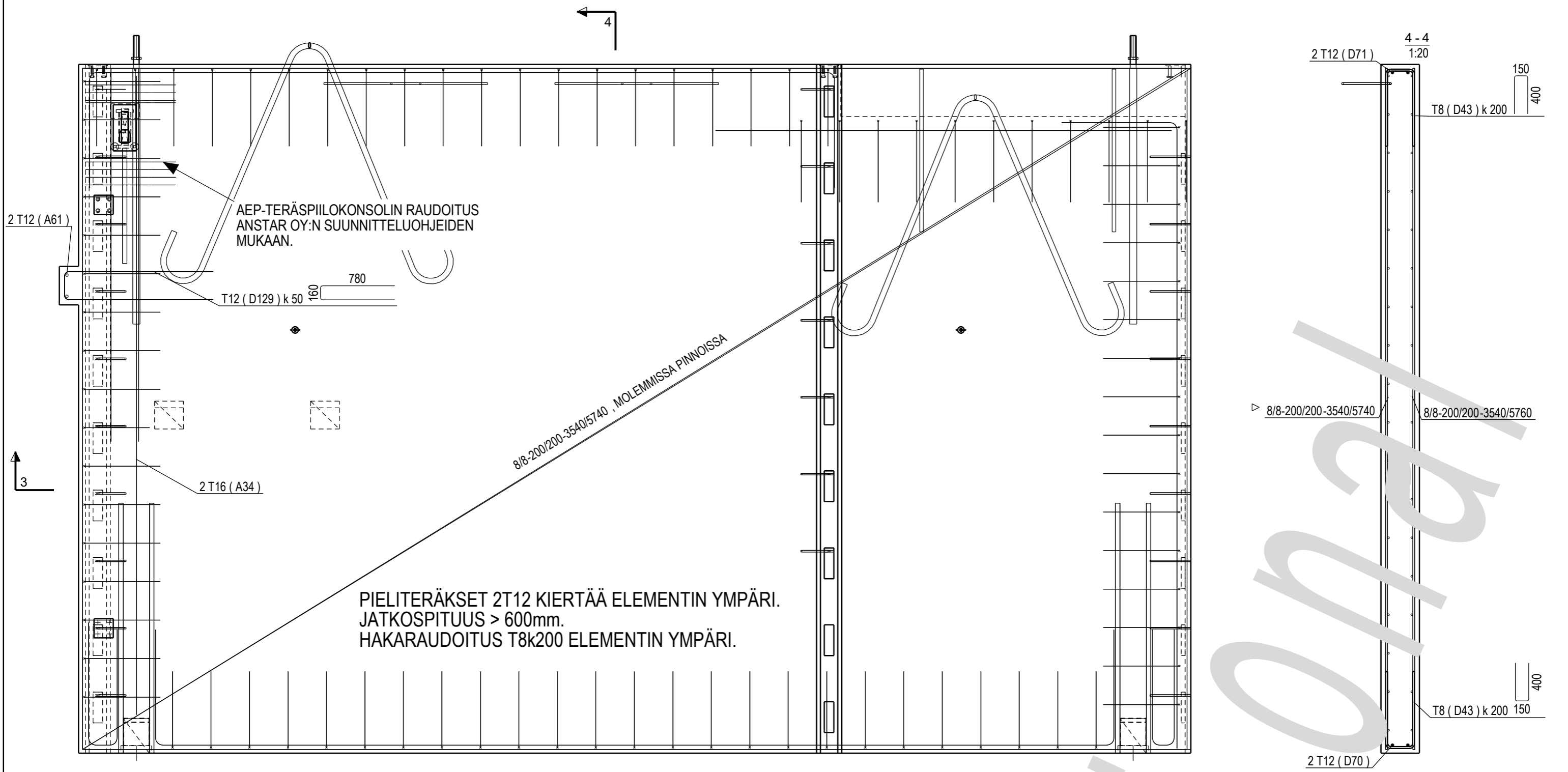
| | | | | | |
|---|---------------|---|-----------|------------|-------------|
| KOHDE Opinnäytetyö BM-Porrashuone Tekijä: Matti Laitinen | | PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ MALLIELEMENTTI: LEVYSEINÄ 2 | | | MITTAKAAVAT |
| PIIRT. | SUUN. ML | TARK. ML | HYV. | | |
| POWERED BY A TRIMBLE COMPANY | | TYÖNUMERO 1 | ALANUMERO | PIIR. NRO. | |
| S.ALA RAK | SIVU 1 / 3 | PVM 08.04.2016 | MUUTOS | | |

ELEMENTTIÄ KATSOTAAN HIERTOPINNASTA



KOHDE
Opinnäytetyö
BM-Porrashuone
Tekijä: Matti Laitinen

| TYÖNUMERO | ALANUMERO | PIIR. NRO | MUUTOS |
|-----------|-----------|------------|--------|
| 1 | | | |
| SALA | SIVU | PVM. | |
| RAK | 2 / 3 | 08.04.2016 | |

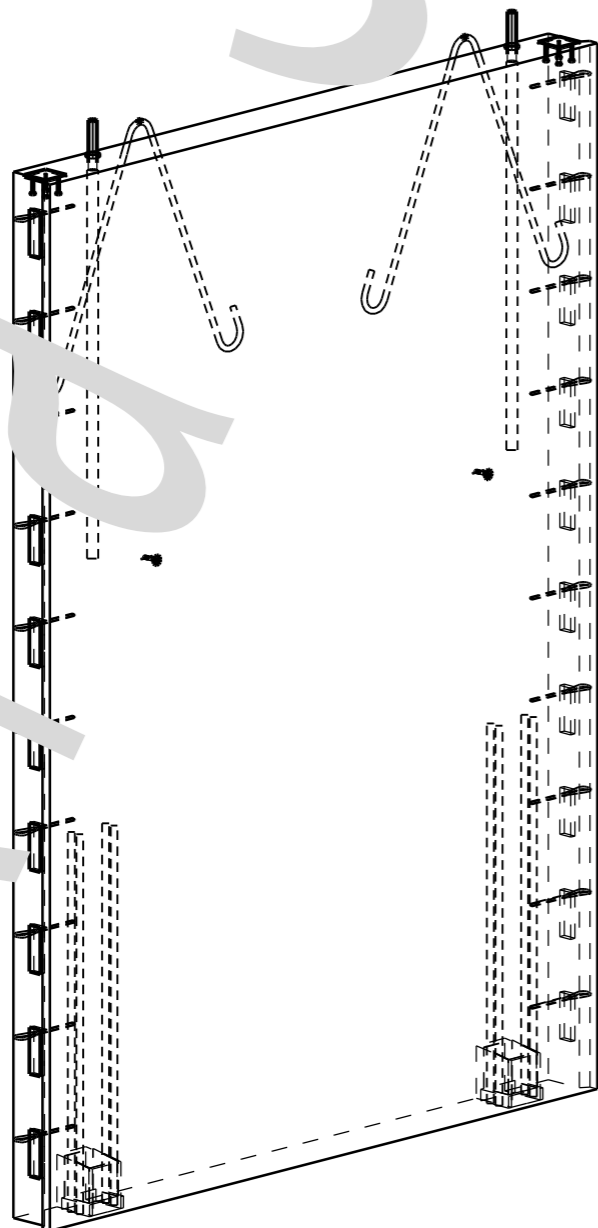


| | | | |
|---|----------------|---------------|----------------------|
| KOHDE Opinnäytetyö BM-Porrashuone Tekijä: Matti Laitinen | TYÖNUMERO 1 | ALANUMERO | PIIR. NRO |
| | S.SALA RAK | SIVU 3 / 3 | P.V.M. 08.04.2016 |
| | | | MUUTOS |

RAUDOITELUETTELO

| RAUDOITTEET TYY NRO | LKM | LAATU | D [mm] | L [mm] | dL [mm] | PAINO YHT [kg] | TAIVUTUSMITAT [mm] | | | | | | | | KOMMENTTI | | |
|------------------------|-----|--------|-----------|-----------|------------|-------------------|--------------------|------|-----|---|---|---|----|---|-----------|----|--|
| | | | | | | | a | b | c | d | e | u | v | x | | TD | |
| D 41 | 17 | A500HW | 8 | 890 | | 6.0 | 400 | 130 | 400 | | | | | | | 32 | |
| D 43 | 12 | A500HW | 8 | 910 | | 4.3 | 400 | 150 | 400 | | | | | | | 32 | |
| D 63 | 2 | A500HW | 12 | 2920 | | 5.2 | 607 | 1774 | 607 | | | | | | | 60 | |
| B 64 | 2 | A500HW | 12 | 3000 | | 5.3 | 607 | 2425 | | | | | 90 | | | 60 | |
| B 65 | 2 | A500HW | 12 | 4080 | | 7.3 | 607 | 3506 | | | | | 90 | | | 60 | |
| D 66 | 2 | A500HW | 12 | 1320 | | 2.4 | 644 | 132 | 607 | | | | | | | 60 | |
| D 67 | 2 | A500HW | 12 | 1280 | | 2.3 | 607 | 126 | 607 | | | | | | | 60 | |
| A 68 | 2 | A500HW | 12 | 3500 | | 6.2 | 3507 | | | | | | | | | | |
| D 114 | 9 | A500HW | 8 | 910 | | 3.2 | 400 | 150 | 400 | | | | | | | 32 | |
| D 115 | 17 | A500HW | 8 | 890 | | 6.0 | 400 | 130 | 400 | | | | | | | 32 | |
| D 125 | 1 | A500HW | 8 | 390 | | 0.2 | 152 | 130 | 152 | | | | | | | 32 | |
| A 128 | 4 | A500HW | 16 | 3350 | | 21.2 | 3350 | | | | | | | | | | |

RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]: 69.5



SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

| | |
|-----------------------|-----|
| Paloluokka | R60 |
| Rasitusluokka | XC1 |
| Suunniteltu käyttöikä | 50v |

TUOTETIEDOT

| | |
|----------------------------|---|
| Betonipeite 1 | 20 mm |
| Toleranssiluokka | Normaaliluokka/Betonielementtien toleranssit 2011 |
| Pintakäsittely 1 | THI-A |
| Pintakäsittely 2 | MUO-A |
| Muotistanostolujuus | 50% suunnittelulujuudesta |
| Kuljetus- ja asennuslujuus | 80% suunnittelulujuudesta |

VALUTARVIKELUETTELO

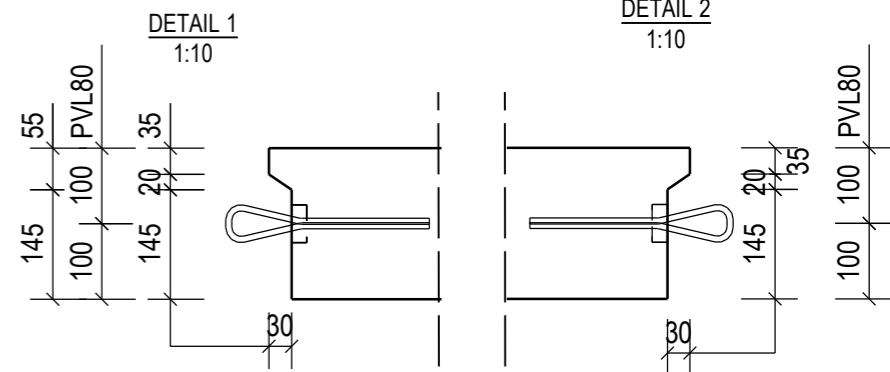
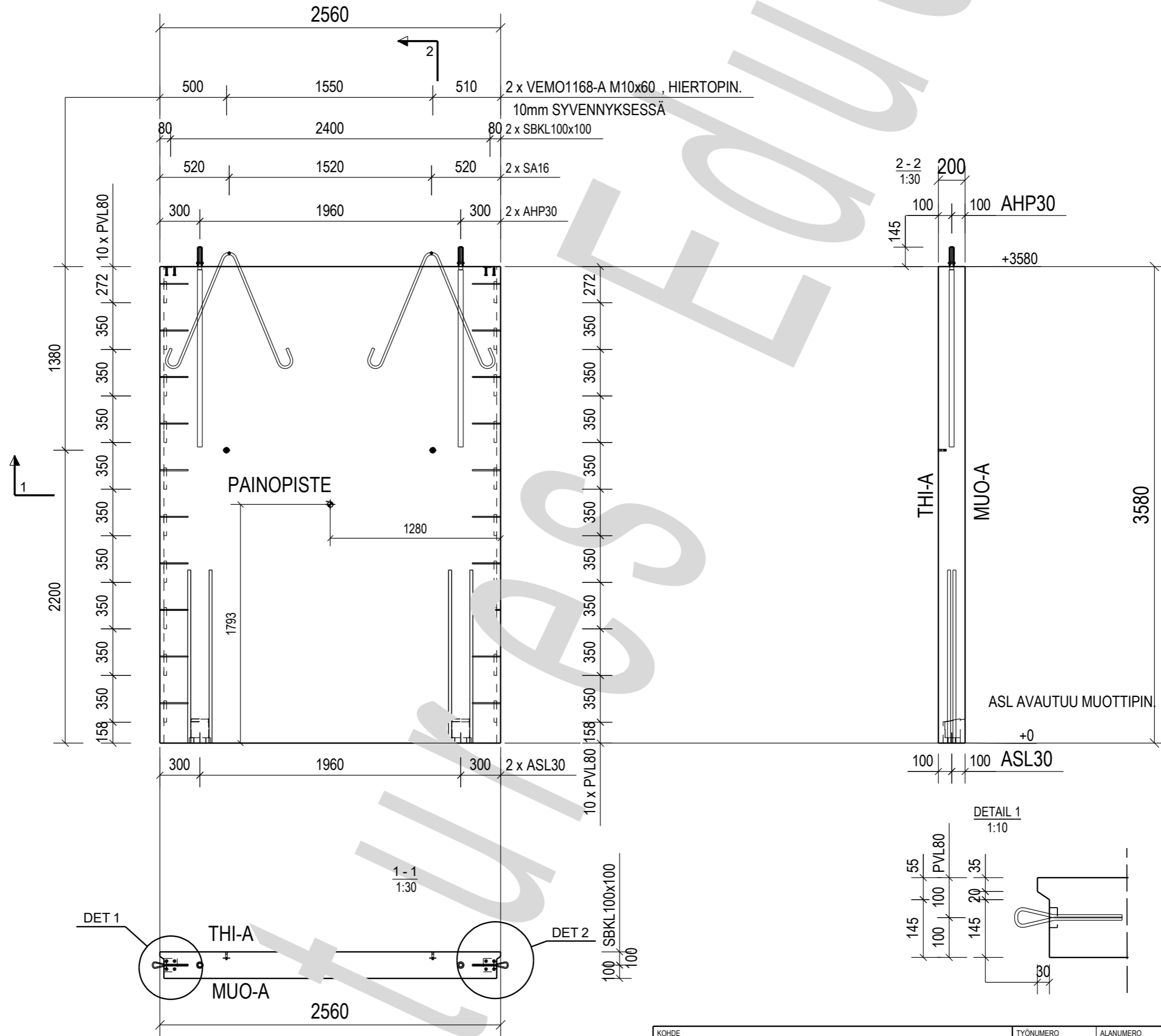
| PIIR. NUMERO | LKM | MATERIAALI | PINTA-ALA [m ²] | MÄÄRÄ | YKS |
|------------------|-----|------------|-----------------------------|-------|----------------|
| 4 | 1 | C30/37 | 9.16 | 1.79 | m ³ |
| ELEMENTTI PAINO: | | | | 4.48 | t |

MÄÄRÄ TARVIKKEET

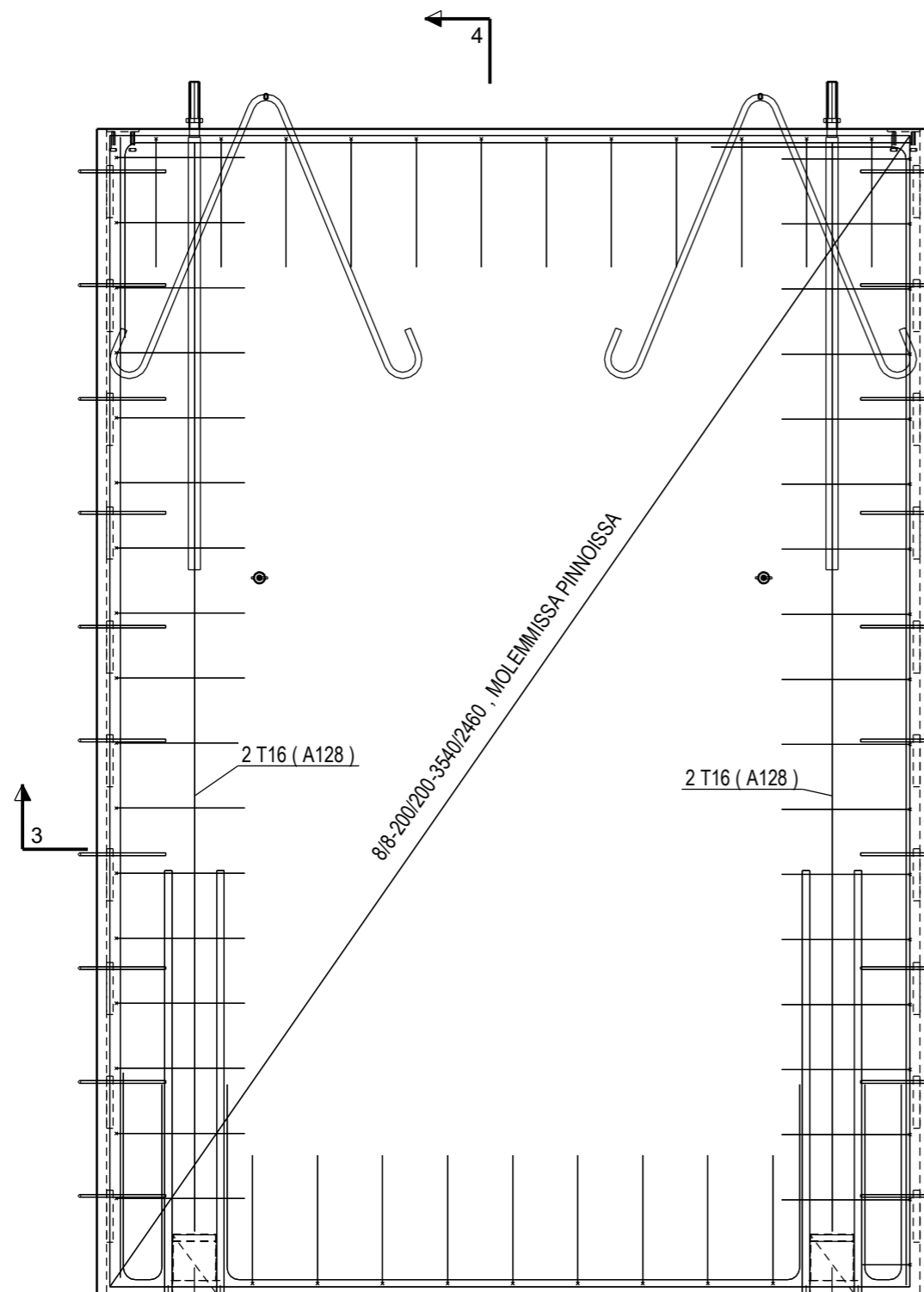
| | |
|---------|-----------------------------|
| 2 kpl | AHP30 Anchor bolt |
| 2 kpl | ASL30 Wall shoe |
| 20 kpl | PVL80 Steel_loop |
| 2 kpl | SA16 |
| 2 kpl | SBKL100x100 Fastening plate |
| 2 kpl | VEMO1168-A M10x60 S235JR |
| 68.5 kg | Verkko 8/200 |
| 19.7 kg | A500HW ø 8 |
| 28.6 kg | A500HW ø 12 |
| 21.2 kg | A500HW ø 16 |

| | | | | | |
|--|---------------|---|-----------|------------|-------------|
| KOHDE Opinnäytetyö BM-Porrashuone Tekijä: Matti Laitinen | | PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ MALLIELEMENTTI: LEVYSEINÄ 4 | | | MITTAKAAVAT |
| PIIRT. | SUUN. ML | TARK. ML | HYV. | | |
| POWERED BY  A TRIMBLE COMPANY | | TYÖNUMERO 1 | ALANUMERO | PIIR. NRO. | |
| S.ALA RAK | SIVU 1 / 3 | PVM 08.04.2016 | MUUTOS | | |

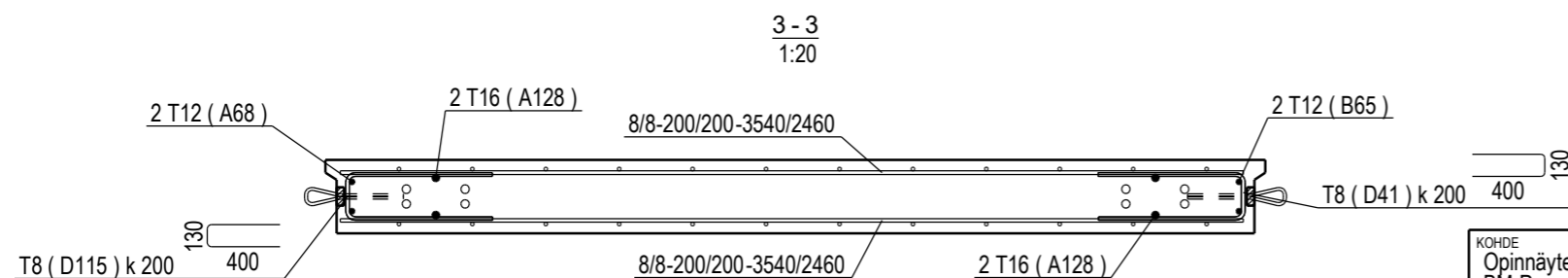
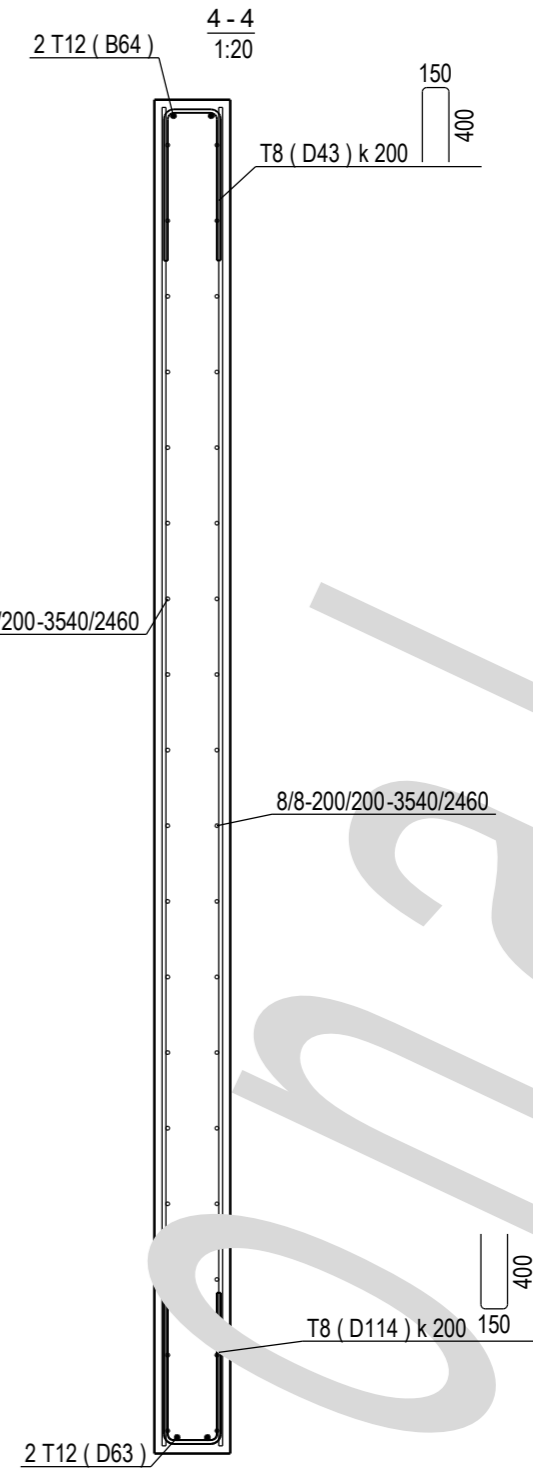
ELEMENTTIÄ KATSOTAAN HIERTOPINNASTA



| | | | |
|---|-----------|------------|-----------|
| KOHDE Opinnäytetyö BM-Porrashuone Tekijä: Matti Laitinen | TYÖNUMERO | ALANUMERO | PIIR. NRO |
| | 1 | | |
| SALA | SIVU | PVM. | MUUTOS |
| RAK | 2 / 3 | 08.04.2016 | |



PIELITERÄKSET 2T12 KIIERTÄÄ ELEMENTIN YMPÄRI.
 JATKOSPITUUS > 600mm.
 HAKARAUDOITUS T8k200 ELEMENTIN YMPÄRI.

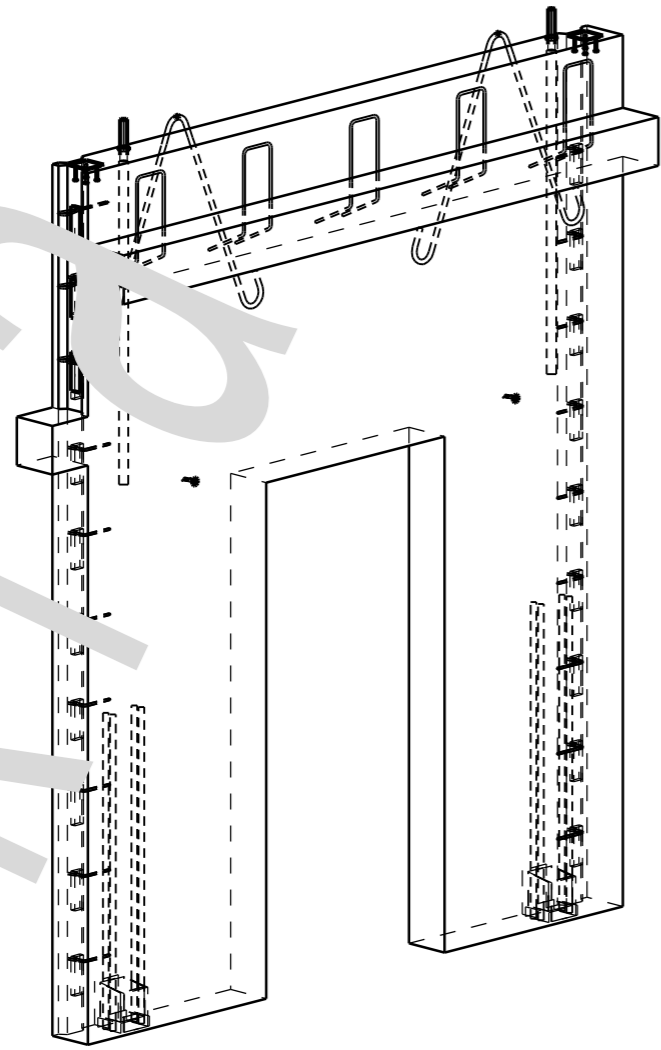


KOHDE
 Opinnäytetyö
 BM-Porrashuone
 Tekijä: Matti Laitinen

| TYÖNUMERO | ALANUMERO | PIIR. NRO | MUUTOS |
|-----------|-----------|------------|--------|
| 1 | | | |
| SALA | SIVU | PVM. | |
| RAK | 3 / 3 | 08.04.2016 | |

| RAUDOITTELUETTELO | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----|-------|--------|------|------|----------|-------|------|--------------------|---|---|----|---|---|-----------|----|
| RAUDOITTEET | | | | D | L | dL | PAINO | | TAIVUTUSMITAT [mm] | | | | | | KOMMENTTI | |
| TYY NRO | LKM | LAATU | [mm] | [mm] | [mm] | YHT [kg] | a | b | c | d | e | u | v | x | | TD |
| Un | 39 | 7 | A500HW | 8 | 1750 | 4.9 | | | | | | | | | | |
| D | 43 | 23 | A500HW | 8 | 910 | 8.3 | 400 | 150 | 400 | | | | | | | 32 |
| D | 45 | 3 | A500HW | 8 | 910 | 1.1 | 400 | 150 | 400 | | | | | | | 32 |
| A | 48 | 4 | A500HW | 12 | 2690 | 9.6 | 2695 | | | | | | | | | |
| A | 56 | 2 | A500HW | 12 | 2960 | 5.3 | 2960 | | | | | | | | | |
| A | 61 | 2 | A500HW | 12 | 160 | 0.3 | 160 | | | | | | | | | |
| B | 65 | 2 | A500HW | 12 | 4080 | 7.3 | 607 | 3506 | | | | 90 | | | | 60 |
| A | 74 | 2 | A500HW | 12 | 2920 | 5.2 | 2921 | | | | | | | | | |
| D | 75 | 2 | A500HW | 12 | 1700 | 3.0 | 607 | 553 | 607 | | | | | | | 60 |
| D | 76 | 2 | A500HW | 12 | 1710 | 3.0 | 607 | 560 | 607 | | | | | | | 60 |
| D | 84 | 2 | A500HW | 12 | 1350 | 2.4 | 644 | 160 | 607 | | | | | | | 60 |
| B | 85 | 2 | A500HW | 12 | 4050 | 7.2 | 3482 | 607 | | | | 90 | | | | 60 |
| A | 88 | 2 | A500HW | 12 | 2200 | 3.9 | 2200 | | | | | | | | | |
| D | 100 | 2 | A500HW | 12 | 1300 | 2.3 | 607 | 153 | 607 | | | | | | | 60 |
| D | 108 | 10 | A500HW | 8 | 890 | 3.5 | 400 | 130 | 400 | | | | | | | 32 |
| D | 109 | 10 | A500HW | 8 | 890 | 3.5 | 400 | 130 | 400 | | | | | | | 32 |
| D | 110 | 17 | A500HW | 8 | 890 | 6.0 | 400 | 130 | 400 | | | | | | | 32 |
| D | 112 | 17 | A500HW | 8 | 890 | 6.0 | 400 | 130 | 400 | | | | | | | 32 |
| D | 127 | 4 | A500HW | 12 | 1870 | 6.7 | 880 | 160 | 880 | | | | | | | 32 |
| A | 128 | 4 | A500HW | 16 | 3350 | 21.2 | 3350 | | | | | | | | | |

RAUDOITTEIDEN KOKONAISPAINO [kg]: 110.5



SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

| | |
|-----------------------|-----|
| Paloluokka | R60 |
| Rasitusluokka | XC1 |
| Suunniteltu käyttöikä | 50v |

TUOTETIEDOT

| | |
|----------------------------|--|
| Betonipeite 1 | 20 mm |
| Toleranssiluokka | Normaaliluokka/Betonelementtien toleranssit 2011 |
| Pintakäsittely 1 | THI-A |
| Pintakäsittely 2 | MUO-A |
| Muotistanostolujuus | 50% suunnittelulujuudesta |
| Kuljetus- ja asennuslujuus | 80% suunnittelulujuudesta |

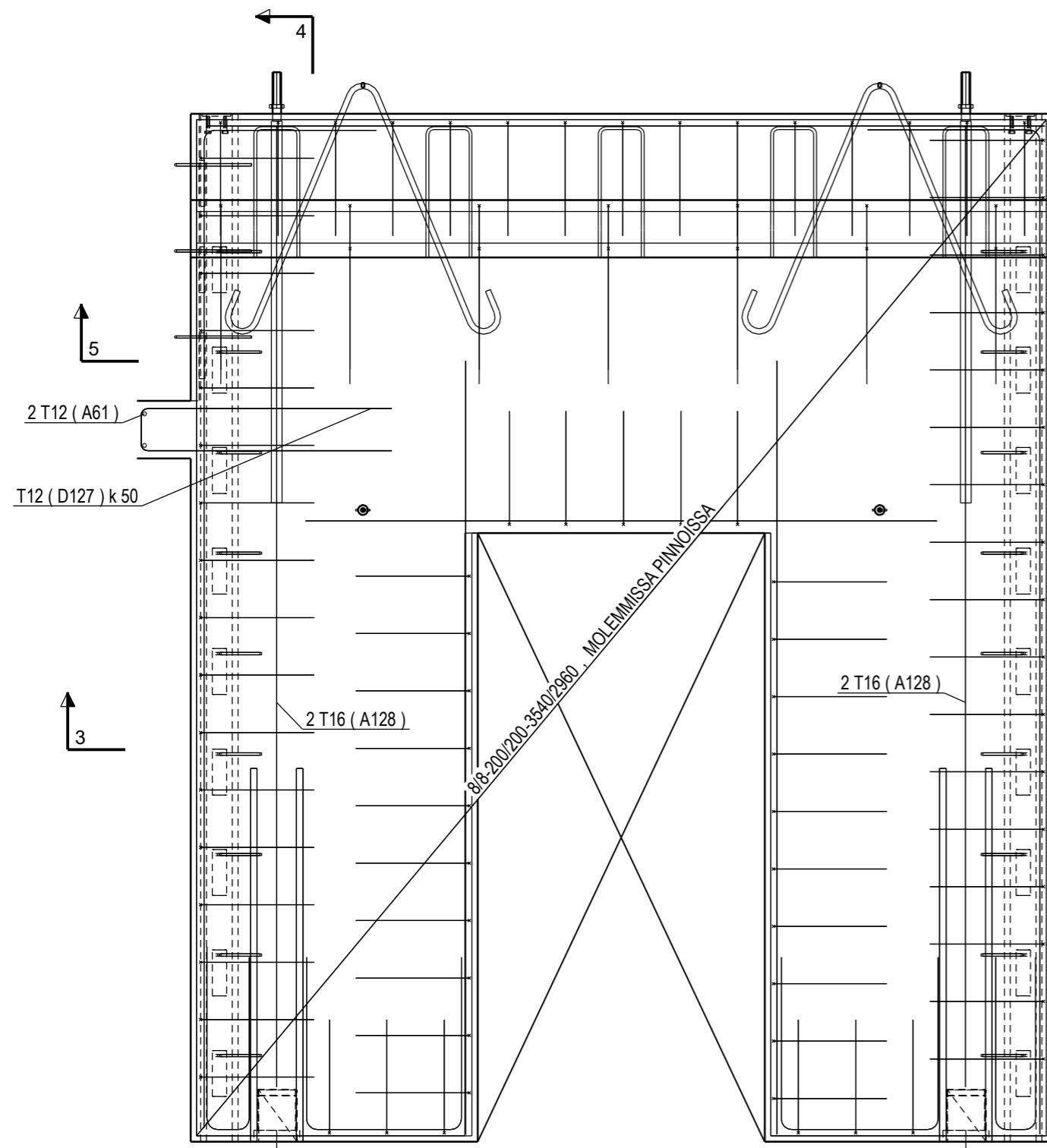
VALUTARVIKELUETTELO

| PIIR. NUMERO | LKM | MATERIAALI | PINTA-ALA [m ²] | MÄÄRÄ | YKS |
|------------------|-----|------------|-----------------------------|-------|----------------|
| 5 | 1 | C30/37 | 8.66 | 1.82 | m ³ |
| ELEMENTTI PAINO: | | | | 4.54 | t |

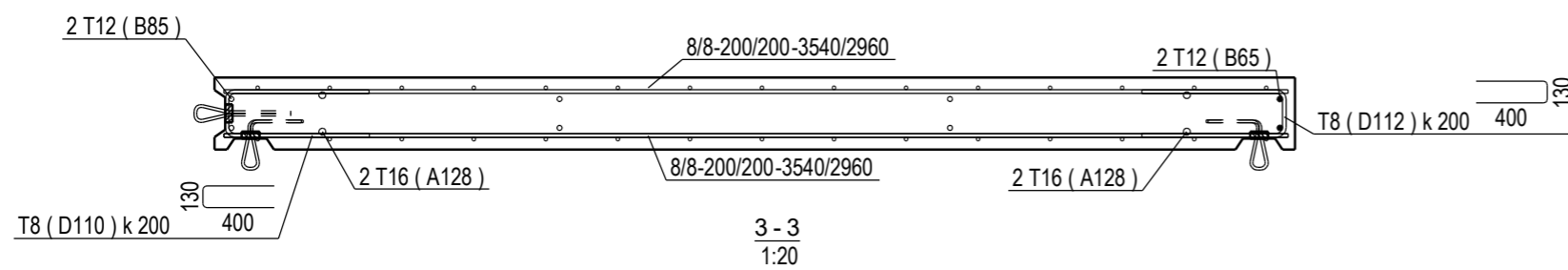
MÄÄRÄ TARVIKKEET

| | |
|---------|-----------------------------|
| 2 kpl | AHP30 Anchor bolt |
| 2 kpl | ASL30 Wall shoe |
| 21 kpl | PVL80 Steel_loop |
| 2 kpl | SA16 |
| 2 kpl | SBKL100x100 Fastening plate |
| 2 kpl | VEMO1168-A M10x60 S235JR |
| 5 kpl | LENKKI Ø8 1270.0mm A500HW |
| 66.0 kg | Verkko 8/200 |
| 33.2 kg | A500HW ø 8 |
| 56.1 kg | A500HW ø 12 |
| 21.2 kg | A500HW ø 16 |

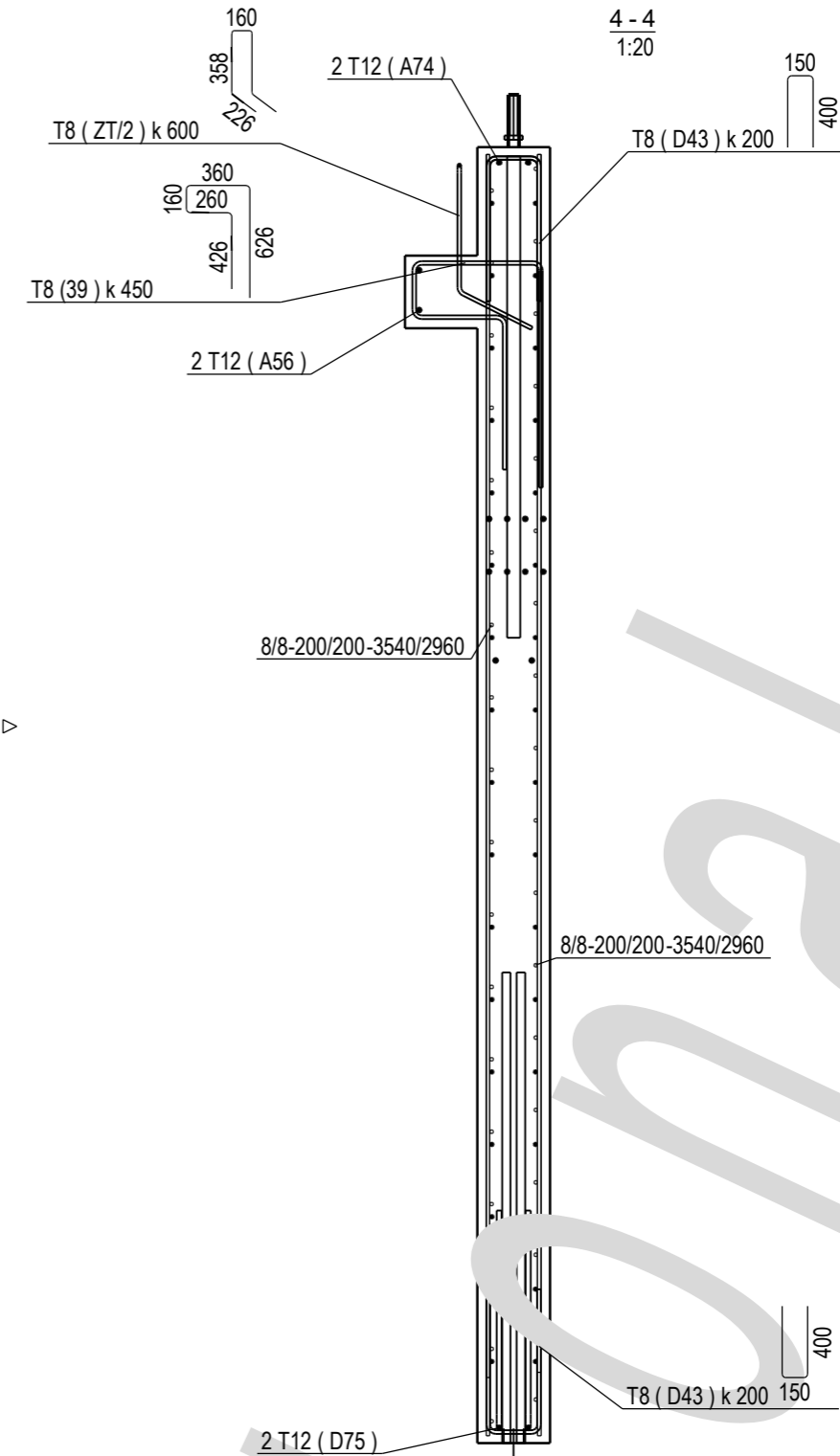
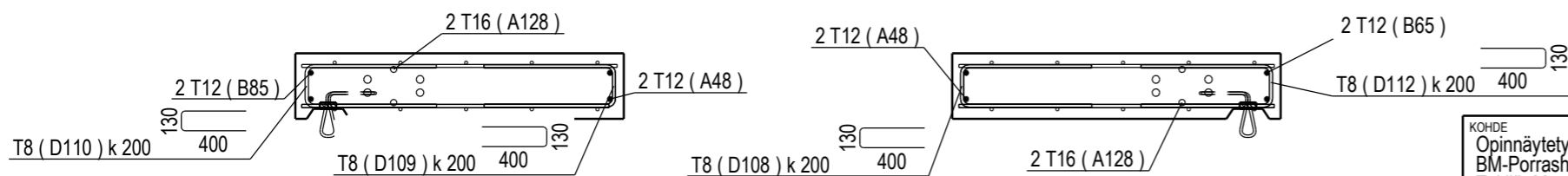
| | | | | | |
|--|---------------|---|-----------|------------|-------------|
| KOHDE Opinnäytetyö BM-Porrashuone Tekijä: Matti Laitinen | | PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ MALLIELEMENTTI: LEVYSEINÄ 5 | | | MITTAKAAVAT |
| PIIRT. | SUUN. ML | TARK. ML | HYV. | | |
| POWERED BY  A TRIMBLE COMPANY | | TYÖNUMERO 1 | ALANUMERO | PIIR. NRO. | |
| S.ALA RAK | SIVU 1 / 3 | PVM 08.04.2016 | MUUTOS | | |



5 - 5
1:20



3 - 3
1:20



PIELITERÄKSET 2T12 KIERTÄÄ ELEMENTIN YMPÄRI.
JATKOSPITUUS > 600mm.
HAKARAUDOITUS T8k200 ELEMENTIN YMPÄRI.

KOHDE
Opinnäytetyö
BM-Porrashuone
Tekijä: Matti Laitinen

| TYÖNUMERO | ALANUMERO | PIIR. NRO | MUUTOS |
|-----------|-----------|------------|--------|
| 1 | | | |
| SALA | SIVU | PVM. | |
| RAK | 3 / 3 | 08.04.2016 | |