

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikka

Tutkintotyö

Teemu Tuominen

KEHÄVÄLIN JA PILARIEN LUKUMÄÄRÄN VAIKUTUS KUSTANNUKSIIN

Työn ohjaaja

DI Raimo Koreasalo

Työn teettäjä

Insinööritoimisto Narmaplan Oy

Tampere 2006

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka

Talonrakennustekniikka

Teemu Tuominen Kehävälin ja pilarien lukumäärän vaikutus kustannuksiin

Tutkintotyö 42 sivua + 131 liitesivua, CD-ROM

Työn ohjaaja DI Raimo Koreasalo

Työn teettäjä Insinööritoimisto Narmaplan Oy

Toukokuu 2006

Hakusanat Liimapuu, kehäväli, pilari, ripustuskuorma, kustannuslaskenta

TIIVISTELMÄ

Tämä insinöörityö on tehty Insinööritoimisto Narmaplan Oy:n toimeksiannosta Rauman konttorissa.

Työn tarkoituksena oli tutkia, miten liimapuurakenteisen liikerakennuksen kustannukset muuttuvat kehäväliä kasvatettaessa ja pilarien määrää lisättäessä. Samalla haluttiin selvittää, miten katon ripustuskuorman suuruus vaikuttaa rakenteiden poikkileikkauksiin ja sitä kautta kustannuksiin.

Mitoitettavaksi kohteeksi valittiin Raumalle rakennettava liimapuurunkoinen liikerakennus. Mitoituksessa käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelmaan ja valmistajien suunnitteluohjeisiin perustuvia laskelmia. Kustannuslaskennan tuloksista pystyttiin huomaamaan, että kehävälin kasvaessa ja pilarien määrän lisääntyessä kustannukset pienenevät. Ripustuskuorman suuruudella oli hyvin pieni merkitys rakenteiden poikkileikkauksiin, mutta kuitenkin niin suuri, että samat poikkileikkaukset eivät käyneet molempiin. Tässä työssä saadut tulokset antavat suuntaa myös muiden liimapuuhallien kustannusten suunnitteluun, mutta mitään yleispätevää ohjetta ei kuitenkaan voida antaa.

TAMPERE POLYTECHNIC

Department of Construction Technology

Building construction

Teemu Tuominen Column spacing and amount of columns affects building costs

Engineering Thesis 42 pages + 131 appendices, CD-ROM

Thesis Supervisor Raimo Koreasalo M. Sc.

Commissioning Company Insinööritoimisto Narmaplan Oy

May 2006

Keywords Glued laminated timber, column spacing, column, hanging loads, cost accounting

ABSTRACT

This engineering thesis is made assignment for Narmaplan Oy, in their Rauma`s branch office.

The subject of this thesis is investigating glued laminated timber structure in commercial buildings costs, when column spacing changes and few more columns are added. At the same time wanted to find out how ceilings hanging loads affects structures cross sections, and that way also in building costs.

Dimensioned target is going to build in Rauma, at industrial area. Instructions for dimensioning where used Suomen rakentamismääräyskokoelma and manufactures own design standards. Cost accounting results were able to notice that, when column spacing and columns amount growth costs diminish. Hanging loads effect in cross sections where quite small, but how ever we can not use the same cross sections in both alternatives. Results of this thesis, gives direction for other glued laminated timber buildings cost designing, but nothing universal instructions can not be given.

SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO	4
LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET	5
1 JOHDANTO	9
2 PERUSTUKSET	11
2.1 PILARIANTURAT	11
2.2 PERUSPILARIT	15
3 TERÄSOHUTLEVY SANDWICH-ULKOSEINÄ	15
4 PILARIT	16
4.1 PÄÄPILARIT	16
4.2 TUULIPILARIT	24
5 PALKIT	26
5.1 SOKKELIPALKIT	26
5.2 PÄÄTYPALKIT	26
5.3 HARJA- JA KIILAPALKIT	28
5.4 JÄYKISTEET	29
6 TERÄSPOIMULEVY	36
7 LIITOKSET	37
8 KUSTANNUKSET	38
9 YHTEENVETO	39
LÄHTEET	41
LIITTEET	42

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

Ei sisällä kaikkia merkintöjä, suurin osa merkinnöistä on mainittu tekstin yhteydessä.

VE1	vaihtoehto 1
VE2	vaihtoehto 2
VE3	vaihtoehto 3
VE4	vaihtoehto 4
VE5	vaihtoehto 5
VE6	vaihtoehto 6
VE7	vaihtoehto 7
B	leveys
H	korkeus
KRT	käyttörajatila
MRT	murtorajatila
tth/yks.	työntekijätuntia/yksikkö
TL3	lisäaikakerroin

Pilarianturoiden laskennassa käytetyt merkinnät:

G_1	seinän ja sokkelin paino
G_2	anturan ja peruspilarin paino
G_3	anturan päällä olevan täytesoran paino
G_4	lattialaatan paino
δ_{maa}	anturan kantavuus
$\delta_{maa,sall}$	maapohjan sallittu kantavuus
$\delta_{maa,murto}$	maapohjan kantavuus jossa tapahtuu murtuma
a	kaatumispisteen etäisyys reunasta
$B_1 = B$	pilarin syvyys
H_1	pilarianturan korkeus
H_2	etäisyys pilarianturan päältä alapohjan yläpintaan

H_3	alapohjan korkeus
z_1	seinän ja sokkelipalkin painopisteen etäisyys kaatumispisteestä
z_2	anturan ja peruspilarin painopisteen etäisyys kaatumispisteestä
z_3	anturan päällä olevan täytesoran painopisteen etäisyys kaatumispisteestä
z_4	lattialaatan painopisteen etäisyys kaatumispisteestä

Pilarien laskennassa käytetyt merkinnät:

Pääpilarit + Tuulipilarit

L	pilariväli
B	kehäväli
$g_{k,katto}$	vesikaton ominaiskuorma
$g_{k,palkki}$	harja- / kiilapalkin ominaiskuorma
$g_{k,pilari}$	pääpilarin ominaiskuorma
$q_{k,lumi}$	lumen ominaiskuorma
C_p	tuulen painekerroin
h	pilarin yläpään ylitse menevä korkeus
l	pilarin korkeus

Tuulipilarit

g_{palkki}	päätypalkin ominaiskuorma
g_{pilari}	tuulipilarin ominaiskuorma
H	tuulipilarin korkeus
B	tuulipilarin etäisyys kantavasta kattopalkista / 2 (kuormitusleveys)
L	tuulipilarien väli (kuormitusleveys)

Palkkien laskennassa käytetyt merkinnät:

B	palkin leveys
H	palkin korkeus
B_p	palkin leveys palotilanteessa
H_p	palkin korkeus palotilanteessa

Harja- ja kiilapalkkien laskennassa käytetyt merkinnät:

$P_{g,k}$	yhteensä rakenteiden ominaiskuorma
$g_{k,katto}$	vesikaton ominaiskuorma
$k - k$	kehäväli
$g_{k,jäykisteet}$	jäykisteiden ominaiskuorma
$P_{q,k}$	lumen paino
$q_{k,lumi}$	lumen ominaiskuorma
b	jäykisteen poikkileikkauksen leveys
h	jäykisteen poikkileikkauksen korkeus
n	jäykisteiden määrä
L	rakennuksen leveys

Kantavan teräspoimulevyn laskennassa käytetyt merkinnät:

KRT	käyttörajatila
MRT	murtorajatila
P_k	yhteensä vesikaton kuorma käyttörajatilassa
P_d	yhteensä vesikaton kuorma murtorajatilassa
g_k	vesikattorakenteen ominaiskuorma (ilman poimulevyä)
q_k	lumen ominaiskuorma
L	kantavan teräspoimulevyn tukiväli

Jäykistävien rakenteiden laskennassa käytetyt merkinnät:

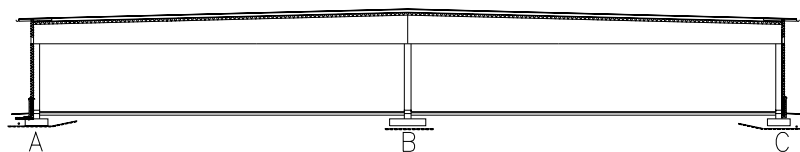
q_w	tuulesta aiheutuva kuormitus käyttörajatilassa
q_{wd}	tuulesta aiheutuva kuormitus murtorajatilassa
$q_{k,tuuli}$	tuulen nopeuspaine
C_p	tuulen painekerroin
H	rakennuksen päädyn korkeus
l	jäykisteiden etäisyys toisista
L	rakennuksen leveys, puristus mitoituksessa nurjahdus sauvan pituus
N_d	pilarin normaalivoima, puristus mitoituksessa jäykisteen puristusrasitus ja vetorasi- tuksessa jäykisteen vetorasitus
n	pilarien määrä pituussuunnassa
b	poikkileikkauksen leveys
h	poikkileikkauksen korkeus
I	jäyhyysmomentti
A	pinta-ala
i	jäyhyyssäde
L_c	nurjahduspituus
λ	hoikkuus luku
k_s	nurjahduksen huomioon ottava kerroin
δ_c	puristusjäännitys
δ_b	taivutusjäännitys
δ_t	vetojäännitys
f_c	puristuslujuus
f_b	taivutuslujuus
f_t	vetolujuus

1 JOHDANTO

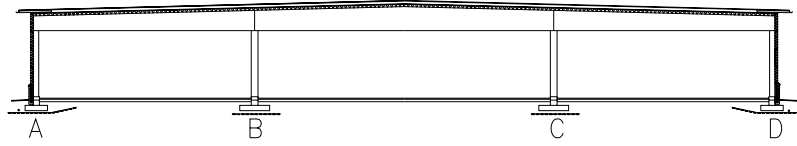
Työssä selvitetään, kuinka paljon kustannukset muuttuvat, kun kehäväliä kasvatetaan 6 metristä 7,2 metriin ja pilarien määrää kehällä lisätään molemmissa tapauksissa 2:stä 3:een (kuvat 1-3). Tällöin saadaan kuusi tarkasteltavaa vaihtoehtoa. Hailuttiin myös selvittää, miten ripustuskuorman muutos 50 kg:sta 20 kg:aan vaikuttaa rakenteen poikkileikkauksiin ja sitä kautta myös kustannuksiin. Tähän tarkasteluun valitaan yksi edellisistä vaihtoehdoista, joka tällöin mitoitetaan 50 kg:n sekä 20 kg:n ripustuskuormalla. Kaikkien vaihtoehto erojen huomaaminen onnistuu parhaiten katsomalla piirustuksia (liite 1).

Tarkoituksena ei ole mitoitaa kaikkia rakenneosia tarkasti vaan ainoastaan työntarkoitukseen soveltuvien osien. Rakenteiden mitoitukset tehdään Suomen rakentamismääräyskokoelmien mukaan. Suurin osa laskennasta tehdään käsin laskien, mutta apuna on käytetty myös itse tehtyjä tietokoneen laskentataulukoita ja valmistajien tekemiä laskentaohjelmia. Kustannuslaskenta tehdään rakennustöiden menekkien ja rakennusosien kustannusten pohjalta tietokoneen laskentataulukon. Kustannusten vertailussa ei ole tarkoituksenmukaista käydä jokaista työvaihetta läpi, vaan ainoastaan niiltä osin joissa rakenteet ovat toisistaan poikkeavia.

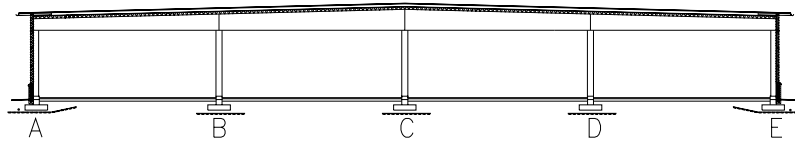
Tämäntyyppisen vertailun tekeminen selventää jatkossakin suunniteltavien hallien kustannuksien riippuvuutta jännevälien suhteen ja kuinka suuri vaikutus on ripustuskuormilla, jotka voivat tuntua joskus pieniltä. Rakennuttajalle on myös helpompi osoittaa, miten paljon kustannukset vaihtelevat esimerkiksi lisättäessä kaksi pilaria kehälle lisää. Tässä tapauksessa rakennuttaja saa valita, kumpi on kannattavampi vaihtoehto, laittaa yksi pilari kehän keskelle ja pitää näin tilaa helpommin muunneltavana vai hyväksyä viisi pilaria kehällä, jotka hieman enemmän rajoittavat tilan käyttöä.



Kuva 1 Leikkaus kehältä, vaihtoehdot 1 ja 4 (liite 1)



Kuva 2 Leikkaus kehältä vaihtoehdot 2, 5 ja 7 (liite 1)



Kuva 3 Leikkaus kehältä vaihtoehdot 3 ja 6 (liite 1)

Lähtötiedot

Mitoitettava kohde on Raumalle rakennettava suurehko liikerakennus, jonka rakennuspaikka on teollisuusalueella. Maapohjatutkimukset on tehty ja niistä on selvinnyt, että alueella on savea ja moreenia, ja kalliopinta laskee jyrkästi rakennuksen toiseen päähän mentäessä. Rakennuksen yhdellä kulmalla kallio on aivan pinnassa ja syvimmässä kohtaa se on 7 metrin syvyydessä. Tämän takia muutamat perustukset voitaisiin viedä paaluilla kallioon asti ja osassa olisi järkevämpää käyttää maanvaraista pilarianturaa. Jotta tässä työssä saatuja tuloksia voidaan verrata muihin kohteisiin, täytyy olettaa, että kaikki anturat ovat samanlaisia keskenään. Arkkitehti on jo valmiiksi valinnut yläpohjaan ja alapohjaan tietynlaiset materiaalit, joita käytetään kaikissa vaihtoehdoissa. Rakennuksen runkomateriaaliksi on valittu liimapuuta ja rungoiksi pilari-palkki rakenne. Pilarien määrä kehällä saa vaihdella 3:sta 5:een ja kattopalkkien mitoille ei ole annettu arvoja. Kerroskorkeus tulee olla 4,5 metriä ja rakennuksen ulkomitat 50 m x 80 m.

Lähtötiedot lukuina

Sijainti:	Rauma (Teollisuusalue)
Ulkomitat:	50 m x 80 m
Vapaa korkeus:	4,5 m
Käyttötarkoitus:	Myymälä
Palonkestoluokka:	30 min
Rakennustyyppi:	Pilari-palkki rakenne
Kantavarunko:	Teräsbetoni-pilarianturat + Liimapuupilarit + Liimapuuharja-/kiilapalkit
Ulkoseinä:	Teräsohutlevy sandwich
Yläpohja:	Kantava teräspoimulevy
Alapohja:	Mosaiikkibetonilaatta + maanvarainen teräsbetonilaatta

2 PERUSTUKSET

2.1 Pilarianturat

Pilarianturoiden mitoituksessa ei aleta tarkastella raudoituksia eikä muitakaan tarkempia kestävyyskysymyksiä, koska kyseessä on kuitenkin vasta alustava mitoitus. Halutaan tietää ainoastaan pilarianturan koko. Asioita, joita pilarianturan mitoituksessa on otettava huomioon, ovat maapohjan kantavuus keskeiselle kuormitukselle ja varmuus kaatumista vastaan.

Rakennuksen reunoilla olevien pilarianturoiden laskennassa huomioidaan myös teräsbetonilattian, sokkelipalkin ja teräslevyseinän vaikutukset. Pilarianturaa mitoitettaessa varmuus kaatumista vastaan yritetään pitää välillä 1,5-2, mutta joissakin tapauksissa se ei ole mahdollista keskeisen kuormituksen ollessa mitoittavampi asia. /1; 6/

Mitoitus

Tarkistus keskeiselle kuormitukselle ($M = 0$):

$$\Sigma N_{\max} = N_{\max} + G_1 + G_2 + G_3 + G_4$$

$$\delta_{maa} = L / 2 \frac{N_{\max}}{B * L} < \delta_{maa,sall}$$

Tarkistus kaatumista vastaan:

$$\Sigma N_{\min} = N_{\min} + G_1 + G_2 + G_3 + G_4$$

$$\delta_{maa,murto} = 3 * \delta_{maa,sall}$$

$$\Sigma N_{\max} = \delta_{maa,murto} * 2 * a * B$$

Johdetaan edellistä kaavaa

$$a = \frac{\Sigma N_{\min}}{\delta_{maa,murto} * 2 * B}$$

Kaatava momentti

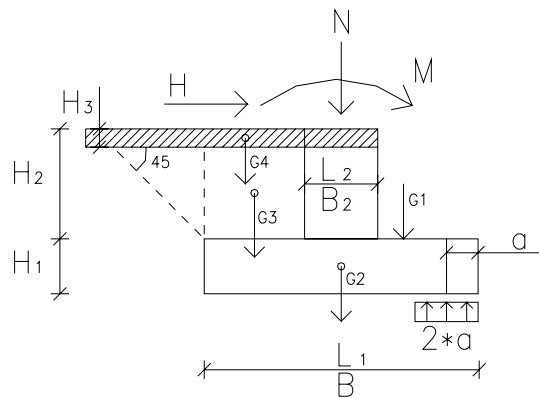
$$M_{kaat} = M + H * (H_1 + H_2)$$

Pystyssä pitävä momentti

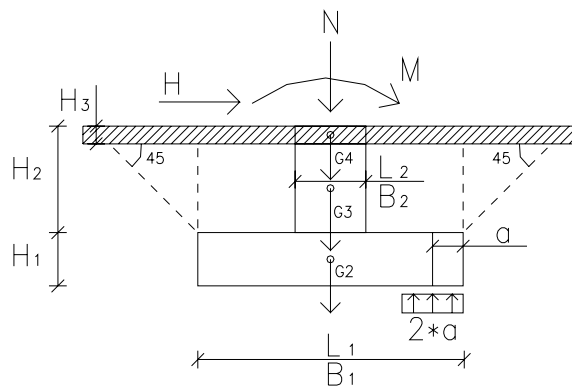
$$M_{stab} = N_{\min} * z_2 + G_1 * z_1 + G_2 * z_2 + G_3 * z_3 + G_4 * z_4$$

Varmuus kaatumista vastaan

$$\gamma = \frac{M_{stab}}{M_{kaat}} > 1,5$$



Kuva 4 Reunassa olevan pilariantura mitoitus tietoja



Kuva 5 Keskellä olevan pilarianturan mitoitus tietoja

Excel-työkirjaan syötettävät tiedot, joista ohjelma laskee edellä olevien kaavojen mukaisesti.

- H_1 = Pilarianturan korkeus
- L_1 = Pilarianturan leveys
- B_1 = Pilarianturan syvyys
- L_2 = Peruspilarin leveys
- Peltiseinä H = Peltiseinän korkeus
- M = Momentti
- H = Vaakavoima
- N_{\max} = Suurin pystyvoima
- N_{\min} = Pienin pystyvoima
- k-k = kehäväli

Muut tarvittavat tiedot ovat kaikissa vaihtoehdoissa samat, joten ne on syötetty laskentaohjelmaan jo valmiiksi.

Kaikkien vaihtoehtojen pilarianturoiden lujuuslaskennat löytyvät liitteestä 2.

Tulokset

Kehän keskellä olevia pilarianturoita mitoitettaessa tärkeimmäksi kriteeriksi mitoituksessa tuli pilarianturan koon valitseminen niin, että maapohjan sallittua kantavuutta ei ylitetty. Reunoilla oleville pilarianturoille tuli suuria momentteja, jolloin pilarianturan kaatuminenkin tuli joskus mitoitettavaksi arvoksi, vaikka se oli harvinaista. Keskellä momentit jäivät niin pieniksi, että varmuus kaatumista vastaan oli moninkertainen reunoihin verrattaessa (liite 2).

Taulukko 1 Pääpilareiden anturoiden poikkileikkaukset (liite 2)

	Reunassa olevat anturat (mm) L x B x H	Välissä olevat anturat (mm) L x B x H	Keskellä olevat anturat (mm) L x B x H
VE1	1500x1400x400		2000x2000x600
VE2	1500x1200x350		1600x1600x450
VE3	1500x1000x300	1400x1400x400	1400x1400x400
VE4	1600x1500x450		2100x2100x600
VE5	1600x1400x400		1800x1800x500
VE6	1500x1400x400	1500x1500x400	1500x1500x400
VE7	1600x1400x400		1700x1700x500

Taulukko 2 Pääpilareiden peruspilarien poikkileikkaukset (liite 2)

	Reunassa olevat peruspilarit (mm) L x B x H	Välissä olevat peruspilarit (mm) L x B x H	Keskellä olevat peruspilarit (mm) L x B x H
VE1	400x400x350		450x400x350
VE2	400x400x350		450x400x350
VE3	400x400x350	400x400x350	400x400x350
VE4	450x400x350		500x400x350
VE5	400x400x350		500x400x350
VE6	400x400x350		400x400x350
VE7	400x400x350		450x400x350

Taulukko 3 Tuulipilarien anturoiden ja peruspilarien poikkileikkaukset (liite 2)

	Anturoiden koko (mm) L x B x H	Peruspilarit (mm) L x B x H
VE1	1000x1000x300	300x300x350
VE2	1000x1000x300	300x300x350
VE3	1000x1000x300	300x300x350
VE4	1000x1000x300	350x300x350
VE5	1200x1200x350	350x300x350
VE6	1000x1000x300	350x300x350
VE7	1200x1200x350	350x300x350

2.2 Peruspilarit

Peruspilarit mitoitetaan korkeuden puolesta niin, että peruspultit, joita käytetään puupilarin ja perustuksien liitoksissa mahtuvat peruspilarin sisään. Peruspultit valitaan mahdollisimman lyhyiksi, koska silloin työ- ja materiaalikustannukset jäävät pienemmiksi. Jos peruspultit asennettaisiin osittain anturaan, voitaisiin päästä vieläkin lyhyempiin peruspilareihin. Puupilarin alapään tulee olla Wood Focuksen ohjeiden mukaan 100 mm lattiapinnasta ylempänä, joka taas asettaa peruspilarin yläpinnan koron. /5/

Peruspilarien leveyksien valinnassa käytetään mahdollisimman pieniä mittoja, jotta peruspulttien minimi reuna- ja keskiöetäisyydet antavat käytettävät mitat. Kuitenkin joissakin tapauksissa liitettävän puupilarin koko asettaa joitakin vaatimuksia, jolloin peruspulttien minimietäisyyksistä voidaan luopua. Raudoituksella kuitenkin loppujen lopuksi viedään voimat anturalle. Peruspilarien mitat lasketaan pilarianturoita mitoitettaessa. /4/

3 TERÄSOHUTLEVY SANDWICH-ULKOSEINÄ

Ulkoseinän on arkkitehti valinnut tehtävän 200 mm paksuisista teräsohutlevy sandwich-elementeistä. Tarkistetaan valmistajalta, että tukileveys ja tukiväli ovat riittäviä. Muistetaan varmistaa myös, ettei rakenteen korkeus ylitä sallittua maksimikorkeutta, josta voisi johtua alimman elementin lommahtaminen. Tarkistuksen

jälkeen huomataan, että 200 mm paksu teräsohutlevy sandwich-elementti kestää kaikissa tapauksissa. /6; 8/

4 PILARIT

Pilarit mitoitetaan rakentamismääräys kokoelman B10:nen mukaan. Pilareihin kohdistuvien voimien laskennassa käytetään kuormitustapausta täysituuli + täysilumi, joka antaa kaikista pahimman kuormituksen. Kehällä olevat puupilarit mitoitetaan mastojäykistettyinä, kun taas päädyssä olevat tuulipilarit nivellisinä. Tuulipilareiden mitoituksessa otetaan suurin kuormitusleveys katolta sekä seinästä ja pilarin korkeudeksi valitaan seinän korkein kohta. Tuulipilareiden jako ei ole koko seinän matkalla sama, mutta kuitenkin käytetään samaa poikkileikkausta kaikissa päädyn tuulipilareissa. /1; 6; 7; 10/

4.1 Pääpilarit

Mitoitus

Lasketaan kuormitustapauksen täysilumi – täysituuli mukaan.

Normaalivoima pysyvistä kuormista:

$$N_{g,reuna} = L/2 * B * g_{k,katto} + g_{k,palkki} + g_{k,pilari}$$

$$N_{g,kesk.} = L/2 * B * g_{k,katto} + g_{k,palkki} + g_{k,pilari}$$

Normaalivoima muuttuvista kuormista (lumi):

$$N_{q,reuna} = L/2 * B * q_{k,lumi}$$

$$N_{q,kesk.} = L/2 * B * q_{k,lumi}$$

Tuulikuorma (paine):

$$q_w = q_{k,tuuli} * C_p * B$$

Tuulikuorma (imu):

$$q_w = q_{k,tuuli} * C_p * B$$

Tuulesta aiheutuva pistekuorma pilarin päässä (paine):

$$F_w = h * q_w$$

Tuulesta aiheutuva pistekuorma pilarin päässä (imu):

$$F_w^{\wedge} = h * q_w^{\wedge}$$

Elementtirakenteiden epäkeskinen sijoitus huomioidaan lisävaakavoimana N/150:

$$F_{g,reuna} = N_{g,reuna} / 150$$

$$F_{q,reuna} = N_{q,reuna} / 150$$

$$F_{g,kesk.} = N_{g,kesk.} / 150$$

$$F_{q,kesk.} = N_{q,kesk.} / 150$$

Edelliset kuormat laskenta-arvoina

$$N_{gd,reuna} = 1,2 * N_{g,reuna}$$

$$N_{gd,kesk.} = 1,2 * N_{g,kesk.}$$

$$N_{qd,reuna} = 1,6 * N_{q,reuna}$$

$$N_{qd,kesk.} = 1,6 * N_{q,kesk.}$$

$$q_{wd} = 1,6 * q_w$$

$$q_{wd}^{\wedge} = 1,6 * q_w^{\wedge}$$

$$F_{wd} = 1,6 * F_w$$

$$F_{wd}^{\wedge} = 1,6 * F_w^{\wedge}$$

$$F_{gd,reuna} = 1,2 * F_{g,reuna}$$

$$F_{gd,kesk.} = 1,2 * F_{g,kesk.}$$

$$F_{qd,reuna} = 1,6 * F_{q,reuna}$$

$$F_{qd,kesk.} = 1,6 * F_{q,kesk.}$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin yläpäässä:

Painepuoli

$$F_{d,reuna} = F_{gd,reuna} + F_{qd,reuna} + F_{wd}$$

Imupuoli

$$F_{d,reuna}^{\wedge} = F_{gd,reuna} + F_{qd,reuna} + F_{wd}^{\wedge}$$

Keskellä

$$F_{d,kesk.} = F_{gd,kesk.} + F_{qd,kesk.}$$

Osamomentit saadaan taipumakaavojen muodostaman tasapainoehtojen mukaan.

Tuulen paine:

$$R_d = \frac{3}{24} * q_{wd} * l$$

$$M_{Aq} = \frac{q_{wd} * l^2}{2} - R_d * l$$

$$M_{Bq} = M_{Cq} = R_d * l$$

Tuulen imu:

$$M_{Cq}^{\wedge} = \frac{5}{7} * M_{Aq}$$

$$M_{Bq}^{\wedge} = M_{Aq}^{\wedge} = \frac{5}{7} * M_{Bq}$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat jakautuvat tasan kaikille pilareille:

$$M_F = \frac{(F_{d,reuna} + F_{d,reuna}^{\wedge} + F_{d,kesk.}) * l}{3}$$

Osamomenttien yhdistäminen:

$$M_A = M_{Aq} + M_{Aq}^{\wedge} + M_F$$

$$M_B = M_{Bq} + M_{Bq}^{\wedge} + M_F$$

$$M_C = M_{Cq} + M_{Cq} + M_F$$

Normaalivoima:

$$N_{dA} = N_{dC} = N_{gd, reuna} + N_{qd, reuna}$$

$$N_{dB} = N_{gd, kesk.} + N_{qd, kesk.}$$

Mitoittavat voimasuureet:

Reunassa

M_d = Reunassa olevan pilarin suurin momentti

N_d = Normaalivoima

Keskellä

M_d = Keskellä olevan pilarin suurin momentti

N_d = Normaalivoima

Taipumat

Tarkistetaan taipuman suurin arvo, laskennassa käytetään ominaiskuormia.

Tuulikuorman reaktio palkille (paine):

$$R = \frac{3}{16} * q_w * l$$

Tuulikuorman reaktio palkille (imu):

$$R = \frac{5}{7} * R$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin päässä

Reunassa:

$$R_F = \frac{F_w + F_w' + F_{g, reuna} + F_{q, reuna}}{3}$$

Ulkoiset ja sisäiset reaktiot yhdistettynä

$$\Sigma F_i = R_F + R' - R$$

Keskellä:

$$R_F = \frac{F_w + F_w' + F_{g, kesk.} + F_{q, kesk.}}{3}$$

Ulkoiset ja sisäiset reaktiot yhdistettynä

$$\Sigma F_i = R_F + R' - R$$

Excel-työkirjaan syötettävät tiedot, joista ohjelma laskee edellä olevien kaavojen mukaisesti.

- M_d = Suurin momentti
- N_d = Normaalivoima
- ΣF_i = Vaakasuuntainen pistekuorma pilarin yläpäässä
- q_w = Tuulikuorma pilarille.

Pilarien palomitoitus

Osavarmuuskerroin 1

Lumi 50 %

Tuuli 30 %

Käytetään osittain laskennassa aikaisemmin laskettuja arvoja.

Normaalivoima pysyvistä kuormista:

$$N_{g, reuna, p} = N_{g, reuna}$$

$$N_{g, kesk., p} = N_{g, kesk.}$$

Normaalivoima muuttuvista kuormista (lumi):

$$N_{q, reuna, p} = 50\% * N_{q, reuna}$$

$$N_{q, kesk., p} = 50\% * N_{q, kesk.}$$

Tuulikuorma (paine):

$$q_{w, p} = 30\% * q_w$$

Tuulikuorma (imu):

$$q'_{w, p} = 30\% * q'_w$$

Tuulesta aiheutuva pistekuorma pilarin päässä (paine):

$$F_{w, p} = 30\% * F_w$$

Tuulesta aiheutuva pistekuorma pilarin päässä (imu):

$$F'_{w, p} = 30\% * F'_w$$

Elementtirakenteiden epäkeskinen sijoitus huomioidaan lisävaakavoimana N/150:

$$F_{g, reuna, p} = F_{g, reuna}$$

$$F_{q, reuna, p} = 50\% * F_{q, reuna}$$

$$F_{g, kesk., p} = F_{g, kesk.}$$

$$F_{q, kesk., p} = 50\% * F_{q, kesk.}$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin yläpäässä:

Painepuoli

$$F_{reuna, p} = F_{g, reuna, p} + F_{q, reuna, p} + F_{w, p}$$

Imupuoli

$$F'_{reuna, p} = F_{g, reuna, p} + F_{q, reuna, p} + F'_{w, p}$$

Keskellä

$$F_{kesk., p} = F_{g, kesk., p} + F_{q, kesk., p}$$

Osamomentit saadaan taipumakaavojen muodostaman tasapainoehtojen mukaan.

Tuulen paine:

$$R_p = \frac{3}{24} * q_{w,p} * l$$

$$M_{Aq,p} = \frac{q_{w,p} * l^2}{2} - R_p * l$$

$$M_{Bq,p} = M_{Cq,p} = R_p * l$$

Tuulen imu:

$$M_{Cq,p} \hat{=} \frac{5}{7} * M_{Aq,p}$$

$$M_{Bq,p} \hat{=} M_{Aq,p} \hat{=} \frac{5}{7} * M_{Bq,p}$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat jakautuvat tasan kaikille pilareille:

$$M_{F,p} = \frac{(F_{reuna,p} + F_{reuna,p} \hat{=} + F_{kesk.,p}) * l}{3}$$

Osamomenttien yhdistäminen:

$$M_{A,p} = M_{Aq,p} + M_{Aq,p} \hat{=} + M_{F,p}$$

$$M_{B,p} = M_{Bq,p} + M_{Bq,p} \hat{=} + M_{F,p}$$

$$M_{C,p} = M_{Cq,p} + M_{Cq,p} \hat{=} + M_{F,p}$$

Normaalivoima:

$$N_{dA,p} = N_{dC,p} = N_{g,reuna,p} + N_{q,reuna,p}$$

$$N_{dB,p} = N_{g,kesk.,p} + N_{q,kesk.,p}$$

Mitoittavat voimasuureet:

Reunassa

$M_{d,p}$ = Reunassa olevan pilarin suurin momentti

$N_{d,p}$ = Normaalivoima

Keskellä

$M_{d,p}$ = Keskellä olevan pilarin suurin momentti

$N_{d,p}$ = Normaalivoima

Taipumat

Tarkistetaan taipuman suurin arvo, laskennassa käytetään ominaiskuormia.

Tuulikuorman reaktio palkille (paine):

$$R_p = \frac{3}{16} * q_{w,p} * l$$

Tuulikuorman reaktio palkille (imu):

$$R_p' = \frac{5}{7} * R_p$$

Vaakasuntaiset pistekuormat pilarin päässä

Reunassa:

$$R_{F,p} = \frac{F_{w,p} + F_{w,p}' + F_{g,reuna,p} + F_{q,reuna,p}}{3}$$

Ulkoiset ja sisäiset reaktiot yhdistettynä

$$\Sigma F_{i,p} = R_{F,p} + R_p' - R_p$$

Keskellä:

$$R_{F,p} = \frac{F_{w,p} + F_{w,p}' + F_{g,kesk.,p} + F_{q,kesk.,p}}{3}$$

Ulkoiset ja sisäiset reaktiot yhdistettynä

$$\Sigma F_{i,p} = R_{F,p} + R_p' - R_p$$

Excel-työkirjaan syötettävät tiedot joista, ohjelma laskee edellä olevien kaavojen mukaisesti.

$M_{d,p}$ = Suurin momentti

$N_{d,p}$ = Normaalivoima

$\Sigma F_{i,p}$ = Vaakasuuntainen pistekuorma pilarin yläpäässä

$q_{w,p}$ = Tuulikuorma pilarille

$B \times H$ = Pilarin mitoituksessa saatu poikkileikkaus

Tulokset

Taulukko 4 Pääpilareiden poikkileikkaukset (liite 3)

	VE1		VE2		VE3		
Pilarit	A=C	B	A=D	B=C	A=E	B=D	C
Poikkileikkaus	215x405	215x450	165x360	165x450	165x360	165x405	165x405

Taulukko 5 Pääpilareiden poikkileikkaukset (liite 3)

	VE4		VE5		VE6		
Pilarit	A=C	B	A=D	B=C	A=E	B=D	C
Poikkileikkaus	215x450	215x495	165x405	165x495	165x405	165x405	165x405

Taulukko 6 Pääpilareiden poikkileikkaukset (liite 3)

	VE7	
Pilarit	A=D	B=C
Poikkileikkaus	165x405	165x450

4.2 Tuulipilarit

Mitoitus

Wood Focuksen pilarin mitoitusohjelmaan syötettävät tiedot:

- pilarin korkeus
- pilarien väli

- kuormitus ala = $B \times L$

- tuulenpaine:

$$q_k = q_{k,tuuli} * C_p$$

- normaalivoima:

$$F_d = L * (g_d + q_d) + g_{pilari} * H * 1,2$$

$$g_d = (B * g_{k,katto} + g_{palkki}) * 1,2$$

$$q_d = B * q_{k,lumi} * 1,6$$

Tuulipilarien palomitoitus

Lasketaan samalla tavalla kuin edellä mutta seuraavin poikkeuksin:

Osavarmuuskerroin 1

Lumi 50 %

Tuuli 30 %

Poikkileikkauksen hiiltymissyvyyden pienennys

hiiltymisnopeus $\beta = 0,7 \text{ mm} / \text{min}$

paloaika $t = 30 \text{ min}$

hiiltymissyvyys $x = \beta * t$

Poikkileikkaus palotilanteessa

$$B_p = B - 2 * x$$

$$H_p = H - 2 * x$$

Wood Focuksen pilarin mitoitusohjelmaan syötettävät tiedot:

- aikaisemmin saatu pilarin poikkileikkaus vähennettynä hiiltymisen osuus
- pilarin korkeus
- pilarien väli

- kuormitus ala = $B \times L$
- tuulenpaine:
 $q_k = q_{k,tuuli} * C_p * 30\%$
- normaalivoima:
 $F_k = L * (g_k + q_k) + g_{pilari} * H$
 $g_k = (B * g_{k,katto} + g_{palkki})$
 $q_k = B * q_{k,lumi} * 50\%$

Kaikkien vaihtoehtojen pilareiden lujuuslaskennat löytyvät liitteestä 3.

Tulokset

Taulukko 7 Tuulipilareiden poikkileikkaukset (liite 3)

	VE1	VE2	VE3	VE4	VE5	VE6	VE7
Poikkileikkaus	165x180	165x180	165x180	190x225	190x225	190x180	190x180

5 PALKIT

5.1 Sokkelipalkit

Arkkitehtisuunnitelmissa on annettu suuntaa antavat mitat ja paksuudet. Sokkelipalkin sisäkuorena käytetään 100 mm betonia ja ulkokuorena 80 mm betonia, joiden väliin asennetaan 100 mm EPS -eristelevy. Sokkelipalkin korkeus sovitetaan niin, että sokkelia jää maanpinnan yläpuolella noin metrin verran. Kiinnitykset tehdään anturoihin terästapeilla ja puupilareihin pulteilla. /2/

5.2 Päätypalkit

Palkit mitoitetaan rakentamismääräys kokoelman B10 mukaan. Palkkien mitoituksessa rajoittavaksi tekijäksi muodostuu yleensä taipuma. Tätä vaikutusta vastaan palkit mitoitetaan 2-aukkoisena rakenteena ja etsitään vaarallisin vaikutus paikka. Muutamassa tapauksessa jännevälit pienenevät keskemälle mentäessä, jolloin

mahdollisesti pienempikin palkki riittäisi. Kuitenkin käytetään koko pään osalta samaa poikkileikkausta. /6; 7/

Mitoitus

Päätypalkit mitoitetaan vähintään 165 mm levyisenä ja 2-aukkoisena palkkina, koska poimulevyn tukipintana käytetään 150 mm ja käytettäessä 2-aukkoista rakennetta saadaan pienennettyä taipumia. Mitoituksessa käytetään Pupax-ohjelmaa.

Pupax-ohjelmaan syötettävät tiedot:

- kuormitusleveys
- jänneväli
- pysyvä kuorma
- muuttuva kuorma
- taipuma
- materiaalitiedot (lujuus, kosteusluokka, aikaluokka).

Palomitoitus

Tarkistetaan Pupax-ohjelmalla, kestäkö edellisessä mitoituksessa saadut poikkileikkaukset palossa. Vaihdetaan osavarmuus kertoimet 1:ksi, muuttuvasta kuormasta (lumi) otetaan 50 % pois ja poikkileikkauksia pienennetään hiiltymisen verran. Palotilanteessa oletetaan hiiltymisen tapahtuvan joka puolella palkkia.

Palotilanteessa taipumalla ei ole merkitystä.

Poikkileikkauksen hiiltymissyvyyden pienennys

hiiltymisnopeus $\beta = 0,7 \text{ mm} / \text{min}$

paloaika $t = 30 \text{ min}$

hiiltymissyvyys $x = \beta * t$

Poikkileikkaus palotilanteessa

$$B_p = B - 2 * x$$

$$H_p = H - 2 * x$$

Pupax-ohjelmaan syötettävät tiedot:

- kuormitusleveys
- jänneväli
- pysyvä kuorma
- muuttuva kuorma
- poikkileikkaus.

Kaikkien vaihtoehtojen palkkien lujuuslaskennat löytyvät liitteestä 4.

Tulokset

Taulukko 8 Päätypalkkien poikkileikkaukset (liite 4)

	VE1	VE2	VE3	VE4	VE5	VE6	VE7
Poikkileikkaus	165x315	165x405	165x315	165x405	165x450	165x405	165x450

5.3 Harja- ja kiilapalkit

Harja- ja kiilapalkit mitoitetaan rakentamismääräys kokoelman B10:nen mukaan. Molemmat harja- sekä kiilapalkit mitoitetaan 1-aukkoisena palkkirakenteena, joka tukeutuu molemmista päistään puupilareihin. Mitoituksessa käytetään apuna Wood Focuksen harja- ja kiilapalkinmitoitushjelmaa, joka laskee myös samalla rakenteen toimivuuden palotilanteessa. Mitoitusohjelmaan syötetään kuormitustiedot, jonka jälkeen katsotaan, minkä kokoinen poikkileikkaus kestää kyseisen kuorman.
/5; 6; 7; 10/

Mitoitus

Mitoitusohjelmaan syötetään seuraavat kuormitus tiedot, jonka jälkeen katsotaan, minkä kokoinen poikkileikkaus kestää kyseisen kuorman.

Mitoitus ohjelmaan syötettävät tiedot:

- $P_{g,k} = g_{k,katto} * (k - k) + g_{k,jäykisteet}$
- $P_{q,k} = q_{k,lumi} * (k - k)$
- $g_{k,jäykisteet} = \frac{5kN / m^3 * b * h * (k - k) * n}{L}$

Kaikkien vaihtoehtojen harja- / kiilapalkkien lujuuslaskennat löytyvät liitteestä 5.

Tulokset

Taulukko 9 Harja- ja kiilapalkkien poikkileikkaukset (liite 5)

	Harjapalkki	Kiilapalkki
VE1	215x1280...1900-24800	
VE2	165x1350...1600...1350-20000	165x980...1350-14800
VE3		165x780...1090-12400 165x1090...1400-12400
VE4	215x1480...2100...1480-24800	
VE5	165x1550...1800...1550-20000	165x1180...1550-14800
VE6		165x880...1190-12400 165x1190-12400
VE7	165x1450...1700...1450-20000	165x1080...1450-14800

5.4 Jäykisteet

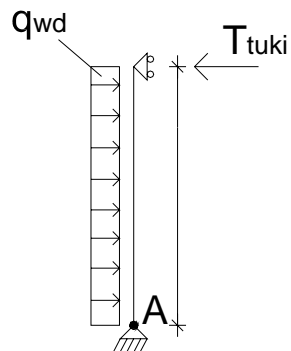
Rakennus toimii poikittaissuuntaan mastojäykistettynä rakenteena ja pituus suuntaan rakennus jäykistetään ristikoilla. Tuulipilarit mitoitetaan nivellisinä, mutta ne tukeutuvat alhaalla perustuksiin ja ylhäällä jäykistysristikoiden avulla viereisiin mastojäykistettyihin harja- ja kiilapalkkeihin, jolloin niistä muodostuu jäykkä kehärakenne. /6; 7/

Mitoitus

Tuulen vaikutuksesta aiheutuvat rasitukset

$$q_w = q_{k,tuuli} * C_p$$

$$q_{wd} = q_w * 1,6$$



Kuva 6 Tuulipilarin rakennekuva

$$\text{Momentti pisteen A ympäri} = \frac{-q_{wd} * H^2}{2} + T_{tuki} * H = 0$$

Edellisestä kaavasta saadaan

$$T_{tuki}$$

Tuulen voima, joka kohdistuu maksimissaan yhdelle jäykistävälle sauvalle.

$$T_{tuuli} = T_{tuki} * \frac{L}{2}$$

Palkkien kiepahdustuennasta johtuvat rasitukset

$$\text{Kiepahdustuennan metrikuorma} = K_{tuki}$$

Keskikenttä

$$T_{kiep.kesk.} = K_{tuki} * l$$

Päätykenttä

$$T_{kiep.pääty} = K_{tuki} * \frac{L}{2}$$

Pilarien nurjahdustuennasta johtuvat rasitukset

Jokainen puristussauva tuetaan sivusuunnassa vähintään voimalle:

Reuna

$$F_{d,r} = \frac{N_d}{80}$$

Keski

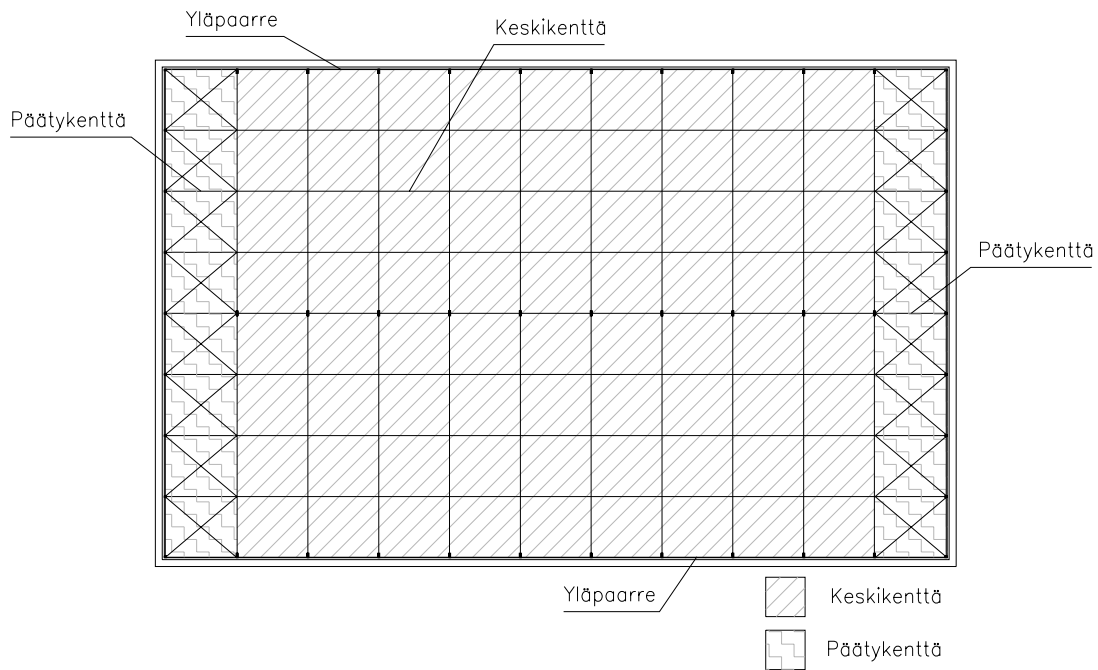
$$F_{d,k} = \frac{N_d}{80}$$

Katon jäykisteet

Mitoitetaan tapaukset kahdelle eri kehäjaolle ja niiden suurimpiin puristus rasitukseen. Katon jäykisteet jaetaan kolmeen eri tapaukseen päätykenttään, keskikenttään ja pitkänsivun yläpaarteeseen. Päätykenttä vie voimat pitkille sivuille, jossa yläpaarre ottaa voiman vastaan ja siirtää sen ristikkojäykistykselle, joka lopulta vie voimat perustuksiin.

- Päätykenttään vaikuttavat: tuuli, palkkien kiepahdustuenta ja keskipilarien nurjahdustuenta.
- Keskikenttään vaikuttavat: palkkien kiepahdustuenta ja keskipilarien nurjahdustuenta.
- Yläpaarteeseen vaikuttavat: tuuli, palkkien kiepahdustuenta, keski- ja reunapilarien nurjahdustuenta.

Kehävälit ovat 6 m ja 7,2 m ja jäykistyksessä käytetään L40-lujuusluokan liima puuta ja pyöreää terästankoa.



Kuva 7 Kuormitusten jakautuminen eri paarteille

Kuormitukset

Päätykenttä:

$$F_{d,keski} = F_{d,k} * n$$

$$F_{d,pääty,yht.} = T_{kiep.pääty} + T_{tuuli} + F_{d,keski}$$

Keskikenttä:

$$F_{d,keski} = F_{d,k} * n$$

$$F_{d,kesk.,yht.} = T_{kiep.kesk} + F_{d,keski}$$

Yläpaarre:

$$F_{d,keski} = F_{d,k} * n$$

$$F_{d,reuna} = F_{d,r} * n$$

$$F_{d,yläpaarre,yht.} = T_{kiep.pääty} + T_{tuuli} + \frac{F_{d,keski}}{2} + F_{d,reuna}$$

Nurjahdusaltis puristus

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$A = b * h$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$L_c = 1,0 * L$$

$$\lambda = \frac{L_c}{i}$$

$$\delta_c = \frac{N_d}{A}$$

$$\frac{|\delta_c|}{k_s * f_c} + \frac{|\delta_b|}{f_b} \leq 1$$

Vetorasitus

$$\delta_t = \frac{N_d}{A} \leq f_t$$

Palomitoitus

Tarkistetaan, kestävätkö mitoituksessa saadut poikkileikkaukset myös palotilanteessa.

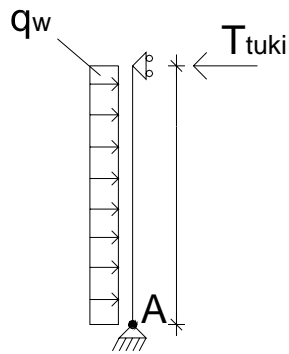
Lumi 50 %

Tuuli 30 %

Osavarmuus kertoimet 1,0

Tuulen vaikutuksesta aiheutuvat rasitukset

$$q_w = q_{k,tuuli} * C_p * 30\%$$



Kuva 8 Tuulipilarin rakennekuva

$$\text{Momentti pisteen A ympäri} = \frac{-q_w * H^2}{2} + T_{tuki} * H = 0$$

Edellisestä kaavasta saadaan

$$T_{tuki}$$

Tuulen voima, joka kohdistuu maksimissaan yhdelle jäykistävälle sauvalle.

$$T_{tuuli} = T_{tuki} * \frac{L}{2}$$

Palkkien kiepahdustuennasta johtuvat rasitukset

$$\text{Kiepahdustuennan metrikuorma} = K_{tuki}$$

Keskikenttä

$$T_{kiep.kesk.,p} = K_{tuki} * l$$

Päätykenttä

$$T_{kiep.pääty.,p} = K_{tuki} * \frac{L}{2}$$

Pilarien nurjahdustuennasta johtuvat rasitukset

Jokainen puristussauva tuetaan sivusuunnassa vähintään voimalle:

Reuna

$$F_{k,r} = \frac{N_k}{80}$$

Keski

$$F_{k,k} = \frac{N_k}{80}$$

Kuormitukset

Päätykenttä

$$F_{k,keski} = F_{k,k} * n$$

$$F_{k,pääty,yht.} = T_{kiep.pääty,p} + T_{tuuli} + F_{k,keski}$$

Keskikenttä

$$F_{k,keski} = F_{k,k} * n$$

$$F_{k,kesk.,yht.} = T_{kiep.kesk,p} + F_{k,keski}$$

Yläpaarre

$$F_{k,keski} = F_{k,k} * n$$

$$F_{k,reuna} = F_{k,r} * n$$

$$F_{k,yläpaarre,yht.} = T_{kiep.pääty,p} + T_{tuuli} + \frac{F_{k,keski}}{2} + F_{k,reuna}$$

Mitoitetaan kuten aikaisemmin, mutta poikkeuksena jäykisteen poikkileikkauksen pieneneminen hiiltymisen vaikutuksesta.

Poikkileikkauksen hiiltymissyvyyden pienennys

hiiltymisnopeus $\beta = 0,7 \text{ mm} / \text{min}$

paloaika $t = 30 \text{ min}$

hiiltymissyvyys $x = \beta * t$

Poikkileikkaus palotilanteessa

$$B_p = B - 2 * x$$

$$H_p = H - 2 * x$$

Kaikkien vaihtoehtojen jäykisteiden lujuuslaskennat löytyvät liitteestä 7.

Tulokset

Taulukko 10 Jäykisteiden poikkileikkaukset (liite 7)

	Poikkileikkaus (mm) B x H
VE1, VE2, VE3	115x270
VE4, VE5, VE6, VE7	115x315

6 TERÄSPOIMULEVY

Mitoituksen lähtökohtana on arkkitehdin suunnitelmissa annetut rakennetiedot, joiden perusteella voidaan laskea vesikaton kuormitustiedot, joihin lisätään vielä riipustuskuorma. Kantavan teräspoimulevyrakenteen yleisimmin mitoitettava kriteeri on taipuma, joten on kannattavampaa käyttää useampi aukkoista rakennetta. Tukipintana käytetään 150 mm, joka tulee vähintäänkin olemaan harja- ja kiilapalkin leveydet. Harja- ja kiilapalkkeina käytetään vähintään 165 mm leveitä palkkeja, jolloin ollaan mitoituksessa varmemmalla puolella. Kantava teräspoimulevy mitoitetaan useampi aukkoisena rakenteena, jolloin päästään myös pienempiin levyjen paksuuksiin, mutta Rannilan mitoitustaulukoissa on vain 1-, 2- ja 3-aukkoiset vaihtoehdot. 3-aukkoista rakennetta ei voida käyttää molemmissa kehäväleissä, sillä levyn maksimi pituus on 20 m. Tämän vuoksi 6 m:n kehävälillä käytetään 3-aukkoista rakennetta ja 7,2 m:n kehävälillä 2-aukkoista rakennetta. /6; 8/

Mitoitus

Taulukoiden käyttämiseen tarvittavat tiedot:

- KRT - kuorma:

$$P_k = g_k + q_k$$

- MRT – kuorma:

$$P_d = 1,2 * g_k + 1,6 * q_k$$

- Taipumana käytetään L/250

Kaikkien vaihtoehtojen teräspoimulevyjen lujuuslaskennat löytyvät liitteestä 6.

Tulokset

Taulukko 11 Kantavan teräspoimulevyn paksuus (liite 6)

	Kehäväli (mm)	Levyn tunnus	Ainevahvuus (mm)
VE1, VE2, VE3	6000	R153	1,0
VE4, VE5, VE6	7200	R153	1,5
VE7	7200	R153	1,5

7 LIITOKSET

Pilarin ja palkin liitos

Pilarin liittyessä kehällä harja- tai kiilapalkkiin käytetään lattateräksiä siirtämään voimat pilarille. Harja- ja kiilapalkki tarvitsevat kohtalaisen suuren tukipinnan ja useimmiten niihin liittyvät pilarit eivät riitä siihen, jolloin liitoksessa tarvitaan riittävän jäykkää metallilevyä. Pilarin tukipinta kuitenkin kestäisi kuorman, koska syiden suuntaan puulla on yli 6-kertainen lujuus poikittaissuuntaan nähden.

Tuulipilarin ja päätypalkin liitoksissa käytetään esim. teräksisiä kulmalevyjä. /5/

Pilarin ja perustuksen liitos

Mastojäykistetyt pilarit kiinnitetään perustukseen pulttikiinnityksellä, joka jättää puupilarin alapään 100 mm ylemmäs lattiapinnasta. Puupilari liitetään teräksiseen liittimeen puikkoliitoksella, joka siirtää niiden avulla voimat peruspulteille. Peruspultit valetaan osittain peruspilarin sisään niin, että asennusvaraa jää noin 190 mm. Puupilari asennetaan paikoilleen ja pultit kiristetään. Päälle valetaan juotosbetonointi liitoksen varmistamiseksi ja suojaamaan myös mahdolliselta palolta.

Tuulipilarit liitetään perustukseen lattateräksillä, jolloin liitos toimii nivelellisesti eikä momenttia synny. Lattateräksien alapäätt valetaan peruspilarin sisään ja yläpää

kiinnitetään pilariin pulteilla. Tässä tapauksessa on muistettava myös palosuojaus. Puupilareiden alapää tulee olla suojattu kapillaariselta kosteudelta. /4; 5/

8 KUSTANNUKSET

Kustannuslaskennassa tarkastellaan aluksi, mitkä asiat muuttuvat eri vaihtoehdoissa. Näistä osista tehdään laskelmat, jotka ovat arvonlisäverottomia. Tällaisia muuttuvia asioita ovat esim. seinänpinta-alat, katon teräspoimulevyn paksuus, anturoiden määrä ja niistä johtuvat maankaivu, täytöt ym. Pilarit, palkit ja jäykisteet lasketaan asennettavina elementteinä, mutta niiden materiaalit lasketaan yhteisenä liimapuun €/m³ hintana. Katon kustannuksien laskennassa otetaan huomioon vain kantavan poimulevyn materiaali, koska joka tapauksessa sitä asennetaan aina saman verran ja se on ainoa kattorakenteessa muuttuva osa. Anturoiden ja peruspilarien maankaivut, laudoitukset, betonoinnit, raudoitukset, laudoituksen purku ja sotatäytöt lasketaan yhteen, näille lasketaan työmenekit ja materiaalien hinnat. Kaikki nämä lasketaan yhteen ja näin saadaan vertailukelpoiset kustannukset jokaiselle vaihtoehdolle erikseen. /3; 9/

Tulokset

Taulukko 12 Vaihtoehtojen kustannukset ALV 0 % (liite 8)

	Työkustannukset	Ainekustannukset	Yhteensä	€/m ²
VE1	42 143 €	268 143 €	310 285 €	78
VE2	44 036 €	222 618 €	266 654 €	67
VE3	47 210 €	210 511 €	257 721 €	64
VE4	37 533 €	276 567 €	314 100 €	79
VE5	40 257 €	240 140 €	280 397 €	70
VE6	41 231 €	223 021 €	264 252 €	66
VE7	39 696 €	233 533 €	273 228 €	68

Kustannuksista huomataan, että vaihtoehto 3 on edullisin näistä runkotyypeistä. Kyseisessä vaihtoehdossa on pienempi kehäväli ja eniten pilareita kehällä. Tällöin kustannukset saadaan pienimmiksi. Kehäväliä suurentamalla ei saada kustannuksiin kovinkaan paljoa eroa. Pilarien lukumäärään lisääminen kehällä kolmesta nel-

jään pienentää kustannuksia 6 metrin kehävälissä 43 600 €lla ja vastaavasti 7,2 metrin kehävälissä 33 700 €lla. Lisättäessä viides pilari kehälle, kustannukset vähenevät 6 metrin kehävälillä vielä 9 100 €lla ja 7,2 metrin kehävälissä 16 100 €lla.

Kun tarkastellaan, miten ripustuskuorma vaikuttaa kustannuksiin, vertaillaan vaihtoehtoja 5 ja 7. Näiden kustannusero on 7 200 €vaihtoehto 7:n hyväksi, missä on pienemmät rakenteet.

Kaikkien vaihtoehtojen kustannuslaskennat löytyvät liitteestä 8.

9 YHTEENVETO

Kustannusten tuloksista selviää, ettei ole suurtakaan merkitystä, kumpaa kehäväliä käytetään. Käytettävyyden kannalta kuitenkin voisi olla parempi vaihtoehto käyttää suurempaa kehäväliä. Tällä tavoin saadaan rakennuksen sisäseiniin suurempi yhtenäinen pinta-ala, joka parantaa käytettävyyttä. Rakennustyömaan kannalta voisi myös olla parempi vaihtoehto käyttää suurempaa kehäväliä, koska asennettavia elementtejä olisi vähemmän. Suunnittelutyö on molemmissa kehäväleissä lähes sama, joten suunnittelijoille ei ole kehävälillä merkitystä.

Pilareiden lisäämisestä kehälle huomattiin kustannusten pieneminen. Ei kuitenkaan saisi lisätä liikaa pilareita kehälle, jolloin rakentamiskustannuksista saatava hyöty kumoutuisi tilan epäkäytettävyytenä. Tilan käytettävyyttä on kuitenkin vaikea arvioida rahallisesti. Tässä työssä kuitenkin huomataan, että neljän pilarin käyttäminen kehällä on vielä kannattavaa molemmissa kehäväleissä, mutta viidennen pilarin lisääminen pienelle kehävälille ei ole enää järkevää. Tiheämmän pilarijaon käyttöä voidaan työmaalla perustella elementtien koolla, jolloin elementtien käsiteltävyys on helpompaa vaikkakin lukumäärä on hieman suurempi. Jos pilariväli vaihtelee kehällä, on suunnittelutyö työläämpää, koska jokainen eritavalla kuormitettu pilari ja palkki käydään lävitse.

Ripustuskuorman kasvaessa keskimmäisen pilarianturan ja pääpilarin sekä harja- ja kiilapalkin koko muuttui suuremmaksi. Vastaavasti poikkileikkausten kasvaessa kustannukset nousivat. Poikkileikkausten erot ovat edellä mainituissa rakenteissa noin 100 mm:n luokkaa. Voisin kuvitella, että harvoin hallin koko katon alalle ripustetaan jotakin, jolloin halvempi vaihtoehto tulisi kyseeseen. Kuitenkin kaiken varalta valitsisin poikkileikkaukseltaan suuremman ja kalliimman vaihtoehdon. Rakennustyömaalle ja suunnittelijoille ei ole merkitystä, millä ripustuskuorman suuruudella rakenteet suunnitellaan, koska se on huomioitava joka tapauksessa.

Jos haluaisi lähteä tutkimaan vielä tarkemmin kehävälin ja pilarien vaikutuksia kustannuksiin, täytyisi laskea koko liikerakennuksen kustannukset, jolloin voitaisiin vertailla prosenttiosuuksien kautta vaihtoehtojen edullisuutta toisiinsa nähden. Olisi mielenkiintoista tietää, noudattaako kehäväli ja pilarien määrä kehällä suhteessa kustannuksiin eräänlaista käyrää, jolloin voitaisiin suunnitella kustannustehokkaampia liimapuuhalleja.

LÄHTEET

1. Koreasalo, Raimo, Puurakenteiden jatkokurssi, Kurssimateriaali. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Rakennusosasto. Tampere 2006.
2. Koreasalo, Raimo, Rakennustekniikan lehtori. Keskustelu 29.3.2006. Tampereen ammattikorkeakoulu.
3. Mäki, Tarja - Koskenvesa, Anssi, Rakennustöiden menakit 2006. Rakennustieto Oy. Tampere 2005. 144 s.
4. Peikko Finland Oy. [www.sivu]. [viitattu 18.4.2006] Saatavissa: <http://www.peikko.fi/>.
5. Puuhallin rakenteet Esisuunnittelu ja valintaperusteet. Wood Focus Oy. 58 s.
6. Suomen rakentamismääräyskokoelma B1. Ympäristöministeriö. Helsinki 1997. 11 s.
7. Suomen rakentamismääräyskokoelma B10. Ympäristöministeriö. Helsinki 2000. 29 s.
8. Teräsrakenne CD-ROM oppimisympäristö. CD-ROM. Teräsrakenneyhdistys ry. 2005.
9. Toikka, Rita - Nissinen, Sampsa - Penttilä, Hannu, Rakennusosien kustannuksia 2006. Rakennustieto Oy. Tampere 2006. 215 s.
10. Wood Focus Oy. [www.sivu]. [viitattu 18.4.2006] Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi>.

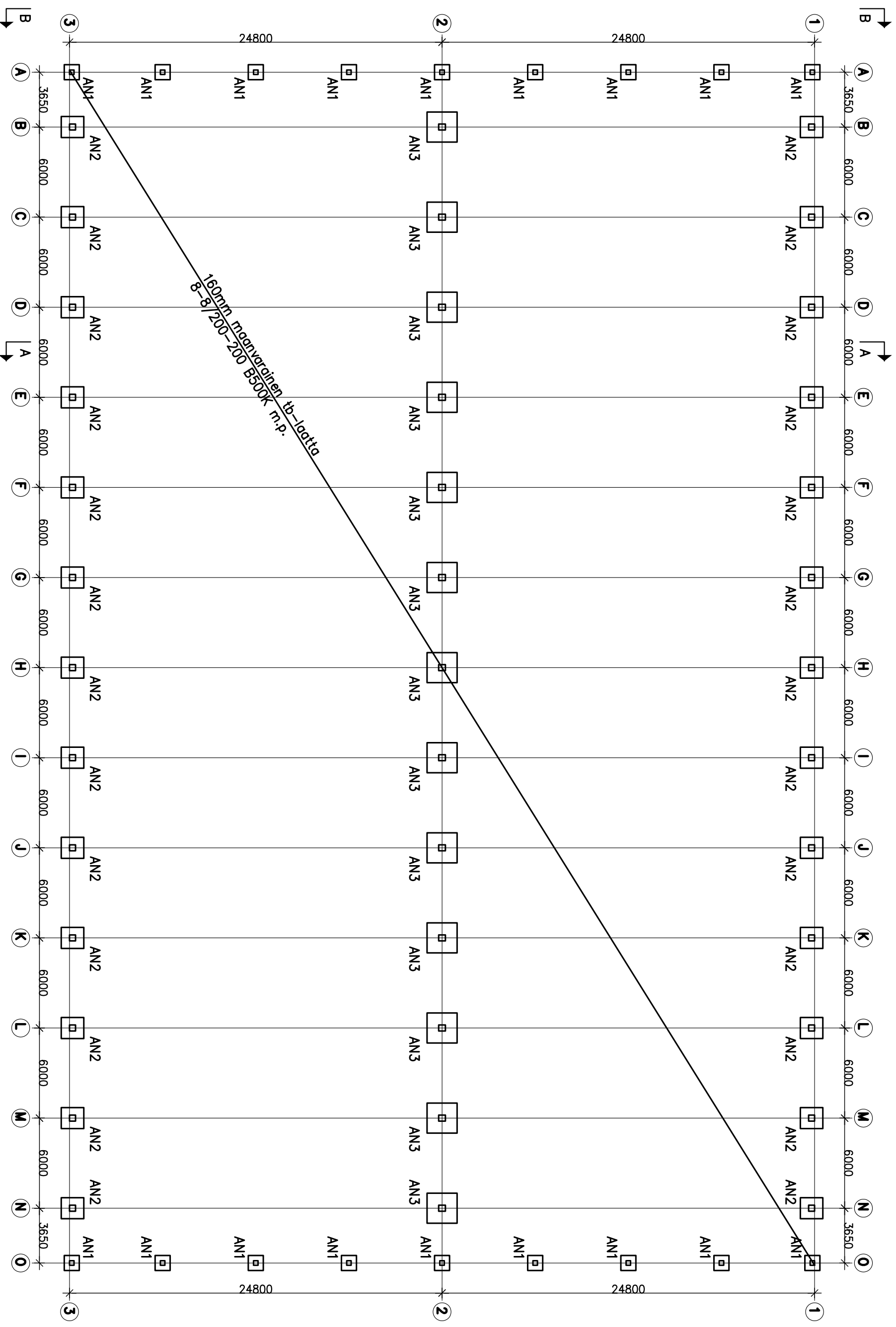
LIITTEET

1. Piirustukset
2. Perustuksien lujuuslaskelmat
3. Pilarien lujuuslaskelmat
4. Päätypalkkien lujuuslaskelmat
5. Harja- ja kiilapalkkien lujuuslaskelmat
6. Teräspoimulevyjen lujuuslaskelmat
7. Jäykistävien rakenteiden lujuuslaskelmat
8. Kustannuslaskenta

VAIHTOEHTO 1

1:250

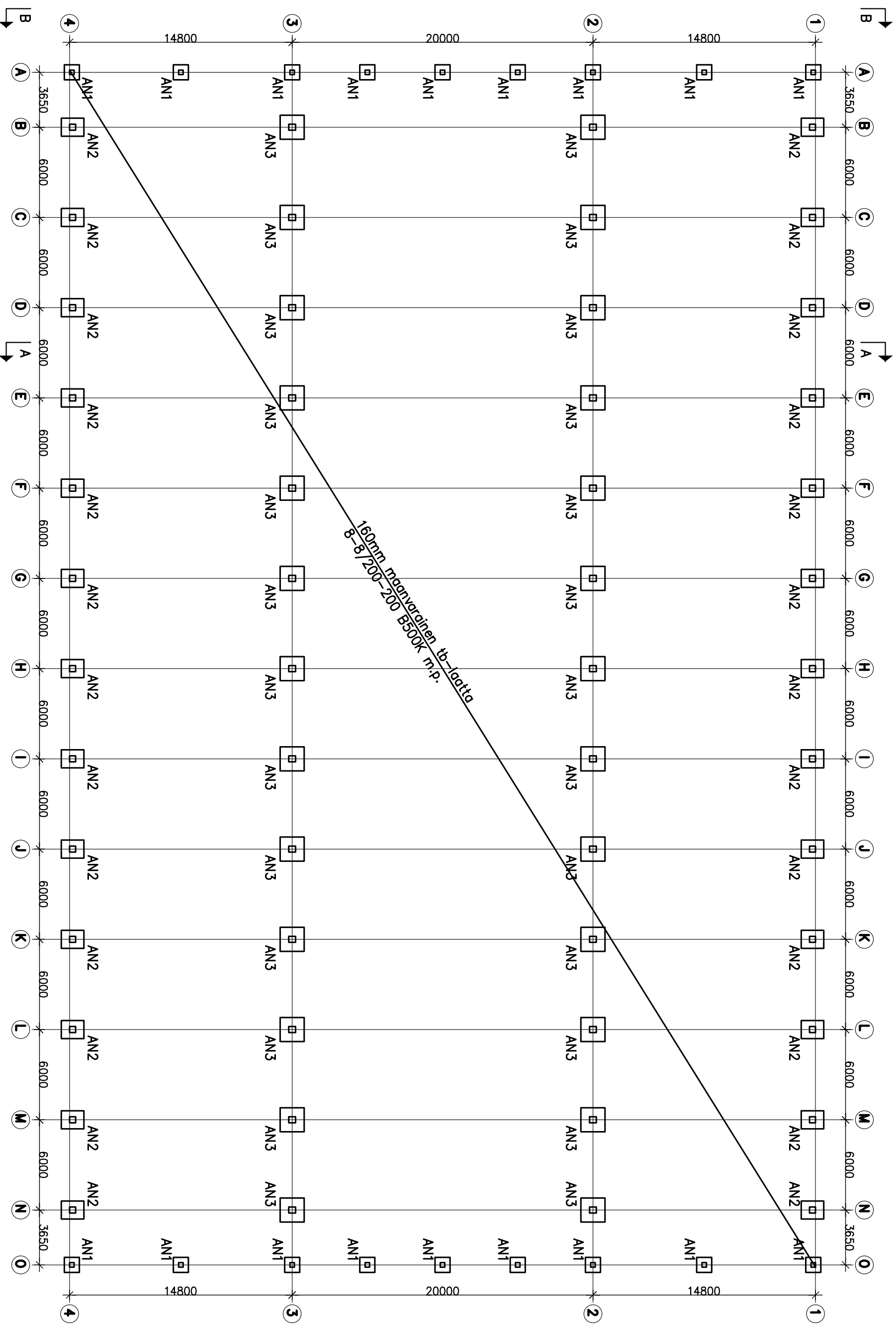
- AN1
Antura 1000x1000x300
Peruspilari 300x300x350
- AN2
Antura 1500x1400x400
Peruspilari 400x400x350
- AN3
Antura 2000x2000x600
Peruspilari 450x400x350



VAIHTOEHTO 2

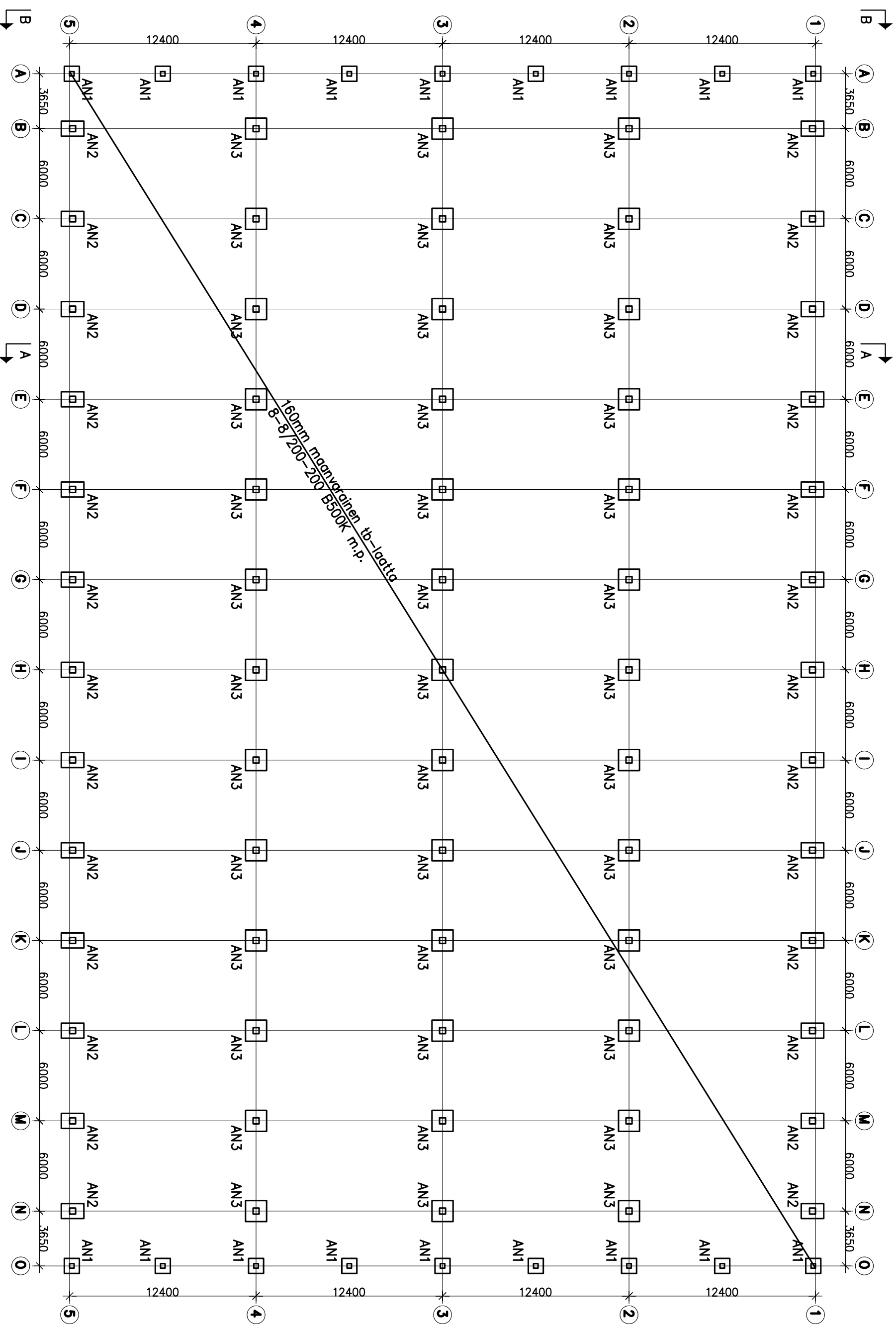
1:250

- AN1
Antura 1000x1000x300
Peruspilari 300x300x350
- AN2
Antura 1500x1200x350
Peruspilari 400x400x350
- AN3
Antura 1600x1600x450
Peruspilari 450x400x350



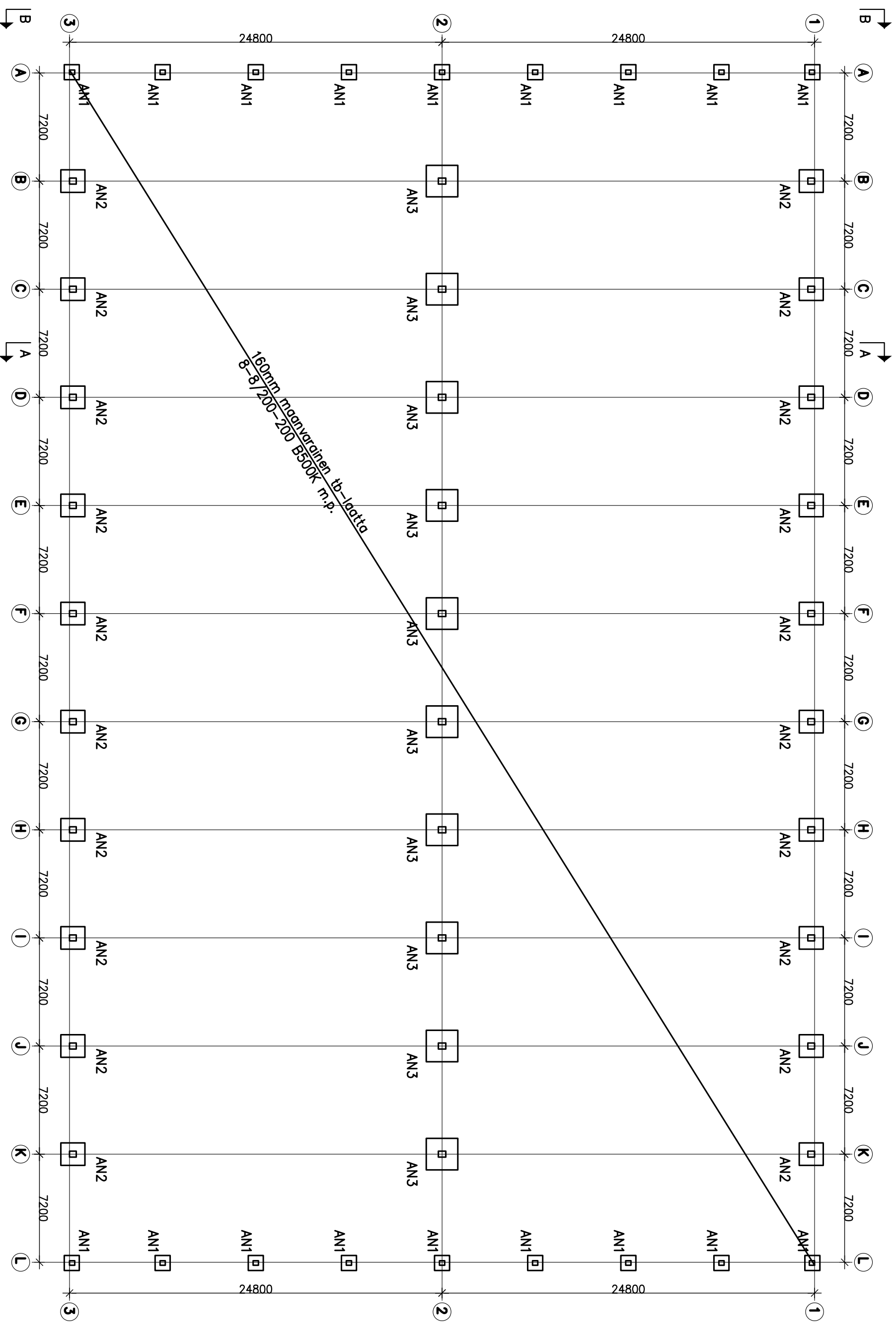
VAIHTOEHTO 3
1:250

- AN1
Antura 1000x1000x300
Peruspilari 300x300x350
- AN2
Antura 1500x1000x300
Peruspilari 400x400x350
- AN3
Antura 1400x1400x400
Peruspilari 400x400x350



VAIHTOEHTO 4 1:250

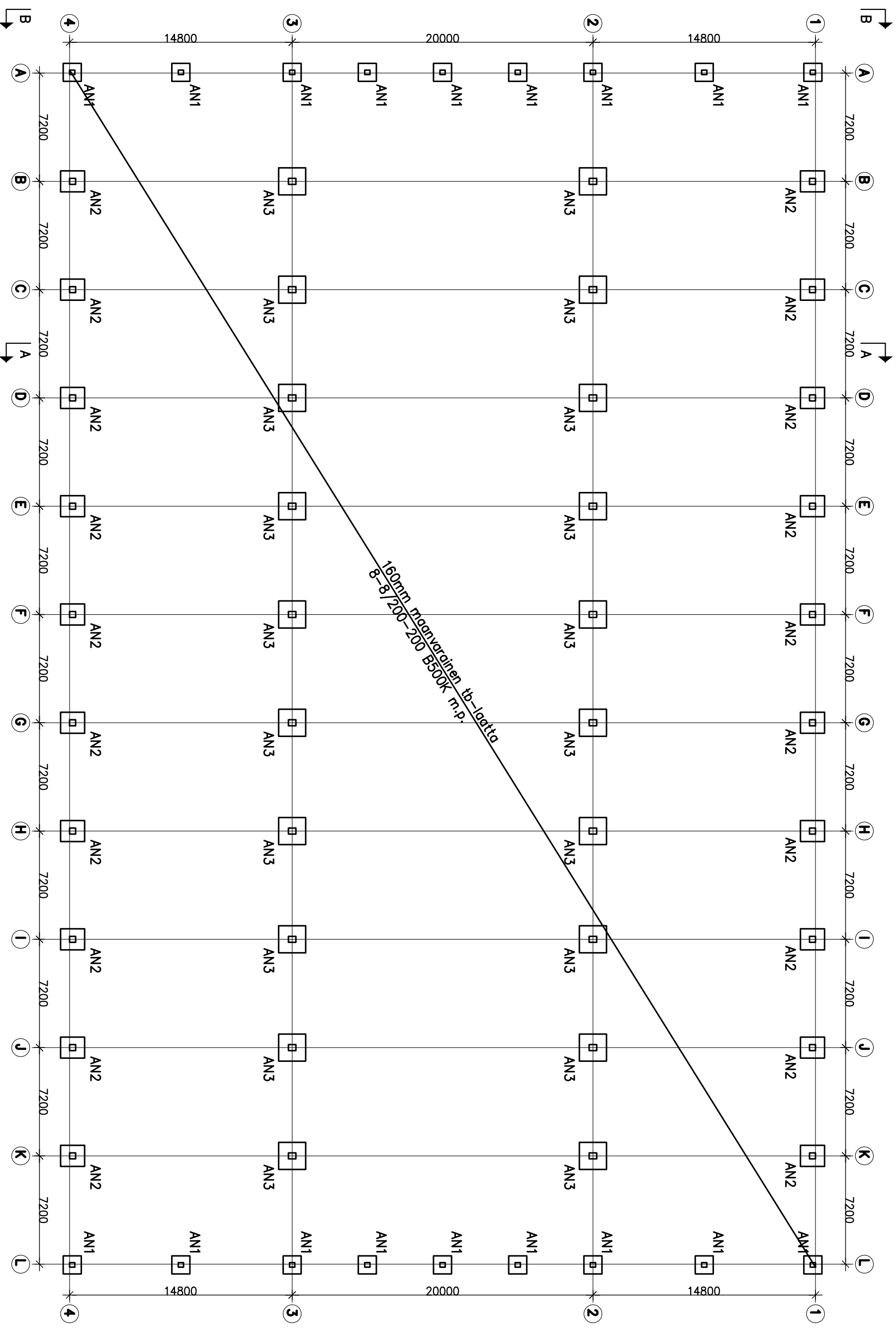
- AN1
Antura 1000x1000x300
Peruspilari 350x300x350
- AN2
Antura 1600x1500x450
Peruspilari 450x400x350
- AN3
Antura 2100x2100x600
Peruspilari 500x400x350



VAIHTOEHTO 5

1:250

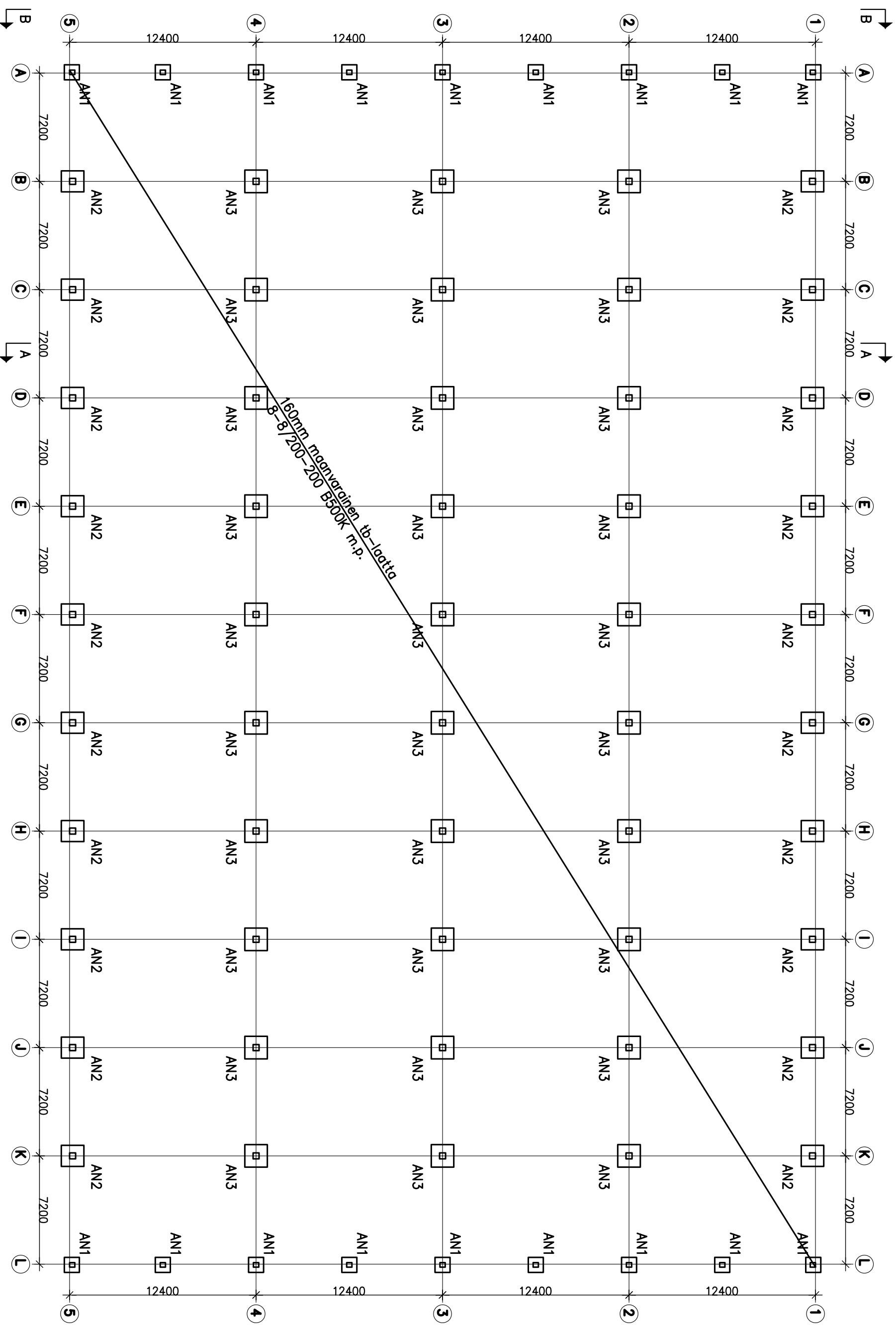
- AN1
Antura 1200x1200x350
Peruspilari 350x300x350
- AN2
Antura 1600x1400x400
Peruspilari 400x400x350
- AN3
Antura 1800x1800x500
Peruspilari 500x400x350



VAIHTOEHTO 6

1:250

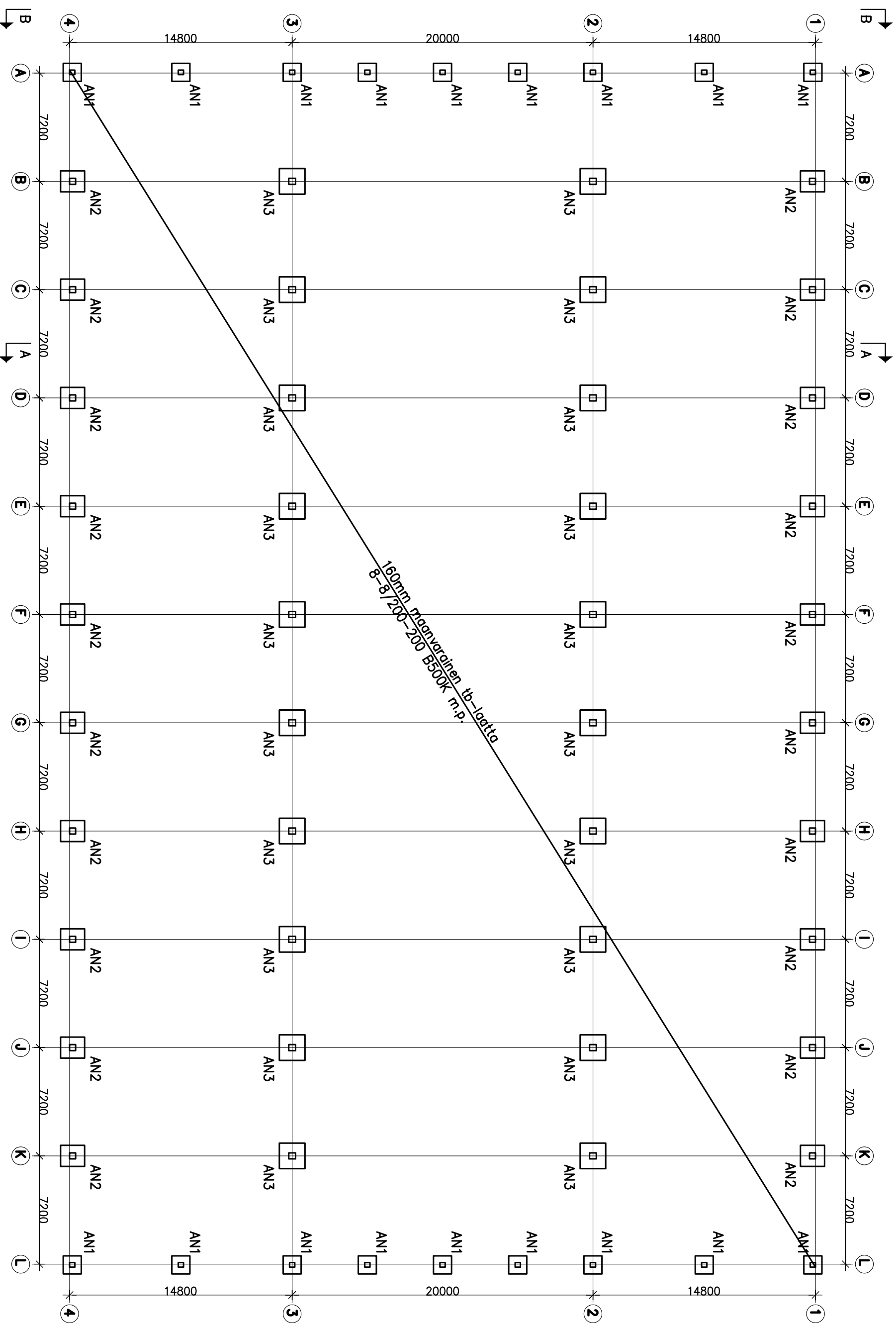
- AN1
Antura 1000x1000x300
Peruspilari 350x300x350
- AN2
Antura 1500x1400x400
Peruspilari 400x400x350
- AN3
Antura 1500x1500x400
Peruspilari 400x400x350



VAIHTOEHTO 7

1:250

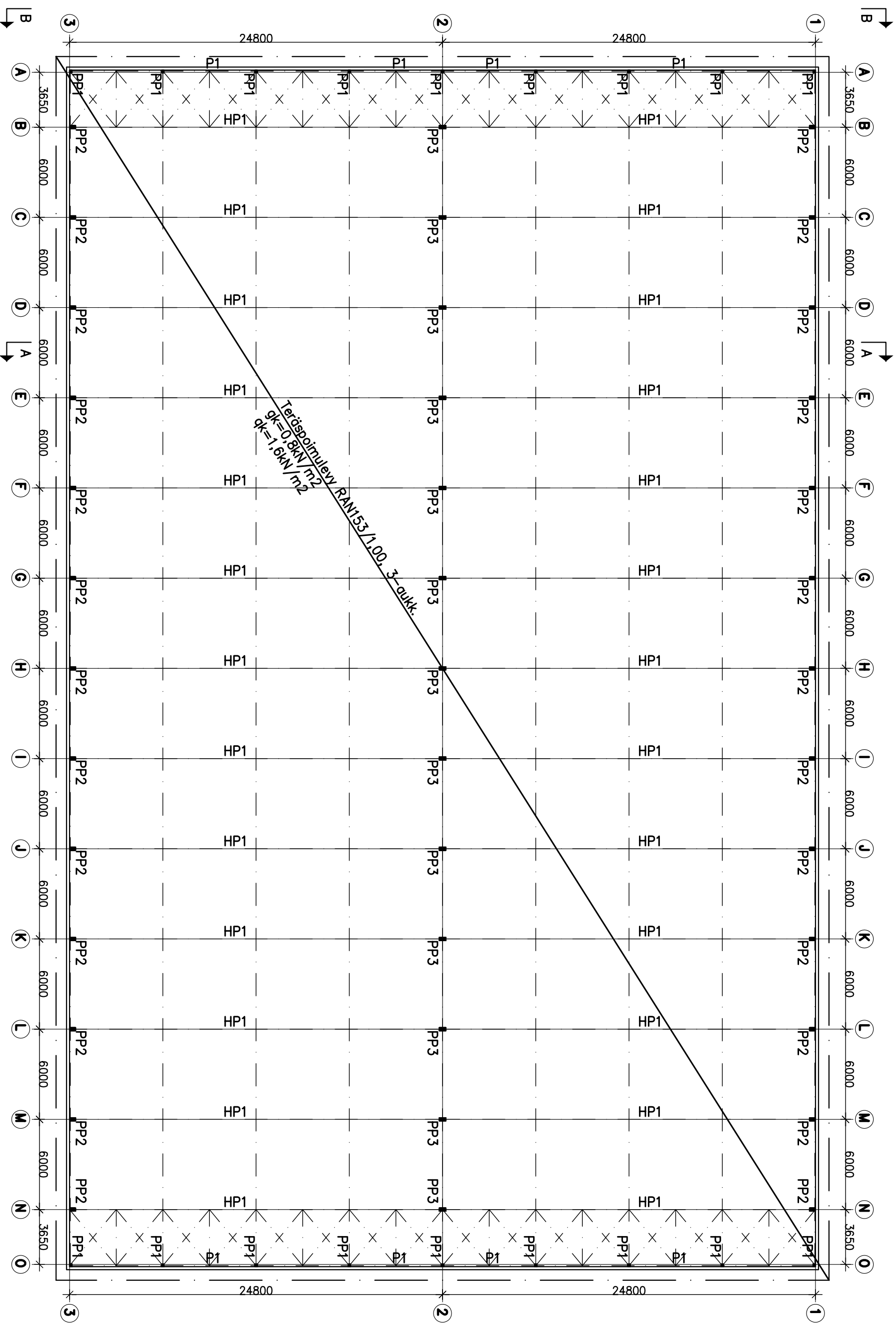
- AN1
Antura 1200x1200x350
Peruspilari 350x300x350
- AN2
Antura 1600x1400x400
Peruspilari 400x400x350
- AN3
Antura 1700x1700x500
Peruspilari 450x400x350



Materiaali tiedot
L40-1B

PUUPILARI
 PP1 = 165x180
 PP2 = 215x405
 PP3 = 215x450
 HARJAPALKKI
 HP1 = 215x1280...1900-24800
 PUUPALKKI
 P1 = 165x315

VAIHTOEHTO 1
 1:250

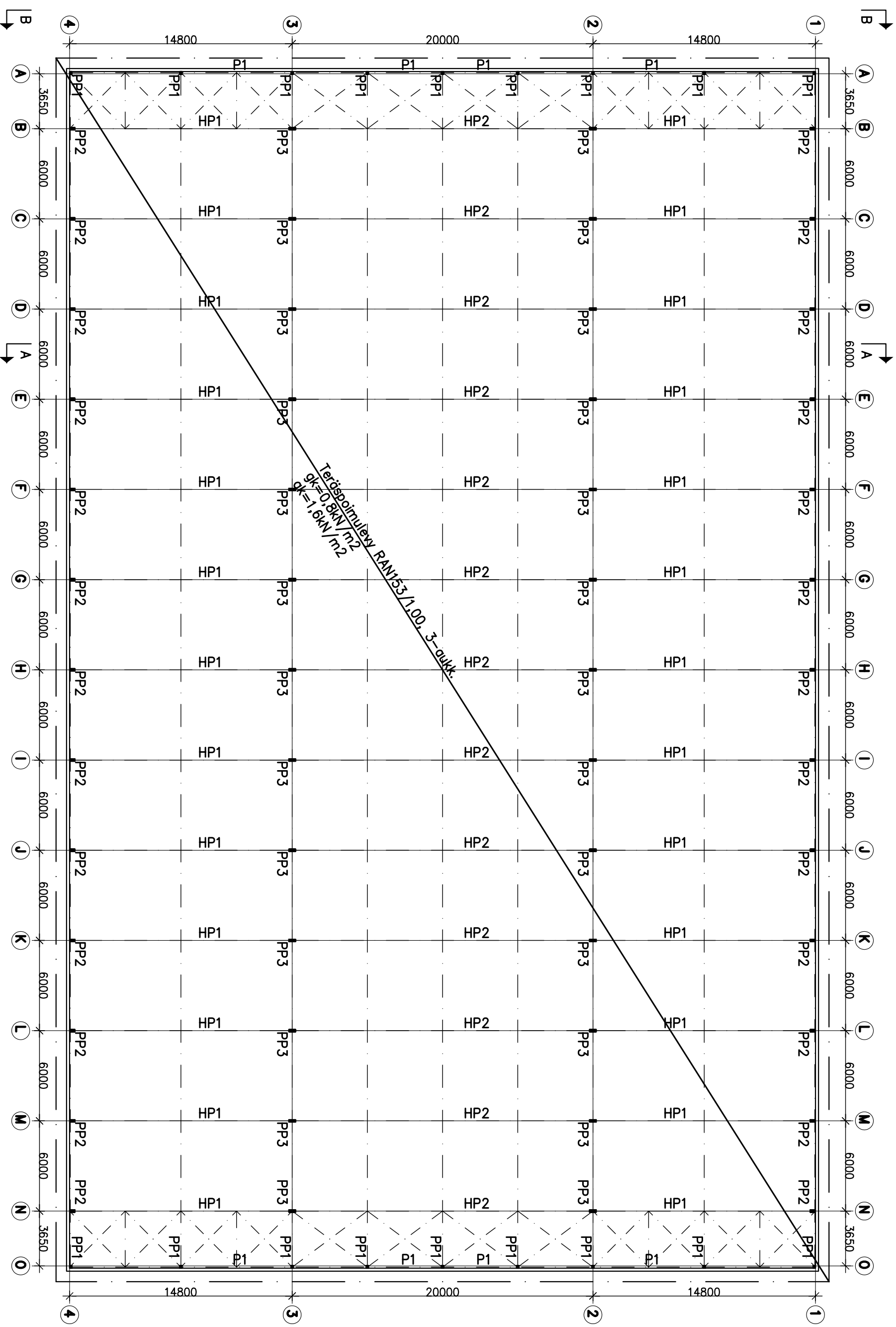


Materialitiedot
L40-1B

PUUPILARI
 PP1 = 165x180
 PP2 = 165x360
 PP3 = 165x450
 HARJAPALKKI
 HP1 = 165x980...1350-14800
 HP2 = 165x1350...1600...1350-20000
 PUUPALKKI
 P1 = 165x405

VAIHTOEHTO 2

1:250



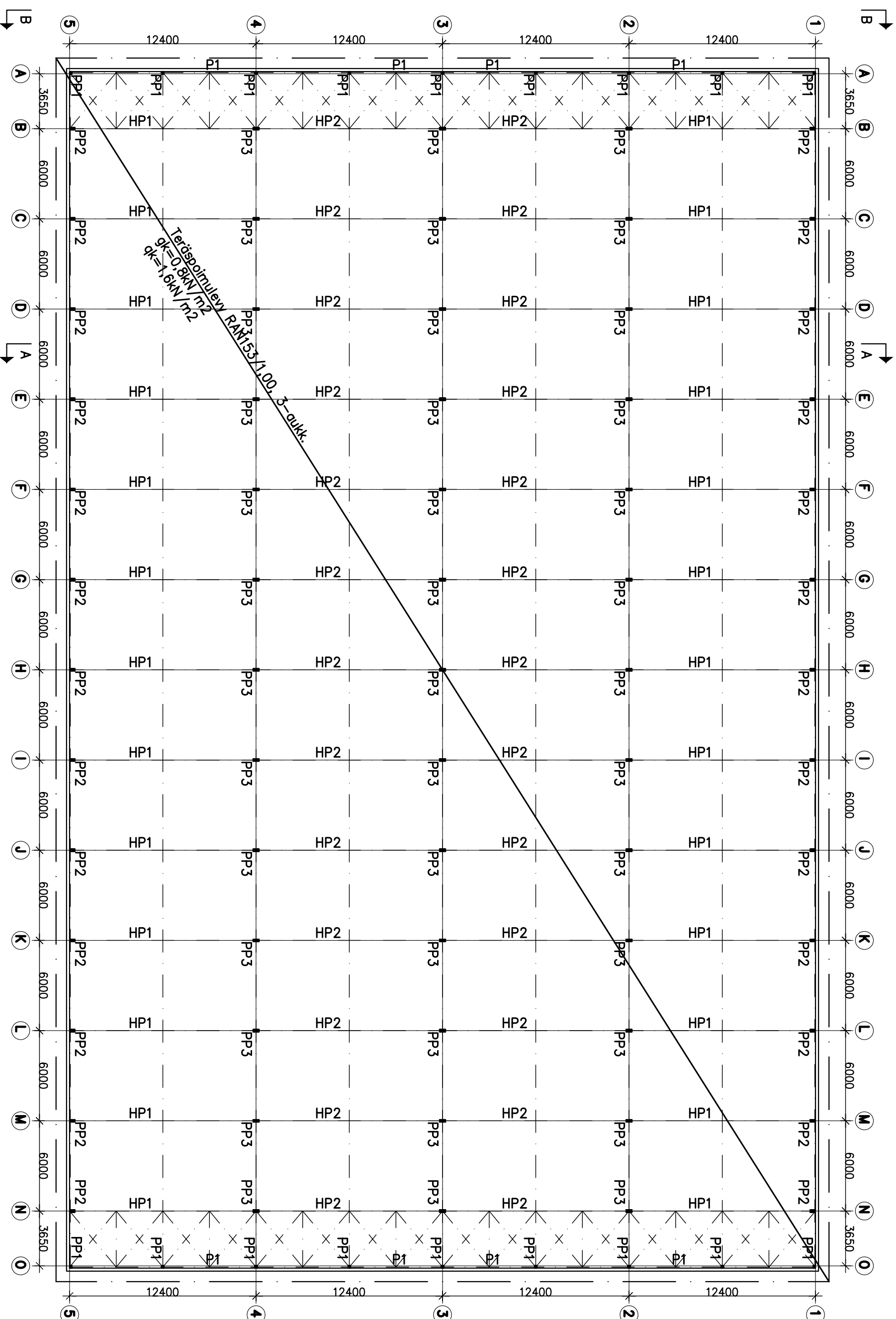
VAIHTOEHTO 3

1:250

Materiaali tiedot
L40-1B

LITTE 1 / 10 (19)

PUUPILARI
PP1 = 165x180
PP2 = 165x360
PP3 = 165x405
HARJAPALKKI
HP1 = 165x780...1090...-12400
HP2 = 165x1090...1400-12400
PUUPALKKI
P1 = 165x315



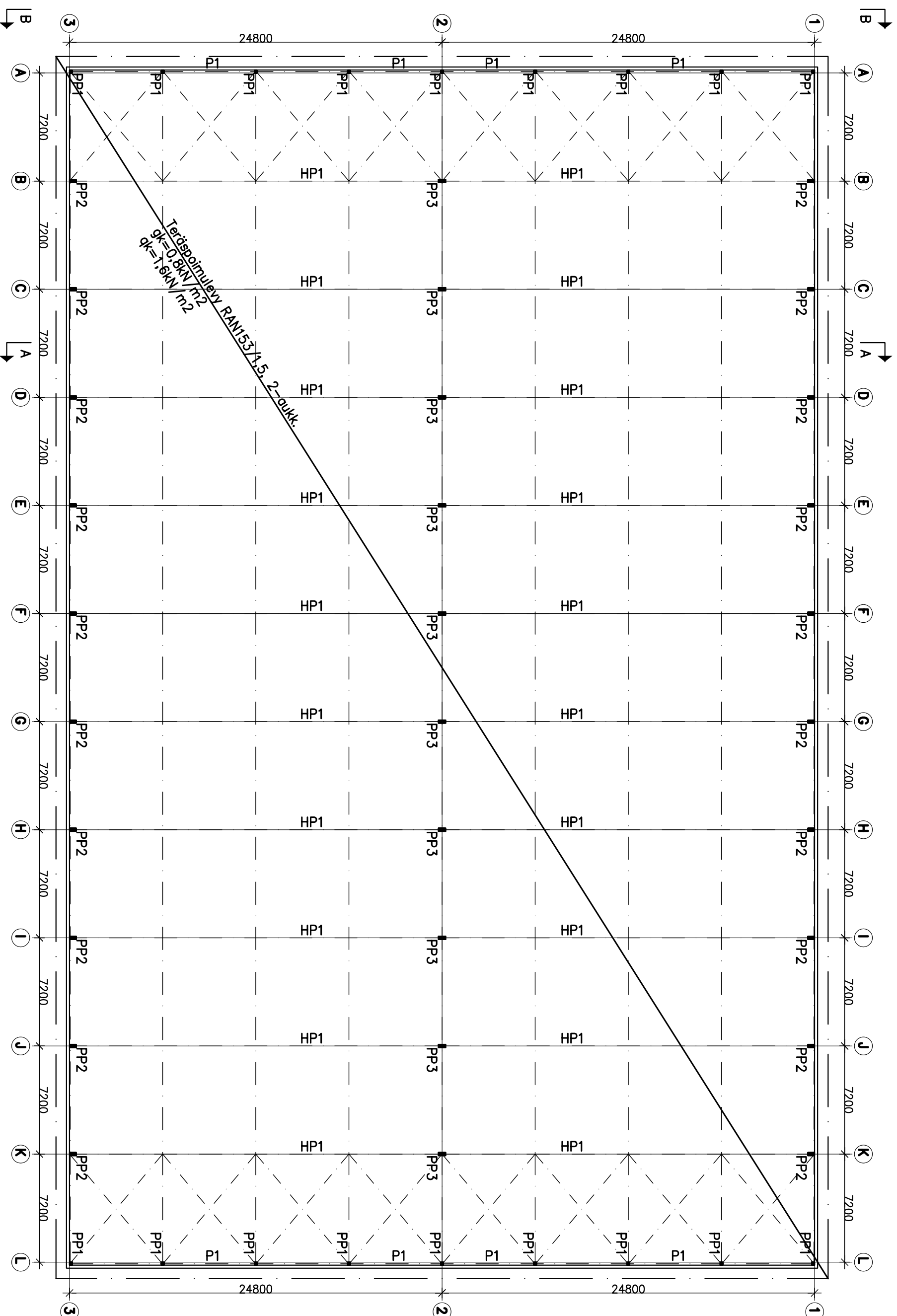
VAIHTOEHTO 4

1:250

Materialitiedot
L40-1B

LITTE 1 / 11 (19)

PUUPILARI
 PP1 = 190x225
 PP2 = 215x450
 PP3 = 215x495
 HARJAPALKKI
 HP1 = 215x1480...2100-24800
 PUUPALKKI
 P1 = 165x405



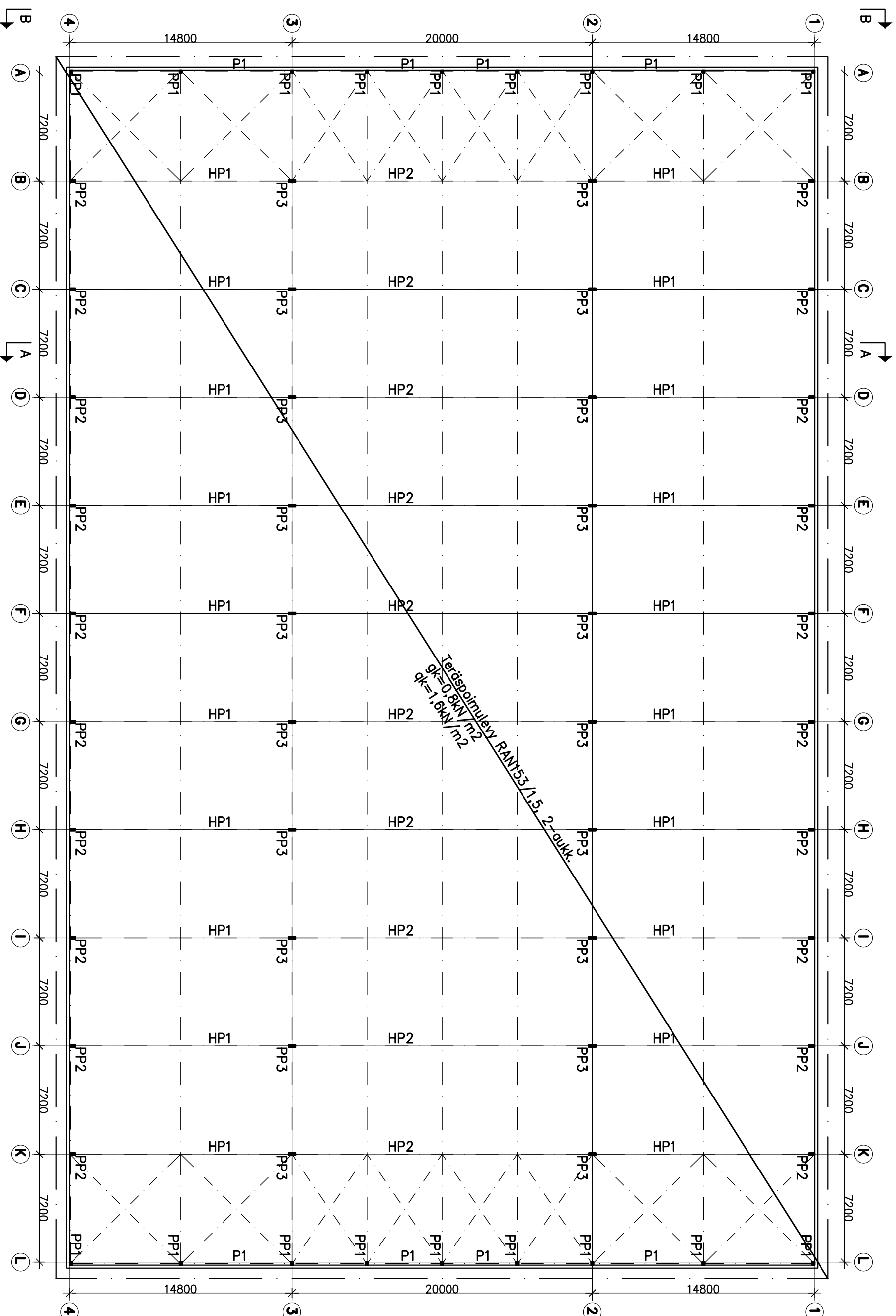
VAIHTOEHTO 5

1:250

Materiaali tiedot
L40-1B

LITTE 1 / 12 (19)

PUUPILARI
 PP1 = 190x225
 PP2 = 165x405
 PP3 = 165x495
 HARJAPALKKI
 HP1 = 165x1180...1550-14800
 HP2 = 165x1550...1800...1550-20000
 PUUPALKKI
 P1 = 165x450



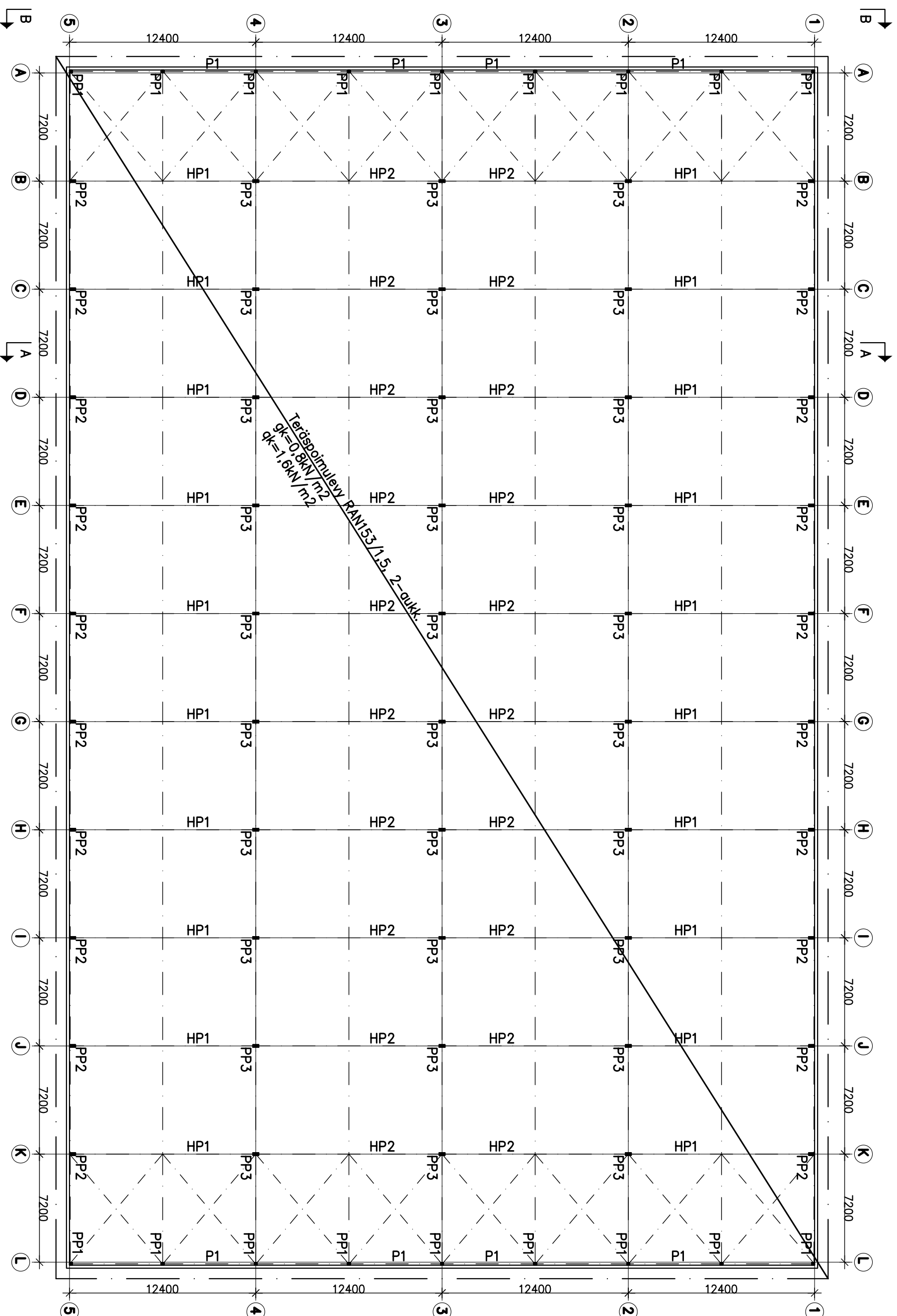
VAIHTOEHTO 6

1:250

Materiaali tiedot
L40-1B

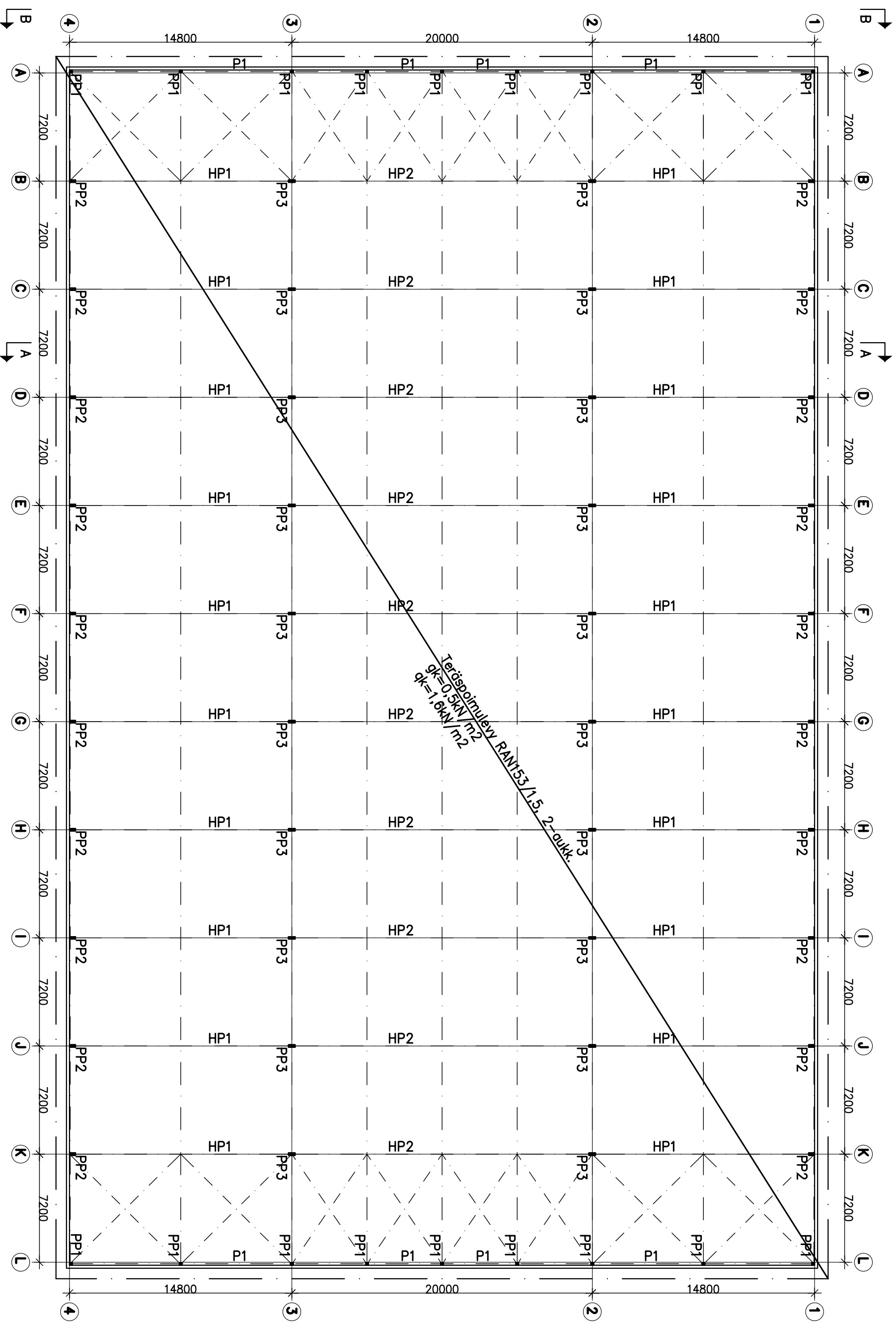
LITTE 1 / 13 (19)

PUUPILARI
PP1 = 190x180
PP2 = 165x405
PP3 = 165x405
HARJAPALKKI
HP1 = 165x880...1190-12400
HP2 = 165x1190...1500-12400
PUUPALKKI
P1 = 165x405



VAIHTOEHTO 7

1:250

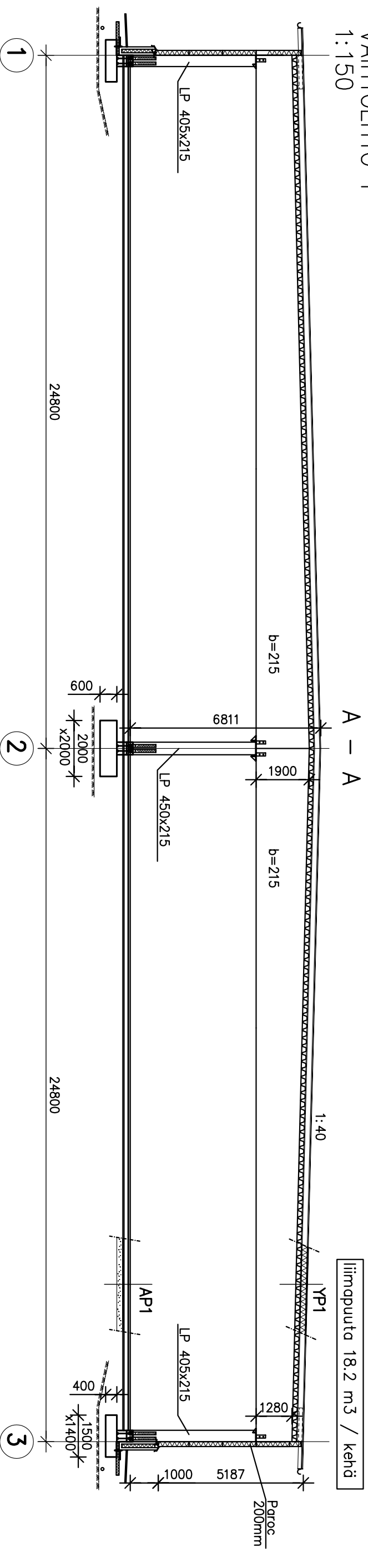


Materiaali tiedot
L40-1B

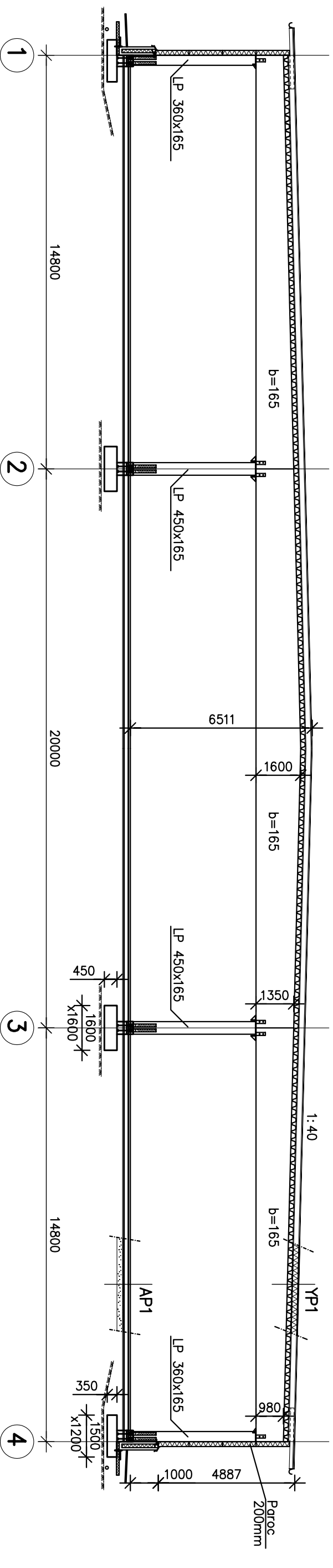
LITTE 1 / 14 (19)

- PUUPILARI**
 PP1 = 190x180
 PP2 = 165x405
 PP3 = 165x450
- HARJAPALKKI**
 HP1 = 165x1080...1450-14800
 HP2 = 165x1450...1700...1450-20000
- PUUPALKKI**
 P1 = 165x450

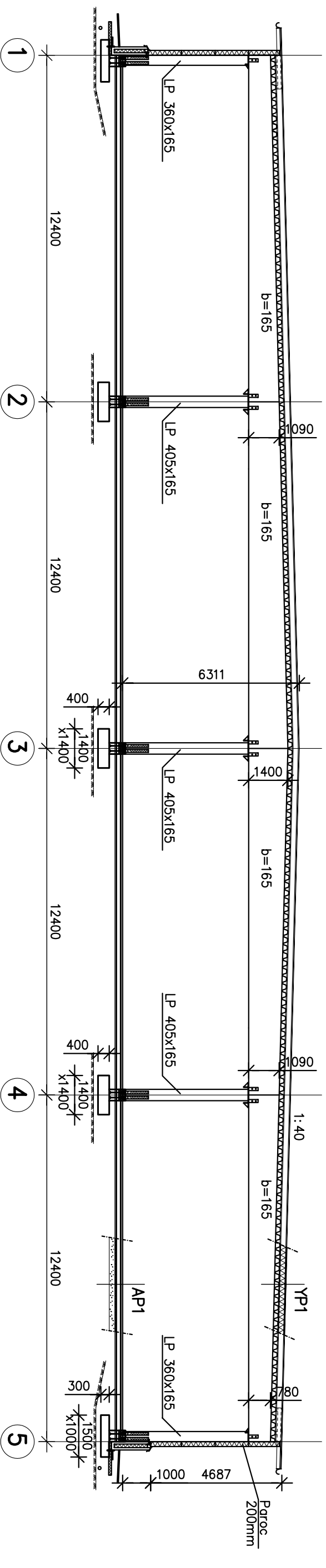
VAIHTOEHTO 1
1:150



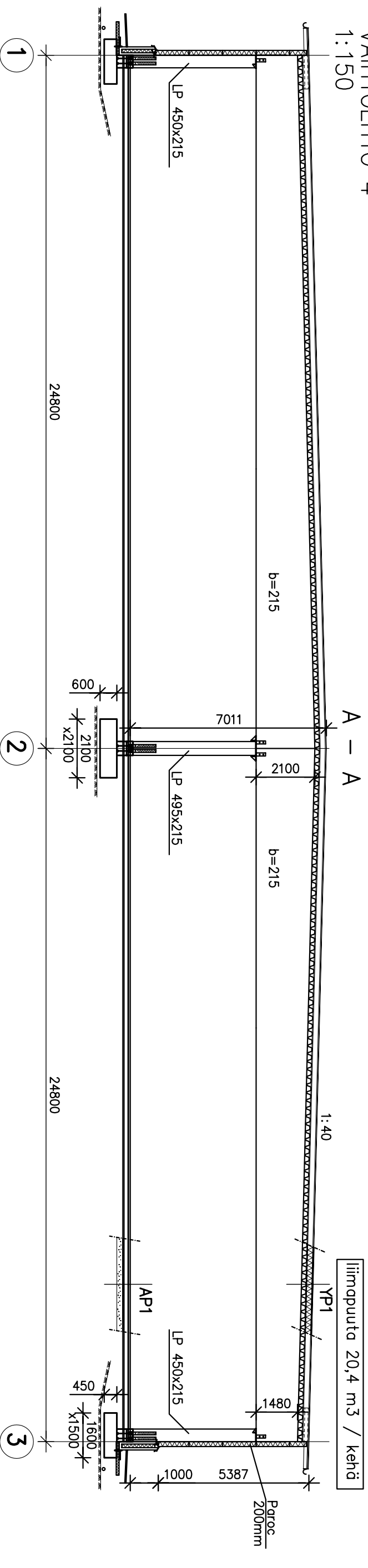
VAIHTOEHTO 2
1:150



VAIHTOEHTO 3
1:150



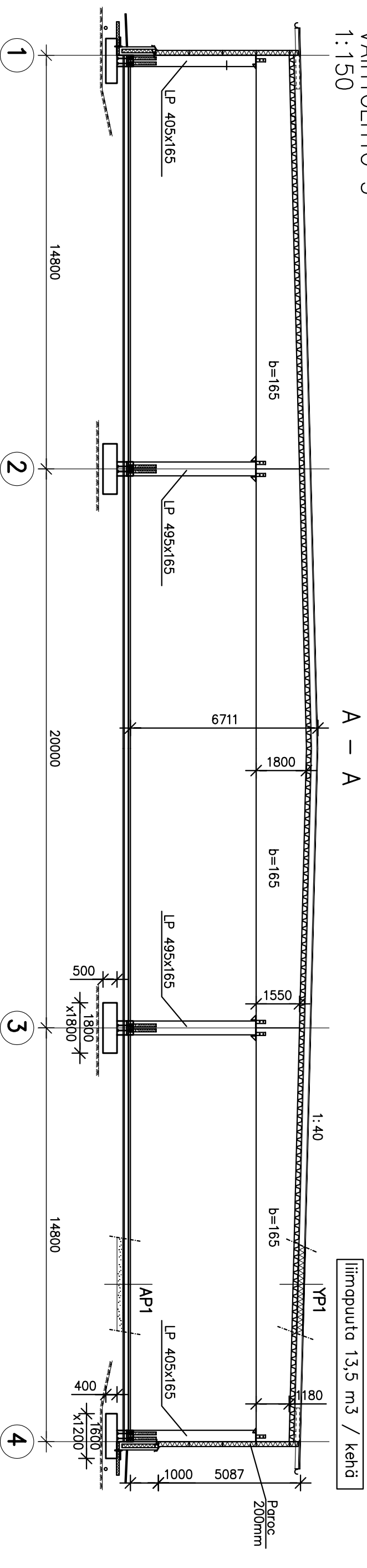
VAIHTOEHTO 4
1:150



Materiaali tiedot
L40-1B
liimapuuta 20,4 m³ / kehä

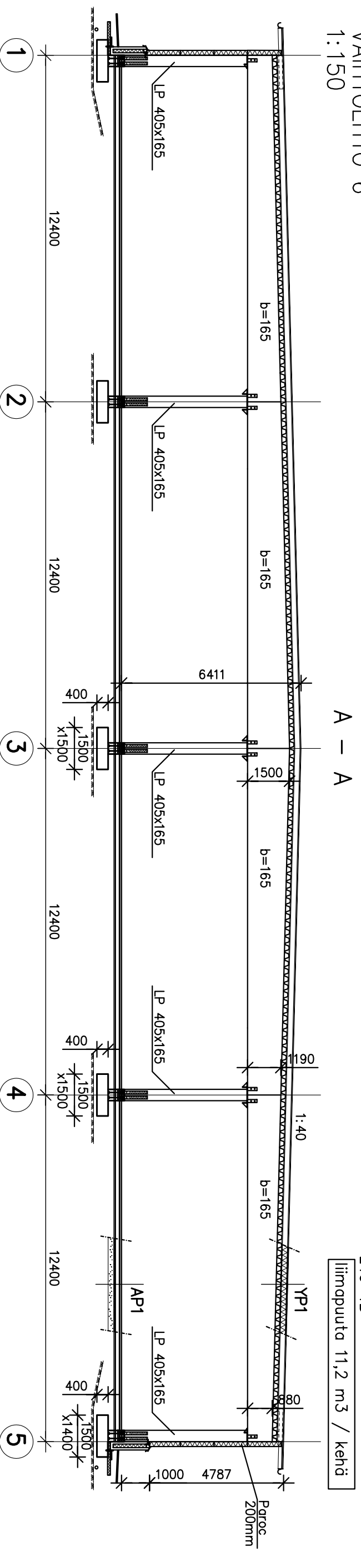
LITTE 1 / 16 (19)

VAIHTOEHTO 5
1:150



Materiaali tiedot
L40-1B
liimapuuta 13,5 m³ / kehä

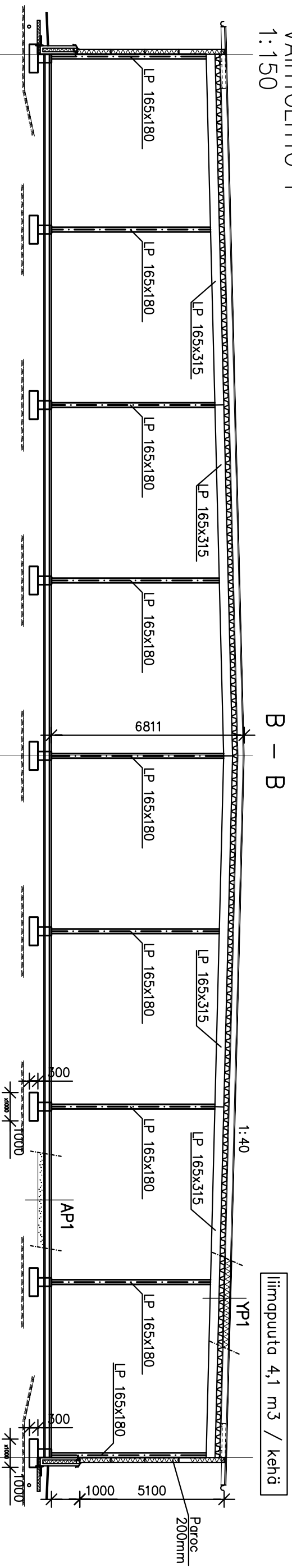
VAIHTOEHTO 6
1:150



Materiaali tiedot
L40-1B
liimapuuta 11,2 m³ / kehä

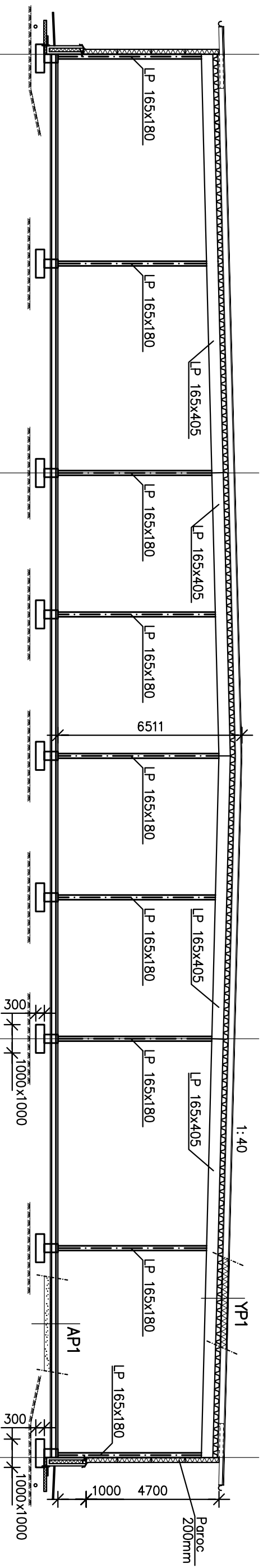
Paroc
200mm

VAIHTOEHTO 1
1:150



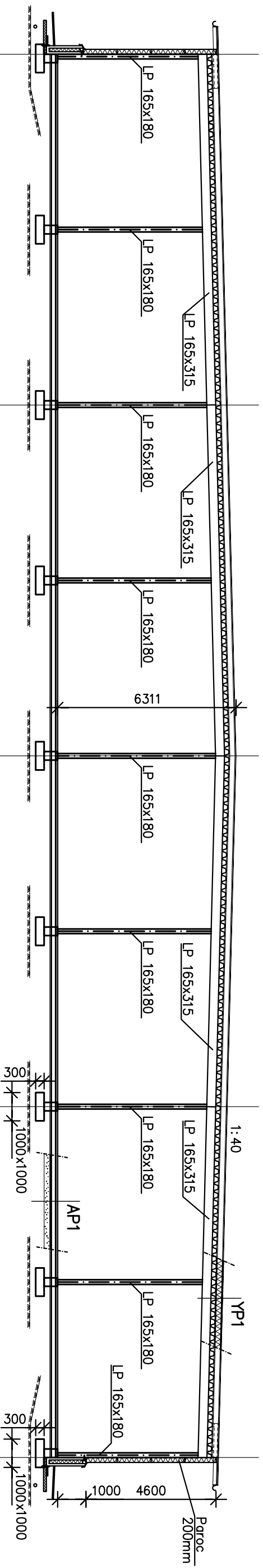
Materiaali tiedot **LITTE 1 / 17 (19)**
L40-1B
liimapuuta 4,1 m³ / kehä

VAIHTOEHTO 2
1:150



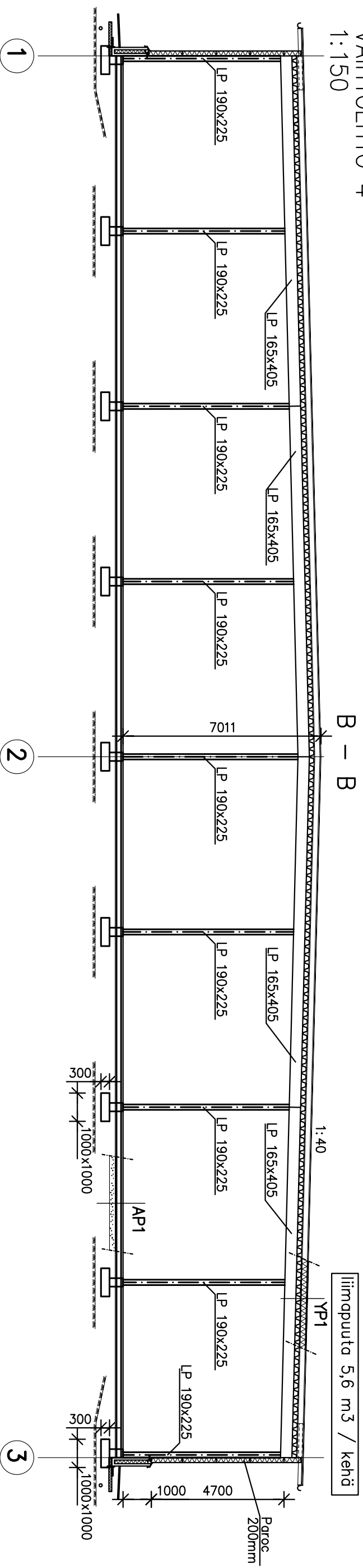
Materiaali tiedot
L40-1B
liimapuuta 4,8 m³ / kehä

VAIHTOEHTO 3
1:150



Materiaali tiedot
L40-1B
liimapuuta 4,0 m³ / kehä

VAIHTOEHTO 4
1:150

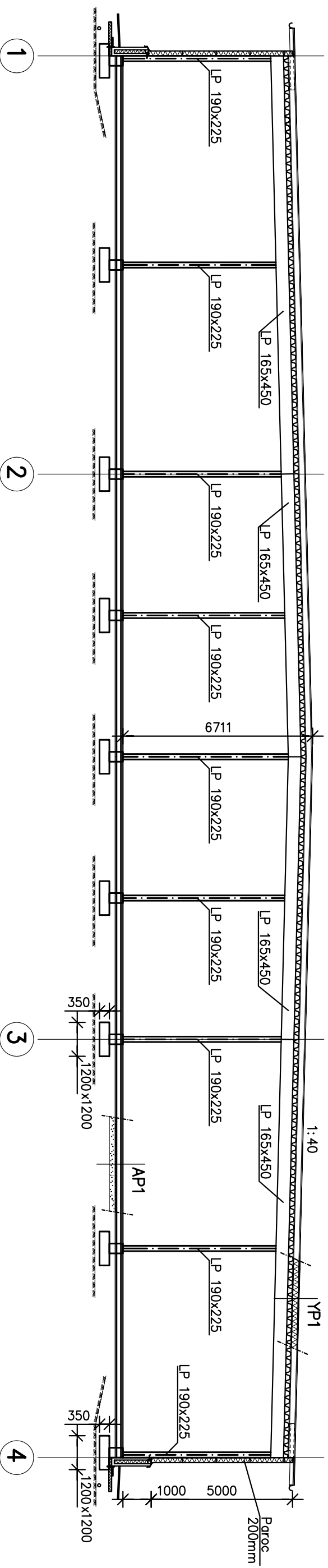


Materiaali tiedot **LITTE 1 / 18 (19)**

L40-1B

Ilimapuuta 5,6 m³ / kehä

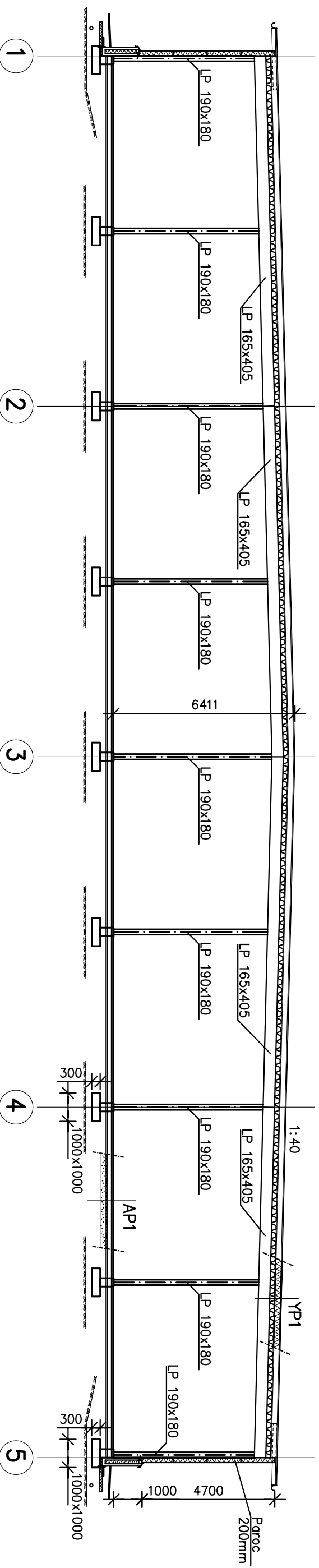
VAIHTOEHTO 5
1:150



Materiaali tiedot
L40-1B

Ilimapuuta 5,8 m³ / kehä

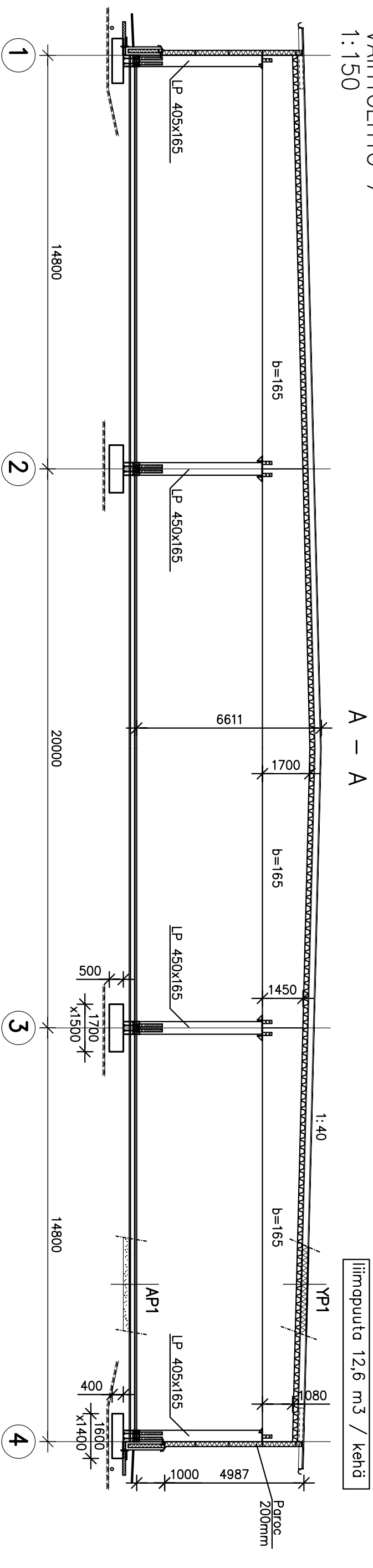
VAIHTOEHTO 6
1:150



Materiaali tiedot
L40-1B

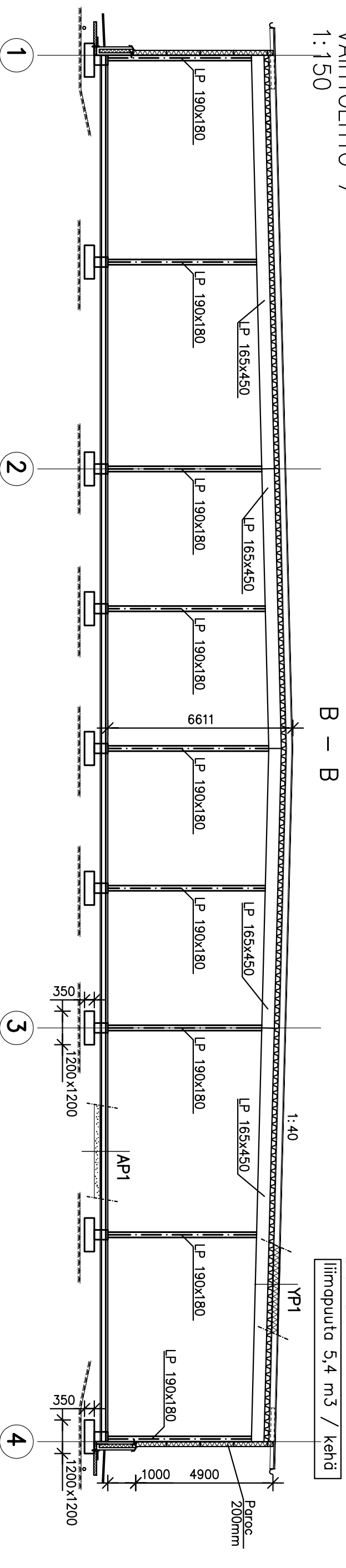
Ilimapuuta 4,9 m³ / kehä

VAIHTOEHTO 7
1:150



Materiaali tiedot **LITTE 1 / 19 (19)**
L40-1B
liimapuuta 12,6 m³ / kehö

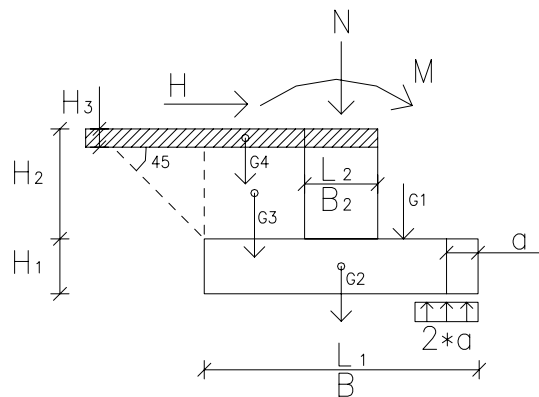
VAIHTOEHTO 7
1:150



Materiaali tiedot
L40-1B
liimapuuta 5,4 m³ / kehö

PERUSTUKSIEN LUJUUSLASKELMAT

Reunoissa olevien pilarianturoiden mitoitus



Kuva 1 Reunassa olevan pilariantura mitoitustietoja

Excel-työkirjaan syötettävät tiedot, joista ohjelma laskee edellä olevien kaavojen mukaisesti.

VE1

- $L_2 = 0,4\text{m}$
- Peltiseinän korkeus = $5,2\text{m}$
- $M = 57\text{kNm}$
- $H = 0\text{kN}$
- $N_{\max} = 304\text{kN}$
- $N_{\min} = 95\text{kN}$
- $k\text{-}k = 6\text{m}$

Saadaan antura $1500 \times 1400 \times 400$
peruspilari $400 \times 400 \times 350$

VE2

- $L_2 = 0,4\text{m}$
- Peltiseinän korkeus = $4,9\text{m}$
- $M = 48\text{kNm}$

VE1

- $L_2 = 0,45\text{m}$
- $M = 42\text{kNm}$
- $H = 0\text{kN}$
- $N_{\max} = 606\text{kN}$
- $N_{\min} = 188\text{kN}$

Saadaan antura 2000x2000x600
 peruspilari 450x400x350

VE2

- $L_2 = 0,45\text{m}$
- $M = 30\text{kNm}$
- $H = 0\text{kN}$
- $N_{\max} = 414\text{kN}$
- $N_{\min} = 122\text{kN}$

Saadaan antura 1600x1600x450
 peruspilari 450x400x350

VE3 (välit)

- $L_2 = 0,4\text{m}$
- $M = 23\text{kNm}$
- $H = 0\text{kN}$
- $N_{\max} = 292\text{kN}$
- $N_{\min} = 85\text{kN}$

Saadaan antura 1400x1400x400
 peruspilari 400x400x350

VE3 (keskellä)

- $L_2 = 0,4\text{m}$
- $M = 23\text{kNm}$
- $H = 0\text{kN}$
- $N_{\max} = 294\text{kN}$
- $N_{\min} = 86\text{kN}$

Saadaan antura 1400x1400x400
peruspilari 400x400x350

Tuulipilareiden pilarianturat**VE1**

- $L_2 = 0,3\text{m}$
- $B_2 = 0,3\text{m}$
- $N_{\max} = 70\text{kN}$
- $N_{\min} = 20\text{kN}$
- k-k = 6m
- Peltiseinän korkeus = 5,8m

Saadaan antura 1000x1000x300
peruspilari 300x300x350

VE2

- $L_2 = 0,3\text{m}$
- $B_2 = 0,3\text{m}$
- $N_{\max} = 84\text{kN}$
- $N_{\min} = 24\text{kN}$
- k-k = 6m
- Peltiseinän korkeus = 5,5m

Saadaan antura 1000x1000x300
peruspilari 300x300x350

VE3

- $L_2 = 0,3\text{m}$
- $B_2 = 0,3\text{m}$
- $N_{\max} = 70\text{kN}$
- $N_{\min} = 20\text{kN}$
- $k-k = 6\text{m}$
- Peltiseinän korkeus = 5,3m

Saadaan antura 1000x1000x300
peruspilari 300x300x350

**MASTOJÄYKISTEISEN REUNASSA OLEVAN
PILARIANTURAN MITOITUS**

Vaihtoehto 1

LÄHTÖTIEDOT

Sigma,maa,sall=	200	kN/m ²	L1=	1,5	m
Sigma,maa,murto=	600	kN/m ²	B1=	1,4	m
M=	57	kNm	L2=	0,4	m
H=	0	kN	B2=	0,4	m
Nmax=	304	kN	H1=	0,4	m
Nmin=	95	kN	H2=	0,48	m
			H3=	0,23	m

Seinä ja sokkelipalkki:

		Sokkelin materiaalit paksuudet				Rannila panel 3Lock 200 R50	
leveys k-k (m)	sokkeli H (m)	betoni (mm)	eriste (mm)	betoni (mm)	(kN/m ³)	peltiseinä H (m)	(kN/m ²)
6	1,4	0,1	0,1	0,08	25	5,2	0,342

G1= 48,47 kN

Antura + peruspilari:

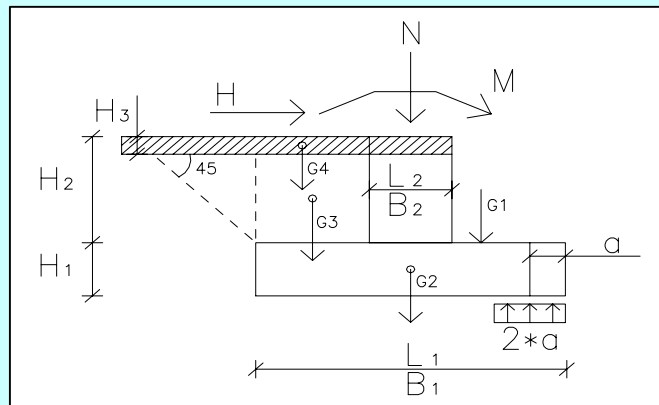
G2= 22,92 kN

Täytesora anturan reunan päällä:

G3= 3,47 kN

Lattialaatan paino:

G4= 13,11 kN


TARKISTUS KESKEISELLE KUORMITUKSELLE (M=0)

Nmax=	391,97	kN
sigma,maa=	186,65	< Sigma,maa,sall ,Kestää kuormituksen

TARKISTUS KAATUMISTA VASTAAN
Kaatumisakselin paikka (A)

Nmin= 182,97 kN

a= 0,11 m

Kaatava momentti

Mkaat= 57,00 kNm

Pystyssä mitävä momentti

Mstab.= 106,07 kNm

Varmuus kaatumista vastaan
y= 1,9 > 1,5 Kaatuminen estetty
FALSE

MASTOJÄYKISTEISEN KESKELLÄ OLEVAN PILARIANTURAN MITOITUS

Vaihtoehto 1

LÄHTÖTIEDOT

Sigma,maa,sall=	200	kN/m ²	L1=	2	m
Sigma,maa,murto=	600	kN/m ²	B1=	2	m
M=	42	kNm	L2=	0,45	m
H=	0	kN	B2=	0,4	m
Nmax=	606	kN	H1=	0,6	m
Nmin=	188	kN	H2=	0,48	m
			H3=	0,23	m

Seinä ja sokkelipalkki:

Anturan ympärillä ei ole muuta kuin lattialaattaa joten

G1= 0,00 kN

Antura + peruspilari:

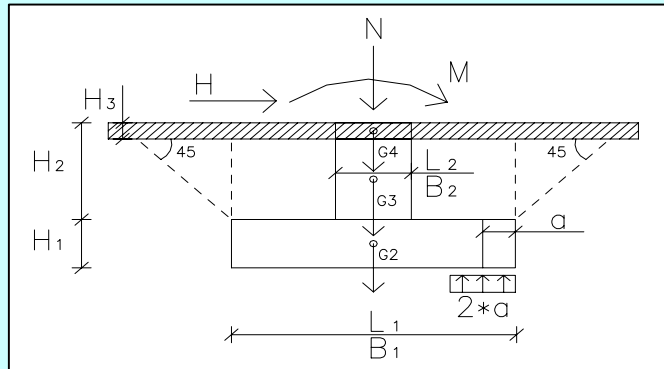
G2= 62,16 kN

Täytesora anturan reunan päällä:

G3= 18,00 kN

Lattialaatan paino:

G4= 35,94 kN



TARKISTUS KESKEISELLE KUORMITUKSELLE (M=0)

Nmax= 722,10 kN

sigma,maa= 180,52 < Sigma,maa,sall ,Kestää kuormituksen

TARKISTUS KAATUMISTA VASTAAN

Kaatumisakselin paikka (A)

Nmin= 304,10 kN

a= 0,13 m

Kaatava momentti

Mkaat= 42,00 kNm

Pystyssä mitävä momentti

Mstab.= 265,57 kNm

Varmuus kaatumista vastaan

y= 6,3

> 1,5 Kaatuminen estetty
kuitenkin ylimitoitusta, anturaa pienennettävä

MASTOJÄYKISTEISEN REUNASSA OLEVAN PILARIANTURAN MITOITUS

Vaihtoehto 1

LÄHTÖTIEDOT

Sigma,maa,sall=	200	kN/m ²	L1=	1	m
Sigma,maa,murto=	600	kN/m ²	B1=	1	m
M=	0	kNm	L2=	0,3	m
H=	0	kN	B2=	0,3	m
Nmax=	70	kN	H1=	0,3	m
Nmin=	20	kN	H2=	0,48	m
			H3=	0,23	m

Seinä ja sokkelipalkki:

		Sokkelin materiaalit paksuudet				Rannila panel 3Lock 200 R50	
leveys k-k (m)	sokkeli H (m)	betoni (mm)	eriste (mm)	betoni (mm)	(kN/m ³)	peltiseinä H (m)	(kN/m ²)
6,2	1,4	0,1	0,1	0,08	25	5,8	0,342

G1= 51,36 kN

Antura + peruspilari:

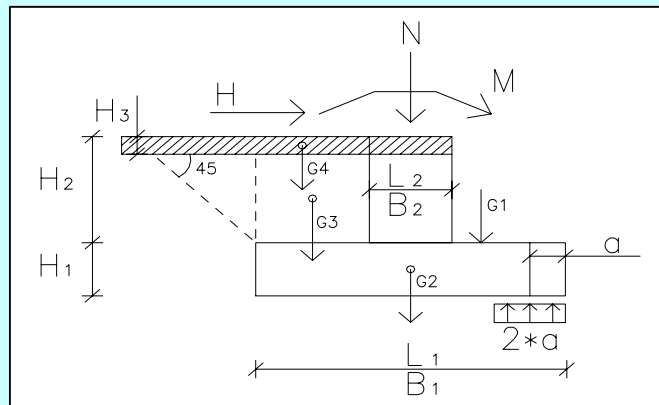
G2= 8,58 kN

Täytesora anturan reunan päällä:

G3= 1,58 kN

Lattialaatan paino:

G4= 7,76 kN



TARKISTUS KESKEISELLE KUORMITUKSELLE (M=0)

Nmax=	139,28	kN
sigma,maa=	139,28	< Sigma,maa,sall ,Kestää kuormituksen

TARKISTUS KAATUMISTA VASTAAN

Kaatumisakselin paikka (A)

Nmin= 89,28 kN

a= 0,07 m

Kaatava momentti

Mkaat= 0,00 kNm

Pystyssä mitävä momentti

Mstab.= 24,97 kNm

Varmuus kaatumista vastaan

y= #JAKO/0!

#JAKO/0!

#JAKO/0!

MASTOJÄYKISTEISEN REUNASSA OLEVAN PILARIANTURAN MITOITUS

Vaihtoehto 2

LÄHTÖTIEDOT

Sigma,maa,sall=	200	kN/m ²	L1=	1,5	m
Sigma,maa,murto=	600	kN/m ²	B1=	1,2	m
M=	48	kNm	L2=	0,4	m
H=	0	kN	B2=	0,4	m
Nmax=	173	kN	H1=	0,35	m
Nmin=	50	kN	H2=	0,48	m
			H3=	0,23	m

Seinä ja sokkelipalkki:

		Sokkelin materiaalit paksuudet				Rannila panel 3Lock 200 R50	
leveys k-k (m)	sokkeli H (m)	betoni (mm)	eriste (mm)	betoni (mm)	(kN/m ³)	peltiseinä H (m)	(kN/m ²)
6	1,4	0,1	0,1	0,08	25	4,9	0,342

G1= 47,85 kN

Antura + peruspilari:

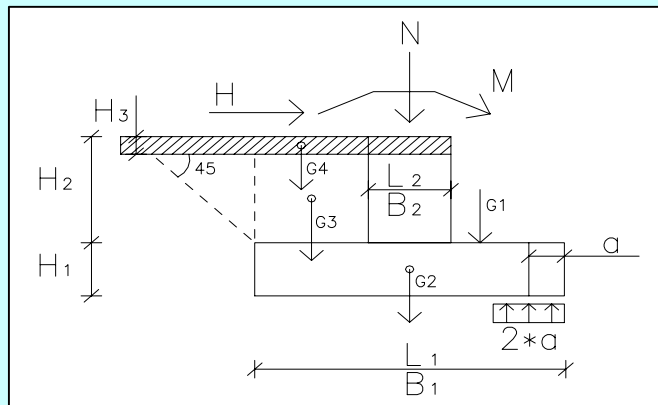
G2= 17,67 kN

Täytesora anturan reunan päällä:

G3= 2,97 kN

Lattialaatan paino:

G4= 11,73 kN



TARKISTUS KESKEISELLE KUORMITUKSELLE (M=0)

Nmax=	253,22	kN
sigma,maa=	140,68	< Sigma,maa,sall ,Kestää kuormituksen

TARKISTUS KAATUMISTA VASTAAN

Kaatumisakselin paikka (A)

Nmin= 130,22 kN

a= 0,09 m

Kaatava momentti

Mkaat= 48,00 kNm

Pystyssä mitävä momentti

Mstab.= 74,26 kNm

Varmuus kaatumista vastaan

y= 1,5 > 1,5 Kaatuminen estetty
FALSE

MASTOJÄYKISTEISEN KESKELLÄ OLEVAN PILARIANTURAN MITOITUS

Vaihtoehto **2**

LÄHTÖTIEDOT

Sigma,maa,sall=	200	kN/m ²	L1=	1,6	m
Sigma,maa,murto=	600	kN/m ²	B1=	1,6	m
M=	30	kNm	L2=	0,45	m
H=	0	kN	B2=	0,4	m
Nmax=	414	kN	H1=	0,45	m
Nmin=	122	kN	H2=	0,48	m
			H3=	0,23	m

Seinä ja sokkelipalkki:

Anturan ympärillä ei ole muuta kuin lattialaattaa joten

G1= 0,00 kN

Antura + peruspilari:

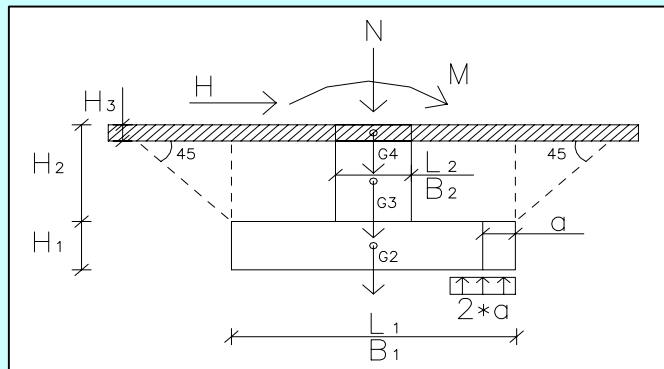
G2= 30,96 kN

Täytesora anturan reunan päällä:

G3= 11,52 kN

Lattialaatan paino:

G4= 25,36 kN



TARKISTUS KESKEISELLE KUORMITUKSELLE (M=0)

Nmax= 481,84 kN

sigma,maa= 188,22 < Sigma,maa,sall ,Kestää kuormituksen

TARKISTUS KAATUMISTA VASTAAN

Kaatumisakselin paikka (A)

Nmin= 189,84 kN

a= 0,10 m

Kaatava momentti

Mkaat= 30,00 kNm

Pystyssä mitävä momentti

Mstab.= 133,10 kNm

Varmuus kaatumista vastaan

y= 4,4

> 1,5 Kaatuminen estetty
kuitenkin ylimitoitusta, anturaa pienennettävä

MASTOJÄYKISTEISEN REUNASSA OLEVAN PILARIANTURAN MITOITUS

Vaihtoehto 2

LÄHTÖTIEDOT

Sigma,maa,sall=	200	kN/m ²	L1=	1	m
Sigma,maa,murto=	600	kN/m ²	B1=	1	m
M=	0	kNm	L2=	0,3	m
H=	0	kN	B2=	0,3	m
Nmax=	84	kN	H1=	0,3	m
Nmin=	24	kN	H2=	0,48	m
			H3=	0,23	m

Seinä ja sokkelipalkki:

		Sokkelin materiaalit paksuudet				Rannila panel 3Lock 200 R50	
leveys k-k (m)	sokkeli H (m)	betoni (mm)	eriste (mm)	betoni (mm)	(kN/m ³)	peltiseinä H (m)	(kN/m ²)
7,4	1,4	0,1	0,1	0,08	25	5,5	0,342

G1= 60,54 kN

Antura + peruspilari:

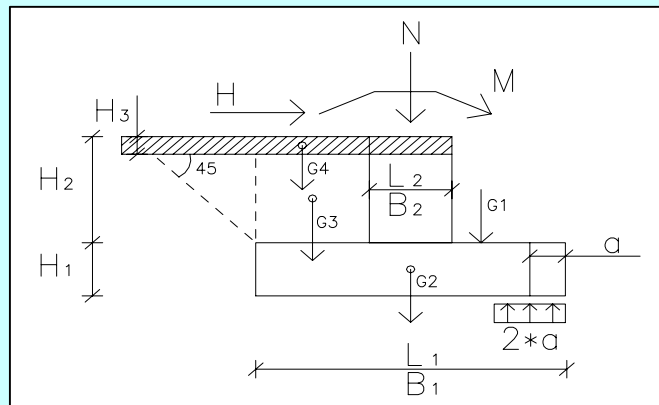
G2= 8,58 kN

Täytesora anturan reunan päällä:

G3= 1,58 kN

Lattialaatan paino:

G4= 7,76 kN



TARKISTUS KESKEISELLE KUORMITUKSELLE (M=0)

Nmax=	162,46	kN
sigma,maa=	162,46	< Sigma,maa,sall ,Kestää kuormituksen

TARKISTUS KAATUMISTA VASTAAN

Kaatumisakselin paikka (A)

Nmin= 102,46 kN

a= 0,09 m

Kaatava momentti

Mkaat= 0,00 kNm

Pystyssä mitävä momentti

Mstab.= 26,79 kNm

Varmuus kaatumista vastaan

y= #JAKO/0!

#JAKO/0!

#JAKO/0!

MASTOJÄYKISTEISEN REUNASSA OLEVAN PILARIANTURAN MITOITUS

Vaihtoehto 3

LÄHTÖTIEDOT

Sigma,maa,sall=	200	kN/m ²	L1=	1,5	m
Sigma,maa,murto=	600	kN/m ²	B1=	1	m
M=	43	kNm	L2=	0,4	m
H=	0	kN	B2=	0,4	m
Nmax=	146	kN	H1=	0,3	m
Nmin=	43	kN	H2=	0,48	m
			H3=	0,23	m

Seinä ja sokkelipalkki:

		Sokkelin materiaalit paksuudet				Rannila panel 3Lock 200 R50	
leveys k-k (m)	sokkeli H (m)	betoni (mm)	eriste (mm)	betoni (mm)	(kN/m ³)	peltiseinä H (m)	(kN/m ²)
6	1,4	0,1	0,1	0,08	25	4,7	0,342

G1= 47,44 kN

Antura + peruspilari:

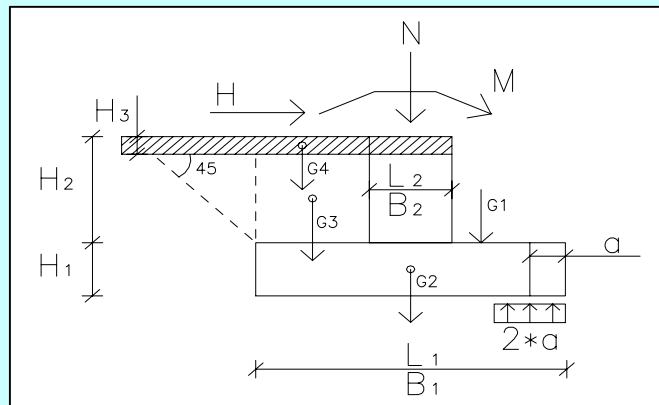
G2= 13,17 kN

Täytesora anturan reunan päällä:

G3= 2,48 kN

Lattialaatan paino:

G4= 10,35 kN



TARKISTUS KESKEISELLE KUORMITUKSELLE (M=0)

Nmax=	219,44	kN
sigma,maa=	146,29	< Sigma,maa,sall ,Kestää kuormituksen

TARKISTUS KAATUMISTA VASTAAN

Kaatumisakselin paikka (A)

Nmin= 116,44 kN

a= 0,10 m

Kaatava momentti

Mkaat= 43,00 kNm

Pystyssä mitävä momentti

Mstab.= 63,92 kNm

Varmuus kaatumista vastaan

y= 1,5 < 1,5 Anturaa suurennettava
FALSE

MASTOJÄYKISTEISEN KESKELLÄ OLEVAN PILARIANTURAN MITOITUS

Vaihtoehto 3

LÄHTÖTIEDOT

Sigma,maa,sall=	200	kN/m ²	L1=	1,4	m
Sigma,maa,murto=	600	kN/m ²	B1=	1,4	m
M=	23	kNm	L2=	0,4	m
H=	0	kN	B2=	0,4	m
Nmax=	292	kN	H1=	0,4	m
Nmin=	85	kN	H2=	0,48	m
			H3=	0,23	m

Seinä ja sokkelipalkki:

Anturan ympärillä ei ole muuta kuin lattialaattaa joten

G1= 0,00 kN

Antura + peruspilari:

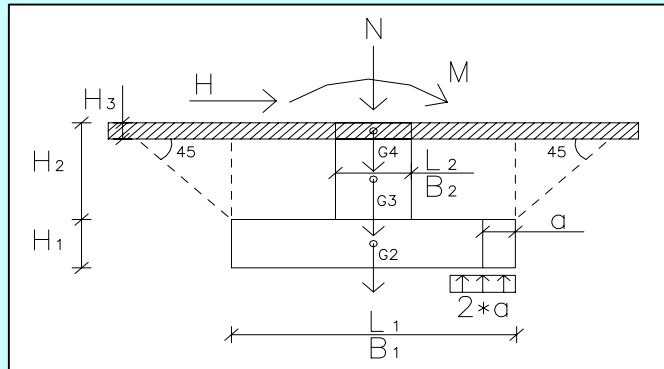
G2= 21,52 kN

Täytesora anturan reunan päällä:

G3= 8,82 kN

Lattialaatan paino:

G4= 20,76 kN



TARKISTUS KESKEISELLE KUORMITUKSELLE (M=0)

Nmax= 343,10 kN

sigma,maa= 175,05 < Sigma,maa,sall ,Kestää kuormituksen

TARKISTUS KAATUMISTA VASTAAN

Kaatumisakselin paikka (A)

Nmin= 136,10 kN

a= 0,08 m

Kaatava momentti

Mkaat= 23,00 kNm

Pystyssä mitävä momentti

Mstab.= 84,24 kNm

Varmuus kaatumista vastaan

y= 3,7

> 1,5 Kaatuminen estetty
kuitenkin ylimitoitusta, anturaa pienennettävä

MASTOJÄYKISTEISEN KESKELLÄ OLEVAN PILARIANTURAN MITOITUS

Vaihtoehto 3

LÄHTÖTIEDOT

Sigma,maa,sall=	200	kN/m ²	L1=	1,4	m
Sigma,maa,murto=	600	kN/m ²	B1=	1,4	m
M=	23	kNm	L2=	0,4	m
H=	0	kN	B2=	0,4	m
Nmax=	294	kN	H1=	0,4	m
Nmin=	86	kN	H2=	0,48	m
			H3=	0,23	m

Seinä ja sokkelipalkki:

Anturan ympärillä ei ole muuta kuin lattialaattaa joten

G1= 0,00 kN

Antura + peruspilari:

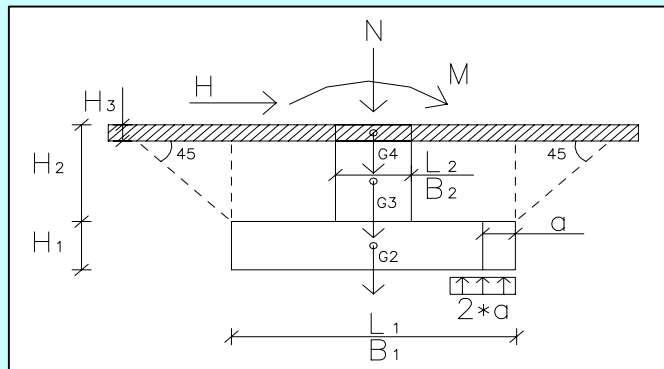
G2= 21,52 kN

Täytesora anturan reunan päällä:

G3= 8,82 kN

Lattialaatan paino:

G4= 20,76 kN



TARKISTUS KESKEISELLE KUORMITUKSELLE (M=0)

Nmax= 345,10 kN

sigma,maa= 176,07 < Sigma,maa,sall ,Kestää kuormituksen

TARKISTUS KAATUMISTA VASTAAN

Kaatumisakselin paikka (A)

Nmin= 137,10 kN

a= 0,08 m

Kaatava momentti

Mkaat= 23,00 kNm

Pystyssä mitävä momentti

Mstab.= 84,78 kNm

Varmuus kaatumista vastaan

y= 3,7

> 1,5 Kaatuminen estetty
kuitenkin ylimitoitusta, anturaa pienennettävä

**MASTOJÄYKISTEISEN REUNASSA OLEVAN
PILARIANTURAN MITOITUS**
Vaihtoehto **3****LÄHTÖTIEDOT**

Sigma,maa,sall=	200	kN/m ²	L1=	1	m
Sigma,maa,murto=	600	kN/m ²	B1=	1	m
M=	0	kNm	L2=	0,3	m
H=	0	kN	B2=	0,3	m
Nmax=	70	kN	H1=	0,3	m
Nmin=	20	kN	H2=	0,48	m
			H3=	0,23	m

Seinä ja sokkelipalkki:

		Sokkelin materiaalit paksuudet				Rannila panel 3Lock 200 R50	
leveys k-k (m)	sokkeli H (m)	betoni (mm)	eriste (mm)	betoni (mm)	(kN/m ³)	peltiseinä H (m)	(kN/m ²)
6,2	1,4	0,1	0,1	0,08	25	5,3	0,342

G1= 50,30 kN

Antura + peruspilari:

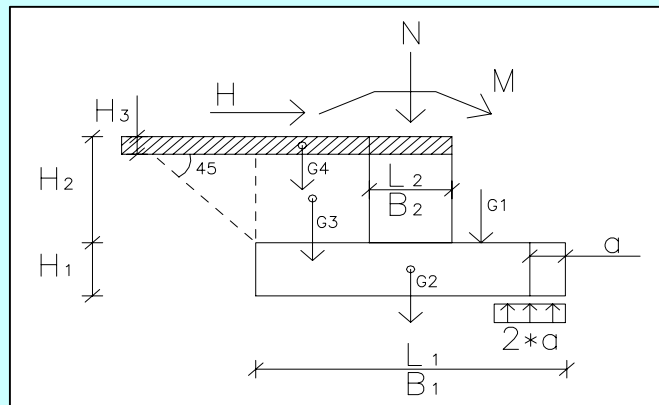
G2= 8,58 kN

Täytesora anturan reunan päällä:

G3= 1,58 kN

Lattialaatan paino:

G4= 7,76 kN

**TARKISTUS KESKEISELLE KUORMITUKSELLE (M=0)**

Nmax=	138,22	kN
sigma,maa=	138,22	< Sigma,maa,sall ,Kestää kuormituksen

TARKISTUS KAATUMISTA VASTAAN**Kaatumisakselin paikka (A)**

Nmin= 88,22 kN

a= 0,07 m

Kaatava momentti

Mkaat= 0,00 kNm

Pystyssä mitävä momentti

Mstab.= 24,91 kNm

Varmuus kaatumista vastaan

y= #JAKO/0!

#JAKO/0!

#JAKO/0!

PILARIEN LUJUUSLASKELMAT

Pääpilarit

VE1

$$N_{g, reuna} = 24,8m / 2 * (6m * 0,95kN / m^2 + 0,088kN / m) + 21,2kN + 2kN = 94,9kN$$

$$N_{g, kesk.} = 49,6m / 2 * (6m * 0,95kN / m^2 + 0,088kN / m) + 42,4 + 2kN = 187,8kN$$

$$N_{q, reuna} = 24,8m / 2 * 6m * 1,6kN / m^2 = 119kN$$

$$N_{q, kesk.} = 49,6m / 2 * 6m * 1,6kN / m^2 = 238,1kN$$

$$q_w = 0,44kN / m^2 * 0,7 * 6m = 1,8kN / m$$

$$q^{\wedge}_w = 0,44kN / m^2 * 0,5 * 6m = 1,3kN / m$$

$$F_w = 2,3m * 1,8kN / m = 4,3kN$$

$$F^{\wedge}_w = 2,3m * 1,3kN / m = 3,0kN$$

$$F_{g, reuna} = 94,9kN / 150 = 0,63kN$$

$$F_{q, reuna} = 119kN / 150 = 0,79kN$$

$$F_{g, kesk.} = 187,8kN / 150 = 1,25kN$$

$$F_{q, kesk.} = 238,1 / 150 = 1,59kN$$

Edelliset kuormat laskenta-arvoina

$$N_{gd, reuna} = 1,2 * 94,9kN = 113,9kN$$

$$N_{gd, kesk.} = 1,2 * 187,8kN = 225,4kN$$

$$N_{qd, reuna} = 1,6 * 119kN = 190,4kN$$

$$N_{qd, kesk.} = 1,6 * 238,1kN = 381,0kN$$

$$q_{wd} = 1,6 * 1,8kN / m = 2,88kN / m$$

$$q^{\wedge}_{wd} = 1,6 * 1,3kN / m = 2,08kN / m$$

$$F_{wd} = 1,6 * 4,3kN = 6,88kN$$

$$F^{\wedge}_{wd} = 1,6 * 3,0kN = 4,80kN$$

$$F_{gd, reuna} = 1,2 * 0,63kN = 0,76kN$$

$$F_{gd,kesk.} = 1,2 * 1,25kN = 1,50kN$$

$$F_{qd,reuna} = 1,6 * 0,79kN = 1,26kN$$

$$F_{qd,kesk.} = 1,6 * 1,59kN = 2,54kN$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin yläpäässä:

$$F_{d,reuna} = 0,76kN + 1,26kN + 6,88kN = 8,9kN$$

$$F_{d,reuna}^{\setminus} = 0,76kN + 1,26kN + 4,8kN = 6,82kN$$

$$F_{d,kesk.} = 1,50kN + 2,54kN = 4,04kN$$

Osamomentit saadaan taipumakaavojen muodostaman tasapainoehtojen mukaan.

$$R_d = \frac{3}{24} * 2,88kN / m * 4,5m = 1,62kN$$

$$M_{Aq} = \frac{2,88kN / m * (4,5m)^2}{2} - 1,62kN * 4,5m = 21,87kNm$$

$$M_{Bq} = M_{Cq} = 1,62kN * 4,5m = 7,29kNm$$

$$M_{Cq}^{\setminus} = \frac{5}{7} * 21,87kNm = 15,62kNm$$

$$M_{Bq}^{\setminus} = M_{Aq}^{\setminus} = \frac{5}{7} * 7,29kN = 5,21kNm$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat jakautuvat tasan kaikille pilareille:

$$M_F = \frac{(8,9kN + 6,82kN + 4,04kN) * 4,5m}{3} = 29,64kNm$$

Osamomenttien yhdistäminen:

$$M_A = 21,87kNm + 5,21kNm + 29,64kNm = 56,7kNm$$

$$M_B = 7,29kNm + 5,21kNm + 29,64kNm = 42,1kNm$$

$$M_C = 7,29kNm + 15,62kNm + 29,64kNm = 52,6kNm$$

Normaalivoima:

$$N_{dA} = N_{dC} = 113,9kN + 190,4kN = 304,3kN$$

$$N_{dB} = 225,4kN + 381,0kN = 606,4kN$$

Mitoittavat voimasuureet:

Reunassa

$$M_d = 57kNm$$

$$N_d = 304kN$$

Keskellä

$$M_d = 42kNm$$

$$N_d = 606kN$$

Taipumat

Tarkistetaan taipuman suurin arvo, laskennassa käytetään ominaiskuormia.

$$R = \frac{3}{16} * 1,8kN / m * 4,5m = 1,52kN$$

$$R^{\wedge} = \frac{5}{7} * 1,52kN = 1,08kN$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin päässä

Reunassa:

$$R_F = \frac{4,3kN + 3,0kN + 0,63kN + 0,79kN}{3} = 2,91kN$$

$$\Sigma F_i = 2,91kN + 1,08kN - 1,52kN = 2,47kN$$

Keskellä:

$$R_F = \frac{4,3kN + 3,0kN + 1,25kN + 1,59kN}{3} = 3,38kN$$

$$\Sigma F_i = 3,38kN + 1,08kN - 1,52kN = 2,94kN$$

VE2

$$N_{g, reuna} = 14,8m / 2 * (6m * 0,95kN / m^2 + 0,088kN / m) + 7,1kN + 2kN = 49,6kN$$

$$N_{g, kesk.} = (20m / 2 + 14,8m / 2) * (6m * 0,95kN / m^2 + 0,088kN / m) + 19,3kN + 2kN = 121,9kN$$

$$N_{q, reuna} = 14,8m / 2 * 6m * 1,6kN / m^2 = 71kN$$

$$N_{q, kesk.} = (20m / 2 + 14,8m / 2) * 6m * 1,6kN / m^2 = 167kN$$

$$q_w = 0,44kN / m^2 * 0,7 * 6m = 1,8kN / m$$

$$q_w^{\wedge} = 0,44kN / m^2 * 0,5 * 6m = 1,3kN / m$$

$$F_w = 2m * 1,8kN / m = 3,7kN$$

$$F_w^{\wedge} = 2m * 1,3kN / m = 2,6kN$$

$$F_{g, reuna} = 49,6kN / 150 = 0,33kN$$

$$F_{q, reuna} = 71kN / 150 = 0,47kN$$

$$F_{g, kesk.} = 121,9kN / 150 = 0,81kN$$

$$F_{q, kesk.} = 167kN / 150 = 1,11kN$$

Edelliset kuormat laskenta-arvoina

$$N_{gd, reuna} = 1,2 * 49,6kN = 59,5kN$$

$$N_{gd, kesk.} = 1,2 * 121,9kN = 146,3kN$$

$$N_{qd, reuna} = 1,6 * 71kN = 113,6kN$$

$$N_{qd, kesk.} = 1,6 * 167kN = 267,2kN$$

$$q_{wd} = 1,6 * 1,8kN / m = 2,88kN / m$$

$$q_{wd}^{\wedge} = 1,6 * 1,3kN / m = 2,08kN / m$$

$$F_{wd} = 1,6 * 3,7kN = 5,92kN$$

$$F_{wd}^{\wedge} = 1,6 * 2,6kN = 4,16kN$$

$$F_{gd, reuna} = 1,2 * 0,33kN = 0,40kN$$

$$F_{gd, kesk.} = 1,2 * 0,81kN = 0,97kN$$

$$F_{qd, reuna} = 1,6 * 0,47kN = 0,75kN$$

$$F_{qd, kesk.} = 1,6 * 1,11kN = 1,78kN$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin yläpäässä:

$$F_{d, reunat} = 0,40kN + 0,75kN + 5,92kN = 7,07kN$$

$$F_{d, reunat}^{\wedge} = 0,40kN + 0,75kN + 4,16kN = 5,31kN$$

$$F_{d, kesk.} = 0,97kN + 1,78kN = 2,75kN$$

Osamomentit saadaan taipumakaavojen muodostaman tasapainoehtoien mukaan.

$$R_d = \frac{3}{32} * 2,88kN / m * 4,5m = 1,22kN$$

$$M_{Aq} = \frac{2,88kN / m * (4,5m)^2}{2} - 1,22kN * 4,5m = 23,67kNm$$

$$M_{Bq} = M_{Cq} = M_{Dq} = 1,22kN * 4,5m = 5,49kNm$$

$$M_{Dq}^{\wedge} = \frac{5}{7} * 23,67kNm = 16,91kNm$$

$$M_{Cq}^{\wedge} = M_{Bq}^{\wedge} = M_{Aq}^{\wedge} = \frac{5}{7} * 5,49kNm = 3,92kNm$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat jakautuvat tasan kaikille pilareille:

$$M_F = \frac{(7,07kN + 5,31kN + 2 * 2,75kN) * 4,5m}{4} = 20,12kNm$$

Osamomenttien yhdistäminen:

$$M_A = 23,67kNm + 3,92kNm + 20,12kNm = 47,7kNm$$

$$M_B = 5,49kNm + 3,92kNm + 20,12kNm = 29,5kNm$$

$$M_C = 5,49kNm + 3,92kNm + 20,12kNm = 29,5kNm$$

$$M_D = 5,49kNm + 16,91kNm + 20,12kNm = 42,5kNm$$

Normaalivoima:

$$N_{dA} = N_{dD} = 59,5kN + 113,6kN = 173,1kN$$

$$N_{dB} = N_{dC} = 146,3kN + 267,2kN = 413,5kN$$

Mitoittavat voimasuureet:

Reunassa

$$M_d = 48kNm$$

$$N_d = 173kN$$

Keskellä

$$M_d = 30kNm$$

$$N_d = 414kN$$

Taipumat

Tarkistetaan taipuman suurin arvo, laskennassa käytetään ominaiskuormia.

$$R = \frac{3}{16} * 1,8kN / m * 4,5m = 1,52kN$$

$$R' = \frac{5}{7} * 1,52kN = 1,08kN$$

Vaakasuntaiset pistekuormat pilarin päässä

Reunassa:

$$R_F = \frac{3,7kN + 2,6kN + 0,33kN + 0,47kN}{4} = 1,78kN$$

$$\Sigma F_i = 1,78kN + 1,08kN - 1,52kN = 1,34kN$$

Keskellä:

$$R_F = \frac{3,7kN + 2,6kN + 0,81kN + 1,11kN}{4} = 2,06$$

$$\Sigma F_i = 2,06kN + 1,08kN - 1,52kN = 1,62kN$$

VE3

$$N_{g, reuna} = 12,4m / 2 * (6m * 0,95kN / m^2 + 0,088kN / m) + 4,8kN + 2kN = 42,7kN$$

$$N_{g, välit} = 12,4m * (6m * 0,95kN / m^2 + 0,088kN / m) + 11,2kN + 2kN = 84,9kN$$

$$N_{g, kesk.} = 12,4m * (6m * 0,95kN / m^2 + 0,088kN / m) + 12,7kN + 2kN = 86,4kN$$

$$N_{q, reuna} = 12,4m / 2 * 6m * 1,6kN / m^2 = 59,5kN$$

$$N_{q,v\ddot{a}l\ddot{i}t} = 12,4m * 6m * 1,6kN / m^2 = 119kN$$

$$N_{q,kesk.} = 12,4m * 6m * 1,6kN / m^2 = 119kN$$

$$q_w = 0,44kN / m^2 * 0,7 * 6m = 1,8kN / m$$

$$q'_w = 0,44kN / m^2 * 0,5 * 6m = 1,3kN / m$$

$$F_w = 1,8m * 1,8kN / m = 3,3kN$$

$$F'_w = 1,8m * 1,3kN / m = 2,4kN$$

$$F_{g,reuna} = 42,7kN / 150 = 0,28kN$$

$$F_{q,reuna} = 59,5kN / 150 = 0,40kN$$

$$F_{g,v\ddot{a}l\ddot{i}t} = 84,9kN / 150 = 0,57kN$$

$$F_{q,v\ddot{a}l\ddot{i}t} = 119kN / 150 = 0,79kN$$

$$F_{g,kesk.} = 86,4kN / 150 = 0,58kN$$

$$F_{q,kesk.} = 119kN / 150 = 0,79kN$$

Edelliset kuormat laskenta-arvoina

$$N_{gd,reuna} = 1,2 * 42,7kN = 51,2kN$$

$$N_{gd,v\ddot{a}l\ddot{i}t} = 1,2 * 84,9kN = 101,9kN$$

$$N_{gd,kesk.} = 1,2 * 86,4kN = 103,7kN$$

$$N_{qd,reuna} = 1,6 * 59,5kN = 95,2kN$$

$$N_{qd,v\ddot{a}l\ddot{i}t} = 1,6 * 119kN = 190,4kN$$

$$N_{qd,kesk.} = 1,6 * 119kN = 190,4kN$$

$$q_{wd} = 1,6 * 1,8kN / m = 2,88kN / m$$

$$q'_{wd} = 1,6 * 1,3kN / m = 2,08kN / m$$

$$F_{wd} = 1,6 * 3,3kN = 5,28kN$$

$$F'_{wd} = 1,6 * 2,4kN = 3,84kN$$

$$F_{gd,reuna} = 1,2 * 0,28kN = 0,34kN$$

$$F_{gd,v\ddot{a}l\ddot{i}t} = 1,2 * 0,57kN = 0,68kN$$

$$F_{gd,kesk.} = 1,2 * 0,58kN = 0,70kN$$

$$F_{qd,reuna} = 1,6 * 0,40kN = 0,64kN$$

$$F_{qd,välit} = 1,6 * 0,79kN = 1,26kN$$

$$F_{qd,kesk.} = 1,6 * 0,79kN = 1,26kN$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin yläpäässä:

$$F_{d,reuna} = 0,34kN + 0,64kN + 5,28kN = 6,26kN$$

$$F_{d,reuna}^{\wedge} = 0,34kN + 0,64kN + 3,84kN = 4,82kN$$

$$F_{d,välit} = 0,68kN + 1,26kN = 1,94kN$$

$$F_{d,kesk.} = 0,70kN + 1,26kN = 1,96kN$$

Osamomentit saadaan taipumakaavojen muodostaman tasapainoehtojen mukaan.

$$R_d = \frac{3}{40} * 2,88kN / m * 4,5m = 0,97kN$$

$$M_{Aq} = \frac{2,88kN / m * (4,5m)^2}{2} - 0,97kN * 4,5m = 24,8kNm$$

$$M_{Bq} = M_{Cq} = M_{Dq} = M_{Ed} = 0,97kN * 4,5m = 4,37kNm$$

$$M_{Eq}^{\wedge} = \frac{5}{7} * 24,8kNm = 17,71kNm$$

$$M_{Dq}^{\wedge} = M_{Cq}^{\wedge} = M_{Bq}^{\wedge} = M_{Aq}^{\wedge} = \frac{5}{7} * 4,37kNm = 3,12kNm$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat jakautuvat tasan kaikille pilareille:

$$M_F = \frac{(6,26kN + 4,82kN + 1,94kN * 2 + 1,96kN) * 4,5m}{5} = 15,23kNm$$

Osamomenttien yhdistäminen:

$$M_A = 24,8kNm + 3,12kNm + 15,23kNm = 43,2kNm$$

$$M_B = 4,37kNm + 3,12kN + 15,23kNm = 22,7kNm$$

$$M_C = 4,37kNm + 3,12kNm + 15,23kNm = 22,7kNm$$

$$M_D = 4,37kNm + 3,12kNm + 15,23kNm = 22,7kNm$$

$$M_E = 4,37kNm + 17,71kNm + 15,23kNm = 37,3kNm$$

Normaalivoima:

$$N_{dA} = N_{dE} = 51,2kN + 95,2kN = 146,4kN$$

$$N_{dB} = N_{dD} = 101,9kN + 190,4kN = 292,3kN$$

$$N_{dC} = 103,7kN + 190,4kN = 294,1kN$$

Mitoittavat voimasuureet:

Reunassa

$$M_d = 43kNm$$

$$N_d = 146kN$$

Väleissä

$$M_d = 23kNm$$

$$N_d = 292kN$$

Keskellä

$$M_d = 23kNm$$

$$N_d = 294kN$$

Taipumat

Tarkistetaan taipuman suurin arvo, laskennassa käytetään ominaiskuormia.

$$R = \frac{3}{16} * 1,8kN / m * 4,5m = 1,52kN$$

$$R^{\wedge} = \frac{5}{7} * 1,52kN = 1,08kN$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin päässä

Reunassa:

$$R_F = \frac{3,3kN + 2,4kN + 0,28kN + 0,40kN}{5} = 1,28kN$$

$$\Sigma F_i = 1,28kN + 1,08kN - 1,52kN = 0,84kN$$

Väleissä:

$$R_F = \frac{3,3kN + 2,4kN + 0,57kN + 0,79kN}{5} = 1,41kN$$

$$\Sigma F_i = 1,41kN + 1,08kN - 1,52kN = 0,97kN$$

Keskellä:

$$R_F = \frac{3,3kN + 2,4kN + 0,58kN + 0,79kN}{5} = 1,41kN$$

$$\Sigma F_i = 1,41kN + 1,08kN - 1,52kN = 0,97kN$$

Excel-työkirjaan syötetään seuraavia tietoja, joita tarvitaan poikkileikkauksien mitoituksessa.

Taulukko 1 Mitoituksessa tarvittavat tiedot

	Pilarit	M _d (kNm)	N _d (kN)	ΣF _i (kN)	q _w (kN/m)	Poikkileikkaus (tulos)
VE1						
	A=C	57	304	2,47	1,8	215x405
	B	42	606	2,94	1,8	215x450
VE2						
	A=D	48	173	1,34	1,8	165x360
	B=C	30	414	1,62	1,8	165x450
VE3						
	A=E	43	146	0,84	1,8	165x360
	B=D	23	292	0,97	1,8	165x405
	C	23	294	0,97	1,8	165x405
VE4						
	A=C	71	370	3,22	2,2	215x450
	B	53	738	3,79	2,2	215x495
VE5						
	A=D	60	215	1,82	2,2	165x405
	B=C	38	505	2,16	2,2	165x495
VE6						
	A=E	53	178	1,08	2,2	165x405
	B=D	28	356	1,24	2,2	165x405
	C	28	358	1,24	2,2	165x405
VE7						
	A=D	58	195	1,7	2,2	165x405
	B=C	36	458	2,0	2,2	165x450

Pääpilarien palomitoitus

VE1

$$N_{g, reuna, p} = 94,9kN$$

$$N_{g, kesk., p} = 187,8kN$$

$$N_{q, reuna, p} = 119kN * 0,5 = 59,5kN$$

$$N_{q, kesk., p} = 238,1kN * 0,5 = 119,1kN$$

$$q_{w, p} = 1,8kN / m * 0,3 = 0,54kN / m$$

$$q^{\wedge}_{w, p} = 1,3kN / m * 0,3 = 0,39kN / m$$

$$F_{w, p} = 4,3kN * 0,3 = 1,29kN$$

$$F^{\wedge}_{w, p} = 3,0kN * 0,3 = 0,9kN$$

$$F_{g, reuna, p} = 0,63kN$$

$$F_{q, reuna, p} = 0,79kN * 0,5 = 0,40kN$$

$$F_{g, kesk., p} = 1,25kN$$

$$F_{q, kesk., p} = 1,59kN * 0,5 = 0,80kN$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin yläpäässä:

$$F_{reuna, p} = 0,63kN + 0,40kN + 1,29kN = 2,32kN$$

$$F^{\wedge}_{reuna, p} = 0,63kN + 0,40kN + 0,9kN = 1,93kN$$

$$F_{kesk., p} = 1,25kN + 0,80kN = 2,05kN$$

Osamomentit saadaan taipumakaavojen muodostaman tasapainoehdojen mukaan.

$$R_p = \frac{3}{24} * 0,54kN / m * 4,5m = 0,30kN$$

$$M_{Aq, p} = \frac{0,54kN / m * (4,5m)^2}{2} - 0,30kN * 4,5m = 4,12kNm$$

$$M_{Bq, p} = M_{Cq, p} = 0,30kN * 4,5m = 1,35kNm$$

$$M_{Cq,p} = \frac{5}{7} * 4,12kNm = 2,94kNm$$

$$M_{Bq,p} = M_{Aq,p} = \frac{5}{7} * 1,35kNm = 0,96kNm$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat jakautuvat tasan kaikille pilareille:

$$M_{F,p} = \frac{(2,32kN + 1,93kN + 2,05kN) * 4,5m}{3} = 9,45kNm$$

Osamomenttien yhdistäminen:

$$M_{A,p} = 4,12kNm + 0,96kNm + 9,45kNm = 14,5kNm$$

$$M_{B,p} = 1,35kNm + 0,96kNm + 9,45kNm = 11,8kNm$$

$$M_{C,p} = 1,35kNm + 2,94kNm + 9,45kNm = 13,7kNm$$

Normaalivoima:

$$N_{dA,p} = N_{dC,p} = 94,9kN + 59,5kN = 154,4kN$$

$$N_{dB,p} = 187,8kN + 119,1kN = 306,9kN$$

Mitoittavat voimasuureet:

Reunassa

$$M_{d,p} = 15kNm$$

$$N_{d,p} = 154kN$$

Keskellä

$$M_{d,p} = 12kNm$$

$$N_{d,p} = 307kN$$

Taipumat

Tarkistetaan taipuman suurin arvo, laskennassa käytetään ominaiskuormia.

$$R_p = \frac{3}{16} * 0,54kN / m * 4,5m = 0,46kN$$

$$R_p' = \frac{5}{7} * 0,46kN = 0,33kN$$

Vaakasuntaiset pistekuormat pilarin päässä

Reunassa:

$$R_{F,p} = \frac{1,29kN + 0,9kN + 0,63kN + 0,4kN}{3} = 1,07kN$$

$$\Sigma F_{i,p} = 1,07kN + 0,33kN - 0,46kN = 0,94kN$$

Keskellä:

$$R_{F,p} = \frac{1,29kN + 0,9kN + 1,25kN + 0,8kN}{3} = 1,41kN$$

$$\Sigma F_{i,p} = 1,41kN + 0,33kN - 0,46kN = 1,28kN$$

VE2

$$N_{g,reuna,p} = 49,6kN$$

$$N_{g,kesk.,p} = 121,9kN$$

$$N_{q,reuna,p} = 71kN * 0,5 = 35,5kN$$

$$N_{q,kesk.,p} = 167kN * 0,5 = 83,5kN$$

$$q_{w,p} = 1,8kN / m * 0,3 = 0,54kN / m$$

$$q'_{w,p} = 1,3kN / m * 0,3 = 0,39kN / m$$

$$F_{w,p} = 3,7kN * 0,3 = 1,11kN$$

$$F'_{w,p} = 2,6kN * 0,3 = 0,78kN$$

$$F_{g,reuna,p} = 0,33kN$$

$$F_{q,reuna,p} = 0,47kN * 0,5 = 0,24kN$$

$$F_{g,kesk.,p} = 0,81kN$$

$$F_{q,kesk.,p} = 1,11kN * 0,5 = 0,56kN$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin yläpäässä:

$$F_{reuna,p} = 0,33kN + 0,24kN + 1,11kN = 1,68kN$$

$$F'_{reuna,p} = 0,33kN + 0,24kN + 0,78kN = 1,35kN$$

$$F_{kesk.,p} = 0,81kN + 0,56kN = 1,37kN$$

Osamomentit saadaan taipumakaavojen muodostaman tasapainoehdojen mukaan.

$$R_{d,p} = \frac{3}{32} * 0,54kN / m * 4,5m = 0,23kN$$

$$M_{Aq,p} = \frac{0,54kN / m * (4,5m)^2}{2} - 0,23kN * 4,5m = 4,44kNm$$

$$M_{Bq,p} = M_{Cq,p} = M_{Dq,p} = 0,23kN * 4,5m = 1,04kNm$$

$$M_{Dq,p} \setminus = \frac{5}{7} * 4,44kNm = 3,17kNm$$

$$M_{Cq,p} \setminus = M_{Bq,p} \setminus = M_{Aq,p} \setminus = \frac{5}{7} * 1,04kNm = 0,74kNm$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat jakautuvat tasan kaikille pilareille:

$$M_{F,p} = \frac{(1,68kN + 1,35kN + 2 * 1,37kN) * 4,5m}{4} = 6,49kNm$$

Osamomenttien yhdistäminen:

$$M_{A,p} = 4,44kNm + 0,74kNm + 6,49kNm = 11,7kNm$$

$$M_{B,p} = 1,04kNm + 0,74kNm + 6,49kNm = 8,3kNm$$

$$M_{C,p} = 1,04kNm + 0,74kNm + 6,49kNm = 8,3kNm$$

$$M_{D,p} = 1,04kNm + 3,17kNm + 6,49kNm = 10,7kNm$$

Normaalivoima:

$$N_{dA,p} = N_{dD,p} = 49,6kN + 35,5kN = 85,1kN$$

$$N_{dB,p} = N_{dC,p} = 121,9kN + 83,5kN = 205,4kN$$

Mitoittavat voimasuureet:

Reunassa

$$M_{d,p} = 12kNm$$

$$N_{d,p} = 85kN$$

Keskellä

$$M_{d,p} = 8kNm$$

$$N_{d,p} = 205kN$$

Taipumat

Tarkistetaan taipuman suurin arvo, laskennassa käytetään ominaiskuormia.

$$R_p = \frac{3}{16} * 0,54kN / m * 4,5m = 0,46kN$$

$$R_p' = \frac{5}{7} * 0,46kN = 0,33kN$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin päässä

Reunassa:

$$R_{F,p} = \frac{1,1kN + 0,78kN + 0,33kN + 0,24kN}{4} = 0,62kN$$

$$\Sigma F_{i,p} = 0,62kN + 0,33kN - 0,46kN = 0,49kN$$

Keskellä:

$$R_{F,p} = \frac{1,1kN + 0,78kN + 0,81kN + 0,56kN}{4} = 0,82kN$$

$$\Sigma F_{i,p} = 0,82kN + 0,33kN - 0,46kN = 0,69kN$$

VE3

$$N_{g, reuna, p} = 42,7kN$$

$$N_{g, välit, p} = 84,9kN$$

$$N_{g, kesk., p} = 86,4kN$$

$$N_{q, reuna, p} = 59,5kN * 0,5 = 29,8kN$$

$$N_{q, välit, p} = 119kN * 0,5 = 59,5kN$$

$$N_{q, kesk., p} = 119kN * 0,5 = 59,5kN$$

$$q_{w, p} = 1,8kN / m * 0,3 = 0,54kN / m$$

$$q'_{w, p} = 1,3kN / m * 0,3 = 0,39kN / m$$

$$F_{w, p} = 3,3kN * 0,3 = 0,99kN$$

$$F'_{w, p} = 2,4kN * 0,3 = 0,72kN$$

$$F_{g, reuna, p} = 0,28kN$$

$$F_{q, reuna, p} = 0,40kN * 0,5 = 0,20kN$$

$$F_{g, välit, p} = 0,57kN$$

$$F_{q, välit, p} = 0,79kN * 0,5 = 0,40kN$$

$$F_{g, kesk., p} = 0,58kN$$

$$F_{q, kesk., p} = 0,79kN * 0,5 = 0,40kN$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin yläpäässä:

$$F_{reuna, p} = 0,28kN + 0,20kN + 0,99kN = 1,47kN$$

$$F'_{reuna, p} = 0,28kN + 0,20kN + 0,72kN = 1,2kN$$

$$F_{välit, p} = 0,57kN + 0,4kN = 0,97kN$$

$$F_{kesk., p} = 0,58kN + 0,4kN = 0,98kN$$

Osamomentit saadaan taipumakaavojen muodostaman tasapainoehdojen mukaan.

$$R_p = \frac{3}{40} * 0,54kN / m * 4,5m = 0,18kN$$

$$M_{Aq,p} = \frac{0,54kN / m * (4,5m)^2}{2} - 0,18kN * 4,5m = 4,66kNm$$

$$M_{Bq,p} = M_{Cq,p} = M_{Dq,p} = M_{Ed,p} = 0,18kN * 4,5m = 0,81kNm$$

$$M_{Eq,p} = \frac{5}{7} * 4,66kNm = 3,33kNm$$

$$M_{Dq,p} = M_{Cq,p} = M_{Bq,p} = M_{Aq,p} = \frac{5}{7} * 0,81kNm = 0,58kNm$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat jakautuvat tasan kaikille pilareille:

$$M_{F,p} = \frac{(1,47kN + 1,2kN + 0,97kN * 2 + 0,98kN) * 4,5m}{5} = 5,03kNm$$

Osamomenttien yhdistäminen:

$$M_{A,p} = 4,66kNm + 0,58kNm + 5,03kNm = 10,3kNm$$

$$M_{B,p} = 0,81kNm + 0,58kNm + 5,03kNm = 6,4kNm$$

$$M_{C,p} = 0,81kNm + 0,58kNm + 5,03kNm = 6,4kNm$$

$$M_{D,p} = 0,81kNm + 0,58kNm + 5,03kNm = 6,4kNm$$

$$M_{E,p} = 0,81kNm + 3,33kNm + 5,03kNm = 9,2kNm$$

Normaalivoima:

$$N_{dA,p} = N_{dE,p} = 42,7kN + 29,8kN = 72,5kN$$

$$N_{dB,p} = N_{dD,p} = 84,9kN + 59,5kN = 144,4kN$$

$$N_{dC,p} = 86,4kN + 59,5kN = 145,9kN$$

Mitoittavat voimasuureet:

Reunassa

$$M_{d,p} = 10kNm$$

$$N_{d,p} = 73kN$$

Väleissä

$$M_{d,p} = 6kNm$$

$$N_{d,p} = 144kN$$

Keskellä

$$M_{d,p} = 6kNm$$

$$N_{d,p} = 146kN$$

Taipumat

Tarkistetaan taipuman suurin arvo, laskennassa käytetään ominaiskuormia.

$$R_p = \frac{3}{16} * 0,54kN / m * 4,5m = 0,46kN$$

$$R_p' = \frac{5}{7} * 0,46kN = 0,33kN$$

Vaakasuuntaiset pistekuormat pilarin päässä

Reunassa:

$$R_{F,p} = \frac{0,99kN + 0,72kN + 0,28kN + 0,2kN}{5} = 0,44kN$$

$$\Sigma F_{i,p} = 0,44kN + 0,33kN - 0,46kN = 0,31kN$$

Väleissä:

$$R_{F,p} = \frac{0,99kN + 0,72kN + 0,57kN + 0,4kN}{5} = 0,54kN$$

$$\Sigma F_{i,p} = 0,54kN + 0,33kN - 0,46kN = 0,41kN$$

Keskellä:

$$R_{F,p} = \frac{0,99kN + 0,72kN + 0,58kN + 0,4kN}{5} = 0,54kN$$

$$\Sigma F_{i,p} = 0,54kN + 0,33kN - 0,46kN = 0,41kN$$

Excel-työkirjaan syötetään seuraavia tietoja, joita tarvitaan poikkileikkauksien mitoituksessa.

Taulukko 2 Mitoituksessa tarvittavat tiedot

	Pilarit	$M_{d,p}$ (kNm)	$N_{d,p}$ (kN)	$\Sigma F_{i,p}$ (kN)	$q_{w,p}$ (kN/m)	Poikkileikkaus	Kestääkö
VE1							
	A=C	15	154	0,94	0,54	215x405	OK
	B	12	307	1,28	0,54	215x450	OK
VE2							
	A=D	12	85	0,49	0,54	165x360	OK
	B=C	8	205	0,69	0,54	165x450	OK
VE3							
	A=E	10	73	0,31	0,54	165x360	OK
	B=D	6	144	0,41	0,54	165x405	OK
	C	6	146	0,41	0,54	165x405	OK
VE4							
	A=C	18	190	1,21	0,66	215x450	OK
	B	15	377	1,63	0,66	215x495	OK
VE5							
	A=D	15	108	0,65	0,66	165x405	OK
	B=C	11	254	0,90	0,66	165x495	OK
VE6							
	A=E	13	89	0,39	0,66	165x405	OK
	B=D	8	178	0,51	0,66	165x405	OK
	C	8	179	0,51	0,66	165x405	OK
VE7							
	A=D	14	91	0,60	0,66	165x405	OK
	B=C	10	215	0,80	0,66	165x450	OK

Tuulipilarit

VE1

$$H = 6,1m$$

$$k - k = 6,2m$$

$$\text{Kuormitus ala} = 2,9m \times 6,2m$$

Tuulenpaine

$$q_k = 0,44kN / m^2 * 0,7 = 0,31kN / m^2$$

Normaalivoima

$$g_d = (2,9m * 0,9493kN / m^2 + 0,26kN / m) * 1,2 = 3,62kN / m$$

$$q_d = 2,9m * 1,6kN / m^2 * 1,6 = 7,42kN / m$$

$$F_d = 6,2m * (3,62kN / m + 7,42kN / m) + 0,2kN / m * 6,1m * 1,2 = 69,9kN$$

Saadaan poikkileikkaus 165x180

VE2

$$H = 5,7m$$

$$k - k = 7,4m$$

Kuormitus ala = 2,9m x 7,4m

Tuulenpaine

$$q_k = 0,44kN / m^2 * 0,7 = 0,31kN / m^2$$

Normaalivoima

$$g_d = (2,9m * 0,9493kN / m^2 + 0,33kN / m) * 1,2 = 3,70kN / m$$

$$q_d = 2,9m * 1,6kN / m^2 * 1,6 = 7,42kN / m$$

$$F_d = 7,4m * (3,70kN / m + 7,42kN / m) + 0,2kN / m * 5,7m * 1,2 = 83,7kN$$

Saadaan poikkileikkaus 165x180

VE3

$$H = 5,6m$$

$$k - k = 6,2m$$

Kuormitus ala = 2,9m x 6,2m

Tuulenpaine

$$q_k = 0,44kN / m^2 * 0,7 = 0,31kN / m^2$$

Normaalivoima

$$g_d = (2,9m * 0,9493kN / m^2 + 0,26kN / m) * 1,2 = 3,62kN / m$$

$$q_d = 2,9m * 1,6kN / m^2 * 1,6 = 7,42kN / m$$

$$F_d = 6,2m * (3,62kN / m + 7,42kN / m) + 0,2kN / m * 5,6m * 1,2 = 69,8kN$$

Saadaan poikkileikkaus 165x180

Tuulipilarien palomitoitus

VE1

Poikkileikkaus 128 x 138

$$H = 6,1m$$

$$k - k = 6,2m$$

Kuormitus ala = 2,9m x 6,2m

Tuulenpaine

$$q_k = 0,44kN / m^2 * 0,7 * 0,3 = 0,09kN / m^2$$

Normaalivoima

$$g_d = 2,9m * 0,9493kN / m^2 + 0,26kN / m = 3,01kN / m$$

$$q_d = 2,9m * 1,6kN / m^2 * 0,5 = 2,32kN / m$$

$$F_d = 6,2m * (3,01kN / m + 2,32kN / m) + 0,2kN / m * 6,1m = 34,3kN$$

Tulos:

Poikkileikkaus kestää palomitoituksessa.

VE2

Poikkileikkaus 128 x 138

$$H = 5,7m$$

$$k - k = 7,4m$$

Kuormitus ala = 2,9m x 7,4m

Tuulenpaine

$$q_k = 0,44kN / m^2 * 0,7 * 0,3 = 0,09kN / m^2$$

Normaalivoima

$$g_d = 2,9m * 0,9493kN / m^2 + 0,33kN / m = 3,08kN / m$$

$$q_d = 2,9m * 1,6kN / m^2 * 0,5 = 2,32kN / m$$

$$F_d = 7,4m * (3,08kN / m + 2,32kN / m) + 0,2kN / m * 5,7m = 41,1kN$$

Tulos:

Poikkileikkaus kestää palomitoituksessa.

VE3

Poikkileikkaus 128 x 138

$$H = 5,6m$$

$$k - k = 6,2m$$

Kuormitus ala = 2,9m x 6,2m

Tuulenpaine

$$q_k = 0,44kN / m^2 * 0,7 * 0,3 = 0,09kN / m^2$$

Normaalivoima

$$g_d = 2,9m * 0,9493kN / m^2 + 0,26kN / m = 3,01kN / m$$

$$q_d = 2,9m * 1,6kN / m^2 * 0,5 = 2,32kN / m$$

$$F_d = 6,2m * (3,01kN / m + 2,32kN / m) + 0,2kN / m * 5,6m = 34,2kN$$

Tulos:

Poikkileikkaus kestää palomitoituksessa.

PUUPILARIN MITOITUS

Vaihtoehto **1**

B x H = **215** x **405**

E	11050	MN/m ²
I	1,2E+09	mm ⁴
W	5877563	mm ³
A	87075	mm ²
i	116,913	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	1,8	kN/m
F _i	2,47	kN

lamda	96,225	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	215	mm
n	353,774	
i	116,913	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	57	304	12,7	L / 354	0,219	3,49	9,70	0,845	Kestää

PUUPILARIN MITOITUS

Vaihtoehto **1**

B x H = **215** x **450**

E	11050	MN/m ²
I	1,6E+09	mm ⁴
W	7256250	mm ³
A	96750	mm ²
i	129,904	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	1,8	kN/m
F _i	2,94	kN

lamda	86,6025	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	215	mm
n	447,13	
i	129,904	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	42	606	10,1	L / 447	0,273	6,26	5,79	0,952	Kestää

PUUPILARIN PALOMITOITUS

Vaihtoehto **1**

B x H = 173 x 363

Mitoitetun pilarin koko
B x H = 215 x 405

Paloaika (min)

30

hiiltyminen (mm/min)

0,7

Hiiltymis syvyys (mm)

21

E	11050	MN/m ²
I	6,9E+08	mm ⁴
W	3799340	mm ³
A	62799	mm ²
i	104,789	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	0,54	kN/m
F _i	0,94	kN

lamda	107,359	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	173	mm
n	609,787	
i	104,789	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	15	154	7,4	L / 610	0,182	2,45	3,95	0,575	Kestää

PUUPILARIN PALOMITOITUS

Vaihtoehto **1**

B x H = 173 x 408

Mitoitetun pilarin koko
B x H = 215 x 450

Paloaika (min)

30

hiiltyminen (mm/min)

0,7

Hiiltymis syvyys (mm)

21

E	11050	MN/m ²
I	9,8E+08	mm ⁴
W	4799712	mm ³
A	70584	mm ²
i	117,779	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	0,54	kN/m
F _i	1,28	kN

lamda	95,5175	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	173	mm
n	731,496	
i	117,779	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	12	307	6,2	L / 731	0,231	4,35	2,50	0,707	Kestää

PUUPILARIN MITOITUS

Vaihtoehto **2**

B x H = **165** x **360**

E	11050	MN/m ²
I	6,4E+08	mm ⁴
W	3564000	mm ³
A	59400	mm ²
i	103,923	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	1,8	kN/m
F _i	1,34	kN

lamda	108,253	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	165	mm
n	239,907	
i	103,923	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	48	173	18,8	L / 240	0,172	2,91	13,47	0,999	Kestää

PUUPILARIN MITOITUS

Vaihtoehto **2**

B x H = **165** x **450**

E	11050	MN/m ²
I	1,3E+09	mm ⁴
W	5568750	mm ³
A	74250	mm ²
i	129,904	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	1,8	kN/m
F _i	1,62	kN

lamda	86,6025	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	165	mm
n	440,399	
i	129,904	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	30	414	10,2	L / 440	0,276	5,58	5,39	0,847	Kestää

PUUPILARIN PALOMITOITUS

Vaihtoehto **2**

B x H = 123 x 318

Mitoitetun pilarin koko
B x H = 165 x 360

Paloaika (min)

30

hiiltyminen (mm/min)

0,7

Hiiltymis syvyys (mm)

21

E	11050	MN/m ²
I	3,3E+08	mm ⁴
W	2073042	mm ³
A	39114	mm ²
i	91,7987	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	0,54	kN/m
F _i	0,49	kN

lamda	122,551	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	123	mm
n	385,077	
i	91,7987	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	12	85	11,7	L / 385	0,140	2,17	5,79	0,705	Kestää

PUUPILARIN PALOMITOITUS

Vaihtoehto **2**

B x H = 123 x 408

Mitoitetun pilarin koko
B x H = **165** x **450**

Paloaika (min)

30

hiiltyminen (mm/min)

0,7

Hiiltymis syvyys (mm)

21

E	11050	MN/m ²
I	7E+08	mm ⁴
W	3412512	mm ³
A	50184	mm ²
i	117,779	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	0,54	kN/m
F _i	0,69	kN

lamda	95,5175	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	123	mm
n	711,711	
i	117,779	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	8	205	6,3	L / 712	0,233	4,08	2,34	0,660	Kestää

PUUPILARIN MITOITUS

Vaihtoehto **3**

B x H = **165** x **405**

E	11050	MN/m ²
I	9,1E+08	mm ⁴
W	4510688	mm ³
A	66825	mm ²
i	116,913	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	1,8	kN/m
F _i	0,97	kN

lamda	96,225	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	165	mm
n	373,124	
i	116,913	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	23	292	12,1	L / 373	0,223	4,37	5,10	0,819	Kestää

PUUPILARIN MITOITUS

Vaihtoehto **3**

B x H = **165** x **360**

E	11050	MN/m ²
I	6,4E+08	mm ⁴
W	3564000	mm ³
A	59400	mm ²
i	103,923	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	1,8	kN/m
F _i	0,84	kN

lamda	108,253	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	165	mm
n	270,843	
i	103,923	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	43	146	16,6	L / 271	0,173	2,46	12,07	0,862	Kestää

PUUPILARIN MITOITUS

Vaihtoehto **3**

B x H = **165** x **405**

E	11050	MN/m ²
I	9,1E+08	mm ⁴
W	4510688	mm ³
A	66825	mm ²
i	116,913	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	1,8	kN/m
F _i	0,97	kN

lamda	96,225	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	165	mm
n	373,124	
i	116,913	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	23	294	12,1	L / 373	0,223	4,40	5,10	0,823	Kestää

PUUPILARIN PALOMITOITUS

Vaihtoehto **3**

B x H = 123 x 363

Mitoitetun pilarin koko
B x H = 165 x 405

Paloaika (min)

30

hiiltyminen (mm/min)

0,7

Hiiltymis syvyys (mm)

21

E	11050	MN/m ²
I	4,9E+08	mm ⁴
W	2701265	mm ³
A	44649	mm ²
i	104,789	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	0,54	kN/m
F _i	0,41	kN

lamda	107,359	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	123	mm
n	607,459	
i	104,789	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	6	144	7,4	L / 607	0,184	3,23	2,22	0,656	Kestää

PUUPILARIN PALOMITOITUS

Vaihtoehto **3**

B x H = 123 x 318

Mitoitetun pilarin koko
B x H = 165 x 360

Paloaika (min)

30

hiiltyminen (mm/min)

0,7

Hiiltymis syvyys (mm)

21

E	11050	MN/m ²
I	3,3E+08	mm ⁴
W	2073042	mm ³
A	39114	mm ²
i	91,7987	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	0,54	kN/m
F _i	0,31	kN

lamda	122,551	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	123	mm
n	441,834	
i	91,7987	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	10	73	10,2	L / 442	0,140	1,87	4,82	0,599	Kestää

PUUPILARIN PALOMITOITUS

Vaihtoehto **3**

B x H = 123 x 363

Mitoitetun pilarin koko
B x H = 165 x 405

Paloaika (min)

30

hiiltyminen (mm/min)

0,7

Hiiltymis syvyys (mm)

21

E	11050	MN/m ²
I	4,9E+08	mm ⁴
W	2701265	mm ³
A	44649	mm ²
i	104,789	mm
f _c	30	MN/m ²
f _b	31	MN/m ²
L	4500	mm
L _c	11250	mm
q _w	0,54	kN/m
F _i	0,41	kN

lamda	107,359	
E _k	6600	MN/m ²
f _{ck}	30	MN/m ²
f _{bk}	31	MN/m ²
h	123	mm
n	607,459	
i	104,789	mm

Aikal.	Md(kNm)	Nd(kN)	taipuma(mm)	alkutaipuma	ks	sigma c	sigma b	yhteisvaikutus	
C	6	146	7,4	L / 607	0,184	3,27	2,22	0,664	Kestää

PUUPILARIN MITOITUS B10

Kuormitustiedot																												
	<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>C</td> <td>(A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>F_{d1}</td> <td>34</td> <td>kN</td> <td>100 % hyöty</td> </tr> <tr> <td>F_{d2}</td> <td>0</td> <td>kN</td> <td>% hyöty</td> </tr> </table>	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset	F _{d1}	34	kN	100 % hyöty	F _{d2}	0	kN	% hyöty															
	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset																								
F _{d1}	34	kN	100 % hyöty																									
F _{d2}	0	kN	% hyöty																									
<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>C</td> <td>(A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>q_k</td> <td>0,09</td> <td>kN/m²</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>g_q</td> <td>1</td> <td></td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>q_d</td> <td>0,09</td> <td>kN/m²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>k-jako</td> <td>6,2</td> <td>m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P_d</td> <td>0,558</td> <td>kN/m</td> <td></td> </tr> </table>	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset	q _k	0,09	kN/m ²	100 %	g _q	1		0 %	q _d	0,09	kN/m ²		k-jako	6,2	m		P _d	0,558	kN/m		<table border="1"> <tr> <td>L</td> <td>6,1</td> <td>m</td> </tr> </table>	L	6,1	m
Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset																									
q _k	0,09	kN/m ²	100 %																									
g _q	1		0 %																									
q _d	0,09	kN/m ²																										
k-jako	6,2	m																										
P _d	0,558	kN/m																										
L	6,1	m																										

Materiaalitiedot							
Luokka:	L40						
f _{bk}	31	γ _m	1,3	f _{bd}	AL B	AL A	AL C
f _{ck}	30	γ _m	1,3	f _{cd}	23,85	19,08	31,00
Poikkileikkaus	b	128	mm		23,08	18,46	30,00
	h	138	mm	(mitta tuulen suuntaan)			

Kiinnitystapauksesta riipuva momentin laskukaava

$$M = \frac{1}{8} \times P_d \times L^2$$

Nurjahdus pituus

tuulen suunta $\frac{1}{1} \times L$
 toinen suunta $\frac{1}{1} \times L$

Voimat			
Kuormitustapaus 1		M =	2,60 kNm
100 % hyöty	+	100 % tuuli	N = 34,00 kN
Kuormitustapaus 2		M =	0,00 kNm
0 % hyöty	+	0 % tuuli	N = 0,00 kN

Mitoitus

Tuulen suunta				
Nurjahduspituus	L _c =	6,1	m	; λ = 152,95

	$k_s =$	0,09 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		
Toinen suunta				
Nurjahduspituus	$L_c =$	6,1 m	;	$\lambda =$ 164,90
	$k_s =$	0,07 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 1

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 1,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 2,57 \text{ N/mm}^2 \quad 74,94 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 6,39 \text{ N/mm}^2 \quad 20,61 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$0,96 < 1$$

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 2

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 2,57 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$0,00 < 1$$

Pilarin mitoitus toinen suunta Aikaluokka C

$$\text{kuormitustapaus 1} \quad \sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 1,924819 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 2,23 \text{ N/mm}^2 \quad 86,25 \%$$

PUUPILARIN MITOITUS B10

Kuormitustiedot																											
	<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>B</td> <td>(A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>F_{d1}</td> <td>70</td> <td>kN</td> <td>100 % hyöty</td> </tr> <tr> <td>F_{d2}</td> <td>0</td> <td>kN</td> <td>0 % hyöty</td> </tr> </table>	Aikaluokka	B	(A,B,C)	Kuormitustapaukset	F _{d1}	70	kN	100 % hyöty	F _{d2}	0	kN	0 % hyöty														
	Aikaluokka	B	(A,B,C)	Kuormitustapaukset																							
F _{d1}	70	kN	100 % hyöty																								
F _{d2}	0	kN	0 % hyöty																								
<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>C</td> <td>(A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>q_k</td> <td>0,31</td> <td>kN/m²</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>g_q</td> <td>1,6</td> <td></td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>q_d</td> <td>0,496</td> <td>kN/m²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>k-jako</td> <td>6,2</td> <td>m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P_d</td> <td>3,0752</td> <td>kN/m</td> <td></td> </tr> </table>	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset	q _k	0,31	kN/m ²	100 %	g _q	1,6		0 %	q _d	0,496	kN/m ²		k-jako	6,2	m		P _d	3,0752	kN/m		<table border="1"> <tr> <td>L</td> <td>6,1 m</td> </tr> </table>	L	6,1 m
Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset																								
q _k	0,31	kN/m ²	100 %																								
g _q	1,6		0 %																								
q _d	0,496	kN/m ²																									
k-jako	6,2	m																									
P _d	3,0752	kN/m																									
L	6,1 m																										

Materiaalitiedot							
Luokka:	L40						
f _{bk}	31	γ _m	1,3	f _{bd}	AL B	AL A	AL C
f _{ck}	30	γ _m	1,3	f _{cd}	23,85	19,08	31,00
Poikkileikkaus	b	165	mm		23,08	18,46	30,00
	h	180	mm	(mitta tuulen suuntaan)			

Kiinnitystapauksesta riipuva momentin laskukaava

$$M = \frac{1}{8} \times P_d \times L^2$$

Nurjahdus pituus

tuulen suunta $\frac{1}{1} \times L$
 toinen suunta $\frac{1}{1} \times L$

Voimat			
Kuormitustapaus 1		M =	14,30 kNm
100 % hyöty	+	100 % tuuli	N = 70,00 kN
Kuormitustapaus 2		M =	0,00 kNm
0 % hyöty	+	0 % tuuli	N = 0,00 kN

Mitoitus

Tuulen suunta				
Nurjahduspituus	L _c =	6,1 m	;	λ = 117,26

	$k_s =$	0,14 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		
Toinen suunta				
Nurjahduspituus	$L_c =$	6,1 m	;	$\lambda =$ 127,92
	$k_s =$	0,12 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 1

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 2,36 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 4,18 \text{ N/mm}^2 \quad 56,39 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 16,05 \text{ N/mm}^2 \quad 51,78 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$1,08 > 1$$

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 2

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 4,18 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$0,00 < 1$$

Pilarin mitoitus toinen suunta Aikaluokka B

$$\text{kuormitustapaus 1} \quad \sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 2,356902 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 2,75 \text{ N/mm}^2 \quad 85,81 \%$$

PUUPILARIN MITOITUS B10

Kuormitustiedot																												
	<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>C</td> <td>(A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>F_{d1}</td> <td>41</td> <td>kN</td> <td>100 % hyöty</td> </tr> <tr> <td>F_{d2}</td> <td>0</td> <td>kN</td> <td>% hyöty</td> </tr> </table>	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset	F _{d1}	41	kN	100 % hyöty	F _{d2}	0	kN	% hyöty															
	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset																								
F _{d1}	41	kN	100 % hyöty																									
F _{d2}	0	kN	% hyöty																									
<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>C</td> <td>(A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>q_k</td> <td>0,09</td> <td>kN/m²</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>g_q</td> <td>1</td> <td></td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>q_d</td> <td>0,09</td> <td>kN/m²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>k-jako</td> <td>7,4</td> <td>m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P_d</td> <td>0,666</td> <td>kN/m</td> <td></td> </tr> </table>	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset	q _k	0,09	kN/m ²	100 %	g _q	1		0 %	q _d	0,09	kN/m ²		k-jako	7,4	m		P _d	0,666	kN/m		<table border="1"> <tr> <td>L</td> <td>5,7</td> <td>m</td> </tr> </table>	L	5,7	m
Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset																									
q _k	0,09	kN/m ²	100 %																									
g _q	1		0 %																									
q _d	0,09	kN/m ²																										
k-jako	7,4	m																										
P _d	0,666	kN/m																										
L	5,7	m																										

Materiaalitiedot							
Luokka:	L40						
f _{bk}	31	γ _m	1,3	f _{bd}	AL B	AL A	AL C
f _{ck}	30	γ _m	1,3	f _{cd}	23,85	19,08	31,00
Poikkileikkaus	b	128	mm		23,08	18,46	30,00
	h	138	mm	(mitta tuulen suuntaan)			

Kiinnitystapauksesta riipuva momentin laskukaava

$$M = \frac{1}{8} \times P_d \times L^2$$

Nurjahdus pituus

tuulen suunta $\frac{1}{1} \times L$
 toinen suunta $\frac{1}{1} \times L$

Voimat			
Kuormitustapaus 1		M =	2,70 kNm
100 % hyöty	+	100 % tuuli	N = 41,00 kN
Kuormitustapaus 2		M =	0,00 kNm
0 % hyöty	+	0 % tuuli	N = 0,00 kN

Mitoitus

Tuulen suunta				
Nurjahduspituus	L _c =	5,7	m	; λ = 142,92

	$k_s =$	0,10 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		
Toinen suunta				
Nurjahduspituus	$L_c =$	5,7 m	;	$\lambda =$ 154,09
	$k_s =$	0,08 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 1

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 2,32 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 2,91 \text{ N/mm}^2 \quad 79,69 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 6,66 \text{ N/mm}^2 \quad 21,48 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$1,01 > 1$$

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 2

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 2,91 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

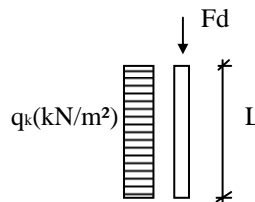
$$0,00 < 1$$

Pilarin mitoitus toinen suunta Aikaluokka C

$$\text{kuormitustapaus 1} \quad \sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 2,321105 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 2,53 \text{ N/mm}^2 \quad 91,63 \%$$

PUUPILARIN MITOITUS B10

Kuormitustiedot																												
	<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>B</td> <td>(A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>F_{d1}</td> <td>84</td> <td>kN</td> <td>100 % hyöty</td> </tr> <tr> <td>F_{d2}</td> <td>0</td> <td>kN</td> <td>% hyöty</td> </tr> </table>	Aikaluokka	B	(A,B,C)	Kuormitustapaukset	F _{d1}	84	kN	100 % hyöty	F _{d2}	0	kN	% hyöty															
	Aikaluokka	B	(A,B,C)	Kuormitustapaukset																								
F _{d1}	84	kN	100 % hyöty																									
F _{d2}	0	kN	% hyöty																									
<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>C</td> <td>(A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>q_k</td> <td>0,31</td> <td>kN/m²</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>g_q</td> <td>1,6</td> <td></td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>q_d</td> <td>0,496</td> <td>kN/m²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>k-jako</td> <td>7,4</td> <td>m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P_d</td> <td>3,6704</td> <td>kN/m</td> <td></td> </tr> </table>	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset	q _k	0,31	kN/m ²	100 %	g _q	1,6		0 %	q _d	0,496	kN/m ²		k-jako	7,4	m		P _d	3,6704	kN/m		<table border="1"> <tr> <td>L</td> <td>5,7</td> <td>m</td> </tr> </table>	L	5,7	m
Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset																									
q _k	0,31	kN/m ²	100 %																									
g _q	1,6		0 %																									
q _d	0,496	kN/m ²																										
k-jako	7,4	m																										
P _d	3,6704	kN/m																										
L	5,7	m																										

Materiaalitiedot																									
Luokka:	L40																								
<table border="1"> <tr> <td>f_{bk}</td> <td>31</td> <td>γ_m</td> <td>1,3</td> <td>f_{bd}</td> <td>AL B</td> <td>AL A</td> <td>AL C</td> </tr> <tr> <td>f_{ck}</td> <td>30</td> <td>γ_m</td> <td>1,3</td> <td>f_{cd}</td> <td>23,85</td> <td>19,08</td> <td>31,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>23,08</td> <td>18,46</td> <td>30,00</td> </tr> </table>	f _{bk}	31	γ _m	1,3	f _{bd}	AL B	AL A	AL C	f _{ck}	30	γ _m	1,3	f _{cd}	23,85	19,08	31,00						23,08	18,46	30,00	
f _{bk}	31	γ _m	1,3	f _{bd}	AL B	AL A	AL C																		
f _{ck}	30	γ _m	1,3	f _{cd}	23,85	19,08	31,00																		
					23,08	18,46	30,00																		
Poikkileikkaus	b	165	mm																						
	h	180	mm				(mitta tuulen suuntaan)																		

Kiinnitystapauksesta riipuva momentin laskukaava

$$M = \frac{1}{8} \times P_d \times L^2$$

Nurjahdus pituus

tuulen suunta $\frac{1}{1} \times L$
 toinen suunta $\frac{1}{1} \times L$

Voimat			
Kuormitustapaus 1		M =	14,91 kNm
100 % hyöty	+	100 % tuuli	N = 84,00 kN
Kuormitustapaus 2		M =	0,00 kNm
0 % hyöty	+	0 % tuuli	N = 0,00 kN

Mitoitus

Tuulen suunta				
Nurjahduspituus	L _c =	5,7	m	; λ = 109,57

	$k_s =$	0,16 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		
Toinen suunta				
Nurjahduspituus	$L_c =$	5,7 m	;	$\lambda =$ 119,53
	$k_s =$	0,13 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 1

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 2,83 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 4,72 \text{ N/mm}^2 \quad 59,94 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 16,73 \text{ N/mm}^2 \quad 53,97 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$1,14 > 1$$

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 2

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 4,72 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$0,00 < 1$$

Pilarin mitoitus toinen suunta Aikaluokka B

$$\text{kuormitustapaus 1} \quad \sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 2,828283 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 3,11 \text{ N/mm}^2 \quad 91,06 \%$$

PUUPILARIN MITOITUS B10

Kuormitustiedot																											
	<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>C</td> <td>(A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>F_{d1}</td> <td>34</td> <td>kN</td> <td>100 % hyöty</td> </tr> <tr> <td>F_{d2}</td> <td>0</td> <td>kN</td> <td>% hyöty</td> </tr> </table>	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset	F _{d1}	34	kN	100 % hyöty	F _{d2}	0	kN	% hyöty														
	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset																							
F _{d1}	34	kN	100 % hyöty																								
F _{d2}	0	kN	% hyöty																								
<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>C</td> <td>(A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>q_k</td> <td>0,09</td> <td>kN/m²</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>g_q</td> <td>1</td> <td></td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>q_d</td> <td>0,09</td> <td>kN/m²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>k-jako</td> <td>6,2</td> <td>m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P_d</td> <td>0,558</td> <td>kN/m</td> <td></td> </tr> </table>	Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset	q _k	0,09	kN/m ²	100 %	g _q	1		0 %	q _d	0,09	kN/m ²		k-jako	6,2	m		P _d	0,558	kN/m		<table border="1"> <tr> <td>L</td> <td>5,6 m</td> </tr> </table>	L	5,6 m
Aikaluokka	C	(A,B,C)	Kuormitustapaukset																								
q _k	0,09	kN/m ²	100 %																								
g _q	1		0 %																								
q _d	0,09	kN/m ²																									
k-jako	6,2	m																									
P _d	0,558	kN/m																									
L	5,6 m																										

Materiaalitiedot							
Luokka:	L40						
f _{bk}	31	γ _m	1,3	f _{bd}	AL B	AL A	AL C
f _{ck}	30	γ _m	1,3	f _{cd}	23,85	19,08	31,00
Poikkileikkaus	b	128	mm		23,08	18,46	30,00
	h	138	mm	(mitta tuulen suuntaan)			

Kiinnitystapauksesta riipuva momentin laskukaava

$$M = \frac{1}{8} \times P_d \times L^2$$

Nurjahdus pituus

tuulen suunta $\frac{1}{1} \times L$
 toinen suunta $\frac{1}{1} \times L$

Voimat			
Kuormitustapaus 1		M =	2,19 kNm
100 % hyöty	+	100 % tuuli	N = 34,00 kN
Kuormitustapaus 2		M =	0,00 kNm
0 % hyöty	+	0 % tuuli	N = 0,00 kN

Mitoitus

Tuulen suunta				
Nurjahduspituus	L _c =	5,6 m	;	λ = 140,41

	$k_s =$	0,10 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		
Toinen suunta				
Nurjahduspituus	$L_c =$	5,6 m	;	$\lambda =$ 151,38
	$k_s =$	0,09 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 1

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 1,92 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 3,01 \text{ N/mm}^2 \quad 63,96 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 5,38 \text{ N/mm}^2 \quad 17,37 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$0,81 < 1$$

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 2

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 3,01 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$0,00 < 1$$

Pilarin mitoitus toinen suunta Aikaluokka C

$$\text{kuormitustapaus 1} \quad \sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 1,924819 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 2,62 \text{ N/mm}^2 \quad 73,52 \%$$

PUUPILARIN MITOITUS B10

Kuormitustiedot																					
	<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>B (A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>F_{d1}</td> <td>70 kN</td> <td>100 % hyöty</td> </tr> <tr> <td>F_{d2}</td> <td>0 kN</td> <td>0 % hyöty</td> </tr> </table>	Aikaluokka	B (A,B,C)	Kuormitustapaukset	F _{d1}	70 kN	100 % hyöty	F _{d2}	0 kN	0 % hyöty											
	Aikaluokka	B (A,B,C)	Kuormitustapaukset																		
F _{d1}	70 kN	100 % hyöty																			
F _{d2}	0 kN	0 % hyöty																			
<table border="1"> <tr> <td>Aikaluokka</td> <td>C (A,B,C)</td> <td>Kuormitustapaukset</td> </tr> <tr> <td>q_k</td> <td>0,31 kN/m²</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>g_q</td> <td>1,6</td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td>q_d</td> <td>0,496 kN/m²</td> <td></td> </tr> <tr> <td>k-jako</td> <td>6,2 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>P_d</td> <td>3,0752 kN/m</td> <td></td> </tr> </table>	Aikaluokka	C (A,B,C)	Kuormitustapaukset	q _k	0,31 kN/m ²	100 %	g _q	1,6	0 %	q _d	0,496 kN/m ²		k-jako	6,2 m		P _d	3,0752 kN/m		<table border="1"> <tr> <td>L</td> <td>5,6 m</td> </tr> </table>	L	5,6 m
Aikaluokka	C (A,B,C)	Kuormitustapaukset																			
q _k	0,31 kN/m ²	100 %																			
g _q	1,6	0 %																			
q _d	0,496 kN/m ²																				
k-jako	6,2 m																				
P _d	3,0752 kN/m																				
L	5,6 m																				

Materiaalitiedot																									
Luokka:	L40																								
<table border="1"> <tr> <td>f_{bk}</td> <td>31</td> <td>γ_m</td> <td>1,3</td> <td>f_{bd}</td> <td>AL B</td> <td>AL A</td> <td>AL C</td> </tr> <tr> <td>f_{ck}</td> <td>30</td> <td>γ_m</td> <td>1,3</td> <td>f_{cd}</td> <td>23,85</td> <td>19,08</td> <td>31,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>23,08</td> <td>18,46</td> <td>30,00</td> </tr> </table>	f _{bk}	31	γ _m	1,3	f _{bd}	AL B	AL A	AL C	f _{ck}	30	γ _m	1,3	f _{cd}	23,85	19,08	31,00						23,08	18,46	30,00	
f _{bk}	31	γ _m	1,3	f _{bd}	AL B	AL A	AL C																		
f _{ck}	30	γ _m	1,3	f _{cd}	23,85	19,08	31,00																		
					23,08	18,46	30,00																		
Poikkileikkaus	b	165 mm																							
	h	180 mm					(mitta tuulen suuntaan)																		

Kiinnitystapauksesta riipuva momentin laskukaava

$$M = \frac{1}{8} \times P_d \times L^2$$

Nurjahdus pituus

tuulen suunta $\frac{1}{1} \times L$
 toinen suunta $\frac{1}{1} \times L$

Voimat			
Kuormitustapaus 1		M =	12,05 kNm
100 % hyöty	+	100 % tuuli	N = 70,00 kN
Kuormitustapaus 2		M =	0,00 kNm
0 % hyöty	+	0 % tuuli	N = 0,00 kN

Mitoitus

Tuulen suunta				
Nurjahduspituus	L _c =	5,6 m	;	λ = 107,65

	$k_s =$	0,16 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		
Toinen suunta				
Nurjahduspituus	$L_c =$	5,6 m	;	$\lambda =$ 117,44
	$k_s =$	0,14 laskettu epäkeskisyydellä 1/200		

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 1

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 2,36 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 4,87 \text{ N/mm}^2 \quad 48,40 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 13,53 \text{ N/mm}^2 \quad 43,64 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$0,92 < 1$$

Pilarin mitoitus tuulen suunta Aikaluokka C

Kuormitustapaus 2

$$\sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 4,87 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

$$\sigma_b = \frac{M}{(b \times h)^2/6} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \quad 0,00 \%$$

Yhdistetyt jännitykset

$$0,00 < 1$$

Pilarin mitoitus toinen suunta Aikaluokka B

$$\text{kuormitustapaus 1} \quad \sigma_c = \frac{N_d}{b \times h} = 2,356902 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} \times k_s = 3,21 \text{ N/mm}^2 \quad 73,50 \%$$

PÄÄTYPALKKIEN LUJUUSLASKELMAT**VE1**

- kuormitus leveys = 2,9m
- jänneväli = 6,2m
- pysyväkuorma = 0,9493kN/m²
- muuttuvakuorma = 1,6kN/m²
- taipuma = L/250
- materiaali tiedot (L40 1-B)

Saadaan poikkileikkaus 165x315

VE2

- kuormitus leveys = 2,9m
- jänneväli = 7,4m
- pysyväkuorma = 0,9493kN/m²
- muuttuvakuorma = 1,6kN/m²
- taipuma = L/250
- materiaali tiedot (L40 1-B)

Saadaan poikkileikkaus 165x405

VE3

- kuormitus leveys = 2,9m
- jänneväli = 6,2m
- pysyväkuorma = 0,9493kN/m²
- muuttuvakuorma = 1,6kN/m²
- taipuma = L/250
- materiaali tiedot (L40 1-B)

Saadaan poikkileikkaus 165x315

Palomitoitus

Tarkistetaan Pupax - ohjelmalla kestääkö edellisessä mitoituksessa saadut poikkileikkaukset palossa.. Vaihetaan osavarmuus kertoimet 1:ksi, muuttuvasta kuormasta otetaan 50% pois ja poikkileikkauksia pienennetään. Palotilanteessa oletetaan hiiltymisen vaikuttavan koko palkkiin. Palotilanteessa taipumalla ei ole merkitystä.

Poikkileikkauksen hiiltymissyvyyden pienennys

hiiltymisnopeus $\beta = 0,7\text{mm} / \text{min}$

paloaika $t = 30\text{ min}$

hiiltymissyvyys $x = \beta * t$

Poikkileikkaus palotilanteessa

$$B_p = B - 2 * x$$

$$H_p = H - 2 * x$$

VE1

- kuormitus leveys = 2,9m
- jänneväli = 6,2m
- pysyväkuorma = 0,9493kN/m²
- muuttuvakuorma = 0,8kN/m²
- materiaali tiedot (L40 1-B)
- poikkileikkaus $B_p = 165\text{mm} - 2 * (0,7\text{mm} / \text{min}) * 30\text{ min} = 123\text{mm}$
 $H_p = 315\text{mm} - 2 * (0,7\text{mm} / \text{min}) * 30\text{ min} = 273\text{mm}$

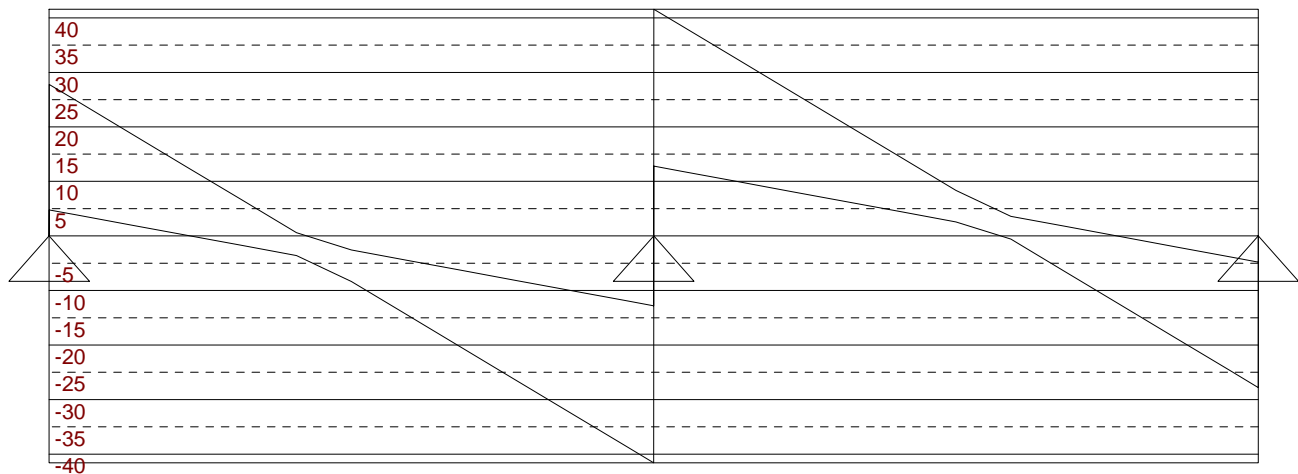
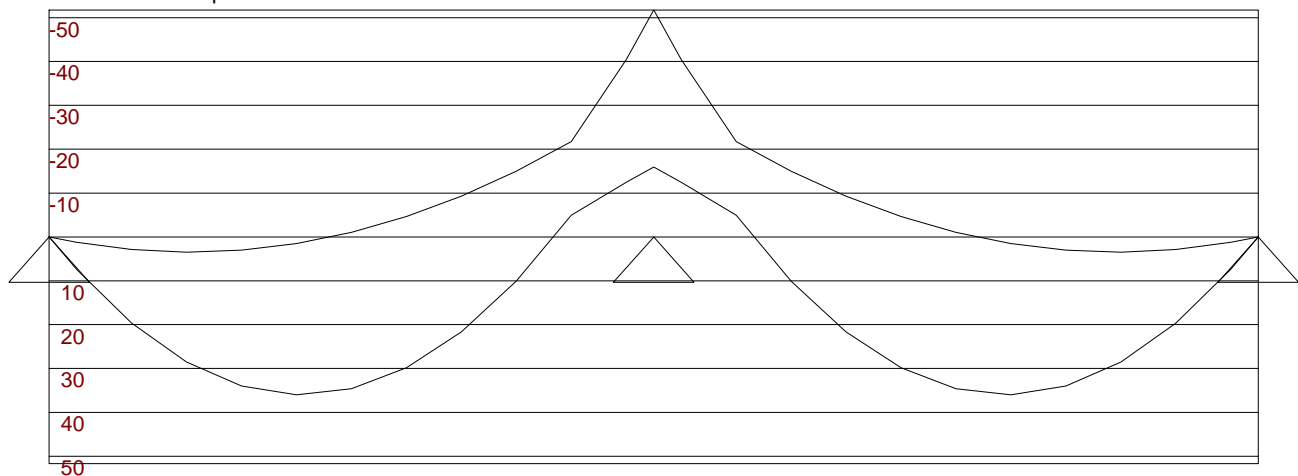
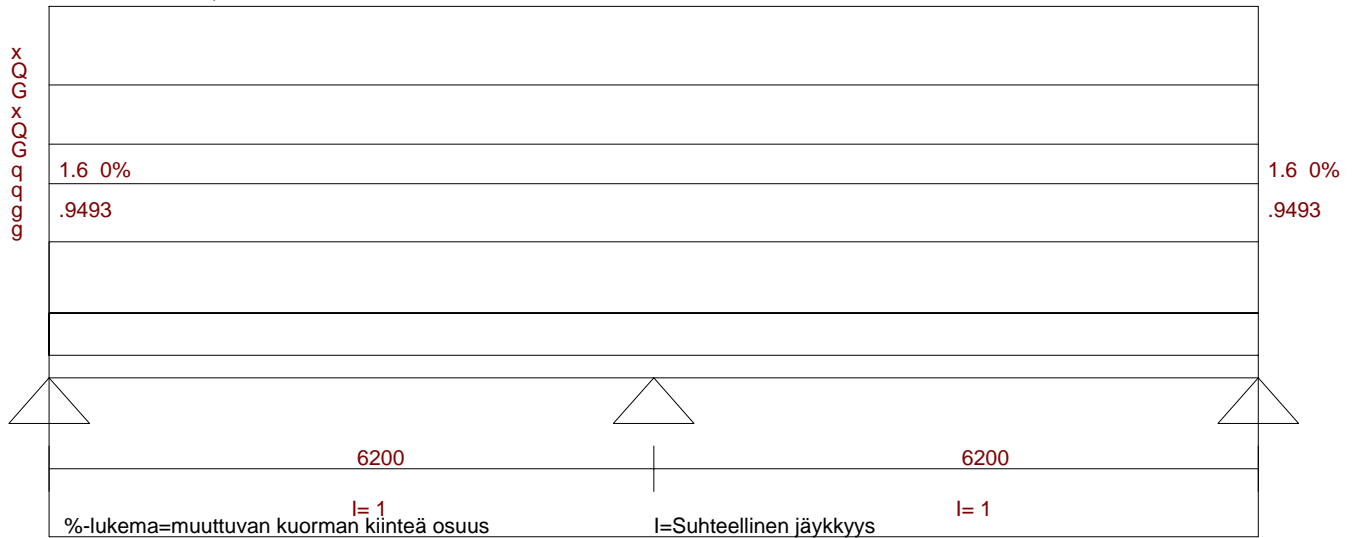
VE2

- kuormitus leveys = 2,9m
- jänneväli = 7,4m
- pysyväkuorma = 0,9493kN/m²
- muuttuvakuorma = 0,8kN/m²

- materiaali tiedot (L40 1-B)
- poikkileikkaus $B_p = 165mm - 2 * (0,7mm / min) * 30 min = 123mm$
 $H_p = 405mm - 2 * (0,7mm / min) * 30 min = 363mm$

VE3

- kuormitus leveys = 2,9m
- jänneväli = 6,2m
- pysyväkuorma = 0,9493kN/m²
- muuttuvakuorma = 0,8kN/m²
- materiaali tiedot (L40 1-B)
- poikkileikkaus $B_p = 165mm - 2 * (0,7mm / min) * 30 min = 123mm$
 $H_p = 315mm - 2 * (0,7mm / min) * 30 min = 273mm$



Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1.2 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1.6

Palkin oletettu kuormitusleveys 2.9 (m) (jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu)

Max/min tukivoimat [kN]

27,791 83,189 27,797

4,781 25,618 4,783

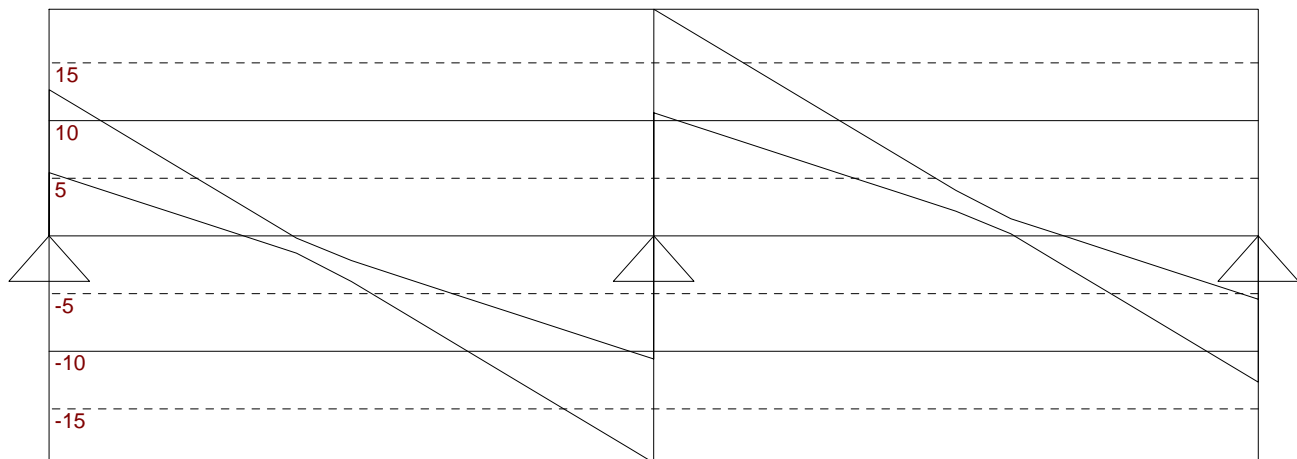
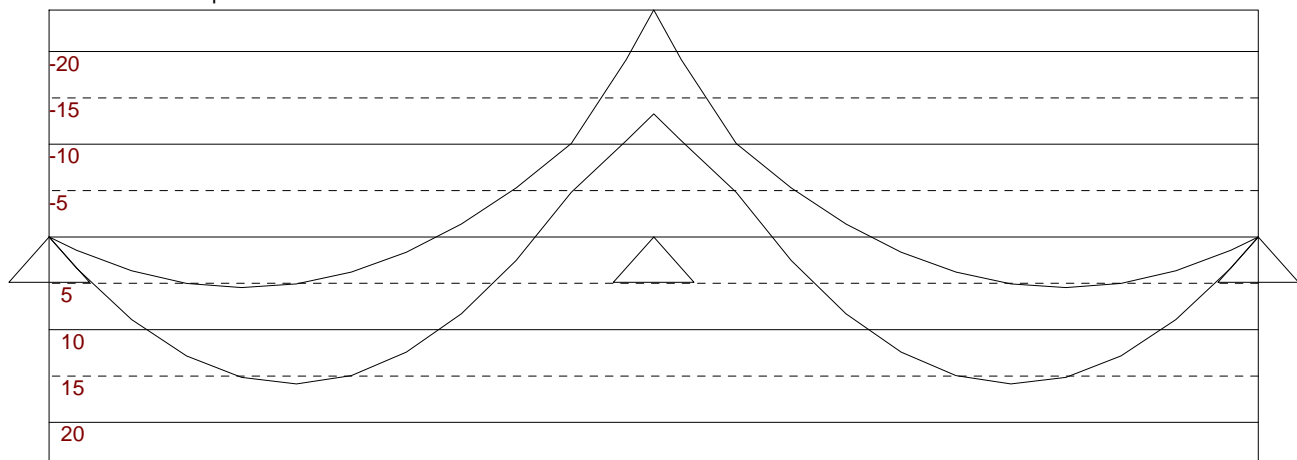
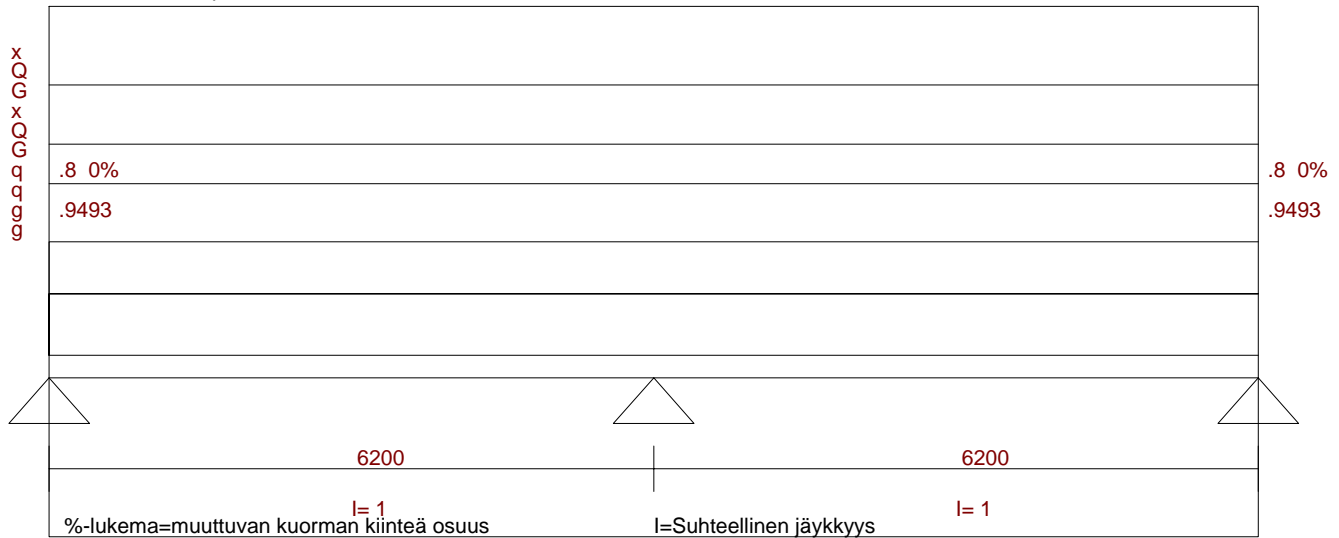
L40 165 x 315 B 1 Cf=0,99 Mit menet RAJA

Mmit/taiv kestävyys [kNm] 51,719 64,717 80 %

Vmit/leikk kestävyys [kN] 41,595 63,969 65 %

Taipumat (Sall taip L/250)

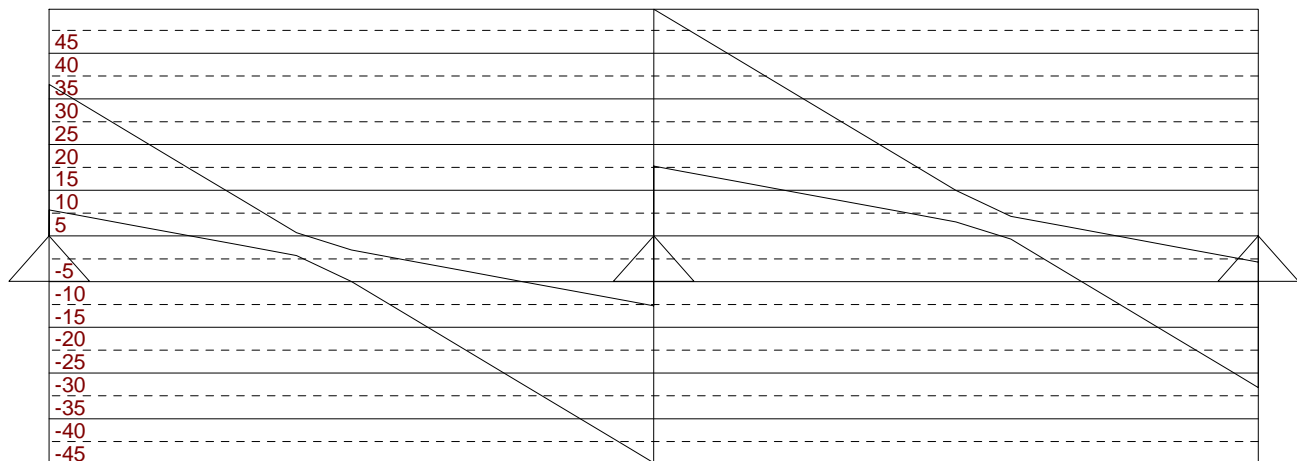
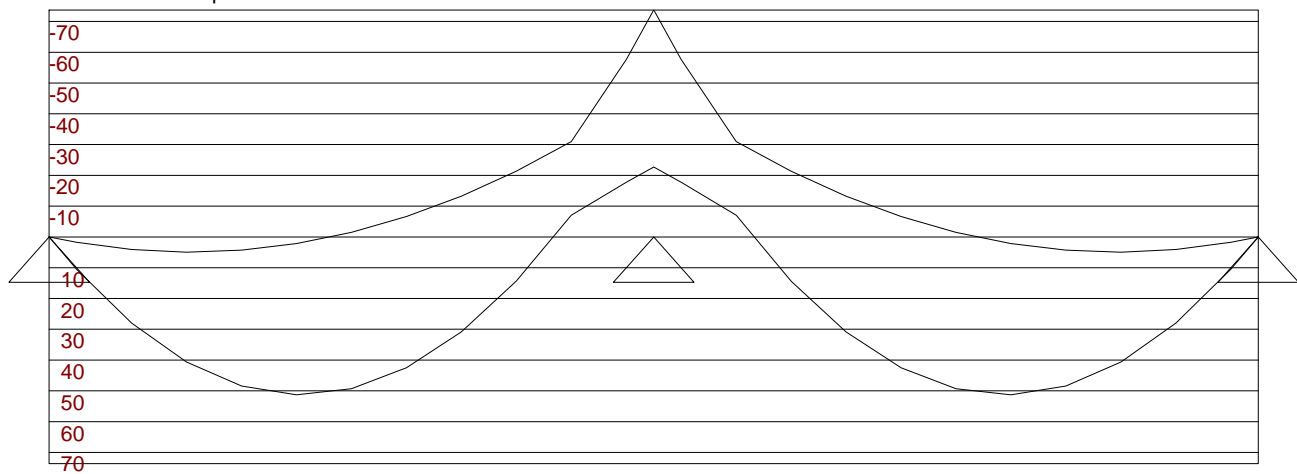
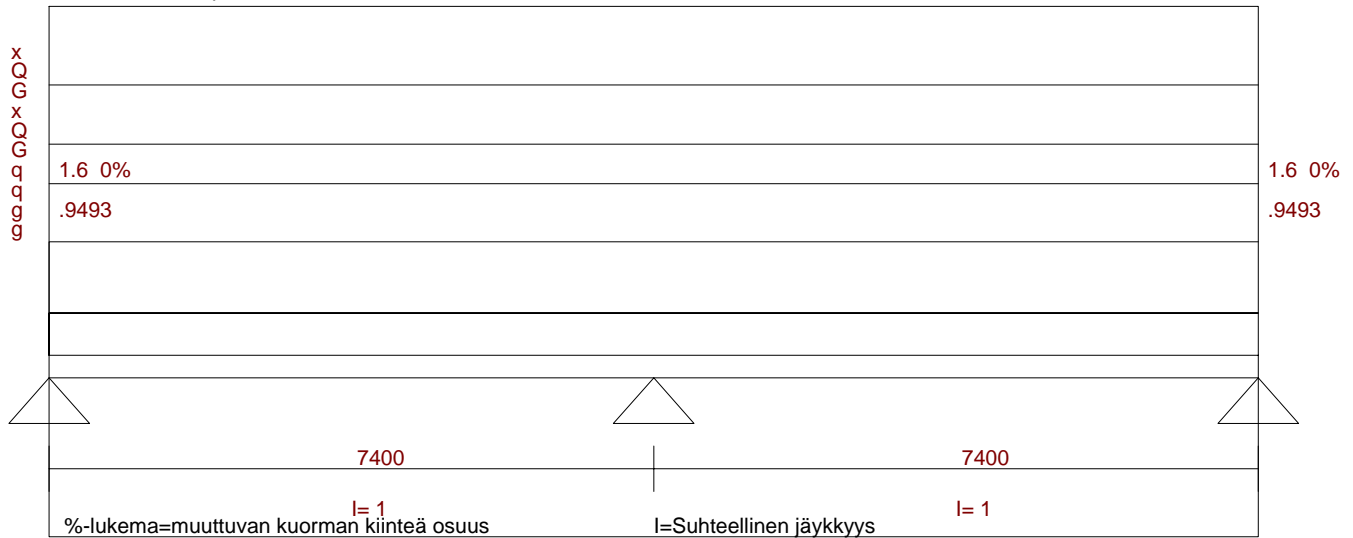
23,0 mm (93 %) 23,0 mm (93 %)



Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1
Palkin oletettu kuormitusleveys 2.9 (m) (jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu)
Max/min tukivoimat [kN]
12,679 39,340 12,682
5,488 21,349 5,490

L40 123 x 273 C 1 Cf=1,00 Mit menet SALL
Sall jänn kor kerroin 1,16
Mmit/taiv kestävyys [kNm] 24,457 34,240 71 %
Vmit/leikk kestävyys [kN] 19,670 38,720 51 %

Taipumat (Sall taip L/250)
22,8 mm (92 %) 22,8 mm (92 %)



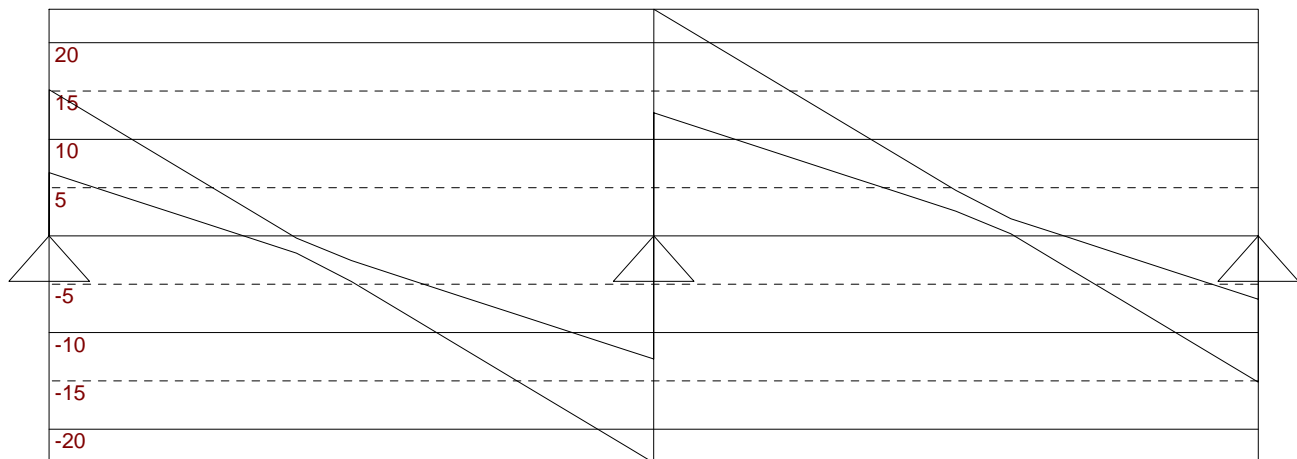
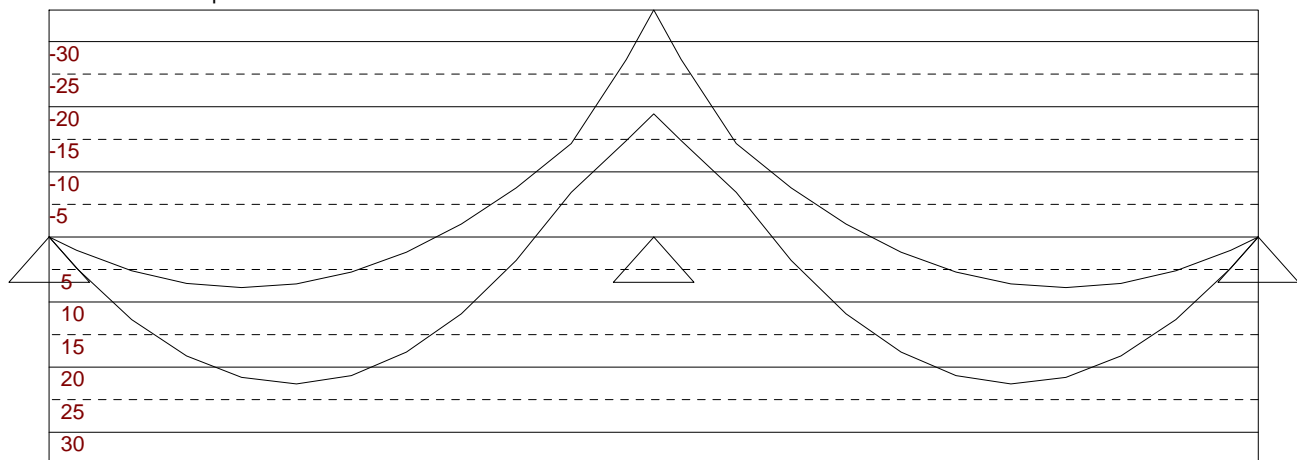
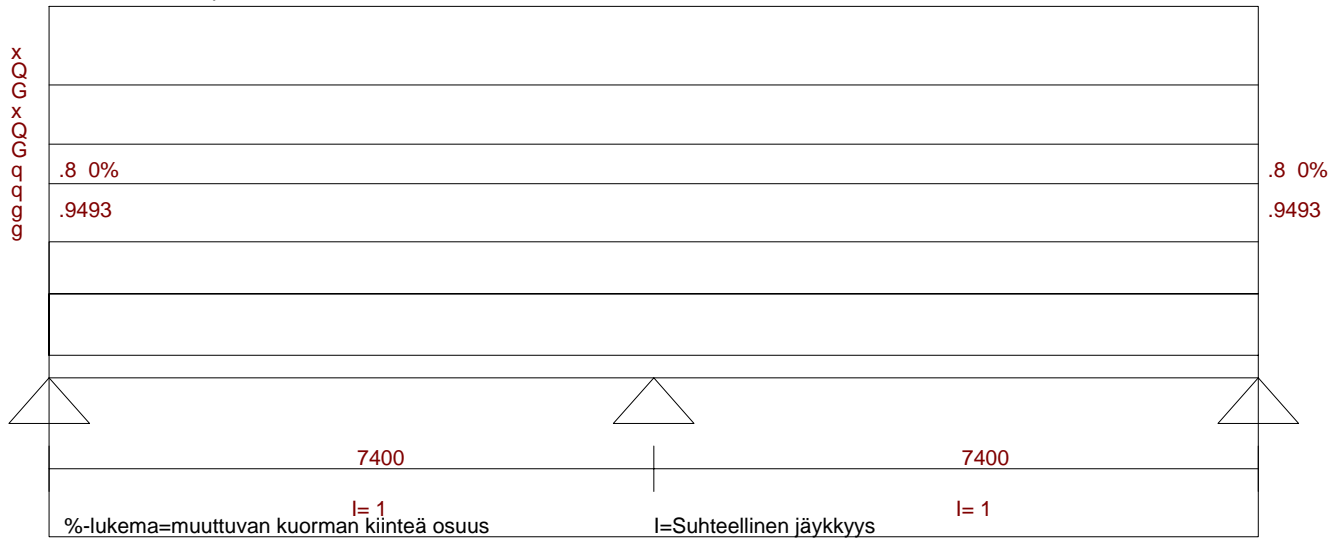
Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1.2 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1.6

Palkin oletettu kuormitusleveys 2.9 (m) (jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu)

Max/min tukivoimat [kN]
33,170 99,290 33,178
5,706 30,577 5,709

L40 165 x 405 B 1 $C_f=0,97$ Mit menet RAJA
Mmit/taiv kestävyys [kNm] 73,676 104,035 71 %
Vmit/leikk kestävyys [kN] 49,645 82,246 60 %

Taipumat (Sall taip L/250)
21,9 mm (74 %) 21,9 mm (74 %)



Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1

Palkin oletettu kuormitusleveys 2.9 (m) (jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu)

Max/min tukivoimat [kN]
 15,133 46,954 15,137
 6,551 25,481 6,553

L40 123 x 363 C 1 Cf=0,98 Mit menet SALL

Sall jänn kor kerroin 1,16

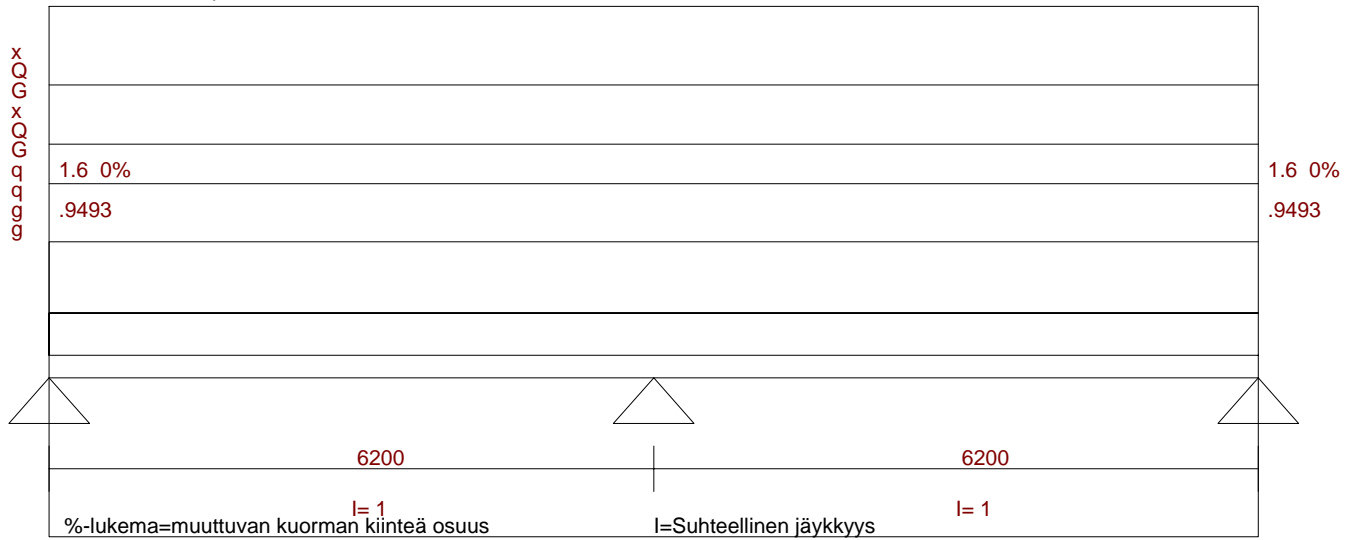
Mmit/taiv kestävyys [kNm] 34,841 59,268 59 %

Vmit/leikk kestävyys [kN] 23,477 51,485 46 %

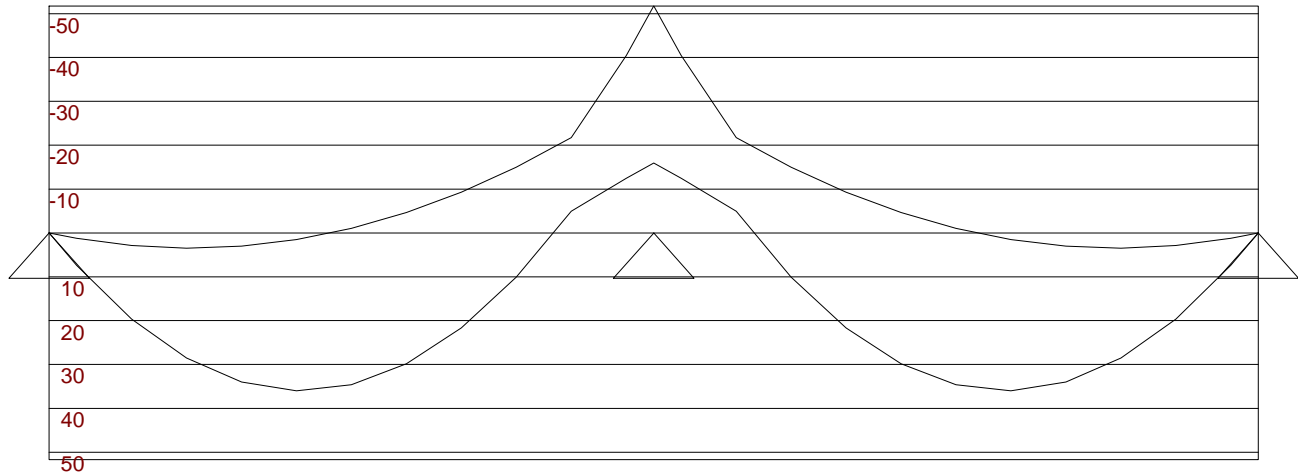
Taipumat (Sall taip L/250)

19,7 mm (67 %) 19,7 mm (67 %)

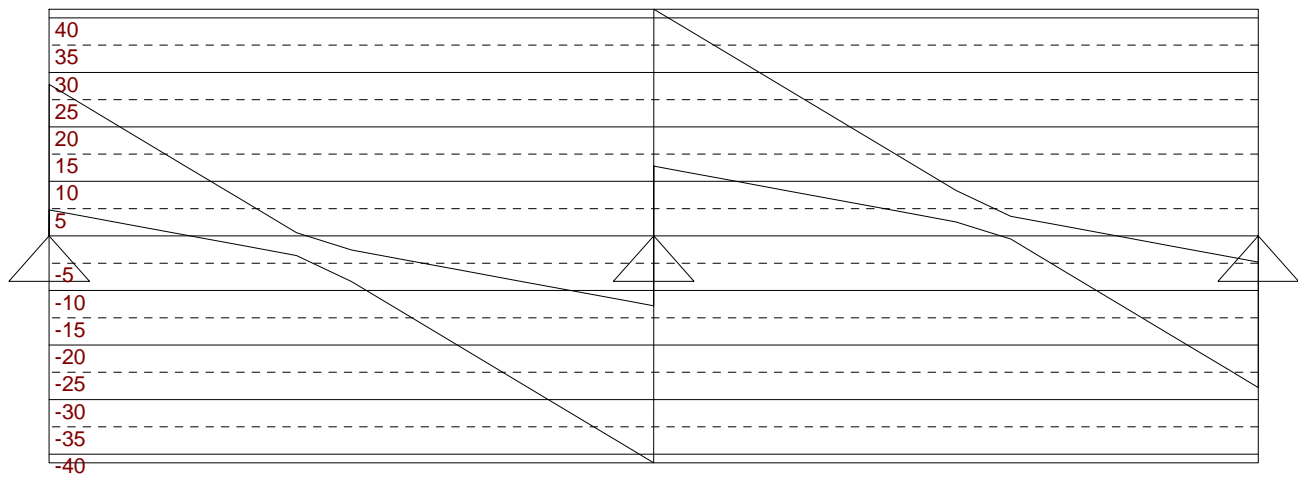
Licensed to: Tampereen Ammattikorkeakoulu



Licensed to: Tampereen Ammattikorkeakoulu



Licensed to: Tampereen Ammattikorkeakoulu



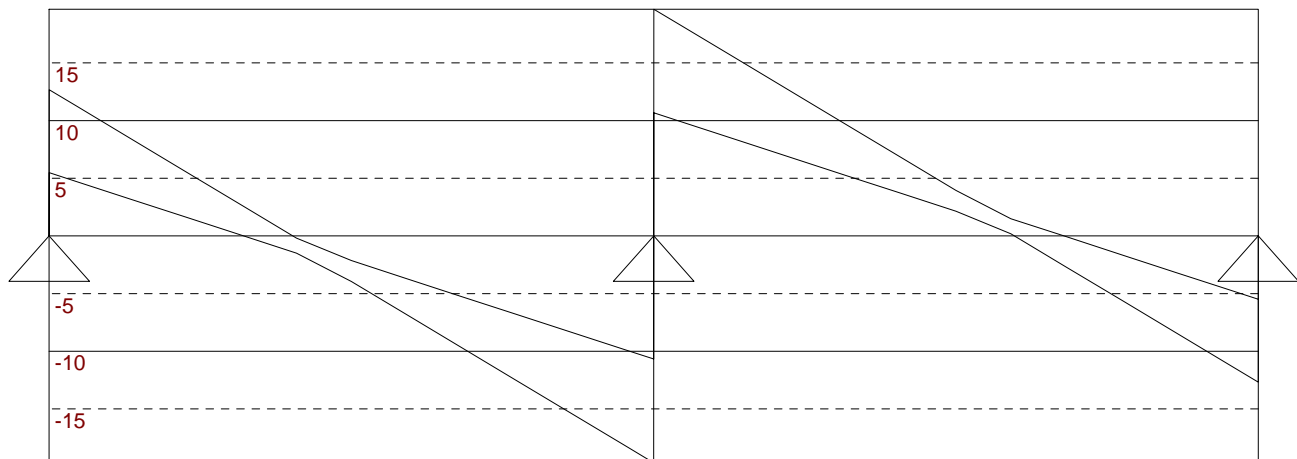
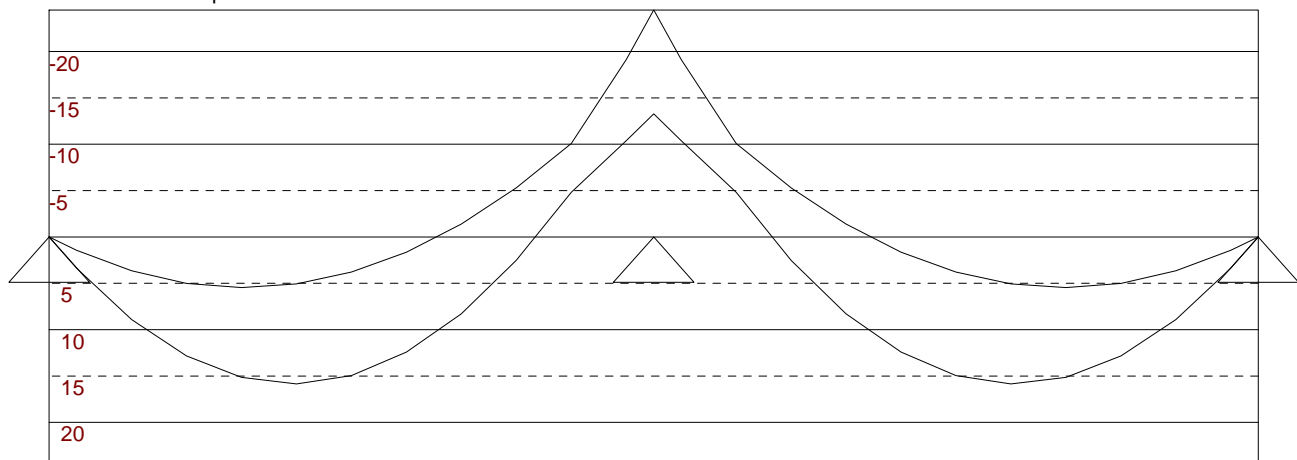
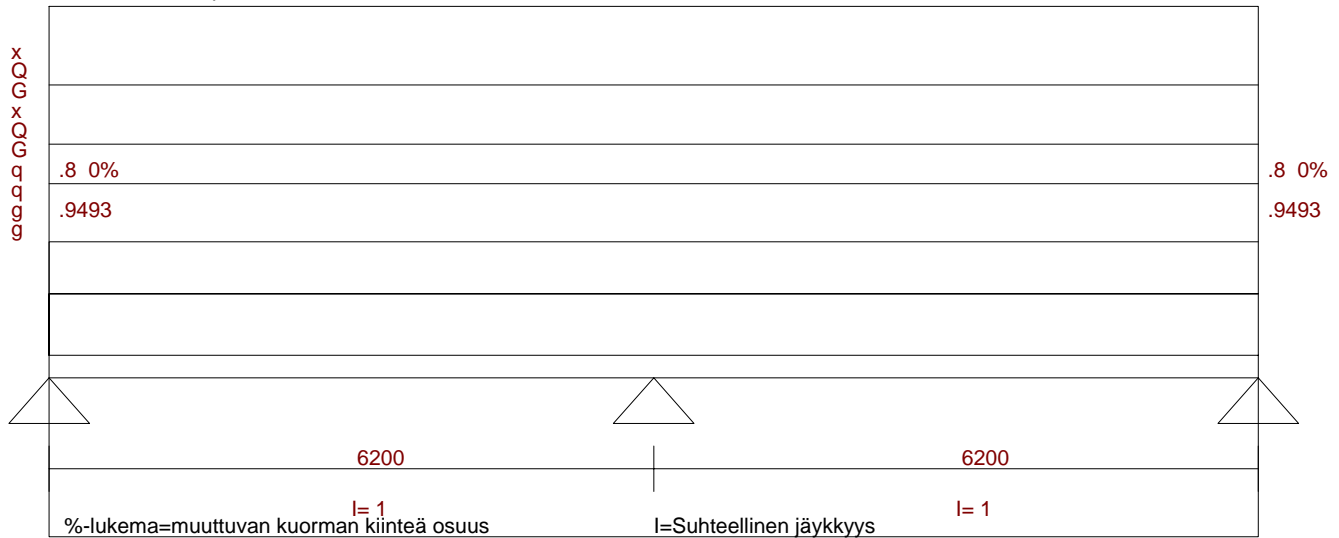
Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1.2 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1.6

Palkin oletettu kuormitusleveys 2.9 (m) (jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu)

Max/min tukivoimat [kN]
27,791 83,189 27,797
4,781 25,618 4,783

L40 165 x 315 B 1 $C_f=0,99$ Mit menet RAJA
Mmit/taiv kestävyys [kNm] 51,719 64,717 80 %
Vmit/leikk kestävyys [kN] 41,595 63,969 65 %

Taipumat (Sall taip L/250)
23,0 mm (93 %) 23,0 mm (93 %)



Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1

Palkin oletettu kuormitusleveys 2.9 (m) (jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu)

Max/min tukivoimat [kN]
12,679 39,340 12,682
5,488 21,349 5,490

L40 123 x 273 C 1 Cf=1,00 Mit menet SALL

Sall jänn kor kerroin 1,16

Mmit/taiv kestävyys [kNm] 24,457 34,240 71 %

Vmit/leikk kestävyys [kN] 19,670 38,720 51 %

Taipumat (Sall taip L/250)

22,8 mm (92 %) 22,8 mm (92 %)

HARJA- JA KIILAPALKKIEN LUJUUSLASKELMAT

Kuormitukset

$$P_{g,k} = g_{k,katto} * k - k + g_{k,jäykisteet}$$

$$P_{q,k} = q_{k,lumi} * k - k$$

VE1, VE2, VE3

$$g_{k,jäykisteet} = \frac{5kN / m^3 * 0,09m * 0,18m * 6m * 9kpl}{49,6m} = 0,088kN / m$$

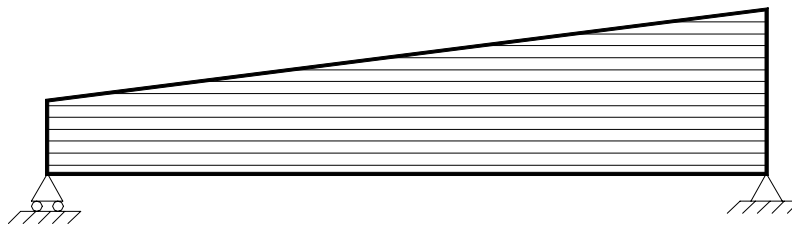
VE1, VE2, VE3

$$P_{g,k} = 0,9493kN / m^2 * 6m + 0,088kN / m = 5,8kN / m$$

$$P_{q,k} = 1,6kN / m^2 * 6m = 9,6kN / m$$

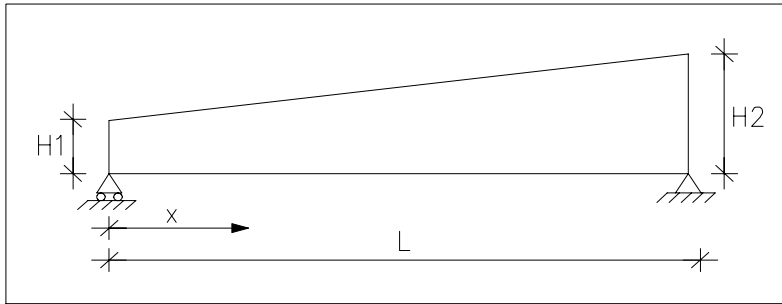
Taulukko 1 Mitoitus ohjelmilla saadut poikkileikkaukset

	Harjapalkki	Kiilapalkki
VE1	215x1280...1900-24800	
VE2	165x1350...1600...1350-20000	165x980...1350-14800
VE3		165x780...1090-12400 165x1090...1400-12400
VE4	215x1480...2100...1480-24800	
VE5	165x1550...1800...1550-20000	165x1180...1550-14800
VE6		165x880...1190-12400 165x1190-12400
VE7	165x1450...1700...1450-20000	165x1080...1450-14800

KIILAPALKIN MITOITUS (EC 5 MUKAAN)**kohde:** _____**työ nro:** INSINÖÖRITYÖ**palkin tunnus:** VE1 kiilapalkki LP-1**suunnittelija:** Teemu Tuominen

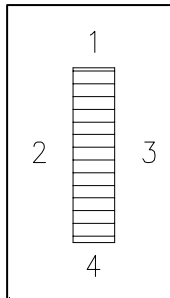
SISÄLLYSLUETTELO	sivu
Kuormat	1-2
Mitoitus	3-8

2. PALKIN TIEDOT



L = 24800 mm
B = 215 mm
H1 = 1280 mm (>823)
H2 = 1900 mm (>1498)

materiaali: GL32
aikaluokka: lyhytaikainen
käyttöluokka: 1



palosuojaus (0=kyllä, 1=ei):

sivu 1: 1
sivu 2: 1
sivu 3: 1
sivu 4: 1

$k_{mod} = 0,9$ $\gamma_m = 1,3$
 $f_{m,d} = 32,00 \times$ $k_{mod}/\gamma_m = 22,2 \text{ N/mm}^2$
 $f_{c,90,d} = 6,00 \times$ $k_{mod}/\gamma_m = 4,15 \text{ N/mm}^2$
 $f_{v,d} = 3,50 \times$ $k_{mod}/\gamma_m = 2,42 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,05} = 10800 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,mean} = 13500 \text{ N/mm}^2$

palon kehittymisaika:

$t_{f,req} = 30 \text{ min}$

kiepahdustukien väli:

$L_c = 6200 \text{ mm}$

3. MITOITUS

3.1 TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA

mitoitettava kohta, $x = 9982 \text{ mm}$ $\tan \alpha = 0,025 \Rightarrow \alpha = 1,43^\circ < 10^\circ$
jossa korkeus, $h = 1530 \text{ mm}$
jossa momentti, $M_d = 1711,5 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 - 4 \times \tan^2 \alpha) \times \frac{6 \times M_d}{b \times h^2} = 20,4 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \times \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 22,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} < f_{m,\alpha,d} \quad \boxed{92 \%}$$

3.2 TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA

mitoitettava kohta, $x = 9982 \text{ mm}$ $\tan \alpha = 0,025 \Rightarrow \alpha = 1,43^\circ < 10^\circ$
jossa korkeus, $h = 1530 \text{ mm}$
jossa momentti, $M_d = 1711,5 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 + 4 \times \tan^2 \alpha) \times \frac{6 \times M_d}{b \times h^2} = 20,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} < f_{m,d} \quad \boxed{92 \%}$$



6. YHTEENVETO

6.1 MURTORAJATILA

TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA:	92 %	
TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA:	92 %	
LEIKKAUSJÄNNITYS TUILLA:		
VASEN TUKI:	64 %	
OIKEA TUKI:	44 %	
PALKIN TUKIPINTOJEN MINIMI LEVEYDET:		
VASEN TUKI:	321 mm	
OIKEA TUKI:	324 mm	
PALKIN KIEPAHDUS:	100 %	
PALKIN TAIPUMA-ARVIO:		
hyötykuorman aiheuttama alkutaipuma, $u_{2,inst}$:	50,3 mm	61 %
hyötykuorman aiheuttama lopputaipuma, u_2 :	60,4 mm	49 %
kokonaistaipuma, $u_{net} = u_1 + u_2$:	121,5 mm	98 %

6.2 PALOTILA

($t_{f,req} = 30 \text{ min}$)	$\eta = M_{palo} / M_d =$	0,523 < 0.6
TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA:	41 %	
TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA:	41 %	
LEIKKAUSJÄNNITYS TUILLA:		
VASEN TUKI:	28 %	
OIKEA TUKI:	19 %	
PALKIN TUKIPINTOJEN MINIMI LEVEYDET:		
VASEN TUKI:	134 mm	
OIKEA TUKI:	136 mm	
PALKIN KIEPAHDUS:	52 %	

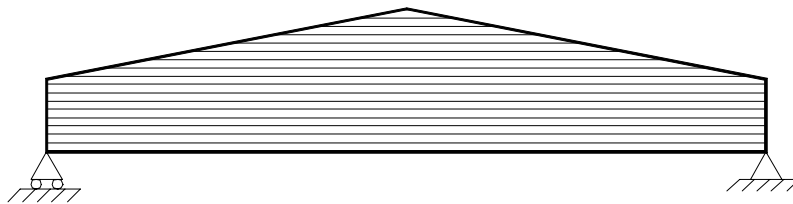
7. TILAVUUS JA HINTA-ARVIO

$$V = 8,478 \text{ m}^3 \times 500 \text{ €/m}^3 = \underline{4238,94 \text{ €}}$$

8. PALKIN TUKIREAKTIOT

	<u>pilari A</u>	<u>pilari B</u>
$R_k =$	208,4	210,8 kN
$R_d =$	285,8	288,7 kN
$R_{palo} (50\%) =$	148,9	151,3 kN
$R_{palo} (20\%) =$	113,2	115,6 kN

HARJAPALKIN MITOITUS (EC 5 MUKAAN)



kohde: _____

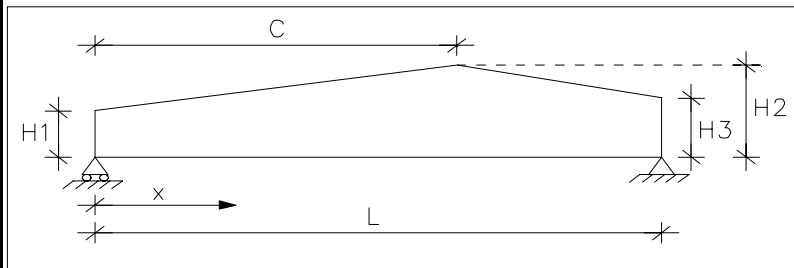
työ nro: INSINÖÖRITYÖ

palkin tunnus: VE2 harjapalkki LP-1

suunnittelija: Teemu Tuominen

SISÄLLYSLUETTELO	sivu
Kuormat	1-2
Mitoitus	3-9

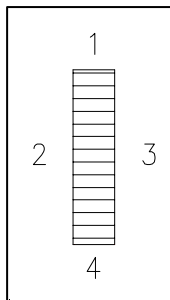
2. PALKIN TIEDOT



$$800 \text{ mm} < C < 19200 \text{ mm}$$

- L = 20000 mm
- B = 165 mm
- C = 10000 mm
- H1 = 1350 mm (>850)
- H2 = 1600 mm (>1364)
- H3 = 1350 mm (>850)

materiaali: GL32
aikaluokka: lyhytaikainen
käyttöluokka: 1



palosuojaus (0=kyllä, 1=ei):

- sivu 1: 1
- sivu 2: 1
- sivu 3: 1
- sivu 4: 1

palon kehittymisaika:

$$t_{f,req} = 30 \text{ min}$$

$$k_{mod} = 0,9$$

$$\gamma_m = 1,3$$

$$f_{m,d} = 32,00 \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = 6,00 \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 4,15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = 3,50 \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 2,42 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,05} = 10800 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 13500 \text{ N/mm}^2$$

kiepahdustukien väli:

$$L_c = 5000 \text{ mm}$$

3. MITOITUS

3.1 TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA

- mitoitettava kohta, x = 8450 mm tan a = 0,0250 => a = 1,43°
- jossa korkeus, h = 1561 mm
- jossa momentti, M_d = 1106,7 kNm

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 - 4 \times \tan^2 \alpha) \times \frac{6 \times M_d}{b \times h^2} = 16,5 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \times \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 22,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} < f_{m,\alpha,d} \quad \boxed{75 \%}$$

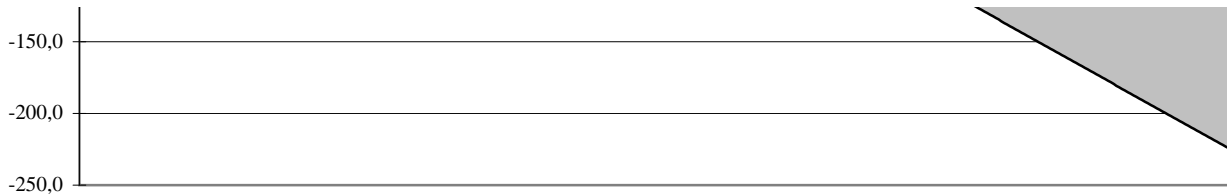
3.2 TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA

- mitoitettava kohta, x = 8450 mm tan a = 0,0250 => a = 1,43°
- jossa korkeus, h = 1561 mm
- jossa momentti, M_d = 1106,7 kNm

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 + 4 \times \tan^2 \alpha) \times \frac{6 \times M_d}{b \times h^2} = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} < f_{m,d} \quad \boxed{75 \%}$$



6. YHTEENVETO

6.1 MURTORAJATILA

	$V < 2/3 \times V_b :$	13 %	
	TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA:	75 %	
	TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA:	75 %	
	LEIKKAUSJÄNNITYS TUILLA:		
	VASEN TUKI:	63 %	
	OIKEA TUKI:	63 %	
	PALKIN TUKIPINTOJEN MINIMI LEVEYDET:		
	VASEN TUKI:	331 mm	
	OIKEA TUKI:	331 mm	
	PALKIN KIEPAHDUS:	92 %	
	PALKIN TAIPUMA-ARVIO:		
	hyötykuorman aiheuttama alkutaipuma, $u_{2,inst}$:	30,3 mm	45 %
	hyötykuorman aiheuttama lopputaipuma, u_2 :	36,4 mm	36 %
	kokonaistaipuma, $u_{net} = u_1 + u_2$:	71,2 mm	71 %
	TAIVUTUSJÄNNITYS HARJALLA:	76 %	
	SYITÄ VASTAAN KOHTISUORA JÄNNITYS HARJALLA:	39 %	

6.2 PALOTILA

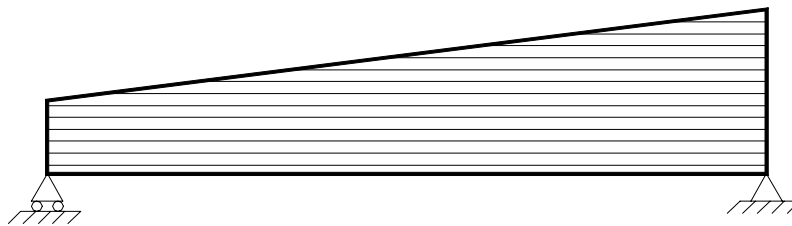
	($t_{f,req} = 30 \text{ min}$)	$\eta = M_{palo} / M_d =$	0,516 < 0.6
	TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA:	36 %	
	TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA:	36 %	
	LEIKKAUSJÄNNITYS TUILLA:		
	VASEN TUKI:	30 %	
	OIKEA TUKI:	30 %	
	PALKIN TUKIPINTOJEN MINIMI LEVEYDET:		
	VASEN TUKI:	151 mm	
	OIKEA TUKI:	151 mm	
	PALKIN KIEPAHDUS:	63 %	
	TAIVUTUSJÄNNITYS HARJALLA:	36 %	
	SYITÄ VASTAAN KOHTISUORA JÄNNITYS HARJALLA:	20 %	

7. TILAVUUS JA HINTA-ARVIO

$$V = 4,868 \text{ m}^3 \times 500 \text{ €/m}^3 = \underline{\underline{2\,434 \text{ €}}}$$

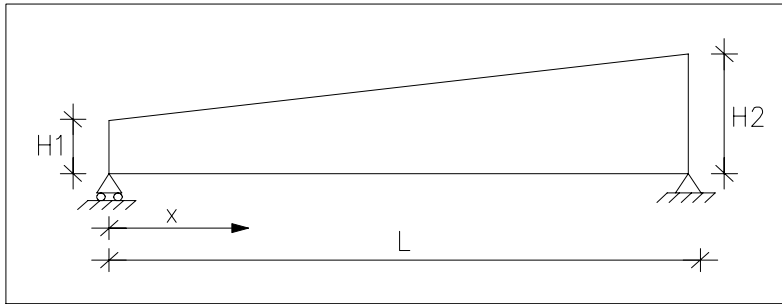
8. PALKIN TUKIREAKTIOT

	<u>pilari A</u>	<u>pilari B</u>	
$R_k =$	164,7	164,7	kN
$R_d =$	226,5	226,5	kN
$R_{palo} (50\%) =$	116,7	116,7	kN

KIILAPALKIN MITOITUS (EC 5 MUKAAN)**kohde:** _____**työ nro:** INSINÖÖRITYÖ**palkin tunnus:** VE2 kiilapalkki LP-1**suunnittelija:** Teemu Tuominen

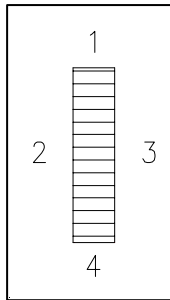
SISÄLLYSLUETTELO	sivu
Kuormat	1-2
Mitoitus	3-8

2. PALKIN TIEDOT



L = 14800 mm
B = 165 mm
H1 = 980 mm (>620)
H2 = 1350 mm (>1003)

materiaali: GL32
aikaluokka: lyhytaikainen
käyttöluokka: 1



palosuojaus (0=kyllä, 1=ei):

sivu 1: 1
sivu 2: 1
sivu 3: 1
sivu 4: 1

$k_{mod} = 0,9$ $\gamma_m = 1,3$
 $f_{m,d} = 32,00 \times k_{mod}/\gamma_m = 22,2 \text{ N/mm}^2$
 $f_{c,90,d} = 6,00 \times k_{mod}/\gamma_m = 4,15 \text{ N/mm}^2$
 $f_{v,d} = 3,50 \times k_{mod}/\gamma_m = 2,42 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,05} = 10800 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,mean} = 13500 \text{ N/mm}^2$

palon kehittymisaika:

$t_{f,req} = 30 \text{ min}$

kiepahdustukien väli:

$L_c = 7400 \text{ mm}$

3. MITOITUS

3.1 TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA

mitoitettava kohta, $x = 6216 \text{ mm}$ $\tan \alpha = 0,025 \Rightarrow \alpha = 1,43^\circ < 10^\circ$
jossa korkeus, $h = 1135 \text{ mm}$
jossa momentti, $M_d = 596,7 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 - 4 \times \tan^2 \alpha) \times \frac{6 \times M_d}{b \times h^2} = 16,8 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \times \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 22,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} < f_{m,\alpha,d} \quad \boxed{76 \%}$$

3.2 TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA

mitoitettava kohta, $x = 6216 \text{ mm}$ $\tan \alpha = 0,025 \Rightarrow \alpha = 1,43^\circ < 10^\circ$
jossa korkeus, $h = 1135 \text{ mm}$
jossa momentti, $M_d = 596,7 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 + 4 \times \tan^2 \alpha) \times \frac{6 \times M_d}{b \times h^2} = 16,9 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} < f_{m,d} \quad \boxed{76 \%}$$



6. YHTEENVETO

6.1 MURTORAJATILA

TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA:	76 %	
TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA:	76 %	
LEIKKAUSJÄNNITYS TUILLA:		
VASEN TUKI:	63 %	
OIKEA TUKI:	46 %	
PALKIN TUKIPINTOJEN MINIMI LEVEYDEET:		
VASEN TUKI:	241 mm	
OIKEA TUKI:	243 mm	
PALKIN KIEPAHDUS:	97 %	
PALKIN TAIPUMA-ARVIO:		
hyötykuorman aiheuttama alkutaipuma, $u_{2,inst}$:	20,9 mm	42 %
hyötykuorman aiheuttama lopputaipuma, u_2 :	25,1 mm	34 %
kokonaistaipuma, $u_{net} = u_1 + u_2$:	48,2 mm	65 %

6.2 PALOTILA

$$(t_{f,req} = 30 \text{ min}) \quad \eta = M_{palo} / M_d = \mathbf{0,512 < 0.6}$$

TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA:	37 %
TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA:	37 %
LEIKKAUSJÄNNITYS TUILLA:	
VASEN TUKI:	30 %
OIKEA TUKI:	22 %
PALKIN TUKIPINTOJEN MINIMI LEVEYDEET:	
VASEN TUKI:	110 mm
OIKEA TUKI:	110 mm
PALKIN KIEPAHDUS:	70 %

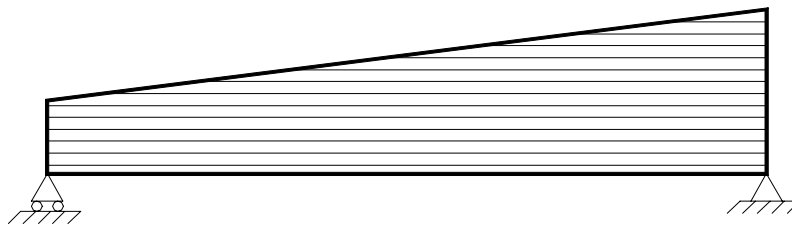
7. TILAVUUS JA HINTA-ARVIO

$$V = 2,845 \text{ m}^3 \times 500 \text{ €/m}^3 = \underline{\underline{1422,465 \text{ €}}}$$

8. PALKIN TUKIREAKTIOT

	<u>pilari A</u>	<u>pilari B</u>
$R_k =$	119,9	120,6 kN
$R_d =$	165,2	166,0 kN
$R_{palo} (50\%) =$	84,4	85,0 kN
$R_{palo} (20\%) =$	63,1	63,7 kN

KIILAPALKIN MITOITUS (EC 5 MUKAAN)



kohde: _____

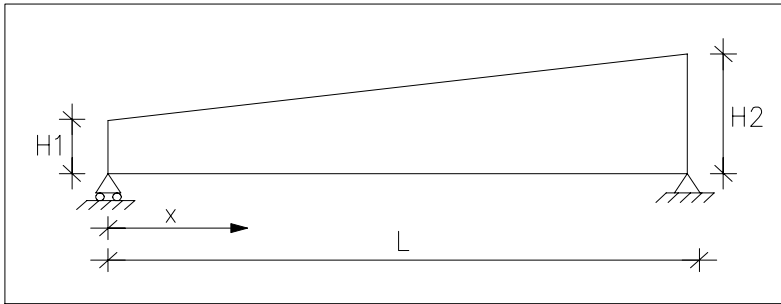
työ nro: INSINÖÖRITYÖ

palkin tunnus: VE3 kiilapalkki LP-1

suunnittelija: Teemu Tuominen

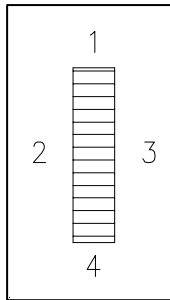
SISÄLLYSLUETTELO	sivu
Kuormat	1-2
Mitoitus	3-8

2. PALKIN TIEDOT



L = 12400 mm
B = 165 mm
H1 = 780 mm (>515)
H2 = 1090 mm (>836)

materiaali: GL32
aikaluokka: lyhytaikainen
käyttöluokka: 1



palosuojaus (0=kyllä, 1=ei):

sivu 1: 1
sivu 2: 1
sivu 3: 1
sivu 4: 1

$k_{mod} = 0,9$ $\gamma_m = 1,3$
 $f_{m,d} = 32,00 \times$ $k_{mod}/\gamma_m = 22,2 \text{ N/mm}^2$
 $f_{c,90,d} = 6,00 \times$ $k_{mod}/\gamma_m = 4,15 \text{ N/mm}^2$
 $f_{v,d} = 3,50 \times$ $k_{mod}/\gamma_m = 2,42 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,05} = 10800 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,mean} = 13500 \text{ N/mm}^2$

palon kehittymisaika:

$t_{f,req} = 30 \text{ min}$

kiepahdustukien väli:

$L_c = 6200 \text{ mm}$

3. MITOITUS

3.1 TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA

mitoitettava kohta, $x = 5177 \text{ mm}$ $\tan \alpha = 0,025 \Rightarrow \alpha = 1,43^\circ < 10^\circ$
jossa korkeus, $h = 909 \text{ mm}$
jossa momentti, $M_d = 414,5 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 - 4 \times \tan^2 \alpha) \times \frac{6 \times M_d}{b \times h^2} = 18,2 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \times \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 22,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} < f_{m,\alpha,d} \quad \boxed{82 \%}$$

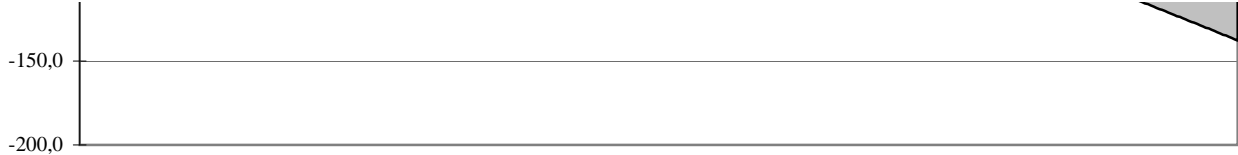
3.2 TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA

mitoitettava kohta, $x = 5177 \text{ mm}$ $\tan \alpha = 0,025 \Rightarrow \alpha = 1,43^\circ < 10^\circ$
jossa korkeus, $h = 909 \text{ mm}$
jossa momentti, $M_d = 414,5 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 + 4 \times \tan^2 \alpha) \times \frac{6 \times M_d}{b \times h^2} = 18,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} < f_{m,d} \quad \boxed{82 \%}$$



6. YHTEENVETO

6.1 MURTORAJATILA

TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA:	82 %	
TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA:	82 %	
LEIKKAUSJÄNNITYS TUILLA:		
VASEN TUKI:	66 %	
OIKEA TUKI:	47 %	
PALKIN TUKIPINTOJEN MINIMI LEVEYDEET:		
VASEN TUKI:	201 mm	
OIKEA TUKI:	201 mm	
PALKIN KIEPAHDUS:	89 %	
PALKIN TAIPUMA-ARVIO:		
hyötykuorman aiheuttama alkutaipuma, $u_{2,inst}$:	20,0 mm	48 %
hyötykuorman aiheuttama lopputaipuma, u_2 :	24,0 mm	39 %
kokonaistaipuma, $u_{net} = u_1 + u_2$:	45,5 mm	73 %

6.2 PALOTILA

($t_{f,req} = 30 \text{ min}$)	$\eta = M_{palo} / M_d =$	0,509 < 0.6
TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA:	41 %	
TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA:	41 %	
LEIKKAUSJÄNNITYS TUILLA:		
VASEN TUKI:	32 %	
OIKEA TUKI:	22 %	
PALKIN TUKIPINTOJEN MINIMI LEVEYDEET:		
VASEN TUKI:	91 mm	
OIKEA TUKI:	91 mm	
PALKIN KIEPAHDUS:	56 %	

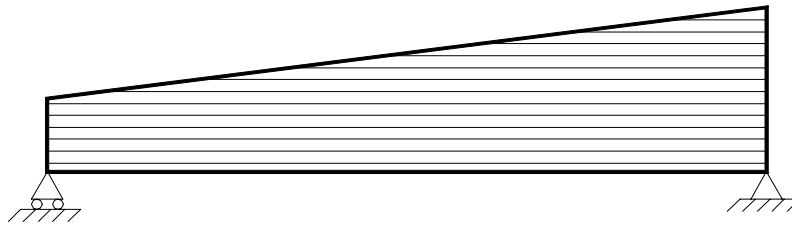
7. TILAVUUS JA HINTA-ARVIO

$$V = 1,913 \text{ m}^3 \times 500 \text{ €/m}^3 = \underline{\underline{956,505 \text{ €}}}$$

8. PALKIN TUKIREAKTIOT

	<u>pilari A</u>	<u>pilari B</u>
$R_k =$	99,5	99,9 kN
$R_d =$	137,2	137,8 kN
$R_{palo} (50\%) =$	69,7	70,2 kN
$R_{palo} (20\%) =$	51,8	52,3 kN

KIILAPALKIN MITOITUS (EC 5 MUKAAN)



kohde: _____

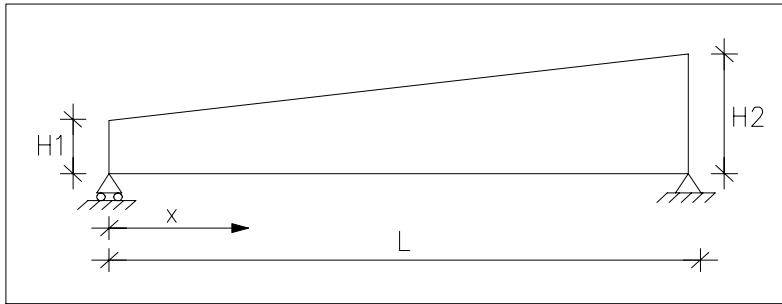
työ nro: INSINÖÖRITYÖ

palkin tunnus: VE3 kiilapalkki LP-2

suunnittelija: Teemu Tuominen

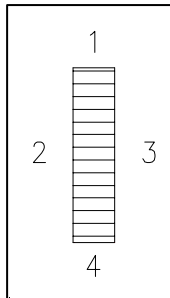
SISÄLLYSLUETTELO	sivu
Kuormat	1-2
Mitoitus	3-8

2. PALKIN TIEDOT



L = 12400 mm
B = 165 mm
H1 = 1090 mm (>521)
H2 = 1400 mm (>841)

materiaali: GL32
aikaluokka: lyhytaikainen
käyttöluokka: 1



palosuojaus (0=kyllä, 1=ei):

sivu 1: 1
sivu 2: 1
sivu 3: 1
sivu 4: 1

$k_{mod} = 0,9$ $\gamma_m = 1,3$
 $f_{m,d} = 32,00 \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 22,2 \text{ N/mm}^2$
 $f_{c,90,d} = 6,00 \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 4,15 \text{ N/mm}^2$
 $f_{v,d} = 3,50 \times \frac{k_{mod}}{\gamma_m} = 2,42 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,05} = 10800 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,mean} = 13500 \text{ N/mm}^2$

palon kehittymisaika:

$t_{f,req} = 30 \text{ min}$

kiepahdustukien väli:

$L_c = 12400 \text{ mm}$

3. MITOITUS

3.1 TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA

mitoitettava kohta, $x = 5425 \text{ mm}$ $\tan \alpha = 0,025 \Rightarrow \alpha = 1,43^\circ < 10^\circ$
jossa korkeus, $h = 1226 \text{ mm}$
jossa momentti, $M_d = 424,5 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 - 4 \times \tan^2 \alpha) \times \frac{6 \times M_d}{b \times h^2} = 10,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,\alpha,d} = \frac{f_{m,d}}{\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}} \times \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = 22,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} < f_{m,\alpha,d} \quad \boxed{46 \%}$$

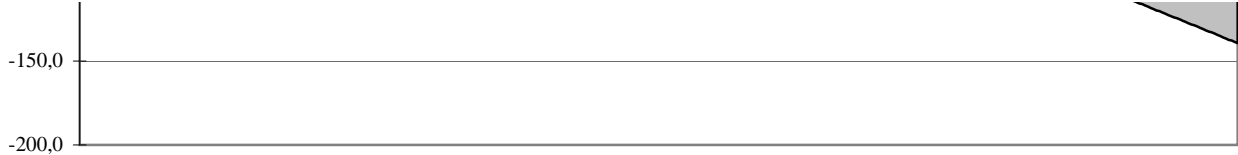
3.2 TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA

mitoitettava kohta, $x = 5425 \text{ mm}$ $\tan \alpha = 0,025 \Rightarrow \alpha = 1,43^\circ < 10^\circ$
jossa korkeus, $h = 1226 \text{ mm}$
jossa momentti, $M_d = 424,5 \text{ kNm}$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 + 4 \times \tan^2 \alpha) \times \frac{6 \times M_d}{b \times h^2} = 10,3 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} < f_{m,d} \quad \boxed{47 \%}$$



6. YHTEENVETO

6.1 MURTORAJATILA

TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA:	46 %	
TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA:	47 %	
LEIKKAUSJÄNNITYS TUILLA:		
VASEN TUKI:	48 %	
OIKEA TUKI:	37 %	
PALKIN TUKIPINTOJEN MINIMI LEVEYDET:		
VASEN TUKI:	203 mm	
OIKEA TUKI:	204 mm	
PALKIN KIEPAHDUS:	90 %	
PALKIN TAIPUMA-ARVIO:		
hyötykuorman aiheuttama alkutaipuma, $u_{2,inst}$:	8,4 mm	20 %
hyötykuorman aiheuttama lopputaipuma, u_2 :	10,0 mm	16 %
kokonaistaipuma, $u_{net} = u_1 + u_2$:	19,4 mm	31 %

6.2 PALOTILA

($t_{f,req} = 30 \text{ min}$)	$\eta = M_{palo} / M_d =$	0,513 < 0.6
TAIVUTUSJÄNNITYS VINOLLA REUNALLA:	23 %	
TAIVUTUSJÄNNITYS SUORALLA REUNALLA:	23 %	
LEIKKAUSJÄNNITYS TUILLA:		
VASEN TUKI:	23 %	
OIKEA TUKI:	18 %	
PALKIN TUKIPINTOJEN MINIMI LEVEYDET:		
VASEN TUKI:	93 mm	
OIKEA TUKI:	93 mm	
PALKIN KIEPAHDUS:	77 %	

7. TILAVUUS JA HINTA-ARVIO

$$V = 2,547 \text{ m}^3 \times 500 \text{ €/m}^3 = \underline{\underline{1273,635 \text{ €}}}$$

8. PALKIN TUKIREAKTIOT

	<u>pilari A</u>	<u>pilari B</u>
$R_k =$	100,9	101,3 kN
$R_d =$	138,9	139,4 kN
$R_{palo} (50\%) =$	71,1	71,6 kN
$R_{palo} (20\%) =$	53,2	53,7 kN

TERÄSPOIMULEVYJEN LUJUUSLASKELMAT

Lämmöneristysvaatimus

Yläpohja = 0,16 W/m²K

Rakennetyyppi

- kumibitumikermieristys, luokka VE40
 - K-PS 170/5000 kauttaaltaan bitumilla hitsaten
 - K-MS 170/4000 kauttaaltaan bitumilla hitsaten
- 30mm mineraalivilla Isover OL-K-30, uritettu, $\lambda_n=0,037\text{W/mK}$
- 180mm mineraalivilla Isover OL-P, $\lambda_n=0,037\text{W/mK}$
- höyrynsulku Euratex AL
- 30mm mineraalivilla Isover OL-K-30, $\lambda_n=0,041\text{W/mK}$
- kallistettu teräs-poimulevy Ran 153/1,0 rakennesuunnitelmien mukaan
- pintakäsittely tai –materiaali huoneselityksen mukaan

U-arvo = 0,16 W/m²K

Lumikuormat

Rakennus sijaitsee Raumalla

$$s_k = 2,0\text{kN} / \text{m}^2$$

$$s = \mu_i * s_k$$

$$s = 0,8 * 2,0\text{kN} / \text{m}^2$$

$$s = 1,6\text{kN} / \text{m}^2$$

Pysyvä kuorma

2-kerros bitumikate = 0,1kN/m²

30mm OL-K-30 = 1,1kN/m³ ~ 0,033kN/m²

180mm OL-P = 0,8kN/m³ ~ 0,144kN/m²

30mm OL-K-30 = 1,1kN/m³ ~ 0,033kN/m²

Ripustuskuorma = 0,5kN/m²

Ripustuskuorma = 0,2kN/m²

Yhteensä eristeistä, vesikatteesta ja 50kg/m² ripustuskuormasta tuleva kuormitus:

KRT

$$0,1+0,033+0,144+0,033+0,5=0,81\text{kN/m}^2$$

Yhteensä eristeistä, vesikatteesta ja 20kg/m² ripustuskuormasta tuleva kuormitus:

KRT

$$0,1+0,033+0,144+0,033+0,2=0,51\text{kN/m}^2$$

Rannilan mitoitustaulukossa tarvitaan seuraavia tietoja.

50kg/m² ripustus kuormalla:

KRT - kuorma

$$0,81 \text{ kN/m}^2 + 1,6 \text{ kN/m}^2 = 2,41 \text{ kN/m}^2$$

MRT - kuorma

$$1,2 * 0,81 \text{ kN/m}^2 + 1,6 * 1,6 \text{ kN/m}^2 = 3,532 \text{ kN/m}^2$$

20kg/m² ripustus kuormalla:

KRT - kuorma

$$0,51 \text{ kN/m}^2 + 1,6 \text{ kN/m}^2 = 2,11 \text{ kN/m}^2$$

MRT - kuorma

$$1,2 * 0,51 \text{ kN/m}^2 + 1,6 * 1,6 \text{ kN/m}^2 = 3,172 \text{ kN/m}^2$$

Vaihtoehtojen 1-3 kantavanpoimulevyn mitoitus

- Käytetään Rannilan mitoitus taulukkoa. taipuma L/250
- KRT - kuorma ~2,5kN/m²
- MRT - kuorma ~3,6kN/m²

Taulukko 1 3-aukkoisena, tuen leveys 150mm, kehäväli 6000mm

	Tunnus	Ainevahvuus (mm)	L max. (mm)	Paino (kg/hm ²)	Valitaan
KRT	R153	1,00	6000	13,93	
MRT	R153	1,00	6030	13,93	*

Yläpohjan kuormitukset

$$g_{k,katto} = 0,9493kN / m^2$$

$$q_{k,lumi} = 1,6kN / m^2$$

KRT

$$0,81kN / m^2 + 0,1393kN / m^2 + 1,6kN / m^2 = 2,55kN / m^2$$

MRT

$$1,2 * (0,81kN / m^2 + 0,1393kN / m^2) + 1,6 * 1,6kN / m^2 = 3,7kN / m^2$$

JÄYKISTEIDEN LUJUUSLASKELMAT

Tuulen vaikutuksesta aiheutuvat rasitukset

VE1

$$q_w = 0,44kN / m^2 * 0,7 = 0,31kN / m^2$$

$$q_{wd} = 0,31kN / m^2 * 1,6 = 0,49kN / m^2$$

$$\text{Momentti pisteen A ympäri} = \frac{-0,49kN / m^2 * (6,8m)^2}{2} + T_{tuuli} * 6,8m = 0$$

$$T_{tuuli} = 1,67kN / m$$

$$T_{tuuli} = 1,67kN / m * \frac{50m}{2} = 41,75kN$$

VE2

$$q_w = 0,44kN / m^2 * 0,7 = 0,31kN / m^2$$

$$q_{wd} = 0,31kN / m^2 * 1,6 = 0,49kN / m^2$$

$$\text{Momentti pisteen A ympäri} = \frac{-0,49kN / m^2 * (6,5m)^2}{2} + T_{tuuli} * 6,5m = 0$$

$$T_{tuuli} = 1,59kN / m$$

$$T_{tuuli} = 1,59kN / m * \frac{50m}{2} = 39,75kN$$

VE3

$$q_w = 0,44kN / m^2 * 0,7 = 0,31kN / m^2$$

$$q_{wd} = 0,31kN / m^2 * 1,6 = 0,49kN / m^2$$

$$\text{Momentti pisteen A ympäri} = \frac{-0,49kN / m^2 * (6,3m)^2}{2} + T_{tuuli} * 6,3m = 0$$

$$T_{tuuli} = 1,54kN / m$$

$$T_{tuuli} = 1,54kN / m * \frac{50m}{2} = 38,5kN$$

Palkkien kiepahdustuennasta johtuvat rasitukset**VE1**

Kiepahdustuenta

$$K_{tuki} = 2,24kN / m$$

Keskikenttä

$$T_{kiep.kesk.} = 2,24kN / m * 6,2m = 13,89kN$$

Päätykenttä

$$T_{kiep.pääty} = 2,24kN / m * \frac{50m}{2} = 56kN$$

VE2

Kiepahdustuenta (käytetään suurempaa)

$$K_{tuki} = 3,05kN / m \text{ tai } K_{tuki} = 3,43kN / m$$

Keskikenttä

$$T_{kiep.kesk.} = 3,43kN / m * 7,4m = 25,38kN$$

Päätykenttä

$$T_{kiep.pääty} = 3,43kN / m * \frac{50m}{2} = 85,75kN$$

VE3

Kiepahdustuenta (käytetään suurempaa)

$$K_{tuki} = 2,33kN / m \text{ tai } K_{tuki} = 1,92kN / m$$

Keskikenttä

$$T_{kiep.kesk.} = 2,33kN / m * 6,2m = 14,45kN$$

Päätykenttä

$$T_{kiep.pääty} = 2,33kN / m * \frac{50m}{2} = 58,25kN$$

Pilarien nurjahdus tuennasta johtuvat rasitukset

Jokainen puristussauva tuetaan sivusuunnassa vähintään voimalle:

VE1

Reuna

$$F_{d,r} = \frac{304kN}{80} = 3,8kN$$

Keski

$$F_{d,k} = \frac{606kN}{80} = 7,6kN$$

VE2

Reuna

$$F_{d,r} = \frac{173kN}{80} = 2,2kN$$

Keski

$$F_{d,k} = \frac{414kN}{80} = 5,2kN$$

VE3

Reuna

$$F_{d,r} = \frac{146kN}{80} = 1,8kN$$

Välit

$$F_{d,v} = \frac{292kN}{80} = 3,7kN$$

Keski

$$F_{d,k} = \frac{294kN}{80} = 3,7kN$$

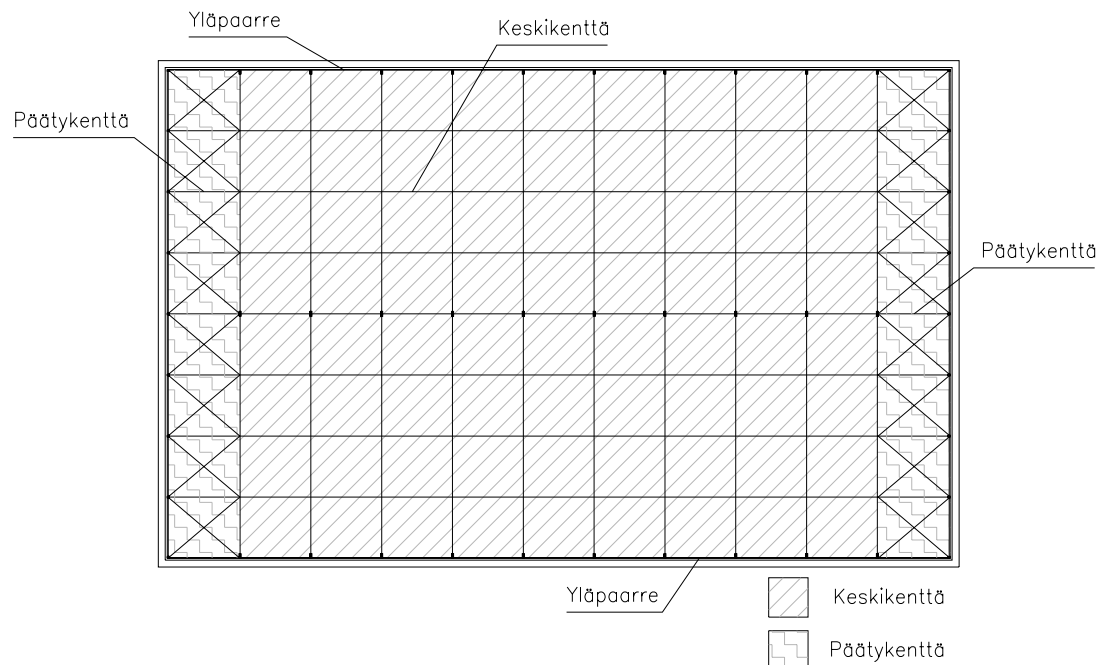
Katon jäykisteet

Mitoitetaan tapaukset kahdelle eri kehäjaolle ja niiden suurimpiin puristusrasituksiin. Katon jäykisteet jaetaan kolmeen eri tapaukseen päätykenttään, keskikenttään ja pitkäsivun yläpaarteeseen. Päätykenttä vie voimat pitkille sivuille, jossa yläpaarre ottaa voiman vastaan ja siirtää sen ristikkojäykistykselle, joka lopulta vie voimat perustuksiin.

- Päätykenttään vaikuttavat: tuuli, palkkien kiepahdustuenta ja keskipilarien nurjahdustuenta.
- Keskikenttään vaikuttavat: palkkien kiepahdustuenta ja keskipilarien nurjahdustuenta.
- Yläpaarteeseen vaikuttavat: tuuli, palkkien kiepahdustuenta, keski- ja reunapilarien nurjahdustuenta.

Kehävälit ovat 6 m ja 7,2 m ja jäykistyksessä käytetään L40-lujuusluokan liimapuuta ja pyöreää terästankoa.

Kuva 1 Kuormitusten jakautuminen eri paarteille



Kuormitukset**VE1**

Päätykenttä:

$$T_{kiep.pääty} = 56kN$$

$$T_{tuuli} = 41,75kN$$

$$F_{d,keski} = 7,6kN * 13pilaria = 98,8kN$$

$$F_{d,pääty,yht.} = 56kN + 41,75kN + 98,8kN = 196,55kN \approx 197kN$$

Keskikenttä:

$$T_{kiep.kesk.} = 13,89kN$$

$$F_{d,keski} = 7,6kN * 13pilaria = 98,8kN$$

$$F_{d,kesk,yht.} = 13,89kN + 98,8kN = 112,69kN \approx 113kN$$

Yläpaarre:

$$T_{kiep.pääty} = 56kN$$

$$T_{tuuli} = 41,75kN$$

$$F_{d,keski} = 7,6kN * 13pilaria = 98,8kN$$

$$F_{d,reuna} = 3,8kN * 13pilaria = 49,4kN$$

$$F_{d,yläpaarre,yht.} = 56kN + 41,75kN + \frac{98,8kN}{2} + 49,4kN = 196,55kN \approx 197kN$$

VE2

Päätykenttä:

$$T_{kiep.pääty} = 85,75kN$$

$$T_{tuuli} = 39,75kN$$

$$F_{d,keski} = 5,2kN * 13pilaria = 67,6kN$$

$$F_{d,pääty,yht.} = 85,75kN + 39,75kN + 67,6kN = 193,1kN \approx 193kN$$

Keskikenttä:

$$T_{kiep.kesk.} = 25,38kN$$

$$F_{d,keski} = 5,2kN * 13pilaria = 67,6kN$$

$$F_{d,kesk.yht.} = 25,38kN + 67,6kN = 92,98kN \approx 93kN$$

Yläpaarre:

$$T_{kiep.pääty} = 85,75kN$$

$$T_{tuuli} = 39,75kN$$

$$F_{d,keski} = 5,2kN * 13pilaria = 67,6kN$$

$$F_{d,reuna} = 2,2kN * 13pilaria = 28,6kN$$

$$F_{d,yläpaarre.yht.} = 85,75kN + 39,75kN + 67,6kN + 28,6kN = 221,7kN \approx 222kN$$

VE3

Päätykenttä:

$$T_{kiep.pääty} = 58,25kN$$

$$T_{tuuli} = 38,5kN$$

$$F_{d,välit} = 3,7kN * 13pilaria = 48,1kN$$

$$F_{d,keski} = 3,7kN * 13pilaria = 48,1kN$$

$$F_{d,pääty.yht.} = 58,25kN + 38,5kN + 48,1kN + \frac{48,1kN}{2} = 168,9kN \approx 169kN$$

Keskikenttä:

$$T_{kiep.kesk.} = 14,45kN$$

$$F_{d,välit} = 3,7kN * 13pilaria = 48,1kN$$

$$F_{d,kesk.yht.} = 14,45kN + 48,1kN + = 62,55kN \approx 63kN$$

Yläpaarre:

$$T_{kiep.pääty} = 58,25kN$$

$$T_{tuuli} = 38,5kN$$

$$F_{d,välit} = 3,7kN * 13pilaria = 48,1kN$$

$$F_{d,keski} = 3,7kN * 13pilaria = 48,1kN$$

$$F_{d,reuna} = 1,8kN * 13pilaria = 23,4kN$$

$$F_{d,yläpaarre.yht.} = 58,25kN + 38,5kN + 48,1kN + \frac{48,1kN}{2} + 23,4kN = 192,3kN \approx 192kN$$

Nurjahdusaltis puristus**VE1, VE2, VE3**

kokeillaan 115x270 poikkileikkausta

$$I = 18863 \text{ cm}^4$$

$$A = 311 \text{ cm}^2$$

$$i = \sqrt{\frac{18863 \text{ cm}^4}{311 \text{ cm}^2}} = 7,8 \text{ cm}$$

$$L_c = 1,0 * 6 \text{ m} = 6 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{6000 \text{ mm}}{78 \text{ mm}} = 77$$

nurjahdustukeen ei kohdistu muuta pystykuormitusta kuin palkin omasta painosta johtuvaa kuormitus joten tämän vuoksi voidaan käyttää taipumasta johtuvaa epäkeskisyyttä $w/L = 1/200$.

$$\lambda = 77 \text{ ja } 1/200 \rightarrow k_s = 0,275$$

$$\delta_c = \frac{0,222 \text{ MN}}{0,0311 \text{ m}^2} = 7,1 \text{ MN} / \text{m}^2$$

$$\frac{|7,1 \text{ MN} / \text{m}^2|}{0,275 * 30 \text{ MN} / \text{m}^2} + \frac{|0|}{31 \text{ MN} / \text{m}^2} = 0,86 < 1$$

Nurjahdustukiin kohdistuu kuitenkin myös vetoa johtuen tuulen imuvaikutuksesta. Vetorasitus on huomattavasti pienempi kuin puristus rasitus, mutta tässä tapauksessa tarkistetaan kestääkö puristuksessa saatu poikkileikkaus yhtä suurta vetoa kuin puristusta.

Vetorasitus**VE1, VE2, VE3**

poikkileikkaus 115x270

$$\delta_t = \frac{0,222MN}{0,0311m^2} = 7,1MN / m^2 < 21MN / m^2$$

Palomitoitus

Lumi 50%

Tuuli 30%

Osavarmuus kertoimet 1,0

VE2 ja VE5 antoivat mitoituksessa suurimmat puristusrasitukset joten lasketaan vain kaksi eri tapausta.

VE2

Tuulen vaikutuksesta aiheutuvat rasitukset

$$q_w = 0,44kN / m^2 * 0,7 * 0,3 = 0,09kN / m^2$$

$$q_{wd} = 0,09kN / m^2 * 1,0 = 0,09kN / m^2$$

$$\text{Momentti pisteen A ympäri} = \frac{-0,09kN / m^2 * (6,5m)^2}{2} + T_{tuki} * 6,5m = 0$$

$$T_{tuki} = 0,29kN / m$$

$$T_{tuuli} = 0,29kN / m * \frac{50m}{2} = 7,25kN$$

Palkkien kiepahdustuennasta johtuvat rasitukset

Kiepahdustuenta (käytetään suurempaa)

$$K_{tuki} = 1,58kN / m \text{ tai } K_{tuki} = 1,77kN / m$$

Keskikenttä

$$T_{kiep.kesk,p} = 1,77kN / m * 7,4m = 13,10kN$$

Päätykenttä

$$T_{kiep.pääty,p} = 1,77kN / m * \frac{50m}{2} = 44,25kN$$

Pilarien nurjahdustuennasta johtuvat rasitukset

Jokainen puristussauva tuetaan sivusuunnassa vähintään voimalle:

Reuna

$$F_{k,r} = \frac{85,1kN}{80} = 1,1kN$$

Keski

$$F_{k,k} = \frac{205,4kN}{80} = 2,6kN$$

Kuormitukset**Päätykenttä**

$$T_{kiep.pääty,p} = 44,25kN$$

$$T_{tuuli} = 7,25kN$$

$$F_{k,keski} = 2,6kN * 13pilaria = 33,8kN$$

$$F_{k,pääty,yht.} = 44,25kN + 7,25kN + 33,8kN = 85,3kN \approx 85kN$$

Keskikenttä

$$T_{kiep.kesk} = 13,10kN$$

$$F_{k,keski} = 2,6kN * 13pilaria = 33,8kN$$

$$F_{k,kesk.,yht.} = 13,10kN + 33,8kN = 46,9kN \approx 47kN$$

Yläpaarre

$$T_{kiep.pääty} = 44,25kN$$

$$T_{tuuli} = 7,25kN$$

$$F_{k,keski} = 2,6kN * 13pilaria = 33,8kN$$

$$F_{k,reuna} = 1,1kN * 13pilaria = 14,3kN$$

$$F_{k,y\ddot{a}p\ddot{a}rre,yht.} = 44,25kN + 7,25kN + \frac{33,8kN}{2} + 14,3kN = 82,7kN \approx 83kN$$

Nurjahdusaltis puristus

Vähennetään aikaisemmin saadusta poikkileikkauksesta hiililymisen osuus.

Poikkileikkauksen hiililymissyvyyden pienennys

hiililymisnopeus $\beta = 0,7mm / min$

paloaika $t = 30 min$

hiililymissyvyys $x = \beta * t$

Poikkileikkaus palotilanteessa

$$B_p = B - 2 * x$$

$$H_p = H - 2 * x$$

VE 2

115x270 poikkileikkaus

Poikkileikkaus palotilanteessa

$$B_p = 73mm$$

$$H_p = 228mm$$

$$I = 7210cm^4$$

$$A = 166cm^2$$

$$i = \sqrt{\frac{7210cm^4}{166cm^2}} = 6,6cm$$

$$L_c = 1,0 * 6m = 6m$$

$$\lambda = \frac{6000mm}{66mm} = 91$$

nurjahdustukeen ei kohdistu muuta pystykuormitusta kuin palkin omasta painosta johtuvaa kuormitusta joten tämän vuoksi voidaan käyttää taipumasta johtuvaa epäkeskisyyttä $w/L = 1/200$.

$$\lambda = 91 \text{ ja } 1/200 \rightarrow k_s = 0,215$$

$$\delta_c = \frac{0,082MN}{0,0166m^2} = 4,9MN/m^2$$

$$\frac{|4,9MN/m^2|}{0,215 * 30MN/m^2} + \frac{|0|}{31MN/m^2} = 0,76 < 1$$

Tulos:

Poikkileikkaus kestää palomitoituksessa.

Vetorasitus

Nurjahdustukiin kohdistuu kuitenkin myös vetoa johtuen tuulen imuvaikutuksesta. Vetorasitus on huomattavasti pienempi kuin puristus rasitus, mutta tässä tapauksessa tarkistetaan kestääkö puristuksessa saatu poikkileikkaus yhtä suurta vetoa kuin puristusta.

VE2

poikkileikkaus 90x180

$$\delta_t = \frac{0,082MN}{0,0166m^2} = 4,9MN/m^2 < 21MN/m^2$$

Tulos:

Poikkileikkaus kestää palomitoituksessa.

VE1**Kiilapalkki****Palkin kiepahdustuennan takia lisättävä vaakakuormitus (kN/m)**

Md (kNm)	h (m)	b (m)	Lk (m)	kk1	ak	kk
1734	1,54	0,215	6,2	0,07	1,01	0,81

Nd =	213,9 kN	pienempi	ak<0,75	1
------	----------	----------	---------	---

väliltä	0,75<ak<1,4	0,81
---------	-------------	------

suurempi	1,4<ak	0,99
----------	--------	------

Pääkannattajien lkm.	13
----------------------	----

Pääkannattajan pituus (m)	24,8
---------------------------	------

qd =	2,24 kN/m
------	-----------

VE2**Harjapalkki****Palkin kiepahdustuennan takia lisättävä vaakakuormitus (kN/m)**

Md (kNm)	h (m)	b (m)	Lk (m)	kk1	ak	kk
1118	1,57	0,165	5	0,07	1,19	0,67

Nd =	235,0 kN	pienempi	ak<0,75	1
------	----------	----------	---------	---

väliltä	0,75<ak<1,4	0,67
---------	-------------	------

suurempi	1,4<ak	0,71
----------	--------	------

Pääkannattajien lkm.	13
----------------------	----

Pääkannattajan pituus (m)	20
---------------------------	----

qd =	3,05 kN/m
------	-----------

Kiilapalkki**Palkin kiepahdustuennan takia lisättävä vaakakuormitus (kN/m)**

Md (kNm)	h (m)	b (m)	Lk (m)	kk1	ak	kk
604	1,143	0,165	7,4	0,07	1,23	0,63

Nd =	195,5 kN	pienempi	ak<0,75	1
------	----------	----------	---------	---

väliltä	0,75<ak<1,4	0,63
---------	-------------	------

suurempi	1,4<ak	0,66
----------	--------	------

Pääkannattajien lkm.	13
----------------------	----

Pääkannattajan pituus (m)	14,8
---------------------------	------

qd =	3,43 kN/m
------	-----------

PALOMITOITUS**Harjapalkki****Palkin kiepahdustuennan takia lisättävä vaakakuormitus (kN/m)**

Md (kNm)	h (m)	b (m)	Lk (m)	kk1	ak	kk
580	1,57	0,165	5	0,07	1,19	0,67

Nd =	121,9 kN	pienempi	ak<0,75	1
------	----------	----------	---------	---

väliltä	0,75<ak<1,4	0,67
---------	-------------	------

suurempi	1,4<ak	0,71
----------	--------	------

Pääkannattajien lkm.	13
----------------------	----

Pääkannattajan pituus (m)	20
---------------------------	----

qd =	1,58 kN/m
------	-----------

Kiilapalkki**Palkin kiepahdustuennan takia lisättävä vaakakuormitus (kN/m)**

Md (kNm)	h (m)	b (m)	Lk (m)	kk1	ak	kk
311	1,143	0,165	7,4	0,07	1,23	0,63

Nd =	100,7 kN	pienempi	ak<0,75	1
------	----------	----------	---------	---

väliltä	0,75<ak<1,4	0,63
---------	-------------	------

suurempi	1,4<ak	0,66
----------	--------	------

Pääkannattajien lkm.	13
----------------------	----

Pääkannattajan pituus (m)	14,8
---------------------------	------

qd =	1,77 kN/m
------	-----------

VE3**Kiilapalkki, keskellä****Palkin kiepahdustuennan takia lisättävä vaakakuormitus (kN/m)**

Md (kNm)	h (m)	b (m)	Lk (m)	kk1	ak	kk
430	1,236	0,165	6,2	0,07	1,17	0,68

Nd =	111,3 kN	pienempi	ak<0,75	1
------	----------	----------	---------	---

väliltä	0,75<ak<1,4	0,68
---------	-------------	------

suurempi	1,4<ak	0,73
----------	--------	------

Pääkannattajien lkm.	13
----------------------	----

Pääkannattajan pituus (m)	12,4
---------------------------	------

qd =	2,33 kN/m
------	-----------

Kiilapalkki, reunassa**Palkin kiepahdustuennan takia lisättävä vaakakuormitus (kN/m)**

Md (kNm)	h (m)	b (m)	Lk (m)	kk1	ak	kk
418	0,914	0,165	6,2	0,07	1,01	0,8

Nd =	91,5 kN	pienempi	ak < 0,75	1
------	---------	----------	-----------	---

väliltä	0,75 < ak < 1,4	0,80
---------	-----------------	------

suurempi	1,4 < ak	0,98
----------	----------	------

Pääkannattajien lkm.

13

Pääkannattajan pituus (m)

12,4

qd = 1,92 kN/m

YHTEENVETO KUSTANNUKSISTA				
	Työkustannukset	Ainekustannukset	Yhteensä	€/m²
VE1	42 143 €	268 143 €	310 285 €	78
VE2	44 036 €	222 618 €	266 654 €	67
VE3	47 210 €	210 511 €	257 721 €	64
VE4	37 533 €	276 567 €	314 100 €	79
VE5	40 257 €	240 140 €	280 397 €	70
VE6	41 231 €	223 021 €	264 252 €	66
VE7	39 696 €	233 533 €	273 228 €	68

Nimike ja selitys	Määrätiedot		Kustannustiedot											
	määrä	yks.	Työkustannus					Ainekustannus			Yhteensä			
			tth/yks	TL3	h	€/h	€/yks.	yht.€	hukka%	€/yks.	yht.€	€/yks.	yht.€	
Maankaivu														
maankaivu	100,4	m3	0,009	1,25	1,13	26	0,29	29	0 %	0,00	0	0,29	29	
täyttö	21,1	m3	0,063	1,25	1,66	26	2,05	43	0 %	19,00	401	21,05	444	
kaivumassojen kuljetus	8	kuorma	0,330	1,25	3,45	26	10,73	90	0 %		0	10,73	90	
Betonityöt														
Lautamuottityö, pystytys	174,2	m2	0,430	1,20	89,89	26	13,42	2337	10 %	7,89	1513	21,31	3850	
raudoitus	1,022	1000kg	4,950	1,20	6,07	26	154,44	158	15 %	1300,00	1528	1454,44	1686	
betonointi	61,3	m3	0,275	1,15	19,39	23	7,27	446	10 %	77,02	5193	84,29	5639	
Lautamuottityö, purku	174,2	m2	0,350	1,20	73,16	26	10,92	1902	0 %		0	10,92	1902	
Pilarit														
Aloittavat työt														
tavaran vastaanotto ja välivarastointi	57	kpl	0,050	1,20	3,42	36	2,16	123	0 %		0	2,16	123	
mittaustyö (perustus)	57	kpl	0,250	1,20	17,10	36	10,80	616	0 %		0	10,80	616	
Asennus														
asennus, pulttiliitos	57	kpl	0,770	1,20	52,67	36	33,26	1896	0 %		0	33,26	1896	
nosturisiirrot	57	siirto	0,350	1,20	23,94	36	15,12	862	0 %		0	15,12	862	
Lopettavat työt														
suojaus siivous merkintä	57	kpl	0,010	1,20	0,68	36	0,43	25	0 %		0	0,43	25	
Palkit														
Aloittavat työt														
tavaran vastaanotto ja välivarastointi	34	kpl	0,050	1,20	2,04	36	2,16	73	0 %		0	2,16	73	
Asennus														
asennus, pulttiliitos	34	kpl	1,290	1,20	52,63	36	55,73	1895	0 %		0	55,73	1895	
nosturisiirrot	34	siirto	0,350	1,20	14,28	36	15,12	514	0 %		0	15,12	514	
Lopettavat työt														
suojaus siivous merkintä	34	kpl	0,010	1,20	0,41	36	0,43	15	0 %		0	0,43	15	
Jäykisteet														
Aloittavat työt														

tavaran vastaanotto ja välivarastointi	142	kpl	0,050	1,20	8,52	36	2,16	307	0 %		0	2,16	307
Asennus													
asennus, pulttiliitos	142	kpl	0,400	1,20	68,16	36	17,28	2454	0 %		0	17,28	2454
nosturisiirrot	142	siirto	0,350	1,20	59,64	36	15,12	2147	0 %		0	15,12	2147
Lopettavat työt													
suojaus siivous merkintä	142	kpl	0,010	1,20	1,70	36	0,43	61	0 %		0	0,43	61
Sandwich-seinäelementti													
Aloittavat työt													
tavaran vastaanotto ja välivarastointi	1198	m2	0,010	1,20	14,37	36	0,43	517	0 %		0	0,43	517
Asennus													
mittaus	1198	m2	0,020	1,20	28,75	36	0,86	1035	0 %		0	0,86	1035
asennus, kiinnitys	1198	m2	0,090	1,20	129,37	36	3,89	4657	0 %		0	3,89	4657
tiivistys	1198	m2	0,040	1,20	57,50	36	1,73	2070	0 %		0	1,73	2070
Lopettavat työt													
suojaus siivous merkintä	1198	m2	0,010	1,20	14,37	36	0,43	517	0 %		0	0,43	517
Materiaali													
seinän pinta-ala	1331	m2	0,000	1,00	0,00	0	0,00	0	0 %	44,00	58564	44,00	58564
Kantavapoimulevy													
katto	4184	m2	0,000	1,00	0,00	0	0,00	0	0 %	16,00	66944	16,00	66944
Liimapuut													
yhteensä	268	m3	0,000	1,00	0,00	0	0,00	0	0 %	500,00	134000	500,00	134000
Työntekijöiden sosiaalikulut													
								17353					17353

Yhteensä: 42 143 € Yhteensä: 268 143 € Yhteensä: 310 285 €

Nimike ja selitys	Määrätiedot		Kustannustiedot										
	määrä	yks.	Työkustannus					Ainekustannus			Yhteensä		
			tth/yks	TL3	h	€/h	€/yks.	yht.€	hukka%	€/yks.	yht.€	€/yks.	yht.€
Maankaivu													
maankaivu	94,7	m3	0,009	1,25	1,07	26	0,29	28	0 %	0,00	0	0,29	28
täyttö	19,9	m3	0,063	1,25	1,57	26	2,05	41	0 %	19,00	378	21,05	419
kaivumassojen kuljetus	8	kuorma	0,330	1,25	3,26	26	10,73	85	0 %		0	10,73	85
Betonityöt													
Lautamuottityö, pystytys	183,2	m2	0,430	1,20	94,53	26	13,42	2458	10 %	7,89	1591	21,31	4049
raudoitus	0,923	1000kg	4,950	1,20	5,48	26	154,44	143	15 %	1300,00	1380	1454,44	1522
betonointi	55,4	m3	0,275	1,15	17,52	23	7,27	403	10 %	77,02	4694	84,29	5097
Lautamuottityö, purku	183,2	m2	0,350	1,20	76,94	26	10,92	2001	0 %		0	10,92	2001
Pilarit													
Aloittavat työt													
tavarán vastaanotto ja välivarastointi	70	kpl	0,050	1,20	4,20	36	2,16	151	0 %		0	2,16	151
mittaustyö (perustus)	70	kpl	0,250	1,20	21,00	36	10,80	756	0 %		0	10,80	756
Asennus													
asennus, pulttiliitos	70	kpl	0,770	1,20	64,68	36	33,26	2328	0 %		0	33,26	2328
nosturisiirrot	70	siirto	0,350	1,20	29,40	36	15,12	1058	0 %		0	15,12	1058
Lopettavat työt													
suojaus siivous merkintä	70	kpl	0,010	1,20	0,84	36	0,43	30	0 %		0	0,43	30
Palkit													
Aloittavat työt													
tavarán vastaanotto ja välivarastointi	47	kpl	0,050	1,20	2,82	36	2,16	102	0 %		0	2,16	102
Asennus													
asennus, pulttiliitos	47	kpl	1,290	1,20	72,76	36	55,73	2619	0 %		0	55,73	2619
nosturisiirrot	47	siirto	0,350	1,20	19,74	36	15,12	711	0 %		0	15,12	711
Lopettavat työt													
suojaus siivous merkintä	47	kpl	0,010	1,20	0,56	36	0,43	20	0 %		0	0,43	20
Jäykisteet													
Aloittavat työt													

tavaran vastaanotto ja välivarastointi	134	kpl	0,050	1,20	8,04	36	2,16	289	0 %		0	2,16	289
Asennus													
asennus, pulttiliitos	134	kpl	0,400	1,20	64,32	36	17,28	2316	0 %		0	17,28	2316
nosturisiirrot	134	siirto	0,350	1,20	56,28	36	15,12	2026	0 %		0	15,12	2026
Lopettavat työt													
suojaus siivous merkintä	134	kpl	0,010	1,20	1,61	36	0,43	58	0 %		0	0,43	58
Sandwich-seinäelementti													
Aloittavat työt													
tavaran vastaanotto ja välivarastointi	1128	m2	0,010	1,20	13,53	36	0,43	487	0 %		0	0,43	487
Asennus													
mittaus	1128	m2	0,020	1,20	27,06	36	0,86	974	0 %		0	0,86	974
asennus, kiinnitys	1128	m2	0,090	1,20	121,79	36	3,89	4384	0 %		0	3,89	4384
tiivistys	1128	m2	0,040	1,20	54,13	36	1,73	1949	0 %		0	1,73	1949
Lopettavat työt													
suojaus siivous merkintä	1128	m2	0,010	1,20	13,53	36	0,43	487	0 %		0	0,43	487
Materiaali													
seinän pinta-ala	1253	m2	0,000	1,00	0,00	0	0,00	0	0 %	44,00	55132	44,00	55132
Kantavapoimulevy													
katto	4184	m2	0,000	1,00	0,00	0	0,00	0	0 %	16,00	66944	16,00	66944
Liimapuut													
yhteensä	185	m3	0,000	1,00	0,00	0	0,00	0	0 %	500,00	92500	500,00	92500
Työntekijöiden sosiaalikulut													
								18133					18133

Yhteensä: 44 036 €

Yhteensä: 222 618 € Yhteensä: 266 654 €

Nimike ja selitys	Määrätiedot		Kustannustiedot											
	määrä	yks.	Työkustannus						Ainekustannus			Yhteensä		
			tth/yks	TL3	h	€/h	€/yks.	yht.€	hukka%	€/yks.	yht.€	€/yks.	yht.€	
Maankaivu														
maankaivu	91,9	m3	0,009	1,25	1,03	26	0,29	27	0 %	0,00	0	0,29	27	
täyttö	19,3	m3	0,063	1,25	1,52	26	2,05	40	0 %	19,00	367	21,05	406	
kaivumassojen kuljetus	8	kuorma	0,330	1,25	3,16	26	10,73	82	0 %		0	10,73	82	
Betonityöt														
Lautamuottityö, pystytys	191,9	m2	0,430	1,20	99,02	26	13,42	2575	10 %	7,89	1666	21,31	4241	
raudoitus	0,865	1000kg	4,950	1,20	5,14	26	154,44	134	15 %	1300,00	1293	1454,44	1427	
betonointi	51,9	m3	0,275	1,15	16,41	23	7,27	378	10 %	77,02	4397	84,29	4775	
Lautamuottityö, purku	191,9	m2	0,350	1,20	80,60	26	10,92	2096	0 %		0	10,92	2096	
Pilarit														
Aloittavat työt														
tavaran vastaanotto ja välivarastointi	83	kpl	0,050	1,20	4,98	36	2,16	179	0 %		0	2,16	179	
mittaustyö (perustus)	83	kpl	0,250	1,20	24,90	36	10,80	896	0 %		0	10,80	896	
Asennus														
asennus, pulttiliitos	83	kpl	0,770	1,20	76,69	36	33,26	2761	0 %		0	33,26	2761	
nosturisiirrot	83	siirto	0,350	1,20	34,86	36	15,12	1255	0 %		0	15,12	1255	
Lopettavat työt														
suojaus siivous merkintä	83	kpl	0,010	1,20	1,00	36	0,43	36	0 %		0	0,43	36	
Palkit														
Aloittavat työt														
tavaran vastaanotto ja välivarastointi	60	kpl	0,050	1,20	3,60	36	2,16	130	0 %		0	2,16	130	
Asennus														
asennus, pulttiliitos	60	kpl	1,290	1,20	92,88	36	55,73	3344	0 %		0	55,73	3344	
nosturisiirrot	60	siirto	0,350	1,20	25,20	36	15,12	907	0 %		0	15,12	907	
Lopettavat työt														
suojaus siivous merkintä	60	kpl	0,010	1,20	0,72	36	0,43	26	0 %		0	0,43	26	
Jäykisteet														
Aloittavat työt														

tavaran vastaanotto ja välivarastointi	142	kpl	0,050	1,20	8,52	36	2,16	307	0 %		0	2,16	307
Asennus													
asennus, pulttiliitos	142	kpl	0,400	1,20	68,16	36	17,28	2454	0 %		0	17,28	2454
nosturisiirrot	142	siirto	0,350	1,20	59,64	36	15,12	2147	0 %		0	15,12	2147
Lopettavat työt													
suojaus siivous merkintä	142	kpl	0,010	1,20	1,70	36	0,43	61	0 %		0	0,43	61
Sandwich-seinäelementti													
Aloittavat työt													
tavaran vastaanotto ja välivarastointi	1081	m2	0,010	1,20	12,97	36	0,43	467	0 %		0	0,43	467
Asennus													
mittaus	1081	m2	0,020	1,20	25,94	36	0,86	934	0 %		0	0,86	934
asennus, kiinnitys	1081	m2	0,090	1,20	116,74	36	3,89	4203	0 %		0	3,89	4203
tiivistys	1081	m2	0,040	1,20	51,88	36	1,73	1868	0 %		0	1,73	1868
Lopettavat työt													
suojaus siivous merkintä	1081	m2	0,010	1,20	12,97	36	0,43	467	0 %		0	0,43	467
Materiaali													
seinän pinta-ala	1201	m2	0,000	1,00	0,00	0	0,00	0	0 %	44,00	52844	44,00	52844
Kantavapoimulevy													
katto	4184	m2	0,000	1,00	0,00	0	0,00	0	0 %	16,00	66944	16,00	66944
Liimapuut													
yhteensä	166	m3	0,000	1,00	0,00	0	0,00	0	0 %	500,00	83000	500,00	83000
Työntekijöiden sosiaalikulut													
								19439					19439

Yhteensä: 47 210 €

Yhteensä: 210 511 € Yhteensä: 257 721 €