

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talonrakennustekniikka

Tutkintotyö

Karim Seghaier

**JÄYKISTYSLASKENTA-OHJELMAN MUUNTAMINEN EUROKOODIN  
MUKAISEKSI**

Työn ohjaaja  
Työn teettäjä  
Tampere 2008

DI Raimo Koreasalo  
KPM-Engineering Oy, valvojana RI Heikki Löytty

## TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

Talorakennustekniikka

Seghaier, Karim Jäykistyslaskenta-ohjelman muuntaminen Eurokoodin mukaiseksi

Tutkintotyö 40 sivua + 44 liitesivua

Työn ohjaaja DI Raimo Koreasalo

Työn teettäjä KPM-Engineering Oy, valvojana insinööri Heikki Löytty

Lokakuu 2008

Hakusanat jäykistäminen, levyjäykistys, Eurokoodi

### TIIVISTELMÄ

Tämä tutkintotyö on tehty KPM-Engineering Oy:n toimeksiannosta. Työni tutkii pientalon jäykistämistä kipsilevyjä käyttäen. Lisäksi siinä käsitellään Eurokoodi-standardeja.

Toimeksiantona oli päivittää asiakasyritykselle vuonna 2003 luotu, puurakenteiden jäykistämisessä käytetty Excel-pohjainen ohjelma. Vanha ohjelmaversio on perustunut RakMk B10:n ja levyvalmistajien ilmoittamiin arvoihin. Tehtäväni oli päivittää kyseinen jäykistysmitoitushjelma vastaamaan tämänhetkisiä Eurokoodeja ja siten helpottaa sekä parantaa suunnittelutyön laatua asiakasyrityksessä.

Työn tuloksena syntyi ajanmukainen, tämänhetkisiä Eurokoodi-standardeja vastaava jäykistysohjelma, joka otetaan tarkistuskierrosten ja hyväksynnän jälkeen käyttöön KPM-Engineering Oy:llä. Excel-ohjelma menee yrityksen sisäiseen jatkokehitykseen ja tulevaisuudessa sitä tullaan tarvittaessa täydentämään yrityksen toimesta.

## TAMPERE POLYTECHNIC

Construction Engineering

Building construction

Seghaier, Karim Updating of a stiffening Excel program to meet Eurocode standards

Engineering Thesis 40 pages + 44 appendix pages

Thesis supervisor DI Raimo Koreasalo

Commissioning Company KPM-Engineering Ltd, Supervisor Engineer Heikki Löytty

October 2008

Keywords stiffening, plate stiffener, Eurocode, plasterboard

### **ABSTRACT**

This Engineering Thesis has been made for KPM-Engineering Ltd. Thesis examines the stiffening of a small house with plasterboards. In addition, Eurocode standards are being studied.

Object of this thesis is to update the existing Excel program that was created for KPM-Engineering in 2003. Old program version was based on values presented by plaster board manufacturers and RakMk B10 (Finnish collection of building regulations). The purpose of my work was to update this stiffening Excel program to meet current Eurocode standards.

As a result of my work I have created an updated version of previously used stiffening Excel program for the company. The usability of tables will be examined by the commissioning company and after approval, new Excel-based stiffening program will be commonly used in KPM-Engineering Ltd. In the future, my thesis will serve construction planners in their everyday work and it will be updated when needed.

## ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty KPM-Engineering Oy:n toimeksiannosta Tampereen toimipisteessä ja se valmistui marraskuussa 2008.

Kiitos työni valvojille, joita olivat KPM-Engineering Oy:n puolesta RI Heikki Löytty sekä Tampereen ammattikorkeakoulun puolesta DI Raimo Koreasalo. Lisäksi haluan kiittää KPM-Engineering Oy:n Markku Jenua, joka opasti minua Excel-ohjelman muuntamisessa.

Kiitos vielä erikseen KPM-Engineering Oy:lle mielenkiintoisesta ja haasteellisesta insinöörityön aiheesta.

Tampereella 23.11.2008

Karim Seghaier

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	
ABSTRACT	
ALKUSANAT	
SISÄLLYSLUETTELO.....	1
1 JOHDANTO .....	2
2 EUROKOODI.....	3
2.1 Historia.....	3
2.2 Yleistä .....	3
2.2.1 Termit ja määritelmät.....	4
3 JÄYKISTYSSUUNNITTELU.....	8
3.1 Yleistä .....	8
3.2 Koko rakennuksen jäykistys .....	8
3.3 Käyttöluokat.....	12
3.4 Kuormien aikaluokat.....	13
3.5 Murtorajatilat .....	14
4 KUORMAT .....	15
4.1 Vaakakuormat .....	15
4.1.1 Tuuli.....	15
4.1.2 Tuulikuormien mallintaminen.....	19
4.1.3 Tuulennopeus ja nopeuspaine .....	20
4.1.4 Kokonaistuulivoiman laskeminen.....	25
5 RAKENNUKSEN JÄYKISTYSPERIAATTEET.....	31
5.1 Yleistä .....	31
5.2 Levyjäykistys .....	31
5.3 Vaakajäykistys .....	31
5.4 Jäykistysseinien mitoitus .....	32
5.4.1 Jäykistysseinien yksinkertaistettu analyysi.....	33
5.4.2 Levyvalmistajien suunnitteluohjeet ja taulukkomitoitusohjeet.....	36
6 JÄYKISTYSLASKENTA-OHJELMAN MUUNTOPROSESSI.....	37
6.1 Yleistä .....	37
6.2 Ongelmat ja ratkaisut .....	37
LÄHTEET.....	40
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Aikoinaan jokaisella Euroopan maalla oli omat kansalliset mitoitusmääräyksensä, jotka olivat keskenään hyvinkin toisistaan eroavaisia. Koska suunnittelutyö on kansainvälistynyt, on myös sitä koskevia määräyksiä tullut tarpeen yhtenäistää. Vuosina 1992-1998 julkaistiin Eurokoodin esistandardiversiot (ENV). Vuonna 1998 näitä esistandardiversioita alettiin työstää varsinaisiksi standardeiksi (EN). Suomessa ensimmäinen Eurokoodien paketti otettiin käyttöön loppuvuodesta 2007. Kyseinen paketti sisältää 18 eri EN-standardia sekä näiden kansalliset liitteet (NA). Muut eurokoodit otetaan käyttöön sitä mukaa kun ne valmistuvat. Täysin eurokoodipohjaiseen mitoitukseen on määrä siirtyä vuonna 2010. /1/

Työni käsittelee puurakenteiden jäykistysuunnittelua. Teen tutkintotyöni KPM-Engineering Oy:lle, jossa olen työskennellyt vuoden 2007 alusta lähtien. Lopputyöni aihe ehdotettiin yrityksen puolesta, koska heillä oli tarvetta kyseisen työn toteuttamiseen. Käytännössä tehtäväni ja opinnäytetyöni aiheena on muuntaa nykyisin rakennesuunnittelutyössä käytössä oleva Excel-ohjelma vastaamaan 1.8.2007 käyttöön otettua puurakenteiden eurokoodi-suunnittelustandardia. Kyseisen ohjelman päivittäminen eurokoodeja vastaaviksi on ajankohtaista, sillä tällä hetkellä käytössä oleva ohjelma perustuu kansallisiin standardeihin.

Kirjallinen työ rajataan koskemaan puurakenteita ja tarkemmin niiden levyjäykistyksiä. Työn pohjana on yrityksen käytössä oleva Excel-pohja, joka sisältää seinien ja yläpohjan sekä vesikaton vanhat jäykistykseen laskentakaavat.

Työn tarkoituksena on palvella KPM-Engineering Oy:n suunnittelijoita rakennesuunnittelutyössään ja tarjota ajanmukainen työväline levyjäykistysten laskentaan.

## 2 EUROKOODI

### 2.1 Historia

Eurokoodin historia juontaa juurensa vuoteen 1975, jolloin komissio teki aloitteen rakennusten rakenteellisen suunnittelun ohjeiden valmistelusta. Nämä ohjeet toimisivat vaihtoehtona kunkin maan omille ohjeille sekä määräyksille ja lopulta korvaisivat kansalliset ohjeen täysin. Teknisten määräysten yhtenäistäminen tulee poistamaan kaupan teknisiä esteitä.

10 vuotta myöhemmin, vuonna 1984, komissio julkaisi ensimmäisen sukupolven Eurokoodit. Vuonna 1989 valmistelutyö ja julkaiseminen siirrettiin CEN:lle (Comité Européen de Normalisation), joka on yksityinen voittoa tavoittelematon järjestö, jonka päätehtävinä on edistää eurooppalaista standardointia. Sen on tarkoitus julkaista Eurokoodit EN-standardeina. Vuosina 1992-1998 CEN julkaisi esistandardeina (ENV) 62 Eurokoodia. ENV-versioihin jäsenmaat asettivat omat ”arvonsa”, jotka ilmaistiin Kansallisessa soveltamisasiakirjassa (NAD, National Application Documents) sekä ilmaisivat muut ehdot ENV-standardien käytölle.

Varsinaisiksi EN-standardeiksi ENV-versioita alettiin muuttaa vuonna 1998 ja ne on määrä julkaista vuosina 2002-2007. EN-versiot sisältävät kansallisesti määrättäviä parametrejä (NDP, Nationally Determined Parameters). Eurokoodeissa on suositusravot näille kyseisille NDP:lle, mutta jäsenmailla on mahdollisuus ilmoittaa omia parametrejään kansallisessa liitteessä (NA, National Annex). Suomessa Ympäristöministeriö valmistelee ensimmäisten Eurokoodiosien kansallisia liitteitä. /1/

### 2.2 Yleistä

Vuonna 2007 Suomessa otettiin käyttöön Eurokoodi 5, puurakenteiden suunnittelustandardi (EN 1995-1-2, 1-2 ja -2). Tällä hetkellä käytössä olevaa RakMK:n osaa B10 Puurakenteet voidaan käyttää rinnakkain Eurokoodi 5:n kanssa

aina vuoteen 2010 asti. Tämän jälkeen Eurokoodit ovat pakollisia, eli kansalliset määräykset tulevat poistumaan ja siirrytään yhtenäiseen, Eurokoodien mukaiseen mitoitukseen. /2/

Elokuussa 2007 alkoi siirtymäaika EN-Eurokoodeihin ja Suomessa on siten mahdollista käyttää kolmenlaisia suunnittelumääräyksiä. Nämä ovat:

- EN-Eurokoodit ja niihin liittyvät kansalliset liitteet (NA:t)
- ENV-Eurokoodit ja niihin liittyvät kansalliset soveltamisasiakirjat (NAD:it)
- kansallinen RakMk:n mukainen B-sarja

Jokainen ym. standardikokoelma/määräys on oma itsenäinen kokonaisuutensa. Suunnittelu tulee tehdä samaa järjestelmää käyttäen, eikä eri osia tule yhdistää.

ENV-Eurokoodeista joitakin osia on jo kumottu tai ne eivät ole voimassa. Näitä osia voi kuitenkin edelleen käyttää siihen asti kunnes kansalliset soveltamisasiakirjat (NAD:it) ovat voimassa. SFS-EN-Eurokoodien kansalliset liitteet (NA=National annex) ovat työn alla ja siten vahvistamatta.

ENV-Eurokoodeja voidaan käyttää vielä jonkin aikaa EN-Eurokoodien käyttöönoton jälkeen. Kun ympäristöministeriö poistaa käytöstä kansalliset soveltamisasiakirjat (NAD:it), SFS-ENV-Eurokoodit tulee kumota. /1/

### **2.2.1 Termit ja määritelmät**

Alla on esitelty oleellisinta kuormitukseen liittyvää termistöä. Termien määritykset on otettu suoraan eri RIL-versioista, jotka mainittu jokaisen termin jälkeen.

#### **Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL**

RIL on vuonna 1934 perustettu, rakennus- ja kiinteistöalan diplomi-insinöörin ja teekkareiden valtakunnallinen järjestö. RIL täydennyskouluttaa ja julkaisee alan ohjeita ja käsikirjoja.



### **RIL-julkaisut**

RIL:n julkaisu toiminnan tavoitteena on luoda edellytykset jäsenkunnan, rakennusalan asiantuntijoiden ja opiskelijoiden ammattitaidon kehittämiseen ja ylläpitämiseen tuottamalla korkeatasoista, eri käyttötarkoituksiin soveltuvaa ja ajantasalla olevaa ammattikirjallisuutta. Kuuden vuosikymmenen aikana 350 teoksesta on syntynyt monipuolinen, ajanmukainen, oloihimme sovellettu ja hyvää rakennustapaa edistävä tietokokoelma.

Tuoteryhmittäin RILin julkaisut ovat

- käsi- ja oppikirjat
- normit ja ohjeet
- erikoisjulkaisut
- muut julkaisut. /8/

### **Kuormitus:**

- a) Rakenteeseen vaikuttava voima (kuorma) (välitön kuorma)
- b) Ulkoinen tai pakotettu muodonmuutos esim. lämpötilan muutoksen, kosteuden vaihtelun tai epätasaisen painuman aiheuttama (välillinen kuorma). (RIL 201-1999-4)

**Pysyvä kuorma (G):** Kuorma, jonka otaksutaan vaikuttavan koko tarkastelujakson ajan ja jonka suuruusvaihtelu ajan mukana on vähäinen suhteessa keskimääräiseen arvoon tai jonka muutos tapahtuu aina samaan suuntaan kunnes kuorma saavuttaa tietyn raja-arvon. (RIL 201-1999-4)

**Muuttuva kuorma (Q):** Kuorma, joka ei todennäköisesti vaikuta koko tarkastusjakson aikaa tai jonka suuruusvaihtelu ajan mukana ei ole vähäinen suhteessa keskimääräiseen arvoon eikä samaan suuntaan tapahtuva. (RIL 201-1999-4)

**Kiinteä kuorma:** Kuorma, joka on jakautunut kiinteästi rakenteessa niin, että kuorman suuruus ja suunta on määritetty yksikäsitteisesti koko rakenteelle, jos tämä suuruus ja suunta on määritetty yhdessä rakenteen pisteessä. (RIL 201-1999-4)

**Liikkuva kuorma:** Kuorma, joka voi olla jakautunut annetuissa rajoissa kolmiulotteisesti miten hyvänsä rakenteessa. (RIL 201-1999-4)

**Kuorman normiarvo:** Arvo, jota käytetään rajatilatarkasteluissa. (RIL 201-1999-4)

**Kuorman ominaisarvo:** Kuorman normiarvo. Mikäli tämä ominaisarvo voidaan määrittää tilastollisin perustein, se valitaan vastaamaan määrättyä varmallalla puolella olevaa todennäköisyyttä tarkastelu jakson aikana ottaen huomioon rakenteen suunniteltu käyttöikä. (RIL 201-1999-4)

**Kuorman laskenta-arvo  $F_d$ :** Arvo, joka saadaan kun kerrotaan normiarvo  $F_k$  osavarmuusluvulla  $\gamma_F$ . (RIL 201-1999-4)

**Kuormitustapaus:** Yhteensopivat liikkuvien kuormien kuormitusjärjestelyt, muodonmuutokset ja epätarkkuudet, jotka otetaan huomioon samanaikaisesti kiinteiden muuttuvien kuormien ja pysyvien kuormien kanssa tapauskohtaisessa tarkastelussa. (RIL 201-1999-4)

**Kuormayhdistelmä:** Mitoitusarvojen joukko, jota käytetään rakenteellisen luotettavuuden osoittamiseen eri kuormien samanaikaisen vaikutuksen alaiselle rajatilalle. (RIL 201-1999-4)

**Rajatila:** Tila, jonka jälkeen rakenne ei enää täytä suunnitellulle toimivuudelle asetettuja vaatimuksia. (RIL 201-1999-4)

**Murtorajatila:** Sortumiseen tai muihin samankaltaisiin vauriomuotoihin liittyvä tila, vastaa yleensä rakenteen tai rakenneosan suurinta kestävyyttä. (RIL 201-1999-4)

**Käyttörajatila:** Tila, jonka ylittämisen jälkeen rakenteelle tai rakenneosalle määritetyt käyttövaatimukset eivät enää täyty. (RIL 201-1999-4)

**Käyttöluokat:** kts. s. 16

**Aikaluokat:** kts. s. 17

**Pysyvä käyttörajatila:** Rajatila, joka jää pysyvästi ylittyneeksi, kun ylityksen aiheuttaneet kuormat poistetaan. (RIL 201-1999-4)

**Palautuva käyttörajatila:** Rajatila, joka ei enää ylity, kun ylityksen aiheuttaneet kuormat poistetaan. (RIL 201-1999-4) /7/

**Ominaisarvo:** Materiaali tai tuoteominaisuuden arvo, jota määrättyllä todennäköisyydellä ei saavuteta hypoteettisessa lukumäärältään äärettömässä koesarjassa. Tämä arvo vastaa yleensä tiettyä materiaalin tai tuotteen ominaisuudelle oletettua tilastollisen jakautuman fraktiilia. (RIL 205-2006)

**Kestävyys:** Sauvan, liitoksen tai rakenneosan tai niiden poikkileikkausten kyky kantaa kuormaa ilman mekaanista murtumista (ent. kapasiteetti), kuten taivutus, nurjahdus, liitos ja palonkestävyys. Kestävyys-termiä voidaan käyttää myös säilyvyysominaisuuksia kuvaavissa yhdyssanoissa, kuten lahon ja korroosionkestävyys. (RIL 205-2006)

**Vaakaleikkausvoiman vaikutus:** Jäykistysseinän tasossa vaikuttavien vaakakuormien aiheuttama vaikutus. (RIL 205-2006)

**Jäykkyysominaisuus:** Ominaisuus, jota käytetään rakenteen muodonmuutosta laskettaessa, kuten kimmokerroin, liukukerroin, siirtymäkerroin. (RIL 205-2006)

**Siirtymäkerroin:** Liitoksen jäykkyysominaisuus, jota käytetään rakenteen kahden osan välisen siirtymän laskentaan. (RIL 205-2006) /9/

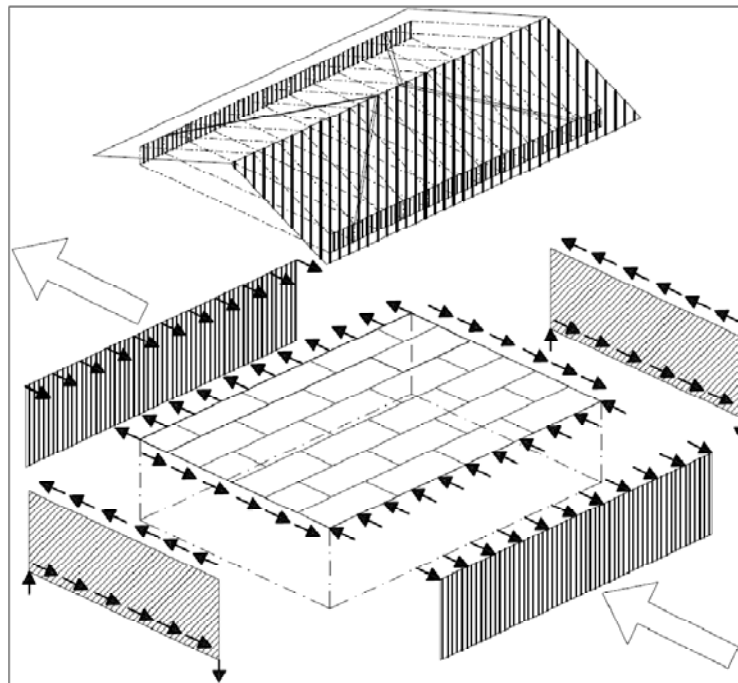
## 3 JÄYKISTYSSUUNNITTELU

### 3.1 Yleistä

Rakennuksen vakautta määriteltäessä on otettava huomioon kaikki rakennukseen kohdistuvat kuormat. Rakennuksen jäykistämällä tarkoitetaan sellaisia toimenpiteitä, joilla pystytään varmistamaan rakennusten runkoon vaikuttavan vaakakuormituksen siirtyminen perustuksien kautta edelleen maaperään. Lisäksi jäykistämällä tarkoitetaan niitä toimenpiteitä, joilla varmistetaan stabiliteetin säilyminen. Rakennukseen kohdistuvat vaaka- ja pystykuormat jaetaan pysyviin kuormiin, luonnonkuormiin sekä hyötykuormiin. /3/

### 3.2 Koko rakennuksen jäykistys

VTT:n julkaiseman Puurakenteiden jäykistys suunnittelun ohjeen (julk. 9.10.2006) mukaan koko rakennuksen jäykistyksessä vaakakuormat siirretään rakenteiden kautta perustuksille. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki vaakakuormien siirtämisestä perustuksille.

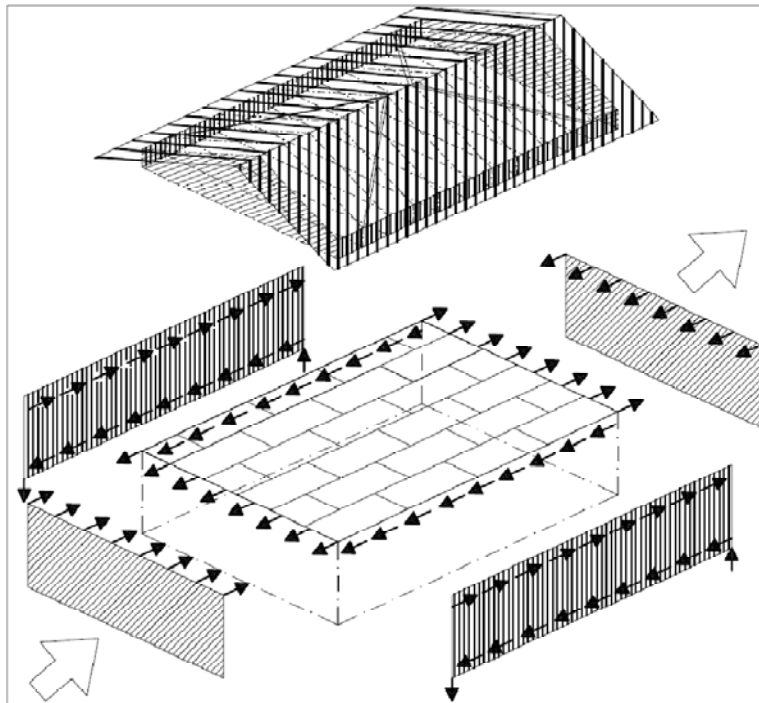


Kuva 1 Vaakakuormien siirtäminen perustuksille, periaate.

Rakennukseen sivuseinälle ja kattolapelle vaikuttava vaakakuorma siirretään eri rakenteille seuraavasti:

1. Rakennuksen sivuseinään vaikuttavasta tuulikuormasta puolet siirretään seinän alareunan kautta perustuksille
2. Puolet sivuseinään vaikuttavasta kuormasta ja koko kattoon vaikuttava kuorma siirretään vaakatasossa olevalle levyrakenteelle.
3. Jäykkä vaakataso siirtää kuormat päätyseinien yläreunaan.
4. Päätyseinän yläreunasta kuorma siirtyy päädyn jäykistysrakenteiden kautta perustuksille.
5. Voimia siirtävänä rakenteena on vaakatasossa levyrakenne, joka toimii palkkirakenteena, jonka korkeus on rungon syvyys ja pituus lappeen pituus.
6. Seinän ja vaakatasossa olevan levyrakenteen liitos kestää siihen kohdistuvat vaakakuormat.
7. Päädyt toimivat jäykistysseininä. Päädyn nurkkiin on piirretty näkyviin pystysuuntaiset voimanolet, sillä päätyjäykiste kiertyy jäykkänä levynä kulmansa ympäri, ellei sitä ole ankkuroitu perustukseen tai pystykuorma jää niin pieneksi, ettei se estä kiertymistä. Päädyille tuleva pystykuorma jää usein pieneksi, koska pystykuorma siirretään tavallisesti sivuseinien kautta perustuksille.
8. Vaakatasossa olevan levyrakenteen ja päätyseinän välisen liitoksen on kestettävä vaakarakenteelta tuleva leikkausvoima

Rakennuksen päätyyn vaikuttava vaakakuorma siirretään eri rakenteille seuraavasti:

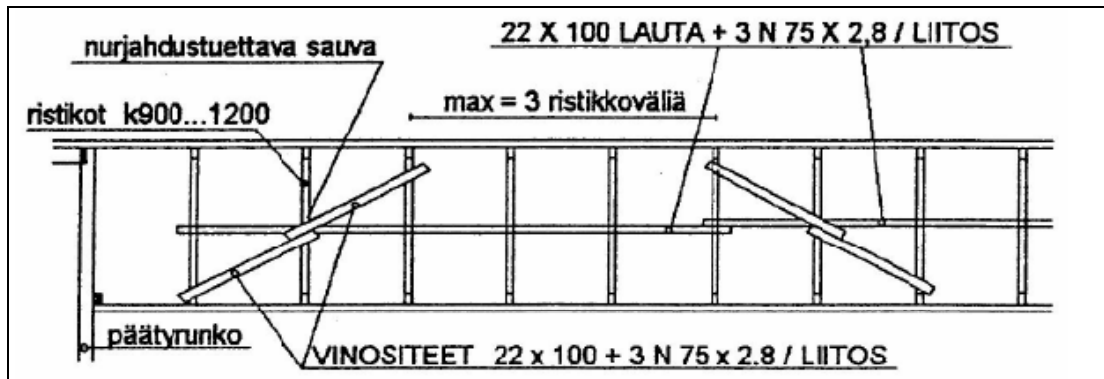


*Kuva 2 Vaakakuormien siirtäminen perustuksille, periaate.*

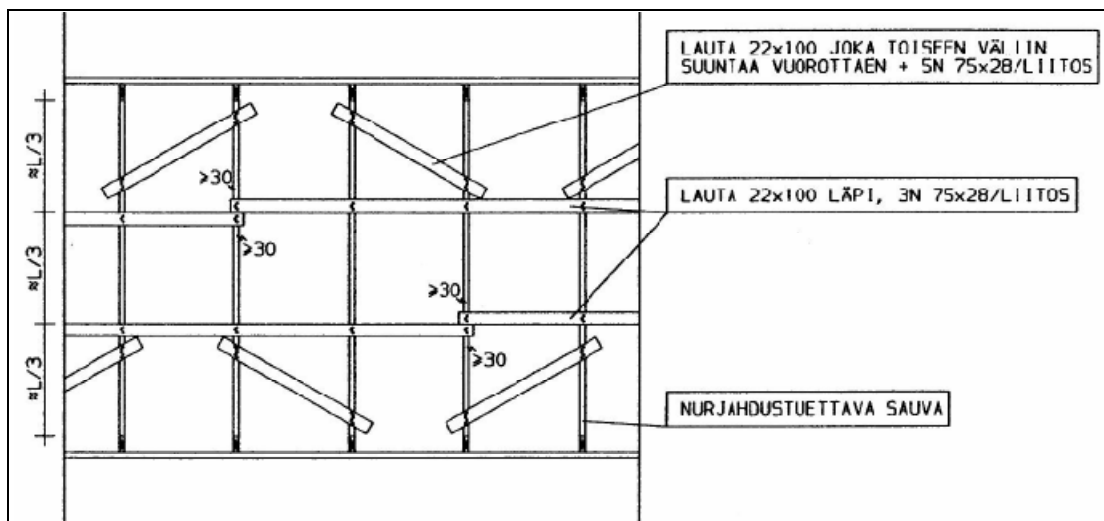
1. Jäykistävän vaakarakenteen alapuolelle jäävistä kuormista puolet siirretään perustuksille.
2. Puolet vaakarakenteen yläpuolelle jäävästä kuormasta ja kaikki vaakarakenteen yläpuolelle jäävästä kuormasta siirretään jäykistävän vaakarakenteen avulla rakennuksen sivuseinille.
3. Sivuseinien yläreunasta kuormat siirretään kummankin sivuseinän kumpaankin päähän sijoitettavan jäykistävän rakenteen kautta perustuksille.

### Kattorakenteen jäykistys

1. Kattotuolien kaatuminen sivusuunnassa estetään kattotuolien väliin jännevälin neljännespisteisiin ja harjalle asennettavalla pystysuuntaisilla jäykistysristikoilla.

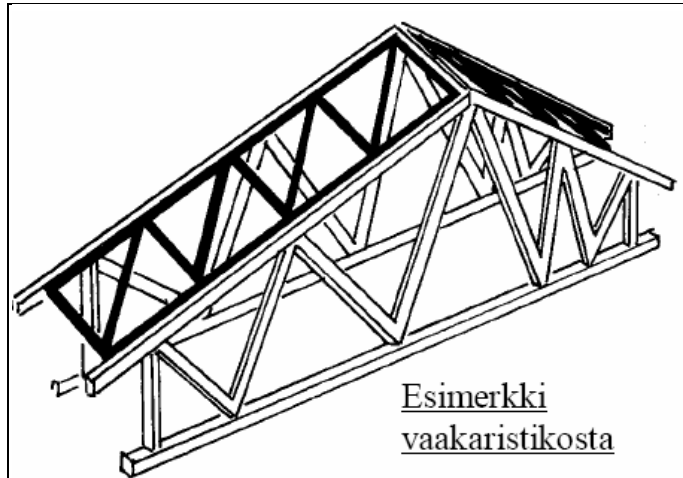


Kuva 3 Esimerkki nurjahdustuennan vinoreivauksista

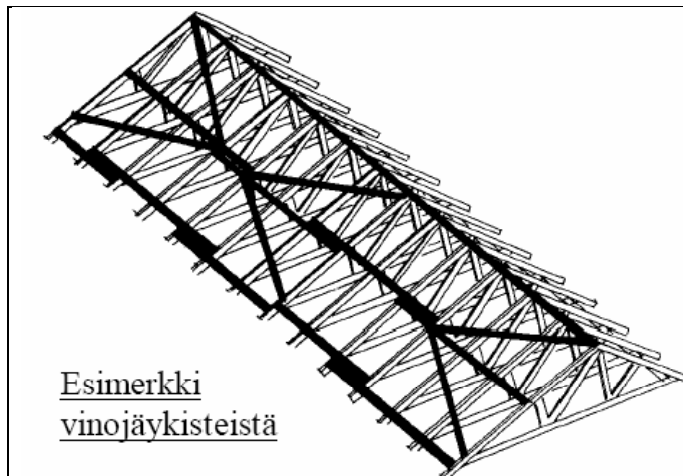


Kuva 4 Esimerkki nurjahdustuennasta, kun sauva on tuettava kahdesta pisteestä

2. Kattotuolien yläpaarten nurjahdus estetään rakennuksen molempiin päihin ja ristikkoihin kiinnitetyillä vaakaristikoidella. Vaakaristikoiden väliin jäävät kattotuolit jäykistetään vaakaristikoihin ruodelautojen avulla.



*Kuva 5 Esimerkki vaakaristikosta.*



*Kuva 6 Esimerkki vinojäykisteistä.*

Kuvassa 1 on esitetty vaakavoimat seiniltä päädylle siirtävä rakenne vaakasuorana rakenteena. Myös vino kattolape voi toimia jäykisteenä. Kattolapteen kaltevuus on kuitenkin otettava huomioon. /4/

### **3.3 Käyttöluokat**

Rakenteet jaotellaan käyttöluokkiin 1, 2 ja 3. Käyttöluokkajärjestelmä on tarkoitettu pääasiassa lujuusarvojen jaottelua varten ja määritellyissä ympäristöolosuhteissa



syntyvän muodonmuutoksen laskemista varten. Alla on nähtävissä eri käyttöluokkien tyypillisiä piirteitä:

Käyttöluokka 1:

- materiaalien kosteus vastaa lämpötilaa 20°C ja ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon 65 % vain muutamana viikkona vuodessa. Käyttöluokassa 1 havupuun kosteus ei enimmäkseen ylitä arvoa 12 %. Käyttöluokkaan 1 kuuluu puurakenne, joka on lämmitetyissä sisätiloissa tai vastaavissa kosteusoloissa. Käyttöluokkaan 1 voidaan yleensä lukea myös lämpöeristekerroksessa olevat rakenteet sekä palkit, joiden vetopuoli on lämmöneristeen sisällä. Käyttöluokassa 1 tulee kiinnittää erityistä huomiota puutavaran halkeiluvaaraan.

Käyttöluokka 2:

- materiaalien kosteus vastaa lämpötilaa 20°C ja ympäröivän ilman suhteellinen kosteus ylittää arvon **85 %** vain muutamana viikkona vuodessa. Käyttöluokassa 2 havupuun kosteus ei enimmäkseen ylitä arvoa 20 %. Käyttöluokkaan 2 kuuluu ulkoilmassa kuivana oleva puurakenne. Rakenteen tulee olla katetussa ja tuuletetussa tilassa sekä alta ja sivuilta hyvin kastumiselta suojattu. Tähän käyttöluokkaan kuuluvat yleensä esimerkiksi rossipohjan ja kylmän ullakkotilan puurakenteet.

Käyttöluokka 3:

- ilmasto-olosuhteet johtavat suurempiin kosteusarvoihin kuin käyttöluokassa 2. Käyttöluokkaan 3 kuuluu ulkona säälle alttiina, kosteassa tilassa tai veden välittömän vaikutuksen alaisena oleva puurakenne. Arvioitaessa puurakenteen säilyvyyttä käyttöluokka 3 jaetaan vielä kahteen erilaiseen kosteusaltistumisastetta kuvaavaan alaluokkaan (SFS-EN 335-1). Puun tasapainokosteuden lisäksi käyttöluokan valinnassa tulee kiinnittää huomiota kosteuden vaihteluihin. Kosteuden vaihtelun vaikutus puurakenteeseen voi olla suurempi kuin korkeankin tasaisen kosteuden vaikutus. /5/

### **3.4 Kuormien aikaluokat**

Kuormien aikaluokkien määrittämiseen käytetään rakenteen käyttöiän aikana tietyn ajan vaikuttavan vakiokuorman kestoa. Muuttuvalle kuormalle asianomainen luokka tulee määrittää kuorman tyypillistä ajallista vaihtelua koskevan arvion perusteella.

Kukin kuorma nimetään yhteen aikaluokkaan. Aikaluokkia ovat pysyvä, keskipitkä ja hetkellinen aikaluokka. Puurakenteiden lyhennyksessä ohjeessa kuormat jaotellaan kolmeen aikaluokkaan alla olevan taulukon mukaisesti. Eurokoodi 5:n lyhytaikainen aikaluokka yhdistetään keskipitkään aikaluokkaan ja pitkäaikainen aikaluokka vastaavasti pysyvään aikaluokkaan.

Kuorman aikaluokka	Ominaiskuorman vaikutusajan suuruusluokka	Kuormitukset
Pysyvä	yli 6 kuukautta	Omapaino, koneet, laitteet, kevyet väliseinät, varastoitu tavara
Keskipitkä	10 minuuttia - 6 kuukautta	Lumi, hyötykuormat, kosteusrasitukset, asennuskuormat
Hetkellinen	alle 10 minuuttia	Tuuli, onnettomuuskuormat

Taul 1 Kuormien aikaluokat ja kuormien jaottelu aikaluokkiin. /5/

### 3.5 Murtorajatilat

Rakenteen kestävyyttä ja tasapainoa tarkasteltaessa mitoituskuorma lasketaan aikaluokittain seuraavilla kuormitusyhdistelyillä:

Pysyvä aikaluokka (yli 6 kuukautta):  $1,35G_{kj}$

Keskipitkä aikaluokka (10 minuuttia – 6 kuukautta):  $1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2}$

Hetkellinen aikaluokka (alle 10 minuuttia):

valitaan ao. kaavoista se, joka antaa suurimman arvon:

$1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,t} + 1,05Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2}$  tai

$1,15G_{kj} + 1,5Q_{k,1} + 1,05Q_{k,2} + 0,9Q_{k,t}$

missä

$G_{kj}$  = pysyvien kuormien ominaisarvo

$Q_{k,1}$  = lumi- ja hyötykuorman ominaisarvoista suurempi

$Q_{k,2}$  = lumi- ja hyötykuorman ominaisarvoista pienempi

$Q_{k,t}$  = tuulikuorman ominaisarvo.

Mikäli pysyvien kuormien yhteisvaikutus lisää rakenteen kestävyyttä, pysyvien kuormien ominaisarvo  $G_{kj}$  kerrotaan kertoimen 1,15 sijasta luvulla 0,9. /5/

## 4 KUORMAT

### 4.1 Vaakakuormat

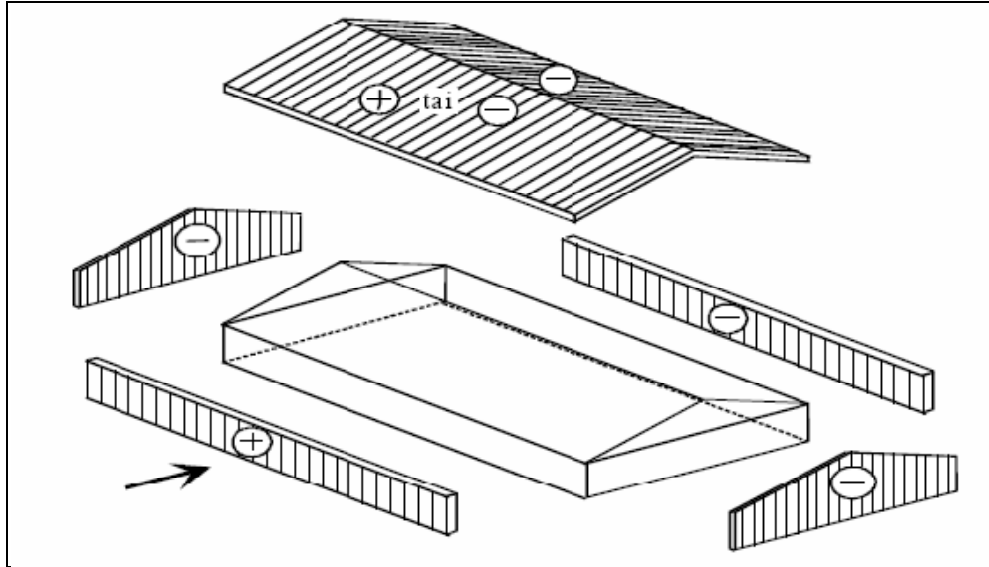
Vaakakuormia aiheuttavat ulkoiset vaakakuormat, pystykuormista aiheutuvat vaakakuormat sekä muut kuormat. Ulkoisia vaakakuormia ovat mm. tuuli ja nosturien jarruvoima. Jäykistyksessä huomioon otettavia tuulikuormia ovat seiniin ja kattoon kohdistuvat tuulikuormat. Tuulivoima aiheuttaa painetta sekä imua. Paine kohdistuu tuulen puoleiselle seinälle ja imu suojan puoleiselle seinälle. Kokonaistuulikuorma on näiden kahden summa. Kattoon kohdistuva tuuli aiheuttaa niin ikään painetta tuulen puoleiselle lappeelle ja suojan puoleiselle lappeelle joko painetta tai imua katon kaltevuudesta riippuen. Tuulenpainekertoimia löytyy useista eri taulukoista.

Muiden kuormien arvot määritetään tapauskohtaisesti ja niitä ovat esimerkiksi nosturien jarrukuormat sekä törmäyskuormat.

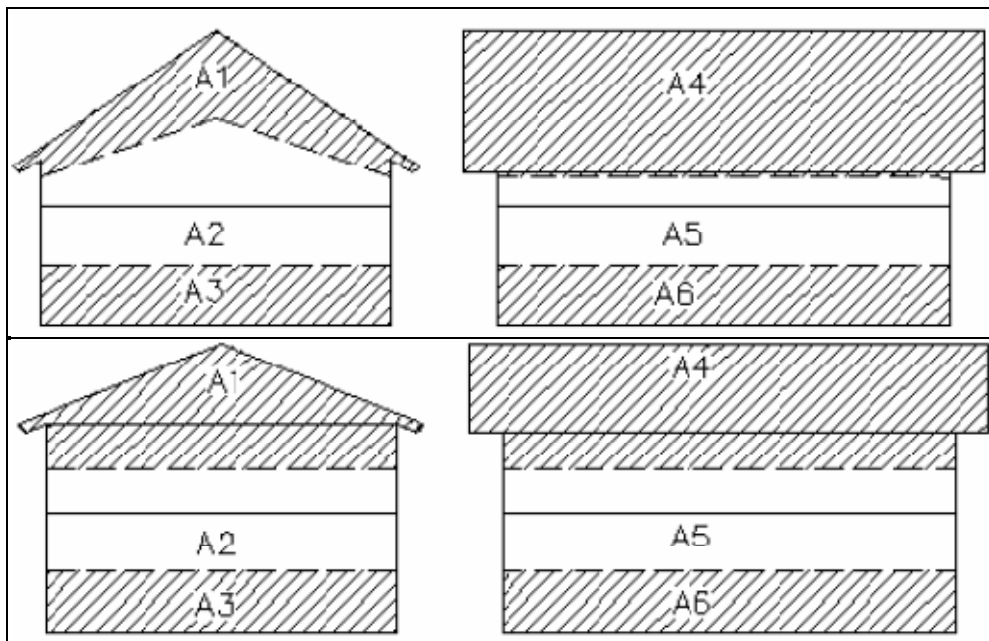
Vaakakuormia aiheuttaa yleisesti nurjahdus- ja kiepahdustuennasta aiheutuvat vaakavoimat, tuuli sekä vinot rakenteet ja epäkeskiset pystykuormat. Sekä ulkoiset vaakakuormat että pystykuormista aiheutuvat vaakakuormat viedään aina perustuksille. /4/

#### 4.1.1 Tuuli

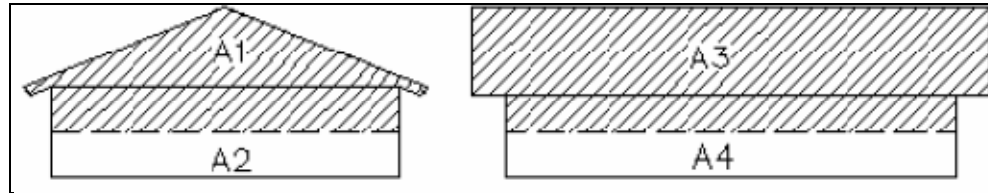
Huomioon otettavia tuulikuormia ovat seiniin ja kattoon kohdistuvat tuulikuormat. Tuulen puoleiselle seinälle tulee painetta ja suojan puoleiselle seinälle imua. Kokonaistuulikuorma on edellä mainitun paineen ja imun summa. Tuulen suuntaisille seinille tulee imua. Katon tuulen puoleiselle lappeelle tulee painetta ja vastakkaiselle lappeelle kattokaltevuudesta riippuen joko painetta tai imua.



Kuva 7 Periaate rakennukseen kohdistuvista tuulikuormista.



Kuva 8 Periaate rakennukseen (kehätaalo / 2kerroksinen talo ) kohdistuvista tuulikuormista. A1 ja A4 aloihin tulevat voimat vaikuttavat yläpohjaan. A1+A2 ja A4+A5 aloihin tulevat voimat vaikuttavat välipohjaan. A1+A2+A3 ja A4+A5+A6 aloihin tulevat voimat vaikuttavat sokkeliin.



*Kuva 9 Periaate rakennukseen (1kerroksinen talo) kohdistuvista tuulikuormista. A1 ja A2 aloihin tulevat voimat vaikuttavat yläpohjaan. A3+A4 aloihin tulevat voimat vaikuttavat sokkeliin.*

RIL 201-1-2008 mukaan tuulikuorma määritetään seuraavasti:

Rakennukseen kohdistuva kokonaistuulikuorma voidaan määrittää kahdella erilaisella tavalla, jotka ovat voimakerroinmenetelmä ja painekerroinmenetelmä. Näillä menetelmillä määritettyä kokonaistuulikuormaa käytetään rakennuksen jäykistävän rungon ja perustusten mitoituksessa. Voimakerroinmenetelmässä oletetaan, että tuulenpaineella on kaikissa korkeusasemissa rakennuksen harjalla vallitseva arvo. Painekerroinmenetelmässä rakennuksen kokonaistuulikuorma määritetään osapintojen pintapaineiden avulla (vektorisummana) ja tarvittaessa huomioidaan myös osapintojen aiheuttama kitkakuorma. (EC 5 Sovelluslaskelmat; Hallirakennus) /4/

### **Termit ja määritelmät**

Alla olevat termit ja määritelmät ovat suoria lainauksia lähteestä: Ril 201-1-2008, Osa 1.4.

#### **Tuulennopeuden modifoimaton perusarvo**

10 minuutin keskimääräinen tuulennopeus, jonka vuotuinen ylittymistodennäköisyys on 0,02 tuulen suunnasta riippumatta 10 m:n korkeudella laakean maaseutumaston yläpuolella ja (tarvittaessa) sijaintikorkeuden vaikutukset huomioon otettuna.

#### **Tuulennopeuden perusarvo**

Tuulennopeuden modifoimattomasta perusarvosta siten rajattu tuulennopeuden arvo, että tarkasteltavan tuulen suunta ja (tarvittaessa) vuodenaika on otettu huomioon.

### **Tuulennopeuden modifoitu perusarvo**

Tuulennopeuden perusarvosta siten modifoitu arvo, että maaston rosoisuuden ja pinnanmuodostuksen vaikutus on otettu huomioon.

### **Painekerroin**

Ulkopuolisen paineen kertoimien avulla saadaan tuulen vaikutus rakennusten ulkopintoihin, sisäpuolisen paineen kertoimien avulla saadaan tuulen vaikutukset rakennusten sisäpintoihin.

Ulkopuolisen paineen kertoimet jaetaan rakennekokonaisuuden painekertoimiin ja rakenneyksityiskohtien painekertoimiin. Rakenneyksityiskohtien kertoimia käytetään painekertoimina kuormitetun pinnan ollessa enintään 1 m<sup>2</sup>, esim. pienten osien ja kiinnitysten mitoitusta varten; rakennekokonaisuuden kertoimia käytetään kertoimina kuormitetun pinnan ollessa yli 10 m<sup>2</sup>.

Nettopainekertoimilla saadaan tuulen kokonaisvaikutus rakenteeseen, rakenneosaan tai muuhun osaan yksikköpinta-alaa kohti.

Työssäni käytin RIL 201-1-2008 s.146 esitettyä taulukkoa 7.1. Taulukossa esitetään ulkopuolisen paineen kertoimet pohjaltaan suorakulmaisten rakennusten pystysuurille seinille.

Katon osalta käytin RIL 205-1-2007 s.40 esitettyä taulukkoa 2.9. Taulukossa esitetään kattojen nettopainekertoimia suurimmalle paikalliselle tuulen imulle. Tämä menetelmä antaa varmalla puolella olevan tuloksen.

### **Voimakerroin**

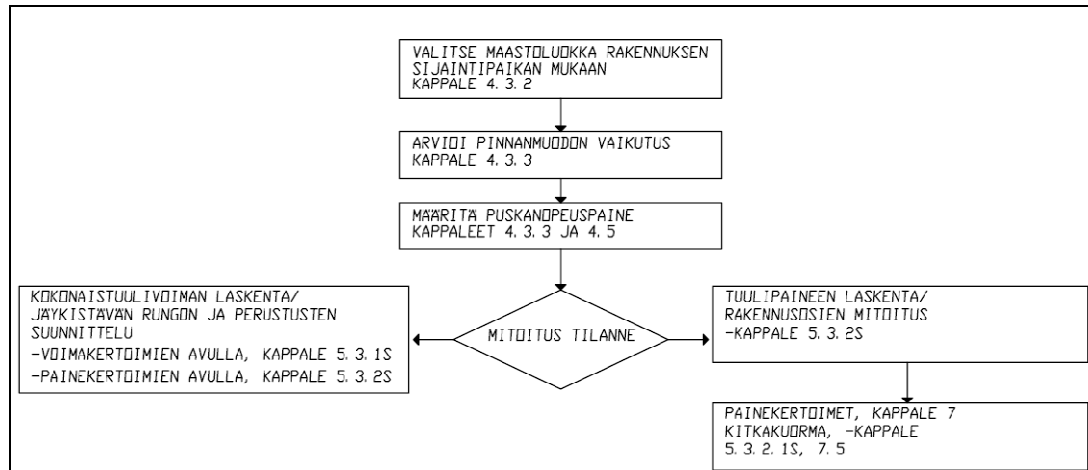
Voimakertoimilla saadaan tuulen kokonaisvaikutus rakenteeseen, rakennusosaan tai muuhun osaan kokonaisuutena, kitka mukaan luettuna, ellei sen vaikutusta nimenomaan jätetä huomioimatta. /6/

### **Merkinnät**

A	pinta-ala
$A_{ref}$	voimakertoimeen liittyvä vaikutusala (yleensä projektiotala)
$F_w$	tuulivoiman resultantti
$q_{p0}$	tuulen nopeuspaine ilma maaston pinnanmuodon vaikutusta
$q_p$	pinnanmuodon mukaan modifoitu tuulen nopeuspaine
H	maaston pinnanmuodon korkeusmitta ympäristöönsä nähden
$L_u$	tuulenpuoleisen rinteän todellinen pituus tuulen suuntaan
x	rakennuspaikan vaakasuora etäisyys harjanteen huipusta
z	korkeusasema laskettuna maanpinnasta rakennuksen paikalla
$\Phi$	rinteen tuulenpuoleinen kaltevuus
$c_f$	voimakerroin kokonaistuulivoiman laskentaa varten
$c_s c_d$	rakennekerroin
$c_{pe}$	ulkoisenpaineen kerroin
$c_{pi}$	sisäisenpaineen kerroin
$c_{p,net}$	nettotuulenpaine kerroin
$c_{fr}$	kitkakerroin
h	rakennuksen korkeus
b	rakennuksen leveys tuuleen nähden kohtisuorassa suunnassa
d	rakennuksen pituusmitta tuulen suunnassa
$\lambda$	hoikkuusluku
/6/	

#### **4.1.2 Tuulikuormien mallintaminen**

Käytettäessä (Ril 201-1-20008 Osa 1.4) esitettyjä tuulivoimien laskentaohjeita, laskennassa tarvittavat työvaiheet ja laskentamenetelmät valitaan ao. kulkukaaviossa esitetyllä tavalla.



Kuva 10 Kulkukaavio tuulivoiman laskentaa varten.

Yllä oleva kulkukaavio havainnollistaa mahdollisuudet edetä tuulivoiman laskemisessa. Omassa työssäni kokeilin kokonaistuulivoiman laskemista ja jäykistävän rungon suunnittelua sekä voima- että painekertoimien avulla. Lopullisessa versiossa päädyttiin kuitenkin käyttämään painekerrointa. Päivittämäni Excel-taulukkoon lisäsin välilehden, jossa tuulivoiman mallintaminen tehdään yllä olevan kaavion mukaisesti. Uudessa Excelissä voi valita mm. maastoluokat ja tuulen perusnopeuden, joita tarvitaan tuulen aiheuttaman kokonaisvoiman laskemiseen.

### 4.1.3 Tuulennopeus ja nopeuspaine

#### Tuulen perusnopeus (Ril 201-1-2008, osa 1.4)

Tuulen perusnopeudelle käytetään Suomessa seuraavia arvoja:

- $v_{b,0} = 21$  m/s (Manneralueet koko maassa)
- $v_{b,0} = 22$  m/s (Merialueet: avomeri, harva ulkosaaristo)
- $v_{b,0} = 21$  m/s (Alamaastossa tunturien juurella)
- $v_{b,0} = 26$  m/s (Tunturien lakialueet)

Perusnopeus on määritetty havaintoasemilta kerättyjen tuulitilastojen avulla.

Todelliset mittausarvot on muutettu vastaamaan tilannetta, jossa havaintoaseman ympäristö muutaman kilometrin säteellä vastaisi maastoluokkaa II. Nopeusarvo on 50



vuoden toistumisaikaa vastaava 10 minuutin keskiarvo olettaen, että tuulen nopeus mitataan 10m maanpinnan yläpuolelta.

### Tuulen nopeuspaine (Ril 201-1999)

Tuulen perusnopeutta vastaava nopeuspaine  $q_{ref}$  määritetään lausekkeesta:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} v_{b,0}^2 = \frac{v_{b,0}^2}{1600} \frac{kN}{m^2}$$

missä:

$v_{b,0}$  = tuulen perusnopeus [m/s]

$\rho$  ilman tiheys 1,25 kg/m<sup>3</sup>

$v_{b,0} = 21$  m/s antaa perusnopeuspaineeksi 0,276 kN/m<sup>2</sup>.

Laskelmissa käytettävä nopeuspaineen ominaisarvo  $q_p(z)$  korkeudella  $z$  on altistuskertoimen  $c_e(z)$  ja  $q_{ref}$ :n tulo.

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_{ref} = c_e(z) \cdot 0,276 \text{ kN/m}^2$$

### Altistuserroin

Altistuserroin  $c_e(z)$  ottaa huomioon maaston rosoisuuden, pinnanmuodostuksen ja korkeuden maanpinnan yläpuolella kun tuulen nopeus ja pyörteisyys on keskimääräistä. Se määritetään tasaiselle maastolle lausekkeesta:

$$c_e(z) = c_r^2(z) \left\{ 1 + \frac{7k_T}{c_r(z)} \right\}$$

missä

$k_T$  = maastokerroin

$c_r(z)$  = karheuserroin

### Karheuserroin

Karheuserroin korkeudella  $z$  määritetään seuraavasti:

$$c_r(z) = k_T \cdot \ln(z/z_0) \quad \text{kun } z_{\min} \leq z \leq 200 \text{ m}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad \text{kun } z < z_{\min}$$

missä

$k_T$  = maastokerroin

$z_0$  = karheusparametri

$z_{\min}$  =minimikorkeus

### Maastoluokat

Karheuskertoimen laskentaan tarvittavat arvot saadaan alla olevasta taulukosta. /6/

Maastoluokka		$k_T$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]
0	Merialue (ulkosaaret ja luodot)	0,18	0,003	1
I	Yli 5 km järvenselkä tuulen yläpuolella sekä sileä, tasainen ja esteetön maa	0,17	0,01	1
II	Maatalousmaa raja-aitoineen, satunnaisia pieniä maatilarakenteita, taloja tai puita	0,19	0,05	2
III	Esikaupunki- tai teollisuusalueet ja metsät	0,22	0,3	5
IV	Kaupunkialueet, joiden pinta-alasta vähintään 15 % on rakennusten peitossa ja niiden keskimääräinen korkeus on yli 15 m	0,23	1	10

Taul 2 Tuuliparametrit  $k_T$ ,  $z_0$  ja  $z_{\min}$ .

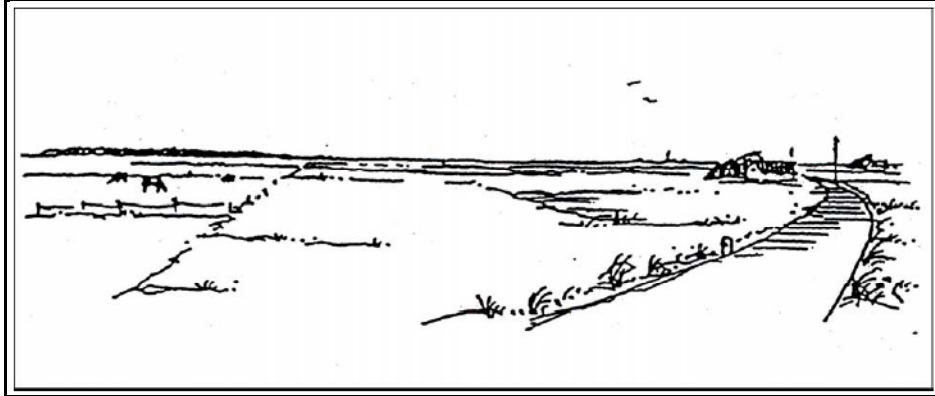
### Maastoluokat

Maasto-olosuhteet jaotellaan viiteen eri luokkaan, joihin sovellettavat maastokertoimet  $k_T$  ja karheusparametrit  $z_0$  on esitetty yllä olevassa taulukossa (Taul 2).

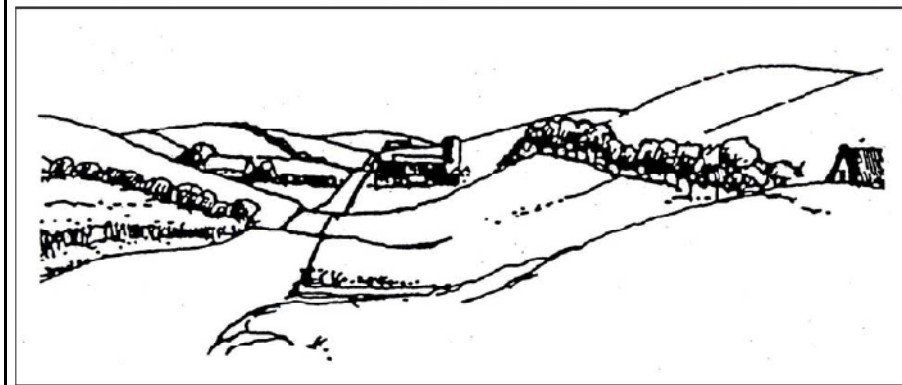
Seuraavissa kuvissa on esimerkkejä maasto-olosuhteiden sijoittelusta maastoluokkiin 0-IV.



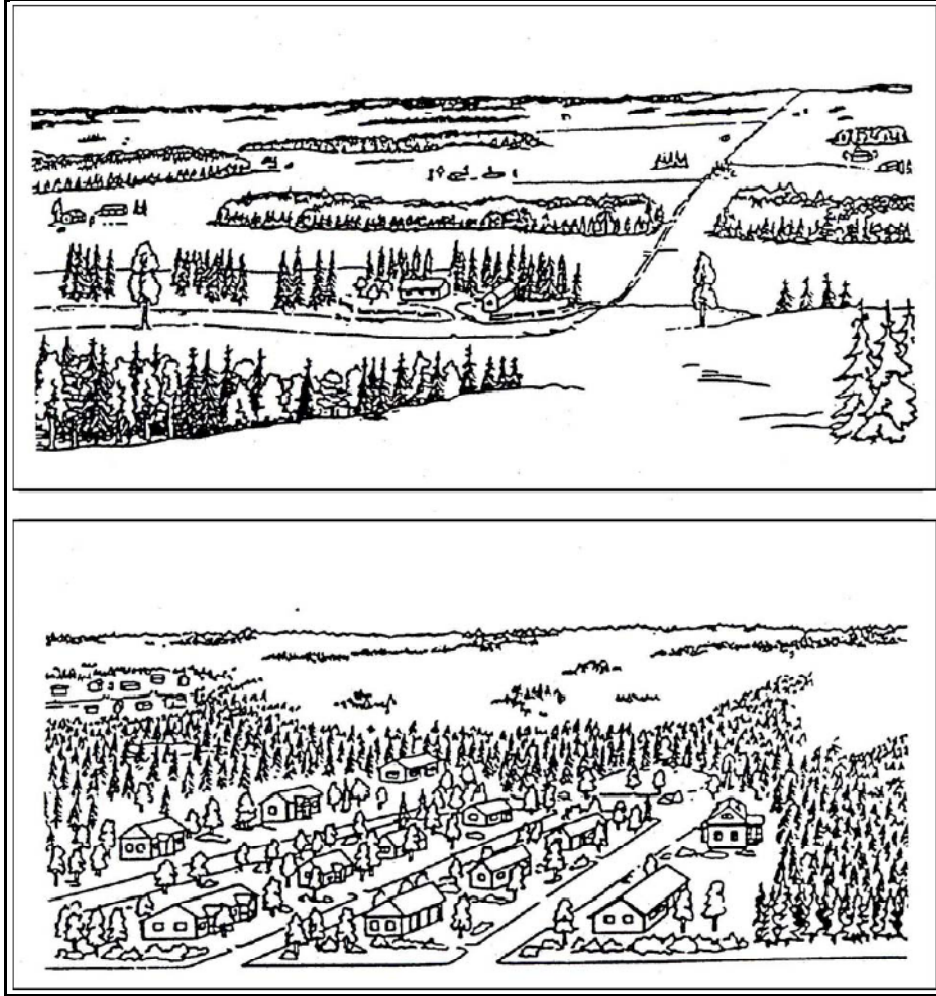
Kuva 11 Maastoluokka 0,  $z_0 = 0,003$  m: Meri, avoimen meren äärellä oleva rannikkoalue.



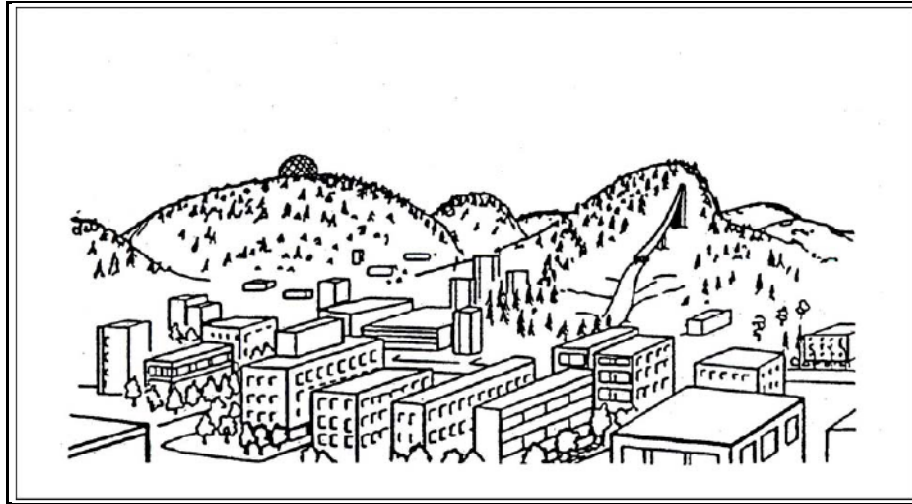
Kuva 12 Maastoluokka I,  $z_0 = 0,01$  m: Laaja ja avoin maa-alue. Yli 5 km järvenselkä tuulen yläpuolella.



Kuva 13 Maastoluokka II,  $z_0 = 0,05$  m: Maatalousmaa jossa on raja-aitoja, satunnaisia pieniä maatilarakennuksia, taloja tai puita.



*Kuva 14 Maastoluokka 111,  $z_0 = 0,3$  m: Esikaupunki- tai teollisuusalueet sekä metsät. Matalat pientaloalueet. Vaihtelevat viljelysalueet, joissa on yksittäisiä rakennuksia ja metsäsaarekkeita.*



Kuva 15 Maastoluokka IV,  $z_0 = 1$  m: Yhtenäiset ja laajat kaupunkialueet, joiden pinta-alasta vähintään 15 % on rakennettua ja rakennusten keskimääräinen korkeus on yli 15 m. [7]

#### 4.1.4 Kokonaistuulivoiman laskeminen

##### Tuulikuormat

Tuulikuorma esitetään joko tuulivoimana tai tuulen paineena. Tuulen paineen aiheuttaman kuormituksen rakenteeseen oletetaan vaikuttavan kohti suoraan rakenteen pintaa vastaan, ellei toisin ole määritetty; esim. pinnan suuntaiset kitkavoimat.

Tuulen aiheuttama kokonaisvoima  $F_w$  saadaan seuraavasta lausekkeesta:

$$F_w = q_{ref} * c_e(z) * c_f * A_{ref} = q_p(z) * c_f * A_{ref}$$

missä:

$q_{ref}$  = tuulen perusnopeuspaine

$c_e(z)$  = altistuskerroin

$q_p(z)$  = nopeuspaine viitekorkeudella  $z$  ko. maastoluokassa

$c_f$  = voimakerroin

$A_{ref}$  = voimakertoimeen liittyvä tarkastelualue (yleensä rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala)

Lausekkeessa osa  $q_{ref} \cdot c_e(z)$  on nopeuspaine  $q_p(z)$  korkeudella  $z$  (ominaisarvo).

Eurocodessa esiintyvän rakennekertoimen  $c_s c_d$  avulla otetaan huomioon kaksi eri tekijää, jotka vaikuttavat kokonaisvoimaan:

- kerroin  $c_s$  on koon ja mittasuhteiden vaikutuskerroin. Sen avulla otetaan huomioon se, että tuulenpaineen huippuarvot eivät vaikuta samanaikaisesti ison rakennuksen eri kohdissa.
- kerroin  $c_d$  puolestaan ottaa huomioon tuulen puuskien dynaamiset vaikutukset

Kerroin  $c_s c_d$  sisältää siis sekä rakennuksen mittasuhteisiin että alimpaan ominaistaajuuteen liittyvät vaikutukset.

### **Rakennekertoimen määrittäminen**

rakennekertoimelle  $c_s c_d$  voidaan käyttää arvoa 1 seuraavissa tapauksissa:

- rakennuksille joiden korkeus on alle 15 m
- ulkoseinän ja vesikaton rakenteille, joiden ominaistajuus on yli 5 Hz
- rakennuksille, joiden rungossa on kantavat seinät ja joiden korkeus on alle 100 m ja samalla pienempi kuin 4 kertaa rakennuksen tuulen suuntainen mitta.

Vaihtoehtoisesti kerroin voidaan laskea tarkemmin (EN 1991-1-4.) mukaan. /6/

Omassa työssäni kerroin  $c_s c_d$  on 1.

### **Kokonaistuulivoiman laskeminen voimakertoimen $c_f$ avulla (matalat rakennukset)**

Kun rakennuksen korkeus on pienempi kuin sen leveys ( $h < b$ ), oletetaan, että tuulen paineella on kaikissa korkeusasemissa rakennuksen harjalla vallitseva arvo. Rakennukseen kohdistuva kokonaistuulivoima [kN] voidaan tällöin laskea lausekkeella:

$$F_w = c_s c_d * c_f * q_p(z) * A_{ref}$$

missä

$F_w$  = kokonaistuulivoima

$c_s c_d$  = rakennekerroin (matalat rakennukset, käytetään varmalla puolella olevaa arvoa (1))

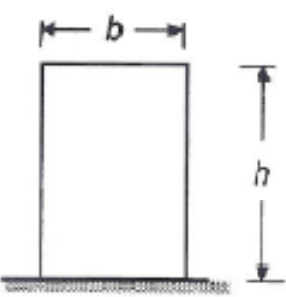
$c_f$  = voimakerroin sisältää kitkan vaikutukset (kuva 5.2S, Ril 201-1-2008 Osa 1.4, s.136,137)

$q_p(z)$  = maaston pinnan mukaan modifioitu nopeuspaine, joka määritetään rakennuksen harjan korkeudella ( $z$ )

$A_{ref}$  = tuulikuorman vaikutusala ( $A_{ref} = b \cdot h$ ), missä  $b$  on rakennuksen leveys ”tuulen näkemänä”

Voimakerroin  $c_f$

Kun rakennuksen pohja on teräväsärmäinen suorakaide ja kun tuuli puhaltaa kohtisuoraan rakennuksen pintaa vasten, saadaan voimakerroin  $c_f$  kuvan 5.2s ja talukossa 5.1S määritellyn hoikkuusluvun avulla. Voimakertoimen määrittämiseen tarvitaan tehollinen hoikkuus ja sivusuhte.

Rakenteen mittasuhteet, tuuli kohtisuoraan tasoa vasten	Tehollinen hoikkuus $\lambda$
	kun $h < 15$ m, $\lambda = 2 h/b$ kun $h \geq 50$ m, $\lambda = 1,4 h/b$
	Välialueella $15$ m $< h < 50$ m sovelletaan interpolointia.
	Huom: Tämä ohje ei koske hyvin hoikkia rakennuksia, joille $\lambda > 10$ .

Kuva 16 Tehollinen hoikkuus suorakulmaisen poikkileikkauksen omaaville matalille ja korkeille rakennuksille.

$\lambda$	Sivusuhte $d/b$								
	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
$\leq 1$	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,40	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
10	1,40	1,40	1,60	1,63	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Kuva 17 Voimakerroin  $c_f$  huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus.

Voimakerroin saadaan yllä olevasta taulukosta laskemalla rakennuksen tehollinen hoikkuus taulukko 5.1s mukaan,

pientaloilla on voimassa yleensä seuraava ehto:

kun  $h < 15\text{m}$ ,  $\lambda = 2h/b$

missä

$h$  = rakennuksen korkeus

$b$  = rakennuksen tuulen vastainen sivumitta

sivusuhte saadaan seuraavasti :

$d/b$

missä

$d$  = rakennuksen tuulen suuntainen sivumitta

$b$  =rakennuksen tuulen vastainen sivumitta

Tehollisen hoikkuuden ja sivusuhteiden avulla saadaan taulukosta 5.2s voimakerroin  $c_f$ , tuulelle rakennuksen päätä vasten, sekä tuulelle rakennuksen sivuseiniä vasten.



### Kokonaistuulivoiman laskeminen painekertoimien avulla (matalat rakennukset)

Kun rakennuksen korkeus on pienempi kuin sen leveys ( $h < b$ ), oletetaan, että tuulen paineella on kaikissa korkeusasemissa rakennuksen harjalla vallitseva arvo.

Rakennukseen kohdistuva kokonaistuulivoima [kN] voidaan tällöin laskea lausekkeella:

$$F_w = c_s c_d * c_{pe} * q_p(z) * A_{ref} \text{ tai } F_w = c_s c_d * c_{p,net} * q_p(z) * A_{ref}$$

missä

- $F_w$  = kokonaistuulivoima  
 $c_s c_d$  = rakennekerroin (matalat rakennukset, käytetään varmallalla puolella olevaa arvoa (1))  
 $c_{pe}$  = ulkoisen paineen kerroin  
 $c_{p,net}$  = nettotuulenpainekerroin  
 $q_p(z)$  = maaston pinnan mukaan modifioitu nopeuspaine, joka määritetään rakennuksen harjan korkeudella ( $z$ )  
 $A_{ref}$  = tuulikuorman vaikutusala ( $A_{ref} = b * h$ ), missä  $b$  on rakennuksen leveys ”tuulen näkemänä”

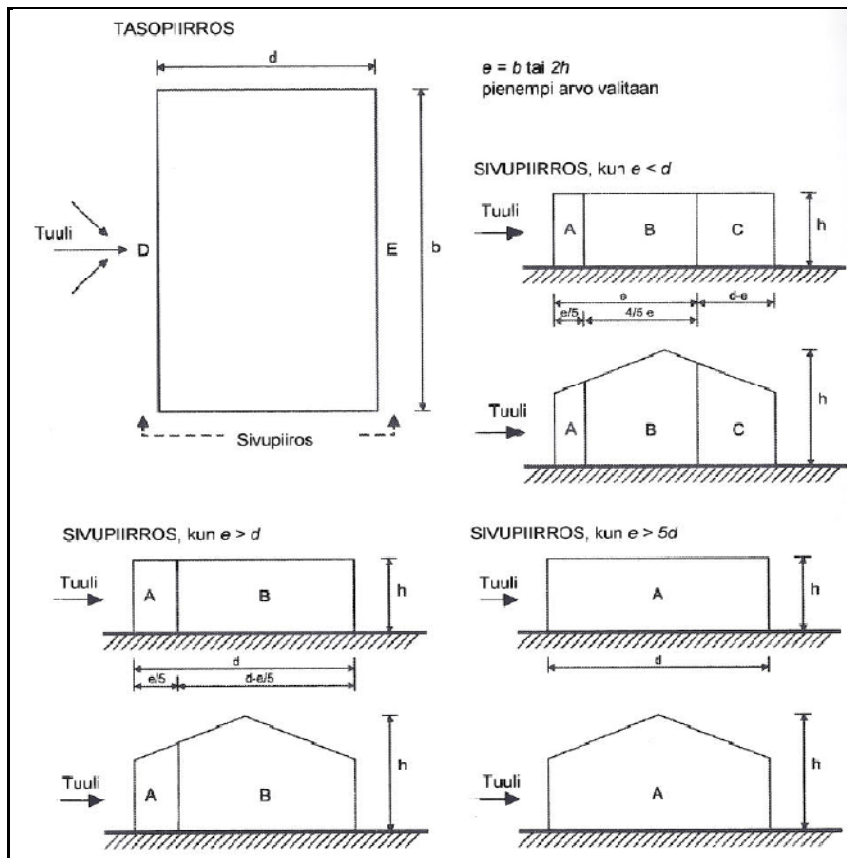
kattotyyppi	katon kaltevuus <sup>1)</sup>	nurkka-alueet <sup>2)</sup>			reuna-alueet <sup>3)</sup>			muu alue <sup>4)</sup>	
		$A \geq 10$	$A \leq 1$	räys-täs	$A \geq 10$	$A \leq 1$	räys-täs	$A \geq 10$	$A \leq 1$
Tasakatto	< 5°	-2,1	-2,8	-3,5	-1,5	-2,3	-3,0	-1,0	-1,5
Pulpettikatto	5°...15°	-2,7	-3,2	-3,9	-2,2	-2,8	-3,5	-1,2	-1,5
	≥ 30°	-2,4	-3,2	-3,9	-1,8	-2,3	-3,0	-1,3	-1,6
Harjakatto	5°...15°	-2,0	-2,8	-3,5	-1,6	-2,3	-3,0	-1,0	-1,5
	≥ 30°	-1,4	-1,8	-2,5	-1,7	-2,3	-3,0	-1,2	-1,5

Taulukko 3 Kattojen nettopainekertoimia suurimmalle paikalliselle tuulen imulle. Kertoimet eivät päde avoimille katoksille.

- 1) Kaltevuuksilla 15 - 30° käytetään lineaarista interpolointia.
- 2) Nurkka-alue ulottuu rakennuksen ulkonurkasta molempiin suuntiin etäisyydelle  $e/4$ , kun  $e = \min(b; 2h)$ , jossa  $h$  on rakennuksen korkeus ja  $b$  on rakennuksen suurempi sivumitta.
- 3) Katon reuna-alue ulottuu etäisyydelle  $e/10$  ulkoseinälinjalta - ei kuitenkaan nurkka-alueille.
- 4) Muut kuin nurkka- ja reuna-alueet. Tarkasteltaessa koko rakennuksen levyisen kattokannatteen kiinnitystä tuulen imulle, voidaan tuulenpaine laskea käyttäen pelkästään tämän sarakkeen nettopainekerrointa. /10/

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
$h/d$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,7
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0		-0,5
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0		-0,3

**Taulukko 4** Ulkopuolisen paineen kertoimet pohjaltaan suorakulmaisten rakennusten pystysuorille seinille. /6/



**Kuva 18** Pystyseiniä koskeva vyöhykekaavio. /6/

## 5 RAKENNUKSEN JÄYKISTYSPERIAATTEET

### 5.1 Yleistä

Useissa tapauksissa jäykistettävä rakennus on symmetrinen, jolloin voimien laskeminen on suhteellisen helppoa. Monimutkaisemmissa tapauksissa voidaan joutua myös monimutkaisempiin tasapainotarkasteluihin.

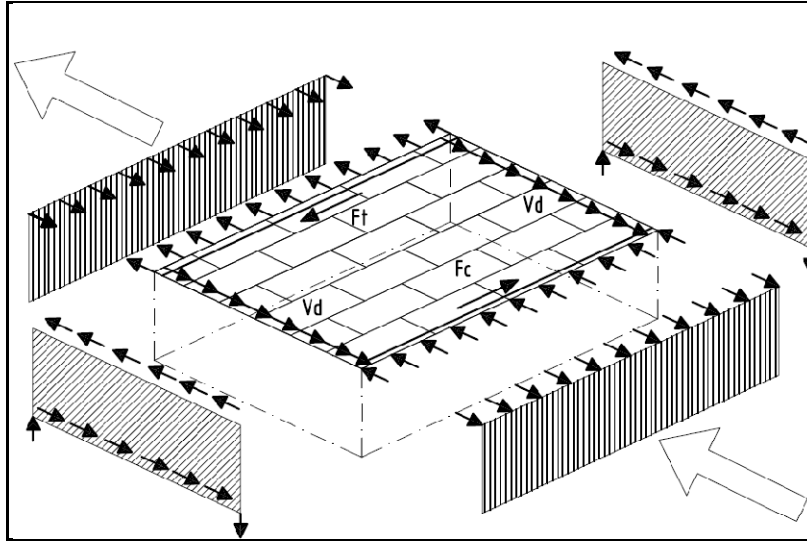
### 5.2 Levyjäykistys

Levyjäykistys toteutetaan puisista pystytolpista ja juoksuista/puulevyistä tai kartonkipintaisista kipsilevyistä. Leikkausvoimat siirretään levyn reunoihin sijoitettujen liittimien, esim. naulojen tai ruuvien, avulla perustuksiin. Jotta jäykisteiden/rakenteiden nousu voidaan estää, tulee pystyosat ankkuroida perustuksiin. Pystytolpat, jotka ovat puristuksessa, mitoitetaan pystykuormille ja vaakakuormien aiheuttamille pystysuuntaisille lisäkuormille. Tavallisimmin käytettyjä levymateriaaleja ovat lujuutensa ja jäykkyytensä vuoksi mm. kuitulevyt, OSB-levyt ja vanerit. Näiden lisäksi kipsilevyjä käytetään usein myös pientaloissa. Levyjäykistys on mahdollista toteuttaa myös muilla levymäisillä osilla, esim. elementeillä, joiden jäykistysominaisuudet on määritetty. /4/

Omassa työssäni käsittelen lähinnä kipsi-/kuitulevyjäykistyksiä, joiden valmistajista mainittakoon mm. Gyproc Oy, Knauf Oy sekä Suomen Kuitulevy Oy.

### 5.3 Vaakajäykistys

Kaikkiin rakennuksiin on tehtävä vaakajäykisteet jokaiseen kerrokseen tai kattotasoon. Kattotasossa sijaitsevat tavallisesti katon vaakakuormat ottavat jäykisteet. Väli- ja yläpohjissa olevat levymäiset jäykisteet ottavat vastaan leikkausvoimat. Reunapalkit sekä niihin liitetyt seinäjuoksut ottavat puolestaan vastaan taivutusvoimat. Välipohja toimii näin ollen eräänlaisena vaakapalkkina, joka siirtää vaakakuormat pystyille rakennusosille.



Kuva 19 Vaakajäykistys.

Vaakajäykisteellä voidaan tarkoittaa tehdasvalmisteista elementtiä, muuta levymäistä rakennetta tai ristikkorakennetta, joka on suunniteltu vastaanottamaan niihin kohdistuvat kuormat. Rakenteen toiminnan kannalta on oleellista, että voimat siirtyvät liitoksissa rakenteelta toiselle. Tästä johtuen esimerkiksi ristikkorakenteissa kaikkien liitosten sekä veto- ja puristussauvojen yksityiskohdat on valmistettava huolella. Kattotasossa voidaan käyttää vaakasuuntaisia ristikoita. Kattoristikoiden tulee aina olla vaakajäykistettyjä kattotasossa olevilla lisäristikoilla. /4/

#### 5.4 Jäykistysseinien mitoitus

”Jäykistysseinät, joiden on tarkoitus kestää seinän tason suuntaiset vaakaleikkausvoimat, tulee jäykistää tasossaan rakennuslevyä, vinojäykistystä tai momenttia kestäviä liitoksia käyttäen. Käyttörajan kuormat ei saa aiheuttaa jäykistysseiniin halkeamia eikä haitallisen suuria taipumia. Jäykistävien rakennuslevyjen kiinnittämiseen käytetään nauvoja, ruuveja tai hakasia. Jäykistysseinät, joissa jäykistykseen käytetään huokoisia kuitulevyjä tai muita kuin puulevyjä (esim. kipsilevyt), tulee mitoittaa kyseisen levyn tyyppihyväksynnässä esitettyjen ohjeiden mukaan.” /5/

### 5.4.1 Jäykistysseinien yksinkertaistettu analyysi

Alla oleva pätee puulevyihin, joiden kiinnitys tehdään metalliliittimin puurunkoon.

Seuraavassa tarkastellaan kuormitusta, jossa voima  $F_{v,Ed}$  vaikuttaa seinän yläreunaan, kun pystykuormat tai ankkurointi estää samalla seinän nousemisen paikaltaan. Seinän vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo  $F_{v,Rd}$  voidaan määrittää yksinkertaistetulla menetelmällä, kun

-seinä koostuu yhdestä tai useammasta lohkokosta, joihin jokaiseen kuuluu levy, joka on kiinnitetty puurungon toiselle puolelle,

-liitinväli on vakio pitkin jokaisen levyn reunoja ja kun

-jokaisen levyn leveys on vähintään  $h/4$ .

Kun seinä koostuu useasta seinälohkosta, seinän vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo

$$F_{v,Rd} = \sum F_{i,v,Rd}$$

missä  $F_{i,v,Rd}$  on seinälohkon vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo.

Seinälohkoa rasittavaa kuvan 20 mukaista vaakavoimaa  $F_{i,v,Ed}$  vastaava vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} b_i c_i}{s}$$

missä

$F_{f,Rd}$  on yksittäisen liittimen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo,

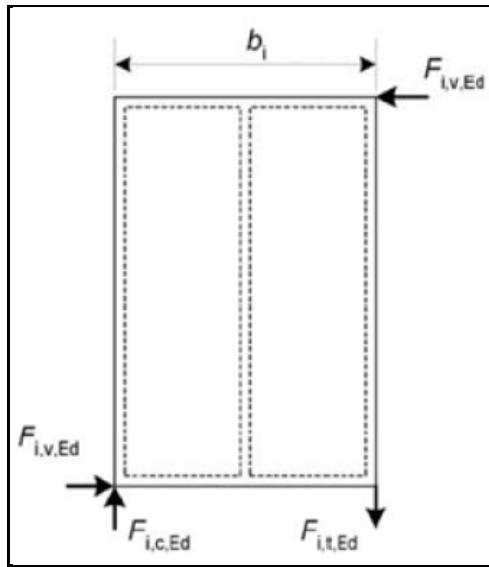
$b_i$  on seinälohkon leveys,

$s$  on liitinväli ja

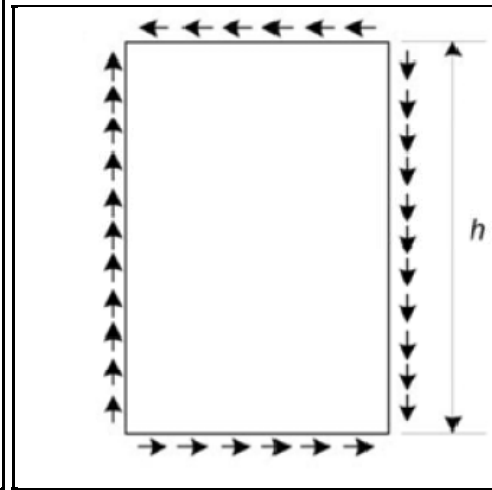
$$c_i = 1 \text{ kun } b_i \geq \frac{h}{2}$$

$$c_i = \frac{2b_i}{h} \text{ kun } b_i < \frac{h}{2}$$

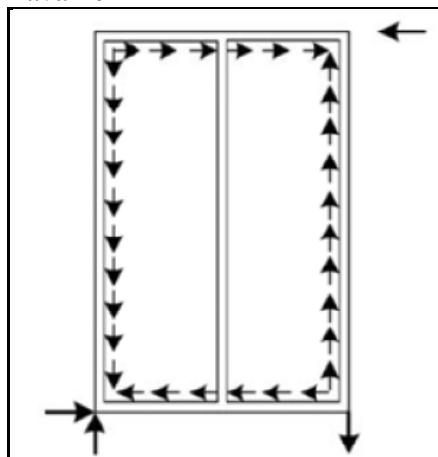
missä  $h$  on seinän korkeus.



Kuva 20

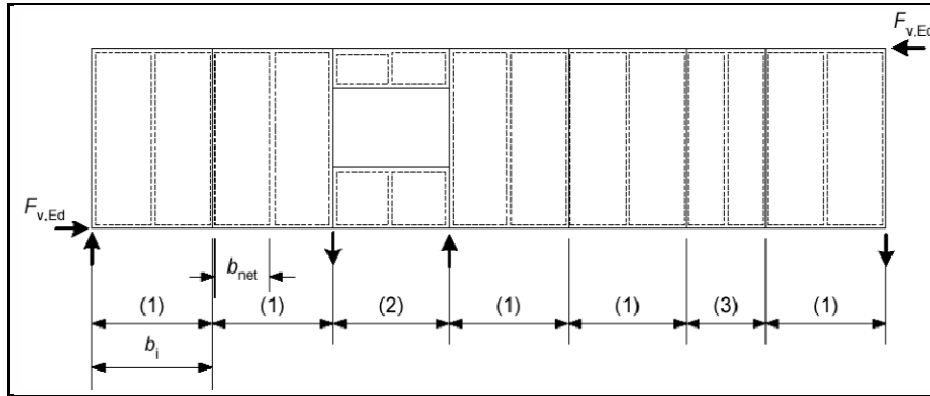


Kuva21



Kuva 22

Yllä olevissa kuvissa on nähtävissä voimat, jotka vaikuttavat: 20) seinälohkoon, 21) levyyn ja 22) puurunkoon. Levyn reunoilla olevien liittimien leikkauskestävyyden mitoitusarvoa saa suurentaa kertomalla (*Puurakenteiden suunnittelu Lyhennetyn suunnitteluohjeen*) luvussa 6 annettuja arvoja luvulla 1,2. Määritettäessä liittinten etäisyyksiä luvun 6 mukaisesti sekä levyä että puutavaran reunojen oletetaan olevan kuormittamattomia. Ovi- tai ikkuna-aukollisin seinälohkon ei katsota lisäävän seinän vaakaleikkausvoimakestävyyttä (ks. alla oleva kuva).



Kuva 23 Kaksiosainen jäykistysseinä

Esimerkki kaksiosaisesta jäykistysseinästä, johon kuuluu ikkunallinen ja muita kapeampi seinälohko.

- (1) Normaalilevyinen seinälohko (jäykistävät seinälohkot)
- (2) Ikkunallinen seinälohko (ei huomioida jäykistävänä rakenneosana)
- (3) Kapea seinälohko (jäykistyskestävyyden saa laskea mukaan)

Yllä olevan kuvan mukaiset ulkoiset pystyvoimat  $F_{i,c,Ed}$  ja  $F_{i,t,Ed}$  määritetään kaavasta:

$$F_{i,c,Ed} - F_{i,t,Ed} = \frac{F_{i,v,Ed}h}{b_i}$$

missä  $h$  on seinän korkeus.

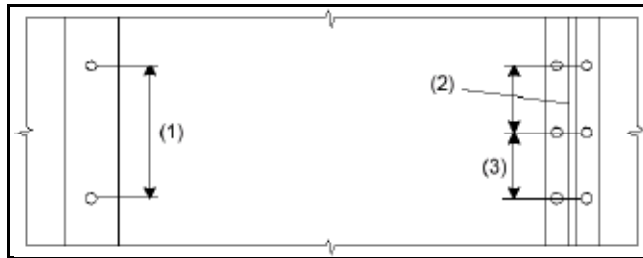
Pystyvoimasta  $F_{i,t,Ed}$  saa vähentää pysyvistä kuormista johtuvan runkotolpan puristusvoiman  $F_{i,g,d} = 0,9G_k$ . Pystyvoimat voidaan siirtää joko viereisen seinälohkon levyille tai ylä- tai alapuoliselle rakenteelle. Kun vetovoimia siirretään alapuoliselle rakenteelle, seinälohko ankkuroidaan jäykin liittimin. Seinätolppien nurjahduskestävyys tarkistetaan (puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje kohdan 5.5 mukaisesti). Jos tolppien päät tukeutuvat puurungon vaakasauvoihin, syitä vastaan kohtisuora puristuskestävyys tarkistetaan (puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje kohdan 5.1 mukaisesti).

Kuvan 23 mukaisilla ovi- tai ikkuna-aukkoja sisältävillä seinälohkoilla voidaan siirtää ulkoisia voimia siten, että niillä voidaan kytkeä yhteen jäykistävät osaseinät.

Levyn leikkauslommahdus voidaan jättää huomiotta, mikäli  $b_{net} / t < 100$ , kun  $b_{net}$  on tolppien välinen vapaa väli ja  $t$  on levyn paksuus. Jotta keskitolpan voidaan katsoa

muodostavan tuen levyille, saa liitinväli keskitolpassa olla enintään levyn reunojen liitinväli kaksinkertaisena. Jos jokainen lohko on valmisosa, osoitetaan, että leikkausvoimat siirtyvät asianmukaisesti lohkojen välillä.

Pystytolppien ja vaakasuuntaisten puusauvojen välisillä kosketusalueilla tarkistetaan syysuuntaa vastaan kohtisuora puristuskestävyys. Levyn liitinväli saa olla reunoilla enintään 150 mm, kun liittimet ovat nauvoja, ja 200 mm, kun liittimet ovat ruuveja. Välitolpilla suurin liitinväli saa olla enintään reunojen liitinväli kaksinkertaisena tai 300 mm, sen mukaan, kumpi on pienempi (ks. alla oleva kuva).



Kuva 24

Jäykistävän levyn suurimmat sallittavat liitinvälit.

- (1) Suurin liitinväli välitolpissa enintään  $2x$ (liitinväli reunalla) kuitenkin max 300 mm
- (2) Levyn reuna
- (3) Naulaväli enintään 150 mm tai ruuviväli enintään 200 mm /5/

#### 5.4.2 Levyvalmistajien suunnitteluohjeet ja taulukkomitoitusohjeet

Mitoitus- Excelissä käytämme Gyproc-, Knauf- ja Suomenkuitulevy -tuotteita, joten ohjelman muutostyössä olen käyttänyt valmistajien antamia suunnitteluohjeita. Ohjeet eivät poikkea toisistaan muilta osin kuin eri kiinnikeväleillä kiinnitettyjen rakennuslevyjen jäykistyskapasiteeteissa. Tällä hetkellä ainoastaan Gyprocilla on Eurokoodin mukainen tyyppihyväksyntä, joten Excelillä pystyy tällä hetkellä laskemaan ainoastaan levyjäykistyksiä, jotka tehdään Gyprocin tuotteilla. Excel-ohjelma menee jatkokehitykseen ja sitä kehitetään sitä mukaa kun tulee uusia tyyppihyväksyntiä muilta levyvalmistajilta. Suunnitteluohjeet löytyvät liitteestä 1.



## 6 JÄYKISTYSLASKENTA-OHJELMAN MUUNTOPROSESSI

### 6.1 Yleistä

KPM-Engineering Oy:n alkuperäisen jäykistyslaskenta-ohjelma on luotu vuonna 2003 ja sen lähteinä on käytetty seuraavia julkaisuja: RIL 144-2002: Rakenteiden kuormitusohjeet, RIL 120-2004: Puurakenteiden suunnitteluohjeet, RakMk B10, Tyyppihyväksytyt Gyproc-rakenteet: Laskentaohje, Rakennusten jäykistys, Fischer-kiinnikkeet: Kiinnikeluettelo ja suunnitteluohje.

Ohjelmaa päivittäessäni käytin lähteinä RIL 201-1-2008: Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat sekä RIL 205-1-2007: Puurakenteiden suunnitteluohje. Lisäksi käytin levyvalmistajien (Gyproc, Knauf ja Suomen Kuitulevy) tyyppihyväksytyjä laskentaohjeita.

### 6.2 Ongelmat ja ratkaisut

Jotta jäykistysohjelmaa pääsi muuntamaan, tuli selvittää miten Excel-pohja oli aikoinaan koottu; mistä mikäkin luku on peräisin ja mitä kaavoja on käytetty. Alkuperäisessä ohjelmassa ei nimittäin näkynyt valmiita laskentakaavoja, vaan ainoastaan soluviittauksia, mikä hankaloitti selvitystyötä. Aloitin urakan käymällä järjestelmällisesti läpi jokaisen laskentaohjelman kohdan ja selvitin mitä kaavoja missäkin oli käytetty.

Toinen ongelma koski tuulikuorman laskemista. Alkuperäisessä ohjelmassa, ennen Eurokoodeja, tuulikuorma oli laskettu siten, että kaikki arvot (päädyn, sivuseinän ja katon paineet ja imut) oli otettu lähteestä RIL 144-2002: Rakenteiden kuormitusohjeet, mikä oli varsin selkeä ja yksiselitteinen tapa.

Kun asiaa alkoi tutkimaan Eurokoodin näkökulmasta, oli kaksi etenemisvaihtoehtoa; tuulikuormat voisi laskea joko painekertoimia käyttämällä tai voimakertoimen avulla.

Vuoden 2008 alussa ilmestyneestä RIL 201-1-2008:stä löytyi taulukko, joka määräsi kokonaistuulivoiman laskennan voimakertoimen  $C_f$  avulla. Tätä voitiin käyttää matalissa rakennuksissa (korkeus < talon leveys).

Kokeilin ohjelmaa ensin käyttämällä voimakerrointa sen yksinkertaisuuden vuoksi. Excel-tilin tarkastusvaiheessa kävi kuitenkin ilmi, että painekertoimet soveltuvat tuulikuorman laskemiseen paremmin. Tästä johtuen tein uuden Excel-ohjelman, jossa käytin painekertoimia. Vertailin näitä Excel-ohjelmia keskenään ja totesin, että jälkimmäinen, painekerroinmenetelmä, antaa edullisemman tuloksen kuin voimakerron.

Seuraava ongelma koski levyvalmistajien ohjeita levyjäykistysten laskemiselle. RIL 205-1-2007 nimittäin antoi seuraavan vaatimuksen: ”Puurunkoiset levykentät, joissa käytetään huokoisia kuitulevyjä tai muita kuin puulevyjä (esim. kipsilevyt), tulee suunnitella kyseisen levyn tyyppihyväksynnässä esitettyjen ohjeiden mukaan (kts. kohta 3.5).” Kohdassa 3.5 sanottiin seuraavaa: ”Huokoisten kuitulevyjen, kipsilevyjen, kuitusementtilevyjen, sementtilastulevyjen, puukipsilevyjen ja kalsiumsilikaattilevyjen käyttö puurakenteiden tuulta jäykistävinä levyinä edellyttää, että levytuotteella on eurooppalainen tekninen hyväksyntä ETA tai ympäristöministeriön asetuksen mukainen rakennuslevyn tyyppihyväksyntä, jossa esitetään EN 1995 suunnittelustandardin yhteydessä noudatettavat tuulijäykistykseen mitoitusohjeet.”.

Oli siis selvitetävä, olivatko levyvalmistajien ohjeet Eurokoodin mukaisia. Olin sähköpostitse yhteydessä kolmeen johtavaan levyvalmistajaan (Gyproc, Knauf ja Suomen Kuitulevy) ja pyysin heiltä Eurokoodin mukaisia laskentaohjeita levyjäykistykseen ja eri kiinnikeväleillä kiinnitettyjen rakennuslevyjen jäykistyskapasiteetteja. Suomen Kuitulevy Oy:ltä tuli vastaus, että ohjeet löytyvät heidän internet-sivuiltaan. Totesin, että heiltä löytyy ainoastaan Eurokoodin esistandardin mukainen tyyppihyväksyntä. Knauf:lla oli RakMK B10:n mukainen tyyppihyväksyntä. 3. syyskuuta 2008 sain Gyprocilta luonnoksen

tyyppihväksynnästä liittyen jäykistämiseen RIL 205 mukaisesti. Tämän ohjeen mukaan toteutin muutokset jäykistyslaskentaohjelmaan. Gyproc oli siis levyvalmistajista ainoa, jolta löytyi Eurokoodin mukainen tyyppihväksyntä.

Tästä johtuen Excel-ohjelma on tällä hetkellä päivitetty ainoastaan Gyprocin osalta ja siihen on tehty huomautus, jossa pyydetään tarkistamaan laskentaohjeet, kun muiden levyvalmistajien Eurokoodin mukaiset laskentaohjeet levyjäykistykselle julkaistaan.

## LÄHTEET

1. Eurokoodi help desk. [www-sivu]. Saatavissa: <http://www.eurocodes.fi>
2. Puuinfo Oy. [www-sivu]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi>
3. KPM-Engineering Oy, NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnitteluohje. 4 s.
4. VTT, Puurakenteiden jäykistysuunnittelun ohje (julk. 9.10.2006), s.11-14
5. Puurakenteiden suunnittelu - Lyhennetty suunnitteluohje. Puuinfo Oy. 2007.
6. Ril 201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Hansaprint Oy 2008.
7. Ril 201-1999 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. RIL 1999.
8. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. [www-sivu]. Saatavissa: <http://www.ril.fi>
9. Ril 205-2006
10. Ril 205-1-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. DARK Oy 2007.

## LIITTEET

Liite 1. Esimerkkilaskelmat

Liite 2. GYPROC OY: Tyyppihyväksyntä, laskenta- ja kiinnitysohjeet



ETELÄÄN



POHJOISEEN

JULKISIVUMATERIAALIT

1 KATE: PELTI, RANNILAN TIILIKAINEN  
VÄRI:TUMMANHARMAA

2 VERHOUSPYSTYPANEELI 21x120  
VÄRI:TUPAPUNAINEN

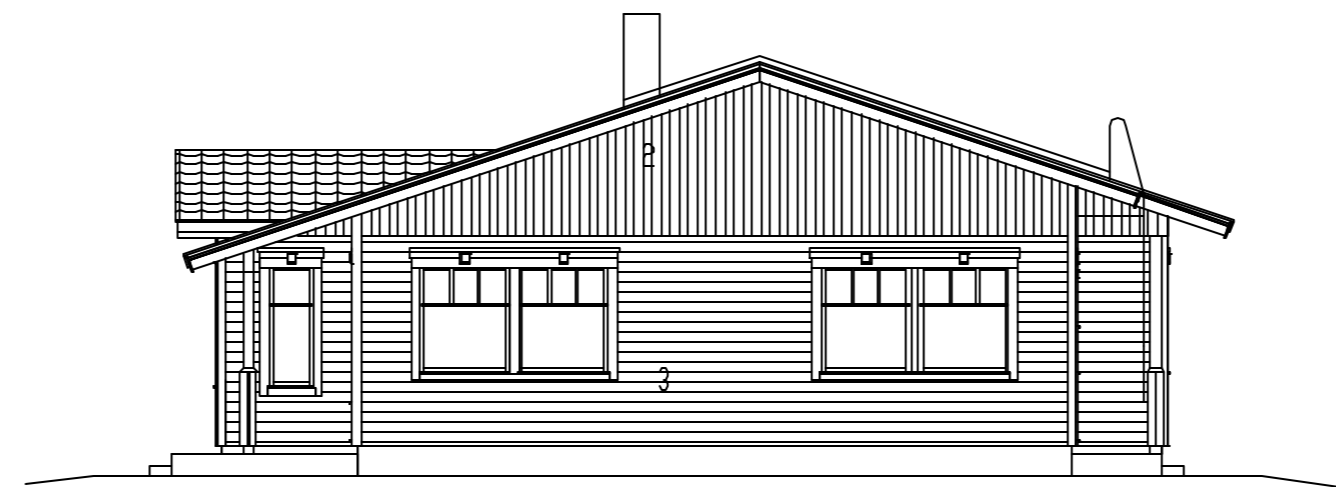
3 VERHOUSVAAKAPANEELI 21x145  
VÄRI:TUPAPUNAINEN

4 SOKKELI+HARKKO + RAPPAUS  
VÄRI:HARMAA

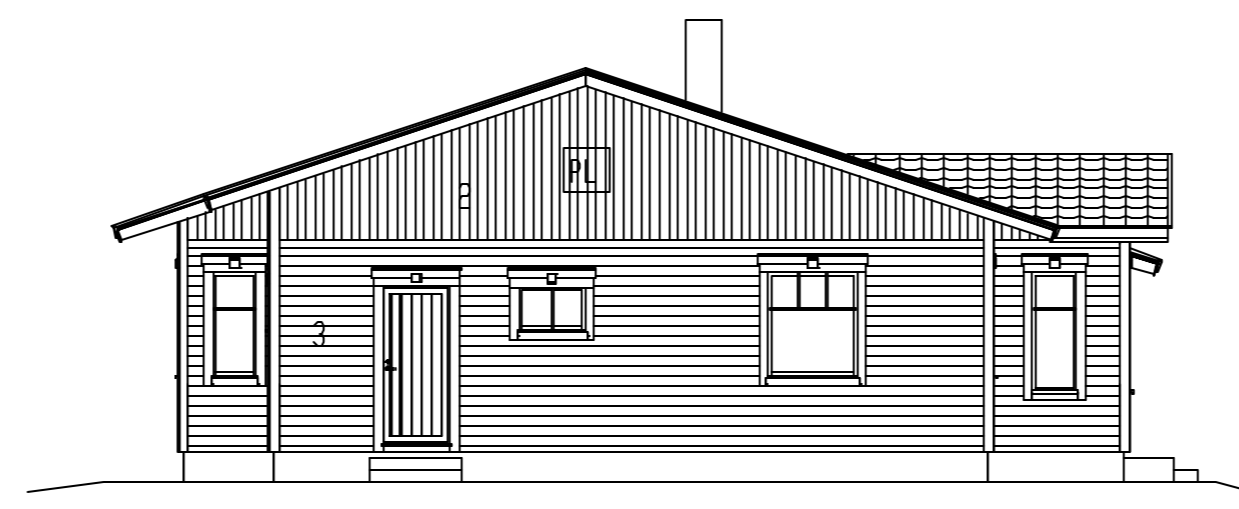
5 OITSA- JA RAYSTÄSLAUDAT  
VÄRI:VALKOINEN

6 NURKKA- JA PIELILAUDAT  
VÄRI:VALKOINEN

IKKUNAT JA ULKO-OVET  
VÄRI:VALKOINEN



LÄNTEEN



ITÄÄN

TALTIKKAA, KATTOSILLAT JA MUUT VESIKATON TURVAJÄRJESTELYT SRK:N F2 NUKAISESTI

(RAKENNUKSEN LOPULLINEN KORKEUSASEMA TARKENNETAAN VIELÄ RAKENNUSTAIKALLA)

\_\_\_\_\_ NYKYINEN MAANPINTA

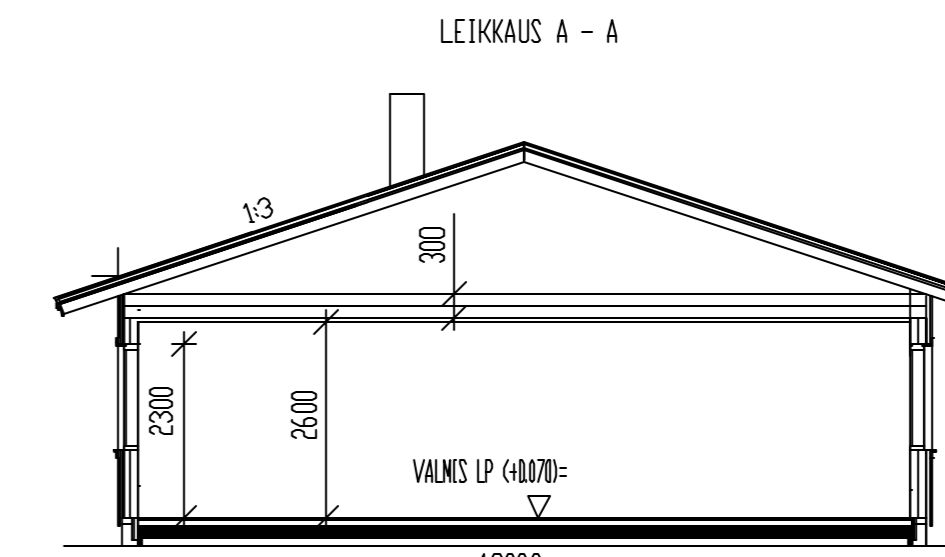
\_\_\_\_\_ TULEVA MAANPINTA

HORMI (+5.690)=  
HARJA (+5.060)=

TUKIK. +450  
LEIKK. KORKE. (+3.270)=

IKK. YP (+2.370)=

SOKK. (+0.000)=



PERUSTUKSET, SALADJITUS JA MAHD. RADIOSUOJAUS ERILLISEN SUUN MUKAAN  
MAANPINNAN KALLISTUKSET RAKENNUKSESTA POISPÄIN VÄH. 1:20 3 METRIN MATKALLA

VESIKATTO/YLÄPOHJA  
U-ARVO 0.16W/m<sup>2</sup>K

ALAPOHJA  
U-ARVO 0.23W/m<sup>2</sup>K

- Pelti
- Ruoteet
- Karotusrimat
- Aluskate
- Naulalevyristikot k 900
- Lämmöneriste 300 mm
- Höyrysulku PE-kelmu 0,2 mm
- Koolaus 48x48 k 400
- Kipsilevy 13 mm

- Lattianpäällyste
- Betoni laatta
- (Rakennuspahvi)
- Lämmöneriste, styrox 150 mm
- Alusorastus

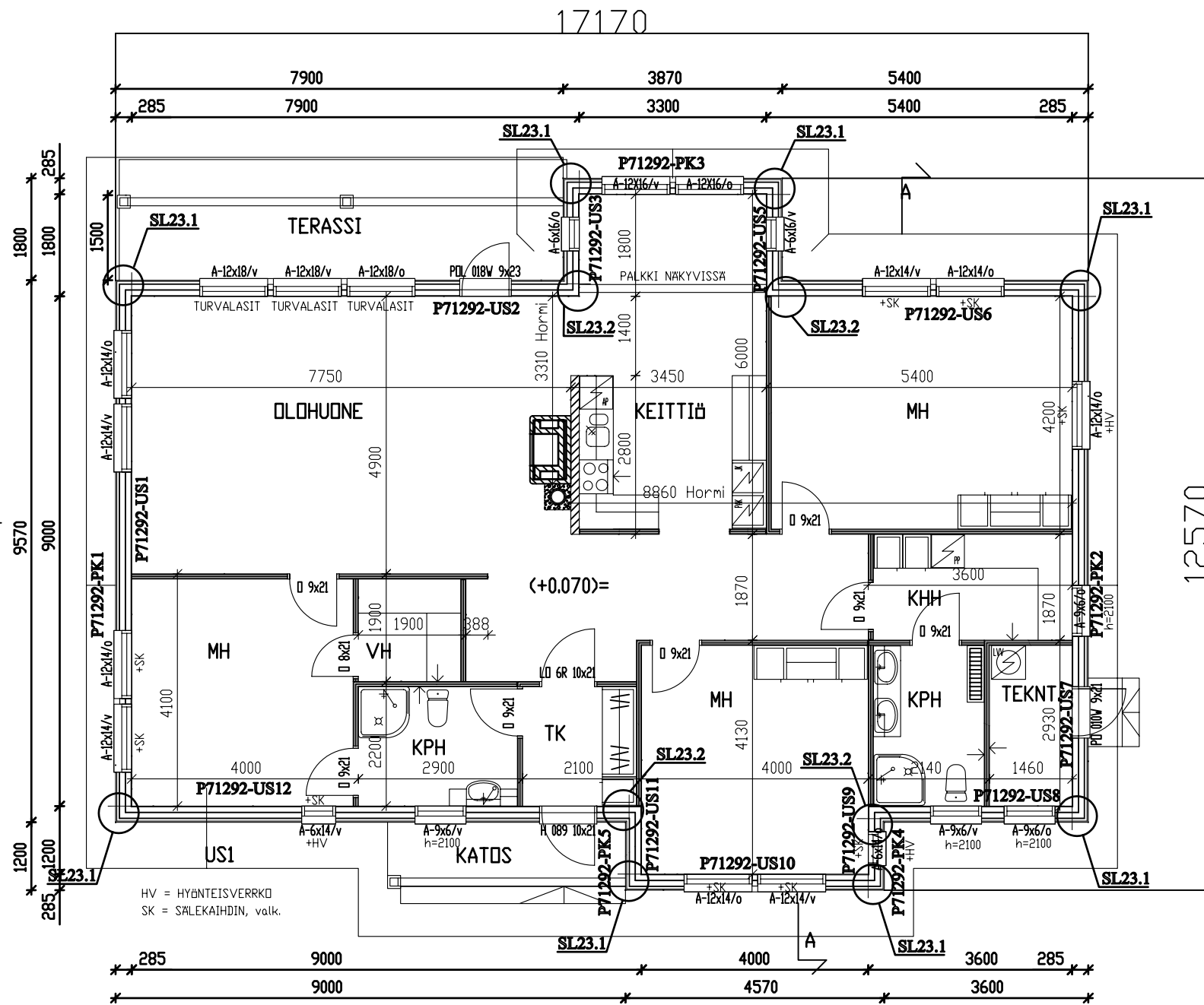
ULKOSEINÄ US 1  
U-ARVO 0.174W/m<sup>2</sup>K

- laskettu Lambda d arvolla.
- Vaakapaneeli 21 mm
- Pystykoolaus 22 mm
- Vaakakoolaus 22 mm
- Tuulensuojalevy 9 mm
- Runko 48x198 k600
- + min. villa 198/200 mm
- Höyrysulku PE-kelmu 0,2mm
- Kipsilevy EK 13 mm

HUONEISTOTALA 155.5 m

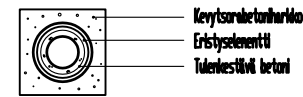
KERROSALA  
ASUNTO 177.0 m

TILAVUUS  
ASUNTO 570 m



- SUORA SÄHKÖLÄMMITYS
- LÄMMÄNTALTEENDOLLAITTEEN VUOSIHYÖTYSUHTEEN ALARAJA ON 30%
- KONEELLINEN ILMANVAIHTO RAKMK D2 MUKAAN
- RAKENNUKSEN PALOLUOKKA P3
- IKKUNOIDEN KODIT MERKITTY MODUULISIN LIITTYMÄMITOIN LEVEYS(dm) x KORKEUS(dm)
- RAKENNUKSEN IKKUNOIDEN YHTEENLASKETTU LASIPINTA-ALA AS. RAKENNUKSEN KERROSALASTA ON 13%
- ASUINDASAN IKKUNAT OVAT AVATTAVIA, Tehoselektiivilasit. 3-LASISIA (MSE/AL), U-ARVO = 1.1 W/m²K
- ULKO-OVISSA ON ALUMIINI-JÄYKISTEINEN RUNKO + POLYURETAANIERISTE
- PÄÄLUOKKO-OVIEN U-ARVO ON 1.1W/m²K JA TERASSIN OVIEN U-ARVO ON 1.38W/m²K.

TELESJAN HORMI 120, LEICA-HORMI  
(tai muu vastaava ko. talleihin soveltuva hormi)



**KUORMITUS**  
 LUMIKUORMA 2,0 kN/m<sup>2</sup>  
 TUULIKUORMA 0,5 kN/m<sup>2</sup>  
 VESIKATTO 0,2 kN/m<sup>2</sup>  
 YLÄPOHJA 0,3 kN/m<sup>2</sup>

**LUJUUSLUOKAT**  
 PUUTAVARA T24  
 LP-PALKIT L40  
 LP-PILARIT T30

**SUOJAETÄISYYDET**  
 MUURATUT HORMIT: PALAVISTA RAKENTEISTA >100 mm.  
 MUUT HORMIT: ETÄISYYS TARKISTETTAVA  
 MATERIAALITOIIMITAJALTA.

**VESIKATTO**  
 KATE PELTIKATE  
 RUOTTEET 32x100  
 NAULAUS 2 N 75x28  
 KOROTUSRIMA 32x49  
 NAULAUS N 75x28 TAI 90x3,1  
 ALUSKATE

**KATTORAKENNE**  
 NAULALEVYRISTIKOT k900  
 KIINNITYS KULMALEVYLLÄ TPK 785  
 (80x50x1,5x70) /RISTIKONPÄÄ,  
 4+3 AN 40x4,0 /KULMALEVY.

**YLÄPOHJA**  
 PUHALLUSERISTE 300 mm  
 HÖYRYNSULKUMUUVI 0,2 mm  
 KODLAUS 48x48 k400  
 NAULAUS 2N 90x31 KAMPANAULA  
 KIPSILEVY 13 mm  
 KIINNITYS RUUVEILLA 3,8x28 k100  
 YMPÄRI LEVYN

**ULKOSEINÄT**  
 ALA- JA YLÄJUOKSUT 48x198  
 NAULAUS RUNKOTOLPPIIN 2 N 90x31.  
 RUNKOTOLPAT 48x198 k600  
 KANTAVILLA SEINILLÄ SEINÄN YLÄOSAAN  
 LOVETTUNA LÄPIPALKIT 2 KPL 48x198.  
 SISÄLEVY KIPSILEVY EK 13 mm,  
 KIINNITYS RUUVEILLA 3,9x32 k200  
 TAI KAMPANAULDILLA 2,5x35 k150.  
 ULKOPIINNASSA KIPSILEVY TS 9 mm,  
 LISÄTOLPAT 2T = 2x48x198

KIPSILEVYN JATKOS:  
 (ESIM. YLÄPOHJASSA)

PUU 48x48 LEVYN  
 SALMAN KÖHÖLLÄ  
 LEVYN YMPÄRI

**RAKENNUKSEN JÄYKISTYS**  
 KAATUMISEN ESTÄMISEKSI RISTIKOT TUETAAN  
 ASENNUSAIKAISILLA TUENNALLA.  
 ULKOSEINÄT JA JÄYKISTÄVÄ VÄLISEINÄ (JVS)  
 TOIMIVAT JÄYKISTÄVINÄ SEINÄNÄ.  
 SISÄKATTOLEVITYYS TOIMII VAAKATASOSSA  
 KUORMIA VÄLITTÄVÄNÄ LEVYNÄ.  
 HUOMI ULKOSEINIEN YLÄREUNA 'REEVATTAVA'  
 ENNEN KUN JÄYKISTÄVÄT VÄLISEINÄT ON ASENNETTU.

**VESIKATTOTASON JÄYKISTYS**  
 VESIKATTOTASO JÄYKISTETÄÄN VINOLAUDOILLA 22x100  
 NAULAUS LAUDAN PÄISTÄ 5N 75x2,8/LIITOS, KESKELTÄ 3N 75x2,8/LIITOS  
 LAUDAT NAULATAAN YLÄPAARTEEN ALAPINTAAN  
 KUORMAT SIIRRETÄÄN ULKOSEINILLE VANERIJÄYKISTEILLÄ ( VJ )  
 VANERIN KIINNITYS N 75x2,8 YMPÄRI k150  
 KATSO LEIKKAUS K1.2

**JÄYKISTÄVÄ VÄLISEINÄ (JVS)**  
 RUNKO 48x66 k600  
 KIPSILEVY EK 13 mm MOLEMMIN PUOLIN, RUUVIT 3,9x32 k100.  
 KIINNITYS ULKOSEINÄÄN: N 125x4,2 k400  
 ALAJUOKSUN KIINN.: LAATTAAN KIILAPULTTI  
 FISCHER FB 8/50 k400 (L=110 mm).  
 KATSO LEIKKAUKSET P71292-106 K8

**PALKIT (L), PILARIT (P)**  
 MITTA SULUISSA = KATKAISUVARAA TYÖMAALLA  
 SOKKELIN YLÄPINTA +0.000  
 ELEMENTIN ALAPINTA +0.060  
 ELEMENTIN YLÄPINTA +2.722

TUNNUS	LAATU	KOKO	-PITUUS	AP	YP	KPL
L1	L40	90x225	-7900	+2.283	+2.508	1
L2	L40	90x270	-4400	+2.748	+3.018	1
L3	L40	140x360	-3700	+2.606	+2.966	1

P1	T30	115x115	-(3000)			3
----	-----	---------	---------	--	--	---

**PALKKILOVET**  
 TUNNUS KOKO  
 PL1 148x244

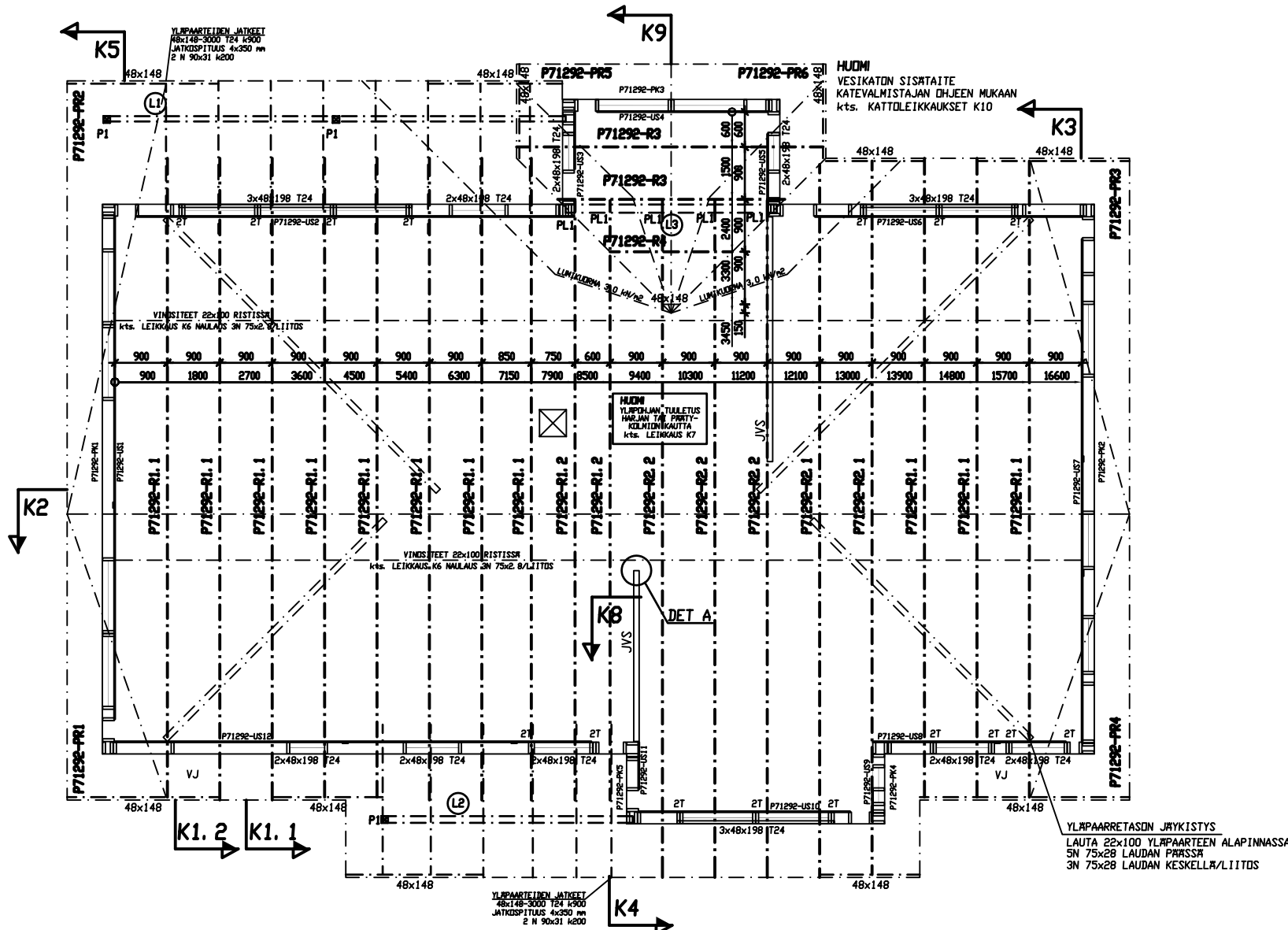
**KATTORISTIKOT**  
 P71292-R1 13 KPL  
 P71292-R2 5 KPL  
 P71292-R3 2 KPL  
 P71292-R4 1 KPL

KATSO RISTIKOIDEN MAHDOLLISET NURJAHDUSTUET  
 RISTIKKOSUUNNITELMISTA.

RISTIKKOMITOITUS SISÄLEVITYKSEN SISÄPINNASTA RISTIKON KESKELLE.

**SEINÄLEIKKAUKSET**  
 RAK P71292-105

**KATTOLEIKKAUKSET**  
 RAK P71292-106

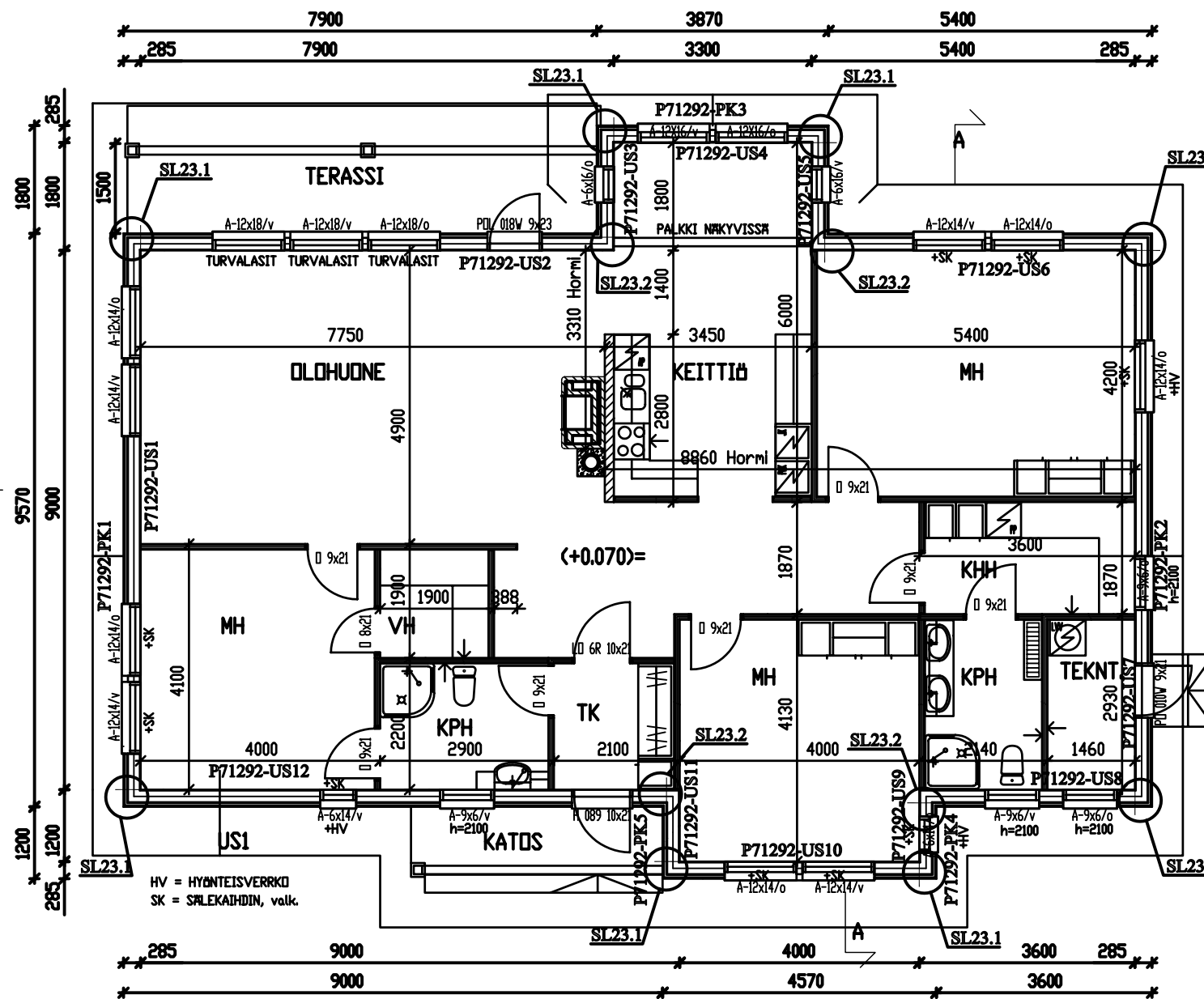


# ELEMENTTIJAKOKUVA

HUONEISTOALA 155,5<sup>m</sup>

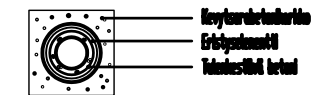
KERROSALA  
ASUNTO 177,0<sup>m</sup>

TILAVUUS  
ASUNTO 570<sup>m</sup>

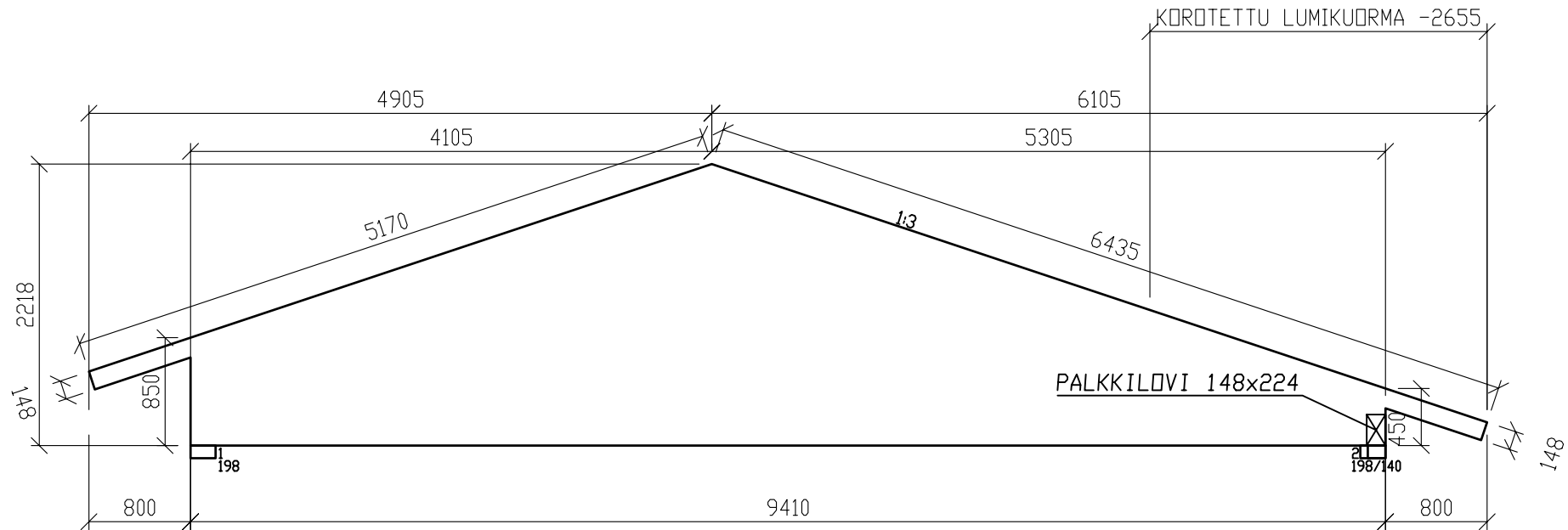


- SUORA SIHKOLÄMMITYS
- LÄMMÖTALTEENNOTLAITTEEN VUOSIHYÖTYSUUNTEEN ALARAJA ON 30%
- KONEELLINEN ILMANVAIHTO ROLK 122 MUKAAN
- RAKENNUKSEN PALLUKOKKA P3
- IKKUNOIDEN KOKO MERKITYY MODULAARISIN LIITTYMÄ- MITTOIN LEVEYS(dh) x KORKEUS(dh)
- RAKENNUKSEN IKKUNOIDEN YHTEENLASKETTU LASIPINTA-ALA AS. RAKENNUKSEN KERROSALASTA ON 13%
- ASUNTOJEN IKKUNAT OVAT AVATTAVIA, Tehoselektiivilasi 3-LASISIA (NSE/AL), U-ARVO = 1.1 W/m<sup>2</sup>
- ULKO-OVISSA ON ALUMIINI-JÄYKISTEINEN RUNKO + POLYURETAANIERISTE
- PARUKKO-OVIEN U-ARVO ON 1.1W/m<sup>2</sup>K JA TERASSIN OVIEN U-ARVO ON 1.38W/m<sup>2</sup>K.

TUUSLAIN NIMI, LEEA-NIMI  
tili nro vesikasa ko tallin sovittu laus







TUENTA A: 1-2 ( TUKI 2: 198mm)

TUENTA B: 1-2 ( TUKI 2: 140mm)

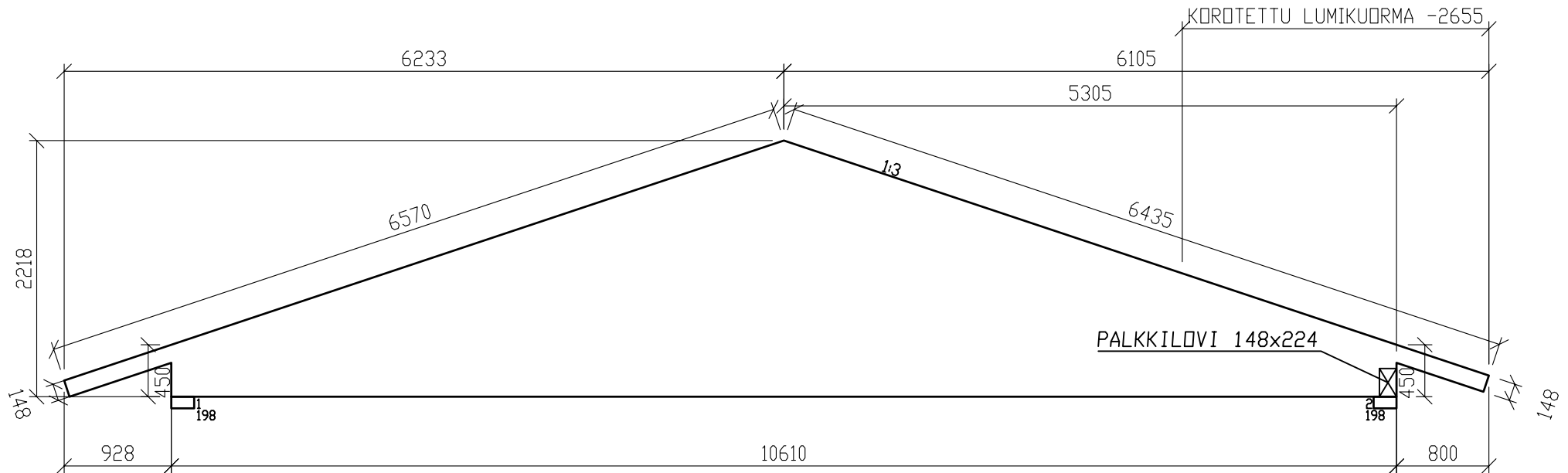
### KUORMITUSTIEDOT

K-jako: 900 mm  
 Lumikuorma 2.00 kN/m<sup>2</sup>  
 Yläpaarre: 0.55 kN/m<sup>2</sup>  
 Alapaarre: 0.25 kN/m<sup>2</sup>  
 Orsikuorma:  
 Hyötykuorma:  
 Tuulikuorma: 0.50 kN/m<sup>2</sup>

VALMISTETAAN yht. 13 kpl

P71292-R1.1 TUENTA A, ILMAN PALKKILOVEA 11 kpl

P71292-R1.2 TUENTA B, PALKKILOVELLA 2 kpl



TUENTA A: 1-2 ( TUKI 2: 198mm)

TUENTA B: 1-2 ( TUKI 2: 140mm)

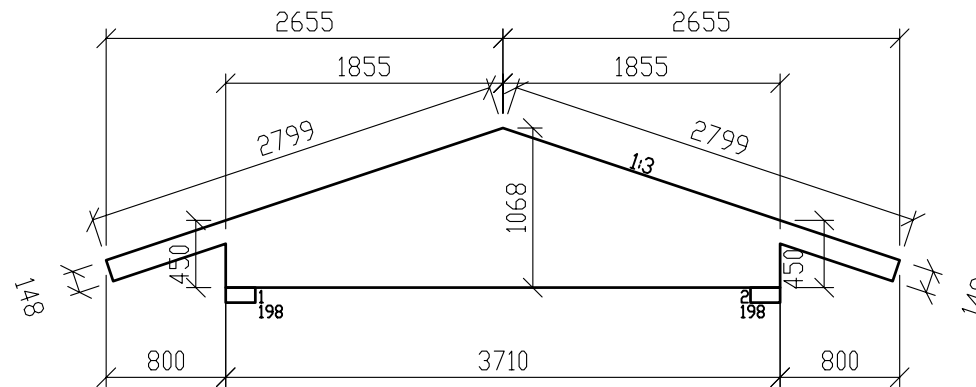
### KUORMITUSTIEDOT

K-jako: 900 mm  
 Lumikuorma: 2.00 kN/m<sup>2</sup>  
 Yläpaarre: 0.55 kN/m<sup>2</sup>  
 Alapaarre: 0.25 kN/m<sup>2</sup>  
 Orsikuorma:  
 Hyötykuorma:  
 Tuulikuorma: 0.50 kN/m<sup>2</sup>

VALMISTETAAN yht. 5 kpl

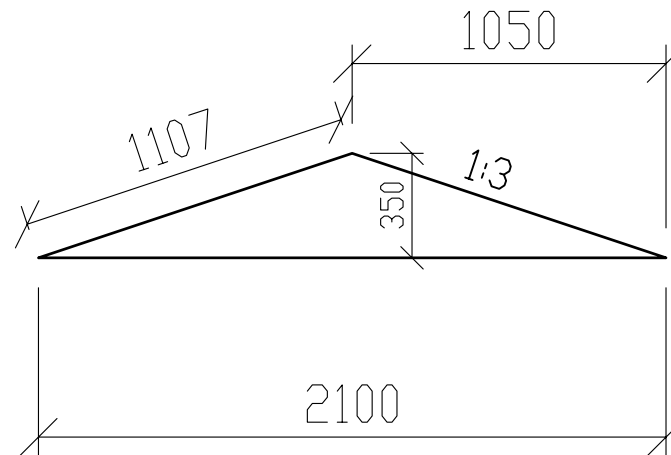
P71292-R2.1 TUENTA A, ILMAN PALKKILOVEA 2 kpl

P71292-R2.2 TUENTA B, PALKKILOVELLA 3 kpl

KUORMITUSTIEDOT

K-jako:	900 mm
Lumikuorma:	3.00 kN/m <sup>2</sup>
Yläpaarre:	0.55 kN/m <sup>2</sup>
Alapaarre:	0.25 kN/m <sup>2</sup>
Ørsikuorma:	
Hyötykuorma:	
Tuulikuorma:	0.50 kN/m <sup>2</sup>

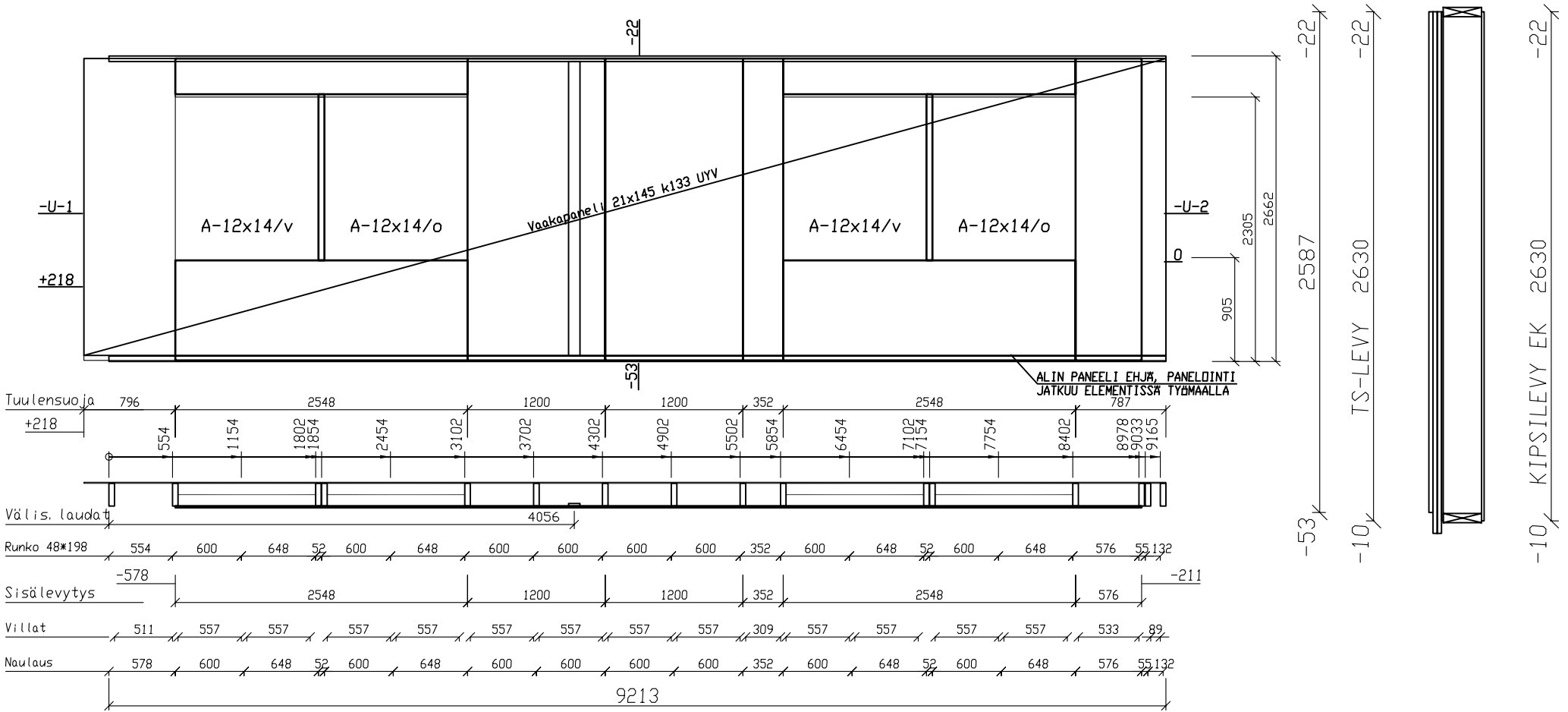
TUENTA 1-2  
VALMISTETAAN 2 kpl

KUORMITUSTIEDOT

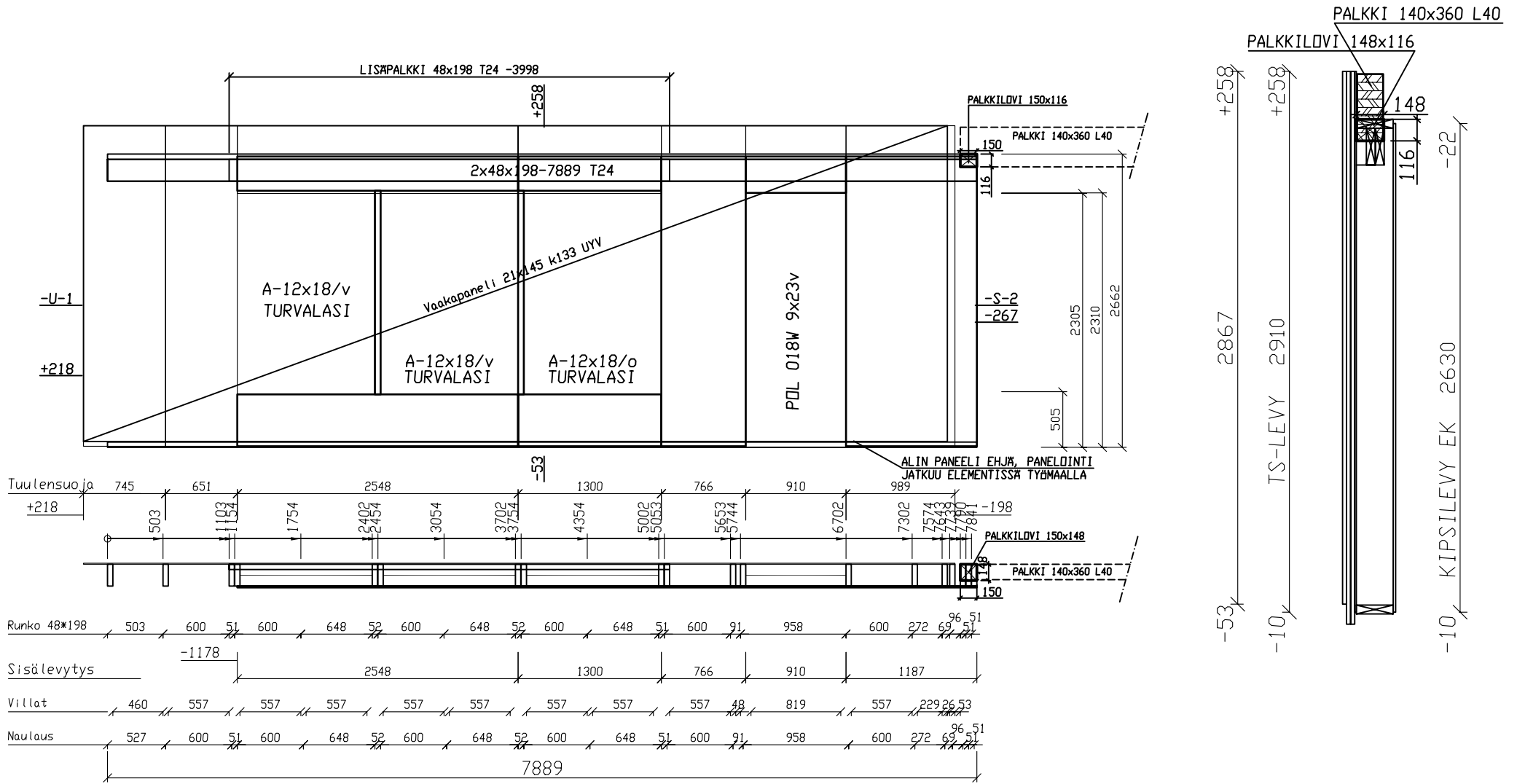
K-jako:	900 mm
Lumikuorma:	3.00 kN/m <sup>2</sup>
Yläpaarre:	0.55 kN/m <sup>2</sup>
Alapaarre:	0.25 kN/m <sup>2</sup>
Ørsikuorma:	
Hyötykuorma:	
Tuulikuorma:	0.50 kN/m <sup>2</sup>

TUENTA 1-2  
VALMISTETAAN 1 kpl

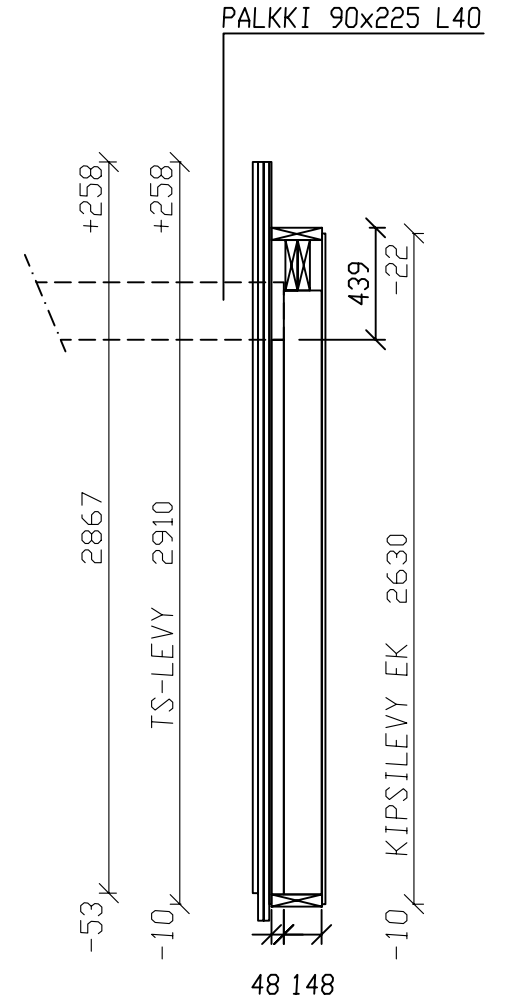
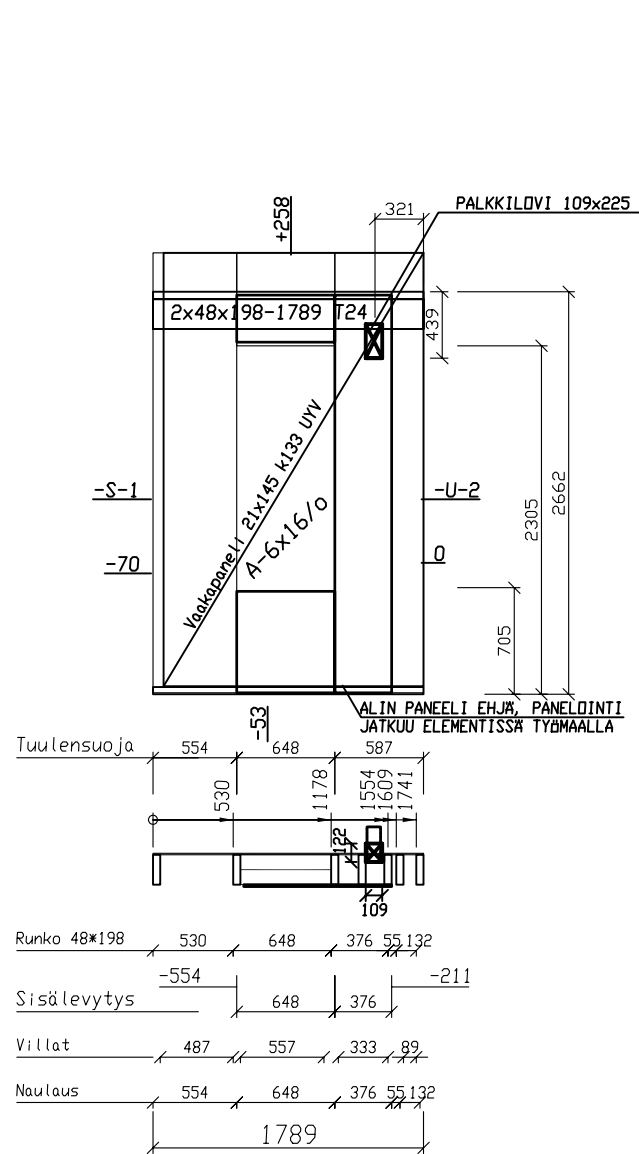
Elem. no: P71292-US1	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 1133	Väri/Huomi Valkea	
			Ikk. MSE/AL				



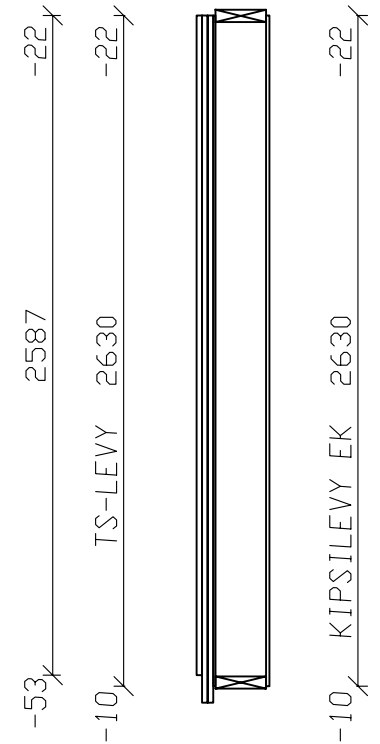
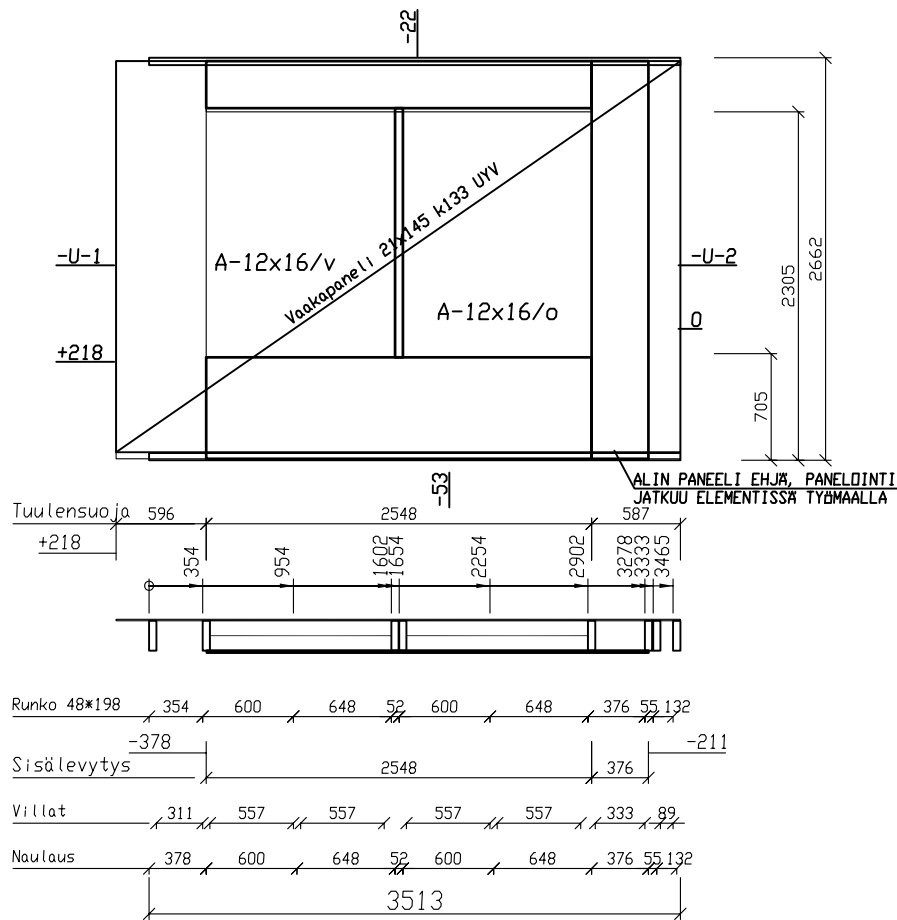
Elem. no: P71292-US2	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 970	Väri/Huomi Valkea	
			Ikk. MSE/AL				



Elem. no: P71292-US3	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieti: KB	Vaaka	Paino: 220	Väri/Huomi Valkea	
			Ikk. MSE/AL				

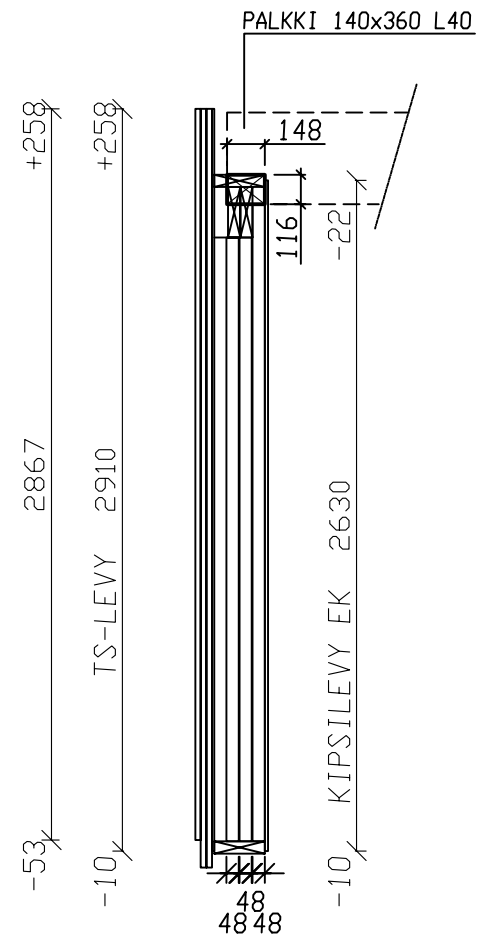
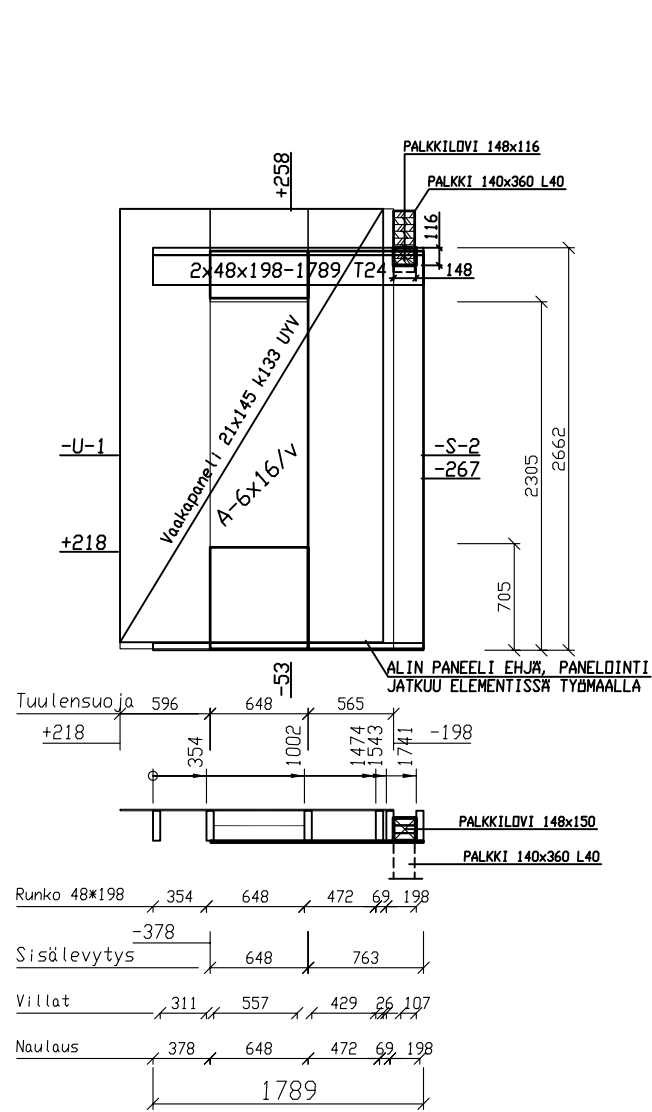


Elem. no: P71292-US4	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 432	Väri/Huomi Valkea	
			Ikk. MSE/AL				

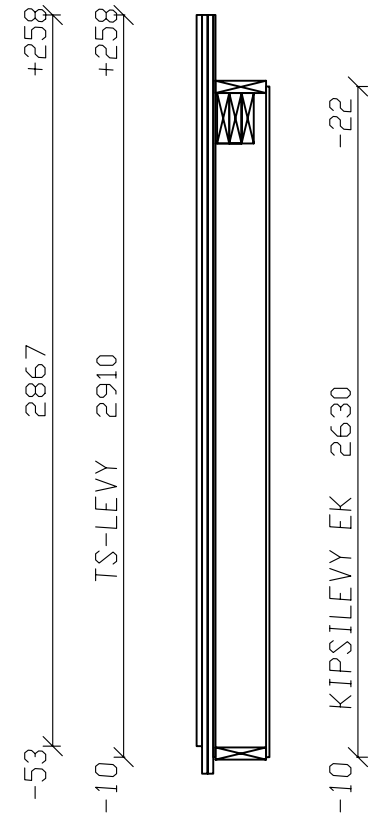
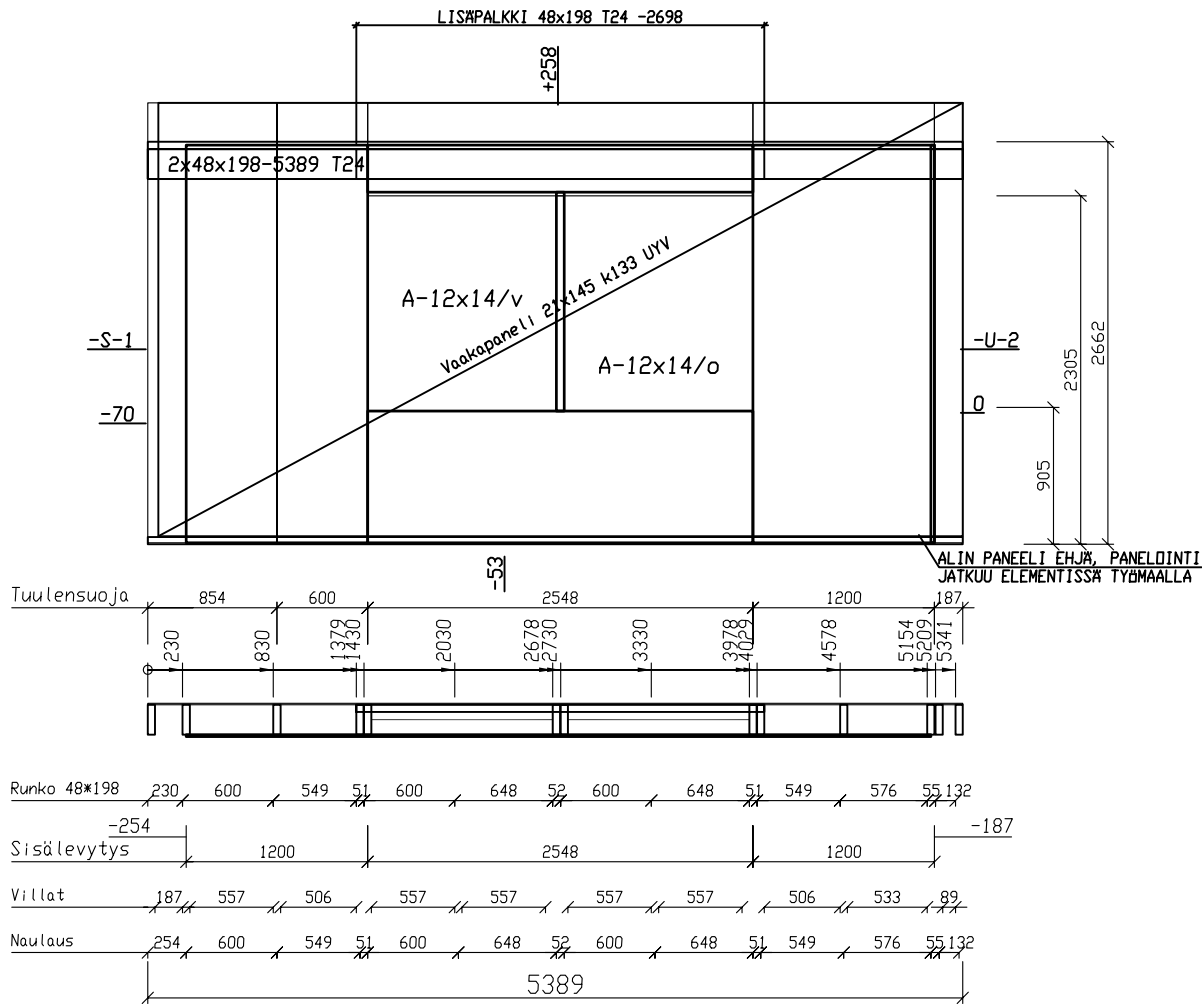




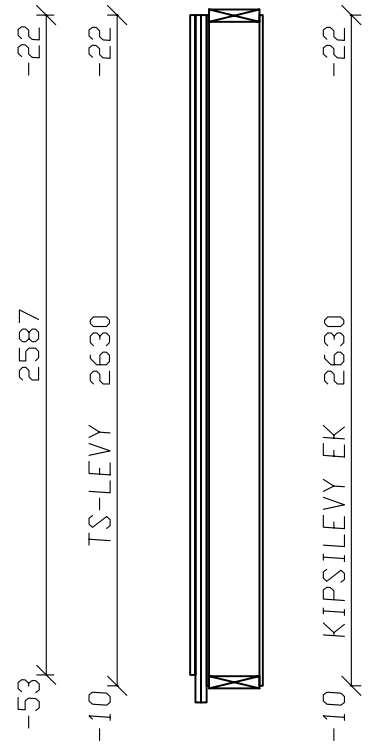
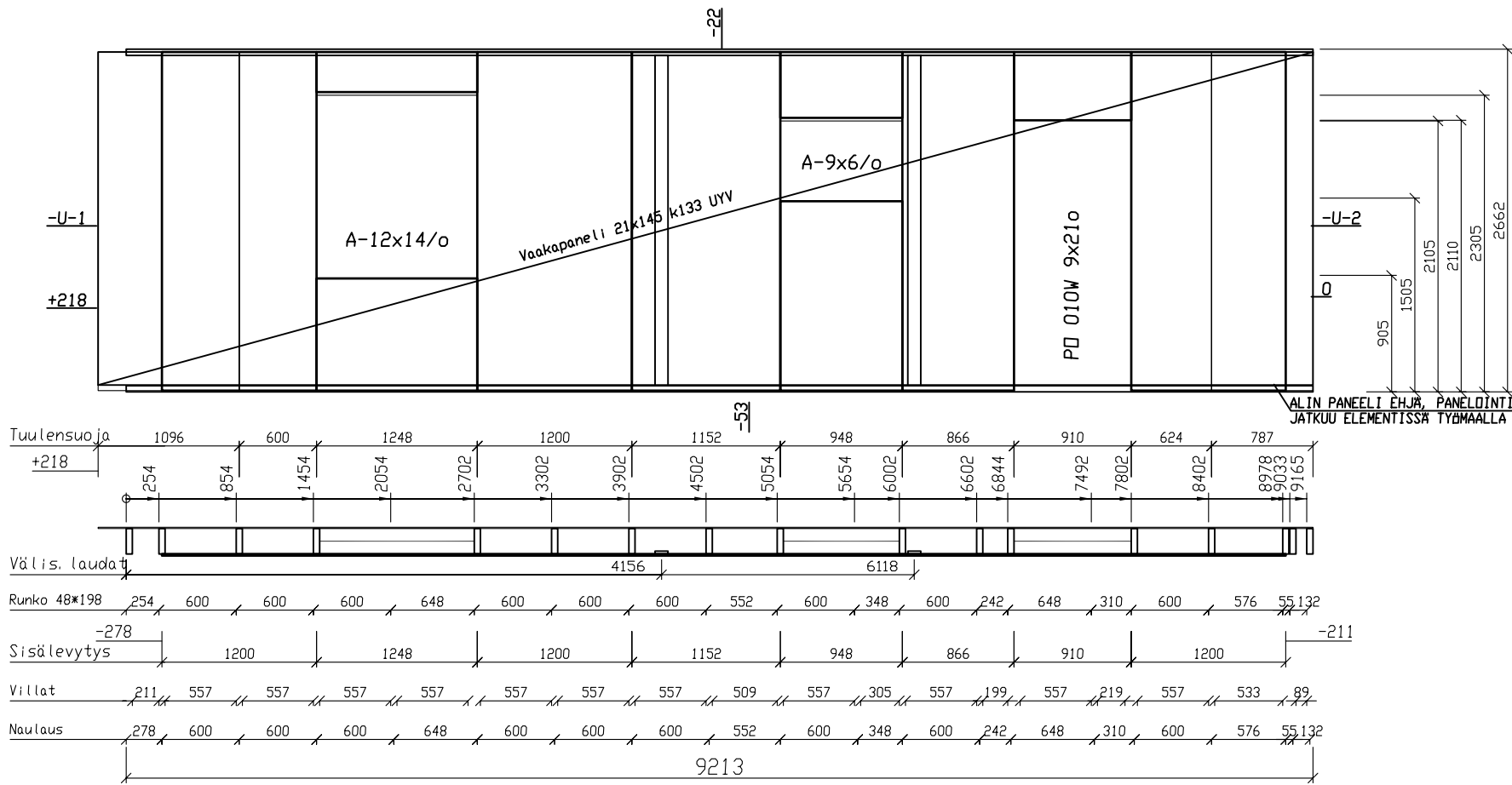
Elem. no: P71292-US5	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 220	Väri/Huomi Valkea	
			Ikk. MSE/AL				



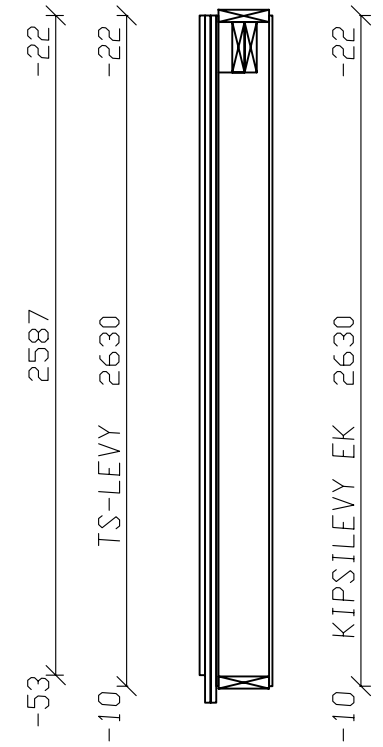
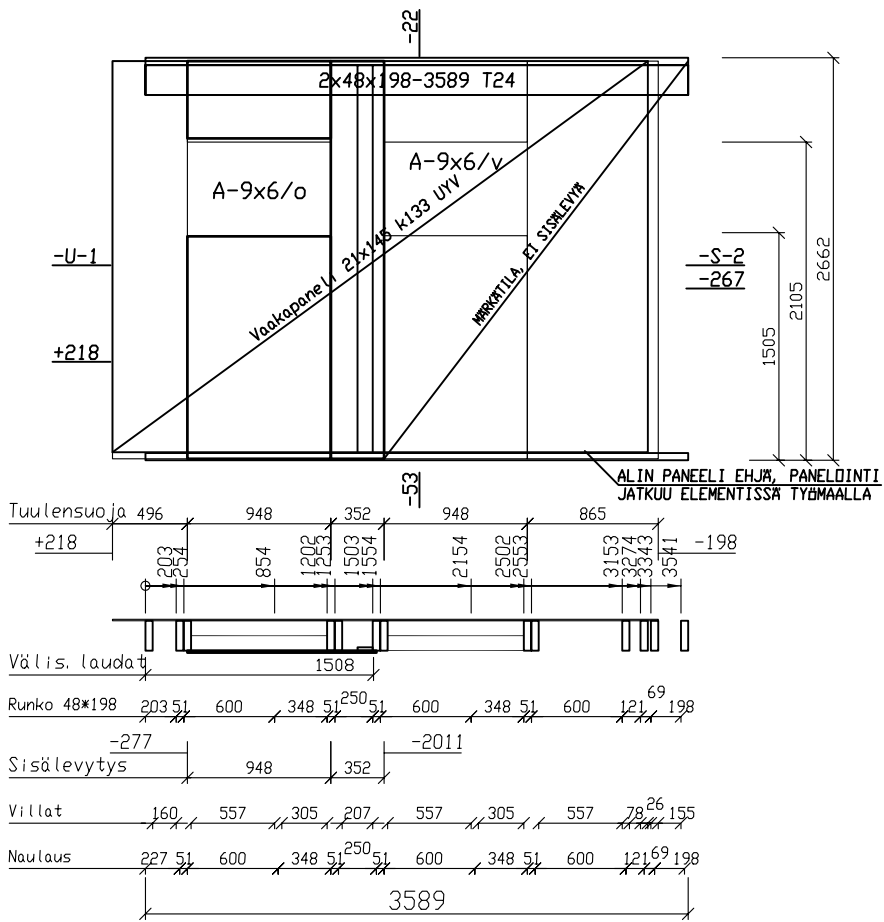
Elem. no: P71292-US6	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 662	Väri/Huomi Valkea	
			Ikk. MSE/AL				



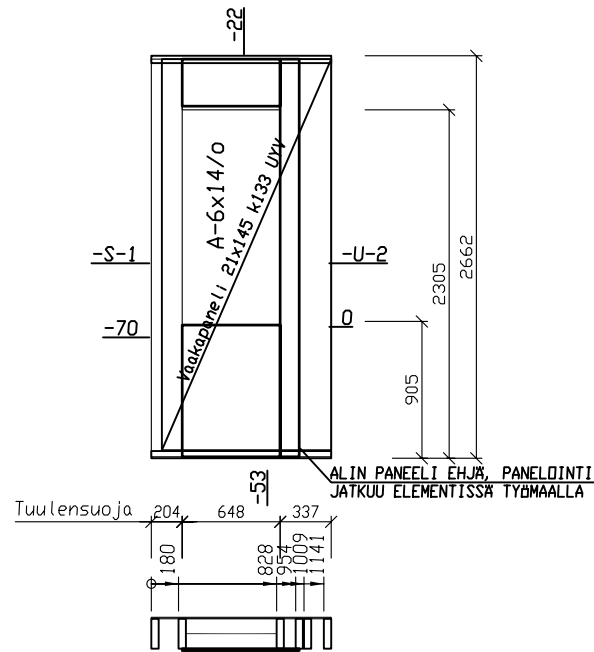
Elem. no: P71292-US7	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 1133	Väri/Huomi: Valkea	
			Ikk. MSE/AL				



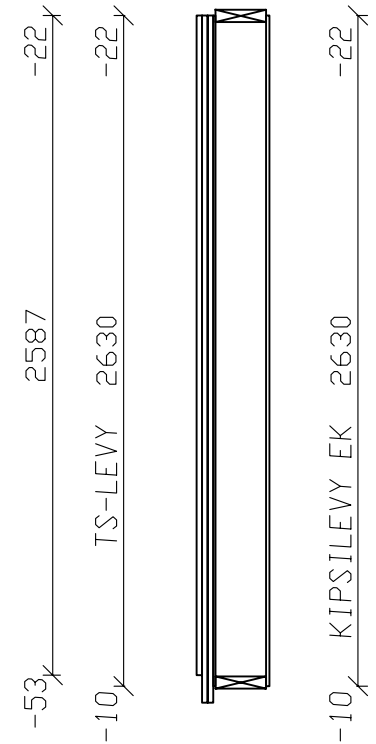
Elem. no: P71292-US8	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 441	Väri/Huomi Valkea	
			Ikk. MSE/AL				



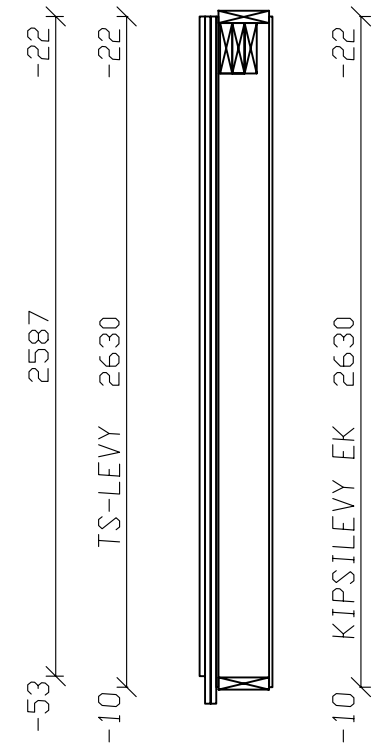
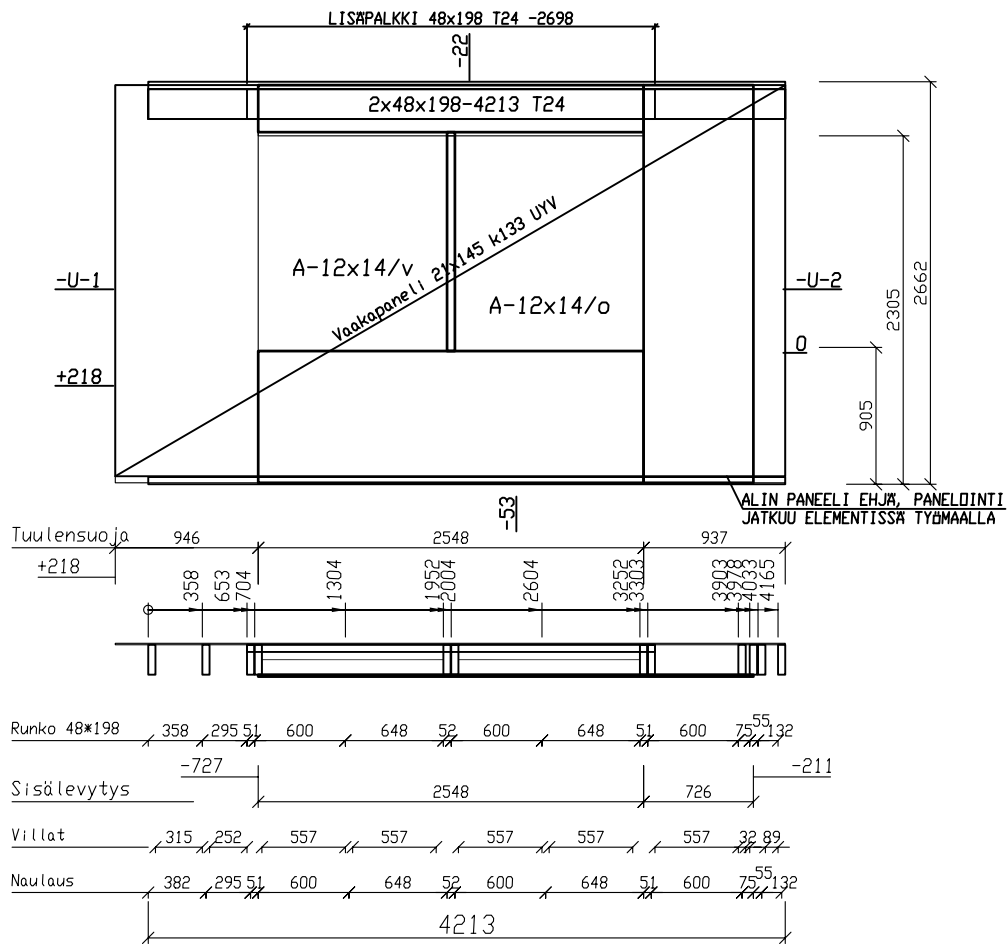
Elem. no: P71292-US9	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 146	Väri/Huomi: Valkea	
			Ikk. MSE/AL				



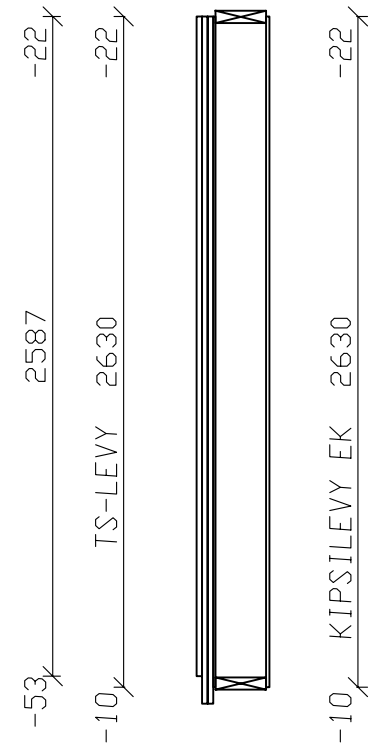
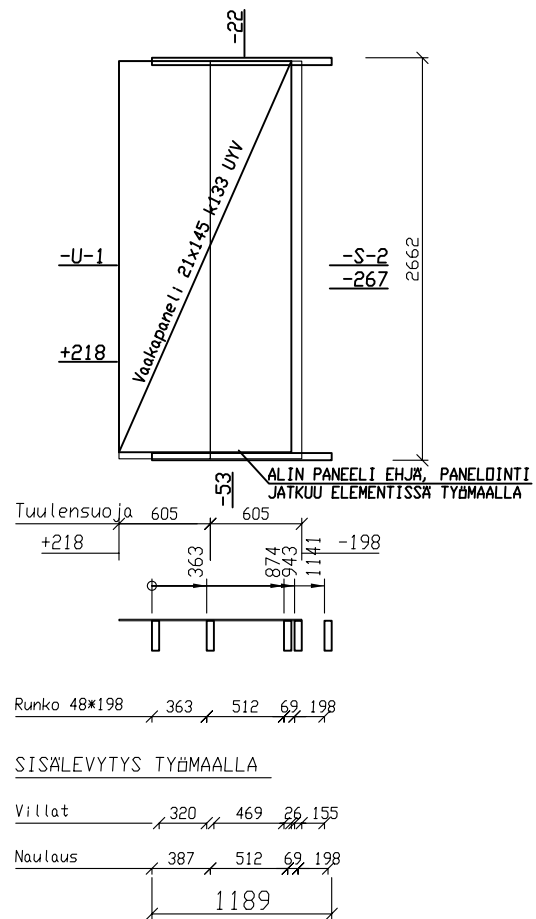
Runko 48*198	180	648	126 <sup>55</sup>	132
Sisälevytys	-203	648	126	-211
Villat	137	557	83	89
Naulaus	204	648	126 <sup>55</sup>	132
	1189			



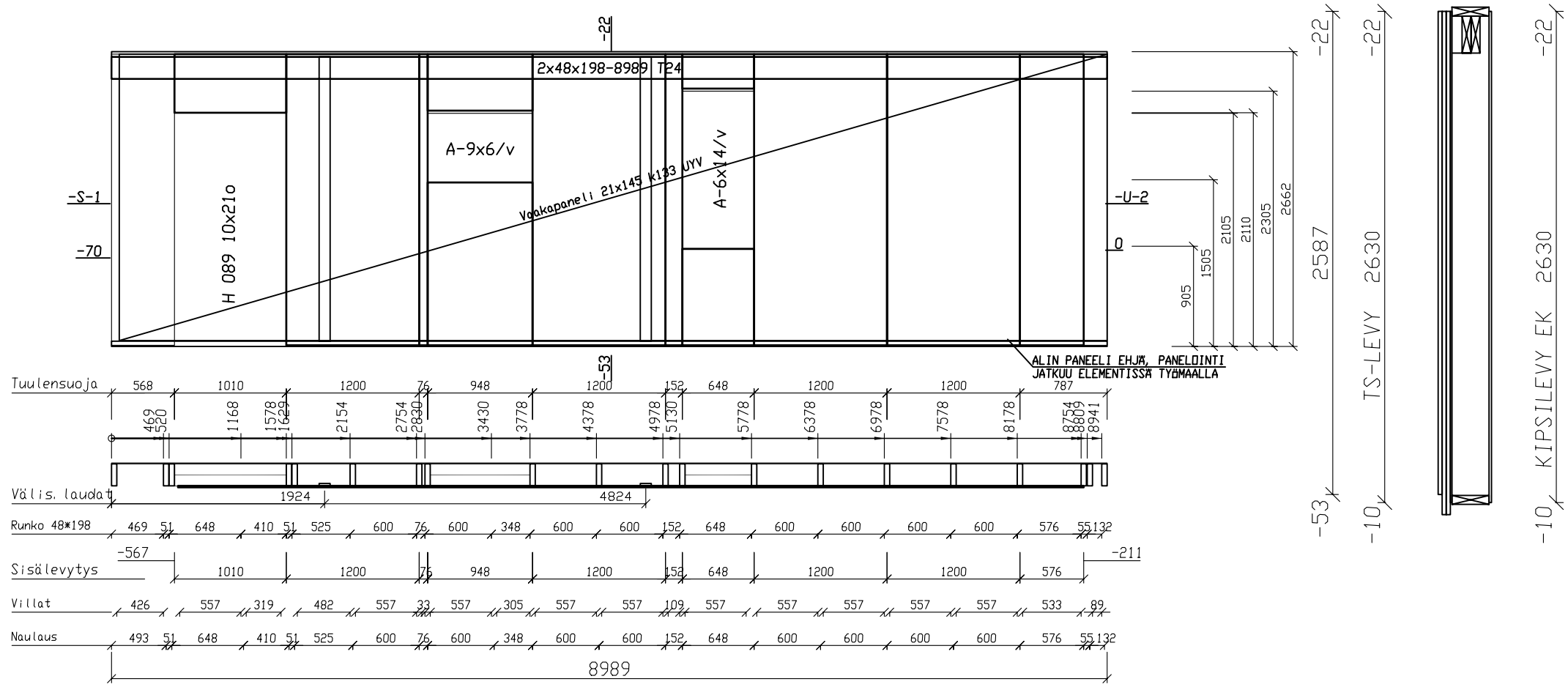
Elem. no: P71292-US10	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 518	Väri/Huomi Valkea	
			Ikk. MSE/AL				



Elem. no: P71292-US11	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 146	Väri/Huomi Valkea	
			Ikk. MSE/AL				



Elem. no: P71292-US12	Asiakas:	Rak. paikka:	Ikk. pieli: KB	Vaaka	Paino: 1105	Väri/Huomi Valkea	
			Ikk. MSE/AL				





## JÄYKISTYSLASKELMAT (EUROKOODI)

**TILAAJA:**

**KOHDE:** P71292

**PÄIVÄYS:** Tampereella 20.11.2008

**ALLEKIRJOITUS:** Suunnittelija \_\_\_\_\_

Tarkastanut \_\_\_\_\_

**LÄHTEET:** RIL 201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat  
RIL 205-1-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje  
RIL 248-2008 NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu  
Fischer-kiinnikkeet, Kiinnikeluettelo ja suunnitteluohje  
Tyyppihyväksytyt Gyproc-rakenteet, Laskentaohje, Rakennusten jäykistys



**SISÄKATTOLEVYTYKSEN LIITINJAKO SIVUSEINIEN KOHDILLA**

	Sisäkaton pituus, mm	Kuorma / metri	Ruuvikiinn. T29 3.8x28
US2	7 889	0,82 kN	k150
US6	5 389	1,20 kN	k150
US10	4 213	0,38 kN	k150
US12	8 989	1,44 kN	k150

**SISÄKATTOLEVYTYKSEN LIITINJAKO PÄÄTYSEINIEN KOHDILLA**

	Sisäkaton leveys, mm	Kuorma / metri	Ruuvikiinn. T29 3.8x28
US1	9 213	0,66 kN	k150
US5	1 789	0,43 kN	k150
US7	9 213	1,16 kN	k150
US11	1 189	0,64 kN	k150
JVS1	10 200	1,52 kN	k150
JVS2	9 000	0,86 kN	k150

**SISÄKATTOKOOLAUKSEN NAULAUS SIVUSEINIEN KOHDILLA**

Kiinnitys			
	Seinän pituus, mm	KN 90x3,1 kpl	k-jako
US2	7 889	10	700
US6	5 389	10	500
US10	4 213	3	1 400
US12	8 989	19	400

**SISÄKATTOKOOLAUKSEN NAULAUS PÄÄTYSEINIEN KOHDILLA**

Kiinnitys			
	Seinän pituus, mm	KN 90x3,1 kpl	k-jako
US1	9 213	9	1 000
US5	1 789	2	800
US7	9 213	16	500
US11	1 189	2	500
JVS1	4 200	22	100
JVS2	2 943	11	200

## SIVUSEINIEN ANKKUROINTI

Alajuoksun kiinnitys			
	Seinän pituus, mm	LN 125x4,2 kpl	k-jako
US2	7 889	5	1 500
US6	5 389	5	1 000
US10	4 213	2	2 100
US12	8 989	10	800

Noste 1: ilman omapainoa					
Noste 2: omapaino mukana					
Kiinnitys risteävään seinään					
Seinän korkeus, mm	Noste 1 kN	Omapaino (tarvittaessa) 0.9*(seinä+vesik.+yp), kN/m	Noste 2 kN	LN 100x3,4 kpl	k-jako
2 662	2,18			3	800
2 662	3,19			4	600
2 662	1,02			2	1 300
2 662	3,82			4	600

## PÄÄTYSEINIEN ANKKUROINTI

Alajuoksun kiinnitys			
	Seinän pituus, mm	LN 125x4,2 kpl	k-jako
US1	9 213	5	1 800
US5	1 789	1	1 700
US7	9 213	8	1 100
US11	1 189	1	1 100

Kiinnitys risteävään seinään					
Seinän korkeus, mm	Noste 1 kN	Omapaino (tarvittaessa) 0.9*(seinä+vesik.+yp), kN/m	Noste 2 kN	LN 100x3,4 kpl	k-jako
2 662	1,76			2	1 300
2 662	1,14			2	1 300
2 662	3,09			4	600
2 662	1,71			2	1 300

## JÄYKISTÄVIEN VÄLISEINIEN ANKKUROINTI

Alajuoksun kiinnitys			
	Seinän pituus, mm	FB 8/50 kpl	k-jako
JVS1	4 200	5	800
JVS2	2 943	3	900

Kiinnitys risteävään seinään							Vapaa pää
Seinän korkeus, mm	Noste 1 kN	JVS:n omapaino*0.9 kN/m <sup>2</sup>	Noste 2 kN	LN 125x4,2 kpl	k-jako	FB 12/50 kpl	
2 620	9,70	0,65	6,12	5	500	1	
2 620	6,92	0,65	4,41	4	600	1	

**RISTIKOIDEN KOKONAISJÄYKISTYS***Pystyvinosidelaudat 2x22x100 ristiin talon läpi.*

Tuulikuorma	0,36	kN/m <sup>2</sup>
Päätykolmion puolikas pinta-ala	6	m <sup>2</sup>
Ristikon alapaarremitta	9410	mm

<b>Tuulikuorma (MRT)</b>	<b>0,35 kN/m</b>
--------------------------	------------------

Yläpaarteen max puristus (Nd, ristikkosuunnitelmasta)	25,00	kN
Yläpaart. keskimääräinen puristus (Nd×0.85)	21,25	kN
Ristikoiden lukumäärä	18	kpl

<b>Nurjahdustuentavoima (MRT)</b>	<b>0,81 kN/m</b>
-----------------------------------	------------------

Vesikaton pinta-ala (vaakaprojektio)	233	m <sup>2</sup>
Lumikuorma	2,0	kN/m <sup>2</sup>
Vesikaton omapaino	0,6	kN/m <sup>2</sup>
Yläpohjan omapaino	0,3	kN/m <sup>2</sup>
Epäkeskisyys	1/250	

<b>Vinovoima (MRT)</b>	<b>0,40 kN/m</b>
------------------------	------------------

Yhden pystyvinoreevalinjan kuormitusleveys	4705	mm
Vaakakuorma yhdelle pystyvinoreevalinjalle (MRT)	6,95	kN
(MRT)	5,70	kN
Ristikoiden määrä yhden lautaparin nipussa	3	kpl
Yhden linjan lautaparin määrä	9	kpl
Laudan kulma (0°=vaakaan, 90°=pystyyn)	45	°

<b>Yhden liitoksen kuorma (MRT)</b>	<b>1,09 kN</b>
(MRT)	<b>0,90 kN</b>

<b>Liitoksen vähimmäisnaulaus</b>	<b>2 N 75×28</b>
-----------------------------------	------------------

**VESIKATTOTASON TUULIJÄYKISTYS***Vinolaudat 22x100, ristikon yläpaarteen alapintaan.*

Päädyn kokonaistuulikuorma (MRT,C)	3,39	kN
Vinositeiden määrä yhdessä päädyssä	2	kpl
Kulma (0°=harjan suunta, 90°=lapeen suunta)	45	°

<b>Yhden vinositeen pään veto (MRT)</b>	<b>2,40 kN</b>
---	----------------

<b>Vinositeen pään vähimmäisnaulaus</b>	<b>4 LN 75x2,8</b>
---	--------------------

**VESIKATTOTASON VOIMIEN ANKKUROINTI SIVUSEINILLE***Vanerijäykiste t=12 mm ensimmäisen ja toisen tai kolmannen ristikon kantaan.*

Vanerin leveys	900	mm
Vanerin korkeus	650	mm
Vesikaton kaltevuus	1/3,00	
Vinositeiden veto (MRT,C)	2,40	kN
Vinositeiden vedon vaakakomponentti (MRT,C)	1,69	kN
Vinositeiden vedon pystykomponentti (MRT,C)	1,61	kN
Vähimmäisnaulaus vanerin ala- ja yläreunassa	3	N 75×28
Vähimmäisnaulaus vanerin sivuilla	3	N 75×28

<b>Vanerin naukauksen N 75×28 k-jako</b>	<b>200 mm</b>
--	---------------

## JÄYKISTYSLASKELMAT

**TILAAJA:**

**KOHDE:** P71292

**PÄIVÄYS:** Tampereella 20.11.2008

**ALLEKIRJOITUS:** Suunnittelija \_\_\_\_\_

Tarkastanut \_\_\_\_\_

**LÄHTEET:** RIL 144-1997, Rakenteiden kuormitusohjeet  
RakMk B10  
Tyyppihyväksytyt Knauf-rakenteet, Laskentaohje, Rakennusten jäykistys  
Fischer-kiinnikkeet, Kiinnikeluettelo ja suunnitteluohje



**SISÄKATTOLEVYTYKSEN LIITINJAKO SIVUSEINIEN KOHDILLA**

	Sisäkaton pituus, mm	Kuorma / metri	Ruuvikiinn. T29 3.8x28
US2	7 889	1,23 kN	k150
US6	5 389	1,45 kN	k150
US10	4 213	0,46 kN	k150
US12	8 989	1,74 kN	k150

**SISÄKATTOLEVYTYKSEN LIITINJAKO PÄÄTYSEINIEN KOHDILLA**

	Sisäkaton leveys, mm	Kuorma / metri	Ruuvikiinn. T29 3.8x28
US1	9 213	0,87 kN	k150
US5	1 789	0,56 kN	k150
US7	9 213	1,52 kN	k150
US11	1 189	0,84 kN	k150
JVS1	10 200	2,00 kN	k150
JVS2	9 000	1,13 kN	k150

**SISÄKATTOKOOLAUKSEN NAULAUS SIVUSEINIEN KOHDILLA**

Kiinnitys			
	Seinän pituus, mm	KN 90x3,1	
		kpl	k-jako
US2	7 889	11	700
US6	5 389	9	500
US10	4 213	3	1 400
US12	8 989	18	400

**SISÄKATTOKOOLAUKSEN NAULAUS PÄÄTYSEINIEN KOHDILLA**

Kiinnitys			
	Seinän pituus, mm	KN 90x3,1	
		kpl	k-jako
US1	9 213	9	1 000
US5	1 789	2	800
US7	9 213	16	500
US11	1 189	2	500
JVS1	4 200	23	100
JVS2	2 943	12	200



## SIVUSEINIEN ANKKUROINTI

Alajuoksun kiinnitys			
	Seinän pituus, mm	LN 125x4,2 kpl	k-jako
US2	7 889	6	1 300
US6	5 389	5	1 000
US10	4 213	2	2 100
US12	8 989	9	900

Noste 1: ilman omapainoa					
Noste 2: omapaino mukana					
Kiinnitys risteävään seinään					
Seinän korkeus, mm	Noste 1 kN	Omapaino (tarvittaessa) 0.9*(seinä+vesik.+yp), kN/m	Noste 2 kN	LN 100x3,4 kpl	k-jako
2 662	3,28			3	800
2 662	3,86			3	800
2 662	1,23			1	2 600
2 662	4,62			4	600

## PÄÄTYSEINIEN ANKKUROINTI

Alajuoksun kiinnitys			
	Seinän pituus, mm	LN 125x4,2 kpl	k-jako
US1	9 213	5	1 800
US5	1 789	1	1 700
US7	9 213	8	1 100
US11	1 189	1	1 100

Kiinnitys risteävään seinään					
Seinän korkeus, mm	Noste 1 kN	Omapaino (tarvittaessa) 0.9*(seinä+vesik.+yp), kN/m	Noste 2 kN	LN 100x3,4 kpl	k-jako
2 662	2,32			2	1 300
2 662	1,49			2	1 300
2 662	4,06			4	600
2 662	2,25			2	1 300

## JÄYKISTÄVIEN VÄLISEINIEN ANKKUROINTI

Alajuoksun kiinnitys			
	Seinän pituus, mm	FB 8/50 kpl	k-jako
JVS1	4 200	5	800
JVS2	2 943	3	900

Kiinnitys risteävään seinään							
Seinän korkeus, mm	Noste 1 kN	JVS:n omapaino*0.9 kN/m2	Noste 2 kN	LN 125x4,2 kpl	k-jako	FB 12/50 kpl	Vapaa pää
2 620	12,74	0,65	9,16	5	500	2	
2 620	9,09	0,65	6,58	4	600	1	

## RISTIKOIDEN KOKONAISJÄYKISTYS

*Pystyvinosidelaudat 2x22x100 ristiin talon läpi.*

Tuulikuorma	0,49	kN/m <sup>2</sup>
Päätykolmion puolikas pinta-ala	6	m <sup>2</sup>
Ristikon alapaarremitta	9410	mm

**Tuulikuorma (MRT,C) 0,65 kN/m**

Yläpaarteen max puristus (Nd, ristikkosuunnitelmasta)	25,00	kN
Yläpaart. keskimääräinen puristus (Nd×0.85)	21,25	kN
Ristikoiden lukumäärä	18	kpl

**Nurjahdustuentavoima (MRT,B) 0,81 kN/m**

Vesikaton pinta-ala (vaakaprojektio)	233	m <sup>2</sup>
Lumikuorma	2,0	kN/m <sup>2</sup>
Vesikaton omapaino	0,6	kN/m <sup>2</sup>
Yläpohjan omapaino	0,3	kN/m <sup>2</sup>
Epäkeskisyys	1/250	

**Vinovoima (MRT,B) 0,42 kN/m**

Yhden pystyvinoreevalinjan kuormitusleveys	4705	mm
Vaakakuorma yhdelle pystyvinoreevalinjalle (MRT,C)	8,13	kN
(MRT,B)	5,82	kN
Ristikoiden määrä yhden lautaparin nipussa	3	kpl
Yhden linjan lautaparin määrä	9	kpl
Laudan kulma (0°=vaakaan, 90°=pystyyn)	45	°

**Yhden liitoksen kuorma (MRT,C) 1,28 kN**  
**(MRT,B) 0,91 kN**

**Liitoksen vähimmäisnaulaus 2 N 75×28**

## VESIKATTOTASON TUULIJÄYKISTYS

*Vinolaudat 22x100, ristikon yläpaarteen alapintaan.*

Päädyn kokonaistuulikuorma (MRT,C)	6,12	kN
Vinositeiden määrä yhdessä päädyssä	2	kpl
Kulma (0°=harjan suunta, 90°=lappeen suunta)	45	°

**Yhden vinositeen pään veto (MRT,C) 4,32 kN**

**Vinositeen pään vähimmäisnaulaus 5 LN 75x2,8**

## VESIKATTOTASON VOIMIEN ANKKUROINTI SIVUSEINILLE

*Vanerijäykiste t=12 mm ensimmäisen ja toisen tai kolmannen ristikon kantaan.*

Vanerin leveys	900	mm
Vanerin korkeus	650	mm
Vesikaton kaltevuus	1/3	
Vinositeiden veto (MRT,C)	4,32	kN
Vinositeiden vedon vaakakomponentti (MRT,C)	3,06	kN
Vinositeiden vedon pystykomponentti (MRT,C)	2,90	kN
Vähimmäisnaulaus vanerin ala- ja yläreunassa	4	N 75×28
Vähimmäisnaulaus vanerin sivuilla	4	N 75×28

**Vanerin naulauksen N 75×28 k-jako 150 mm**

# TYYPPIHYVÄKSYNTÄPÄÄTÖS



**Myönnetty:** 17.9.2008

**Voimassa:** 12.2.2010

VTT on rakennustuotteiden hyväksynnästä annetun lain (230/2003) 9§ nojalla ja ottaen huomioon lain 4 luvun säännökset sekä rakennustuotteiden hyväksynnästä annetun ympäristöministeriön asetuksen (1245/2003) 5 luvun säännökset myöntänyt seuraavan tyyppihyväksynnän.

## TUOTE

**Gyproc-kipsilevyt GN 13, GEK 13, GF 15, GTS 9 sekä Glasroc-komposiittikipsilevyt GHI 13, GHI 15 ja GHU 13**

## HAKIJA

Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy

## VALMISTAJA/VALMISTUTTAJA

Gyproc Oy, Kirkkonummi

Gyproc AS, Fredikstad

## HYVÄKSYNNÄN LAAJUUS

Tällä hyväksynnällä todetaan edellä mainittujen tuotteiden täyttävän Suomen rakentamismääräyskokoelman vaatimustason lujuuden osalta käytettäessä niitä rakennuksen jäykistämiseen, kun jäykistettävän rakenneosan runko on puuta tai 0,56 mm paksua Gyproc-metallirankaa.

## HYVÄKSYNNÄN EHDOT

Gyproc tai Glasroc rakennuslevyillä jäykistetyn seinän mitoitus tuulikuormille, levyjen kiinnitys rakennuksen runkoon sekä rungon mahdollisesti tarvittava ankkurointi perustuksiin suoritetaan noudattaen hakijan laatimaa 3.6.2008 päivättyä ohjetta.

GN 13, GEK 13, GF 15, GHI 13 ja GHI 15 levyjä saa käyttää tämän päätöksen mukaiseen tarkoitukseen vain standardin EN 1995-1-1: Eurocode 5 ja Ympäristöministeriön asetuksen Eurocode Standardien Soveltamisesta mukaisissa käyttöluokassa 1. GTS 9 ja GHU 13 levyjä saa käyttää myös käyttöluokissa 2 ja 3.1.

## VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS

Sertifiointi ja tuotehyväksyntä  
PL 1000, 02044 VTT  
Puh. 020 722 4911  
Faksi 020 722 7003  
www.vtt.fi



---

# TYYPPIHYVÄKSYNTÄPÄÄTÖS

---

## LAADUNVALVONTA

Laadunvalvonnessa noudatetaan hakijan ja VTT:n välillä 2.1.2008 allekirjoitettua sopimusta.

## MERKITSEMINEN

Tuotteet on merkittävä tämän päätöksen liitteen mukaisella tyyppihyväksyntämerkillä, tämän päätöksen numerolla, valmistajan nimellä ja valmistusajankohdan osoittavalla merkinnällä.

## VOIMASSOLOAIKA

Päätös tulee voimaan 17.9.2008 ja on voimassa toistaiseksi, kuitenkin enintään 12.2.2010 saakka.

## HUOMAUTUKSET

Työmaalla tulee olla levyjen asennusohjeet. Rakennustarkastajalle on tarvittaessa toimitettava rakennelaskelmat ja asennusohjeet.

## HYVÄKSYNNÄN PERUSTEET

Ympäristöministeriön asetus rakennuslevyjen tyyppihyväksynnästä 15.6.2006.

Liisa Rautiainen  
Arviointipäällikkö  
Puh. 020 722 4920  
liisa.rautiainen@vtt.fi

Lina Markelin-Rantala  
Tutkija

### VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS

Sertifiointi ja tuotehyväksyntä  
PL 1000, 02044 VTT  
Puh. 020 722 4911  
Faksi 020 722 7003  
www.vtt.fi



Dno VTT-RTH-07811-08

3 (3)

---

# TYYPPIHYVÄKSYNTÄPÄÄTÖS

---

LIITTEET

Tyyppihyväksyntämerkki  
Oikaisuvaatimus- ja valitusohje

TIEDOKSI

VTT, Jouko Leinikka, PL 1000, 02044 VTT

**VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS**

Sertifiointi ja tuotehyväksyntä  
PL 1000, 02044 VTT  
Puh. 020 722 4911  
Faksi 020 722 7003  
[www.vtt.fi](http://www.vtt.fi)



**GLASROC-KOMPOSIITTIKIPSILEVYJEN GHI 13,  
GHI 15, JA GHU 13 SEKÄ GYPROC  
RAKENNUSLEVYJEN GN 13, GEK 13, GF 15, GTS 9 JA  
GL 15 KÄYTTÖ RANKARAKENTEISTEN  
RAKENNUSTEN JÄYKISTÄMISEEN  
SUUNNITTELUARVOT JA TAULUKKOMITOITUSOHJEET.**

## Sisällysluettelo

1. Yleistä .....	3
2. Voimien siirtyminen rakennuksessa .....	3
3. Kuormitukset.....	5
4. Levyjä ja kiinnikkeitä koskevat suunnitteluarvot .....	6
5. Taulukkomitoitus .....	7
6. Eri kiinnikeväleillä kiinnitettyjen Gyproc-rakennuslevyjen jäykistyskapasiteetit (kN/levy). Laskettuina RIL 205-1-2007 mukaisesti.....	8
7. Rakennusseloste .....	9

## 1. Yleistä

Suunnitteluohje RIL 205-1-2007, "Puurakenteiden suunnitteluohje", antaa rakennusten jäykistämistä rakennuslevyillä koskevat suunnitteluohjeet. Huomioitavat kuormitukset osoitetaan Eurokoodien osassa 1: Rakenteiden kuormat. Tähän ohjeeseen on näistä koottu keskeisimmät rakenteiden jäykistämiseen Glasroc ja Gyproc-levyillä tarvittavat tiedot ja VTT:n tyyppihyväksynnällä vahvistamat Glasroc ja Gyproc-levyjen ja -tarvikkeiden suunnitteluarvot. Näistä on laadittu taulukkomitoitusohje, jolla tavanomaisten pienten rakennusten jäykistys Glasroc ja Gyproc-levyillä voidaan mitoittaa.

Jäykistävinä rakenneosina huomioidaan Glasroc ja Gyproc-levyillä levytetyt väli- ja yläpohjat, katot ja seinät. Eri rakenneosien väliset liitokset tulee tehdä riittävän lujiksi kestäämään niiden kautta siirtyvät voimat. Levyt kiinnitetään rakennuksen runkoon Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy:n asennusohjeiden mukaisesti.

Kun levyjä on kaksi päällekkäin huomioidaan ainoastaan yksi levykerros. Seinälohkoille, joissa on levytys molemmilla puolilla, noudatetaan seuraavia sääntöjä:

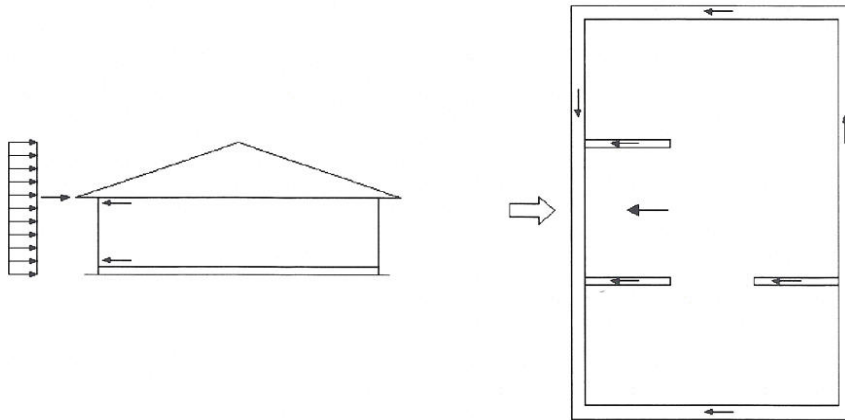
- Jos levyt ja liittimet ovat tyypiltään ja mitoiltaan samanlaiset, niin seinän vaakaleikkausvoimakestävyys lasketaan molempien levytysten summana.
- Jos käytetään erityyppisiä levyjä, mutta siirtymäkertoimeltaan samanlaisia liittimiä, voidaan yleensä ottaa huomioon 75% heikomman puolen vaakaleikkausvoimakestävydestä. Muissa tapauksissa vahvemman puolen vaakaleikkausvoimakestävyteen saadaan lisätä enintään 50% heikomman puolen kestävydestä.

Yleensä riittää, että rakennuksen stabiliteetti tarkistetaan kahdelle tuulensuunnalle: kohtisuoraan julkisivuja ja kohtisuoraan päätyjä vastaan. Rakennuksen epäsymmetrisestä jäykkyydestä syntyvät kiertävät voimat voidaan myös yleensä jättää huomioimatta. Tavanomaisista ratkaisuista poikkeavissa kohteissa tulee suunnittelijan kuitenkin tapauskohtaisesti arvioida, onko tämä yksinkertaistus mahdollista tehdä. Mikäli epäkeskeisyydestä syntyviä vaakavoimia otetaan huomioon, voidaan tässä tyyppihyväksynnässä esitettäviä kapasiteetteja käyttää hyväksi.

## 2. Voimien siirtyminen rakennuksessa

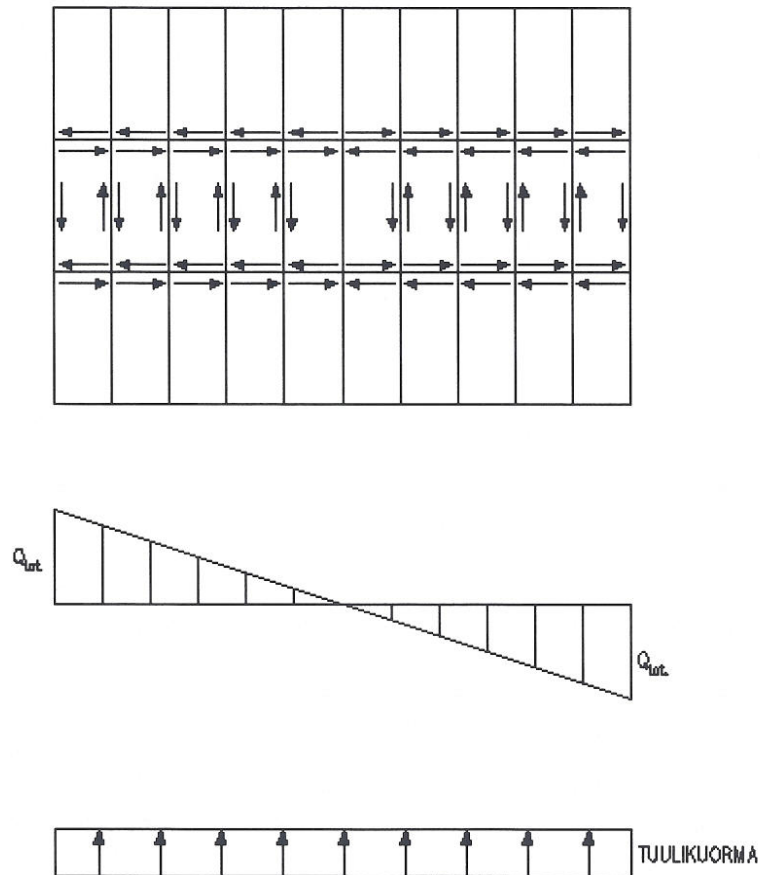
Rakennuksen seiniin ja kattoon kohdistuva tuulikuorma siirtyy vaakavoimana ylä-, väli- ja alapohjien kautta seiniin ja edelleen rakennuksen perustukseen (kuva 1). Yksi- ja puolitoistakerroksissa rakennuksissa voidaan laskelmissa olettaa, että ylimmän välipohjan yläpuolisiin rakennuksen osiin kohdistuva tuulikuorma siirtyy kokonaan ylä/välipohjaan, ja siltä edelleen yläpohjan ja seinien liittymän kautta seiniin niiden yläreunan tasossa. Ylä/välipohjan ja sokkelin väliselle alueelle kohdistuvasta tuulikuormasta puolet siirtyy suoraan sokkeliin, puolet ylä/välipohjaan. Seinien yläreunaan kohdistuva resultoiva vaakavoima saadaan siten laskemalla yhteen koko ylä/välipohjan yläpuolisiin rakenteisiin ja puolet sen ja sokkelitason väliin kohdistuvista tuulikuormista.





Kuva 1

Kun ylä/välipohjan levytys käytetään rakennuksen jäykistykseen osana, on tarkistettava että levyjen kiinnitys runkoon kestää saumoissa esiintyvät leikkausvoimat (kuva 2).

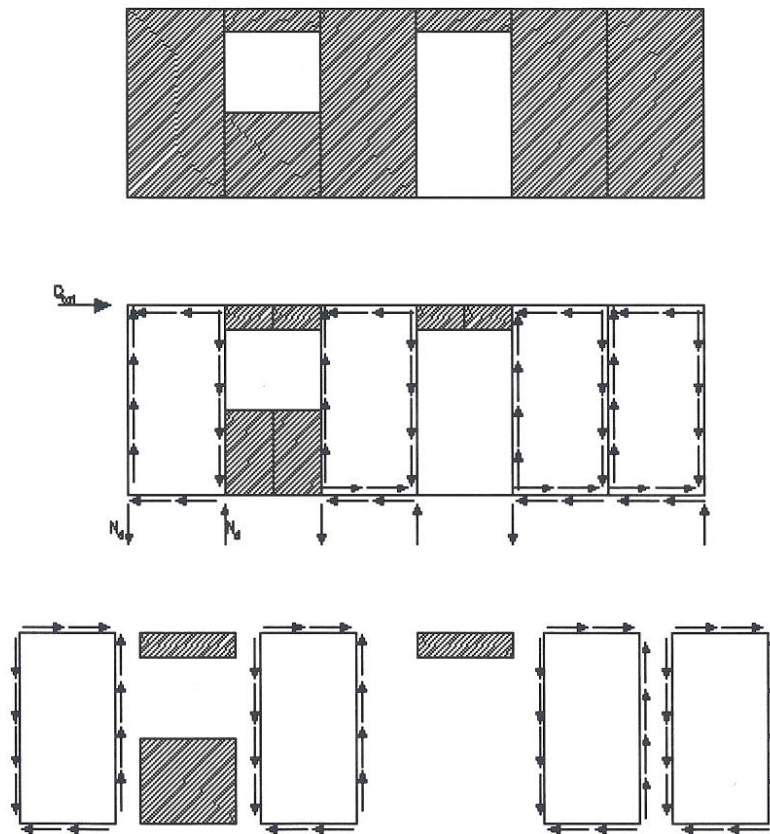


Kuva 2

Ylä/välipohjasta kuormat siirretään sokkeliin ulko- ja väliseinien kautta. Pienehköissä rakennuksissa ulkoseinien kapasiteetti on yleensä riittävä siirtämään kaikki voimat perustuksiin. Jos myös muita seiniä huomioidaan jäykistävinä rakenteina, voidaan tuulikuorma yleensä jakaa seinille niihin tukeutuvien tuulipintojen suhteessa.

Kuvassa 3 on esitetty yksinkertaistettu kuva vaakakuorman synnyttämästä jännitystilasta levytetyssä seinässä. Tämän jännitystilan syntyminen edellyttää, että seinän yläpuolisten rakenteiden omapainon tukireaktiot jäykistävien seinänosien nurkissa ovat suuremmat kuin vaakavoiman synnyttämät negatiiviset tukireaktiot ( $N_d$ ), tai että näissä nurkissa olevat rangat ovat vetoakestävästi kiinnitetyt rakennuksen perustuksiin.

Murtorajatilassa tulee tarkistaa levyn lommahdus, liittimien leikkauslujuus ja seinän ankkurointi perustukseen, ja käyttörajatilassa seinän yläreunan siirtymät. Levyn lommahdusta ja seinän yläreunan siirtymää ei kuitenkaan tarvitse erikseen tarkistaa, jos mitoitus suoritetaan käyttäen tässä ohjeessa annettuja taulukkomitoitusarvoja, ja seinän rankajako on  $k < 600$  mm.



Kuva 3

### 3. Kuormitukset

Tuulikuorman suuruus määritetään Eurocode 1, "Rakenteiden kuormat" mukaan.

#### 4. Levyjä ja kiinnikkeitä koskevat suunnitteluarvot

Kiinnike		Levytyypit ja käyttöluokka							
		GN 13 kl 1	GEK 13, GL 15 kl 1	GF 15 kl 1	GTS 9 kl 2	GTS 9 kl 3	GHI 13 GHI15 kl 1	GHU 13 kl 2	GHU 13 kl 3
Puu- ranka- ruuvit	QMST 32	0,40	0,65				0,40 <sup>1)</sup>		
	QT 29	0,40					0,40 <sup>1)</sup>		
	QTR 29		0,55 <sup>2)</sup>						
	QT 41 ja MST 41			0,55			0,40		
	QSTW 32							0,30	0,20
	QU 32				0,45	0,30		0,45	0,30
Teräs- ranka- ruuvit	QMST 32	0,35	0,45				0,40		
	QS 25	0,35		0,50			0,40		
	QSR 25		0,45						
Puu- ranka- naulat	BTC (NK-R)		0,45						
	DF		0,45						
	SENCO		0,45						
	Huopanaula (HJ15, DPN 31x32 KS.)				0,40	0,25		0,40	0,25
	BTC (NKS)		0,50						

Taulukko 3.1. Gyproc-kiinnikkeiden ominaislujuudet (kN)

- 1) Vain levyille GHI 13. Levyssä GHI 15 käytetään ruuvia T41 tai MST 41.
- 2) Vain levyille GEK 13

Kiinnike		Levytyypit ja käyttöluokka					
		GN 13 kl 1	GEK 13, GL 15 kl 1	GF 15 kl 1	GTS 9 kl 2	GHI 13 GHI15 kl 1	GHU 13 kl 2
Puu- ranka- ruuvit	QMST 32	800	1300			800 <sup>1)</sup>	
	QT 29	800				800 <sup>1)</sup>	
	QTR 29		1200 <sup>2)</sup>				
	QT 41 ja MST 41			1000		800	
	QSTW 32						800
	QU 32				1300		800
Teräs- ranka- ruuvit	QMST 32	600	1200			600	
	QS 25	600				600	
	QSR 25		1200				
Puu- ranka- naulat	BTC (NK-R)		800				
	DF		800				
	SENCO		800				
	Huopanaula (HJ15, DPN 31x32 KS.)				800		800
	BTC (NKS)		900				

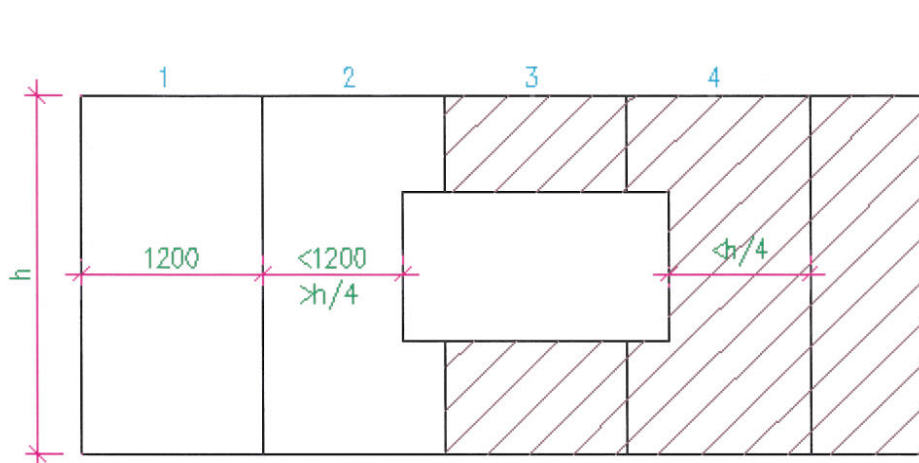
Taulukko 3.2. Gyproc-kiinnikkeiden siirtymäkertoimet (N/mm)

- 1) Vain levyille GHI 13. Levyssä GHI 15 käytetään ruuvia T41 tai MST 41
- 2) Vain levyille GEK 13.

Lommahdusta ei tarvitse tarkastella, jos käytetään tässä tyyppihyväksynnässä esitettyjä suunnitteluarvoja. Levyjen reunoilla olevien liittimien leikkauskestävyyksien mitoitusarvoja voidaan suurentaa kertomalla arvot luvulla 1,2.

## 5. Taulukkomitoitus

Rakennusta jäykistävät seinät jaetaan osiin siten, että mitoituksessa huomioidaan ainoastaan levyt, joiden pienin leveys on vähintään  $h/4$  mm (kuva 4). Seinään kohdistuva vaakavoima jaetaan näille seinäosille niiden jäykkyyden suhteessa. Leikatun levyn jäykkyyden arvioidaan olevan 1/4-osa reunoiltaan leikkaamattoman levyn jäykkyydestä.



1. Huomioidaan kokonaisena levynä
2. Huomioidaan osalevynä, kapasiteetti 0,25 x täyden levyn kapasiteetti
3. Ei huomioida jäykistävänä rakenteena.
4. Ei huomioida jäykistävänä rakenteena.

Kuva 4

Taulukossa 3 on annettu reunoiltaan leikkaamattomien, 1200 mm leveiden levyjen jäykistyskapasiteetti. Leikattujen levyjen kapasiteetti on 1/4-osa leikkaamattoman levyn kapasiteetista. Seinäosien nurkkien kiinnitysvoimat perustuksiin lasketaan kaavasta 1.

$$N_d = \frac{Q_s \cdot h}{b} \quad (1)$$

Missä  $N_d$  on kiinnitysvoima perustuksiin  
 $Q_s$  on seinäosaan kohdistuva vaakavoima  
 $h$  on seinäosan korkeus  
 $b$  on seinäosan leveys

Nurkassa esiintyvistä vetovoimasta saadaan vähentää seinän yläpuolella olevista rakenteista seinäosan nurkkaan siirtyvä omapainon tukireaktio. Alaohjauspuun leimapainetarkastelussa on huomioitava tuulikuormasta johtuva puristuspuheen lisäys.

## 6. Eri kiinnikeväleillä kiinnitettyjen Gyproc-rakennuslevyjen jäykistyskapasiteetit (kN/levy). Laskettuina RIL 205-1-2007 mukaisesti.

**Taulukko 3.**
**Murtorajatila, aikaluokka hetkellinen**
**(väliarvot voidaan interpoloida suoraviivaisesti)(kaikki kiinnikkeet sijaitsevat levyn reunoilla)**

Ranka	Kiinike	Levytyyppi	Käyttöluokka	Ominaislujuus [kN]	Kiinnikkeiden väli [mm]			
					70	100	150	200
Puu	QT29	GHI 13	1	0,40	5,88	4,11	2,74	2,06
	QT41	GHI 15	1	0,40	5,88	4,11	2,74	2,06
	QMST 32	GHI 13	1	0,40	5,88	4,11	2,74	2,06
	QMST 41	GHI 15	1	0,40	5,88	4,11	2,74	2,06
	QU 32	GHU 13	2	0,45	6,61	4,63	3,09	2,31
	QU 32	GHU 13	3	0,30	4,41	3,09	2,06	1,54
	QSTW 32	GHU 13	2	0,30	4,41	3,09	2,06	1,54
	QSTW 32	GHU 13	3	0,20	2,94	2,06	1,37	1,03
	QMST 32	GN 13	1	0,40	5,88	4,11	2,74	2,06
	QMST 32	GEK 13/GL 15	1	0,65	9,55	6,69	4,46	3,34
	QT 29	GN 13	1	0,40	5,88	4,11	2,74	2,06
	QTR 29	GEK 13	1	0,55	8,08	5,66	3,77	2,83
	QT 41	GF 15	1	0,55	8,08	5,66	3,77	2,83
	QU 32	GTS 9	2	0,45	6,61	4,63	3,09	2,31
	QU 32	GTS 9	3	0,30	4,41	3,09	2,06	1,54
	Gyproc metalliranka 0,56 mm	QS25	GHI 13/GHI 15	1	0,40	6,33	4,43	2,95
QMST 32		GHI 13/GHI 15	1	0,40	6,33	4,43	2,95	2,22
QMST 32		GN 13	1	0,35	5,54	3,88	2,58	1,94
QMST 32		GEK 13	1	0,45	7,12	4,98	3,32	2,49
QS 25		GN 13	1	0,35	5,54	3,88	2,58	1,94
QSR 25		GEK 13	1	0,45	7,12	4,98	3,32	2,49
QS 25		GF 15	1	0,50	7,91	5,54	3,69	2,77
Puu	Konenaulat							
	BTC (NK-R)	GEK 13/GL 15	1	0,45	6,61	4,63	3,09	2,31
	DF	GEK 13/GL 15	1	0,45	6,61	4,63	3,09	2,31
	Senco	GEK 13/GL 15	1	0,45	6,61	4,63	3,09	2,31
	Huopanaulat							
	(HJ15, DPN)	GHU 13	2	0,40	5,88	4,11	2,74	2,06
	(HJ15, DPN)	GHU 13	3	0,25	3,67	2,57	1,71	1,29
	(HJ15, DPN)	GTS 9	2	0,40	5,88	4,11	2,74	2,06
	(HJ15, DPN)	GTS 9	3	0,25	3,67	2,57	1,71	1,29
Ruuvinaula								
BTC (NKS)	GEK 13/GL15	1	0,50	7,35	5,14	3,43	2,57	

Levymerkintöjen selitykset: GHU 13= Glasroc tuulensuojalevy,  
GHI 13 ja GHI 15 = Glasroc märkätilalevyt, GN 13 = normaali sisäverhouslevy,  
GEK 13 = erikoiskova sisäverhouslevy, GF 15 = palensuojakipsilevy Protect, GTS 9 =  
tuulensuojakipsilevy, GL 15=lattiakipsilevy

## 7. Rakennusseloste

Levyt tulee kiinnittää kaikilta reunoiltaan yllämainituin kiinnikevälein.

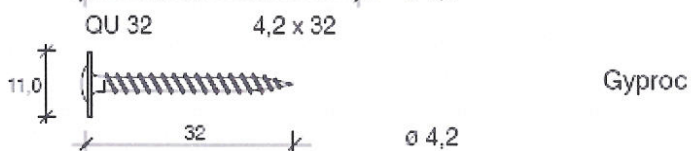
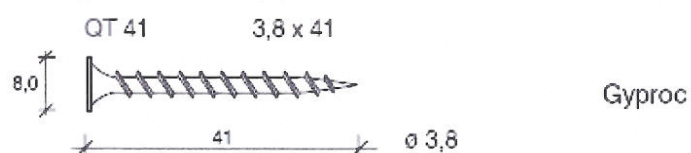
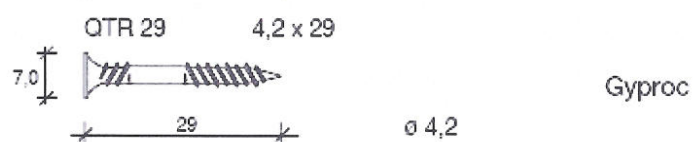
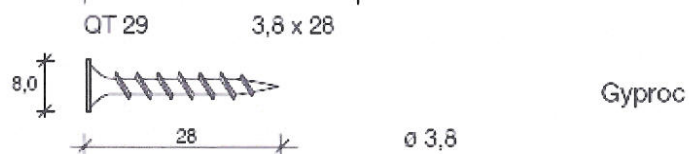
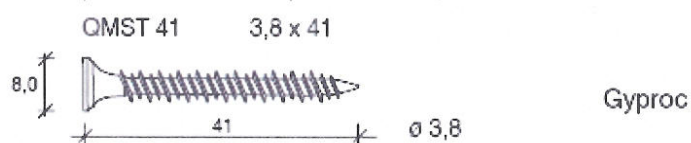
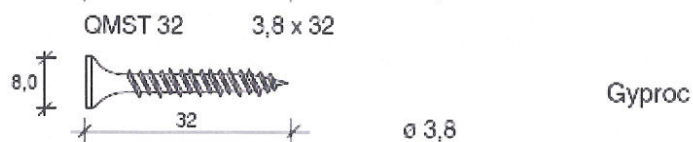
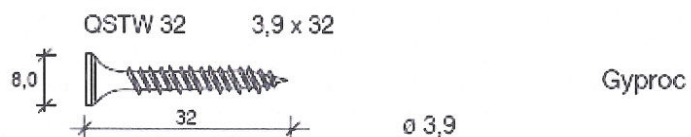
Jäykistävässä väli/yläpohjassa suurin liitinväli on levyn reunoilla 150mm ja muualla 300mm. Seinän välitolpissa suurin liitinväli on 2xliitinväli reunalla kuitenkin enintään 200mm. Seinän reunoilla suurin naulaväli on enintään 150 mm tai ruuviväli enintään 200 mm. Gyproc-metallirankaa käytettäessä tulee rangan eri puolien levyjäykistys asentaa symmetrisesti, jotta estetään rankojen vääntyminen.

Kun levyjä on kaksi päällekkäin huomioidaan ainoastaan yksi levykerros. Seinälohkoille, joissa on levytys molemmilla puolilla, noudatetaan seuraavia sääntöjä:

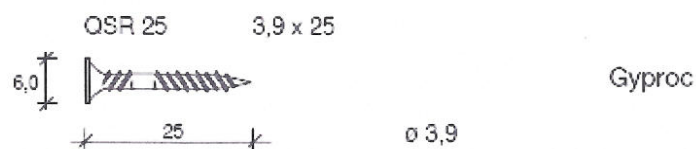
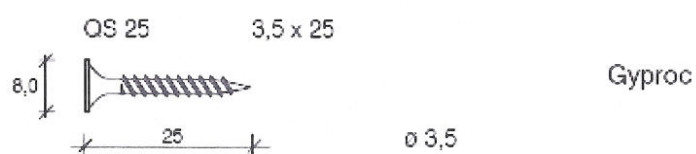
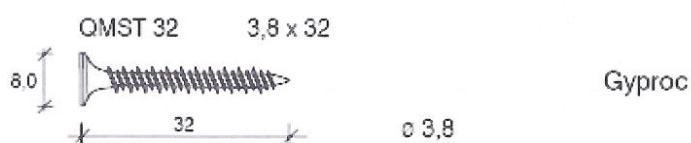
- Jos levyt ja liittimet ovat tyypiltään ja mitoiltaan samanlaiset, niin seinän vaakaleikkausvoimakestävyys lasketaan molempien levytysten summana.
- Jos käytetään erityyppisiä levyjä, mutta siirtymäkertoimeltaan samanlaisia liittimiä, voidaan yleensä ottaa huomioon 75% heikomman puolen vaakaleikkausvoimakestävydestä. Muissa tapauksissa vahvemman puolen vaakaleikkausvoimakestävyteen saadaan lisätä enintään 50% heikomman puolen kestävydestä.

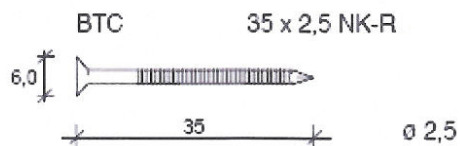
## KIINNIKETYYPIT

### Ruuvit puurankaan

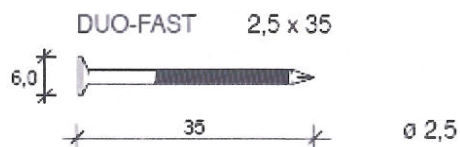


### Ruuvit metallirankaan

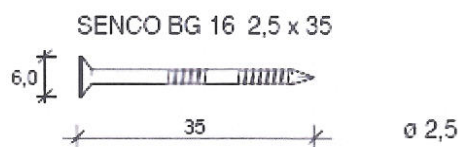


**Konenaulat puurankaan**


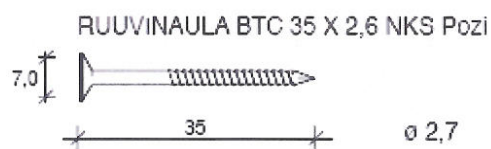
BeA Finland



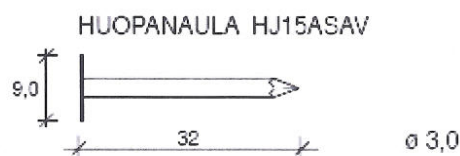
Oy Kartro Ab



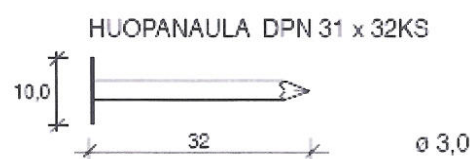
Oy Mechelin Company Ab

**Ruuvinaula puurankaan**


BeA Finland

**Huopanaulat puurankaan**


Oy Mechelin Company Ab



BeA Finland