



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VILLE ELLILÄ
PARVEKEKAIDEJÄRJESTELMÄN LASKENTAMALLIN PÄIVITYS

Diplomityö

Tarkastaja: professori Matti Pentti
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
taneuvoston kokouksessa 26. maa-
liskuuta 2018

TIIVISTELMÄ

VILLE ELLILÄ: Parvekekaidejärjestelmän laskentamallin päivitys

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 54 sivua, 44 liitesivua

Toukokuu 2018

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennesuunnittelu

Tarkastaja: professori Matti Pentti

Avainsanat: parvekekaide, kaidemasto, mastojako, parvekelasit, kaidelasit

Opinnäytetyö on tehty suomalaiselle parvekevalmistajalle. Opinnäytetyö koostui parvekekaiteen laskentamallin päivityksestä. Parvekekaiteiden mitoitus tapahtuu käytännössä Excel-pohjaisella laskentaohjelmalla. Yrityksessä ollaan ottamassa käyttöön uutta kaidejärjestelmää, joka sisältää uuden kaidemaston. Käytössä olleessa laskentaohjelmassa oli isoja puutteita, ja siksi tätä opinnäytetyötä tehdessäni tein uuden Excel-pohjaisen laskentaohjelman, jossa uusi kaidemasto on samalla otettu käyttöön. Laskentaohjelmaa tehdessäni tutkin samalla sitä, kuinka kuormien jakautumista käsijohteen ja kaidemastojen välillä voisi mallintaa laskennallisesti. Tarkastelussa oli kolme erilaista rakennemallia. Mallissa 1 oletettiin vain kaidemastojen kantavan kuormia ja mallissa 2 oletettiin vain käsijohteen välittävän kuormia pielirakenteille. Mallissa 3 hyödynnettiin sekä kaidemaston että käsijohteen kapasiteettia valitsemalla prosenttiluvulla, kuinka suuri osa käsijohteen kohdalle kohdistuvista kuormista kohdistuu käsijohteelle ja kuinka suuri osa kaidemastolle. Malleista 1 ja 3 osoittautuivat kaikista käyttökelpoisimmiksi. Malli 1 soveltui kaiken mittaisille parvekkeille, kun taas mallia 3 rajoitti profiilien maksimipituus, joka on 6,3 m. Tätä leveämmillä parvekkeilla mallia 3 ei voi hyödyntää. Malli 3 oli kuitenkin näistä kolmesta kaikkein taloudellisin, koska sillä päästiin suurimpiin mastojakoon. Malli 2 soveltui ainoastaan lyhyille parvekkeille ja ei sen vuoksi sovellu käyttöön kaidejärjestelmällä, joku perustuu kaidemastoihin ja käsijohteeseen.

Tekemäni laskentaohjelma laskee kaidemaston ja käsijohteen taivutusrasituksia ja taipumia annettujen lähtötietojen avulla. Ohjelmaan syötetään mitat, tuulikuorma ja vaakahyötykuorma sekä prosenttilukuna osuus, joka kuormista kohdistuu kaidemastolle. Tämän jälkeen valitaan prosenttilukuna, kuinka suuri osuus kuormista kohdistuu kaidemastolle. Lisäksi mastojako valitaan käsin. Tämän jälkeen ohjelma antaa palautetta, mikäli kuormat tai taipumat ovat liian suuria. Taivutusmomentin rajana käytetään profiilien myötörajoista laskettua taivutusmomenttikapasiteettia. Taipumarajana käytetään mittaa $L/100$, joka on julkisivupuolella paljon käytetty taipumaraja. Laskenta-ohjelman antamia tuloksia olen tarkistanut F-Tool -ohjelmalla. Ohjelmalla on tarkoitus saada nopeasti määritettyä annettujen lähtötietojen perusteella kaiteen maksimimastojako.

Laskentaohjelman lisäksi tein esistandardiin prEN 16612 pohjautuen lasimitoitustaulukot parvekelaseille ja kaidelaseille. Taulukot on tehty maastoluokittain, ja jokaisessa taulukossa on kerroksittain lasikorkeuden mukaan määritetty, mikä lasipaksuus on oltava. Taulukon avulla myyjä pystyy nopeasti varmistamaan tarvittavan lasipaksuuden lähtötietojen perusteella, ja näin saadaan jo tarjousvaiheessa hinta lasien osalta varmasti oikein.

ABSTRACT

VILLE ELLILÄ: Update for the calculation model of balustrades

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 54 pages, 44 Appendix pages

May 2018

Master's Degree Program in Civil Engineering

Major: Structural design

Examiner: Professor Matti Pentti

Keywords: balustrade, balustrade mast, distance between masts, balcony glazing, balustrade glazing

This master's thesis has been made to a Finnish balcony manufacturer. The thesis consisted of updating the calculating model. The structural analysis for balustrades is made with an Excel based calculation program. The company is bringing to the market a new balustrade system which includes new post profile. There were many errors in the existing calculation program and that's why I created a new calculation program while working on this thesis. The program I created includes the new post. While I was working with the new calculation program I researched how the loads could be divided between the post and the handrail in calculations. I studied three different calculation models. In the first model I assumed that only the posts take the loads and in the second model I assumed that only the handrail takes the loads. In the third model both posts and handrail were assumed to take loads. In model 3 you could choose a percentage of how much of the loads were divided to posts. Models 1 and 3 were proven the most practical. Model 1 could be used to every balustrade length while model 3 was limited to the maximum length of 6,3 m. This is the maximum length of the aluminium profiles from the supplier. Model 3 was however the most economic because it allowed the biggest distances between the posts. Model 2 could be used only with very short balustrades and that's why it's not suitable for balustrade systems that use both posts and handrail as bearing structures.

The new calculation program calculates the stresses and displacements of the post and the handrail using measures, wind loads and horizontal imposed loads given. The user gives a percentage of how much of the loads go to posts and the distance between the posts. The program immediately gives info if the stresses or deflections are too high. The maximum limit of bending moment has been calculated from the yield strength of the profiles. The limit of deflection is $L/100$ which is quite common in façade structure analyzes. I have checked the program's results using F-Tool analysis program.

In addition to the calculation program I made tables which help with choosing right thickness for balcony glasses and balustrade glasses. The calculation has been made according to prEN 16612. Tables were made of each terrain class and they show the required glass thickness for different wind loads and glass heights. Those tables will be a big help for the salesmen when making offers about balconies.

ALKUSANAT

Haluan kiittää etenkin Matti Penttiä erittäin nopeasta avusta, kun häntä viime tinkaankin pyysin työn ohjaajaksi. Haluan kiittää myös perhettäni ja kavereita, jotka ovat aina olleet tukena silloin, kun koulunkäynti ja opinnäytetyö ovat käyneet todella raskaaksi. Kiittäisin myös koko TTY:n rakennuspuolen ammattitaitoista henkilökuntaa, joiden opeilla ja avuilla kaikki tämä on ollut mahdollista.

Tämä on ollut kohdallani erittäin pitkä ja varsin uuvuttava prosessi. Mukaan mahtuu paljon viivästyksiä erinäisistä, lähinnä henkilökohtaisista syistä. Samalla on kuitenkin opittu äärimmäisen paljon sellaista, mitä ei koulun penkiltä ole päähän jäänyt. Koen itseni onnekkaaksi, että sain tehdä opinnäytetyön töiden ohella.

Lapualla, 28.5.2018

Ville Ellilä

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimusongelma.....	1
1.3	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusmenetelmät	2
1.4	Tutkimuksen merkitys.....	2
2.	PARVEKEKAITEEN RAKENNE JA MITOITUS	4
2.1	Yleistä parvekkeista ja niiden rakenteesta	4
2.2	Parvekekaiteen rakenne.....	4
2.3	Parvekekaiteen alumiiniprofiilien mitoitus	8
2.4	Parveke- ja kaidelasin mitoitus	10
2.5	Parvekekaiteelle kohdistuvat kuormat	19
2.6	Kuormitusyhdistely	24
2.7	Laatta- ja pieliseinäiliitosten kestävyys.....	27
3.	RAKENNEMALLIT JA NIIDEN TUTKIMISPERIAATE.....	31
3.1	Tutkittavat rakennemallit	31
3.2	Rakennemalli 1.....	35
3.3	Rakennemalli 2.....	37
3.4	Rakennemalli 3.....	38
4.	TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TULKINTA.....	41
4.1	Laskentatulokset Excel-laskentaohjelmalla	41
4.2	Tulosten arviointi	47
5.	YHTEENVETO	50
	LÄHTEET.....	53

LIITE A: LAATAN OTSAAN KIINNITETTÄVÄN KAIDEMASTON TAIVUTUS-
VASTUKSEN LASKENTA

LIITE B: PARVEKE- JA KAIDELASIEN MITOITUSPERIAATE PREN 16612 MU-
KAAN

LIITE C: PARVEKELASIEN MITOITUSTAULUKOT

LIITE D: KAIDELASIEN MITOITUSTAULUKOT

LIITE E: EXCEL-LASKENTAOHJELMASTA OTETUT TULOSTEET

LIITE F: HILTIN ANKKURIN VETOKAPASITEETIN MÄÄRITYS PROFIS AN-
CHOR -OHJELMAN AVULLA

LIITE G: HECON BETONIRUUVILIITOKSEN KESTÄVYYDEN MÄÄRITYS
HECO ANCHOR DESIGN -OHJELMAN AVULLA

LYHENTEET JA MERKINNÄT

A_{c0}	kuormitusalue
A_{c0}	suurin mitoituksessa käytettävä jakautumisalue
$C35/45$	betonin lujuusluokka
c_{pe}	ulkoisen paineen painekerroin
c_{pi}	sisäisen paineen painekerroin
E	kinmmokerroin
ETA	European Technical Approval
f_0	0,2%:n myötörajan ominaisarvo
$f_{b,d}$	esijännitetyn lasin taivutuslujuuden suunnitteluarvo
$f_{b,k}$	esijännitetyn lasin taivutuslujuuden ominaisarvo
$f_{c,d}$	betonin lieriöpuristuslujuuden suunnitteluarvo
$f_{c,k}$	betonin lieriöpuristuslujuuden ominaisarvo
$f_{g,d}$	tasolasin taivutuslujuuden suunnitteluarvo
$f_{g,k}$	tasolasin taivutuslujuuden ominaisarvo
F_{Rdu}	betonin pistekuormakestävyys (puristus)
f_u	vetomurtolujuuden ominaisarvo
$G_{k,j}$	pysyvät kuormat
$h_{ef;w}$	laminoidun lasin tehollinen paksuus taipumalaskennassa
$h_{ef;\sigma;j}$	laminoidun lasikerroksen j tehollinen paksuus jännityslaskennassa
h_j	yksittäisen lasilevyn paksuus
h_k	yksittäisen lasilevyn paksuus
$h_{m,j}$	yksittäisen lasilevyn keskikohdan etäisyys laminoidun lasilevyn keskikohdasta
$h_{m,k}$	yksittäisen lasilevyn keskikohdan etäisyys laminoidun lasilevyn keskikohdasta
I	poikkileikkauksen neliömomentti
K_{FI}	seuraamusluokasta tuleva kuormakerroin
k_e	hehketetun lasin reunataivutuslujuuden pienennyskerroin
k_{mod}	kuormituksen kestosta riippuva kerroin
k_{sp}	lasin pintaprofiilin huomioiva kerroin
k_v	esijännitetyn lasin lujituskerroin
L	jänneväli
M_{Rd}	poikkileikkauksen taivutuskestävyyden mitoitusarvo
$M_t(x)$	taivutusmomentin funktio etäisyyden x suhteen
$M_{u,Rd}$	nettopoikkileikkauksen taivutuskestävyyden mitoitusarvo
P	esijännitysvoima
q_k	vaakahyötykuorman ominaisarvo
Q_{k1}	määräävä muuttuva kuorma
$Q_{k,i}$	muut muuttuvat kuormat
$q_p(z_e)$	puuskanopeuspaine
$q_p(z_i)$	puuskanopeuspaine
$q_{w,k}$	tuulikuorman ominaisarvo
t	aika
v	taipuma
w_e	ulkopintoihin vaikuttava tuulenpaine

w_i	sisäpintoihin vaikuttava tuulenpaine
W_{el}	poikkileikkauksen kimmainen taivutusvastus
W_{net}	nettopoikkileikkauksen taivutusvastus
z_e	ulkoisen paineen nopeuspainekorkeus
z_i	sisäisen paineen nopeuspainekorkeus
α_{cc}	puristuslujuuteen vaikuttavien pitkäaikaistekijöiden huomioiva kerroin
γ_C	materiaaliosavarmuuskerroin (betoni)
γ_{M1}	materiaaliosavarmuuskerroin (alumiini)
γ_{M2}	materiaaliosavarmuuskerroin (alumiini)
$\gamma_{M,A}$	materiaaliosavarmuuskerroin (lasi)
$\gamma_{M,v}$	materiaaliosavarmuuskerroin (lasi)
ψ_0	yhdistelykerroin
ψ_1	yhdistelykerroin
ψ_2	yhdistelykerroin
ω	kerroin, joka riippuu laminointikalvon luokasta

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Yrityksessä on suunnitteilla ottaa käyttöön uusi parvekekaidejärjestelmä, joka sisältää uuden kaidemaston ja hieman paremman kiinnitystavan. Tutkimuksen taustalla on tarve päivittää laskentamallia uudelle kaidejärjestelmälle. Samalla tarkoituksena on kehittää laskentamallia paremmaksi.

Uusi parvekekaidejärjestelmä tulee olemaan mitoituksellisesti taloudellisempi ja monin tavoin suunnittelun kannalta helpompi kuin vanha järjestelmä. Vanhalla järjestelmällä mastojako ja arkkitehtien suunnitelmat olivat hyvin usein ristiriidassa keskenään. Tämä korostui monesti ulkonäköseikoissa kuten esimerkiksi värisuunnitelmissa, kun arkkitehti oli suunnitellut värillisiä kaidelaseja. Kaiteen mastojako vaikuttaa suoraan kaidelasien jakoon, joten tarve vahvemmalle kaidemastolle oli tätäkin kautta perusteltu.

1.2 Tutkimusongelma

Parvekekaiteiden mitoituksessa hyvin usein oletetaan vain kaidemastojen kantavan kuormia. Tämä ajattelumalli on järkevä, mutta kenties turhankin paljon varmallalla puolella. Todellisuudessa lähes poikkeuksetta käsijohde saadaan päistään kiinnitettyä tukevasti, ja tällöin myös sen voidaan ajatella välittävän kuormia suoraan pieliseinille. Varsinaisena tutkimusongelmana on siis määritellä, kuinka suuri osa kuormasta voidaan ajatella siirtyvän käsijohteen kautta suoraan pielirakenteille.

Ajattelumallille, jossa sekä kaidemastot että käsijohde välittävät kuormia pielirakenteille, on kuitenkin määriteltävä reunaehdoja, jolloin rakenne toimii tällä ajattelumallilla. Tarkasteltavilla kuormilla ja parvekkeen mitoilla rakenteiden täytyy käyttäytyä kimmoisesti eli jännitykset eivät kaidemastolla tai käsijohteella saa ylittää myötörajaa. Toisaalta koska käsijohde on tukevasti kiinnitettyä kaidemastoon, on kaidemaston yläpään taipuma oltava yhtä suuri kuin käsijohteen taipuma kyseisessä kohdassa. Näitä reunaehdoja tutkimalla on tutkimuksessa lähdetty tutkimaan ja kehittämään uutta laskentamallia ja sen järkevyyttä.

1.3 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen tavoitteena on löytää parvekekaiteen laskentamalli uudelle kaidemastojärjestelmälle. Samalla tutkitaan, jos mitoitusta saataisiin taloudellisemmaksi hyödyntämällä käsijohteen ja kaidemaston yhteistoimintaa, jolloin voidaan käyttää hyväksi kummankin kapasiteettia.

Työn alkuvaihe on erittäin suurelta osin kirjallisuusselvitystä. Perehdyn aluksi parvekekaiteisiin yleisesti. Tutkin myös muiden yritysten valmistamien parvekekaiteiden rakennetta ja toimintaperiaatetta. Pääsin tutustumaan yrityksen käyttämään Excel-pohjaiseen parvekekaiteiden rakennelaskentaohjelmaan, jota tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella haluan päivittää ja parantaa. Mitoituksen avuksi löysin erään hyvän laskentaesimerkin sekä joitakin opinnäytetöitä. Niistä sain hyvää mallia mitoitusperiaatteesta.

Suuren osan ajasta tulee viemään standardiluonnoksen prEN 16612 mukaiseen lasimitoitukseen tutustuminen. Lasimitoitus voitaisiin tehdä muullakin tavoilla, sillä eurooppalaista standardiluonnosta ei vielä ole hyväksytty yleiseksi standardiksi, vaan se on jäänyt luonnosvaiheeseen. Näin ollen sitä ei myöskään velvoiteta vielä käyttämään. Halusin ehdottomasti kuitenkin jo tulevaisuuttakin silmällä pitäen tehdä parvekekaiteiden ja -lasien mitoituksen nimenomaan tuon esistandardin mukaan, jotta työn tuloksia voitaisiin hyödyntää vieläkin pidempään tulevaisuudessa.

Itse laskenta tässä opinnäytetyössä on hyvin pitkälti empiiristä tutkimusta laskentamielessä. Teen Excel-pohjaisen laskentaohjelman, jolla vertaillaan kolmea eri rakennemalliajattelua. Laskentamallin toimivuutta ja järkevyyttä arvioidaan laskettujen taipumien ja profiilien käyttöasteiden kautta.

Työssä on tehty selkeitä rajauksia, jotta työmäärä saataisiin inhimilliseksi. Muun muassa poikkileikkausluokkien tutkiminen on jätetty pois. Kiinnikkeiden kestävyyttä ei joka kohdassa tarkisteta erikseen ja parvekekaiteista tutkittavana on vain yksi kaidetyyppi. Lisäksi tutkittavana on vain suoria parvekkeita eri pituisina.

1.4 Tutkimuksen merkitys

Tutkimus tuo lisää tietoa yritykselle parvekekaiteiden mitoitukseen liittyen. Tutkimustuloksilla voi olla tulevaisuudessa erittäin suuria taloudellisia hyötyjä parvekkeiden suunnitteluun ja valmistamiseen liittyen. Uudella tiedolla voidaan helpottaa suunnittelua, ja taloudellisemmalla mitoituksella säästetään materiaalissa ja työssä. Samalla säästetään luonnollisesti myös asennustöissä ja -kustannuksissa.

Uuden kaidemastojärjestelmän ja laskentamenetelmän käyttöönotto parhaimmillaan parantaa yrityksen kilpailukykyä parveketekniikan puolella. Kilpailu on Suomessa kovaa, joten pienelläkin hintaerolla voidaan saada suuri muutos aikaan.

Tekemäni lasimitoitustaulukot tulevat parantamaan myyjien lasimitoitustietoutta ja helpottamaan heidän tarjouksen laskemistaan huomattavasti. Samalla suunnittelussa säästetään aikaa, kun ei jokaista tapausta tarvitse laskea aina erikseen tarjousvaiheessa.

2. PARVEKEKAITEEN RAKENNE JA MITOITUS

2.1 Yleistä parvekkeista ja niiden rakenteesta

Parveke on erityisesti kerrostaloasumisessa tila, jonka avulla ihminen voi nauttia välttämättömästä ulkoilmasta, valosta ja auringosta omassa rauhassa. Parvekettä ei pitäisi ajatella ylellisyytenä vaan enemmänkin välttämättömyytenä. Kesäisin lämpimien kelien valitessa parvekkeen voi ajatella toimivan jopa yhtenä huoneena, olohuoneen jatkeena.

Ennen 1940-lukua pääosa parvekkeista oli vielä tuuletusparvekkeita eli parveke ei varsinaisesti ollut oleilutila. 1950-luvulla parvekkeiden määrä on kuitenkin kasvanut kovaa vauhtia ja 1980-luvulta alkaen asunnot on pääsääntöisesti varustettu huoneistoparvekkein. Parvekkeettomat asunnot ovat pääosin yksiöitä. Huoneistoparvekkeiden yleistyttyä myös niiden merkitys oleskelutilana on muuttunut merkittävästi. Jotta parvekettä voisi käyttää oleskeluun enempi kuin pari kuukautta kesässä, on tullut tarve suojata parvekettä säältä. Tämä on vauhdittanut lasitettujen parvekkeiden määrän kasvua. Lasitetulla parvekkeella suojausastetta säältä voidaan säätää halutun mukaiseksi laseja availemalla ja sulkemalla [1].

Teräsrakentaminen alkoi yleistyä voimakkaasti 1900-luvun lopulla. Myös parvekkeet alkoivat muuttaa muotoaan nykyisin yleisimpiin, alumiinisiin parvekekaiteisiin. Alumiinin vahvuuksia parvekekaiderakentamisessa ovat ehdottomasti keveys ja säänkestävyys. Polttomaalattulla alumiinilla parvekkeista saadaan laseineen erittäin näyttävä osa julkisivua.

Parvekkeet ja parvekekaiteet ovatkin erittäin iso ja merkittävä osa rakennuksen julkisivukokonaisuutta. Tämän huomaa esimerkiksi uudisrakennuksissa yleistyvistä värillisistä kaide- ja parvekelaseista, joita näkee nykyisin varsin paljon. Uudiskohteiden parvekkeet ovat lähes poikkeuksetta lasitettuja, ja myös korjausrakentamisen puolella lasitettuihin parvekkeisiin siirtyminen on erittäin yleistä. Tämä on perusteltua jo silläkin, että parvekkeen käyttöikä pitenee huomattavasti säältä suojattaessa.

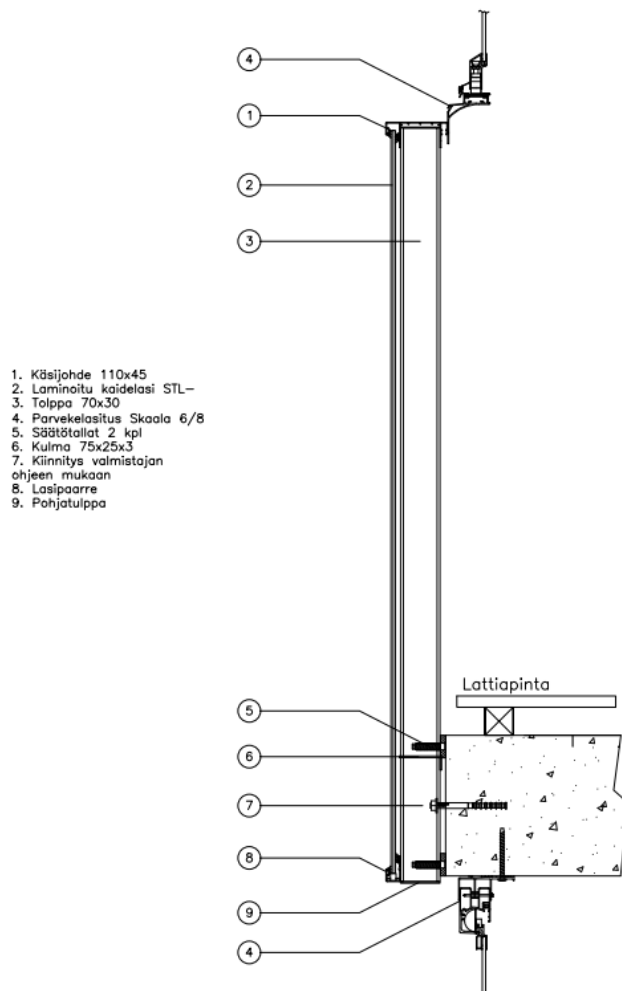
2.2 Parvekekaiteen rakenne

Tässä työssä tutkitaan yrityksen yhtä vakio parvekekaidemallin rakennetta, ja päivitetään laskentamallia. Parvekekaide eroaa monista yksinkertaisimmista rakenteista siten, että parvekkeella kantavia rakenteita on sekä pysty- että vaakasuuntaan. Pystysuuntaisia kantavia rakenteita ovat kaidemastot ja vaakasuuntaisena kantavana rakenteena toimii käsi-johde. Diplomityön tarkoitus on tuoda yrityksen laskentapohjaan uusi kaidemastojärjes-

telmä, joka tullaan ottamaan käyttöön myöhemmin. Samalla on tarkoitus tutkia ja päivittää rakennemallia siten, että kumpaakin kantavaa rakennetyyppiä voitaisiin hyödyntää mahdollisimman hyvin.

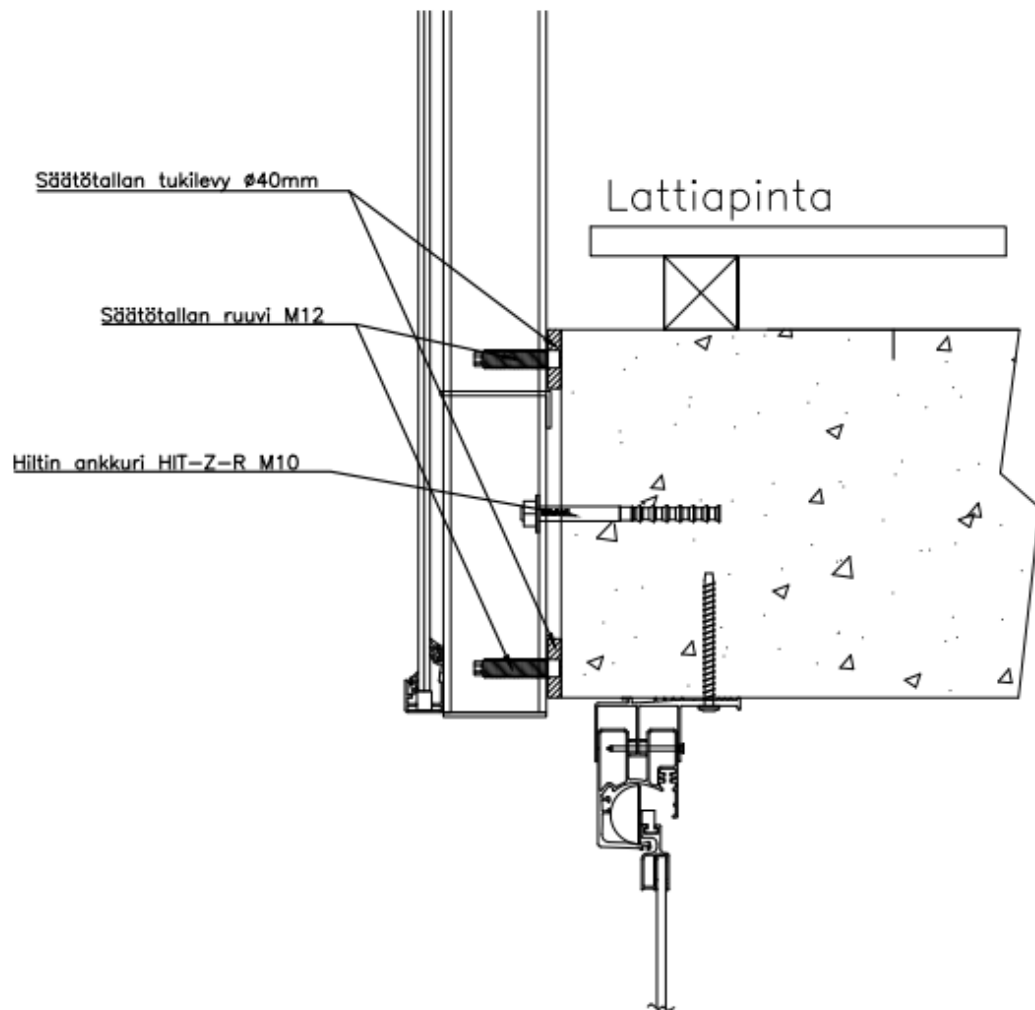
Kuvassa 1 on tässä työssä tarkasteltava parvekekaidemalli. Kuvassa on kerrottu parvekekaiteen tärkeimmät osat. Yksittäinen kaidemasto on kiinni betonilaatassa yhdellä Hiltin HIT-R-M10 ankkurilla. Ankkuroinnissa käytetään Hiltin HIT-HY-200A -injektointimassaa. Kaidemaston säätö laatan suhteen tapahtuu kahden M12 kokoisen säätötallan avulla, jossa laatan otsaan tuleva pohjalevy on halkaisijaltaan 40 mm. Kaiteeseen tuleva kaidelasi tukeutuu J-muotoiseen profiiliin alapäästä ja yläpäästä käsijohteeseen. Käsijohde ja J-profiili on kiinnitetty vetoniiteillä kaidemastoihin. Käsijohdetta ja sen alapuolista kokonaisuutta nimitetään parvekekaiteeksi. Kanget tulevat profiilintoimittajalta tehtaalle korkeintaan 6300 mm mittaisina.

Parvekekaide ja Parvekelasitus – Malli 01



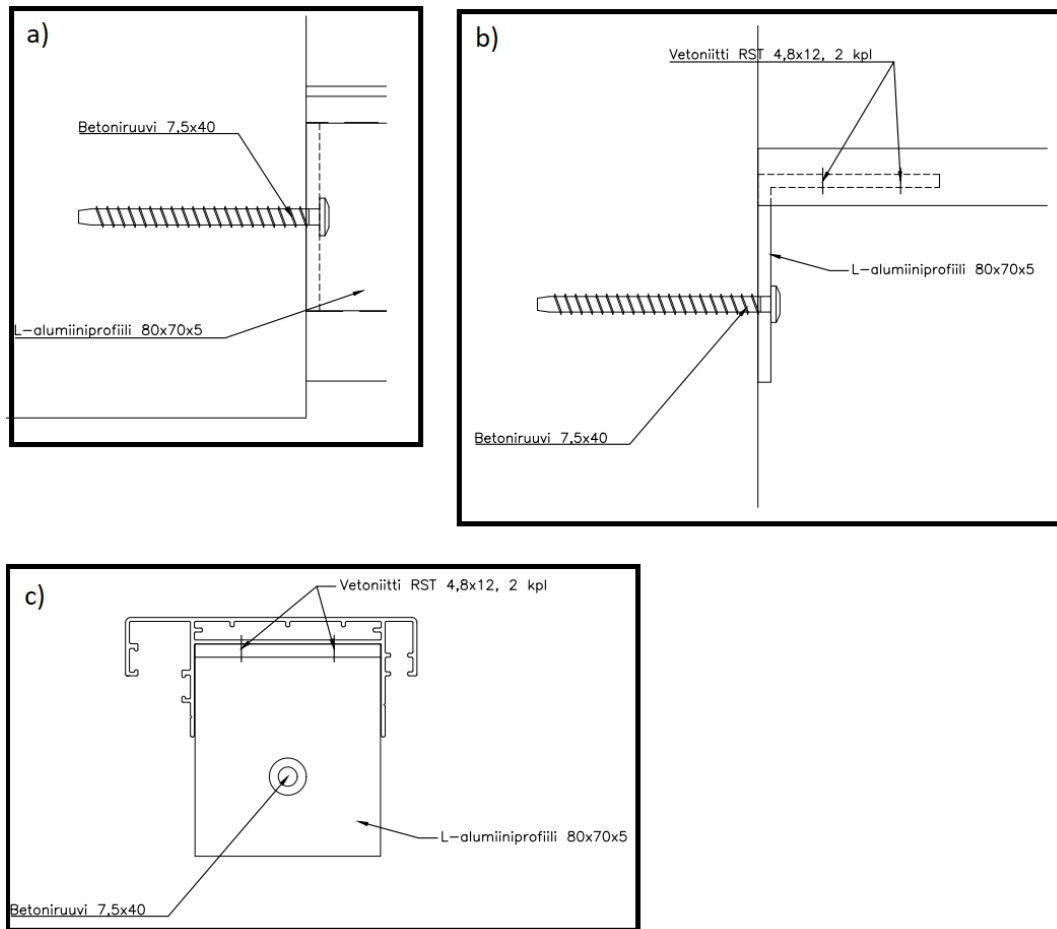
Kuva 1. Tutkittava parvekekaidemalli, vakiomalli 01 [2].

Kaidemaston liitos betoniin on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Kaidemaston liitos parvekelaatan otsaan.

Käsijohde tuetaan päistään tavallisesti pieliseiniin alumiinisen L-profiilin avulla. Profiili kiinnitetään käsijohteeseen kahdella vetoniitillä, ja pieliseinään kiinnitys tapahtuu betoniruuveilla. Seinäliitoksen periaate on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Käsijohteen liitos seinään. Leikkaukset a) yläpuolelta b) etupuolelta c) sivulta

Parvekelasitus on kokonaisuus, joka koostuu käsijohteen kylkeen sisäpuolelle kiinnitettävästä alakiskosta, yläpuolisen betonilaatan alapintaan kiinnitettävästä säätöprofiilista ja yläkiskosta sekä itse parvekelaseista. Parvekelasit koostuvat itse lasista sekä ylä- ja alalistasta. Lasit ovat kahdelta sivulta tuettuja. Alakiskon kiinnitys käsijohteeseen ja yläkiskon kiinnitys säätöprofiiliin tehdään kateruuveilla. Säätöprofiili kiinnitetään yläpuoliseen parvekelaattaan betoniruuveilla.

Parvekekaiteiden kaikki profiilit ovat polttomaalattua alumiinia. Parvekelaseina käytetään 6, 8 tai 10 mm paksua karkaistua lasia. Parvekelasijärjestelmä on yläkantoinen eli parvekelasien paino kohdistuu täysin kiinnikkeiden kautta parvekkeen yläpuoliselle laattalle. Lasitus on alapäästään jousitetusti alaliukukiskon päällä, jolloin rakenteiden eläminen ei vaikuta parvekelasituksen toimimiseen. Parvekelasitukselle on täten myös mahdollista tehdä portaaton korkeussäätöä asennusvaiheessa. Kaiteen kiinnitys tehdään suoraan maston etupuolelta laattaan eli erillisiä hattukiinnikkeitä ei tavallisesti käytetä. Säätötalloilla voidaan tasata betonilaatassa olevat poikkeamat [1, s.2].

Kaidelasit ovat tavallisesti laminoituja 44.2 tai 55.2 laseja. Merkinnöissä kaksi ensimmäistä numeroa ennen pistettä kertovat lasien paksuudet, ja pisteen jälkeinen numero kertoo laminointikalvojen määrän. Yksittäinen laminointikalvo on 0,36 mm paksu eli esimerkiksi laminoituissa 44.2-kaidelasissa on kaksi 4 mm paksuista lasia, ja laminointikalvojen kokonaispaksuus on 0,72 mm [15]. Kalvoja on olemassa erilaisia, ja niillä voidaan hallita myös kaidelasien värimaailmaa. Kalvotyypillä ja kalvojen määrällä on myös suuri vaikutus siihen, kuinka hyvin lasit toimivat yhdessä. Yleinen virheajattelu on, että esimerkiksi 3+3 laminoitu lasi on yhtä kestävä kuin 6 millimetriä paksu yksittäinen lasi. Näin ei kuitenkaan ole, koska laminoituvat lasit eivät käytännössä koskaan toimi täysin yhdessä [16].

Parvekekaiteen ulkonäköön ja lujuuteen vaikuttaa erityisesti kaidemastojen määrä eli niiden tiheys parvekkeella. Kaidemastojen määrän eli mastojaon määrittelee usein vallitsevat tuuliolosuhteet. Joissain tapauksissa kuitenkin mastojakoon vaikuttava tekijä voi olla myös esteettiset seikat, sillä värillisten kaidelasien käyttö on nykypäivänä yleistynyt huomattavasti. Näin ollen arkkitehtisuunnitelmien perusteella voidaan päätyä jopa tiheämpään mastojakoon kuin kaiteen kestävyyskannalta olisi tarve. Tällöin kaide on tietysti aina kalliimpi jo suuremman materiaalimenekinkin vuoksi. Tässä työssä ei oteta ulkonäköseikkoihin kantaa, vaan mastojaon mitoitus tehdään täysin laskennalliselta pohjalta.

Työssä lasketaan kaidemaston ja käsijohteen kestävyyttä Eurokoodi 9 mukaan. Kaide- ja parvekelasien mitoitus on tehty esistandardin prEN 16612 mukaan. Merkittävimpiä kuormia parvekkeelle ovat tuulikuorma ja vaakasuuntainen viivamainen hyötykuorma, ns. nojailukuorma, joka kohdistuu käsijohteelle. Rakenteiden (myös lasin) omat painot ovat laskennan kannalta merkityksettömän pieniä verrattuna tuulikuormien ja hyötykuorman vaikutuksiin, joten niitä ei laskelmissa huomioida. Myös leikkausvoimat ovat profiilien kestävyyskannalta olemattoman pieniä. Kaiteen mitoitus tehdään siis taivutusmomentti-kestävyyden ja taipuman tarkastelun kautta. Tarkasteluissa hyödynnetään tietoa, että alumiini käyttäytyy kimmoisesti, kun jännitykset ovat alle myötörajan.

Parvekekaiteissa yksi tärkeä tarkastelun kohde on liitokset. Tässä työssä kuitenkin liitosolosuhteet kuten laatan paksuus ja parvekelaatan betonin lujuus on valittu sen verran suuriksi, että ne eivät tule kaiteen kannalta mitoittaviksi. Tämä siksi, että voitaisiin puhtaasti keskittyä tutkimaan kaidemaston ja käsijohteen välistä kuormitusten jakoa. Tokikaan aina olosuhteet eivät näin optimaaliset ole, ja sen vuoksi liitostarkastelut on syytä aina tehdä erikseen joka kohteessa.

2.3 Parvekekaiteen alumiiniprofiilien mitoitus

Alumiiniprofiilien mitoituksessa erityisen määräävä tekijä on käytettävä alumiiniseos ja sen ominaisuudet. Eri seoksista tehdyillä profiileilla voi olla liki 100 MPa eroja myötölujuudessa. Toinen tärkeä tekijä on poikkileikkaussuureet. Tässä työssä on hyödynnetty profiilintoimittajan määrittämiä poikkileikkaussuureita ja alumiiniseostietoja. Seosten

perusteella olen määrittänyt materiaalin myötölujuuden EN 1999-1-1 sivun 43 taulukosta [3].

Työssä ei oteta sen tarkemmin kantaa käsijohteen ja kaidemaston poikkileikkausluokkiin yksinkertaistuksen vuoksi. Poikkileikkausluokan määrittäminen esimerkiksi käsijohdeprofiilille olisi erittäin haastavaa sen monimutkaisen ja epäsäännöllisen muodon vuoksi. Molempien profiilien poikkileikkausluokkana käytetään luokkaa 3, jolloin mitoituksissa voidaan käyttää kimmoista taivutusvastusta. Oletus on varmallalla puolella.

Koska kaidemastot ovat sekä ylä- että alapäästään sivusuunnassa jäykistettyjä, voidaan olettaa kaidemastot tuetuksi kiepahdukselta. Vastaavasti mastot tukevat käsijohdetta kiepahduksen vaikutuksilta. Mitoituksessa ei siis kummankaan kohdalla oteta huomioon kiepahdusta.

Koska kaidemasto toimii alapäästään momenttijäykkänä rakenteena, kohdistuu suurimmat rasitukset juuri liitoksen kohdalle. Juuri tässä liitoskohdassa profiilin taivutusvastus on pienimmillään, sillä liitosta varten maston läpi porataan tehtaalla kaksi reikää. Tämä on esitetty tarkemmin liitteessä A. Laskuissa käytetään nettopoikkileikkauksen taivutusvastusta eli taivutusvastuksesta on vähennetty reikien osuus. Myös tämä on esitetty liitteen A laskuissa.

Nettopoikkileikkauksen taivutuskestävyyden mitoitusarvo $M_{u,Rd}$ lasketaan kaavalla:

$$M_{u,Rd} = \frac{W_{net}f_u}{\gamma_{M2}}, \quad (1)$$

jossa W_{net} on nettopoikkileikkauksen taivutusvastus, f_u käytettävän alumiiniseoksen vetomurtolujuuden ominaisarvo ja γ_{M2} materiaaliosavarmuuskerroin [3].

Käsijohteen taivutuskestävyyden laskemiseen ei taivutusvastusta tarvitse vähentää, jolloin voidaan käyttää suoraan profiilintoimittajan määrittämää taivutusvastusta.

Ehjän poikkileikkauksen taivutuskestävyys M_{Rd} lasketaan kaavalla:

$$M_{Rd} = \frac{W_{el}f_0}{\gamma_{M1}}, \quad (2)$$

jossa W_{el} on ehjän poikkileikkauksen taivutusvastus, f_0 käytettävän alumiiniseoksen 0,2%:n myötörajan ominaisarvo ja γ_{M1} materiaaliosavarmuuskerroin [3].

Alumiinille $\gamma_{M1} = 1,10$ ja $\gamma_{M2} = 1,25$. Työssä käytettävät alumiiniseokset ovat 6005A T6 (kaidemasto), jolle $f_0 = 215 \text{ MPa}$ ja $f_u = 255 \text{ MPa}$ sekä 6060 T6 (käsijohde), jolle $f_0 = 140 \text{ MPa}$ ja $f_u = 170 \text{ MPa}$. Alumiinin kimmokerroin on $E=70\,000 \text{ MPa}$ [3].

Kaidemaston taivutusmomenttikestävyys on $M_{Rd,masto} = 2,38 \text{ kNm}$ ja neliömomentti $I_{masto,net} = 40,76 \text{ cm}^4$. Tarkemmat laskelmat on esitetty liitteessä A.

Valmistajan ilmoittamat taivutusvastus ja neliömomentti käsijohdekokonaisuudelle ovat $W_{käsijohde} = 17,86 \text{ cm}^3$ ja $I_{käsijohde} = 108,44 \text{ cm}^4$. Käsijohteen taivutuskestävyys on kaavalla 2 laskettuna $M_{Rd,käsijohde} = 2,27 \text{ kNm}$.

Etenkin käsijohteella mitoittavaksi yleensä muodostuu taipuma, sillä käsijohde on tavallisesti koko parvekkeen levyinen. Parvekkeen leveyden ollessa yli 6,3 metriä täytyy käsijohde tehdä kahdesta eri tangosta jatkospalalla.

Käsijohde mallinnetaan yksiaukkoisena vapaasti päistään tuettuna palkkina. Täten sen taivutusmomentin suunnitteluarvo M_{Ed} saadaan laskettua statiikan peruskaavalla:

$$M_{Ed} = \frac{q_{Ed}L^2}{8}, \quad (3)$$

jossa q_{Ed} on kuorman suunnitteluarvo, L jänneväli (parvekkeen leveys) [17].

Käsijohteen taipumamitoituksessa voidaan myös hyödyntää valmiita rakennusstatiikan kaavoja. Taipuman v saa laskettua kaavalla:

$$v = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI}, \quad (4)$$

jossa E on kimmokerroin ja I profiilin poikkileikkauksen neliömomentti [17].

Esistandardissa prEN 16612 lasin taipuman raja-arvoksi on annettu pienempi arvoista $L/65$ tai 50 mm . Raja on kuitenkin varsin suuri, ja tässä työssä käytetäänkin raja-arvona $L/100$, joka on julkisivulasien mitoituksessa varsin tyypillinen raja-arvo. Sitä käytetään raja-arvona myös esimerkiksi saksalaisessa DIN 18008 -standardissa [5]. Laskelmissa sekä kaidemaston että käsijohteen taipumaraja on siis $L/100$.

Kaidemaston taivutusmomenttia ja taipumaa ei saa rakennusstatiikan vakiokaavoista. Täten niille on Excel-laskentaohjelmaa varten johdettu laskentakaavat erikseen kappaleessa 3.2.

2.4 Parveke- ja kaidelasin mitoitus

Halusin ottaa tässä työssä lasimitoituksen esistandardin prEN 16612 mukaan. Kyseisen luonnoksen viimeisin versio on julkaistu vuonna 2016, mutta sitä ei ole vielä hyväksytty yhteiseksi standardiksi ja siihen voi tulla vielä muutoksia ennen voimaan astumista. Odotettavissa kuitenkin on, että se tullaan jossain vaiheessa saamaan läpi, kenties jo lähivuosina [11]. Toisin kuin monissa muissa Suomessa käytetyissä mitoitusohjeissa, esistandardi prEN 16612 antaa laskentaohjeita karkaistun lasin ja laminoidun lasin laskentaan. Esimerkiksi Suomessa edelleen paljon käytetyssä vuonna 1986 julkaistussa RT-38-10316 lasimitoituksessa ei ole karkaistusta lasista tietoaakaan. Lisäksi laskentakaavoissa on vanhat Rakentamismääräyskokoelman mukaiset tuulikuormat käytössä.

Tavallisen tasolasin, ns. floatlasin laskennallinen taivutuslujuus $f_{g,d}$ lasketaan esistandardin prEN 16612 mukaan kaavalla:

$$f_{g,d} = \frac{k_e k_{mod} k_{sp} f_{g,k}}{\gamma_{M,A}}, \quad (5)$$

jossa $f_{g,k}$ on tasolasin taivutuslujuuden ominaisarvo (käytetään $f_{g,k} = 45 \text{ MPa}$), $\gamma_{M,A}$ materiaalin osavarmuusluku, k_{sp} lasin pintaprofiilin huomioiva kerroin, k_{mod} kuormituksen kestosta riippuva kerroin ja k_e tavallisen hehkutetun lasin reunataivutuslujuuden pienennyskerroin [4].

Kun lasi on reunalta tuettu eli reunat eivät rasitu taivutuksessa, käytetään pienennyskerroimen arvona $k_{e=} = 1,0$. Tätä arvoa käytetään laskuissa. Hehkutetulle lasille materiaalin osavarmuusluku on $\gamma_{M,A} = 1,8$.

Lasin pintaprofiilin huomioiva kerroin k_{sp} riippuu lasilaadusta ja pintakäsittelystä. Kerroin määritellään taulukon 1 mukaan.

Taulukko 1. Pintaprofiilin huomioiva kerroin eri lasilaaduille [4].

Lasilaatu ⁽¹⁾	Lasin pintaprofiilin huomioiva kerroin k_{sp}	
	Pintakäsittelemätön ⁽³⁾	Hiekkapuhallettu ⁽³⁾
Floatlasi (tasolasi)	1,0	0,6
Konelasi	1,0	0,6
Emaloitu float- tai konelasi ⁽²⁾	1,0	0,6
Kuviolasi	0,75	0,45
Emaloitu kuviolasi ⁽²⁾	0,75	0,45
Pintahiottu lankalasi	0,75	0,45
Kuvioitu lankalasi	0,6	0,36
Huom!		
(1) Kaikki päällystetyt lasit, maalatut lasit (ei emaloitu lasi), peililasit jne., joissa käytetty lisämateriaali ei vaikuta itse lasin rakenteeseen, voidaan laskennassa käsitellä tavallisina laseina.		

(2) Näitä lasityyppejä ei yleensä ole saatavissa tavallisena hehkutettuna lasina, mutta k_{sp} -kerrointa vaaditaan myös esijännitettyjen lasien kaavoissa.

(3) Haploetsatulla lasilla tulisi käyttää pintakäsittelemättömän lasin arvoa.

Parveke- ja kaidelasit ovat molemmat tyypillisesti pintakäsittelemättömiä floatlaseja. Joissain tapauksissa käytetään myös hiekkapuhallettuja laseja. Kaikki työssä esiintyvät parveke- ja kaidelasit ovat kuitenkin molemmat floatlaseja eli $k_{sp} = 1,0$.

Kuormituksen kestosta riippuva kerroin k_{mod} lasketaan kaavalla:

$$k_{mod} = 0,663t^{-\frac{1}{16}}, \quad (6)$$

jossa t on kuormituksen kesto tunteina. Tavallisille rakennukseen kohdistuville kuormille kertoimen maksimiarvo on $k_{mod} \leq 1$ ja minimiarvo $k_{mod} \geq 0,25$.

Kertoimelle on olemassa valmiiksi laskettuja arvoja taulukossa 2.

Taulukko 2. Kuormituksen kestosta riippuvan kertoimen arvoja eri kuormitusesimerkeille [4].

Kuormitusesimerkki	Kuormituksen kesto	k_{mod}
Tuulen puuskat	5 sekuntia (tai vähemmän)	1,0
Myrsky (yltyvä)	10 minuuttia vastaava ⁽¹⁾	0,74
Henkilökuormat (normaalitilanne)	30 sekuntia ⁽²⁾	0,89
Henkilökuorma (ihmisjoukko)	5 minuuttia ⁽²⁾	0,77
Huoltokuormitus	30 minuuttia	0,69
Lumikuorma	3 viikkoa ⁽³⁾	0,45
Lämpötilavaihteluista johtuvat kuormat eristyslasielementissä	8 tuntia ⁽⁴⁾	0,58

Pysyvä kuorma, oma paino, korkeuseroista johtuvat paine-erot eristysla-sielementissä	Pysyvä (50 vuotta)	0,29
<p>Huom!</p> <p>(1) Kertoimen arvo $k_{mod} = 0,74$ perustuu kumulatiiviseen 10 minuuttia vastaavaan keston, ottaen huomioon useita tunteja kestävä myrskyn vaikutukset. Tuulelle voidaan harkita suuremman kertoimen käyttöä.</p> <p>(2) Kertoimen arvo $k_{mod} = 0,89$ perustuu 30 sekunnin kestoiseen henkilökuormaan. Muita arvoja voi harkinnan mukaan käyttää perustuen henkilökuorman suuruuden ja rakennuksen käyttötarkoituksen arvioon.</p> <p>(3) Kertoimen $k_{mod} = 0,44$ voidaan olettaa edustavan lumikuormaa, jonka kesto on viiden ($k_{mod} = 0,49$) ja kolmen päivän ($k_{mod} = 0,41$) välillä. Kertoimelle voidaan harkita myös muun ilmastoon sopivan arvon käyttöä.</p> <p>(4) Kertoimen $k_{mod} = 0,58$ voidaan olettaa edustavan lämpötilavaihteluista johtuvia kuormia, joiden kesto on 6h ($k_{mod} = 0,59$) ja 12h ($k_{mod} = 0,57$) välillä. Kertoimelle voidaan harkita myös muun ilmastoon sopivan arvon käyttöä.</p>		

Kuormitusyhdistelmätapauksissa voidaan käyttää aina kertoimista suurempaa.

Työssä lasketaan lasille tuulikuormakestävyyttä ja käytetään myrskyä vastaavaa kerrointa $k_{mod} = 0,74$. Tällöin mitoitus on ehdottomasti varmallalla puolella.

Esijännitetyn lasin laskennallinen taivutuslujuus lasketaan kaavalla:

$$f_{g,d} = \frac{k_{mod}k_{sp}f_{g,k}}{\gamma_{M,A}} + \frac{k_v(f_{b,k} - f_{g,k})}{\gamma_{M,v}}, \quad (7)$$

jossa k_{mod} , k_{sp} , $f_{g,k}$ ja $\gamma_{M,A}$ on samat kuin kaavassa 4, k_v on esijännitetyn lasin lujituskerroin, $f_{b,k}$ on esijännitetyn lasin taivutuslujuuden ominaisarvo ja $\gamma_{M,v}$ on materiaali-osavarmuuskerroin pintaesijännitetyille lasille [4].

Esijännitetyn lasin materiaaliosavarmuusluku on $\gamma_{M,v} = 1,2$. Esijännitetyn lasin taivutuslujuuden ominaisarvo saadaan taulukosta 3.

Taulukko 3. Esijännitetyn lasin taivutuslujuuden ominaisarvo lasityypeittäin [4].

Lasityyppi	Esijännitetyn lasin taivutuslujuuden ominaisarvo $f_{b,k}$		
	Lämpökarkaistu turvalasi (EN 12150-1) sekä heat soak -testattu lämpökarkaistu lasi (EN 14179-1)	Lämpölujitettu lasi (EN 1863-1)	Kemiallisesti luji-tettu lasi (EN 12337-1)
Floatlasi (tasolasi) tai konelasi	120 MPa	70 MPa	150 MPa
Kuviolasi	90 MPa	55 MPa	100 MPa
Emaloitu floatlasi tai konelasi	75 MPa	45 MPa	-
Emaloitu kuviolasi	75 MPa	45 MPa	-
Huom! Lämpökarkaistun turvalasin ja heat soak -testatun lämpökarkaistun lasin arvoja voidaan käyttää myös standardien EN 13024-1, EN 14321-1 ja EN 15682-1 mukaisille lasille.			

Parvekkeen parvekelasit ovat lämpökarkaistua lasia eli tässä työssä parvekelaseille käytetään ominaislujuutta $f_{g,k} = 120 \text{ MPa}$.

Esijännitetyn lasin lujituskerroin k_v saadaan taulukosta 4.

Taulukko 4. Lämpökarkaistun lasin lujituskerroin [4].

Valmistusprosessi	Lujituskerroin k_v
Vaakasuuntainen karkaisu (Lasien pitelyyn ei käytetä pihtejä tai muita keinoja)	1,0
Pystysuuntainen karkaisu (Lasien pitelyyn käytetään pihtejä tai muita keinoja)	0,6

Laskelmissa käytetään kerrointa $k_v = 1,0$.

Määritetään seuraavaksi parvekelasien taivutuskestävyyden suunnittelu-arvo. Lasit ovat pintakäsittlemättömiä floatlaseja, jolloin pintaprofiilin huomioiva kerroin on taulukon 1 mukaan $k_{sp} = 1,0$. Kuormituksen kestosta riippuvalle kertoimelle käytetään taulukon 2 arvoa $k_{mod} = 0,74$, joka vastaa siis myrskytilannetta. Karkaistun lasin taivutuslujuuden ominaisarvo on taulukon 3 mukaan $f_{b,k} = 120 \text{ MPa}$. Yrityksen karkaisumenetelmä vastaa taulukon 4 mukaista vaakasuuntaista karkaisua eli esijännitetyn lasin lujituskerroin $k_v = 1,0$.

Karkaistujen parvekelasien taivutuslujuuden suunnittelu-arvo on kaavalla 6 laskettuna

$$f_{g,d} = \frac{0,74 \cdot 1,0 \cdot 45 \text{ MPa}}{1,8} + \frac{1,0 \cdot (120 \text{ MPa} - 45 \text{ MPa})}{1,2} = 81 \text{ MPa}.$$

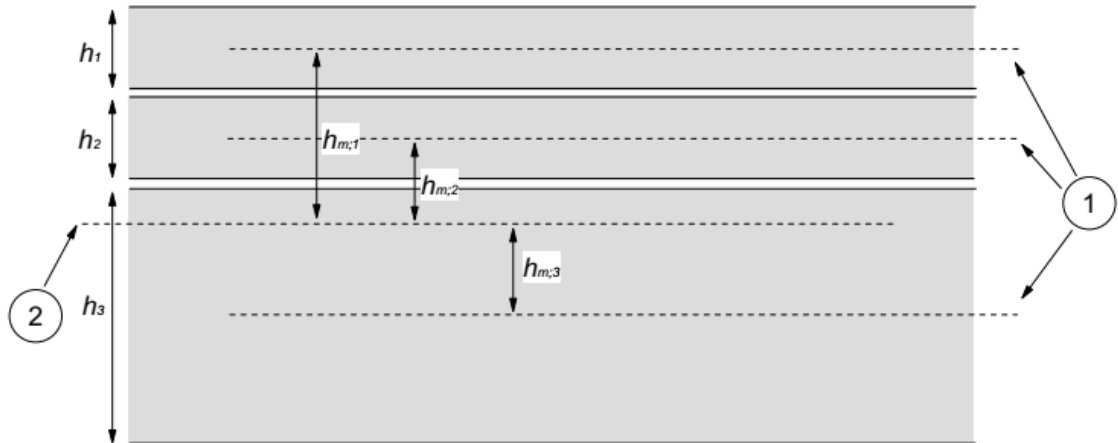
Kaidelasit ovat laminoituja floatlaseja. Niiden taivutuslujuuden suunnittelu-arvo kaavalla 4 laskettuna on $f_{g,d} = \frac{1,0 \cdot 0,74 \cdot 1,0 \cdot 45 \text{ MPa}}{1,8} = 18,5 \text{ MPa}$. Esistandardin prEN mukaan laskettuna karkaistulla lasilla on yli 4-kertainen lujuus tavalliseen tasolasiin verrattuna [4].

Laminoidun lasin teholliselle lasipaksuudelle on laskentaohjeistus esistandardin prEN liitteessä D. Lasin teholliseen paksuuteen vaikuttaa lasipaksuuksien lisäksi laminointikalvojen määrä eli laminointikerroksen paksuus sekä laminointikalvojen luokka.

Taipumalaskennassa käytettävä laminoidun lasin tehollinen paksuus lasketaan kaavalla:

$$h_{ef,w} = \sqrt[3]{\sum_k h_k^3 + 12\omega \sum_i h_k h_{m,k}^2}, \quad (8)$$

jossa ω on kerroin, joka saa arvoja 0 ja 1 välillä. Kerroin riippuu laminointikalvon luokasta ja se kertoo, kuinka hyvin laminointikalvo välittää leikkausvoimia eli kuinka hyvin kaksi laminoitua lasilevyä toimii yhtenäisenä lasina. Kaavassa h_k on yksittäisen lasilevyn paksuus, ja $h_{m,k}$ sekä $h_{m,j}$ ovat yksittäisen lasilevyn keskikohdan etäisyys laminoidun lasilevyn keskikohdasta. Mitat on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Esimerkki laminoidun lasin paksuusmitoista.

Kuvassa numerolla 1 viitataan yksittäisten lasilevyjen keskikohtiin ja numerolla 2 viitataan koko laminoidun lasin keskikohtaan.

Jännityslaskennassa käytettävä laminoidun lasikerroksen j tehollinen paksuus lasketaan kaavalla:

$$h_{ef;\sigma;j} = \sqrt{\frac{(h_{ef;w})^3}{h_j + 2\omega h_{m;j}}}, \quad (9)$$

jossa h_j on yksittäisen lasilevyn paksuus ja $h_{m,j}$ yksittäisen lasilevyn keskikohdan etäisyys laminoidun lasilevyn keskikohdasta [4].

Jokaisella laminointikalvolla on oma leikkauskertoimensa ω erityyppisille kuormitustapauksille. Nämä kuormitustapaukset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Kuormitustapaukset leikkauskertoimen ω määrittämiseen [4].

Kuormitustapaus		Kuormituksen kesto	Laminointikalvon lämpötila-alue ⁽¹⁾
1	Tuulenpuuskat (Välimeren alue)	3 sekuntia	$0\text{ °C} < \theta < 35\text{ °C}$
2	Tuulenpuuskat (muut alueet)	3 sekuntia	$0\text{ °C} < \theta < 20\text{ °C}$
3	Tuulimyrskyt (Välimeren alue)	10 minuuttia	$0\text{ °C} < \theta < 35\text{ °C}$
4	Tuulimyrskyt (muut alueet)	10 minuuttia	$0\text{ °C} < \theta < 20\text{ °C}$
5	Parvekkeen henkilökuormat – normaalikäyttö	30 sekuntia	$0\text{ °C} < \theta < 30\text{ °C}$ ⁽²⁾
6	Parvekkeen henkilökuormat – henkilöruuhka	5 minuuttia	$0\text{ °C} < \theta < 30\text{ °C}$ ⁽²⁾
7	Huoltokuormat	30 minuuttia	$0\text{ °C} < \theta < 40\text{ °C}$
8	Lumikuormat – ulkona olevat katokset ja lämmittämättömien rakennuksien katot	3 viikkoa	$-20\text{ °C} < \theta < 0\text{ °C}$
9	Lumikuormat – lämmitettyjen rakennuksien katot	5 päivää	$-20\text{ °C} < \theta < 20\text{ °C}$
10	Ilmastokuormitukset eristysla-sielementeissä: kesä	6 tuntia	$20\text{ °C} < \theta < 40\text{ °C}$
11	Ilmastokuormitukset eristysla-sielementeissä: talvi	12 tuntia	$-30\text{ °C} < \theta < 20\text{ °C}$
12	Pysyvä kuormitus	50 vuotta	$-20\text{ °C} < \theta < 60\text{ °C}$
<p>HUOM 1! Yllä olevat lämpötila-alueet on valittu ottaen huomioon valtaosa olosuhteista. Tietyissä olosuhteissa muidenkin lämpötila-alueiden käyttöä voidaan harkita, mutta tämä yksinkertaistettu menetelmä ei voi ottaa näitä erikoistapauksia huomioon.</p> <p>HUOM 2! Lämpötila voi nousta parvekkeilla korkeammaksi kuin tämä.</p>			

Leikkauskertoimen arvo määritetään sen mukaan, mihin jäykkyysryhmään kalvo kuuluu. Taulukossa 6 on annettu eri arvoja eri jäykkyysryhmän kalvoille eri kuormitustapauksissa. Mikäli kalvolle ei ole erikseen määritetty jäykkyysryhmää, tulee käyttää luokan Family 0 kerrointa [4].

Taulukko 6. Laminointikalvon leikkauskertoimen arvo eri kuormitustapauksilla eri jäykkyysryhmissä [4].

Kuormitustapaus		Family 0	Family 1	Family 2
1	Tuulenpuuskat (Välimeren alue)	0	?	?
2	Tuulenpuuskat (muut alueet)	0	0,3	0,7
3	Tuulimyrskyt (Välimeren alue)	0	?	?
4	Tuulimyrskyt (muut alueet)	0	?	?
5	Parvekkeen henkilökuormat – normaali-käyttö	0	0,1	0,5
6	Parvekkeen henkilökuormat – henkilöruuhka	0	0	0,3
7	Huoltokuormat	0	0	0,1
8	Lumikuormat – ulkona olevat katokset ja lämmittämättömien rakennuksien katot	0	0,1	0,3
9	Lumikuormat – lämmitettyjen rakennuksien katot	0	0	0,1
10	Ilmastokuormitukset eristyslaselementeissä: kesä	0	?	?
11	Ilmastokuormitukset eristyslaselementeissä: talvi	0	?	?
12	Pysyvä kuormitus	0	0	0

Taulukossa osa arvoista puuttuu, koska kyseessä on vielä esistandardi. Kaidelaseissa käytetyt laminointikalvot kuuluvat Family 1 mukaiseen jäykkyysryhmään, joten laskelmissa käytetään kerrointa $\omega = 0,3$.

Olen tehnyt parveke- ja kaidelaseille erilliset mitoitusaulukot, jotka on esitetty liitteissä C ja D. Taulukon tekemisessä käytetty lasien mitoitusperiaate on esitetty liitteessä B.

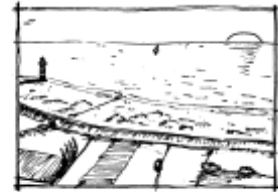
2.5 Parvekekaiteelle kohdistuvat kuormat

Merkittävin kuorma parvekekaiteelle on tuulikuorma. Tuulikuormat määritetään standardin EN 1991-1-4 mukaan. Tuulikuorman suuruus riippuu käytännössä maastoluokasta, rakennuksen harjakorkeudesta (tai tarkasteltavasta korkeudesta mikäli kyseessä korkea rakennus) sekä tässä tapauksessa tarkasteltavan parvekkeen sijainnista rakennuksen suhteen.

Maastoluokka riippuu maantieteellisestä sijainnista ja maastosta, ja sen määrittää rakennesuunnittelija. Eri maastoluokat ja niiden kuvaukset on esitetty kuvassa 5.

Maastoluokka 0

Meri, avoimen meren äärellä oleva rannikkoalue



Maastoluokka I

Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä



Maastoluokka II

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



Maastoluokka III

Alue, jolla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä esteitä, jotka ovat esteen 20-kertaista korkeutta lähempänä toisiaan (kuten kylät, esikaupunkialueet, pysyvä metsä)



Maastoluokka IV

Alue, jolla vähintään 15 % alasta on rakennusten peitossa ja joiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m



Kuva 5. Maastoluokat ja niiden kuvaukset [7]

Ulkopintoihin vaikuttava tuulenpaine w_e lasketaan kaavalla:

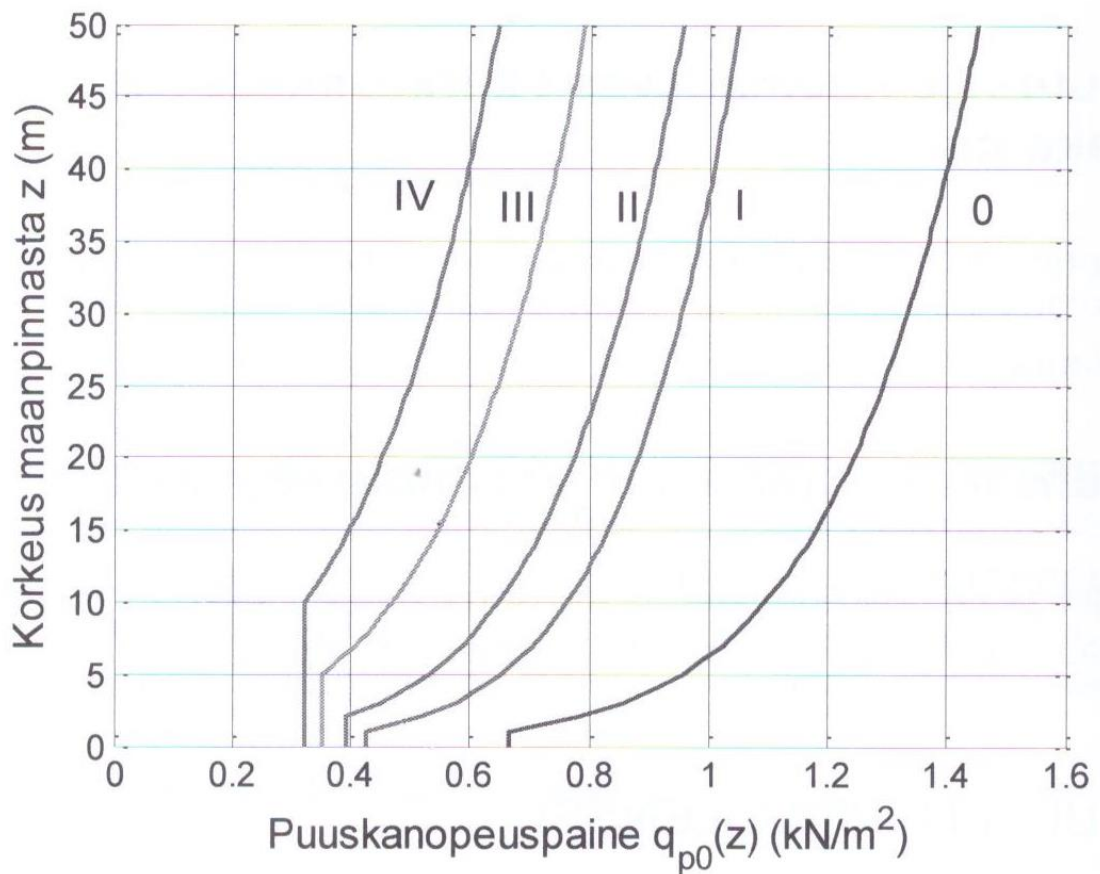
$$w_e = q_p(z_e)c_{pe}, \quad (10)$$

jossa $q_p(z_e)$ on puuskanopeuspaine, z_e ulkoisen paineen nopeuspainekorkeus ja c_{pe} ulkoisen paineen painekerroin.

Vastaavasti sisäpintoihin vaikuttava tuulenpaine w_i lasketaan kaavalla:

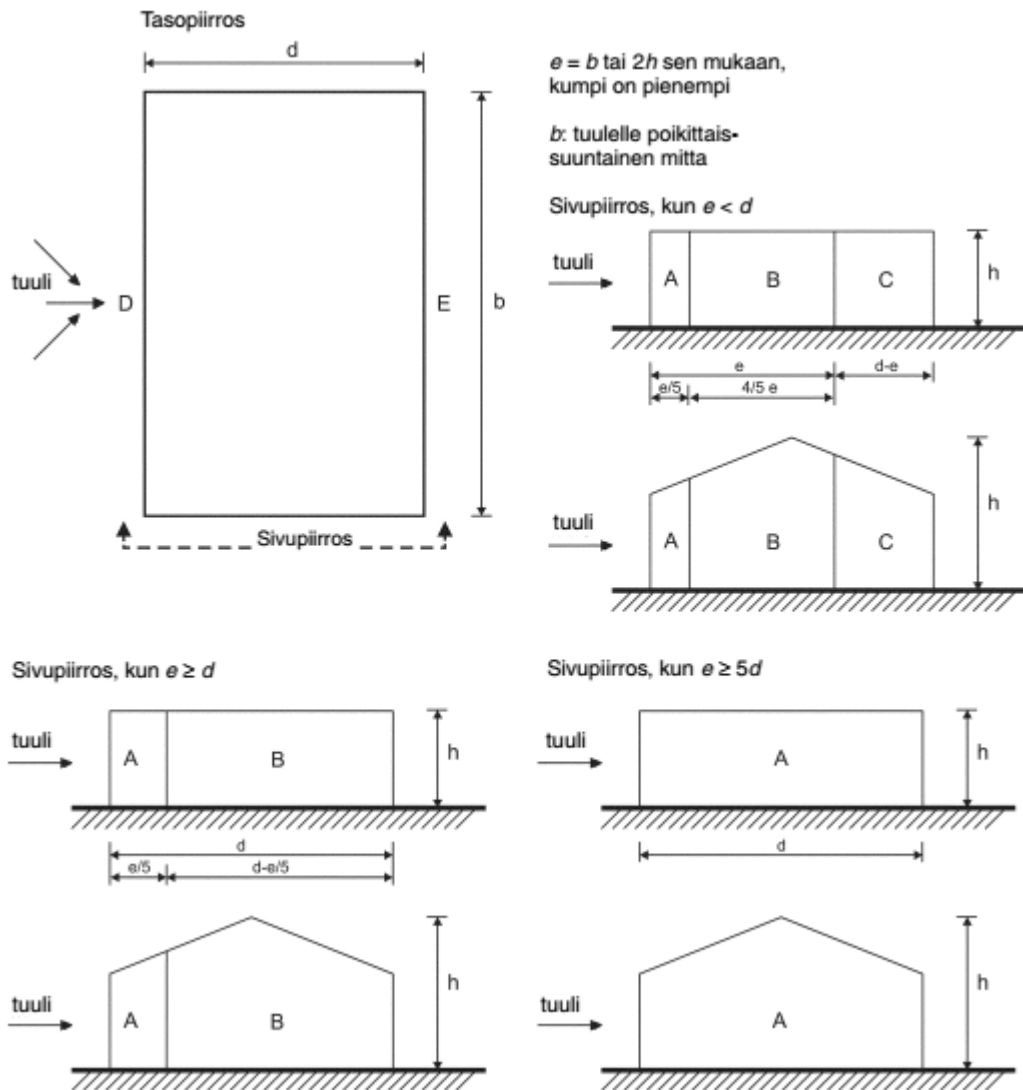
$$w_i = q_p(z_i)c_{pi}, \quad (11)$$

jossa $q_p(z_i)$ on puuskanopeuspaine, z_i sisäisen paineen nopeuspainekorkeus ja c_{pi} sisäisen paineen painekerroin [7]. Puuskanopeuspaine voidaan määrittää yksinkertaisesti kuvaajien avulla kuvasta 6.



Kuva 6. Puuskanopeuspaine eli nopeuspainekorkeuksilla [14].

Ulkopuolisen paineen painekerroin riippuu tarkasteltavan rakennusosan sijainnista. Tuulen suunnasta riippuen rakennuksen seinät jaetaan kuvan 7 mukaisiin vyöhykkeisiin.



Kuva 7. Pystyseiniä koskeva vyöhykekaavio [7].

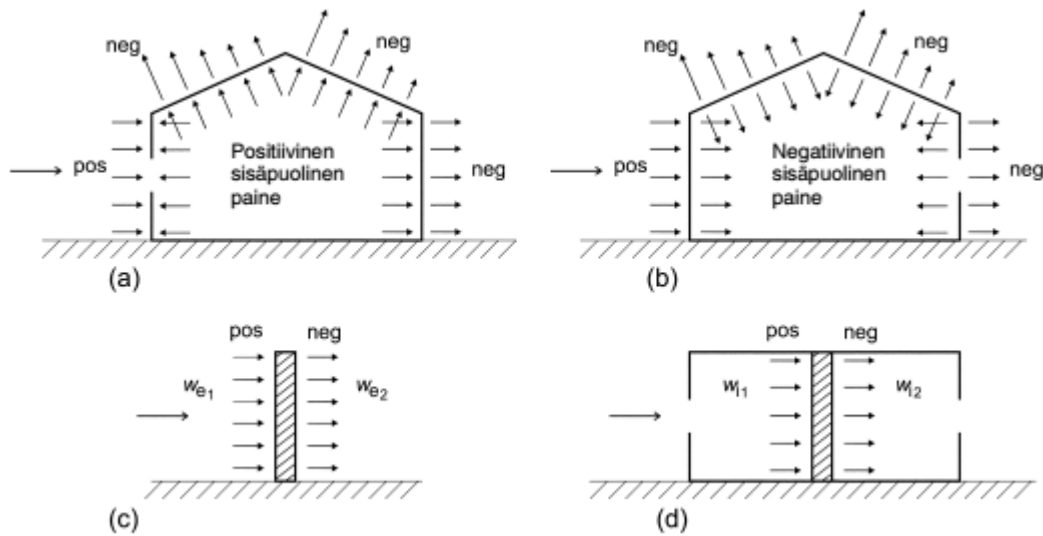
Vyöhykkeitä vastaavien ulkoisten paineen painekertoimien suositusarvot ovat taulukossa 7. Arvot on jaettu kahteen osaan. Tutkittavan kuormitusalan ollessa 10 m^2 käytetään kerrointa $c_{pe,10}$ ja kuormitusalan ollessa 1 m^2 käytetään kerrointa $c_{pe,1}$. Väliarvot voidaan interpoloida lineaarisesti. [7]

Taulukko 7. Ulkopuolisen paineen painekertoimet pohjaltaan suorakulmaisen rakennuksen pystyseinille [7].

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

Parvekekaiteissa rakennetta tutkitaan noin $1,5 \times 3 \text{ m}$ kokoisina kaistoina, jossa kaidemas-tojen välinen etäisyys on korkeintaan $1,5 \text{ m}$ ja koko parvekekaidesysteemin korkeus on korkeintaan 3 m . Tällöin tutkittava alue on pinta-alaltaan $1,5 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 4,5 \text{ m}^2$. Tämän työn laskelmissa lasketaan kuormituksia tapauksessa, jossa parveke on nurkka-alueella. Tällöin käytetään vyöhykkeen A arvoja, jolloin tuulikuorma on itseisarvoltaan kaikkein suurimmillaan ja kaiteen kestävyuden kannalta haitallisin. Tutkittavan alueen pinta-alan ollessa $4,5 \text{ m}^2$ lineaarisella interpoloinnilla saadaan ulkoisen paineen painekertoimeksi $c_{pe} = -1,31$.

Rakenteen pintaa kohti suuntautuva paine on aina positiivista ja pinnasta poispäin suuntautuva paine negatiivista. Tämä on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Pintoihin vaikuttavat paineet. [7]

Sisäpuolisen paineen kerroin c_{pi} riippuu rakennuksen vaipassa olevien aukkojen koosta ja jakaumasta. Tätä on monesti hankala määrittää, koska jokaisessa rakennuksessa se on erilainen. Tuulikuormien määrittämiseen menisi kohtuuttoman paljon aikaa parvekekai- teiden suunnittelussa. On siis syytä käyttää yksinkertaistusta.

Lähes neliömäisille rakennuksille, joiden aukkosuhdetta ei voida tarkkaan arvioida, käytetään sisäpuolisen paineen kertoimelle arvoja $c_{pi} = -0,3$ ja $c_{pi} = +0,2$. Arvo valitaan aina sen mukaan, kummalla saadaan rakenteen kannalta epäedullisempi tilanne, eli men- nään ns. worst case -periaatteella [7].

Työssä tarkastellaan tuulikuorman suhteen tapausta, jossa kaiteeseen kohdistuu nurkka- alueen imu. Ulkopuolisen imukuorman kanssa pahempi tilanne on se, jossa sisäpuolinen paine on positiivinen eli työssä käytetään sisäpuolisena paineena arvoa $c_{pi} = +0,2$.

Sisäisten ja ulkoisten paineiden katsotaan vaikuttavan samanaikaisesti. Näin ollen par- vekkeen tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,k}$ lasketaan sisäisen ja ulkoisen tuulenpaineen ero- tuksena:

$$q_{w,k} = w_e - w_i \quad (12)$$

Tällöin tuulikuorman ominaisarvon etumerkki kertoo, kumpaan suuntaan nettopaine vaikuttaa. Jos arvo on positiivinen, kohdistuu rakenteeseen tuulen paine ja jos negatiivinen, kohdistuu rakenteeseen tuulen imu [7].

Työssä käytetään puuskanopeuspaineen arvon $q_{p0} = 0,67 \text{ kN/m}^2$, joka kuvan 6 mukaan vastaa 3-maastoluokassa noin 27 m korkeutta maan pinnasta. Ulkopintoihin vaikuttava tuulen imu on kaavalla 9 laskettuna $w_e = 0,67 \text{ kN/m}^2 \cdot (-1,31) = -0,88 \text{ kN/m}^2$ ja sisäpintoihin vaikuttava tuulenpaine on kaavalla 10 laskettuna $w_i = 0,67 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,2 = 0,13 \text{ kN/m}^2$. Nyt sisä- ja ulkopuolinen tuulenpaine vaikuttavat samaan suuntaan, parvekekaiteesta katsottuna ulospäin. Tuulikuorman ominaisarvo on kaavalla 12 laskettuna $q_{w,k} = -0,88 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} - 0,13 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = -1,01 \text{ kN/m}^2$. Tämä on siis imukuorma ja kohdistuu kaidemastosta ulospäin.

Toinen parvekekaiteiden kannalta merkittävä kuorma on vaakasuuntainen hyötykuorma, jolla laskennallisesti mallinnetaan tilannetta, jossa ihminen nojaa parvekekaiteen käsijohteeseen. Eurokoodissa 1 on määritetty, että asuintiloissa eli luokassa A vaakahyötykuorma q_k voidaan valita väliltä 0,2 kN/m...1,0 kN/m. Kuorma vaikuttaa kaiteen korkeudella, kuitenkin enintään 1,20 m korkeudella [8]. Parvekekaiteiden mitoituksessa kuorma kohdistuu aina käsijohteelle.

Kansallisessa liitteessä on määritetty, että luokissa A (asuintilat) ja B (toimistot) vaakakuormana käytetään $q_k = 0,5 \text{ kN/m}$ [9]. Työssä käsitellään pelkästään asuintiloja eli käytetään tätä vaakakuormaa.

2.6 Kuormitusyhdistely

Opinnäytetyössä tarkastellaan murtorajatilan ja käyttörajatilän kuormituksia. Murtorajatilassa tutkitaan taivutusrasituksia, ja käyttörajatilassa tutkitaan parvekekaiteen taipumia.

Kun rakenteelle kohdistuu useita eri kuormia samanaikaisesti, käytetään kuormille yhdistelykertoimia. Eri kuormitustilanteista tehdään kuormitusyhdistelmiä. Kullekin kuormatyypille on olemassa omat yhdistelykertoimensa ψ_0 , ψ_1 ja ψ_2 .

Kertoimille määritellään arvo taulukon 8 mukaan.

Taulukko 8. Kertoimien ψ suositusarvot eri kuormituksille [10].

Kuorma	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Hyötykuorma rakennuksissa, luokka (EN 1991-1-1)			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,6
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1,0	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino $\leq 30 \text{ kN}$	0,7	0,7	0,6
Luokka G: liikennöitävät tilat, $30 \text{ kN} < \text{ajoneuvon paino} \leq 160 \text{ kN}$	0,7	0,5	0,3
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Rakennusten lumikuormat (EN 1991-1-3)			
Suomi, Islanti, Norja, Ruotsi	0,7	0,5	0,2
Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H > 1000 \text{ m}$ merenpinnan yläpuolella	0,7	0,5	0,2
Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H \leq 1000 \text{ m}$ merenpinnan yläpuolella	0,5	0,2	0
Rakennusten tuulikuormat (EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa, EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
Huom! Kertoimien ψ arvot voidaan määrittellä kansallisessa liitteessä			
*) Mikäli maata ei ole mainittu, kyseiset paikalliset olosuhteet selvitetään erikseen.			

Murtorajatilamitoituksessa täytyy huomioida eri seuraamusluokista tuleva kuormakerroin K_{FI} . Kerrointa ei käytetä käyttörajatilatarkisteluissa. Kerroin määritetään taulukosta 9.

Taulukko 9. Kuormakertoimet eri seuraamusluokissa [10].

Kuormakerroin K_{FI}	Seuraamusluokka
1,1	CC3
1,0	CC2
0,9	CC1

Tässä työssä tarkastellaan seuraamusluokan CC2 rakennuksia, jolloin $K_{FI} = 1,0$.

Rakenteen tai rakenneosien kestävyyttä tai geoteknistä kantavuutta laskettaessa kuormitusyhdistelmä on:

$$\left. \begin{matrix} 1,15K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}, \quad (13)$$

mutta kuitenkin vähintään

$$\left. \begin{matrix} 1,35K_{FI} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j}. \quad (14)$$

Kaavoissa $G_{k,j}$ on pysyvät kuormat, $Q_{k,1}$ määräävä muuttuva kuorma, $Q_{k,i}$ muut muuttuvat kuormat, ψ taulukon 8 mukainen yhdistelykerroin ja P esijännitysvoima. Kaavassa kerrointa 0,9 käytetään pysyville kuormille silloin, kun kyseessä on edullinen vaikutus [10].

Koska parvekekaiteilla rakenteiden ja lasien omat painot ovat merkityksettömän pieniä ja esijännitysvoimia ja edullisia kuormitusvaikutuksia ei ole, sievenee kuormitusyhdistelmä yksinkertaisempaan muotoon:

$$1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}. \quad (15)$$

Koska tuulikuorman aiheuttamat rasitukset ovat tässä työssä tarkasteltavilla parvekekai-teilla aina vaakahyötykuormaa suurempia, on tuulikuorma määräävä muuttuva kuorma. Tällöin vaakahyötykuorma kerrotaan yhdistelykertoimella ψ_0 , joka luokan A tiloissa on taulukon 8 mukaan $\psi_0 = 0,7$. Näin ollen parvekekaiteen tuulikuormalle käytetään siis osavarmuuskerrointa $1,5 \cdot 1,0 = 1,5$ ja vaakahyötykuormalle osavarmuuskerrointa $1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,05$.

Tutkittavien parvekekaiteiden murtorajatilan kuormitusyhdistely on sievennettyä muotoa

$$1,5Q_{k,tuulikuorma} + 1,05Q_{k,kaidekuorma} \quad (16)$$

Koska kaiteen taipuminen voi aiheuttaa vaurioita liittyville rakenteille (lasi, ympäröivät betonirakenteet), käytetään käyttörajatilamitoituksessa ominaisyhdistelmää [10]:

$$G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (17)$$

Tuulikuorma on määräävä, vaakahyötykuormalle $\psi_0 = 0,7$ ja omat painot ovat merkityksettömän pieniä. Tällöin tutkittavien parvekekaiteiden käyttörajatilalan kuormitusyhdistely on siis sievennettyä muotoa

$$Q_{k,tuulikuorma} + 0,7Q_{k,kaidekuorma} \quad (18)$$

2.7 Laatta- ja pieliseinäliitosten kestävyys

Kaidemaston laattakiinnityksessä säätötallalle aiheutuu kuormista puristusta ja ankkurille vetoa. Parvekkeen mitoituksessa on aina tarkistettava, että ankkurin vetokapasiteetti sekä betonin puristuskapasiteetti riittävät. Kaiteen liitos otsaan esitettiin kuvassa 2.

Ankkurin vetokapasiteetin määrittelyssä käytetään Hiltin omaa PROFIS Anchor -laskentaohjelmaa, joka laskee ankkurointia ETA-hyväksytyllä menetelmällä. Laskentaohjelmalle annetaan lähtötietoina ankkurin ja injektointimassan tyyppi, ankkurien määrä ja sijoittuminen, betonin lujuusluokka, kiinnitettävä profiili ja pohjalevy sekä kuormat. Ohjelma antaa välittömästi palautteen liitoksen käyttöasteesta. Ohjelmasta saa tulostettua ulos laskentatulokset.

Betonin puristuslujuus määritetään standardin SFS-EN 1992-1-1 mukaan. Betonin puristuslujuuden ominaisarvon kertoo betonin lujuusluokka. Tässä työssä tarkastelun kohteena olevan parvekelaatan ja pieliseinän betoni on lujuusluokan C35/45 betonia. Tällöin sen lieriölujuus on $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$. Merkinnässä 45 tarkoittaa 45MPa:n kuutiopuristuslujuutta, jota on ennen käytetty Suomessakin. Kyseinen betoni vastaa siis vanhoilla merkinnöillä K45 betonia. [12]. Parvekkeissa voidaan käyttää myös heikompaa betonia. Esimerkiksi vanhemmissa rakennuksissa voi parvekelaatan betonin lujuus olla C20/25. Kaiteen otsaliitoksen kestävyys on tarkistettava ankkuroinnin vetolujuuden ja betonin puristuslujuuden osalta aina joka tilanteessa erikseen. Liitteessä F on Hiltin Profis -ohjelmasta tulostettu laskenta käyttäen yllä olevaa betonin lujuusluokkaa sekä kappaleen 3.1 mittatietoja.

Betonin puristuslujuuden suunnitteluarvo lasketaan kaavalla

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}, \quad (19)$$

jossa $\gamma_c = 1,5$ on betonin osavarmuusluku, f_{ck} betonin puristuslujuuden ominaisarvo ja α_{cc} kerroin, jonka avulla otetaan huomioon puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamisesta aiheutuvat epäedulliset tekijät [12].

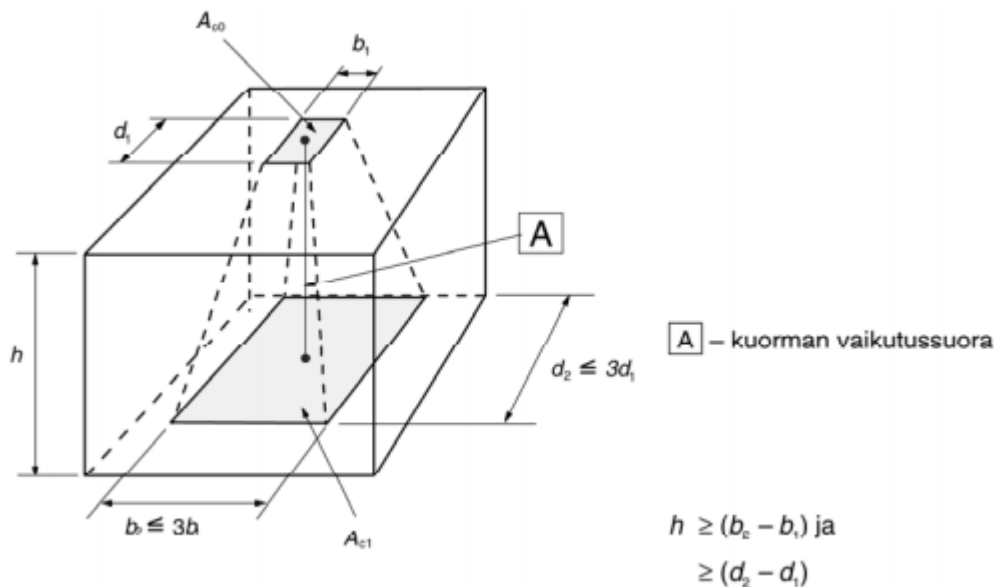
Suomen kansallisessa liitteessä on määritetty $\alpha_{cc} = 0,85$ [13]. Betonin C35/45 puristuslujuuden suunnitteluarvo on kaavalla 18 laskettuna $f_{cd} = 19,83 \text{ MPa}$.

Säätötallan kohdalla betonille kohdistuu paikallinen puristus. Säätötallan vastalevy parvekelaatan otsassa on halkaisijaltaan 40 mm. Kuorma jakautuu säätötallan kautta tasaisesti betonilaatan otsalle, jolloin puristusala $A_{c0} = \pi \cdot (20 \text{ mm})^2 = 1256,63 \text{ mm}^2$. Pistekuormakestävyys voidaan määrittää kaavalla

$$F_{Rdu} = A_{c0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} \leq 3,0 \cdot f_{cd} \cdot A_{c0}, \quad (20)$$

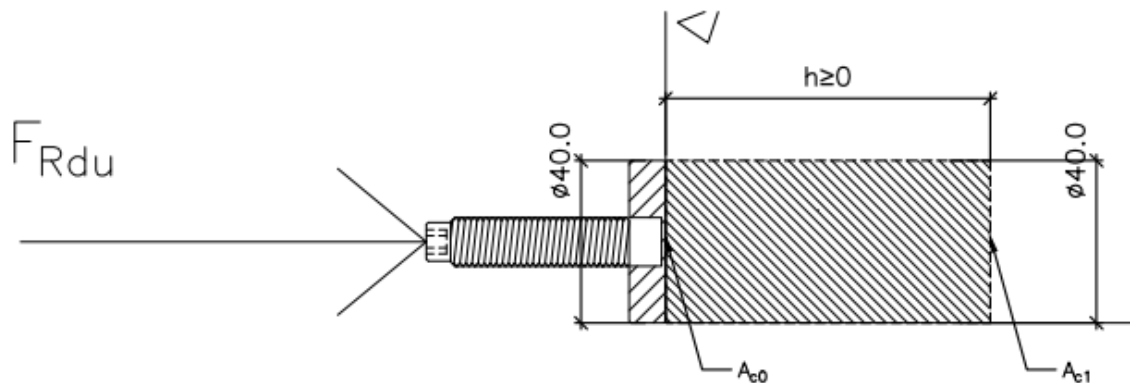
jossa A_{c0} on kuormitusalue ja A_{c1} on suurin mitoituksessa käytettävä jakautumisalue, joka on samanmuotoinen kuin A_{c0} [13].

Puristuksen mitoitusalueiden jakautuminen on esitetty kuvassa 9. Kuorman vaikutussuora kulkee molempien kuormitusalueiden keskipisteiden kautta.



Kuva 9. Paikallisen puristuksen mitoitusalueiden jakautuminen [12].

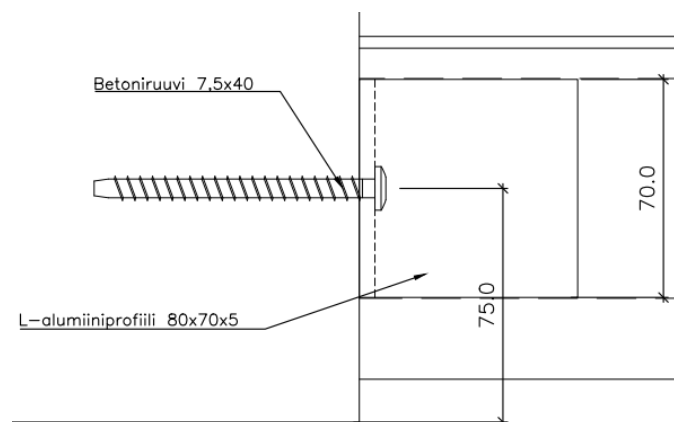
Säätötallalle kohdistuvan puristusjännityksen jakautuminen on kuvassa 10.



Kuva 10. Säätötallan puristusjännityksen jakautuminen.

Nyt tutkittavassa kaiderakenteessa säätötallan keskiöetäisyys betonilaatan reunasta on 20 mm, jolloin kuormitusalueet ovat yhtä suuret eli Koska säätötalla on aivan laatan alareunassa, eivät jännitykset pääse jakautumaan alaspäin suuremmalle alueelle siten, että alueiden c_0 ja c_1 keskipisteet olisivat samalla vaikutussuoralla. Näin ollen $A_{c0} = A_{c1}$ eli pistevoimakestävyys lasketaan käytännössä puristuslujuuden ja puristusalan tulona eli kaavalla 19 laskettuna $F_{Rdu} = 1256,63 \text{ mm}^2 \cdot 19,83 \text{ MPa} \cdot 1 = 24,92 \text{ kN}$. Käytettäessä pistevoimakestävyyden arvona puristuslujuuden ja puristusalan tuloa ollaan joka tapauksessa aina varmallalla puolella mitoituksessa.

Seinäliitoksessa tarkistetaan betoniruuvien leikkauskestävyys pieliseinäkiinnityksessä. Tarkistus tehdään Hecon omalla laskentaohjelmalla, joka laskee ETA-hyväksytyllä menetelmällä betoniruuviliitosten lujuuksia. Ohjelmaan määritetään betonin tiedot, pohjalevyn (L-kulman seinänpuoleisen osan) pohjamitat ja kuormat. Tämän jälkeen ohjelma antaa palautteen liitoksen kestävydestä. Hecon anchor design -ohjelmalla tehty laskelma on esitetty liitteessä G käyttäen kuvan 11 mittoja. Alumiinisen L-profiilin reunapuristuskestävyys ei tässä tule mitoittavaksi tekijäksi, joten sen tarkastelua ei ole erikseen esitetty.



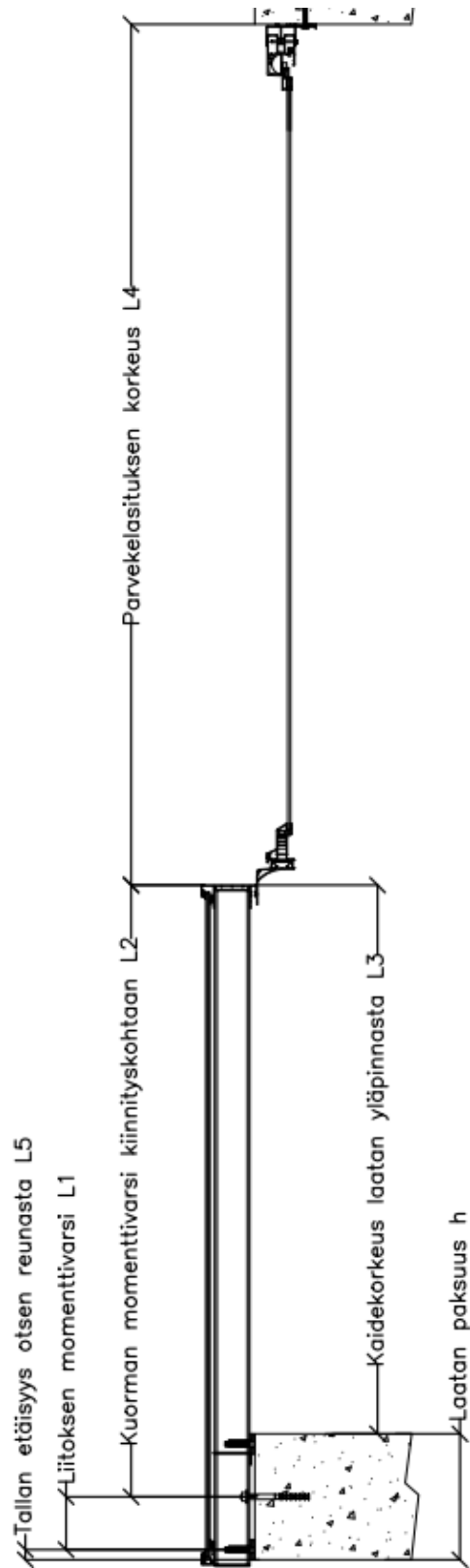
Kuva 11. Seinäliitoksen leikkauskuva ylhäältä päin mittoineen.

Niin kuin kaiteen otsaliitoksissa, myös seinäliitoksissa on tehtävä kiinnitystarkastelu joka kerta erikseen. Nämä laskennat pätevät vain tapauksille, joissa betonin lujuusluokka on C35/45.

3. RAKENNEMALLIT JA NIIDEN TUTKIMISPERIAATE

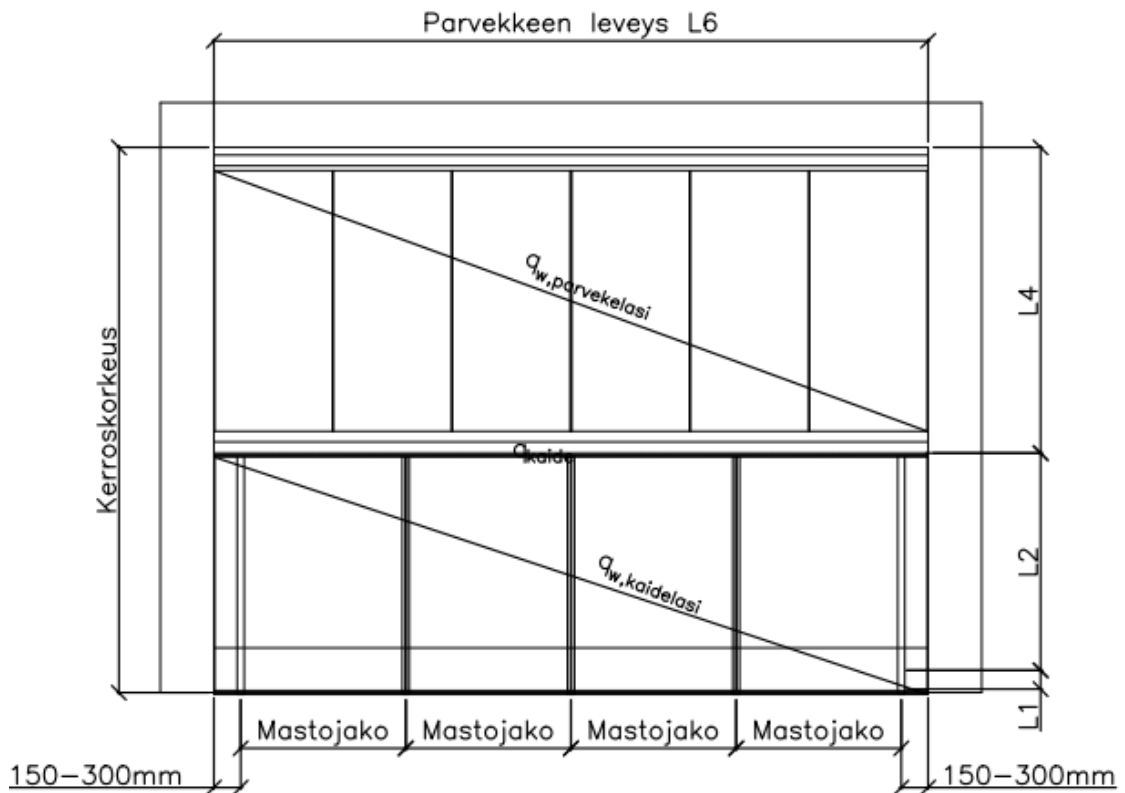
3.1 Tutkittavat rakennemallit

Diplomityössä tarkastellaan parvekekaidetta kolmella eli rakennemalliajattelulla. Ensimmäisessä ajattelumallissa pelkästään kaidemastot toimivat kantavana rakenteena ja toisessa ajattelumallissa pelkkä käsijohde toimii kantavana rakenteena. Kolmannessa mallissa sekä kaidemasto että käsijohde kantavat kuormia. Pieliseinän ja parvekelaatan betonin lujuusluokka on valittu niin suureksi, että liitokset eivät tämän työn laskelmissa tule mitoittaviksi. Todellisuudessa betonin ollessa heikkoa voi myös liitos olla mitoittava tekijä parvekekaiteella. Tämä on varsin yleistä saneerauskohteissa, joissa betonin lujuusluokka on usein hyvinkin alhainen. Kuvissa 12 ja 13 on esitetty parvekekaide mittoineen sivultapäin ja edestäpäin katsottuna. Kuvassa 13 on näytetty myös parvekkeelle kohdistuvat kuormat.



Kuva 12. Parvekkeen sivuleikkaus mittoineen.

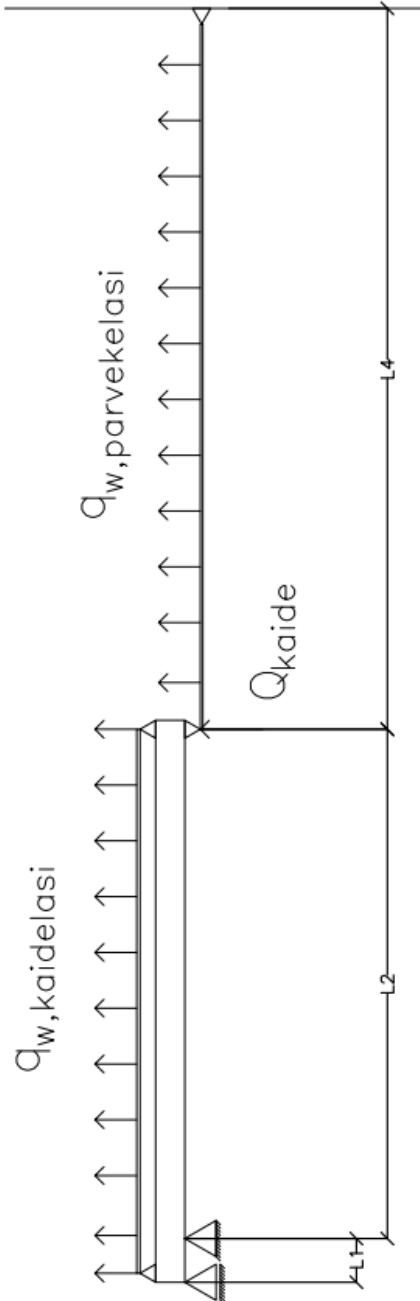
Kuvassa 13 mitta L6 on parvekkeen leveys ja mitat L1, L2 ja L4 on kerrottu kuvassa. Tavallisesti kaiteissa reunimmaisiet mastot ovat noin 150-300 mm etäisyydellä käsijoh-teen päistä ja loput mastot ovat tasajaolla.



Kuva 13. Parvekekaiteen naamakuva ja kuormat.

Tutkittavan rakennuksen kerroskorkeus on 3 m, jossa parvekelaatan paksuus on $h = 250$ mm, kaideosan korkeus laatan yläpinnasta $L3 = 1200$ mm ja parvekelasituksen korkeus $L4 = 1550$ mm. Nämä mitat ovat varsin tyypillisiä suomalaisissa kerrostaloissa. Tarkasteltavia parvekkeita on neljä eri mittaista ja kaikkia tarkastellaan näiden kolmen eri rakennemallin kautta. Kiinnostuksen kohteena on profiilien taipuma, käyttöaste sekä kaide- mastojen välinen maksimietäisyys. Laskennassa käytettävä tuulikuorman ominaisarvo on itseisarvoltaan kappaleessa 2.5 määritetty $q_{w,k} = -1,01 \text{ kN/m}^2$ (imukuorma). Oletuk- sena on, että parveke on asuinhuoneiston parveke eli käytettävä vaakasuuntainen viiva- kuorma on $q_{k,kaide} = 0,5 \text{ kN/m}$. Mitoittava aikaluokka on hetkellinen ja tuulikuorma on määräävä muuttuva kuorma, kuten kohdassa 2.6 on mainittu.

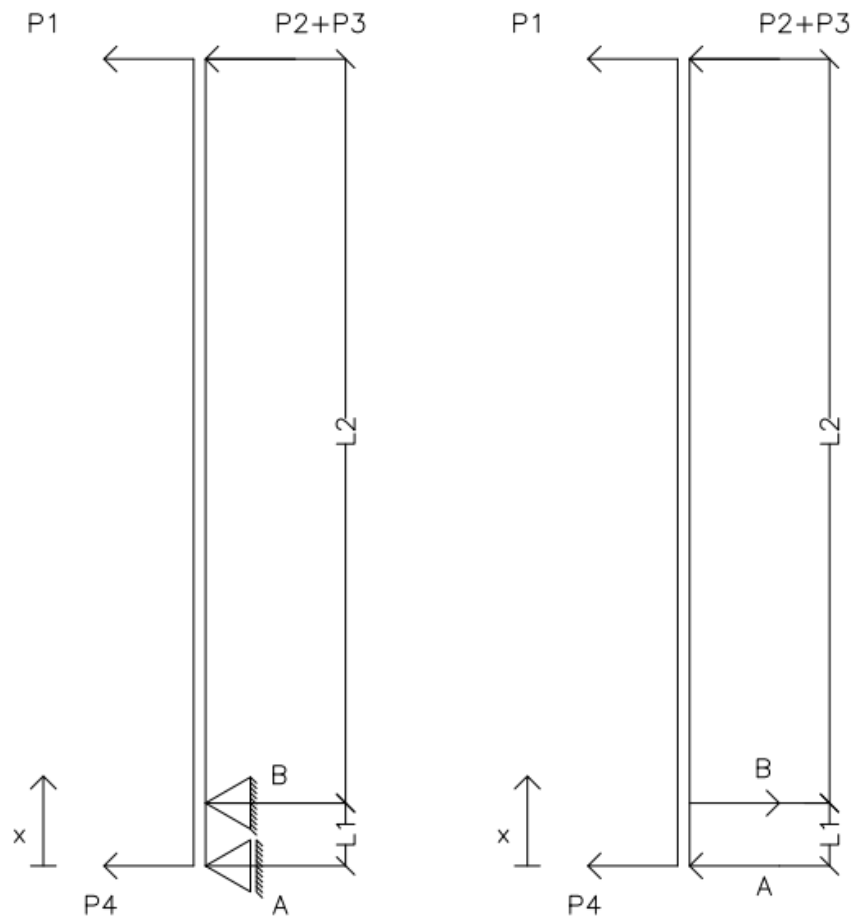
Kuvassa 14 on esitetty parvekesysteemi staattisena mallina. Viivakuorma $q_{w,kaidelasi}$ on kaidelasin tuulikuorma, $q_{w,parvekelasi}$ parvekelasin tuulikuorma ja Q_{kaide} mastolle kohdistuva vaakahyötykuorma (pistevoima). Kaide- ja parvekelasit mallinnetaan vapaasti tuettuina yksiaukkoisina palkkirakenteina.



Kuva 14. Parvekekaiderakenne kokonaisuutena, staattinen malli maston kohdalta.

3.2 Rakennemalli 1

Ensimmäinen rakennemalli on hyvinkin perinteinen parvekekaiteiden mitoituksessa. Kaidemastot kantavat kuormat ja käsijohteen ajatellaan toimivan vain kuormia välittävänä rakenteena. Käsijohte siis välittää parvekelasin tuulikuorman sekä vaakasuuntaisen hyötykuorman kaidemastoille. Käsijohteen tulee siis olla tarpeeksi kestävä, jotta jännävälillä olevassa mastojaon suuruinen sen rasitukset eivät ylitä myötörajaa, kun kuormana on kaide- ja parvekelasin tuulikuormat sekä vaakahyötykuorma. Kuten myöhemmin luvun 4.1 nähdään, ei käsijohteen kestävyys tule koskaan mitoittavaksi rakennemallissa 1. Kaidemastot ovat alapäästään momenttijäykästi tuettuja kahden tukipisteen kautta, ja maston alapään laattakiinnitysten kautta kuormat siirtyvät parvekelaatalle. Rakennemalli on erittäin toimiva, ja sillä saadaan parvekekaide mitoittettua turvallisesti. Mallilla pystytään mitoittamaan kuinka pitkiä parvekkeita tahansa. Rakennemalli 1 on havainnollistettu kuvassa 15.



Kuva 15. Rakennemalli 1: Kaidemasto kantavana rakenteena.

Kuvassa 15 kaidelasin tuulikuormasta aiheutuvia pistevoimia kaidemastolle on merkitty P1:llä ja P4:lla. P2 on parvekelasituksen tuulikuormasta aiheutuva pistevoima ja P3 vaakahyötykuormasta aiheutuva pistevoima. Koska kaidelasi on tuettuna vain ylä- ja alapäästään, on luonnollista otaksua, että kaidelasin tuulikuormat kohdistuvat kaidemastolle pistevoimina ylä- ja alapäähän tuulen imua tutkittaessa. Jos tutkittaisiin tuulen painetta, tulisi huomioida myös lasin keskiosan (pystysuunnassa) taipuminen kaidemastoon päin ja näin ollen pistevoima tulisi myös keskelle mastoa. Kuvan 15 mitat L1 ja L2 ovat samat kuin aiemmissa kuvissa.

Merkitään mastojakoa L7:llä. Kaidelasin tuulikuormasta mastolle kohdistuvat pistevoimat ovat $P1 = P4 = q_{w,kaidelasi} \cdot \frac{L1+L2}{2} \cdot L7$. Parvekelasituksen tuulikuormasta aiheutuva pistevoima yhdelle mastolle on $P2 = q_{w,parvekelasi} \cdot \frac{L4}{2} \cdot L7$. Hyötykuormasta mastolle aiheutuva pistevoima on $P3 = q_{kaidekuorma} \cdot L7$.

Ratkaistaan Excel-laskentaohjelmaa varten tukireaktiot A ja B, kun muut kuormat ja mitat tiedetään. Tukireaktio B saadaan pisteen A momenttitasapainoehdon kautta:

$$\circlearrowleft M_A: B \cdot L1 - (P1 + P2 + P3) \cdot L2 = 0,$$

$$\text{josta saadaan } B = \frac{(P1+P2+P3) \cdot L2}{L1}.$$

Kappaleen voimatasapainon kautta saadaan ratkaistua tukireaktio A:

$$\uparrow: P4 + A - B + P1 + P2 + P3 = 0,$$

$$\text{josta saadaan } A = B - P1 - P2 - P3 - P4 = \frac{(P1+P2+P3) \cdot L2}{L1} - P1 - P2 - P3 - P4.$$

Kaidemaston taivutusmomentin funktio muuttujan x suhteen (etäisyys säätötallan kohdasta) on

$$M_t(x) = (P4 + A) \cdot x - B \cdot \langle x - L1 \rangle.$$

Funktiossa siis termi $-B \cdot \langle x - L1 \rangle = 0$, jos $x - L1 < 0$ [18].

Kaidemaston taivutusmomentin maksimiarvo on ankkurin kiinnityskohdassa eli

$$M_{t,max} = M_t(L1) = (P4 + A) \cdot L1.$$

Taivutusmomentin lausekkeella $M_t(x)$, kimmokertoimella E, profiilin neliömomentilla I ja taipuman funktiolla $v(x)$ on seuraava yhteys [18]:

$$EIv(x)'' = -M_t(x). \tag{21}$$

Näin ollen nyt kaavan 21 mukaan

$$EIv''(x) = -M_t(x) = -(P4 + A) \cdot x + B \cdot \langle x - L1 \rangle.$$

Integroidaan x:n suhteen, jolloin

$$EIv'(x) = -\frac{1}{2}(P4 + A) \cdot x^2 + \frac{1}{2}B \cdot \langle x - L1 \rangle^2 + C_1.$$

Integroidaan uudestaan x:n suhteen, jolloin

$$EIv(x) = -\frac{1}{6}(P4 + A) \cdot x^3 + \frac{1}{6}B \cdot \langle x - L1 \rangle^3 + C_1x + C_2.$$

Kaidemasto ei taivu tukien kohdalla, josta saadaan reunaehdot $EIv(0) = EIv(L1) = 0$.

Näiden avulla saadaan määritettyä integroimisvakiot seuraavasti:

$$C_1 = \frac{1}{6}(P4 + A)L_1^2 \quad \text{ja} \quad C_2 = 0.$$

Näin ollen taipuman kaava etäisyyden x funktiona on

$$v(x) = \frac{-(P4+A)x^3 + B\langle x-L1 \rangle^3 + (P4+A)L_1^2x}{6EI}.$$

Taipuma on suurin kaidemaston yläpäässä eli

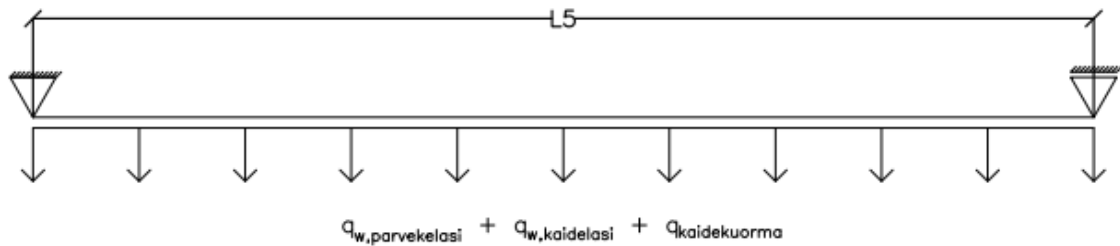
$$v_{max} = v(L1 + L2) = \frac{-(P4 + A)(L1 + L2)^3 + B(L2)^3 + (P4 + A)L_1^2(L1 + L2)}{6EI}$$

Ylläoleviin kaavan johtoihin perusteella on rakennettu kaidemaston taivutusmomentin ja taipuman laskenta tekemääni Exceliin.

3.3 Rakennemalli 2

Toisessa rakennemallissa kaidemastojen ajatellaan ainoastaan kannattelevan käsijohdetta ilmassa ja välittävän kaidelasin alapään tuulikuormat suoraan laatalle. Tämäkin ajattelumalli on varsin looginen, sillä onhan eri parvekevalmistajilla parvekekaidetyyppejä, joissa parvekemastoja ei ole lainkaan eli kaide on käytännössä käsijohteesta ja lasilistoista koostuva järjestelmä. Tällaisissa kaiteissa käsijohde toki on huomattavan paljon suurempi kuin mastollisissa kaiteissa. Kun ajatellaan, että pelkkä käsijohde kantaa kuormia ja mastot välittävät kaidelasien kuormat käsijohteelle, ei mastojaolla ole käytännössä rajoitusta. Mastojakoa toki rajoittaa se, että kaidemaston tulee kestää kaidelasin tuulikuorma ja maston tulee kyetä välittämään ne käsijohteelle. Kaidelasin tuulikuormat ovat kaidemaston kestävyuden kannalta kuitenkin niin pieniä, että mastojako saadaan lähes rajattoman suureksi. Erittäin iso ongelma toisessa rakennemallissa syntyy kuitenkin siitä, että käsijohdeen kapasiteetti loppuu erittäin nopeasti, kun parvekettä levennetään. Tällä ajattelumallilla siis parvekekaiteen kapasiteetti riittää ainoastaan lyhyillä parvekkeilla.

Rakennemallia on havainnollistettu kuvassa 16.



Kuva 16. Rakennemalli 2: Käsijohde kantavana rakenteena.

Kuvassa 16 viivakuormat $q_{w,kaidelasi}$ ja $q_{w,parvekelasi}$ ovat kaide- ja parvekelasilta käsijohteelle kohdistuvat tuulikuorman osuudet. Viivakuorma q_{kaide} on käsijohteen vaakahyötykuorma.

Käsijohteen maksimitaivutusmomentti on kaavalla 3 laskettuna

$$M_{t,max} = \frac{(q_{w,parvekelasi} + q_{w,kaidelasi} + q_{kaide}) \cdot (L5)^2}{8}$$

ja taipuma on kaavalla 4 laskettuna

$$v_{max} = \frac{5}{384} \frac{(q_{w,parvekelasi} + q_{w,kaidelasi} + q_{kaide}) \cdot (L5)^4}{EI}$$

Käsijohteen tukireaktio pieliseinäkiinnitykselle on

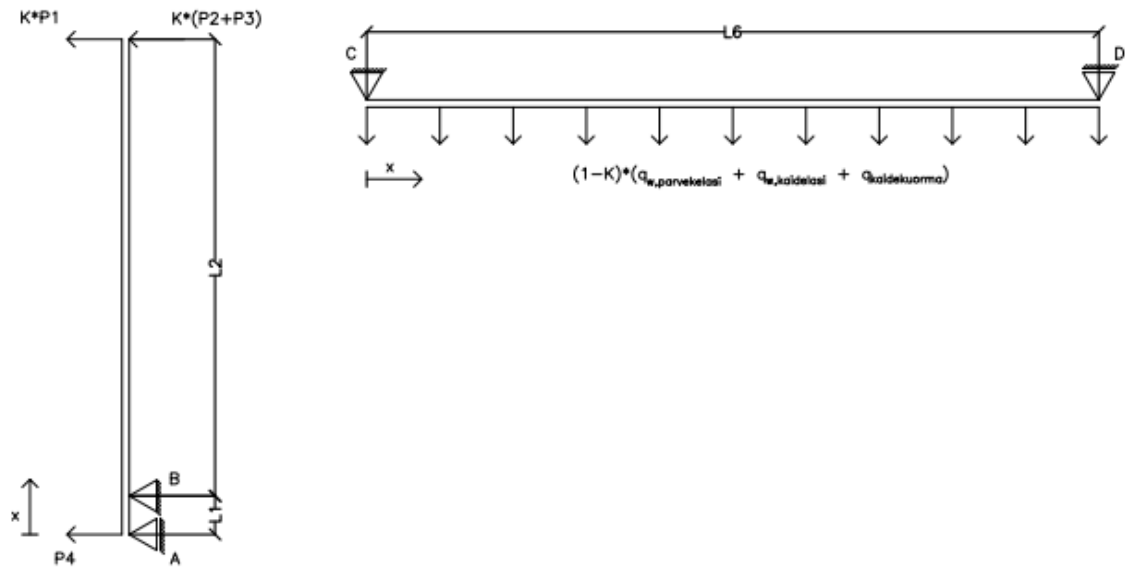
$$C = \frac{(q_{w,parvekelasi} + q_{w,kaidelasi} + q_{kaide}) \cdot L5}{2}$$

Näiden kaavojen perusteella on rakennettu käsijohteen taivutusmomentin ja taipuman laskenta tekemääni Exceliin.

3.4 Rakennemalli 3

Kolmas ja työn kannalta mielenkiintoisin ajattelumalli on malli, jossa osan parvekekai-teen kuormista pielirakenteille välittää käsijohde ja osan kaidemastot. Rakennemalli on siis yhdistelmä kappaleiden 3.2 ja 3.3 rakennemalleista 1 ja 2. Jotta ajattelumalli olisi järkevä, ei käsijohteen tai kaidemaston rasitukset saa ylittää myötörajaa. Tällöin voidaan hyödyntää kimmoteorian mukaisia tarkasteluja. Käsijohteen ollessa tukevasti upotettuna kolmella vetoniitillä kiinnitettynä kaidemastoihin on järkevää olettaa, että kussakin kai-teen kohdassa leveyssuunnassa kaidemaston yläpään taipuma on yhtä suuri kuin käsijoh-teen taipuma. Tutkitaan tarkastelussa keskimmäistä mastoa, jonka nyt oletetaan olevan keskellä parveketta. Tällöin kaidemaston yläpään taipuma pitäisi joka tilanteessa olla yhtä suuri kuin käsijohteen taipuma jännevälin keskellä. Mallia lähdetään rakentamaan siten, että rakennemallin 1 yläpään kolmelle pistekuormalle asetetaan kullekin kertoimeksi K, joka on käytännössä prosenttiluku väliltä 0...100 %. Kerroin K määrittää, kuinka suuri

osa kuormista kohdistuu kaidemastolle. Oletuksena on, että K on vakio koko kaiteen matkalla eli tutkitaan. Todellisuudessa näin ei ole, vaan keskimmäiset mastot ottavat todellisuudessa vastaan suurempia kuormia käsijohteelta kuin reunimmaisat mastot. Vastaavasti käsijohteen kullekin kolmelle viivakuormalle asetetaan kerroin $1-K$, jolloin loput kuormasta kohdistuvat aina käsijohteelle. Tarkoituksena on siis tarkastella kummankin kaiteen osan kuormituksia ja taipumaa samaan aikaan ja hakea parametria K muuttamalla aina tilanne, jossa taipumat ovat yhtä suuret. Kaidemaston alapäähän kohdistuva kaidelasin tuulikuorma P_4 kohdistuu joka tapauksessa kaidemastolle, joten sille ei kerrointa K laiteta. Rakennemalli 3 on havainnollistettu kuvassa 17.



Kuva 17. Rakennemalli 3: kaidemasto ja käsijohde kantavina rakenteina

Tekemääni Excel-laskentaohjelmaan on asetettu ylläolevan kuvan mukaisesti kerroin K kaidemaston yläpäähän kuormille ja kerroin $1-K$ käsijohteen kuormille. Näin ollen samalla laskentaohjelmalla voidaan tutkia kaikkia kolmea rakennemallia. Tutkittaessa rakennemallia 1 asetetaan $K=100\%$ ja tutkittaessa rakennemallia 2 asetetaan $K=0\%$. Tarkoituksena on vertailla mastojakoa eri rakennemalleilla eri pituisilla parvekkeilla. Tavoite on aina päästä mahdollisimman harvaan mastojakoon, jolloin käyttöasteet saadaan mahdollisimman korkeiksi ja mastojen menekki mahdollisimman pieneksi.

Jotta voitaisiin tarkastella käsijohteen ja kaidemaston käyttäytymistä myös muualla kuin kaiteen keskikohdassa, on määritettävä käsijohteen taivutusmomentti etäisyydellä x tuelta. Se saadaan laskettua kaavalla

$$M_t(x) = \frac{1}{2} q_{Ed} (L_6)^2 \left[\frac{x}{L_6} - \left(\frac{x}{L_6} \right)^2 \right], \quad (22)$$

jossa q_{Ed} on käsijohteen mitoituskuorma eli kuvan 17 merkinnöin $q_{Ed} = (1 - K)(q_{w,parvekelasi} + q_{w,kaidelasi} + q_{kaidekuorma})$.

Käsijohteen taipuma etäisyydellä x tuelta saadaan kaavasta

$$v(x) = \frac{q_{Ed}(L6)^4}{24EI} \left[\frac{x}{L6} - 2 \left(\frac{x}{L6} \right)^3 + \left(\frac{x}{L6} \right)^4 \right]. \quad (23)$$

Tekemääni exceliin on tehty erikseen laskentataulukko, jossa voidaan mitalla x tutkia haluttua kaiteen kohtaa tuelta katsottuna.

4. TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TULKINTA

4.1 Laskentatulokset Excel-laskentaohjelmalla

Kaikki laskenta on tehty tekemäni laskentaohjelman avulla. Kyseiseen ohjelmaan syötetään kaiteen pysty- ja vaakamitat, tuulikuorma, vaakahyötykuorma, mastojako sekä kertoimella K osuus, jonka kaidemastot ottavat käsijohteen kohtaan kohdistuvista kuormista. Mastojakoa ja prosenttilukua muuttamalla on haettu tilanne, joissa kaidemaston ja käsijohteen taipumat ovat samat, kun mastojako on suurin mahdollinen. Kaikki taulukoissa 10-13 esitetyt laskelmat on laskentaohjelmasta otetuissa tulosteissa liitteessä E. Kaidemaston taivutusmomenttikapasiteetti on 2,38 kNm ja käsijohteen taivutusmomenttikapasiteetti 2,27 kNm. Myös ne on kerrottu liitteessä E. Taulukoissa 10-13 on laskettu suoraan käyttöasteet eli Excelistä saatu taivutusrasitus on jaettu aina kapasiteetilla ja muunnettu prosenteiksi. Käyttöasteet on määritetty siis murtorajatilassa. Taipumarajana on käytetty joka tilanteessa arvoa L5/100. Tämä siis sekä kaidemastolle että käsijohteelle. Mikäli kaidemastolle käytettäisiin maston pituuden sadasosaa, niin mastojako ajautuisi maston lyhyiden vuoksi käytännössä aina 200-300 mm tietämällä, mikä ei siis tietenkään ole millään lailla järkevä.

Taulukkoon 10 on kerätty laskentatuloksia 2,5 m pitkälle parvekkeelle. Huomataan, että lyhyellä parvekkeella rakennemallit 2 ja 3 antavat saman kaltaisen tuloksen eli parvekkeella ei tarvita välimastoja. Sen sijaan rakennemallin 1 mukaan mastojaon tulisi olla jopa niinkin tiheä kuin 450 mm. Tämä johtuu siitä, että lyhyellä parvekkeella taipumaraja milimetreissä käy sen verran pieneksi, että se rajoittaa mastojakoa. Maston käyttöaste on vain 70 %. Taloudellisesti mietittynä rakennemalli 1 tuntuukin täysin järjettömältä, koska kaidemastojen tulisi olla parvekkeella 450 mm välein, jotta kaide kestäisi sille kohdistuvat rasitukset. Rakennemallilla 2 käsijohteen käyttöaste on jo 96 % eli rakennemalli 2 näyttäisi soveltuvan vain lyhyiden parvekkeiden mitoittamiseen. Rakennemalli 3 antaa saman tuloksen sillä poikkeuksella, että se ottaa kantaa myös mastojakoon, joka tässä on siis parvekkeen pituus eli 2500 mm.

Taulukko 10. Laskentatulokset 2500 mm leveällä parvekkeella.

	Rakennemalli 1: Kaidemasto kantavana rakenteena	Rakennemalli 2: Käsijohde kantavana rakenteena	Rakennemalli 3: Sekä kaidemasto että käsijohde kantavana rakenteena
Kuormituksen osuus kaidemastolle	100 %	0 %	8 %
Kuormituksen osuus käsijohteelle	0 %	100 %	92 %
Kaidemaston käyttöaste	70 %	-	31 %
Käsijohteen käyttöaste	-	96 %	89 %
Kaidemaston taipuma (taipumaraja 25 mm eli L5/100)	24,5 mm	-	10,9 mm
Käsijohteen taipuma (taipumaraja 25 mm eli L5/100)	-	12,5 mm	11,5 mm
Maksimimastojako	450 mm	-	2500 mm

Taulukkoon 11 on kerätty laskentatulokset 4000 mm leveälle parvekkeelle samalla periaatteella kuin edellä. Rakennemallilla 1 päästään nyt jopa harvempaan mastojakoon kuin edellä, sillä nyt taipumaraja on suurempi. Kaidemaston murtorajatilan käyttöasteessa päästäänkin jo 100 %:iin. Käytettävillä laskentakuormilla maksimimastojako on siis aina 640 mm rakennemallissa 1. Nyt huomattavaa on, että käsijohteen käyttöaste on reilusti yli 100 % eli kaide ei kestäisi sille kohdistuvia kuormia. Rakennemalli 2 ei siis sovellu enää 4 m pitkillä ja sitä pidemmillä parvekkeilla käytettäväksi. Täten se on jätetty seuraavista tarkasteluista kokonaan pois. Rakennemalli 3 antaa nyt selvästi järkevimmän tuloksen, sillä mastojaossa päästäisiin aina 1000 mm:iin asti. Näin ollen rakennemallien 1 ja 3 ero kaidemastojen määrässä olisi 3 kpl luokkaa. Rakennemallissa 3 taipuma kaidemastolla ja käsijohteella on täysin sama, joten malli 3 tuntuisi hyvinkin järkevältä. Myös käsijohteen ja kaidemaston käyttöaste on yli 90 % eli molemmista profiileista saadaan mukavasti kapasiteettiakin irti.

Taulukko 11. Laskentatulokset 4000 mm leveällä parvekkeella.

	Rakennemalli 1: Kaidemasto kantavana rakenteena	Rakennemalli 2: Käsijohde kantavana rakenteena	Rakennemalli 3: Sekä kaidemasto että käsijohde kantavana rakenteena
Kuormituksen osuus kaidemastolle	100 %	0 %	60 %
Kuormituksen osuus käsijohteelle	0 %	100 %	40 %
Kaidemaston käyttöaste	100 %	-	93 %
Käsijohteen käyttöaste	-	246 %	98 %
Kaidemaston taipuma (taipumaraja 40 mm eli L5/100)	34,9 mm	-	32,7 mm
Käsijohteen taipuma (taipumaraja 40 mm eli L5/100)	-	81,7 mm	32,7 mm
Maksimimastojako	640 mm	-	1000 mm

Taulukkoon 12 on kerätty laskentatulokset 5000 mm leveälle parvekkeelle. Rakennemallilla 1 laskentatulokset ovat samoja kuin edellä. Rakennemallilla 3 kaidemaston käyttöaste on 99 %, mutta käsijohteen käyttöaste on vain 69 %. Kuitenkin käsijohteen ja kaidemaston taipumat ovat likimain samat, eroa on vain 1 mm verran. Näyttäisi siltä, että pidemmille parvekkeille mentäessä rakennemallin 3 mukaisella laskennalla käsijohteesta ei saada läheskään täyttä kapasiteettia irti, kun taipumat haetaan yhtä suuriksi. Mastojaossa rakennemalli 3 on edelleen huomattavasti mallia 1 taloudellisempi.

Taulukko 12. Laskentatulokset 5000 mm leveällä parvekkeella.

	Rakennemalli 1: Kaidemasto kantavana rakenteena	Rakennemalli 3: Sekä kaidemasto että käsijohde kantavana rakenteena
Kuormituksen osuus kaidemastolle	100 %	82 %
Kuormituksen osuus käsijohteelle	0 %	18 %
Kaidemaston käyttöaste	100 %	99 %
Käsijohteen käyttöaste	-	69 %
Kaidemaston taipuma (taipumaraja 50 mm eli L5/100)	34,9 mm	34,9 mm
Käsijohteen taipuma (taipumaraja 50 mm eli L5/100)	-	35,9 mm
Maksimimastojako	640 mm	780 mm

Taulukkoon 13 on kerätty laskentatulokset 6000 mm leveälle parvekkeelle. Rakennemallissa 1 maksimimastojako on siis edelleen 640 mm. Rakennemallilla 3 tarkasteltaessa käsijohteen käyttöaste on enää 44 % kaidemaston ja käsijohteen taipumien ollessa 0,5 mm päässä toisistaan. Mastojaossa päästään rakennemallilla 3 vielä hieman taloudellisempaan mitoitukseen kuin mallilla 1, mutta ero alkaa pienentyä parvekkeen levetessä.

Taulukko 13. Laskentatulokset 6000 mm leveällä parvekkeella.

	Rakennemalli 1: Kaidemasto kantavana rakenteena	Rakennemalli 3: Sekä kaidemasto että käsijohde kantavana rakenteena
Kuormituksen osuus kaidemastolle	100 %	92 %
Kuormituksen osuus käsijohteelle	0 %	8 %
Kaidemaston käyttöaste	100 %	99 %
Käsijohteen käyttöaste	-	44 %
Kaidemaston taipuma (taipumaraja 60 mm eli L5/100)	34,9 mm	34,6 mm
Käsijohteen taipuma (taipumaraja 60 mm eli L5/100)	-	33,1 mm
Maksimimastojako	640 mm	690 mm

Tuloksia tarkastellessa huomataan, että kukin kolmesta rakennemallista vaikuttaisi olevan käyttökelpoinen omilla rajoitteillaan. Rakennemalli 1 on laskennallisesti helpoin soveltaa. Sitä voi käyttää mille tahansa parvekkeelle mitoista huolimatta, ja siksi se on paljon käytetty parvekemitoituksessa. Menetelmä on kuitenkin etenkin lyhyemmillä parvekkeilla liiankin varmallalla puolella, ja se ajaa mastojaon monesti turhan tiheäksi ja näin parvekkeen mastomäärän suuremmaksi kuin olisi tarve.

Rakennemalli 2 soveltuu tilanteisiin, joissa käsijohteen kapasiteetti ja taipumaraja eivät ylitä. Tämä kuitenkin rajoittaa tarkastelun lyhyisiin parvekkeisiin tai tilanteisiin, joissa tuulikuormat ovat pieniä. Markkinoilla eri valmistajilla onkin parvekekaidejärjestelmiä, joissa käytetään ainoastaan vankkoja käsijohteita seinäkiinnityksillä. Malli 2 soveltuu sen kaltaisille kaiteille paremmin, ei niinkään mastoja käyttäville kaidejärjestelmille

Rakennemalli 3 on malleista hankalin soveltaa, mutta samalla se on taloudellisin, koska sillä saadaan otettua mitoituksessa täysi hyöty niin käsijohteen kuin kaidemastonkin kapasiteetista. Tämä kuitenkin edellyttää, että esimerkiksi käsijohteen kiinnitys pieliseiniin saadaan joka tilanteessa tarpeeksi tukevasti. Mallilla 3 päästään harvempiin mastojakoihin kuin mallilla 1. Ero on suuri etenkin lyhyemmällä parvekkeilla, jolloin käsijohteelta saadaan suurempi apu kuormien kannossa. Pitkille parvekkeille mentäessä taas ero alkaa tasoittua huomattavasti.

Rakennemallin 3 mukaisen tarkastelun rajoitteena on käsijohdeprofiilin kankipituus, joka on profiilitoimittajalla 6300 mm. Tätä leveämmillä parvekkeilla käsijohdetta joudutaan jatkamaan eikä tällöin sen voida enää ajatella toimivan yhtenäisenä koko parvekkeen levyisenä profiilina. Näin ollen yli 6300 mm leveillä parvekkeilla on käytettävä rakennemallia 1. Rakennemalleja 1 ja 3 on vertailtu mastojaon kautta kuvassa 18.



Kuva 18. Rakennemallien 1 ja 3 vertailu.

Kuvasta 18 nähdään myös selkeästi, että lukuun ottamatta lyhyitä, alle 4 m pitkiä parvekkeita, rakennemallilla 1 mastojako on parvekkeen leveydestä riippumatta aina sama, kun taas rakennemallilla 3 mastojako näyttäisi tihenevän eksponentiaalisesti parvekkeen leveyden kasvaessa. Koska Suomessa parvekkeiden leveydet liikkuvat usein välillä 3000-6000 mm, on rakennemalli 3 selvästi taloudellisempi kaiteiden mitoituksessa.

Betonin paikallisen puristuksen pistevoimakestävyys on kappaleessa 2.7 määritelty 24,92 MPa ja Hiltin ankkurin vetokapasiteetti on 25 kN. Betonin puristuskapasiteetti ja ankkurin vetokapasiteetti on riittävä liitteessä E saaduille tukireaktioille. Hiltin ankkurin vetokapasiteetin määrittäminen PROFIS Anchor -laskentaohjelmalla on määritetty liitteessä F. Kuitenkin otsaliitoskestävyyden arvoissa mennään jo sen verran lähelle kapasiteetteja, että heikomman lujuusluokan betoneilla tulisi liitoskohta jo määrääväksi. Tässä työssä kuitenkin päätavoite oli tutkia käsijohteen ja kaidemaston käyttäytymistä kuormituksen alaisena, ja siksi käytettävän betonin lujuusluokka on valittu tarpeeksi suureksi, ettei liitosten lujuusominaisuudet koidu rajoittaviksi. Seinäliitoksen kapasiteetti on Heccon laskentaohjelmasta tulostetun liitteen G laskennan mukaan 4,6 kN, mikä ylittää reilusti laskentatuloksissa saadut kiinnitysvoimat liitteessä E.

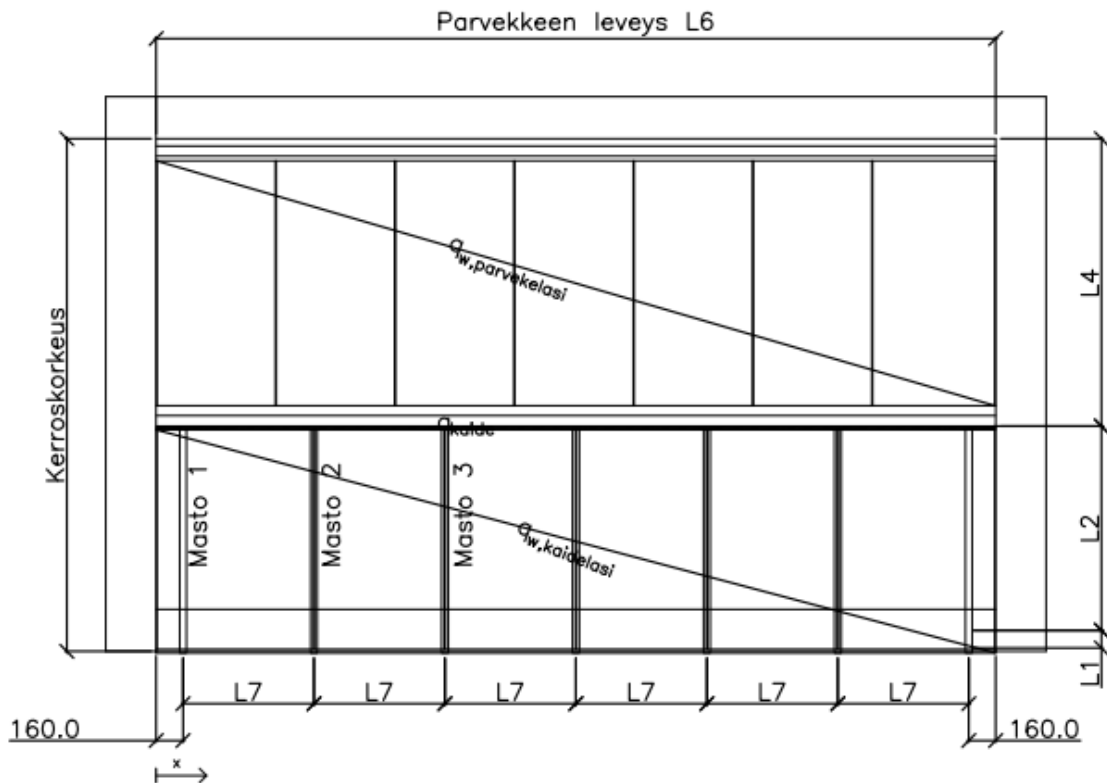
4.2 Tulosten arviointi

Rakennemallilla 3 laskettaessa etenkin 2,5 ja 4 metrin parvekkeilla päästään huomattavasti taloudellisempiin kaiteisiin kuin rakennemallilla 1. Myös käsijohteen käyttöaste on tällöin yli 90 % eli malli tuntuu erittäin järkevältä ainakin 4 m leveillä ja sitä kapeammilla parvekkeilla. 5 ja 6 metriä leveillä parvekkeilla käsijohteen käyttöaste alkaa tippua rajusti, kun mitoitus haetaan siten, että käsijohteen ja kaidemaston taipumat ovat samat. Kuitenkin edelleen mastojaossa päästään rakennemallia 1 harvempiin tuloksiin eli rakennemallin 3 käyttö on järkevää niissäkin.

Laskentatulosten perusteella järkevintä onkin käyttää rakennemallia 3, koska sillä päästään mastojaossa aina suurimpaan. Kun tarkastellaan yli 6,3 metrisiä parvekkeita, ei käsijohteen kapasiteettia enää voida ottaa laskennoissa mukaan eli silloin rakennemalli 1 on ainoa käyttökelpoinen. Rakennemalli 2 soveltuu erittäin heikosti kaidejärjestelmiin, jotka käyttävät kaidemastoja.

Arvioidaan rakennemallin 3 järkevyyttä sillä oletuksella, että K olisi vakio koko kaiteen matkalla. Tutkitaan parvekettä, jonka leveys $L_6=5000$ mm. Parvekkeen maksimimastojako on 780 mm. Kun reunimmaisest mastot ovat 160 mm etäisyydellä pielinistä, ovat mastot tasaisesti 780 mm välein parvekkeella.

Tämä on hahmotettu kuvassa 19. Kuvan pystymitat ovat samat kuin luvussa 3 on määritetty. Nyt mastojako $L7=780$ mm. Ensimmäisellä mastolla laskennallinen kuormitusleveys on $160\text{ mm} + \frac{1}{2} \cdot 780\text{ mm} = 550\text{ mm}$. Muilla mastoilla kuormitusleveys on sama kuin mastojako eli 780 mm.



Kuva 19. Parveke, jonka kautta tulosten järkevyyttä tarkastellaan.

Tutkitaan kuormien jakautumista sekä kaidemaston ja käsijohteen käyttöasteita mastojen 1, 2 ja 3 kohdassa. Taulukkoon 14 on koottu tulokset eri mastojen kohdassa. Keskimaston kohdalla tarkastelu on tehty jo aiemmin ja arvot löytyvät taulukosta 13.

Taulukko 14. Kuormitusjakaumat ja käyttöasteet kaiteen eri kohdissa.

Masto	Kuormitusleveys	x (mm)	Kuorman osuus mastolle (%)	Kuorman osuus käsijohteelle (%)	Kaidemaston taipuma (mm)	Käsijohteen taipuma (mm)	Kaidemaston käyttöaste (%)	Käsijohteen käyttöaste (%)	Käsijohteen tukireaktio C (kN)
1	550	160	40 %	60,00 %	12	12,2	34 %	29 %	4,19
2	780	940	72 %	28,00 %	30,6	31,4	87 %	66 %	1,95
3	780	1720	81 %	19,00 %	34,5	33,5	98 %	66 %	1,33
Keski	780	2500	82 %	18 %	34,9	35,9	99 %	69 %	1,26

Nähdään, että reunimmaisilla mastoilla kuormitus painottuu enempi käsijohteelle. Parvekkeen keskiosaa lähestyttäessä taas kaidemastojen kuormituksen osuus kasvaa. Profiilien mitoituksen osalta nähdään, että käyttöasteet ovat selvästi suurimmillaan kaiteen keskikohdassa eli profiilien mitoituksen osalta ollaan varmallalla puolella olettaessa, että K on vakio koko kaiteen matkalla. Koska näin ollen myös kaidemaston liitoksen suurimmat rasitukset ovat keskimmaisella mastolla, on maston liitoksen laskentakin varmallalla puolella.

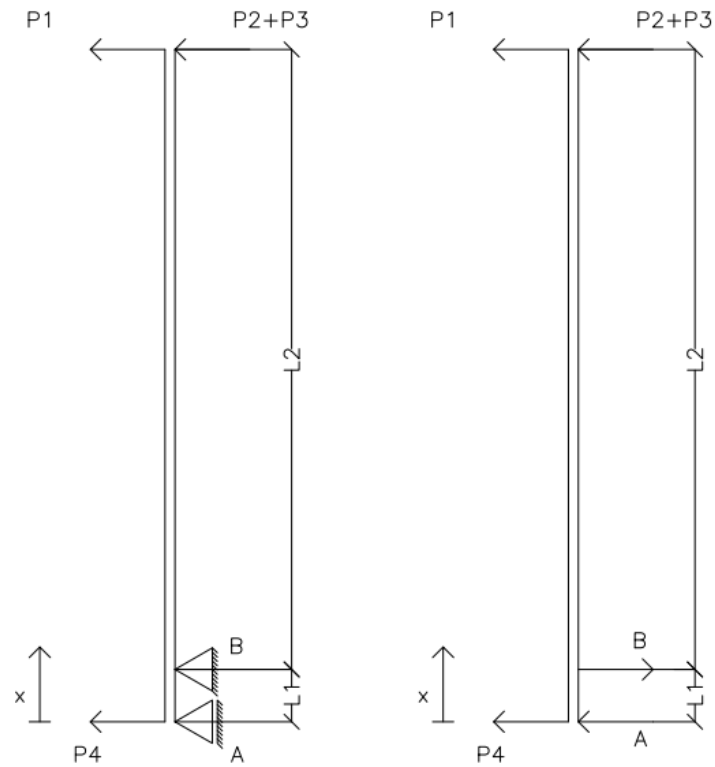
Nyt näyttäisi kuitenkin siltä, että käsijohteen tukireaktio onkin suurimmillaan, kun tarkastellaan reunimmaisen maston kohdalla tilannetta ja kuormitusjakoa. Tukireaktion suuruus reunimmaista mastoa ja sen kuormitusjakoa tarkasteltaessa on jopa 4,19 kN suurinen. Kuitenkin jo toisen maston kohdalla tarkasteltaessa se on jo alle 2,0 kN. Käsijohteen seinäliitos olisikin syytä mitoittaa reunimmaisen maston tarkastelun pohjalta. Tällöin mitoitus olisi aina varmalla puolella.

5. YHTEENVETO

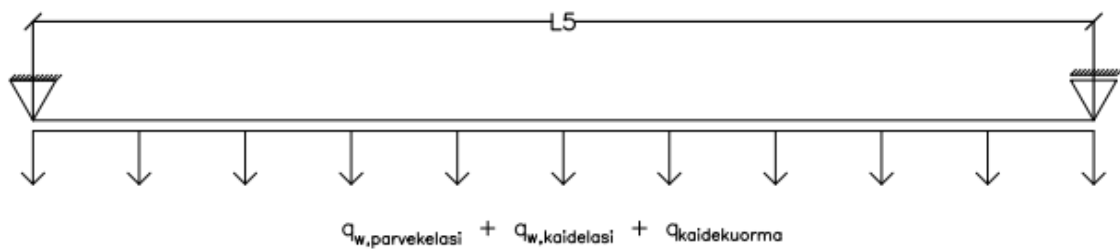
Työn tavoitteena oli päivittää yrityksen parvekekaiteiden laskentamallia ja samalla tuoda päivitettyyn laskentamalliin uusi kaidemastojärjestelmä. Työn tarve ilmeni, kun aloin töissä ollessani mitoittaa parvekkeita ja huomasin, että silloisessa Excel-pohjaisessa laskentaohjelmassa oli erittäin isoja puutteita. Ja koska oli tiedossa, että uusi kaidemasto olisi tulossa käyttöön, oli luontevinta tehdä koko laskentaohjelma alusta alkaen uusiksi. Liitosten mitoitusta siinä ei ole vielä mukana, joten ne pitää aina tarkastella erikseen tois- taiseksi.

Työssä tutkittiin kolmea eri rakennemallia. Rakennemallissa 1 ainoastaan kaidemasto kantoi kuormia välittäen ne parvekelaatalle. Rakennemallissa 2 ainoastaan käsijohde kantoi kuormia välittäen ne pieliseinille. Rakennemalli 3 oli näiden kahden yhdistelmä. Siinä tutkittiin, kuinka paljon käsijohteen yläpään kohdistuvista kuormista voisi ajatella kulkeutuvan käsijohteen kautta pieliseinille ja kuinka suuri osa taas kaidemastojen kautta parvekelaatalle. Rakennemallissa 3 oletuksena oli, että parvekkeen keskikohdassa on kaidemasto kiinnitettynä käsijohteeseen. Kuormitusten jako profiilien välillä haettiin siten, että kaidemaston yläpään taipuma ja käsijohteen taipuma keskellä olisivat yhtä suuria. Oletuksena oli, että kuormituksen jakautuminen olisi sama jokaisessa kaiteen kohdassa. Oletus oli profiilien mitoituksen kannalta varmallalla puolella. Sen sijaan käsijohteen seinäliitoksen kannalta tulisi tutkia aina reunimmaisen maston kohdalla kuormitusjakaumaa, jolloin käsijohteen kuormituksen osuus on suurempi kuin kaiteen keskellä.

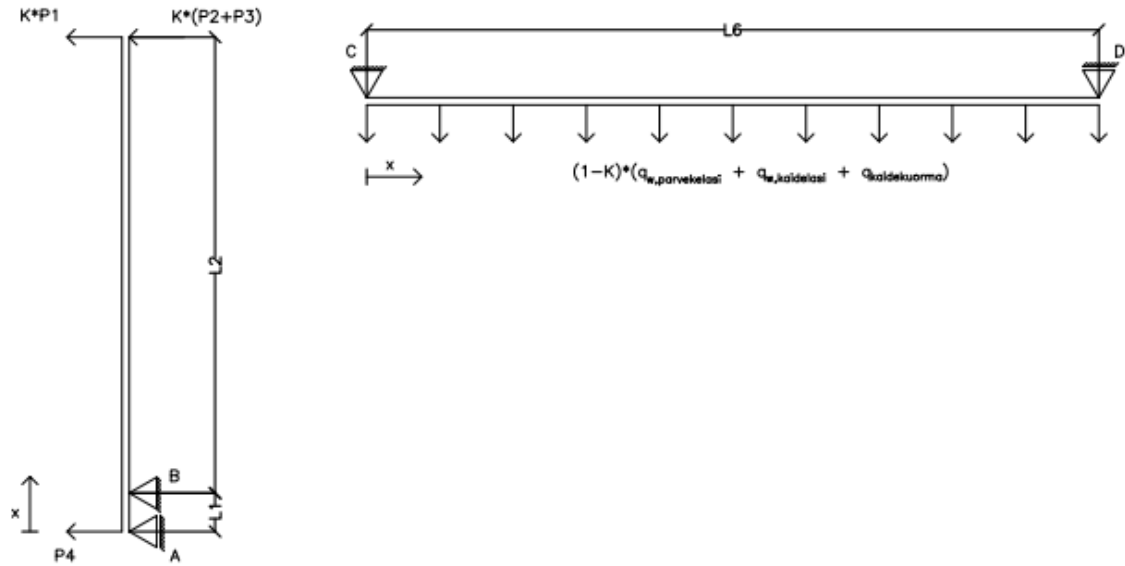
Kaikki kolme rakennemallia on esitetty kuvissa 20-22.



Kuva 20. Rakennemalli 1: Kaidemasto kantavana rakenteena.



Kuva 21. Rakennemalli 2: Käsijohde kantavana rakenteena.



Kuva 22. Rakennemalli 3: kaidemasto ja käsijohde kantavina rakenteina.

Parvekekaiteen rakennemalleista mallit 1 ja 3 olivat molemmat varsin käyttökelpoisia parvekkeiden mitoitukseen. Malli 3 oli kolmesta tarkastellusta mallista kaikkein taloudellisin, koska sillä päästiin mastojaossa aina suurimpaan. Malli kuitenkin rajoittui profiilin tankomittojen vuoksi 6,3 metriin eli mallia 3 ei voida soveltaa tätä pidempiin parvekkeisiin. Yli 6,3 metriä leveissä parvekkeissa on käytettävä mallia 1, joka soveltuu parvekkeen mitoista ja kuormista riippumatta kaikkiin tilanteisiin. Rakennemalli 2 soveltuu ainoastaan kaidejärjestelmiin, jotka eivät käytä kaidemastoja.

Työn tavoitteena oli myös tehdä Excelin avulla myynnille mitoitus taulukot parveke- ja kaidelaseista, jotta jo tarjousvaiheessa osattaisiin paremmin huomioida tuulikuormien vaikutus lasipaksuuksiin. Kummallekin lasityypille tein mitoitus taulukot maastoluokittain. Jokaisessa taulukossa on taulukoitu vaaditut lasipaksuudet lasin korkeuden ja tuulikuorman suuruuden mukaan.

Suurin haaste työssä oli lasimitoitukseen tutustuminen, sillä lasien lujuuslaskenta oli itselleni täysin vierasta ennen tämän opinnäytetyön aloittamista. Esistandardi prEN 16612 on kuitenkin varsin selkeä ja pääsin hyödyntämään vanhoja opinnäytetöitä, mikä helpotti suuresti standardin tulkitsemista. Itse laskentaohjelmien tekeminen sujui varsin ongelmitta kaikin puolin.

Työlle asettamani tavoitteet aikataulua lukuun ottamatta täyttyivät mielestäni varsin hyvin. Aikaisempia vastaavan tyyppisiä tutkimuksia löysin todella heikosti, joten vertailua aiempiin tutkimuksiin oli vaikea tehdä. Se olisi helpottanut suuresti tulosten järkevyyden arvioimisessa. Nyt arviot perustuvat hyvin pitkälti omiin tulkintoihin.

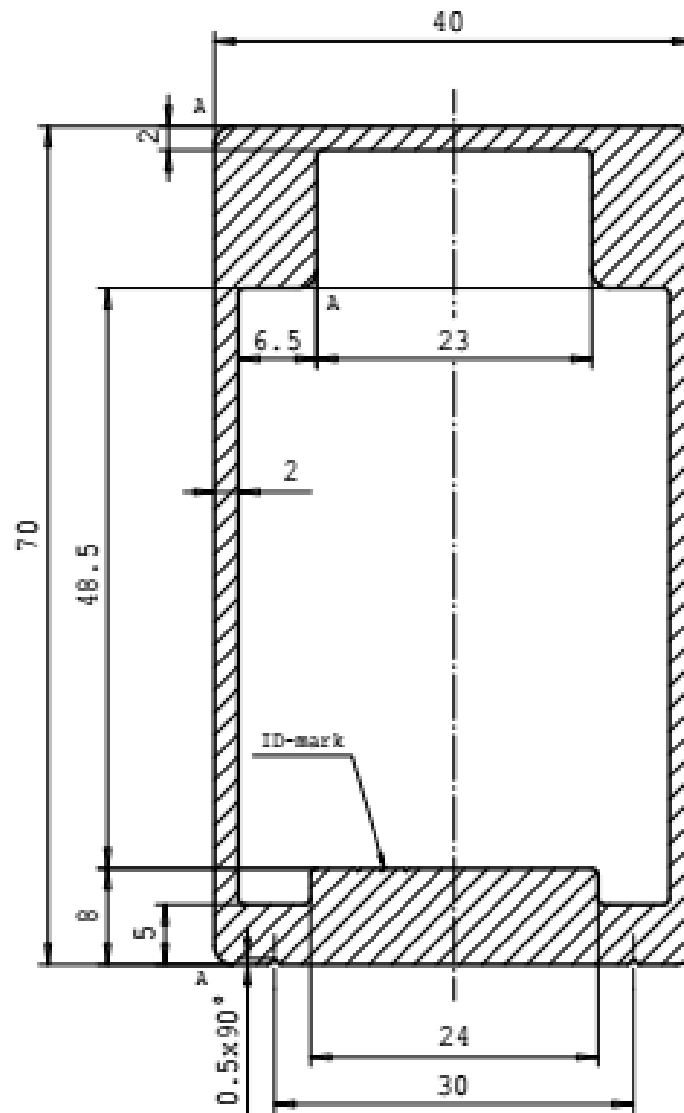
LÄHTEET

- [1] Parveke suomalaisen kerrostalon asuntokohtaisena ulkotilana. Heikkilä Jari, 1996.
- [2] Skaala-parvekelasit ja -kaiteet -esite. Ylihärmä: 2016. Saatavissa: <http://www.skaala.com/esitteet.html>
- [3] EN 1999-1-1:2007 Eurokoodi 9. Alumiinirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Rakenteita koskevat yleiset säännöt. Vahvistettu 16.4.2007, Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS.
- [4] prEN 16612:2016. Glass in building – Determination of lateral load resistance of glass panes by calculation. Julkaistu kesäkuussa 06/2016.
- [5] Niilo kunnarin opinnäytetyö: Lasirakenteiden mitoitusohje. Helsinki: 22.4.2015. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89402/INSTYO_NiilaKunnari_Theseus.pdf?sequence=1
- [6] MITOITUSTEHTÄVÄ, esimerkkilaskelma Lumon Oy:n parvekekaidejärjestelmällä. Julkaistu 3.2.2009 (verkkojulkaisu). Saatavissa: http://static.ebax-site.com/public/mediaporras/suunnittelu/esim_parvekekaide_lopullinen_eng_END_10.pdf
- [7] SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. Vahvistettu 24.1.2011, Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS.
- [8] SFS-EN 1991-1-1 + AC. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Vahvistettu 21.10.2002, Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS.
- [9] Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Rakenteiden kuormat. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1991-1-1. Annettu 20.12.2016. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskoelma/Rakenteiden_lujuus_ja_vakaus
- [10] SFS-EN 1990 + A1 + AC. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Vahvistettu 26.6.2006, Helsinki. Suomen Standardisointiliitto SFS. Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS.

- [11] Tasolasirakenteiden mitoituksen nykytilanne. Tasolasiyhdistys: Paavo Hassinen ja Niko Lehikoinen. Lasin maailma -lehti No 1/2017.. Saatavissa: <https://www.tasolasiyhdistys.fi/@Bin/184730/Lasin+mitoitus+Hassinen.pdf>
- [12] SFS-EN 1992-1-1 + A1 + AC. Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Vahvistettu 19.1.2015, Helsinki: Suomen Standardisointiliitto SFS.
- [13] Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Betonirakenteet. Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-1-1 Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Annettu 20.12.2016. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Rakenteiden_lujuus_ ja_vakaus
- [14] RIL 201-1-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodit EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 ja EN 1991-1-4. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Julkaistu 2011
- [15] Rakentajan lasiopas. Rakennuslasit. Suomen Lasiposti Oy. Saatavilla: <http://www.lasiposti.fi/rakentajan-lasiopas/rakennuslasit>
- [16] Lasifakta 2018. Pilkington. Julkaistu 2018. Saatavilla: <https://www.pilkington.com/fi-fi/fi/arkkitehdit-suunnittelijat/lasifakta-2018>
- [17] RTEK3310 Rakennesuunnittelun perusteet. Luentomateriaali. Matti Pentti, Tampereen teknillinen yliopisto, 2012.
- [18] RTEK-2010 Rakenteiden mekaniikan perusteet. Luentomateriaali. Ari Aalto, Tampereen Teknillinen Yliopisto, 2012
- [19] Rak-54.1300 Rakenteiden mekaniikan perusteet, luennot. Kalevi Väänänen. Saatavilla: <http://www.elisanet.fi/kalevi.vaananen/Statiikka/img/teoria.pdf>

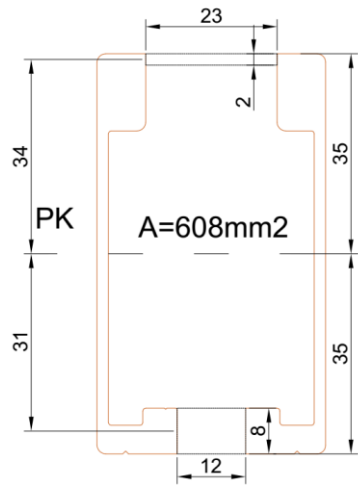
LIITE A: LAATAN OTSAAN KIINNITETTÄVÄN KAIDEMASTON TAIVUTUSVASTUKSEN LASKENTA

Määritetään kaidemaston taivutusvastus eri kiinnitystilanteissa. Kaidejärjestelmä koostuu kolmesta eri profiilista. Poikkileikkaussuureet (pinta-alat ja -keskiöt) on määritetty reiäliseen poikkileikkaukseen AutoCAD-ohjelmaa hyödyntäen. Ehjän poikkileikkauksen neiliömomentin arvo on otettu suoraan profiilivalmistajan ilmoittamista arvoista. Kaidemastolle käytettävä alumiiniseos on 6005A T6, jolle $f_0 = 215$ MPa ja $f_u = 255$ MPa.



Kuva 23. Kaidemasto, kuvankaappaus profiilintoimittajan mittakuvasta.

Kaidemaston taivutusvastusta heikentää maston läpi tehtävät halkaisijaltaan 23 mm ja 12 mm -kokoiset reiät. Kaidemaston pintakeskiö, pinta-ala ja reikien paikat on näytetty kuvassa 20. Kuvassa pintakeskiötä on merkittä PK:lla.



Kuva 24. Kaidemaston poikkileikkaus betonikiinnityskohdassa.

Mastoprofiilin valmistajan ilmoittama neliömomentti x-akselin suhteen (vahvemmassa suunnassa) on $I_{masto} = 55,36 \text{ cm}^4$.

Rei'itetyn maston neliömomentti on

$$I_{net} = I_{masto,net} = 55,36 \text{ cm}^4 - \left(\frac{12 \cdot 8^3}{12} + 12 \cdot 8 \cdot 31^2 + \frac{23 \cdot 2^3}{12} + 23 \cdot 2 \cdot 34^2 \right) \text{ mm}^4 = 40,76 \text{ cm}^4$$

ja taivutusvastus

$$W_{net} = \frac{40,76 \text{ cm}^4}{3,5 \text{ cm}} = 11,65 \text{ cm}^3.$$

Maston taivutusmomenttikestävyys on $M_{Rd} = \frac{W_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{11650 \text{ mm}^3 \cdot 255 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 2,38 \text{ kNm}$

Poikkileikkauksen pinta-ala on $A_{masto,net} = 608 \text{ mm}^2$.

LIITE B: PARVEKE- JA KAIDELASIEN MITOITUSPERIAATE PREN 16612 MUKAAN

Parveke- ja kaidelasien mitoitusperiaate standardiluonnos prEN 16612 mukaan

Lasin kimmokerroin on $E = 70000\text{N/mm}^2$.

Tavallinen float-lasi

Float-lasin taivutuskestävyyden mitoitusarvo lasketaan kaavalla:

$$f_{g,d} = \frac{k_{mod} k_{sp} f_{g,k}}{\gamma_{M,A}},$$

missä k_{mod} on kuormitusajan huomioiva kerroin (taulukko 1), k_{sp} pintaprofiilin huomioiva kerroin (taulukko 2), $f_{g,k}$ esijännittämättömän lasin taivutuslujuuden ominaisarvo 45N/mm^2 ja $\gamma_{M,A}$ materiaalin osavarmuusluku 1,8.

Taulukko 1. Kuormitusajan huomioiva kerroin k_{mod} .

Kuorma	Kuormituksen kesto	k_{mod}
Tuuli	lyhyt, yksittäinen (tuulenpuuska)	1,0
Tuuli	lyhyt, toistuva myrsky (10min)	0,74

Taulukko 2. Lasin pintaprofiilin huomioiva kerroin k_{sp} .

Lasilaatu	k_{sp} -kertoimen arvo	
	pintakäsitlemätön	hiekkapuhallettu
Float-lasi	1,0	0,6

Käytetään kertoimia $k_{mod} = 0,74$ (mitoitus myrskylle) ja $k_{sp} = 1,0$. Näin ollen lämpökäsitlemättömän lasin taivutuslujuuden suunnitteluarvo on $f_{g,d} = \frac{0,74 \cdot 1,0 \cdot 45\text{N/mm}^2}{1,8} = 18,5\text{N/mm}^2$.

Karkaistu lasi

Karkaistun lasin taivutuskestävyyden mitoitusarvo lasketaan kaavalla:

$$f_{g,d} = \frac{k_{mod} k_{sp} f_{g,k}}{\gamma_{M,A}} + \frac{k_v (f_{b,k} - f_{g,k})}{\gamma_{M,v}},$$

missä k_v on valmistustavan huomioiva lujituskerroin, $f_{b,k}$ esijännitetyn lasin taivutuslujuuden ominaisarvo (taulukko 3) ja $\gamma_{M,v}$ materiaalin osavarmuusluku 1,2.

Taulukko 3. Valmistustavan huomioiva kerroin k_v .

Valmistustapa	Lujituskerroin k_v
Lämpökäsittely vaakatasossa (tai muuten niin, ettei lasiin jää kannattelusta jälkiä)	1,0
Lämpökäsittely pystyasennossa (tai muuten niin, että lasiin jää kannattelusta jäljet)	0,6

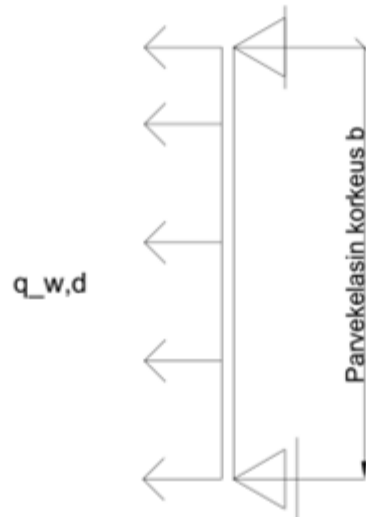
Taulukko 4. Esijännitetyn lasin taivutuslujuuden ominaisarvot $f_{b,k}$.

Lasilaatu	Taivutuslujuuden ominaisarvo $f_{b,k}$ (N/mm ²)		
	Lämpökarkaistu turvalasi	Lämpölujitettu lasi	Kemiallisesti lujitettu lasi
Float- tai konelasi	120	70	150

Käytetään kertoimia $k_v = 1,0$ ja $f_{b,k} = 120\text{N/mm}^2$. Näin ollen karkaistun lasin taivutuslujuuden suunnitteluarvo on $f_{g,d} = \frac{0,74 \cdot 1,0 \cdot 45\text{N/mm}^2}{1,8} + \frac{1,0 \cdot (120 - 45)\text{N/mm}^2}{1,2} = 81\text{N/mm}^2$.

Lasien mitoitusperiaate

Lasit ovat ylä- ja alareunoiltaan jatkuvasti tuettuja. Merkitään lasin leveyttä a:lla, lasin korkeutta b:llä ja paksuutta h:lla.



Kuva 1. Parvekelasin rakennemalli.

Murtorajatilassa lasit mitoitetaan tuulen suunnittelukuormalle $q_{w,d} = 1,5 \times q_{w,k}$. Lasin leveyden ollessa a lasin mitoitettava taivutusmomentti on $M_{Ed} = \frac{(q_{w,d}a) \cdot b^2}{8}$. Lasin taivutusvastus on $W = \frac{ah^2}{6}$, ja taivutusmomentista lasille aiheutuva jännitys $\sigma_{taivutus} = \frac{M_{Ed}}{W}$. Taivutusjännityksen tulee täyttää ehto $\sigma_{taivutus} < f_{gd}$.

Käyttöraajatilassa $q_{w,d} = 0,2 \times q_{w,k}$ (tavallinen yhdistelmä). Lasin suurin taipuma on jännevälin keskellä, ja suuruudeltaan $f = \frac{5 \cdot (q_{w,d}a) \cdot b^4}{384EI}$, missä lasin neliömomentti $I = \frac{ah^3}{12}$. Standardiluonnoksen prEN 16612 mukaan taipuma saa enintään olla pienempi arvoista 50mm ja $\frac{b}{65}$. Saksalaisen DIN 18008 -standardin mukaan taipuma saa olla enintään $\frac{b}{100}$. Käytetään taipumamitoituksessa DIN-standardin mukaista taipumarajaa eli taipuman tulee täyttää ehto $f < \frac{b}{100}$.

Laminoidun lasin mitoitusperiaate

Laminoidun lasin mitoituksessa käytetään tehollisia paksuuksia. Laminoidun lasilaatan tehollinen paksuus taipumamitarkastelua varten lasketaan kaavalla:

$$h_{ef,w} = \sqrt[3]{\sum_k h_k^3 + 12\omega(\sum_l h_k h_{m,k}^2)},$$

missä h_k on lasilevyn paksuus, ω leikkausvoimien siirtokerroin (taulukko 5) ja $h_{m,k}$ lasikerroksen keskilinjan etäisyys koko laatan keskilinjasta (kts. kuva 2).

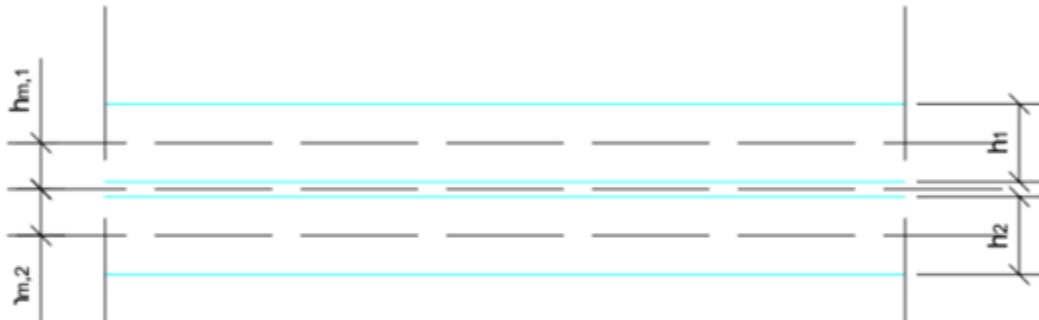
Laminoidun lasilaatan kerroksen j tehollinen paksuus jännitystarkastelua varten lasketaan kaavalla:

$$h_{ef,\sigma,j} = \sqrt{\frac{(h_{ef,w})^3}{(h_j + 2\omega h_{m,j})}}$$

missä missä h_j on lasilevyn paksuus ja $h_{m,j}$ lasikerroksen keskilinjan etäisyys koko laatan keskilinjasta (kts. kuva 2).

Taulukko 5. Leikkausvoimien siirtokerroin ω .

Kuormitustapaus	Jäykkyyssryhmä			
	0	1	2	3
Tuulikuorma (välimeren alue)	0	0	0,1	0,6
Tuulikuorma (muut alueet)	0	0,1	0,3	0,7



Kuva 2. Laminoidun lasin paksuusparametrit.

Laminointikalvon paksuus on 0,76mm ja lasivalmistajan (AGC) ilmoittama jäykkyyssryhmä on 2, jolloin $\omega = 0,3$. Lasketaan tehollinen paksuus vakiokaidelasituksille 4+4 ja 5+5.

Laminoitu 4+4:

Lasikerrosten paksuudet $h_1 = h_2 = 4\text{mm}$ ja $h_{m,1} = h_{m,2} = 2,38\text{mm}$. Lasilaatan tehollinen paksuus on

$$h_{ef,w} = \sqrt[3]{4^3 + 4^3 + 12 \cdot 0,3 \cdot (4 \cdot 2,38^2 + 4 \cdot 2,38^2)}\text{mm} = 6,6\text{mm}.$$

Kerroksien paksuudet ovat

$$h_{ef,s,1} = h_{ef,s,2} = \sqrt{\frac{(h_{ef,w})^3}{(h_1 + 2\omega h_{m,1})}} = \sqrt{\frac{(6,6)^3}{(4 + 2 \cdot 0,3 \cdot 2,38)}}\text{mm} = 7,3\text{mm}.$$

Taipumatarkastelussa käytetään siis tehollista paksuutta 6,6mm ja taivutustarkastelussa tehollista paksuutta 7,3mm.

Laminoitu 5+5:

Lasikerrosten paksuudet $h_1 = h_2 = 5\text{mm}$ ja $h_{m,1} = h_{m,2} = 2,88\text{mm}$. Lasilaatan tehollinen paksuus on

$$h_{ef,w} = \sqrt[3]{5^3 + 5^3 + 12 \cdot 0,3 \cdot (5 \cdot 2,88^2 + 5 \cdot 2,88^2)}\text{mm} = 8,2\text{mm}.$$

Kerroksien paksuudet ovat

$$h_{ef,s,1} = h_{ef,s,2} = \sqrt{\frac{(h_{ef,w})^3}{(h_1 + 2\omega h_{m,1})}} = \sqrt{\frac{(8,2)^3}{(5 + 2 \cdot 0,3 \cdot 2,88)}}\text{mm} = 9,1\text{mm}.$$

Taipumatarkastelussa käytetään siis tehollista paksuutta 8,2mm ja taivutustarkastelussa tehollista paksuutta 9,1mm.

LIITE C: PARVEKELASIEN MITOITUSTAULUKOT

Maastoluokka 4

Kerros	Parvekelasin korkeus (mm)										Tuulen puuskanopeuspaine q_{p0} (KN/m^2)	Nurkan imun suunnitteluarvo $q_{wpf} = 1,5 \times c_{pnet} \times q_{p0}$ (KN/m^2)
	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200		
12	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	0,57	-1,28
11	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	0,56	-1,26
10	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	0,54	-1,22
9	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	0,51	-1,15
8	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	0,49	-1,10
7	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	0,46	-1,04
6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	0,43	-0,97
5	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	0,40	-0,90
4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	0,36	-0,81
3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	0,32	-0,72
2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	0,32	-0,72
1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	0,32	-0,72

6mm:n karkaistu lasi
 8mm:n karkaistu lasi
 10mm:n karkaistu lasi

Mitoitus perustuu standardiluonnokseen prEN 16612. Hiekkapuhalletuille lasille mitoitus erikseen!
 Nurkan imulle nettopainekerroin $c_{pnet} = -1,5$. Lasin leveys oletuksena 600-700mm.

Maa-astoluokka 3

Kerros	Parvekelasin korkeus (mm)										Tuulen puuskanopeuspaine q_{wp} (KN/m^2)	Nurkan imun suu- mitteluarvo $q_{wpf} = 1,5 \times c_{peet} \times q_{wp}$ (KN/m^2)	
	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200			
12	6	6	6	8	8	8	8	8	8	10	10	0,72	-1,62
11	6	6	6	8	8	8	8	8	8	10	10	0,70	-1,58
10	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	10	0,68	-1,53
9	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	10	0,66	-1,49
8	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	10	0,64	-1,44
7	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	0,61	-1,37
6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	0,58	-1,31
5	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	0,55	-1,24
4	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	0,50	-1,13
3	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	0,45	-1,01
2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	0,38	-0,86
1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0,35	-0,79

6 6mm:n karkaistu lasi
8 8mm:n karkaistu lasi
10 10mm:n karkaistu lasi

Mitoitus perustuu standardiluonnokseen prEN 16612. Hiekkapuhalletuille laselle mitoitus erikseen!
Nurkan imulle nettopaine kerroin $c_{peet} = -1,5$. Lasin leveys oletuksena 600-700mm.

Maastoluokka 2

Kerros	Parvekelasin korkeus (mm)										Tuulen puuskanopeuspaine q_{pe} (KN/m^2)	Nurkan imun suunnitteluarvo $q_{wind} = 1,5 \times c_{pnet} \times q_{pe}$ (KN/m^2)	
	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200			
12	6	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	0,89	-2,00
11	6	6	8	8	8	8	8	10	10	10	10	0,87	-1,96
10	6	6	8	8	8	8	8	8	10	10	10	0,85	-1,91
9	6	6	8	8	8	8	8	8	10	10	10	0,83	-1,87
8	6	6	8	8	8	8	8	8	10	10	10	0,81	-1,82
7	6	6	8	8	8	8	8	8	10	10	10	0,78	-1,76
6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	10	10	0,75	-1,69
5	6	6	6	8	8	8	8	8	8	10	10	0,72	-1,62
4	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	10	0,68	-1,53
3	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	8	0,63	-1,42
2	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	0,56	-1,26
1	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8	8	0,45	-1,01

6 6mm:n karkaistu lasi

8 8mm:n karkaistu lasi

10 10mm:n karkaistu lasi

Mitointi perustuu standardiluonnokseen prEN 16612. Hiiekkapuhalletuille lasille mitoitus erikseen!
Nurkan imulle nettopaine kerroin $c_{pnet} = -1,5$. Lasin leveys oletuksena 600-700mm.

Maastoluokka 1

Kerros	Parvekelain korkeus (mm)										Tuulen puuskanopeuspaine q_{po} (KN/m^2)	Nurkan imun suuomitteluarvo $q_{w,if} = 1,5 \times c_{pe,net} \times q_{po}$ (KN/m^2)	
	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200			
12	6	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	0,99	-2,23
11	6	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	0,97	-2,18
10	6	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	0,95	-2,14
9	6	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	0,93	-2,09
8	6	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	0,91	-2,05
7	6	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	0,89	-2,00
6	6	6	8	8	8	8	10	10	10	10	10	0,86	-1,94
5	6	6	8	8	8	8	8	10	10	10	10	0,83	-1,87
4	6	6	8	8	8	8	8	10	10	10	10	0,79	-1,78
3	6	6	6	8	8	8	8	8	10	10	10	0,75	-1,69
2	6	6	6	8	8	8	8	8	8	10	10	0,68	-1,53
1	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8	8	0,58	-1,31

6mm:n karkaistu lasi
 8mm:n karkaistu lasi
 10mm:n karkaistu lasi

Mitoitus perustuu standardiluonnokseen prEN 16612. Hiekkapuhalletuille laselle mitoitus erikseen!
 Nurkan imulle nettopainekerroin $c_{pe,net} = -1,5$. Lasin leveys oletuksena 600-700mm.

Maastoluokka 0

Kerros	Parvekelasin korkeus (mm)										Tuulen puuskanopeuspaine q_{p0} (kN/m ²)	Nurkan imun suunnitteluarvo $q_{wpd} = 1,5 \times C_{pnet} \times q_{p0}$ (kN/m ²)
	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200		
12	8	8	10	10	10	10	x	x	x	x	1,37	-3,08
11	8	8	8	10	10	10	x	x	x	x	1,35	-3,04
10	8	8	8	10	10	10	x	x	x	x	1,33	-2,99
9	8	8	8	10	10	10	10	10	x	x	1,31	-2,95
8	8	8	8	10	10	10	10	10	x	x	1,28	-2,88
7	8	8	8	10	10	10	10	10	x	x	1,25	-2,81
6	8	8	8	10	10	10	10	10	x	x	1,22	-2,75
5	8	8	8	8	10	10	10	10	10	x	1,18	-2,66
4	8	8	8	8	10	10	10	10	10	x	1,13	-2,54
3	8	8	8	8	10	10	10	10	10	x	1,09	-2,45
2	6	8	8	8	8	10	10	10	10	10	0,99	-2,23
1	6	6	8	8	8	8	10	10	10	10	0,86	-1,94

6 mm:n karkaistu lasi
 8 mm:n karkaistu lasi
 10 mm:n karkaistu lasi

Mitoitus perustuu standardiluomukseen prEN 16612. Hiekkapuhalletuille lasille mitoitus erikseen!
 Nurkan imulle nettopainekerroin $C_{pnet} = -1,5$. Lasin leveys oletuksena 600-700mm.

LIITE D: KAIDELASIEN MITOITUSTAULUKOT

Maastoluokka 4

Kerros	Kaidelasin korkeus (mm)												Tuulen puuskanopeuspaine q_{po} (kN/m ²)	Nurkan imun suunnitteluarvo $q_{w,d} = 1,5 \times C_{peet} \times q_{po}$ (kN/m ²)
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400						
12	4	4	4	4	5	5	5	x	x	x	x	x	0,57	-1,28
11	4	4	4	4	5	5	5	x	x	x	x	x	0,56	-1,26
10	4	4	4	4	5	5	5	x	x	x	x	x	0,54	-1,22
9	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	x	0,51	-1,15
8	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	x	0,49	-1,10
7	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	x	0,46	-1,04
6	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	0,43	-0,97
5	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	0,40	-0,90
4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	0,36	-0,81
3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	0,32	-0,72
2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	0,32	-0,72
1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	0,32	-0,72

4 4+4 laminoitu lasi (44.2)
5 5+5 laminoitu lasi (55.2)

Mitoitus perustuu standardiluonnokseen prEN 16612. Mitoitustaulukko ei sovellu hiekkapuhalletuille lasille!
Nurkan imulle nettopainekerroin $C_{peet} = -1,5$. Laminoitikalvojen jäykkyyssryhmä oletuksena 2, jolloin $\omega=0,3$

Maastoluokka 3

Kerros	Kaidelasin korkeus (mm)										Tuulen puuskanopeuspaine q_{p0} (kN/m ²)	Nurkan imun suunnitteluarvo $q_{w,d} = 1,5 \times c_{peet} \times q_{p0}$ (kN/m ²)
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400				
12	4	4	4	5	5	x	x	x	x	x	0,72	-1,62
11	4	4	4	5	5	x	x	x	x	x	0,70	-1,58
10	4	4	4	5	5	x	x	x	x	x	0,68	-1,53
9	4	4	4	5	5	x	x	x	x	x	0,66	-1,49
8	4	4	4	5	5	x	x	x	x	x	0,64	-1,44
7	4	4	4	5	5	5	5	x	x	x	0,61	-1,37
6	4	4	4	4	5	5	5	x	x	x	0,58	-1,31
5	4	4	4	4	5	5	5	x	x	x	0,55	-1,24
4	4	4	4	4	5	5	5	5	x	x	0,50	-1,13
3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	0,45	-1,01
2	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	0,38	-0,86
1	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	0,35	-0,79

4 4+4 laminoitu lasi (44.2)

5 5+5 laminoitu lasi (55.2)

Mitoitus perustuu standardiluonnokseen prEN 16612. Mitoitustaulukko ei sovellu hiekkapuhalletuille lasille!
Nurkan imulle nettopainekerroin $c_{peet} = -1,5$. Laminoitikalvojen jäykkyyssryhmä oletuksena 2, jolloin $\omega=0,3$

Maastoluokka 2

Kerros	Kaidelasin korkeus (mm)										Tuulen puuskanopeuspaine q_{po} (kN/m ²)	Nurkan imun suunnitteluarvo $q_{w,d} = 1,5 \times c_{pnet} \times q_{po}$ (kN/m ²)
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400				
12	4	4	5	x	x	x	x	x	x	x	0,89	-2,00
11	4	4	5	5	x	x	x	x	x	x	0,87	-1,96
10	4	4	5	5	5	x	x	x	x	x	0,85	-1,91
9	4	4	5	5	5	x	x	x	x	x	0,83	-1,87
8	4	4	5	5	5	x	x	x	x	x	0,81	-1,82
7	4	4	5	5	5	x	x	x	x	x	0,78	-1,76
6	4	4	5	5	5	x	x	x	x	x	0,75	-1,69
5	4	4	4	5	5	5	x	x	x	x	0,72	-1,62
4	4	4	4	5	5	5	x	x	x	x	0,68	-1,53
3	4	4	4	5	5	5	x	x	x	x	0,63	-1,42
2	4	4	4	4	5	5	5	x	x	x	0,56	-1,26
1	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	0,45	-1,01

4 4+4 laminoitu lasi (44.2)

5 5+5 laminoitu lasi (55.2)

Mitoitus perustuu standardiluonnoksen prEN 16612. Mitoitustaulukko ei sovellu hiekkapuhalletuille lasseille!
Nurkan imulle nettopainekerroin $c_{pnet} = -1,5$. Laminoitikalvojen jäykkyyseri oletuksena 2, jolloin $\omega=0,3$

Maastoiluokka 1

Kerros	Kaidelasin korkeus (mm)										Tuulen puuskanopeuspaine q_{po} (KN/m^2)	Nurkan imun suunnitteluarvo $q_{w,d} = 1,5 \times c_{pnet} \times q_{po}$ (KN/m^2)
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400				
12	4	5	x	x	x	x	x	x	x	x	0,99	-2,23
11	4	5	x	x	x	x	x	x	x	x	0,97	-2,18
10	4	5	x	x	x	x	x	x	x	x	0,95	-2,14
9	4	5	x	x	x	x	x	x	x	x	0,93	-2,09
8	4	4	5	x	x	x	x	x	x	x	0,91	-2,05
7	4	4	5	x	x	x	x	x	x	x	0,89	-2,00
6	4	4	5	5	x	x	x	x	x	x	0,86	-1,94
5	4	4	5	5	x	x	x	x	x	x	0,83	-1,87
4	4	4	5	5	x	x	x	x	x	x	0,79	-1,78
3	4	4	5	5	x	x	x	x	x	x	0,75	-1,69
2	4	4	4	5	5	x	x	x	x	x	0,68	-1,53
1	4	4	4	4	5	5	x	x	x	x	0,58	-1,31

4 4+4 laminoitu lasi (44.2)

5 5+5 laminoitu lasi (55.2)

Mitoitus perustuu standardiluonnokseen prEN 16612. Mitoitustaulukko ei sovellu hiekkapuhalletuille lasille!
Nurkan imulle nettopainekerroin $c_{pnet} = -1,5$. Laminoitikalvojen jäykkysryhmä oletuksena 2, jolloin $w=0,3$

Maastoiluokka 0

Kerros	Kaidelasin korkeus (mm)										Tuulen puuskanopeuspaine q_{p0} (kN/m^2)	Nurkan imun suunnitteluarvo $q_{w,d} = 1,5 \times c_{pnet} \times q_{p0}$ (kN/m^2)
	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400				
12	5	5	x	x	x	x	x	x	x	x	1,37	-3,08
11	5	5	x	x	x	x	x	x	x	x	1,35	-3,04
10	5	5	x	x	x	x	x	x	x	x	1,33	-2,99
9	5	5	x	x	x	x	x	x	x	x	1,31	-2,95
8	5	5	x	x	x	x	x	x	x	x	1,28	-2,88
7	5	5	x	x	x	x	x	x	x	x	1,25	-2,81
6	5	5	x	x	x	x	x	x	x	x	1,22	-2,75
5	4	5	x	x	x	x	x	x	x	x	1,18	-2,66
4	4	5	x	x	x	x	x	x	x	x	1,13	-2,54
3	4	5	5	5	x	x	x	x	x	x	1,09	-2,45
2	4	5	5	5	x	x	x	x	x	x	0,99	-2,23
1	4	4	5	5	x	x	x	x	x	x	0,86	-1,94

4 4+4 laminoitu lasi (44.2)

5 5+5 laminoitu lasi (55.2)

Mitoitus perustuu standardiluonnokseen prEN 16612. Mitoitustaulukko ei sovellu hiekkapuhalletuille lasseille!
Nurkan imulle nettopaineerroin $c_{pnet} = -1,5$. Laminoitikalvojen jäykkysryhmä oletuksena 2, jolloin $\omega=0,3$

LIITE E: EXCEL-LASKENTAOHJELMASTA OTETUT TULOSTEET

Kaidemasto:

Alumiiniseos	EN-AW 6005A T6
Myötölujuuden ominaisarvo f_0 (MPa)	215
Vetomurtolujuuden ominaisarvo f_u (MPa)	255
Materiaalin osavarmuuskerroin (vetomurto) γ_2	1,25
Taivutusvastus W (cm ³)	11,65
Taivutuskestävyys (kNm)	2,38
Neliömomentti I (cm ⁴)	40,76
Kimmomoduuli E (MPa)	70000

Käsijohde:

Alumiiniseos	EN-AW 6060 T6
Myötölujuuden ominaisarvo f_0 (MPa)	140
Vetomurtolujuuden ominaisarvo f_u (MPa)	170
Materiaalin osavarmuuskerroin (myötö) γ_1	1,1
Taivutusvastus W (cm ³)	17,86
Taivutuskestävyys (kNm)	2,27
Neliömomentti I (cm ⁴)	108,44
Kimmomoduuli E (MPa)	70000

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaidekorkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	2500	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Ulittoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A=vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman valitsee
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo q_{we} (kN/m ²), itsesarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{we,d}$ (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{we,d}$ (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaidemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,45	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	100,0 %	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,49	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,53	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,24	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,49	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	1,26	P=P1+P2+P3
Talvutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	1,66	
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	15,35	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	17,10	
Kaidemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,33	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,35	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,16	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,33	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan (kN)	0,84	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	10,23	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	11,40	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	-7,00442E+11	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	-24,5	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsi johde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	0,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,00	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,00	
Maksimitalvutusmomentti (kNm)	0,00	
Kiinnitysvoima C (kN)	0,00	
Käsi johde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,00	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,00	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsi johde taivutus v (mm)	0,0	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaidekorkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	2500	
Tailan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Liitoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{w0} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai +0,3 sen mukaan, kumman vaika
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wek} (kN/m ²), itsisarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{we,d}$ (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{we,d}$ (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaidemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,45	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	0,0 %	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,00	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,00	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,00	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,49	
Kokonaiskuormitus maston yläpään kohtaan F (kN)	0,00	P=P1+P2+P3
Talvutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	0,00	
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	-0,49	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	0,00	
Kaidemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,00	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,00	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,00	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,33	
Kokonaiskuormitus maston yläpään kohtaan (kN)	0,00	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	-0,33	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	0,00	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ³ , maston yläpäässä)	0	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	0,0	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsirohde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	100,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	1,17	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	1,09	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,53	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	2,79	
Maksimitalvutusmomentti (kNm)	2,18	
Kiinnitysvoima C (kN)	3,49	
Käsirohde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,78	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,73	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,35	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	1,86	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	7590800000,00	
Käsirohdeen taipuma v (mm)	12,5	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaidekorkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	2500	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Liitoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai +0,3 sen mukaan, kumman vaika
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,e}$ (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,i}$ (kN/m ²), itsensäarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,d}$ (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,d}$ (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo $q_{h,e}$ (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{h,d}$ (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{h,d}$ (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaidemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	2,50	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	8 %	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,22	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,23	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,11	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	2,74	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	0,56	P=P1+P2+P3
Talutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	0,74	
Puristusvoima säätötalalle A (kN)	4,30	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	7,60	
Kaidemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,15	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,16	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,07	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	1,82	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	0,37	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötalalle A (kN)	2,87	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	5,07	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	-3,11307E+11	
Talutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	-10,9	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsijohde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	92,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	1,08	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	1,01	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,48	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	2,57	
Maksimitalutusmomentti (kNm)	2,01	
Kiinnitysvoima C (kN)	3,21	
Käsijohde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,72	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,67	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,32	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	1,71	
Talutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsijohteen taipuma v (mm)	11,5	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaldek korkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	4000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Liitoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman vaika
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,e}$ (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,i}$ (kN/m ²), itseisarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,d}$ (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,d}$ (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo $q_{h,k}$ (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{h,d}$ (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{h,d}$ (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaldemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,64	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	100,0 %	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,70	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,75	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,34	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,70	
Kokonaiskuormitus maston yläpään kohtaan P (kN)	1,79	P=P1+P2+P3
Talvutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	2,37	
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	21,83	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	24,32	
Kaldemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,47	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,50	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,22	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,47	
Kokonaiskuormitus maston yläpään kohtaan (kN)	1,19	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	14,55	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	16,21	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	-9,96184E+11	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	-34,9	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsi johde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	0,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,00	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,00	
Maksimitalvutusmomentti (kNm)	0,00	
Kiinnitysvoima C (kN)	0,00	
Käsi johde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,00	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,00	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsi johdeen taipuma v (mm)	0,0	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaldek korkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	4000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Litoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman valitsee
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²), itseisarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,51	Murtorajatilalla
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,01	Käyttöraajatilalla, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo q_{hk} (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{hd} (kN/m)	0,53	Murtorajatilalla
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{hd} (kN/m)	0,35	Käyttöraajatilalla, ominaisyhdistelmä
Kaldestasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,64	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	0,0 %	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,00	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,00	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,00	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,70	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	0,00	P=P1+P2+P3
Talvutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	0,00	
Puristusvoima säätötalille A (kN)	-0,70	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	0,00	
Kaldestasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,00	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,00	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,00	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,47	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan (kN)	0,00	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötalille A (kN)	-0,47	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	0,00	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	0	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	0,0	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsi johde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	100,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	1,17	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	1,09	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,53	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	2,79	
Maksimitalvutusmomentti (kNm)	5,58	KESTÄVYYS EI RIITÄ!
Kiinnitysvoima C (kN)	5,58	
Käsi johde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,78	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,73	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,35	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	1,86	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75980000000	
Käsi johde taipuma v (mm)	81,7	TAIPUMA LIIAN SUURI! Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaldek korkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	4000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Liitoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman valitsee
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²), itsesarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo q_{hk} (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{hd} (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{hd} (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kalademasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	1,00	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	60 %	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,66	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,70	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,32	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	1,09	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	1,67	P=P1+P2+P3
Talvutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	2,22	
Puristusvoima säätötalalle A (kN)	20,03	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	22,80	
Kalademasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,44	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,47	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,21	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,73	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	1,12	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötalalle A (kN)	13,35	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	15,20	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	-9,33922E+11	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	-32,7	Talpumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsi johde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	40,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,47	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,44	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,21	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	1,12	
Maksimitalvutusmomentti (kNm)	2,23	
Kiinnitysvoima C (kN)	2,23	
Käsi johde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,31	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,29	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,14	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,74	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsi johteen taipuma v (mm)	32,7	Talpumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaidekorkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	5000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Ulittoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A=vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman vaika
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo q_{we} (kN/m ²), itsesarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{we,d}$ (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{we,d}$ (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaidemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,64	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	100 %	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,70	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,75	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,34	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,70	
Kokonaiskuormitus maston yläpään kohtaan P (kN)	1,79	P=P1+P2+P3
Talvutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	2,37	
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	21,83	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	24,32	
Kaidemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,47	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,50	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,22	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,47	
Kokonaiskuormitus maston yläpään kohtaan (kN)	1,19	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	14,55	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	16,21	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	-9,96184E+11	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	-34,9	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsi johde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	0,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,00	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,00	
Maksimitalvutusmomentti (kNm)	0,00	
Kiinnitysvoima C (kN)	0,00	
Käsi johde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,00	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,00	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsi johdeen taipuma v (mm)	0,0	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaldek korkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	5000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Liitoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman vaika
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²), itsesarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluvarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluvarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,01	Käyttöraajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo q_{hd} (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluvarvo q_{hd} (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluvarvo q_{hd} (kN/m)	0,35	Käyttöraajatila, ominaisyhdistelmä
Kaldemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0 %	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	0,00	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,00	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,00	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,00	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,00	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	0,00	P=P1+P2+P3
Talvutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	0,00	
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	0,00	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	0,00	
Kaldemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,00	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,00	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,00	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,00	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan (kN)	0,00	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	0,00	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	0,00	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	0	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston talpuma v (mm)	0,0	Talpumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsilohde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	100,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	1,17	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	1,09	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,53	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	2,79	
Maksimitalvutusmomentti (kNm)	8,72	KESTÄVYYS EI RIITÄ!
Kiinnitysvolma C (kN)	6,98	
Käsilohde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,78	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,73	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,35	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	1,86	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsilohteen talpuma v (mm)	199,4	TAIPUMA LIIAN SUURI! Talpumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaidekorkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	5000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Liitoksen momenttivarssi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarssi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman vaika
Tuulikuorman ominaisarvo q_{ref} (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo q_{ref} (kN/m ²), itsesarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{sd} (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{sd} (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo q_{hy} (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{hd} (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{hd} (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaldemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,78	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	82 %	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,70	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,75	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,34	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,85	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	1,78	P=P1+P2+P3
Talvutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	2,36	
Puristusvoima säätötalalle A (kN)	21,66	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	24,30	
Kaldemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,47	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,50	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,22	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,57	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan (kN)	1,19	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötalalle A (kN)	14,44	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	16,20	
L1+L2 (m)	1430,00	
Eiv (Nmm ² , maston yläpäässä)	-9,95561E+11	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	-34,9	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsirohde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	18,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,21	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,20	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,09	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,50	
Maksimitalvutusmomentti (kNm)	1,57	
Kiinnitysvoima C (kN)	1,26	
Käsirohde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,14	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,13	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,06	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,33	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsirohdeen taipuma v (mm)	35,9	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaldek korkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	6000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Litoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{w0} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman vaika
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,e}$ (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,i}$ (kN/m ²), itsesarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,d}$ (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,d}$ (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo $q_{w,h}$ (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{w,d}$ (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{w,d}$ (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaldemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,64	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	100 %	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,70	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,75	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,34	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,70	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	1,79	P=P1+P2+P3
Talvutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	2,37	
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	21,83	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	24,32	
Kaldemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,47	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,50	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,22	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,47	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan (kN)	1,19	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	14,55	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	16,21	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	-9,96184E+11	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	-34,9	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsilohde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	0,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,00	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,00	
Maksimitalvutusmomentti (kNm)	0,00	
Kiinnitysvoima C (kN)	0,00	
Käsilohde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,00	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,00	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,00	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsilohdeen taipuma v (mm)	0,0	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaidekorkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	6000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Litoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai +0,3 sen mukaan, kumman vaika
Tuulikuorman ominaisarvo q_{sk} (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo q_{sk} (kN/m ²), itsisarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määrävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo q_{sk} (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määrävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{sd} (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo q_{sd} (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaidemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	0 %	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,00	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,00	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,00	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,00	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	0,00	P=P1+P2+P3
Talvutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	0,00	
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	0,00	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	0,00	
Kaidemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,00	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,00	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,00	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,00	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan (kN)	0,00	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	0,00	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	0,00	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	0	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	0,0	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsilohde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	100,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	1,17	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	1,09	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,53	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	2,79	
Maksimitalvutusmomentti (kNm)	12,56	KESTÄVYYS EI RIITÄ!
Kiinnitysvoima C (kN)	8,37	
Käsilohde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,78	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,73	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,35	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	1,86	
Talvutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsilohdeen taipuma v (mm)	413,5	TAIPUMA LIIAN SUURI! Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaldek korkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	6000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Liitoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman vaika
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo q_{wk} (kN/m ²), itseisarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluvarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluvarvo q_{wd} (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo q_{hd} (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluvarvo q_{hd} (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluvarvo q_{hd} (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaldemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,69	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	92 %	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,69	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,74	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,33	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,76	
Kokonaiskuormitus maston yläpään kohtaan P (kN)	1,77	P=P1+P2+P3
Taivutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	2,35	
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	21,59	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	24,12	
Kaldemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,46	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,50	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,22	
Pistevoima kaldelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,50	
Kokonaiskuormitus maston yläpään kohtaan P (kN)	1,18	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	14,40	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	16,08	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	-9,8809E+11	
Taivutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston talpuma v (mm)	-34,6	Talpumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsirohde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	8,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,09	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,09	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,04	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,22	
Maksimitaivutusmomentti (kNm)	1,00	
Kiinnitysvoima C (kN)	0,67	
Käsirohde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,06	
Tasainen kuorma kaldelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,06	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,03	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,15	
Taivutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsirohdeen talpuma v (mm)	33,1	Talpumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaidekorkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1700	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	5000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Liitoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{pe} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman vaika
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,e}$ (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,i}$ (kN/m ²), itsensäarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,e}$ (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,i}$ (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo $q_{h,e}$ (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{h,e}$ (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{h,i}$ (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaidemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,55	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	40 %	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,24	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,26	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,12	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,60	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	0,61	P=P1+P2+P3
Taivutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	0,81	
Puristusvoima säätötalalle A (kN)	7,14	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	8,36	
Kaidemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,16	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,17	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,08	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,40	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	0,41	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötalalle A (kN)	4,76	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	5,57	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ² , maston yläpäässä)	-3,42438E+11	
Taivutusjäykkyys EI (Nmm ²)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	-12,0	Taipumaraja l/100 parvekkeen leveydestä
Käsihohde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	60,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,70	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,66	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,32	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	1,67	
Tarkastelu kohta x (mm)	160,00	
Maksimitaivutusmomentti (kNm)	0,65	
Kiinnitysvaiva C (kN)	4,19	
Käsihohde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,47	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,44	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,21	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	1,12	
Elv (Nmm ³ , maston yläpäässä)	928125834240,00	
Taivutusjäykkyys EI (Nmm ²)	75908000000,00	
Käsihohteen taipuma v (mm)	12,23	Taipumaraja l/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaidekorkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	5000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Liitoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{w0} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman valit
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,e}$ (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,i}$ (kN/m ²), itsensäarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,d}$ (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,d}$ (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo $q_{h,e}$ (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{h,d}$ (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{h,d}$ (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaidemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,78	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	72 %	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,61	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,66	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,29	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,85	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	1,57	P=P1+P2+P3
Taivutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	2,08	
Puristusvoima säätötalalle A (kN)	18,92	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	21,34	
Kaidemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,41	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,44	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,20	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,57	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	1,04	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötalalle A (kN)	12,61	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	14,23	
L1+L2 (m)	1430,00	
Elv (Nmm ³ , maston yläpäässä)	-8,74151E+11	
Taivutusjäykkyys EI (Nmm ³)	28532000000	
Maston taipuma v (mm)	-30,6	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsijohde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	28,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,33	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,31	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,15	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,78	
Tarkastelu kohta x (mm)	940,00	
Maksimitaivutusmomentti (kNm)	1,49	
Kiinnitysvoima C (kN)	1,95	
Käsijohde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,22	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,20	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,10	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,52	
Elv (Nmm ³ , maston yläpäässä)	238645524432,00	
Taivutusjäykkyys EI (Nmm ³)	75908000000,00	
Käsijohteen taipuma v (mm)	31,44	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

Mitat:		
Laatan paksuus h (mm)	250	
Kaidekorkeus laatan yläpinnasta L3 (mm)	1200	
Parvekelasituksen korkeus L4 (mm)	1550	
Parvekkeen leveys L6 (mm)	5000	
Tallan etäisyys otsan reunasta L5 (mm)	20	
Liitoksen momenttivarsi L1 (mm)	105	
Kuorman momenttivarsi kiinnityskohtaan L2 (mm)	1325	
Tuulikuorma:		
Tuulen nopeuspaine q_{w0} (kN/m ²)	0,67	
Ulkopuolisen paineen painekerroin c_{pe}	-1,31	A-vyöhyke, tarkasteltava pinta-ala 4,5m ²
Sisäpuolisen paineen painekerroin c_{pi}	0,2	Käytetään +0,2 tai -0,3 sen mukaan, kumman valit.
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,e}$ (kN/m ²)	-1,01	
Tuulikuorman ominaisarvo $q_{w,i}$ (kN/m ²), itsisarvo	1,01	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,5	1,5 jos tuulikuorma määräävä
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,e,d}$ (kN/m ²)	1,51	Murtorajatila
Tuulikuorman suunnitteluarvo $q_{w,i,d}$ (kN/m ²)	1,01	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Vaakahyötykuorma:		
Hyötykuorman ominaisarvo $q_{h,e}$ (kN/m)	0,5	
Kuormituksen osavarmuuskerroin, MRT	1,05	1,5x0,7, jos ei määräävä
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{h,e,d}$ (kN/m)	0,53	Murtorajatila
Hyötykuorman suunnitteluarvo $q_{h,i,d}$ (kN/m)	0,35	Käyttörajatila, ominaisyhdistelmä
Kaidemasto, MURTORAJATILA:		
Mastojako L7 (m)	0,78	
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	81 %	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,69	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,74	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,33	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,85	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan P (kN)	1,76	P=P1+P2+P3
Taivutusmomentti kiinnityskohdassa (kNm)	2,34	
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	21,39	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	24,01	
Kaidemasto, KÄYTTÖRAJATILA		
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P1 (kN)	0,46	
Pistevoima parvekelasin tuulikuormasta P2 (kN)	0,49	
Pistevoima hyötykuormasta P3 (kN)	0,22	
Pistevoima kaidelasin tuulikuormasta P4 (kN)	0,57	
Kokonaiskuormitus maston yläpäähän kohtaan (kN)	1,18	P=P1+P2+P3
Puristusvoima säätötallalle A (kN)	14,26	
Vetovoima kiinnityskohdassa B (kN)	16,00	
L1+L2 (m)	1430,00	
Eiv (Nmm ³ , maston yläpäässä)	-9,8342E+11	
Taivutusjäykkyys EI (Nmm ⁴)	28532000000,00	
Maston taipuma v (mm)	-34,5	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä
Käsirohde, MURTORAJATILA:		
Osuus, joka kuormasta tulee mastolle (%)	19,0 %	
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,22	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,21	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,10	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,53	
Tarkastelu kohta x (mm)	1720,00	
Maksimitaivutusmomentti (kNm)	1,50	
Kiinnitysvaiva C (kN)	1,33	
Käsirohde, KÄYTTÖRAJATILA:		
Tasainen kuorma parvekelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,15	
Tasainen kuorma kaidelasin tuulikuormasta (kN/m)	0,14	
Tasainen kuorma hyötykuormasta (kN/m)	0,07	
Kokonaiskuormitus (kN/m)	0,35	
Eiv (Nmm ³ , maston yläpäässä)	2545476154496,00	
Taivutusjäykkyys EI (Nmm ⁴)	75908000000,00	
Käsirohdeen taipuma v (mm)	33,53	Taipumaraja L/100 parvekkeen leveydestä

LIITE F: HILTIN ANKKURIN VETOKAPASITEETIN MÄÄRITYS PROFIS ANCHOR -OHJELMAN AVULLA



Profis Anchor 2.7.3


www.hilti.fi

Yritys: Skaala Group Oy
Suunnittelija: Ville Eilittä
Osoite:
Puhelin / Faksi: |
E-Mail:

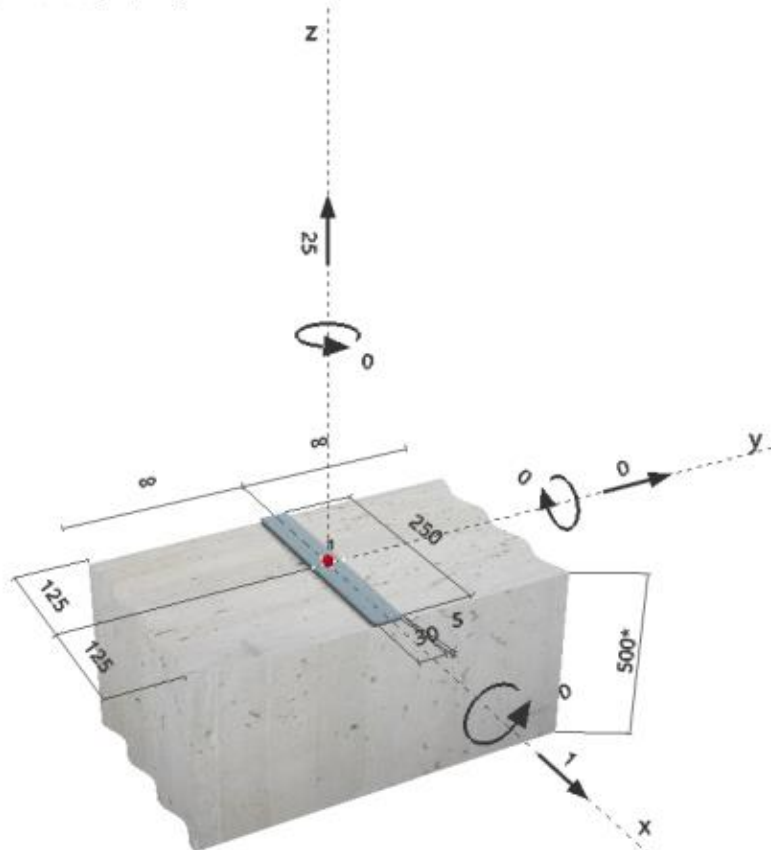
Sivu: 1
Projekti: Diplomityö
Ala-projekti / Positionumero:
Pvm.: 26.4.2018

Suunnittelijan kommentit:

1 Syötetyt tiedot

Ankkurin tyyppi ja mitat:	HIT-HY 200-A + HIT-Z-R M10	
Tehollinen ankkurointisyvyys:	$h_{ef,ops} = 92 \text{ mm}$ ($h_{ef,kna} = 120 \text{ mm}$)	
Materiaali:	A4	
Hyväksyntä:	ETA 12/0006	
Julkaistu / Voimassa:	18.8.2016 -	
Mitoitusmenetelmä:	Mitoitusmenetelmä ETAG BOND; EOTA TR 029	
Tukikiinnitys:	$e_s = 0 \text{ mm}$ (ei tukikiinnitystä); $t = 5 \text{ mm}$	
Pohjalevy:	$l_x \times l_y \times t = 250 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$; (Suositeltu pohjalevyn paksuus: ei laskettu)	
Profiili:	ei profiilia	
Alusmateriaali:	Halkeillut betoni, C35/45, $f_{c,cube} = 45,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 500 \text{ mm}$, Lämpötila lyhyt/pitkä: 40/24 °C	
Asennus:	Poravaralla porattu reikä, Porareian olosuhde: kuiva	
Rauditus:	Ei rauditusta tai tankojen väli on $\geq 150 \text{ mm}$ (mikä tahansa \emptyset) tai $\geq 100 \text{ mm}$ ($\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) Ei pitkästä reunarauditusta Betonin halkeilua rajoittava rauditus käytössä, perustuen EOTA TR 029, 5.2.2.6.	

Geometria [mm] & Kuormitus [kN, kNm]





www.hilti.fi

Profis Anchor 2.7.3

Yritys: Skaala Group Oy
Suunnittelija: Ville Eilila
Osoite:
Puhelin / Faksi: |
E-Mail:

Sivu: 2
Projekti: Diplomityö
Ala-projekti / Positionumero:
Pvm.: 26.4.2018

2 Kuormitusilanne/Ankkurivoimaresultantti

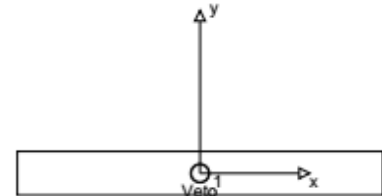
Kuormitusilanne: Suunnittelukuormat

Ankkurireaktiot [kN]

Vetovoima: (+Veto, -Puristus)

Ankkuri	Vetovoima	Leikkausvoima	Leikkausvoima x	Leikkausvoima y
1	25,000	1,000	1,000	0,000

betonin suurin muodonmuutos: - [‰]
betonin suurin puristusjännitys: - [N/mm²]
vetovoimaresultantti (x/y)=(0/0): 25,000 [kN]
puristusvoimaresultantti (x/y)=(0/0): 0,000 [kN]



3 Vetokuorma (EOTA TR 029, Kohta 5.2.2)

	Kuorma [kN]	Kapasiteetti [kN]	Käyttöaste β_n [%]	Tila
Teräksen murtuminen*	25,000	25,333	99	OK
Tartunnan pettämisen ja betonin kartiomurtumisen yhdistelmä**	25,000	27,646	91	OK
Betonin kartiomurtuminen**	25,000	25,010	100	OK
Halkeaminen**	Ei relevantti	Ei relevantti	Ei relevantti	Ei relevantti

* eniten kuormitettu ankkuri **ankkuriryhmä (vetokuormitetut ankkurit)

3.1 Teräksen murtuminen

$N_{Rk,a}$ [kN]	$\gamma_{M,a}$	$N_{Rd,a}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
38,000	1,500	25,333	25,000

3.2 Tartunnan pettämisen ja betonin kartiomurtumisen yhdistelmä

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$\tau_{Rk,act,25}$ [N/mm ²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
32400	32400	24,00	180	90	125
$h_{ef,Halk}$ [mm]	ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm ²]	k	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{s,Np}$
60	1,000	22,00	2,300	1,000	1,000
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{s,Np}$
0	1,000	0	1,000	1,000	1,000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]	
41,469	41,469	1,500	27,646	25,000	

3.3 Betonin kartiomurtuminen

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]		
69000	76176	138	276		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{s,N}$
0	1,000	0	1,000	0,972	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]	
7,200	42,621	1,500	25,010	25,000	


Profis Anchor 2.7.3

www.hilti.fi

 Yritys: Skaala Group Oy
 Suunnittelija: Ville Ellilä
 Osoite:
 Puhelin / Faksi: |
 E-Mail:

 Sivu: 3
 Projekti: Diplomityö
 Ala-projekti / Positionumero:
 Pvm.: 26.4.2018

4 Leikkauskuorma (EOTA TR 029, Kohta 5.2.3)

	Kuorma [kN]	Kapasiteetti [kN]	Käyttöaste β_v [%]	Tila
Teräksen murtuminen (ilman vipuvartta)*	1,000	18,400	6	OK
Teräksen murtuminen (vipuvartalla)*	Ei relevantti	Ei relevantti	Ei relevantti	Ei relevantti
Betonin kampeamismurtuminen**	1,000	50,020	2	OK
Betonin reunamurtuminen suunnassa x+**	1,000	17,007	6	OK

* eniten kuormitettu ankkuri **ankkuryhmä (relevantit ankkurit)

4.1 Teräksen murtuminen (ilman vipuvartta)

$V_{Rd,s}$ [kN]	γ_{Ma}	$V_{Rd,a}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
23,000	1,250	18,400	1,000

4.2 Lohkeaminen (betonin kartiomurtuminen)

$A_{c,N}$ [mm ²]	$A_{c,N}^0$ [mm ²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k-factor	k_1
69000	76176	138	276	2,000	7,200
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1,000	0	1,000	0,972	1,000
$N_{Rd,c}^0$ [kN]	$\gamma_{Mc,p}$	$V_{Rd,c,p}$ [kN]	V_{Sd} [kN]		
42,621	1,500	50,020	1,000		

4.3 Betonin reunamurtuminen suunnassa x+

h_{ef} [mm]	d_{nom} [mm]	k_1	α	β	
92	10,0	1,700	0,086	0,060	
c_1 [mm]	$A_{c,V}$ [mm ²]	$A_{c,V}^0$ [mm ²]			
125	70313	70313			
$\psi_{s,V}$	$\psi_{s,V}$	$\psi_{s,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$
1,000	1,000	1,000	0	1,000	1,000
$V_{Rd,c}^0$ [kN]	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Sd} [kN]		
25,510	1,500	17,007	1,000		

5 Veto- ja leikkauskuormien yhdistelmä (EOTA TR 029, Kohta 5.2.4)

β_N	β_V	α	Käyttöaste $\beta_{N,V}$ [%]	Tila
1,000	0,059	1,000	89	OK

 $(\beta_N + \beta_V) / 1.2 \leq 1,0$
6 Siirtymät (eniten kuormitettu ankkuri)

Lyhytaikainen kuormitus:

N_{Sk} = 18,519 [kN]	δ_N = 0,577 [mm]
V_{Sk} = 0,741 [kN]	δ_V = 0,044 [mm]
	δ_{NV} = 0,578 [mm]

Pitkäaikainen kuormitus:

N_{Sk} = 18,519 [kN]	δ_N = 1,346 [mm]
V_{Sk} = 0,741 [kN]	δ_V = 0,059 [mm]
	δ_{NV} = 1,347 [mm]

Huomautuksia: Vetosiirtymät ovat mahdollisia puolella vaaditusta kiertostmomentista! Halkellematon Leikkaussiirtymät ovat voimassa, kun betonin ja ankkurileivyn välillä ei ole kitkaa! Poratun reiän ja asennusreiän toleransseista johtuvaa rakoa ei oteta huomioon tässä laskelmassa!

Hyväksytyt ankkurin siirtymät riippuu kiinnitetystä rakenteesta ja on suunnittelijan toimesta tarkistettava erikseen!



www.hilti.fi

Profis Anchor 2.7.3

Yritys:	Skaala Group Oy	Sivu:	4
Suunnittelija:	Ville Ellilä	Projekti:	Diplomityö
Osoite:		Ala-projekti / Positionumero:	
Puhelin / Faksi:		Pvm.:	26.4.2018
E-Mail:			

7 Varoitukset

- Pohjalevy oletetaan riittävän jäykäksi, jotta se ei muuta muotoaan kuormitusten vaikutuksesta.
- Kuormien siirtyminen betoniin pitää tarkastaa EOTA TR 029, kohdan 7 mukaan!
- Mitoitus on pätevä vain, mikäli pohjalevyssä oleva reikä ei ole suurempi kuin mitä on määritelty Taulukossa 4.1, EOTA TR 029! Suuremmille reiän halkaisijoille, katso EOTA TR 029, Kappale 1.1!
- Porareian olosuhde 1 ei vaadi porareian puhdistusta poravasarella tehtyyn reikään.
- Liitoksen ominaiskapasiteetti riippuu lyhyt- ja pitkäaikaisista lämpötiloista.
- Reunavahvistusta ei tarvita halkeamismurron välttämiseksi

Kiinnitys täyttää mitoitus ehdot!



www.hilti.fi

Profis Anchor 2.7.3

Yritys: Skaala Group Oy
 Suunnittelija: Ville Ellilä
 Osoite:
 Puhelin / Faksi: |
 E-Mail:

Sivu: 5
 Projekti: Diplomityö
 Ala-projekti / Positionumero:
 Pvm.: 26.4.2018

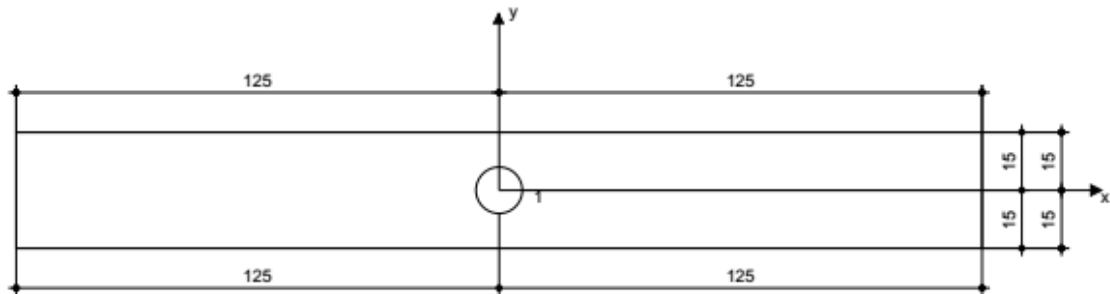
8 Asennusohjeet

Pohjalevy, teräs: -
 Profiili: ei profiilia
 Reiän halkaisija rakenteessa: $d_r = 12$ mm
 Levyn paksuus (syötetty): 5 mm
 Suositeltu pohjalevyn paksuus: ei laskettu
 Drilling method: Hammer drilled
 Puhdistus: Reikää ei tarvitse puhdistaa

Ankkurin tyyppi ja mitat: HIT-HY 200-A + HIT-Z-R M10
 Kiertymomentti: 0,025 kNm
 Reiän halkaisija alusmateriaalissa: 12 mm
 Reiän syvyys alusmateriaalissa: 122 mm
 Alusmateriaalin minimipaksuus: 152 mm

8.1 Tarvittavat lisävarusteet

Poraus	Puhdistus	Asennus
<ul style="list-style-type: none"> Soveltuva poravasara Oikean kokoinen poranterä 	<ul style="list-style-type: none"> Lisävarusteita ei tarvita 	<ul style="list-style-type: none"> Puristin, sisältäen kasetin ja sekoitinkärjen Momenttiavain



Ankkureiden koordinaatit [mm]

Ankkuri	x	y	c_x	c_{xx}	c_y	c_{yy}
1	0	0	125	125	-	-

Syötötiedot ja laskokset on tarkastettava, että ne vastaavat todellisia olosuhteita!
 PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti on rekisteröity tavaramerkki, jonka omistaa Hilti AG, Schaan



www.hilti.fi

Profis Anchor 2.7.3

Yritys:	Skaala Group Oy	Sivu:	6
Suunnittelija:	Ville Elillä	Projekti:	Diplomityö
Osoite:		Ala-projekti / Positionumero:	
Puhelin / Faksi:		Pvm.:	26.4.2018
E-Mail:			

9 Remarks; Your Cooperation Duties

- Any and all information and data contained in the Software concern solely the use of Hilti products and are based on the principles, formulas and security regulations in accordance with Hilti's technical directions and operating, mounting and assembly instructions, etc., that must be strictly complied with by the user. All figures contained therein are average figures, and therefore use-specific tests are to be conducted prior to using the relevant Hilti product. The results of the calculations carried out by means of the Software are based essentially on the data you put in. Therefore, you bear the sole responsibility for the absence of errors, the completeness and the relevance of the data to be put in by you. Moreover, you bear sole responsibility for having the results of the calculation checked and cleared by an expert, particularly with regard to compliance with applicable norms and permits, prior to using them for your specific facility. The Software serves only as an aid to interpret norms and permits without any guarantee as to the absence of errors, the correctness and the relevance of the results or suitability for a specific application.
- You must take all necessary and reasonable steps to prevent or limit damage caused by the Software. In particular, you must arrange for the regular backup of programs and data and, if applicable, carry out the updates of the Software offered by Hilti on a regular basis. If you do not use the AutoUpdate function of the Software, you must ensure that you are using the current and thus up-to-date version of the Software in each case by carrying out manual updates via the Hilti Website. Hilti will not be liable for consequences, such as the recovery of lost or damaged data or programs, arising from a culpable breach of duty by you.

LIITE G: HECON BETONIRUUVILIITOKSEN KESTÄVYYDEN MÄÄRITYS HECO ANCHOR DESIGN -OHJELMAN AVULLA

HECO[®]- HCS

Project description

Processor v_ell

Project no.



(1/6) Page 1

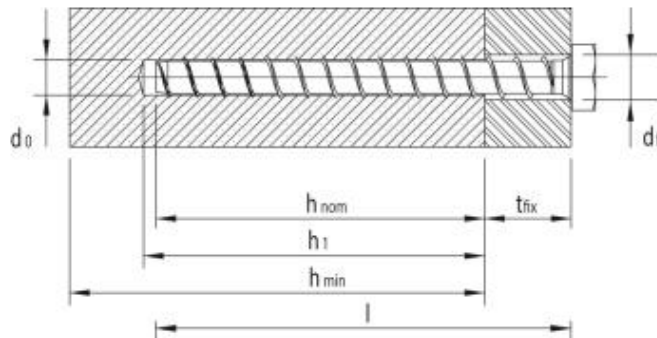
1. Item overview

MULTI-MONTI MMS-S 7,5 x 60/5

Material	Steel zinc plated
Thread size	Ø 7,5 mm
Anchorage depth h_{nom}	55 mm
Anchorage depth h_{fix}	40 mm
Nominal drill diameter d_o	6 mm
Depth of drilled hole h_1	65 mm
Valid approval number	ETA-05/0010
Clearance hole diameter d_f	9 mm



Article number (Anchor items)	42604
Anchor length L	60 mm
Maximum attachment part thickness $t_{a,max}$	5 mm
Packaging unit	100 Piece
Measuring procedure	EOTA ETAG 001, Annex C, Method A: 2010



2. Entries

Base material

Concrete condition	Cracked
Concrete member thickness	$h = 200$ mm
Compressive strength	C35/45
Concrete compressive strength	$f_{c,cube} = 45,00$ N/mm ²
Concrete reinforcement	Normal reinforced concrete
Edge reinforcement	Without edge reinforcement
Reinforcement to control splitting	Not available
Drilling method	Hammer drilling

Anchor plate

Geometry	Shape: Rectangle Width L_x : 80 mm Length L_y : 70 mm Thickness t : 5 mm
----------	---------------------------------------------------------------------------------------

HECO[®] - HCS

Project description
 Processor v_ell
 Project no.



Anchor group

Geometry Layout: 1 Anchors
 Eccentricity $e_y: 0 \text{ mm} \mid e_z: 0 \text{ mm}$
 Langloch No slotted hole
 Anchor bending No

Profile

Profile No profile
 Eccentricity $e_y: 0 \text{ mm} \mid e_z: 0 \text{ mm}$

Loads

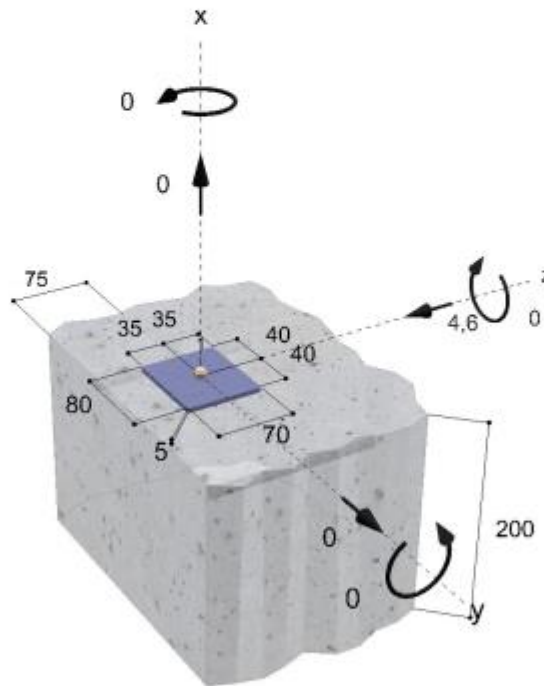
Load type Static / Quasi-static

Design loads

N_{ed}	V_{yd}	V_{zd}	M_{xd}	M_{yd}	M_{zd}
0,00 kN	0,00 kN	-4,60 kN	0,00 kNm	0,00 kNm	0,00 kNm

Geometry

Length in [mm] | Forces in [kN] | Moment in [kNm]



HECO-Schrauben GmbH & Co. KG

Dr.-Kurt-Stein-Straße 28 D-78713 Schramberg

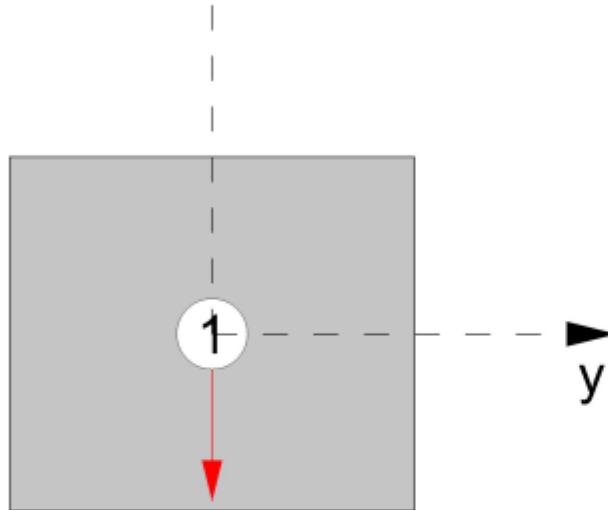
+49 (0)7422 989-287 info@heco-schrauben.de

Version: 4.0.1.6

26.5.2018

3. Resulting anchor forces

Anchor number	Tensile force	Shear force	Shear force y	Shear force z
1	0,00 kN	4,60 kN	0,00 kN	-4,60 kN
Total	0,00 kN	4,60 kN	0,00 kN	-4,60 kN



4. Verifications - Shear stress

4.1 Steel failure without lever arm - Shear stress

$\beta_{V,s}$	=	$V_{Sd}^h / V_{Rd,s}$	
V_{Sd}^h	=	4,60 kN	Design value
$V_{Rd,s}$	=	$V_{Rk,s} / \gamma_{Ms,V}$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.1
$V_{Rk,s}$	=	$k_2 \cdot 6,90$ kN	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.2a)
k_2	=	1,00	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.2a)
$\gamma_{Ms,V}$	=	1,50	Approval
$V_{Rd,s}$	=	4,60 kN	
$\beta_{V,s}$	=	1,00	Utilisation ratio

4.2 Concrete cone failure (Anchor group) - Shear stress

		1	Decisive anchors
$\beta_{V,cp}$	=	$V_{Sd}^0 / V_{Rd,cp}$	
V_{Sd}^0	=	4,60 kN	Design value
$V_{Rd,cp}$	=	$V_{Rk,cp} / \gamma_{Mcp,V}$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.1
$V_{Rk,cp}$	=	$k \cdot N_{Rk,c}$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.3 (5.6)
k	=	1,00	Approval
$N_{Rk,c}$	=	$N_{Rk,c}^0 \cdot A_{c,V} / A_{c,V}^0 \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{te,N} \cdot \psi_{ec,V}$	ETAG 001, Annex C, 5.2.2.4 (5.2)
$N_{Rk,c}^0$	=	$k_1 \cdot f_{ck,cube}^{0,5} \cdot h_{ef}^{1,5}$	ETAG 001, Annex C, 5.2.2.4a) (5.2a)
k_1	=	7,20	ETAG 001, Annex C, 5.2.2.4a)

HECO[®]-HCS

Project description

Processor v_ell

Project no.



(4/6) Page 4

h_{ef}	= 40 mm	Approval
$N_{Rk,c}^0$	= 12,22 kN	
$A_{c,V}$	= 14400 mm ²	ETAG 001, Annex C, 5.2.2.4b)
$A_{c,V}^0$	= $s_{cr,N}^2 = (120 \text{ mm})^2 = 14400 \text{ mm}^2$	ETAG 001, Annex C, 5.2.2.4b) (5.2b)
$\psi_{s,N}$	= $0,7 + 0,3 \cdot c / c_{cr,N} \leq 1,0$	ETAG 001, Annex C, 5.2.2.4c) (5.2c)
c	= 75 mm	
$c_{cr,N}$	= 60 mm	
$\psi_{s,N}$	= 1,0000	
$\psi_{re,N}$	= $0,5 + h_{ef} / 200 \text{ mm} \leq 1,0$	ETAG 001, Annex C, 5.2.2.4d) (5.2d)
	= 1,0000	ETAG 001, Annex C, 5.2.2.4d) (5.2d)
$\psi_{ec,V}$	= $1 / (1 + 2 \cdot e_V / s_{cr,N})$	ETAG 001, Annex C, 5.2.2.4e) (5.2e)
$e_{V,y}$	= 0 mm	
$e_{V,z}$	= 0 mm	
e_V	= 0 mm	
$\psi_{ec,V}$	= 1,0000	
$N_{Rk,c}$	= 12,22 kN	
$V_{Rk,cp}$	= 12,22 kN	
$\gamma_{Mcp,V}$	= 1,50	Approval
$V_{Rd,cp}$	= 8,15 kN	
$\beta_{V,cp}$	= 0,56	Utilisation ratio

4.3 Concrete edge failure - Shear stress

	1	Decisive anchors
$\beta_{V,c}$	= $V_{Sd} / V_{Rd,c}$	
V_{Sd}	= 4,60 kN	Design value
$V_{Rd,c}$	= $V_{Rk,c} / \gamma_{Mcp,V}$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.1
$V_{Rk,c}$	= $V_{Rk,c}^0 \cdot A_{c,V} / A_{c,V}^0 \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{a,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V}$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4 (5.7)
$V_{Rk,c}^0$	= $k_1 \cdot d_{nom}^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot f_{ck,cube}^{0,5} \cdot c_1^{1,5}$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4a) (5.7a)
k_1	= 1,70	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4a)
d_{nom}	= 6 mm	Approval
h_{ef}	= 40 mm	Approval
α	= $0,1 \cdot (l_f / c_1)^{0,5}$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4a) (5.7b)
l_f	= 40,00 mm	Approval
c_1	= 75 mm	
α	= 0,07	
β	= $0,1 \cdot (d_{nom} / c_1)^{0,2} = 0,06$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4a) (5.7c)
$V_{Rk,c}^0$	= 10,55 kN	
$A_{c,V}$	= 25313 mm ²	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4b)
$A_{c,V}^0$	= $4,5 \cdot c_1^2 = 25313 \text{ mm}^2$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4b) (5.7d)
$\psi_{s,V}$	= $0,7 + 0,3 \cdot c_2 / (1,5 \cdot c_1) \leq 1,0$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4c) (5.7e)
	= 1,0000	
$\psi_{h,V}$	= $(1,5 \cdot c_1 / h)^{0,5} \geq 1,0$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4d) (5.7f)
h	= 200 mm	
$\psi_{h,V}$	= 1,0000	
$\psi_{a,V}$	= $(1 / [(\cos \alpha_V)^2 + (\sin \alpha_V / 2,5)^2])^{0,5} \geq 1,0$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4e) (5.7g)
α_V	= 0,00°	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4e)

HECO-Schrauben GmbH & Co. KG

Dr.-Kurt-Stein-Straße 28 D-78713 Schramberg

+49 (0)7422 989-287 info@heco-schrauben.de

Version: 4.0.1.6

26.5.2018

HECO®-HCS

Project description

Processor v_ell

Project no.



(5/6) Page 5

$\psi_{a,V}$	= 1,0000	
$\psi_{ec,V}$	= $1 / (1 + 2 \cdot e_V / (3 \cdot c_1)) \leq 1,0$	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4f) (5.7h)
e_V	= 0 mm	
$\psi_{ec,V}$	= 1,0000	
$\psi_{re,V}$	= 1,0000	ETAG 001, Annex C, 5.2.3.4g)
$V_{Rk,c}$	= 10,55 kN	
$\gamma_{Mc,V}$	= 1,50	Approval
$V_{Rd,c}$	= 7,03 kN	
$\beta_{V,c}$	= 0,65	Utilisation ratio

The anchor design has been successfully verified

5. Displacement

5.1 Short-term displacement

	1	Decisive anchor
$\check{\delta}_N$	= $N_{Ed} / N_0 \cdot \check{\delta}_{N0}$	Approval
N	= 0,00 kN	Design value
N_0	= 2,00 kN	Approval
$\check{\delta}_{N0}$	= 0,10 mm	Approval
$\check{\delta}_N$	= 0,00 mm	
$\check{\delta}_V$	= $V_{Ed} / V_0 \cdot \check{\delta}_{V0}$	Approval
V	= 3,29 kN	Design value
V_0	= 3,30 kN	Approval
$\check{\delta}_{V0}$	= 0,80 mm	Approval
$\check{\delta}_V$	= 0,80 mm	
$\check{\delta}_{NV}$	= $(\check{\delta}_N^2 + \check{\delta}_V^2)^{0,50} = 0,80$ mm	

5.2 Long-term displacement

	1	Decisive anchor
$\check{\delta}_N$	= $N_{Ed} / N_0 \cdot \check{\delta}_{N\infty}$	Approval
N	= 0,00 kN	Design value
N_0	= 2,00 kN	Approval
$\check{\delta}_{N\infty}$	= 0,20 mm	Approval
$\check{\delta}_N$	= 0,00 mm	
$\check{\delta}_V$	= $V_{Ed} / V_0 \cdot \check{\delta}_{V\infty}$	Approval
V	= 3,29 kN	Design value
V_0	= 3,30 kN	Approval
$\check{\delta}_{V\infty}$	= 1,20 mm	Approval
$\check{\delta}_V$	= 1,19 mm	
$\check{\delta}_{NV}$	= $(\check{\delta}_N^2 + \check{\delta}_V^2)^{0,50} = 1,19$ mm	

HECO-Schrauben GmbH & Co. KG

Dr.-Kurt-Stelm-Strasse 28 D-78713 Schramberg

+49 (0)7422 989-287 info@heco-schrauben.de

Version: 4.0.1.6

26.5.2018

HECO®-HCS

Project description

Processor v_ell

Project no.



6. Information

Information for the calculations:

For verification of the anchor load bearing capacity, the following documents are referred to:

- german national technical approval for anchors

The following presumptions are made for the calculation:

- the applied quality of building material is verified

- only anchors of the same type and size are used within one group

- the anchor plate remains level under load

Verification is given for the local force impact in the anchoring base; the transmission of forces in the building must be verified separately.

The design is based on extensive, anchor-specific specifications. A new design is necessary if the anchor is exchanged or the entry values are altered. The requirements and provisions of the national technical approval must be met. The respective approvals must be respected for dynamic loading of the anchors.