

Joosua Siirilä

Betonivalmisteisten elementtiulokeparvekkeiden työnaikainen tuenta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennetekniikka

Insinöörityö

6.4.2017

Tekijä Otsikko	Joosua Siirilä Betonivalmisteisten elementtiulokeparvekkeiden työnaikainen tuenta
Sivumäärä Aika	44 sivua + 5 liitettä 6.4.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaajat	Vastaava työnjohtaja Riku Karrala Lehtori Timo Leppänen
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Skanska Talonrakennus Oy:lle. Työn tavoitteena oli selvittää vaihtoehtoja betonivalmisteisten elementtiulokeparvekkeiden työnaikaisen tuennan toteuttamiseksi, vertailla eri menetelmien kustannuksia ja toteutuskelpoisuutta sekä laatia aiheesta työohje tilaajayrityksen käyttöön.</p> <p>Työssä perehdyttiin ulokeparvekkeen rakenteeseen, ulokeparvekkeen tuennan perusteisiin ja rakenteen toimintaan tuettuna. Erilaisten tuentamenetelmien kartoittamiseksi tutustuttiin aiheesta olemassa oleviin ohjeisiin ja käytäntöihin. Lähdemateriaalina käytettiin parvekelii-tososien ja tuentakaluston valmistajien ja toimittajien ohjeita ja suunnitelmia, aiheeseen liit-tyvää kirjallisuutta sekä asiantuntijoiden ja työmaahenkilöstön haastatteluita. Kartoituksen perusteella valittiin kolme menetelmää, joita vertailtiin toteutuskelpoisuuden ja kustannusten kannalta. Vertailtuja menetelmiä olivat asennusaikaisen tuennan jättäminen paikoilleen jäl-kituennaksi, asennusaikaisen tuennan vaihtaminen erilliseen jälkituentakalustoon, sekä me-netelmä joka toteutetaan kuten ensimmäinen tai toinen menetelmä, mutta jälkituenta pois-tetaan poikkeuksellisesti alhaalta ylöspäin runkotyön edetessä.</p> <p>Työn tuloksena selvisi, että kaikki kolme vertailtua menetelmää ovat mahdollisia toteuttaa tietyin rajoituksin. Johtuen suuresta määrästä muuttuvia tekijöitä, ulokeparvekkeiden työn- aikaiseen tuentaan ei voitu kuitenkaan määrittää yhtä oikeaa joka kohteeseen sopivaa me-netelmää. Työn tuloksena voitiin kuitenkin määrittää pääsääntöjä jotka ohjaavat työmaata parhaan menetelmän valitsemiseksi kuhunkin kohteeseen. Kustannusvertailun perusteella voitiin todeta jo pienillä parannuksilla työn suunnittelussa saavutettavan merkittävää säästöä kalustokustannuksissa.</p> <p>Työn tulosten avulla ulokeparvekkeiden tuentatyötä suunnitteleva saa perusteet ulokepar-vekkeen toiminnasta ja työnaikaisesta tuennasta sekä ohjeet tuentamenetelmän valintaan ja työn toteuttamiseen.</p>	
Avainsanat	uloke, parveke, tuenta, muotinpurkulujuus

Author Title	Joosua Siirilä Temporary Supporting of Precast Concrete Cantilever Balconies During Construction
Number of Pages Date	44 pages + 5 appendices 6 April 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructors	Riku Karrala, Site Manager Timo Leppänen, Senior Lecturer
<p>The Bachelor's thesis was commissioned by Skanska Talonrakennus Oy. The purpose of the thesis project was to research different options to execute temporary supporting work of cantilever balconies, to compare the costs of different methods, their feasibility, and to produce a work instruction for the subscriber company.</p> <p>The thesis project began by reviewing the structure of cantilever balconies and the functioning of the structure when supported. Existing guidelines and practices were explored to ascertain various possible supporting systems. The source material included guidelines and plans from the manufacturers and suppliers of balcony fittings and supporting equipment, related literature, as well as interviews with site personnel and other experts.</p> <p>The results show that all of the compared methods are feasible with certain restrictions. Due to the large number of variable factors, it is not possible to determine a single method suitable for every case. The cost comparison shows that even small improvements in the planning of the work allow significant savings in equipment costs.</p> <p>This engineering thesis gives the person planning supporting of cantilever balconies basic knowledge of the structure and temporary supporting. Additionally, the thesis presents different materials and methods for the supporting, the comparison of costs and instructions of various methods.</p>	
Keywords	cantilever, balcony, supporting

Sisällys

Termit ja määritelmät

1	Johdanto	1
2	Parveketyypit	2
3	Ulokeparveke	5
3.1	Ulokeparvekkeen kannatus	5
3.2	Kannatus liitososalla	8
4	Ulokeparvekkeen mitoitus	12
5	Parveke-elementin asennus	15
6	Ulokeparvekkeen työnaikaisen tuennan periaatteet	17
6.1	Asennusaikainen tuenta	18
6.2	Jälkituenta	22
7	Tuennan poisto	27
7.1	Muotinpurkulujuus	27
7.2	Betonin lujuus	28
7.2.1	Lujuudenkehitys	29
7.2.2	Lujuuden määrittäminen	29
8	Vaihtoehtoja työnaikaisen tuennan toteuttamiseksi	31
8.1	Menetelmä 1: Asennustuenta koko runkotyön ajan	31
8.2	Menetelmä 2: Asennustuenta vaihdetaan jälkituentaan	32
8.3	Menetelmä 3: Tuenta poistetaan alhaalta ylöspäin	32
9	Kustannusvertailu	36
10	Työturvallisuus	37
11	Menetelmän valinta	38
12	Yhteenveto	40
	Lähteet	42

Liitteet

Liite 1. Ulokeparvekkeen liitososan mitoitus

Liite 2. Muotinpurkulujuuden laskenta

Liite 3. Asennettavaa parvekelaattaa kantavien parvekeliitosten määrän laskenta

Liite 4. Kustannusvertailu (luottamuksellinen)

Liite 5. Työohjeet (luottamuksellinen)

Termit ja määritelmät

K_m	Rakenteen betonin keskilujuus purkamishetkellä.
K	Rakenteen betonin nimellislujuus.
F	Rakenteelle työn aikana tuleva kuormitus.
F_k	Rakenteen suunnittelukuorman ominaisarvo.
t_{20}	Betonin kypsyysikä.
T	Betonin lämpötila aikana t [°C].
t	Kovettumisaika [d].

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehdään Skanska Talonrakennus Oy:lle, joka vastaa Skanska-konsernin talonrakennus- ja talotekniikkapalveluista Suomessa. Skanska Talonrakennuksen palveluihin kuuluvat asunto-, liike- ja toimitilarakentaminen, teollisuusrakentaminen, julkinen rakentaminen ja korjausrakentaminen. Skanska Talonrakennus on yksi Suomen suurimmista asuntorakentajista. Vuodesta 1994 tähän päivään Skanska Talonrakennus on rakentanut lähes 50 000 asuntoa. [1; 2.]

Ulokeparvekkeet ovat parvekkeita, jotka kannatetaan ulokkeena rakennuksen välipohjasta. Kantavien piilien ja pilarien puuttuessa, ulokeparvekkeiden asennusta ei voida suorittaa muutoin kuin tukemalla parvekkeet työn aikana väliaikaisella tuentakalustolla. Ulokeparvekkeiden tuentaan on olemassa useita erilaisia menetelmiä ja näistä valmiita ohjeistuksia, mutta ohjeet ovat suppeita eivätkä kata kuin yksittäisiä osa-alueita työstä. Skanska Talonrakennukselta on puuttunut selkeä vertailu eri tuentamenetelmistä sekä ohjeistus ulokeparvekkeiden työnaikaisen tuennan toteuttamisesta.

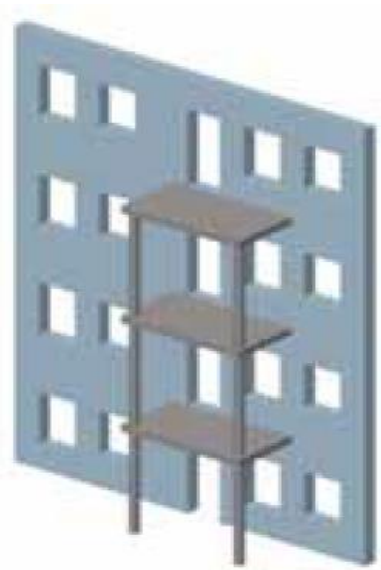
Tämän työn tarkoituksena on selvittää erilaisia mahdollisuuksia toteuttaa ulokeparvekkeiden työnaikainen tuenta, vertailla näitä taloudellisesti, rakennusteknisesti ja toteutuksen kannalta sekä laatia tuennasta työohje Skanska Talonrakennuksen käyttöön. Työn lähdemateriaalina käytetään parvekeliitososien ja tuentakaluston valmistajien ja toimitajien ohjeita ja suunnitelmia, aiheeseen liittyvää kirjallisuutta sekä asiantuntijoiden ja työmaahenkilöstön haastatteluita.

Opinnäytetyön sisältö on rajattu koskemaan pelkästään teräsbetonisten elementtiulokeparvekkeiden työnaikaista tuentaa, kun liittyvänä rakenteena on paikallavalulaatta. Insinööri työssä ei käsitellä muiden rakenteiden tuentaa. Osa tämän insinööri työn tuloksista on luottamuksellisia. Luottamukselliset osiot ovat Skanska Talonrakennuksen omaisuutta eikä niitä esitetä tässä raportissa.

2 Parveketyypit

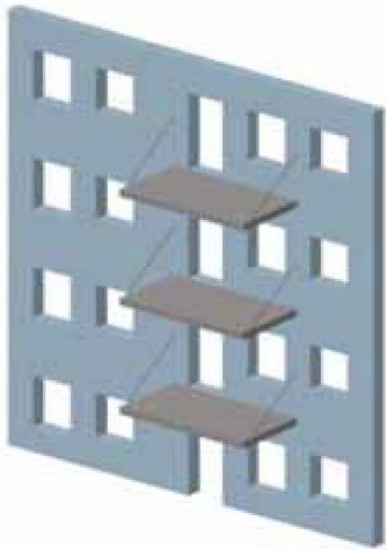
Parvekkeen kannatustapa riippuu parvekejärjestelmästä. Parvekejärjestelmät voidaan ryhmitellä kannatustavan mukaan eri tyyppeihin. Erilaisia parvekejärjestelmiä ovat muun muassa itsekantava parveke, ripustettu parveke sekä ulokeparveke. [3, s. 3; 4, s. 3.]

Itsekantava parvekejärjestelmä on tyypillisin järjestelmä betonirakentamisessa [5, s. 15]. Itsekantava parveke tuetaan pieliseinillä tai pilareilla omien perustustensa päältä (kuva 1). Parveke sidotaan vaakasuunnassa rakennuksen kantavaan runkoon esimerkiksi parvekesaranoihin. Itsekantavassa parvekejärjestelmässä parvekelaattoja ei tarvitse erikseen tukea rakennustyön aikana, kun pieliseinät ja pilarit tuetaan vaakasuunnassa elementtitiilla. [3, s. 3; 4, s. 3.]



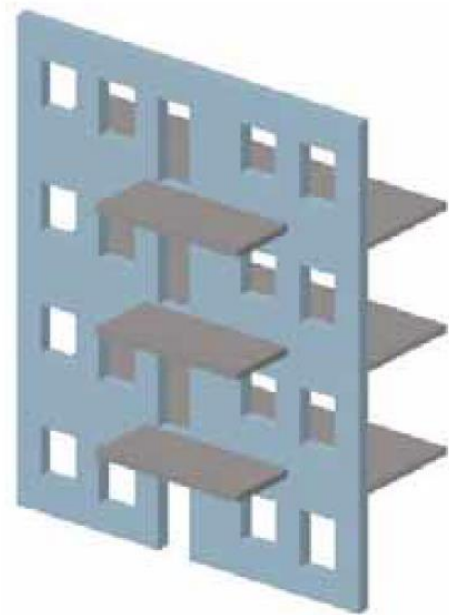
Kuva 1. Itsekantava parvekejärjestelmä [6, s. 14].

Ripustettu parveke on nimensä mukaan ripustettu yläpuolelta rakennuksen runkoon (kuva 2). Ripustus voidaan toteuttaa esimerkiksi teräksisillä vetotangoilla rakennuksen julkisivun kantavasta osasta, välipohjasta tai kantavista väliseinistä. Ripustettu parveke voidaan ripustaa myös kantavan väliseinän ulokkeena toimivilla pieliseinillä. Ripustettu parveke sidotaan vaakasuunnassa rakennuksen kantavaan runkoon esimerkiksi teräspuikuprofiileilla. Työnaikana ripustettu parveke tuetaan pystysuunnassa, kunnes vetotankot on asennettu ja mikäli ripustaminen tapahtuu välipohjasta, kunnes vetotankojen kiinnityspiste on saavuttanut riittävän lujuuden. [3, s. 3; 4, s. 3.]



Kuva 2. Ripustettu parvekejärjestelmä [6, s. 15].

Ulokeparvekkeet ovat parvekkeita, jotka kannatetaan rakennuksen välipohjasta välipohjalaatan ulokkeena (kuva 3). Erikoistapauksissa ulokeparveke on mahdollista kannattaa myös kantavasta ulkoseinästä [7, s. 1]. Ulokeparveke täytyy tukeaa, kunnes parveke kykenee kantamaan sille työaikana tulevat kuormat. Uudisrakentamisessa ulokeparvekkeen kannatukseen käytetään pääsääntöisesti esivalmistettuja lämmöneristeen sisältäviä raudoiteosia. [3, s. 3; 4, s. 3.]



Kuva 3. Ulukkeellinen parvekejärjestelmä [6, s. 16].

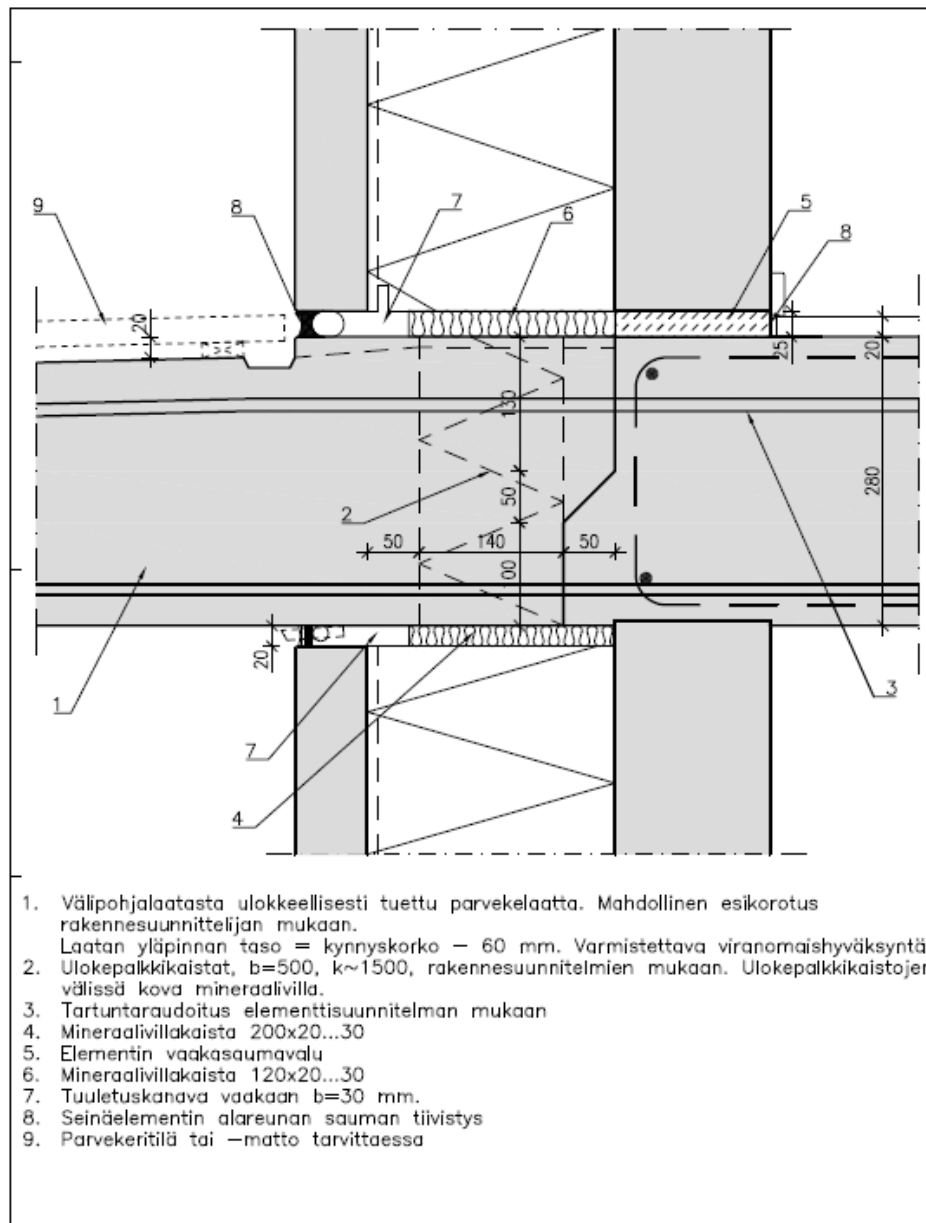
Parvekejärjestelmän valintaan vaikuttavat lähinnä julkisivun ulkonäkötekijät, sekä haluttu parvekkeiden sijoittelu. Mikäli parvekelinjaa ei pystytä perustamaan omalle perustukselleen esimerkiksi alla kulkevan jalankulkuväylän takia tai parvekkeet eivät ole samalla linjalla koko rakennuksen korkeudella, täytyy järjestelmänä käyttää ripustettuja tai ulokeparvekkeita. Kustannuksiltaan itsekantavat parvekejärjestelmät ovat yleensä edullisempia toteuttaa, kuin ripustetut tai ulokkeelliset järjestelmät. [4, s. 5.]

3 Ulokeparveke

Ulokeparvekejärjestelmän etuja muihin järjestelmiin nähden ovat muun muassa sirompi ulkonäkö, parvekkeiden vapaampi sijoittelu julkisivulla sekä erisuuruisten lämpöliikkeiden aiheuttavien pakkovoimien vähäisyys. Lisäksi pystyrakenteiden puuttuminen on ulkonäöllisesti sekä parvekkeen avoimuuden kannalta merkittävä etu muihin järjestelmiin nähden. [4, s. 17.]

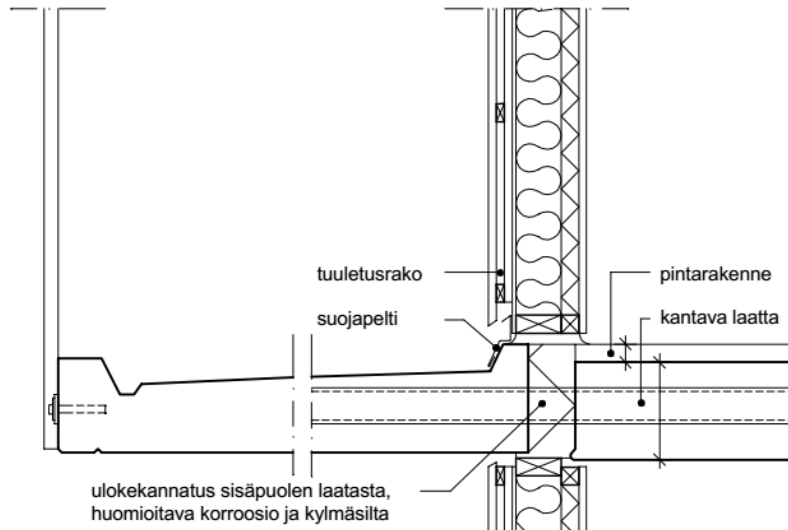
3.1 Ulokeparvekkeen kannatus

Ulokeparvekkeen toteutuksen vaikeutena on ulkoseinän lämmöneristekerroksen läpäisevä rakenne. Tästä syystä nykypäivänä uudisrakentamisessa ulokeparveke kannatetaan välipohjasta pääosin eristeosan sisältävillä raudoiteosilla. Ulokeparveke on mahdollista kannattaa myös esimerkiksi kantavilla teräsprofiileilla tai ulokepalkkikaistoilla. Kuvassa 4 on esitetty leikkaus ulokepalkkikaistoilla kannatetusta rakenteesta. [4, s. 18; 8, s. 28.]



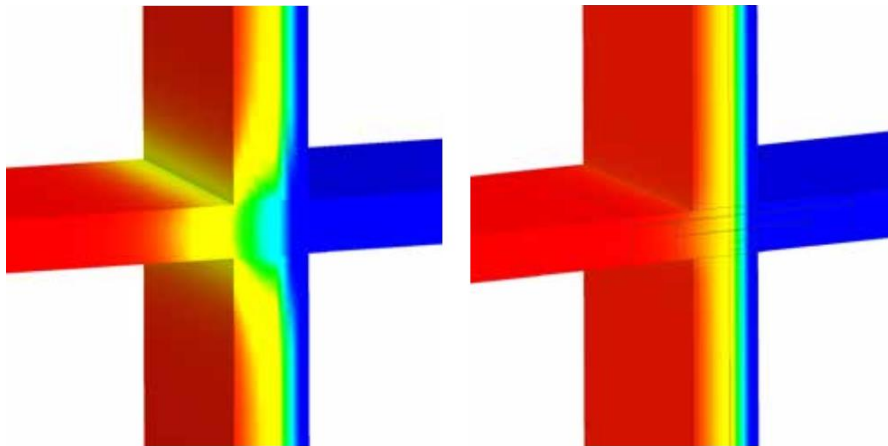
Kuva 4. Ulokeparvekkeen kannatus ulokepalkkikaistoilla [8, s. 28].

Palkkikaistaliitos toteutetaan tyypillisesti 2-4 ulokepalkkikaistalla, joiden välit eristetään. Palkkikaistaliitos on yksinkertainen toteuttaa. Palkkikaistat tuottavat kuitenkin rakenteesseen suurehkon kylmäsilan. Teräsprofiileilla kannatettu parveke aiheuttaa palkkikaistakannatukseen verrattuna huomattavasti pienemmän kylmäsilan, mutta on toteutukseltaan monimutkaisempi ja kalliimpi. Kuvassa 5 on esitetty leikkauskuva ulokeparvekkeen liitoksesta kantavaan välipohjaan toteutettuna teräsprofiililla. [9.]



Kuva 5. Teräsputkiprofiililla toteutettu ulokeparvekkeen kannatus [10, s. 5].

Ulkoseinän eristeosan läpi menevien järeiden teräsprofiilien ja palkkikaistojen aiheuttaman kylmäsilnan takia eristeosan sisältävät liitososat ovat lämpötekniisesti suositeltavin vaihtoehto ulokeparvekkeen kannattamiseen [4, s. 18]. Kuvassa 6 on havainnollistettu eristämättömän parvekeliitoksen ja eristeosan sisältävällä raudoiteosalla toteutetun liitoksen lämpöjakaumasta.



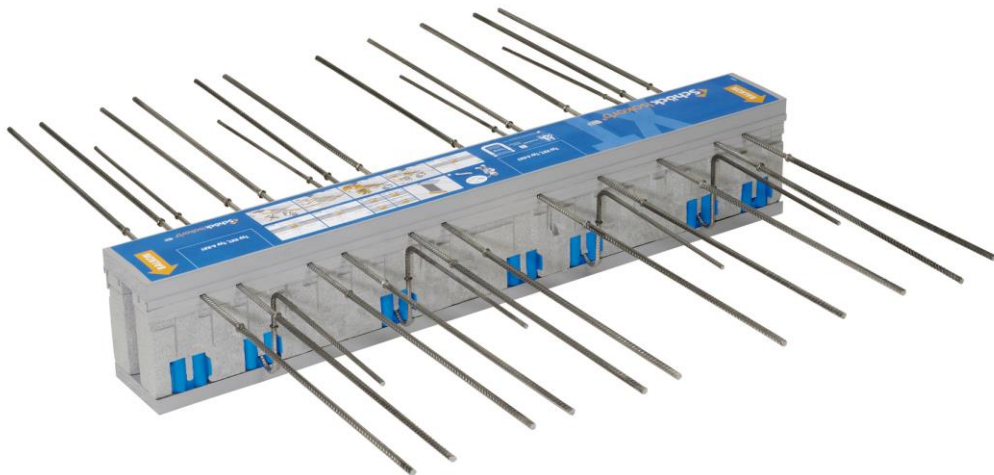
Kuva 6. Lämpöjakauma parvekeliitoksen kohdalla. Kylmä rakenne on merkitty sinisellä ja lämmiin punaisella. Vasemmalla yhtenäinen teräsbetoninen välipohjan uloke ja oikealla parvekeliitos Schöck Isokorb® -liitososaa käyttäen. [11, s. 12.]

Jatkuvasti tiukkenevien energiamääräysten myötä lämmöneristyspaksuudet kasvavat. Tällöin myös lämmöneristeen läpi menevien ulokkeiden ja kannakkeiden pituudet ja

pinta-alat kasvavat. Tällöin edelleen eristekerroksen läpi menevien teräsosien kylmäsil-tavaikutus kasvaa entisestään. Tämän takia lämmöneristekerroksen läpi menevien ulok-keiden ja kannakkeiden sijoitteluun ja suunnitteluun täytyy kiinnittää huomiota. [12, s. 118.]

3.2 Kannatus liitososalla

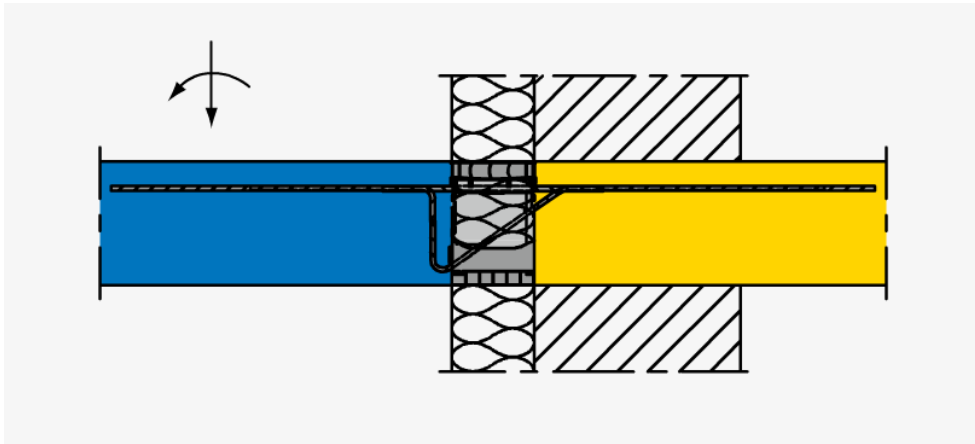
Jatkossa tässä työssä ulokeparvekkeen kannatukseen tarkoitettuihin eristeosan sisältä-viin valmisraudoitteisiin viitataan lyhyesti termillä liitososa. Ulokeparvekkeen kannatuk-seen tarkoitettuja liitososia on nykyään saatavilla useilta valmistajilta. Osien toimintape-riaatteet ovat hyvin samankaltaiset valmistajasta riippumatta. Liitososat koostuvat läm-möneristekaistasta, veto- ja puristusosista, erillisistä leikkausvoimia vastaanottavista diagonaaliosista sekä eristeosan ylä- ja alapinnassa olevista palonsuojalevyistä. Liitos-osat valmistetaan vakiomittaisina elementteinä ja niiden määrä ja ominaisuudet riippuvat parvekelaatalle tulevasta kuormituksesta. Käytettäessä liitososia ulokeparvekkeen kan-natukseen, välipohja voi olla joko paikallavalettu laatta, betoniliittolaatta tai elementeillä toteutettu.



Kuva 7. Schöck Isokorb KXT® -liitososa [13].

Kuvan 7 Schöck Isokorb -liitososassa taivutusrasitus otetaan vastaan yläpinnassa kul-kevillä vetoraudoituksilla ja alapinnassa olevilla betonisilla puristusosilla. Leikkausvoima

otetaan vastaan harjateräksillä leikkausdiagonaaleilla. Kuvassa 8 on esitetty Schöck Isokorb -liitososan rakennemalli.



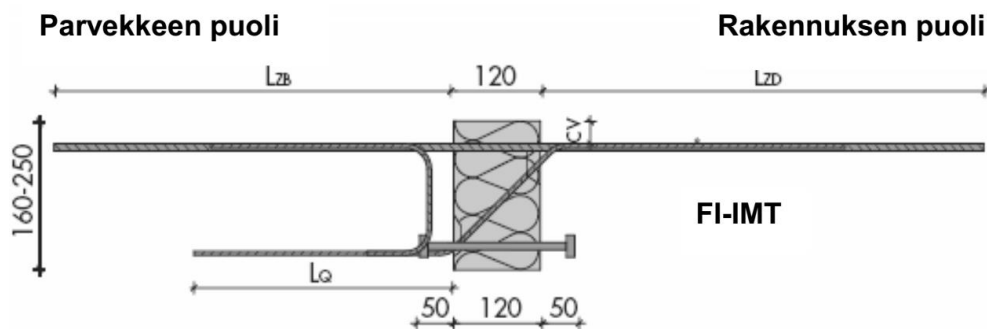
Kuva 8. Schöck Isokorb KXT® -rakennemalli [14, s. 12].

Eristeosan läpi menevät raudoitteet ovat ruostumatonta terästä (kuva 9). Ruostumisen estymisen lisäksi ruostumattomalla teräksellä on pienempi lämmönjohtavuus verrattuna tavalliseen betoniteräkseen, jolloin osan kylmäsiirtavaikutus saadaan entistä pienemmäksi. Betonirakenteen sisään jäävät osat raudoituksesta ovat normaalia harjaterästä. Harjateräkset tyssähitsataan ruostumattomaan teräkseen tehtaalla. Puristusosat ovat korkealujuuskuitubetonia.



Kuva 9. Isokorb liitososa valmiissa rakenteessa. Lämmöneriste on poistettu jolloin paljastuvat yläpinnan vetoraudoitteet ja alapinnan siniset puristusosat.

Semtu Oy:n ulokeparvekeraudoitteet koostuvat veto- ja leikkausraudoitteista ja betonista tai teräksisistä puristusosista (kuva 10). Yläpinnassa olevat vetoteräkset ja alapinnassa olevat betoniset tai teräksiset puristusosat ovat momenttia kantavia osia. Diagonaaliset harjateräkset ottavat vastaan leikkausvoiman.



Kuva 10. Semtu ISOMAX -liitososa, jossa puristusosana toimii teräksinen puristustappi [15, s. 5].

Betonielementtiparvekkeita käytettäessä liitososat valetaan kiinni parvekelaattaan elementtitehtaalla (kuva 11). Työmaalla parveke-elementti asennetaan paikoilleen ja liitososan raudoitteet yhdistetään tavallisesti limijatkoksien välipohjan raudoituksiin riittävän ankkurointipituuden saavuttamiseksi. Välipohjalaatan valun jälkeen parvekelaatta, liitososa ja välipohja toimivat yhtenäisenä monoliittisenä rakenteena.



Kuva 11. Parvekelaatta toimitetaan työmaalle liitososat valmiiksi asennettuina [16].

Raudoitettujen betonirakenteiden toiminta perustuu betonin puristus- ja vetolujuuteen sekä betoniraudituksen vetolujuuteen. Liitososien toiminnassa on oleellista vetoraudoituksen ankkuroituminen välipohjaan sekä puristusosia vasten valetun betonin kestävyys.

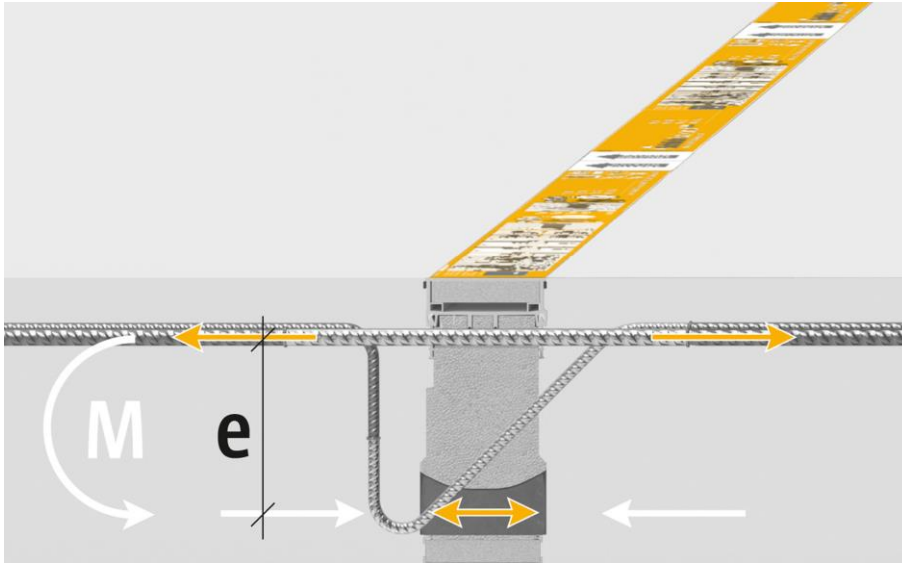
4 Ulokeparvekkeen mitoitus

Kantavat rakenteet kuten tässä tapauksessa ulokeparveke, suunnitellaan ja mitoitetaan rakenteiden mekaniikan sääntöjen ja yleisesti hyväksytyjen suunnitteluperusteiden mukaan. Rakenteen tulee kestää sille syntyvät rasitukset ilman, että rakenteen turvallinen toiminta vaarantuu [17]. Tämä toteutuu, kun teräsbetonirakenteet mitoitetaan teräsbetonirakenteiden eurokoodin SFS-EN 1992-1-1 mukaisesti. Kuormitukset ja niiden yhdistetyt määritetään eurokoodien SFS-EN 1990 ja SFS-EN 1991 ja näiden eurokoodien kansallisten liitteiden mukaisesti. Alla esitetään ulokeparvekkeen mitoituksen vaiheet:

- Määritetään suunniteltu rakenteen käyttöikä, joka on tavanomaisesti 50 tai 100 vuotta.
- Määritetään laattaan kohdistuvat kuormat.
- Määritetään kuormayhdistelmät.
- Määritetään rakenteen rasitusluokka, joka on tavanomaisesti parvekkeilla XC4 ja XC3.
- Määritetään betonin lujuusluokka.
- Lasketaan vähimmäisbetonipeite säilyvyys-, tartunta- ja palonkestovaatimukset huomioiden.
- Tarkastellaan rakenne kriittisten momenttien ja leikkausvoimien löytämiseksi.
- Mitoitetaan taivutusraudoitus. Liitososia käytettäessä määritetään tarvittavat osat ja niiden määrä (liite 1).
- Tarkistetaan parvekelaatan taipuma.
- Tarkistetaan liitososan leikkauskestävyys.
- Tarkistetaan parvekelaatan tankojako tai halkeamaleveys. [20, s. 2.]

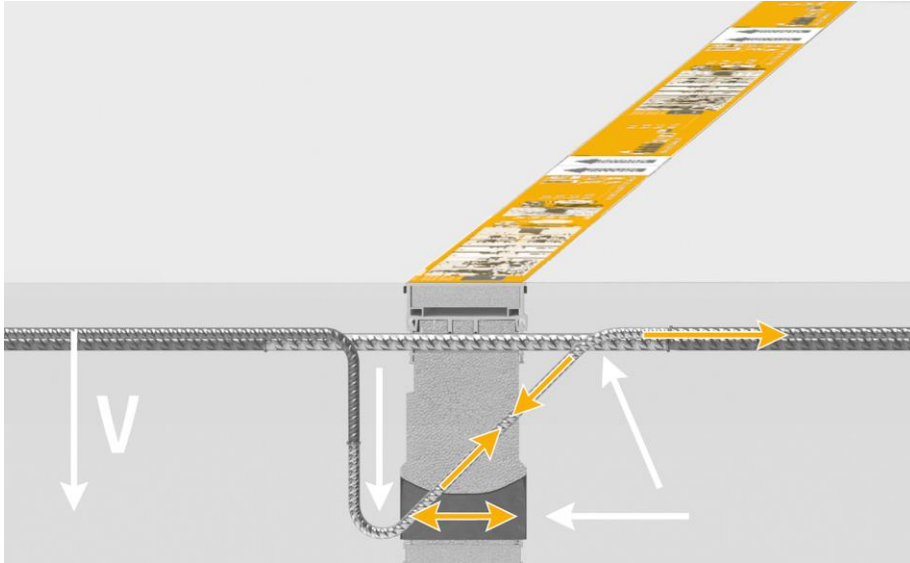
Ulokeparveke mitoitetaan ulokelaattana. Ulokelaatan mitoituksessa määrävänä on laatan taipuma ja värähtely. Nämä rajoittavat ulokkeen mittoja, erityisesti ulokkeen pituutta eli parvekkeen syvyyttä. Ulokeparvekkeessa taipuman suuruutta rajoittaa käyttömukavuus, vedenpoiston toimivuus, ulkonäkötekijät sekä mahdollisen parvekelasituksen asettamat rajoitukset. Eurokoodi SFS-EN 1992-1-1 ohjeistama ulokeparvekkeen taipuman raja käyttörajatilassa on jännemitta jaettuna luvulla 250 [18]. Rakenteen värähtelyn suuruutta rajoittaa lähinnä käyttömukavuus. Mikäli esimerkiksi kävely herättää laatan ominaisuuden ja aiheuttaa laatan värähtelyä, tuntuu se epämiellyttävänä käyttäjälle.

Ulokeparvekkeen liitos mitoitetaan taivutusmomentille ja leikkausvoimalle. Taivutusmitoitus tarkoittaa ulokkeen mitoitusta siten, että tuelle määritelty betoniraudoitus ja sen mukanaan tuoma taivutusmomenttikapasiteetti on riittävä kuormiin nähden (kuva 12). Liitososa käytettäessä parvekkeen kannattamiseen, kuormien aiheuttamien taivutusmomentin ja leikkausvoiman perusteella valitaan riittävän kapasiteetin omaavat valmisosat kullekin parvekelaatalle. Liitteessä 1 on esitetty parvekeliitoksen taivutusraudoituksen, puristusosien sekä taivutusraudoituksen ankkurointipituuden mitoitus.



Kuva 12. Taivutuksen aiheuttamat voimat liitoksessa [19].

Mitoitus leikkausvoimalle tarkoittaa, että poikkileikkaus mitoitetaan kestämään leikkausvoiman, jonka suurin arvo uloketapauksessa esiintyy tuella. Tavanomaisesti laatoissa pyritään tilanteeseen, jossa leikkaukskapasiteetti on riittävä pelkän betonipoikkileikkauksen perusteella, ilman leikkaushakoja. Valmisliitososassa leikkausvoima kannetaan osan vinojen raudotteiden avulla (kuva 13).



Kuva 13. Leikkauksen aiheuttamat voimat liitoksessa [19].

Ulokelaatan taipuman hallitsemiseksi käytetään esikorotusta. Parvekelaatan todellisen taipuman määrittäminen laskelmallisesti, erityisesti liitososia käytettäessä, on hankalaa. Tästä syystä paras arvio parvekelaatan taipuman ja esikorotuksen määrittämiseen saadaan liitososien valmistajien laskelmiin ja käytännön kokeisiin perustuvia taulukoita hyödyntämällä. Käytännön kokemuksen perusteella liitososilla kannatetut ulokeparvekelaatat laskevat noin 80 % esikorotuksesta heti tuennan poiston jälkeen ja loput 20 % muuttaman kuukauden sisällä [33, s. 2]. [21, s. 2; 22, s. 8.]

5 Parveke-elementin asennus

Elementtiasennus on elementtien siirtämistä, nostamista, paikoilleen asettamista, väliaikaista tuentaa ja kiinnittämistä koskeva työvaihe. Asennustyö toteutetaan elementtiasennussuunnitelman mukaisesti. Elementtiasennussuunnitelma on kirjallinen työsuunnitelma, jota noudatetaan koko asennustyön ajan. Elementtiasennussuunnitelmassa tulee huomioida mm. elementtien varastointi, käytettävät nostoapuvälineet, liitosten materiaalit, elementtien asennusaikainen tuenta, asennusjärjestys, nostokalusto ja elementtien paino. Elementtiasennussuunnitelma toimii myös asennustyön työturvallisuussuunnitelmana. [23, s. 34.]

Elementtiasennussuunnitelman tekee yleensä pääurakoitsija. Rakennesuunnittelija toimittaa asennussuunnitelman laadintaa varten muun muassa elementtien asennusdetaljit ja asennusohjeet, sekä tiedot elementtien asennusjärjestyksestä, väliaikaisesta tuennasta ja lopullisesta kiinnittämisestä. [4, s.15.]



Kuva 14. Parveke-elementin asennus asennusaikaisten tukien varaan ennen välipohjalaatan valua.

Parveke-elementit asennetaan tavallisesti samanaikaisesti rakennuksen rungon kanssa kerroksittain (kuva 14). Riippuen kannatustavasta parvekkeet voidaan asentaa rakennuksen runkoon myös jälkeinpäin. Raudoiteosia käytettäessä elementtiulokeparvekkeen kannatuksessa, osat ovat kiinnitetty parveke-elementtiin jo elementtitehtaalla. Parveke-elementti raudoiteosineen asennetaan asennusaikaisen tuennan varaan ja vältetään kiinni välipohjaan. [4, s. 5.]

6 Ulokeparvekkeen työnaikaisen tuennan periaatteet

Ulokeparvekkeen työnaikainen tuenta tarkoittaa yleisesti kaikkea tuentaa jota ulokeparveke tarvitsee rakennustyön aikana. Työnaikainen tuenta voidaan jakaa asennusaikaiseen tuentaan, joka tarvitaan parvekkeen asennuksen ja kiinnityksen aikana, sekä asennuksen ja kiinnityksen jälkeiseen jälkituentaan.

Rakennesuunnittelija ohjeistaa elementtiasennussuunnitelmassa elementtien työnaikaisen tuennan periaatteet. Lisäksi, muotteja ja tukirakenteita varten on laadittava niin sanottu muottisuunnitelma [24, s. 57]. Suunnitelmassa on kuvattava ainakin muottien ja tukirakenteiden asennus ja purkumenetelmät sekä purkujärjestys, mukaan lukien mahdollinen jälkituenta [4, s. 15]. Muottisuunnitelman tekee tavallisesti muottikaluston toimitaja. Tukitelineet ja muotit mitoitetaan eurokoodien mukaisesti, samoin kuin pysyvätkin rakenteet, epäedullisimman tilanteen aiheuttaville kuormitusyhdistelmille ja käyttäen kuormille osavarmuuskertoimia [25, s. 13]. Muotteja ja tukirakenteita mitoitettaessa huomioon otettavat määräävät kuormat ja kuormitusyhdistelmät esitetään eurokoodeissa SFS-EN 1990 ja SFS-EN 1991-1-6 [24, s. 57].

Ennen tuentatyön aloitusta on tuennan perustusten kantavuus varmistettava. Kantavuus voidaan varmistaa esimerkiksi tiivistämällä pohjamaa riittävän pohjapaineen saavuttamiseksi ja asettamalla tukien alle riittävän suuret paineentasauslevyt. Mikäli alustan kantavuutta ei saada tiivistyksellä ja paineentasauslevyillä riittäväksi on maapohjan kantavuutta parannettava massanvaihdoilla tai tuennalle on valettava betonista oma antura [25, s. 43]. [26, s. 6.]

Ulokeparvekkeen kiinnityksen jälkeen parveke ja välipohja toimivat yhtenä monoliittisena rakenteena. Tästä syystä ulokeparvekkeen tuentaa suunniteltaessa on otettava huomioon välipohjan tuenta. Tässä työssä välipohjan tuentaa ei käsitellä tarkemmin, mutta pääsääntönä on, että kaikkea välipohjan tuentaa ei voida poistaa ennen kuin seuraavan kerroksen ulokeparvekkeen tuenta on poistettu. Liian aikainen välipohjalaatan tuennan poistaminen voi johtaa käyttötilannetta suurempaan tukimomenttiin välipohja- ja parvekelaatan kiinnityskohdassa.

Elementtien tuennassa saa käyttää vain elementtien tukemiseen tarkoitettua kalustoa. [23, s. 41]. Työnaikaiseen tuentaan on olemassa erilaisia järjestelmiä tuentakalustoa toimittavilta yrityksiltä. Tavanomaisessa asuinrakentamisessa ulokeparvekkeiden tuenta toteutetaan maasta kannatettavilla tuentajärjestelmillä.

6.1 Asennusaikainen tuenta

Asennusaikana ulokeparveke tarvitsee tuentaa pysty- sekä vaakasuunnassa siten, että parveke pystytään asentamaan paikalleen mittatarkasti. Asennusaikaisen tuennan tulee kestää parveke-elementin paino ja tuen korkeuden on oltava säädettävissä portaattomasti. Tuennan tulee olla riittävän jäykkä, jotta elementti saadaan vaakasuunnassa tuettua tarkasti paikalleen asentamista varten ja jotta elementti ei pääse siirtymään valupaineen johdosta. Tähän sopivia vaihtoehtoja ovat joko esivalmisteisista kehistä ja ristikoista kootut tukitornit tai holvituista ja ristikkositeistä kootut tukitornit.



Kuva 15. Esivalmisteisista alumiinikehistä ja ristikoista koottu tukitorni.

Yhden kerroksen korkuinen kehistä koottu tukitorni koostuu kahdesta kehistä, kahdesta ristikkositeestä, alapään tukijaloista, yläpään haarukkaosista sekä holvimuottijärjestelmään kuuluvista niskapalkeista (kuva 15). Tornien yläpään haarukkaosilla ja alapään tukijaloilla saadaan tukitornin korko säädettyä tarkasti jolloin erillisiä asennuspaloja ei tarvita. Parvekelaatta asennetaan niskapalkkien varaan.

Holvituista koottu tukitorni koostuu neljästä holvituesta ja neljästä ristikkositeestä (kuva 16). Parvekelaatta asennetaan joko suoraan holvitukien varaan tai vanerilappujen päälle. Holvitukia käyttäessä on mahdollista käyttää myös yläpäässä haarukkaosia ja niskapalkkeja. Molemmat tukitornimallit voidaan nostaa valmistajan ohjeiden mukaisesti kuormaliinoilla.

Kehistä kootun tukitornin puristuskapasiteetti yhden kerroksen korkuisena on noin 80 kN tukijalkaa kohden. Alumiinisten holvitukien puristuskapasiteetti yhden kerroksen korkuisena on tuotteesta riippuen noin 60-130 kN holvitukea kohden. Yhden parvekelaatan tuentaan käytetään yhdestä neljään tukitornia riippuen laatan mitoista sekä tuille tulevasta kuormituksesta. [27.]



Kuva 16. Alumiinisista holvituista ja ristikkositeistä koottu tukitorni [28].

Tukitorni on suhteellisen jäykkä vaakasuuntaisille liikkeille. Se sallii silti pieniä vaakasuuntaisia liikkeitä johtuen järjestelmän osien välyksistä. Tästä syystä valun yhteydessä valupaine saattaa aiheuttaa parveke-elementin siirtymisen vaakasuunnassa. Tämä esitetään parvekelaatan vaakasuuntaisella sidonnalla. Parvekelaatta voidaan sitoa esimerkiksi elementtituella parvekelaatan pohjasta alemman kerroksen välipohjaan tai julkisivuelementin ikkunapenkkiin (kuva 17).



Kuva 17. Parveke-elementti asennettuna asennusaikaisen tuennan varaan ja sidottuna vaakaliikkeitä vastaan elementtituella ikkunapenkistä.

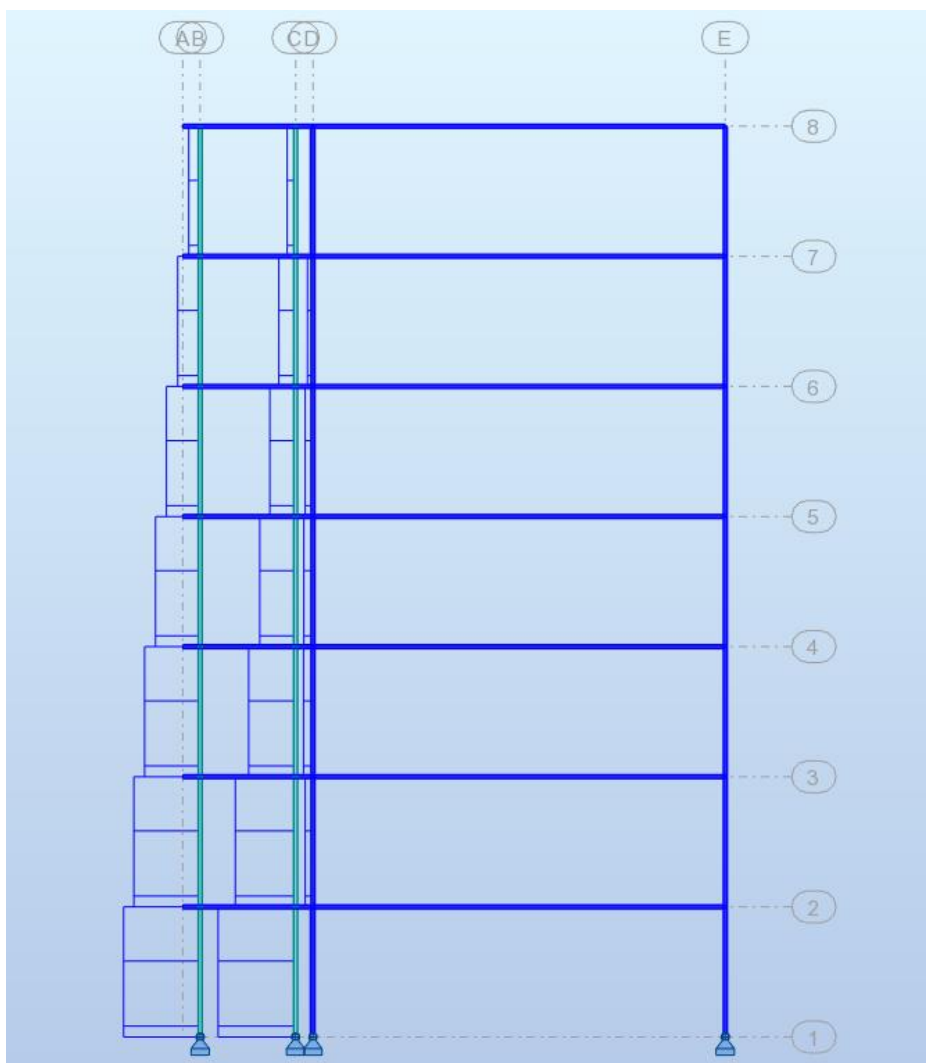
Vaihtoehtoisesti parvekelaatta on mahdollista sitoa vaakasuunnassa laatan yläpuolelta hyödyntämällä laatan yläpinnan nostoankkureita ja välipohjan parvekekaideholkkeja. Parvekelaattaa ei saa hitsata raudoitteistaan kiinni välipohjaan ilman rakennesuunnittelijan lupaa. Liitososan raudoitteet voidaan kuitenkin hitsata normaalisti välipohjan jatkosraudoitteisiin jatkoshitsausohjeiden mukaisesti [29].

6.2 Jälkituenta

Ulokeparvekelaatan kannatus perustuu liitososan ja välipohjalaatan liitokseen. Tästä syystä asennuksen ja välipohjan valun jälkeen parvekelaatta tarvitsee edelleen tukea, kunnes välipohjan betoni on saavuttanut riittävän lujuuden ja liitososa pystyy ottamaan vastaan sille työnaikana tulevat kuormat. Tähän tarkoitukseen tarvitaan jälkituenta. Jälkituennalle työnaikana tulevia kuormia ovat parvekelaatan oma paino ja ylempien parvekkeiden tuennasta tuleva kuormitus.

Asennusaikainen tuenta ja jälkituenta voidaan toteuttaa joko samalla kalustolla tai asennusaikainen kalusto voidaan vaihtaa jälkituennaksi eri kalustoon. Parvekelaatan asennuksen ja kiinnityksen jälkeen tukirakenteelta ei enää vaadita vaakasuuntaista jäykkyyttä. Tästä syystä parvekelaatan asennuksen ja kiinnityksen jälkeen tuentana voidaan käyttää vähemmän tilaa vievää ja edullisempaa kalustoa kuin asennusaikana. Vaihtamalla asennusaikainen tuenta jälkituentaan heti kun mahdollista, voidaan kustannuksiltaan kalliimpi asennustuenta, tai osa siitä, palauttaa aikaisemmin. Vaihtoehtoisesti asennusaikaista tuentaa ei tarvita työmaalle alun perinkään niin suurta määrää, kun asennusaikainen tuenta suunnitellaan vaihdettavaksi jälkituentaan.

Ulokeparvekkeen liitososa on suunniteltu toimimaan taivutusrasituksen ja leikkausvoiman vaikuttaessa samanaikaisesti. Mikäli ulokeparveke tuetaan esimerkiksi vain etureunastaan, pienenee liitososan taivutusrasitus, jolloin raudoiteosa ei toimi enää suunnitellulla tavalla. Tästä syystä parvekelaatta tulee tukea tasapainoisesti siten, että liitokselle ei synny ylimääräisiä rasituksia tuennasta. Kun parvekelaatta tuetaan tasapainossa ja tuenta oletetaan täysin painumattomaksi, parvekkeen liitos ei ota vastaan ollenkaan kuormaa. Tämän seurauksena koko parvekelinjan kuormat kertyvät tuennalle eli toisin sanoen alimmille tuille (kuva 18). Tämä tulee ottaa huomioon tuentakaluston mitoituksessa. [29.]



Kuva 18. Periaate kuormien kertymisestä tuennalle. Moduuleilla D ja E on esitetty rakennuksen kantava pystyrunko. Moduuleilla B ja C on esitetty työaikainen tuenta. Mallissa on esitetty tukitolppien normaalivoimapinta pystykuormista eli parvekelaattojen painosta.

Parvekelaattojen kuormien kertymistä tuennalle voidaan vähentää poistamalla väliaikaisesti laatan tuenta kokonaan ennen jälkituennan ja seuraavan kerroksen parvekelaatan asennusta. Kun tuenta poistetaan, parvekelaatan liitos ottaa kantaakseen laatan painon. Tämän jälkeen asennettavaa jälkituenta kiristetään vain sen verran, että tuki pysyy paikoillaan, eikä siis ota käytännössä kuormitusta kyseiseltä parvekelaatalta. Jälkituenta ottaa vastaan vain yläpuolelle asennettavan parvekkeen asennustuennalta tulevan kuorman. Parvekelaatan viruman myötä osa parvekelaatan painosta siirtyy kuitenkin takaisin jälkituennalle [30, s. 88-89]. Viruman kautta siirtyvän kuormituksen suuruutta on hankala määrittää ja tästä syystä jälkituenta joudutaan kuitenkin mitoittamaan normaalisti koko parvekelinjan kuormille [27; 34]. Tuennan hetkellinen poistaminen vaatii lisäksi välipoh-

jan betonin lujuudenkehityksen tarkkaa seuranta ja lujuuden määrittäystä. Tämä on tärkeää, jotta voidaan luotettavasti todeta välipohjalaatan saavuttaneen riittävän lujuuden ennen tuennan väliaikaista poistoa. Kustannusvertailun perusteella tuennan hetkellisellä poistamisella saavutettu hyöty kalustokustannuksissa on niin vähäistä suhteessa sen vaatimiin toimenpiteisiin ja lisätarkasteluihin, että menetelmän käyttö ei ole järkevää.

Kuorman kertymistä alimmille tuille vähentää myös tuennan vähäininkin painuminen jolloin jokainen tuettu parveke alkaa kantamaan osan painostaan ja yläpuolelta tulevista kuormista. Tuennan painumisesta aiheutuvan kuormien uudelleenjakautumisen selvittäminen vaatii erityistarkastelun tukien painumisen suuruudesta. Mikäli erityistarkastelua ei tehdä, parvekelinjan tuenta oletetaan painumattomaksi ja tuenta mitoitetaan koko parvekelinjan kuormille.



Kuva 19. Ulokeparvekkeen jälkituenta teräksisillä holvituilla.

Jälkituentana käytetään kuormituksesta riippuen teräksisiä (kuva 19) tai alumiinisia holvituksia (kuva 20). Teräksiset holvituet soveltuvat parvekkeiden jälkituentaan lähinnä matalissa rakennuksissa, koska niiden sallittu suurin puristuskapasiteetti on vain noin 20-30 kN holvitukea kohden. Suurempien kuormien jälkituentaan käytetään alumiinisia holvituksia.



Kuva 20. Ulokeparvekkeen jälkituenta alumiinisilla holvituilla [28].

Tarvittava jälkitukien määrä parvekelaattaa kohden riippuu tukien kuormakapasiteetista, parvekelaatan mitoista, painosta ja tuettavien kerrosten lukumäärästä. Yhden parvekelaatan jälkituentakalusto voidaan mitoittaa suoraan yläpuolella olevien parvekkeiden yhteenlasketusta painosta. Suuren puristuskapasiteetin omaavia tukia käytettäessä on otettava huomioon, että vaikka tuki kestäisi parvekelaatalta tulevan kuorman, voi liian vähäinen tukien määrä aiheuttaa parvekelaatan leikkauskestävyyden ylityksen. Tästä syystä pääsääntöisesti tukien tulee sijaita samassa linjassa koko parvekelinjalla.

7 Tuennan poisto

Työnaikaisen tuennan kustannusten kannalta merkitsevää on mahdollisimman lyhyt vuokra-aika. Tähän päästään määrittämällä mahdollisimman tarkasti, milloin tuenta voidaan poistaa. Lisäksi tuennan mahdollisimman aikaisella poistamisella saadaan hyötyä lisääntyneen työskentely- ja varastointitilan kautta.

Yleisesti ottaen työnaikainen tuenta voidaan poistaa, kun elementit on kiinnitetty lopullisella kiinnityksellä ja suunnittelija antaa luvan tukien poistamiseen. Suunnittelija antaa ohjeet purkamisajankohdasta, purkamisjärjestyksestä sekä mahdollisesta jälkituennasta [Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 41 §]. Ulokeparvekkeen tuenta voidaan poistaa, kun parvekkeeseen liittyvän välipohjan valu on saavuttanut ulokeparvekkeen liitoksen vaatiman betonin lujuuden. Tässä työssä tähän lujuuteen viitataan yleisesti termillä muotinpurkulujuus.

7.1 Muotinpurkulujuus

Muotinpurkulujuus on betonin lujuus jonka saavutettuaan rakenteet kestävät tukematta niille tulevat työnaikaiset rasitukset ja muodonmuutokset pysyvät sallituissa rajoissa. Ulokeparvekkeiden tapauksessa tämä tarkoittaa välipohjan betonin lujuutta jonka saavutettuaan ulokeparvekkeen liitos kestää parvekelaatan painon ja mahdolliset muut työnaikaiset rasitukset ilman työnaikaista tuentaa. Muotinpurkulujuuden tulee olla vähintään 60 % betonin nimellislujuudesta, ellei suunnitelmissa ole esitetty muuta tai ei ole tehty erillistä selvitystä. [24, s. 57.]

Tarvittava muotinpurkulujuus riippuu rakenteen toimintamallista eli siitä, onko rakenne kantava vai ei kantava, betonin nimellislujuudesta, mahdollisesta jälkituennasta, rakenteelle muottien purkamisen jälkeen tulevasta kuormista sekä muottikierron mahdollisesti aiheuttamista erityisvaatimuksista [30, s. 348].

Kun rakenne toimii muottien purkuvaiheessa samoin kuin valmiina, muotinpurkulujuus voidaan määrittää kuten valmiin rakenteen laskelmia tehtäessä, ottaen huomioon vain ne kuormat joita rakenteelle tulee muotinpurusta siihen hetkeen, kun betoni on saavuttanut nimellislujuutensa eli täyden kypsyyksiän [30, s. 86]. Kun rakenteen mitat ja raudoitemäärä tiedetään, laskelmista saadaan vaadittava betonin lujuus jolla rakenne kestää

työnaikaiset kuormat (Liite 2). Karkea arvo muotinpurkulujuudelle voidaan määrittää kaavasta 1:

$$K_m \geq \frac{F}{F_k} * K \quad (1)$$

K_m on betonin keskilujuus purkamishetkellä

K on betonin nimellislujuus

F on työnaikainen kuormitus

F_k on suunnittelukuorman ominaisarvo. [30, s. 349.]

Mikäli parvekkeelle ei sallita kulkua tai varastointia työn aikana, lasketaan työnaikaiseksi kuormitukseksi vain parvekelaatan oma paino ja mahdollinen työnaikainen lumikuorma. Tällöin rakenne kestää pienemmällä betonin lujuudella kuin lopputilassa.

7.2 Betonin lujuus

Raudoitetun betonirakenteen toiminta perustuu betonin puristus- ja vetolujuuteen sekä betoniraudoitteen vetolujuuteen. Ulokeparveke tuottaa kannatusosaan tukimomentin suuruisen momenttirasituksen ja tuella esiintyvän suurimman leikkausvoiman. Tämä momentti otetaan vastaan voimaparilla, joka muodostuu yläpinnan vetopuolesta ja alapinnan puristuspuolesta. Koska betonin vetolujuus on merkittävän pieni verrattuna puristuslujuuteen (n. 7 ... 8 %), tarvitaan rakenteen yläpintaan raudoitus vastaanottamaan veto- rasitusta. Raudoitus ankkuroituu betoniin raudoitustangon tartuntaominaisuuksien ansiosta. Rakenteen puristuspuolen kestävyys perustuu betonin puristuslujuuteen. Betonin lujuus kehittyy ajan funktiona, joten myös rakenneosan kestävyys riippuu betonin lujuuden kehityksen vaiheesta. [30, s. 79.]

Betonin lujuuden määrittäminen käytetään betonin puristuslujuutta, koska puristuslujuus on yksinkertainen testata ja useat betonin ominaisuudet ovat verrannollisia siihen. Puristuslujuuden avulla voidaan määrittää muun muassa vetolujuus, taivutusvetolujuus ja kimmokerroin. Myös betonin säilyvyysominaisuudet ovat tietyssä määrin verrannollisia puristuslujuuteen. Betonin arvosteluikä määrittää betonin nimellislujuuden. Normaalisti kovettuvilla betonimassoilla betonin lujuus arvostellaan 28 vuorokauden iässä, vaikka lujuudenkehitys jatkuu vielä pitkään sen jälkeen. [30, s. 79; 32.]

7.2.1 Lujuudenkehitys

Jotta betonin lujuus voidaan todeta riittäväksi tukien poistoa varten, täytyy kovettumista eli betonin lujuudenkehitystä seurata työmaalla. Betonin lujuudenkehitystä on seurattava lisäksi, jotta tiedetään, milloin jäätymislujuus on saavutettu, milloin jälkihoito lopetetaan ja ettei betonin lämpötila kohoa kovettumisen aikana liiallisesti.

Betonin kovettuminen eli lujuudenkehitys alkaa, kun betonimassan sementti ja vesi yhdistyvät. Betonin lujuudenkehitys jatkuu niin kauan kuin betonissa on reagoimatonta sementtiä ja vapaata vettä käytettävissä. Lujuudenkehityksen kannalta betonin tulee pysyä kosteana koko lujuudenkehitysreaktion ajan. Tästä syystä betonin jälkihoito on erittäin tärkeää. Betoni alkaa jäykistyä eli sitoutua parin tunnin kuluttua massan valmistuksesta. Betonin lujuudenkehitysreaktiot nopeutuvat lämpimässä ja hidastuvat kylmässä. Lujuudenkehitysreaktiot ovat sitä nopeammat mitä hienorakenteisempaa sementti on. [31.]

7.2.2 Lujuuden määrittäminen

Betonin lujuuden määrittäminen voidaan tehdä lämpötilan seurantaan perustuvalla menetelmällä, kypsyyssmittareilla, kimmoasaralla, olosuhdekappaleilla ja rakennekoekappaleilla. Betonin lujuudenkehitys on vahvasti riippuvainen betonin kovettumisaikaisesta lämpötilasta ja tästä syystä betonin lujuudenkehitystä voidaan seurata laskennallisesti riittäväällä tarkkuudella betonin kovettumisaikaiseen lämpötilaan perustuvalla menetelmällä. Tätä menetelmää varten riittää, kun tunnetaan käytetyn sementin lujuudenkehitysominaisuudet ja betonin kovettumisaikainen lämpötila. [24, s. 72.]

Kovettuvan betonin lämpötila mitataan välipohjalaatan siitä osasta jossa hydrataatioreaktiot ovat oletettavasti hitaimmat. Parvekelaatan liitoksen lujuutta selvitettäessä lämpötila mitataan oletettavasti kylmimmän parvekeliitoksen kohdalta. Lämpötila mitataan lämpötilaloggerilla joka mittaa ja tallentaa muistiinsa betonin lämpötilan kehityksen. Mittauslaitteen tallentama tieto ladataan tietokoneelle. Tämän jälkeen betonin lujuus määritetään laskennallisesti käyttäen niin sanottua Sadgroven menetelmää tai betonitoimittajan tarjoamalla laskentapalvelulla.

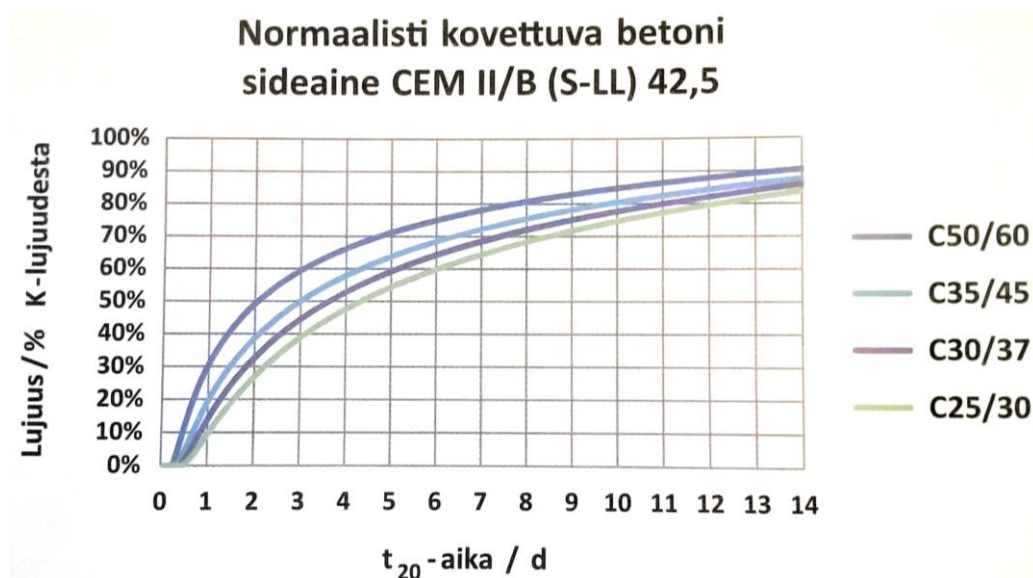
Sadgroven menetelmässä betonin lämpötilan ja valusta kuluneen ajan perusteella lasketaan summa joka kuvaa betonin kypsyysikä. Kypsyysikä kertoo, miten lujuus on kehittynyt suhteessa 20 °C vakio­lämpötilassa tapahtuneeseen lujuudenkehitykseen. Kypsyysikä t_{20} lasketaan kaavasta 2:

$$t_{20} = \left(\frac{T+16\text{ °C}}{36\text{ °C}}\right)^2 * t \quad (2)$$

T on betonin lämpötila aikana t [°C]

t on kovettumisaika [d]. [24, s. 72.]

Betonin lujuus mittaushetkellä luetaan käytetyn betonin lujuudenkehitystä kuvaavasta käyrästä kypsyysikä ja betonin lujuusluokan avulla. Normaalisti, nopeasti ja erittäin nopeasti kovettuville betoneille on omat käyränsä (kuva 21).



Kuva 21. Normaalisti kovettuvan betonin lujuudenkehitys kypsyysikä funktiona [24, s. 74].

Kun betonin puristuslujuus on määritetty, verrataan tätä muotinpurkulujuuteen. Kun muotinpurkulujuus on saavutettu, rakenteella on riittävä kapasiteetti ottaa vastaan ne rasitukset, joiden mukaan muotinpurkulujuus on määritetty.

8 Vaihtoehtoja työnaikaisen tuennan toteuttamiseksi

8.1 Menetelmä 1: Asennustuenta koko runkotyön ajan

Ulokeparvekkeiden työnaikainen tuenta voidaan toteuttaa jättämällä asennusaikaisena tuentana käytettävät tukitornit paikoilleen jälkituennaksi. Mikäli asennusaikaisena tuentana käytetään holvituista koostuvaa tukitornia, ristikkositeet poistetaan parvekeasennuksen ja parvekkeen kiinni valamisen jälkeen. Tällöin ristikkositeitä tarvitaan vain yhden kerroksen määrä ja parvekkeille saadaan vapaata tilaa kulkua ja varastointia varten. Kun viimeisen asennetun parvekelaatan liitos on saavuttanut muotipurkulujuutensa, tuenta poistetaan koko parvekelinjalta ylimmästä kerroksesta alaspäin. Ristikkositeet poistetaan, kun välipohjan betoni on saavuttanut riittävän lujuuden jäykistääkseen parvekelaatan riittävästi vaakasuuntaisia liikkeitä vastaan. Käytännössä ristikoiden poisto voidaan tehdä juuri ennen seuraavan kerroksen parvekeasennuksen alkamista, jolloin välipohjalaatta on luotettavasti saavuttanut riittävän lujuuden. Ristikkositeet irrotetaan holvituista, ja lasketaan maahan, jossa ristikkositeistä ja holvituista kootaan uusi tukitorni ja se nostetaan seuraavaan kerrokseen ennen parvekelaatan asennusta.

Tämä menetelmä ei vaadi erityisiä tarkasteluita rakennesuunnittelijalta tai muottisuunnittelussa. Työmaan kannalta menetelmän on selkeä, sillä tuentakalustoa tarvitaan työmaalle vain yhtä mallia, välipohjan betonin lujuudenkehitystä ei tarvitse seurata ja määrittää niin kattavasti pitkältä ajalta joka kerroksesta. Tarkempaa tarkastelua vaatii lähinnä viimeisen parvekelaatan muotipurkulujuuden määrittäminen ja lujuudenkehityksen seuranta, jotta työnaikainen tuenta voidaan poistaa heti kun mahdollista. Tämä tuo selvää säästöä tuentakaluston kustannuksissa, sillä runkotyön lopussa tuentakalustoa on käytössä suuri määrä.

Mikäli asennusaikaisena tuentana käytetään kehikoista koottuja tukitorneja, niiden jättäminen jälkituennaksi on järkevää lähinnä, mikäli tuettavia parvekkeita ei ole paljon. Tällöin kalustovuokra ei ole niin merkittävä tekijä suhteessa menetelmän yksinkertaisuuden tuomiin hyötyihin.

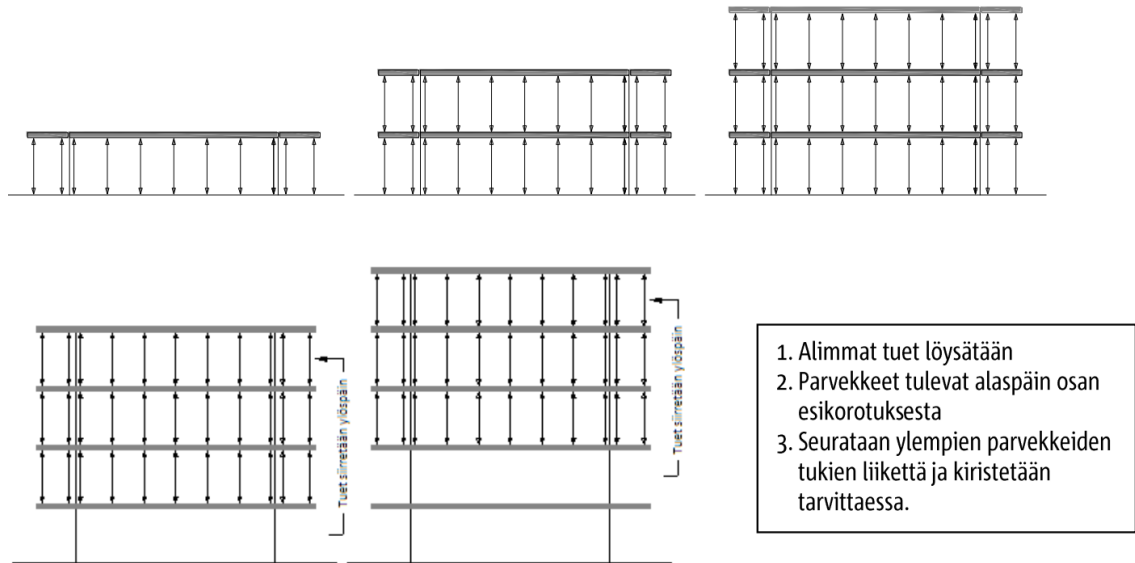
8.2 Menetelmä 2: Asennustuenta vaihdetaan jälkituentaan

Mikäli asennusaikaisena tuentana käytetään kehikoista koottuja tukitorneja, joista ei voida poistaa ristikkositeitä, kalusto- ja asennuskustannusten kannalta edullisinta on käyttää tukitorneja vain parvekelaatan asennuksen ja kiinnityksen ajan ja vaihtaa nämä erilliseen jälkituentaan heti kun parvekelaatan liitos on saavuttanut riittävän lujuuden sitoaakseen parvekelaatan vaakasuunnassa. Käyttämällä holvitukia jälkituentana voidaan työnaikainen tuenta toteuttaa kokonaisuudessaan vain yhden kerroksen tukitorneilla. Jälkituenta mitoitetaan koko parvekelinjan kuormille, jolloin useimmissa tapauksissa jälkituennaksi tarvitaan alumiiniset holvituet.

Kun välipohjan betoni on saavuttanut riittävän lujuuden jäykistääkseen parvekelaatan riittävästi vaakasuuntaisia liikkeitä vastaan, asennetaan parvekelaatalle jälkituenta ja tukitorni löystytetään. Tämän jälkeen tukitorni nostetaan parvekelaatan päälle odottamaan seuraavan kerroksen parvekelaatan asennusta.

8.3 Menetelmä 3: Tuenta poistetaan alhaalta ylöspäin

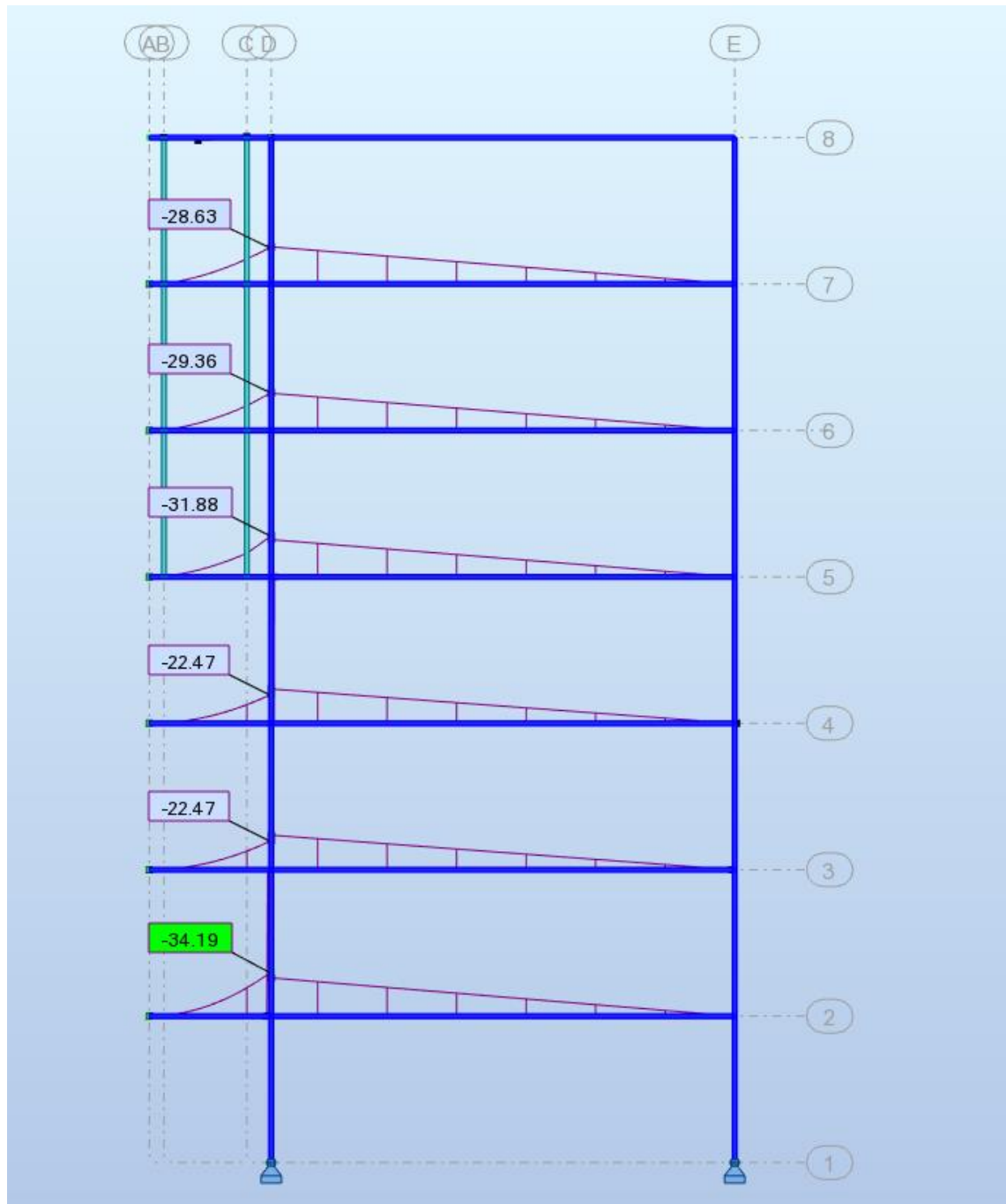
Kolmas vaihtoehtoinen ulokeparvekkeiden tuentamenetelmä toteutetaan samoin kuin ensimmäinen tai toinen menetelmä, mutta tuenta poistetaan alhaalta ylöspäin runkotyön edetessä (kuva 22). Parvekelaatan asennuksen jälkeen asennusaikainen tuenta jätetään paikalleen jälkituennaksi kuten menetelmässä 1 tai jälkituennaksi vaihdetaan holvituet kuten menetelmässä 2. Kun asennettuja ja kiinnitettyjä parvekelaattoja on riittävän monta kerrosta, alimmat tuet poistetaan. Kiinnitettyjen parvekelaattojen liitokset ottavat tällöin vastaan liitoksen kannattaman parvekelaatan painon sekä seuraavaksi asennettavan parvekelaatan painon. [32.]



Kuva 22. Periaate tuennan poistosta alhaalta päin [32].

Normaalitilanteessa ulokeparvekkeen liitos mitoitetaan parvekelaatan painolle, hyötykuormalle sekä mahdollisen parvekelasituksen aiheuttamalle kuormalle. Työn aikana liitosta kuormittavat parvekelaatan paino sekä mahdollinen työnaikainen hyötykuorma ja lumikuorma. Mikäli parvekeliitosta kuormittaa työn aikana vain parvekelaatan paino, parvekeliitoksella on työn aikana hyötykuorman mitoitusarvon verran niin sanotusti ylimääräistä kapasiteettia. Tätä voidaan hyödyntää kannattamalla asennettava parveke alemmiltä parvekelaatoilta.

Tarvittava kantavien parvekkeiden määrä selvitetään laskemalla asennettavan parvekelaatan painon aiheuttama taivutusrasitus. Tästä selviää, kuinka monelle parvekeliitokselle tämä rasitus täytyy jakaa, jotta kaikkien kantavien liitosten taivutusrasitus pysyy mitoitusilanteen mukaisissa rajoissa (liite 3). Käytännössä tämä menettely vaatii tapauskohtaisen tarkastelun, jossa otetaan huomioon asennettavaa elementtiä tukevien parvekeliitosten saavuttama lujuus. Tämä tarkoittaa tarkkaa välipohjan betonin lujuuden määrittämistä jokaisesta kerroksesta. Perustuen kullekin liitokselle tuleviin rasituksiin rakennesuunnittelija määrittää lujuuden, joka liitosten on saavutettava, jotta ne kykenevät kannattamaan asennettavan parvekelaatan. Tarvittaessa ulokeparvekkeiden liitososat voidaan ylimitoitaa käyttötilanteeseen nähden, jolloin ne kestävät tuennan poiston tavallista aikaisemmin.



Kuva 23. Taivutusmomentti parvekelaatan ja välipohjan liitoksessa yksikössä kNm/m. Moduuleilla B ja C sijaitsee työnaikainen tuenta. Moduuleilla D ja E sijaitsee rakennuksen kantava runko

Kuvassa 23 on esitetty liitteen 1 mukaisten teräsbetoniparvekelaattojen painoista murto-rajatilassa aiheutuva momenttikuormitus liitososille. Parvekelinjasta käsitellään yhden metrin levyistä kaistaa. Esimerkissä parvekeasennus on edennyt ylimpään kerrokseen. Parvekelaattojen työnaikainen tuenta on poistettu parvekeasennuksen edetessä. Alimmalle parvekelaatalle on vertailun vuoksi asetettu laatan painon lisäksi parvekelaatan

käytönaikainen hyötykuorman mitoitusarvo. Parvekkeilla hyötykuorman ominaisarvo on $2,5 \text{ kN/m}^2$. Alimman liitoksen taivutusmomentin suuruudesta nähdään, että asennettavan parvekelaatan tuennasta aiheutuva taivutusrasitus ei ylitä taivutusrasitusta jolle liitososa on vähimmilläänkin mitoitettu.

Menetelmän vaatimien erityistarkastelujen takia tukien poistamista alhaalta on järkevää hyödyntää lähinnä tapauksissa, joissa tuettavia parvekkeita on hyvin paljon tai on jokin muu syy miksi tuenta tulisi saada pois alemmilta parvekkeilta jo aikaisessa vaiheessa.

9 Kustannusvertailu

Insinööriä varten suoritetaan kustannusvertailu eri tuentamenetelmille. Menetelmät vertaillaan myös eri kalustovaihtoehtoilla, jolloin vertailtavia tuentatapauksia on yhteensä kahdeksan. Kustannuslaskelmiin otetaan huomioon sekä työ-, että kalustokustannukset. Työn osuuteen lasketaan kaluston kasaus, siirto, asennus, poistaminen ja purkaminen. Kalustokustannuksiin lasketaan kaluston vuokra ja rahti.

Liitteen 4 kustannusvertailuun valittiin vain menetelmiä jotka ovat rakennusteknisesti toteutuskelpoisia, jolloin kustannusvertailun perusteella voidaan valita kokonaisuudessaan kuhunkin kohteeseen sopiva vaihtoehto. Osassa menetelmistä kustannuserot ovat niin pieniä, että pienetkin muutokset kalustohinnoissa voivat muuttaa menetelmien kustannuserot päinvastaiseksi. Tästä syystä, toisiaan kustannuksiltaan lähellä olevien menetelmien valinnassa tulee ottaa huomioon sellaisia työn kustannuksiin vaikuttavia kohdekohtaisia tekijöitä, joita ei pystytä yleisessä vertailussa ottamaan huomioon riittävän tarkasti. Näitä ovat muun muassa menetelmän selkeys ja onko menetelmä ennalta tuttu työnjohdolle ja työntekijöille.

Työkustannuksissa eri menetelmillä ei ole suuria eroja, kun taas kalustokustannuksiltaan edullisimmalla menetelmällä työ voidaan toteuttaa neljäsosalla kalleimman menetelmän kalustokustannuksista. Työkustannuksissa suurin ero menetelmien välillä syntyy tukitorien kokoamisesta ja purkamisesta. Menetelmissä joissa tukitorneja tarvitaan vain yhden kerroksen verran, päästään työkustannuksissa suurimpaan säästöön. Kalustokustannusten kannalta on tärkeää saada optimoituja tarvittavan tuentakaluston määrä ja minimoitua kaluston vuokra-aika. Näissä seikoissa oleellisina tekijöinä ovat oikean kaluston valinta, asennusaikaisen tuennan vaihtaminen edullisempaan kalustoon jälkituennaksi sekä tuennan mahdollisimman aikainen poistaminen.

10 Työturvallisuus

Vertailtujen tuentamenetelmien ja -kaluston välillä ei ollut merkittäviä eroavaisuuksia työturvallisuuden kannalta. Tuentamenetelmien välisessä vertailussa on kuitenkin otettava kohdekohtaisesti huomioon erityisesti kaluston noston ja asennustyön turvallisuus. Yleisesti muotti- ja tuentatyössä tulee noudattaa samoja työturvallisuusohjeita kuin muussakin rakentamisessa. Ulokeparvekkeiden työnaikaisesta tuennasta tehdään työn turvallisuussuunnitelma, jossa otetaan erityisesti huomioon putoamissuojaus tukia asennettaessa ja poistaessa, vaara-alueen rajaus nostojen aikana ja tukia asennettaessa ja poistaessa sekä työnaikaisten tukien sidonta kaatumisen estämiseksi. Valtioneuvoston asetuksessa 205/2009 rakennustyön turvallisuudesta todetaan lisäksi muotti- ja tuentatöistä seuraavaa:

Tukitelineitä nostettaessa ja asennettaessa on noudatettava valmistajan tai maahantuojan ohjeita. Jos ohjetta ei ole, tai siitä poiketaan, on pätevän rakennesuunnittelijan laadittava muottisuunnitelma. Tällöin on suunniteltava myös putoamissuojaus. Työhön on laadittava käyttösuunnitelma, jos järjestelmämuottikalusto tai tukiteline suuren painonsa tai kokonsa, vaaraa aiheuttavan sijaintinsa, erityisen käyttötarkoituksensa tai muun vastaavan tekijän vuoksi aiheuttaa työturvallisuusvaaraa. [Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 45 §.]

Muottityön eri vaiheet on suunniteltava, kun käytetään muotteja, jotka painonsa tai kokonsa vuoksi edellyttävät nostoapuvälineiden käyttöä. Suunnitelmassa on esitettävä ainakin muottien käsittelyä, varastointia, nostoa, tuentaa ja työnaikaista vakautta sekä putoamisvaaran torjuntaa koskevat turvallisuustoimet. Muottien paino ja nostokohdat on merkittävä selkeästi. Suunnitelmassa on otettava huomioon muotin valmistajan tai maahantuojan ohjeet. [Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 45 §.]

Väliaikaisen tuennan purkamisessa on noudatettava suunnittelijan antamaa ohjetta purkamisajankohdasta, purkamisjärjestyksestä ja mahdollisesta jälkituennasta. [Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009, 41 §.]

Elementtien tuentakalusto tulee sisällyttää työmaan viikkotarkastukseen. Viikkotarkastuksessa tarkistetaan vähintään tuennan perustus ja että rakenne on valmistajan asennusohjeen mukainen. [23.]

11 Menetelmän valinta

Ulokeparvekkeiden tuentatyötä suunniteltaessa ja tuentamenetelmää valittaessa merkittävimpiä huomioitavia tekijöitä ovat työn turvallinen toteutus, työn riittävän nopea eteneminen, muiden työvaiheiden asettamat rajoitukset sekä kustannukset kokonaisuudessaan sisältäen työ- ja kalustokustannukset.

Taloudellisimman ja käyttökelpoisimman työnaikaisen tuentamenetelmän valintaan vaikuttavat muun muassa oletettavissa olevat runkotyön aikaiset lämpötilaolosuhteet, rakennusnopeus, tuettavien parvekkeiden määrä kerroksessa, kerrosten määrä, parvekkeiden mitat ja paino sekä tarvittava tila parvekkeilla.

Oletettavissa olevat runkotyön aikaiset lämpötilaolosuhteet vaikuttavat erityisesti betonin lujuudenkehitykseen. Mitä nopeampaa lujuudenkehitys on, sitä aikaisemmin saavutetaan muotinpurkulujuus parvekkeille. Tuentamenetelmän valinnassa tällä on merkitystä lähinnä menetelmässä 3. Mikäli lujuudenkehitys on hidasta, tarvitaan asennettavaa parvekelaattaa kantamaan useampia alempia kerroksia. Tällöin menetelmästä saavutettava hyöty vähenee. Huonoissakin olosuhteissa lujuudenkehitys voidaan saada hyvinkin nopeaksi käyttämällä tähän sopivaa betonimassaa sekä lämmittämällä ja suojaamalla rakenne.

Runkotyön nopeus vaikuttaa menetelmään 3 samoin kuin lämpötilaolosuhteet. Mikäli runkotyö etenee tavallista nopeammalla kierrolla, alemmat parvekeliitokset eivät ehdi saavuttaa tarpeeksi suurta lujuutta, jolloin tukevia parvekkeita tarvitaan suhteettoman paljon. Runkotyön etenemistähtiin liittyen täytyy tuennan poistoa suunniteltaessa ottaa huomioon välipohjan jälkituenta. Mikäli parveke on tuettu ja välipohjan tuenta poistetaan, rakenne ei toimi suunnitellusti, ja kuormituskapasiteetti liitoksessa saattaa ylittyä.

Tuettavien parvekkeiden määrä kerroksessa ja parvekekerrosten määrä vaikuttaa siihen kuinka merkittävä kulu parvekkeiden työnaikainen tuenta on kokonaisuudessaan ja kuinka suuria kuormia tuennalle tulee. Mitä enemmän tuettavia parvekkeita on, sitä tarkemmin tuentatyö tulee suunnitella ja sitä suurempiin säästöihin tuennassa voidaan päästä valitsemalla taloudellisin menetelmä tuennan toteuttamiseksi.

Tuennalle tuleviin kuormiin vaikuttavat parvekekerrosten määrä, parvekkeiden mitat ja painot sekä parvekkeiden käyttö rakennusaikana. Rakennusaikaisesta käytöstä tulevat

kuormat riippuvat siitä, käytetäänkö parvekkeita materiaalin varastointiin, millaisia töitä parvekkeilla tehdään ja pääseekö parvekkeille kertymään lumikuormaa. Mikäli parvekkeille tulee rakennusaikana suuria kuormia, täytyy jälkituentakalusto mitoittaa sen mukaan ja jättää pidemmäksi ajaksi paikalleen.

Parvekkeilla tarvittava vapaa tila vaikuttaa muun muassa siihen kuinka nopeasti asennusaikainen tuenta täytyy poistaa parvekkeilta. Jälkituennan poisto alimmista kerroksista ylös päin tulee kysymykseen erityistapauksissa, joissa alimpien parvekkeiden alle tarvitaan täysin vapaata tilaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa.

12 Yhteenveto

Insinööriyössä perehdyttiin ulokeparvekkeen rakenteeseen ja toimintaan, selvitettiin ulokeparvekkeiden tuennan perusteita ja parvekkeen toimintaa tuettuna sekä tutustuttiin tuennasta jo olemassa oleviin ohjeisiin ja käytäntöihin. Ohjeita ja käytäntöjä selvitettiin ulokeparvekkeiden liitososien ja tuentakaluston toimittajilta, Skanska Talonrakennuksen työmaahenkilöstöltä sekä tutustumalla aihetta käsittelevään kirjallisuuteen. Tämän perusteella arvioitiin olemassa olevien ohjeiden ja käytäntöjen mukaisten tuentamenetelmien kustannuksia ja toteutuskelpoisuutta rakennusteknisesti. Tarkemmin tutkittaviksi valittiin menetelmiä, joiden oletettiin tuottavan hyötyä joko kustannuksissa tai muutoin työmaan näkökulmasta.

Vertailtuja menetelmiä olivat asennusaikaisen tuennan jättäminen paikoilleen jälkituennaksi, asennusaikaisen tuennan vaihtaminen erilliseen jälkituentakalustoon, sekä menetelmä joka toteutetaan kuten ensimmäinen tai toinen menetelmä, mutta jälkituenta poistetaan poikkeuksellisesti alhaalta ylöspäin runkotyön edetessä. Työn tuloksena selvisi, että kaikki kolme vertailtua menetelmää ovat mahdollisia toteuttaa tietyin rajoituksin. Joltuen suuresta määrästä muuttuvia tekijöitä, ulokeparvekkeiden työnaikaiseen tuentaan ei voitu kuitenkaan määrittää yhtä oikeaa joka kohteeseen sopivaa menetelmää. Työn tuloksena voitiin kuitenkin määrittää pääsääntöjä jotka ohjaavat työmaata parhaan menetelmän valitsemiseksi kuhunkin kohteeseen.

Ulokeparvekkeiden tuentatyötä suunniteltaessa merkittävimpiä huomioitavia tekijöitä ovat työn turvallinen toteutus, työn riittävän nopea eteneminen, muiden rinnakkaisten työvaiheiden asettamat rajoitukset sekä työn kustannukset kokonaisuudessaan. Eri tuentamenetelmien välillä suurimmat erot tulevat tuentatyön kalustokustannuksissa. Kalustokustannukset vaihtelevat eri menetelmien välillä suuresti ollen suurimmillaan noin puolet työn kokonaiskustannuksista ja pienimmillään kolmasosa koko tuentatyön kustannuksista. Kalustokustannusten kannalta on tärkeää saada optimoituja tarvittavan tuentakaluston määrä ja minimoitua kaluston vuokra-aika. Tässä oleellisina tekijöinä ovat oikean kaluston valinta, asennusaikaisen tuennan vaihtaminen edullisempaan kalustoon jälkituennaksi sekä tuennan mahdollisimman aikainen poistaminen. Kustannusvertailun perusteella voitiin todeta jo pienillä parannuksilla työn suunnittelussa saavutettavan merkittävää säästöä kalustokustannuksissa.

Taloudellisimman ja käyttökelpoisimman työnaikaisen tuentamenetelmän valintaan vaikuttavat muun muassa oletettavissa olevat runkotyön aikaiset lämpötilaolosuhteet, rakennusnopeus, tuettavien parvekkeiden määrä kerroksessa, kerrosten määrä, parvekkeiden mitat ja paino sekä tarvittava tila parvekkeilla.

Työn tulosten avulla ulokeparvekkeiden tuentatyötä suunnitteleva saa perusteet ulokeparvekkeen toiminnasta, tarvittavan teoriapohjan työnaikaisesta tuennasta sekä ohjeet tuentamenetelmän ja kaluston valintaan sekä työn toteuttamiseen.

Jatkotoimenpiteenä näen henkilökohtaisesti hyödylliseksi vastaavanlaisen selkeän ohjeistuksen toteuttamisen paikallavaletun välipohjan työnaikaisesta tuennasta. Välipohjan virheellisellä tuennalla voidaan vaurioittaa välipohjan lisäksi ulokeparvekkeen liitosta. Toisena jatkotoimenpiteenä ulokeparvekkeen asennusaikaiseen vaakasidontaan olisi mielestäni tarpeellista kehittää selkeämpi ja yksinkertaisempi menetelmä.

Lähteet

- 1 Tietoa Skanskasta. Verkkodokumentti. <<http://www.skanska.fi/fi/Tietoa-Skanskasta/>>. 1.9.2016. Luettu 30.3.2017.
- 2 Talonrakentaminen. Verkkodokumentti. <<http://www.skanska.fi/fi/Tietoa-Skanskasta/Palvelut/Talonrakentaminen/Asuntorakentaminen/>>. 24.4.2015. Luettu 30.3.2017.
- 3 Skanska suunnittelualustat. Parvekehohje. 2014. Skanska Oy. Luettu 30.3.2017.
- 4 Betonielementtiparvekkeet. 2010. Verkkodokumentti. Betoniteollisuus ry. <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/parvekkeet>>. Luettu 30.3.2017.
- 5 Haukijärvi, Matti. 2005. JUKO-ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi. Parvekkeet uusiminen kokonaan tai osittain- suunnitteluohjeet. Verkkodokumentti. Julkisivuyhdistys. <http://www.julkisivuyhdistys.fi/julk-kari2/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Parvekkeet/Suunnitteluohjeet_Parvekkeet_Uusiminen.pdf>. Luettu 30.3.2017.
- 6 Skanska suunnittelualustat. Skanska Xchange Suomi. M2-3 Julkisivu- ja vesikattorakenteet. 2012. Skanska Oy. Luettu 30.3.2017.
- 7 Betonirakenteiden kiinnitysosien käyttöseloste. 2013. Verkkodokumentti. Suomen betoniyhdistys ry. <http://www.schoeck.fi/upload/documents/flashbook/fi/iso-korb_/schoeck_isokorb_varmennettu_kaeyttoeseloste_by_5_b_13-05-08_5342/index.html#/1/>. Luettu 30.3.2017.
- 8 Skanska suunnittelualustat. Parvekedetaljit. 2012. Skanska Oy. Luettu 30.3.2017.
- 9 Harjula, Jussi. 2017. Kehityspäällikkö, Skanska Talonrakennus Oy, Espoo. Haastattelu 28.2.2017.
- 10 RT 86-10563. 1995. Rakennustieto Oy.
- 11 Schöck Isokorb liitososien käyttöohje Eurokoodi 2. 2014. Haucon Finland Oy. Verkkodokumentti. <http://www.schoeck.fi/upload/documents/flashbook/fi/iso-korb_xt_120_mm/schoeck_isokorb_xt_uudet_osat_kaeyttoehje_by_n_hy_14-09-29_5865/index.html>. 10.2014. Luettu 30.3.2017.
- 12 Lahdensivu ym. 2012. Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.
- 13 Lämpö- ja äänieristyksen huippu. Verkkodokumentti. <<http://www.schoeck.fi/fi/tuotteet/betoni-betoni-120-mm-107>>. Luettu 30.3.2017.

- 14 Tuoteluettelo. Schöck. Verkkodokumentti. <http://www.schoeck.fi/upload/documents/flashbook/fi/all_products/schoeck_tuoteluettelo_13-12-11_4362/index.html#12/z>. Luettu 30.3.2017.
- 15 Isopro ja Isomax parvekeraudoitteet. Käyttöohje. 2011. Semtu Oy. Verkkodokumentti. <https://www.semtu.fi/files/1013/3215/6816/Kytttohje_Isopro_ja_Isomaxx_14122011.pdf>. 14.12.2011. Luettu 30.3.2017.
- 16 Sadallah, Hanaa. 2013. Baustellenbesuch in Finnland. Verkkodokumentti. <<http://www.schoeck-blog.de/2013/10/baustellenbesuch-in-finnland/#more-9020>>. Luettu 18.4.2017.
- 17 Rakenteiden lujuus ja vakaus. 2016. Ympäristöministeriö. Verkkodokumentti. <http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Rakenteiden_lujuus_ja_vakaus>. 29.3.2017. Luettu 30.3.2017.
- 18 SFS-EN 1992 1-1. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 19.1.2015. Suomen Standardoimisliitto SFS.
- 19 Concrete Slabs. 2012. Verkkodokumentti. <http://www.schock-us.com/en_us/solutions/concrete-slabs-262>. Luettu 30.3.2017.
- 20 Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. Osa 3: Laatat. 2011. Betoniteollisuus ry. Verkkodokumentti. <http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_3_Laatat.pdf>. 1.3.2011. Luettu 30.3.2017
- 21 Referenssit. 2011. Linterm Oy. Verkkodokumentti. <[http://www.schoeck.fi/upload/reference/reference/110206_Ref_IK_Reimantorin_FI_ly2\[19\].pdf](http://www.schoeck.fi/upload/reference/reference/110206_Ref_IK_Reimantorin_FI_ly2[19].pdf)>. 5.2011. Luettu 30.3.2017.
- 22 Betonirakenteiden suunnittelu eurokoodien mukaan. Osa 8: Taipuma. 2012. Betoniteollisuus ry. Verkkodokumentti. <http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_8_Taipuma.pdf>. 20.3.2012. Luettu 30.3.2017.
- 23 Betonielementtien turvallinen asennus. 2010. Betoniteollisuus ry. Verkkodokumentti <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23634/Betonielementtien%20turvallinen%20asennus.pdf>>. Luettu 30.3.2017.
- 24 BY 65. Betoninormit 2016. 2016. Helsinki. BY-koulutus Oy.
- 25 RIL 147-2006. Tukitelineet ja muotit. 2006. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

- 26 ABM-tuentajärjestelmä. Käyttöohje. Ramirent Finland Oy. Verkkodokumentti. <http://tuotteet.ramirent.fi/sites/tuotteet.ramirent/files/product_attachments/K%C3%A4ytt%C3%B6ohje%20abm-tuentaj%C3%A4rjestelm%C3%A4.pdf>. Luettu 30.3.2017.
- 27 Tuulensuu, Ville. 2017. Myyntipäällikkö, Doka Finland Oy. Sähköpostikeskustelu 25.2.2017.
- 28 Pesonen, Risto. 2015. Talvi vaatii pitkäjänteisyyttä työmaalla. Verkkodokumentti. <<http://rakennustaito.fi/kategorisoimaton/talvi-vaatii-pitkajanteisyytta-tyomaalla-2/>>. 21.12.2016. Luettu 30.3.2017.
- 29 Söderström, Lennart. 2017. Myyntipäällikkö, Haucon Finland Oy, Espoo. keskustelu 20.2.2017.
- 30 BY 201. Betonitekniikan oppikirja 2004. 2005. Helsinki. Suomen Betonitieto Oy.
- 31 Betonin kovettuminen eli lujuuDENkehitys. Finnsementti Oy. Verkkodokumentti. <<http://www.finnsementti.fi/tietoa-betonista/tietoa-betonista-pienrakentajalle-ja-rautakauppiaille/betonin-kovettuminen-eli-lujuudenkehitys>>. Luettu 30.3.2017.
- 32 Schöck Isokorb- eristeosilla liitettyjen ulokeparvekkeiden tuentavaihtoehtoja ja tuentaohjeita. 2016. Haucon Finland Oy.

Ulokeparvekkeen liitososan mitoitus

Ulokeparveke mitoitetaan yhden metrin levyisenä ulokepalkkina.

Betoni C30/37 (välipohjassa)

$$f_{ck} := 30 \text{ MPa}$$

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$\gamma_c := 1.5$$

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 17 \text{ MPa}$$

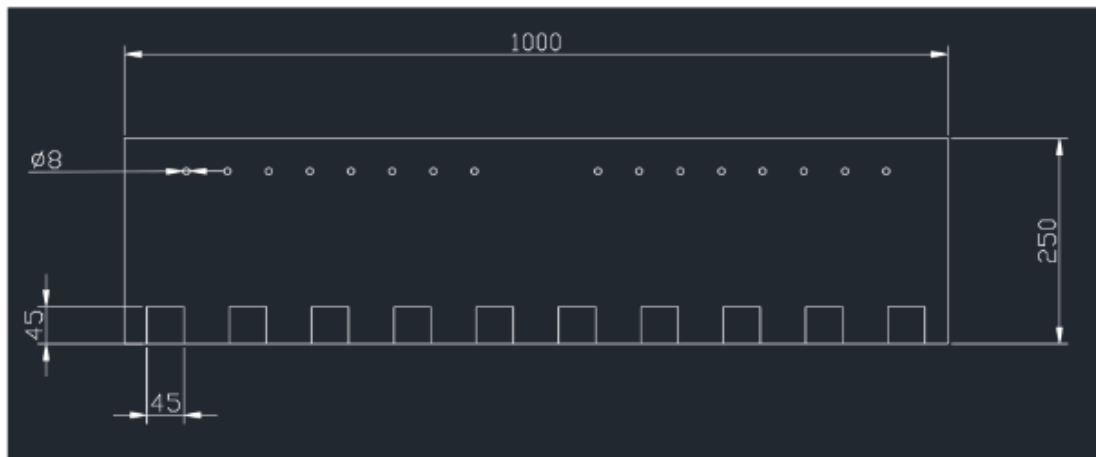
Teräs B500B (lasketaan koko liitos tavallisella harjateräksellä)

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$\gamma_s := 1.15$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.783 \text{ MPa}$$

Rakenteen mitat



Kuvassa esitetty liitososaelementin leikkaus

Parvekkeen ulokemitta $l := 2.5 \text{ m}$

Parvekkeen leveys $b := 4 \text{ m}$

Liitososan korkeus $h := 250 \text{ mm}$

Liitososan tehollinen korkeus $d := 210 \text{ mm}$

Liitososan sisäinen momenttivarsi $z := 170 \text{ mm}$

Kuormat

Parvekelaatan oma paino

$$g_k := h \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 6.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kaiteen ja lasituksen paino

$$g_{k.lasitus1} := 0.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Hyötykuorma

$$q_{k.hyöty} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Parvekkeen sivujen lasitus jaettuna koko laatan leveydelle

$$g_{k.lasitus2} := \frac{2 \cdot g_{k.lasitus1}}{b} = 0.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Taivutusmitoitus

Momentti yhden metrin levyiselle kaistalle: $b := 1000 \text{ mm}$

$$M_{Ed1} := \frac{1}{2} \cdot (1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_{k.hyöty}) \cdot b \cdot l^2 = 34.18 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed2} := \frac{1}{2} \cdot 1.15 \cdot g_{k.lasitus2} \cdot b \cdot l^2 = 1.258 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed3} := 1.15 \cdot g_{k.lasitus1} \cdot b \cdot l = 2.013 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed} := M_{Ed1} + M_{Ed2} + M_{Ed3} = 37.45 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Lasketaan tarvittava puristusosien pinta-ala

$$M = N_c \cdot z$$

$$N_{c.v} := \frac{M_{Ed}}{z} = 220.294 \text{ kN}$$

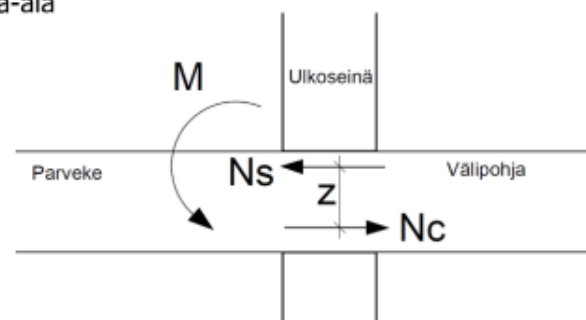
$$N_c = A_c \cdot f_{cd}$$

$$A_{c.v} := \frac{N_{c.v}}{f_{cd}} = (1.296 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$A_c = a \cdot A_{c1}$$

a = Puristusosien määrä metrin levyisellä kaistalla

$$A_{c1} = x \cdot y$$



Valitaan puristusosien kooksi

$$\text{Leveys} \quad x := 45 \text{ mm}$$

$$\text{Korkeus} \quad y := 45 \text{ mm}$$

$$A_{c1} := x \cdot y = (2.025 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$a := \frac{A_{c.v}}{A_{c1}} = 6.399$$

Valitaan puristusosien määräksi $a := 7$

$$A_c := a \cdot A_{c1} = (1.418 \cdot 10^4) \text{ mm}^2$$

$$N_c := A_c \cdot f_{cd} = 240.975 \text{ kN}$$

Taivutuskapasiteetti metrin kaistaa kohden

$$M_{Rd} := N_c \cdot z = 40.966 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > \quad M_{Ed} = 37.45 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{OK}$$

Lasketaan tarvittava raudituksen pinta-ala

$$M = N_s \cdot z$$

$$N_{s.v} := \frac{M_{Ed}}{z} = 220.294 \text{ kN}$$

$$N_s = A_s \cdot f_{yd}$$

$$A_{s.v} := \frac{N_{s.v}}{f_{yd}} = 506.676 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{b}{k} \cdot A_{s1}$$

Valitaan rauditukseksi $\phi := 8 \text{ mm}$

$$A_{s1} := \pi \left(\frac{\phi}{2} \right)^2 = 50.265 \text{ mm}^2$$

$$k_v := \frac{b \cdot A_{s1}}{A_{s.v}} = 0.099 \text{ m}$$

Valitaan T8 $k := 90 \text{ mm}$

$$A_s := \frac{b}{k} \cdot A_{s1} = 558.505 \text{ mm}^2$$

$$N_s := A_s \cdot f_{yd} = 242.828 \text{ kN}$$

Taivutuskapasiteetti metrin kaistaa kohden

$$M_{Rd} := N_s \cdot z = 41.281 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > \quad M_{Ed} = 37.45 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{OK}$$

Ankkurointipituuden mitoitus

Betoni C30/37 (välipohjassa)

$$\alpha_{ct} := 1.0$$

$$\gamma_c := 1.5$$

LUJUUSLUOKKA		C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	
Ominaispuristuslujuus	f_{sk}	16	20	25	30	35	40	45	50	
Kuutiolujuus	$f_{sk,skw}$	20	25	30	37	45	50	55	60	
Keskimääräinen puristuslujuus	f_{cm}	24	28	33	38	43	48	53	58	$f_{cm} = f_{sk} + 8 \text{ MPa}$
Keskimääräinen vetolujuus	f_{ctm}	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	$f_{ctm} = 0,3f_{sk}^{(2/3)}$
Ominaisvetolujuus	$f_{ctk,0.05}$	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	$f_{ctk,0.05} = 0,7f_{ctm}$
Keskimääräinen kimmo kerroin	E_{cm}	29000	30000	31000	33000	34000	35000	36000	37000	$E_{cm} = 22[(f_{cm})/10]^{1.3}$

$$f_{ctk,0.05} := 2 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} := \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = 1.333 \text{ MPa}$$

Ankkurointivoima f_{bd}

$$\eta_1 := 0.7$$

$$\eta_2 := 1.0$$

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2.1 \text{ MPa}$$

Ankkurointipituus l_{bd}

$$N_s := \frac{M_{Ed}}{z} = 220.294 \text{ kN}$$

Ankkurointipituuden perusarvo $l_{b,rqd}$

$$N_s = 220.294 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{N_s}{A_s} = 394.435 \text{ MPa}$$

$$l_{b,rqd} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma}{2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}} = 0.376 \text{ m}$$

Muotinpurkulujuuden laskenta

Työnaikaiset kuormat

$$g_k = 6.25 \frac{kN}{m^2}$$

Työnaikaiset voimat

$$b := 1000 \text{ mm}$$

$$M_{Ed} := \frac{1}{2} \cdot 1.15 \cdot g_k \cdot b \cdot l^2 = 22.461 \text{ kN} \cdot m$$

Taivutuskestävyyden perusteella

$$M = N_c \cdot z$$

$$N_c := A_c \cdot f_{cd}$$

$$M_{Ed} = A_c \cdot f_{cd} \cdot z$$

Tästä saadaan ratkaistua vaadittu betonin puristuslujuus f_{cv}

$$f_{cv} := \frac{M_{Ed}}{A_c \cdot z} = 9.321 \text{ MPa}$$

Suhde mitoituslujuuteen:

$$\frac{f_{cv}}{f_{cd}} = 0.548$$

Eli tällä perusteella muotinpurkulujuus on 55 %
betonin nimellislujudesta

Ankkurointikapasiteetin perusteella

Työnaikaiset voimat

$$N_s := \frac{M_{Ed}}{z} = 132.123 \text{ kN}$$

$$\sigma := \frac{N_s}{A_s} = 236.566 \text{ MPa}$$

Ankkurointipituuden kaavasta johdetaan:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd}$$

$$l_{b,rqd} := \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma}{f_{bd}}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma}{f_{bd}}$$

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$$

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\sigma}{2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}}$$

Tästä saadaan ratkaistua vaadittu betonin vetolujuus f_{ctv}

$$f_{ctv} := \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \phi \cdot \sigma}{l_{bd} \cdot 4 \cdot 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} = 0.751 \text{ MPa}$$

Suhde mitoituslujuuteen:

$$\frac{f_{ctv}}{f_{ctd}} = 0.563 \quad \text{Eli tällä perusteella muotinpurkulujuus on 56 \%}$$

betonin nimellislujuudesta

Muotinpurkulujuus yksinkertaistetulla menetelmällä

Työnaikainen kuormitus F

$$F := g_k = 6.25 \frac{kN}{m^2}$$

Suunnittelukuorman ominaisarvo F_k

$$F_k := g_k + q_{k.hyöty} + \frac{g_{k.lasitus1}}{l} + g_{k.lasitus2} = 9.38 \frac{kN}{m^2}$$

Betonin nimellisuus K

$$K := f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Betonin keskilujuus purkamishetkellä K_m

$$K_m := \frac{F}{F_k} \cdot K = 19.989 \text{ MPa}$$

Suhde nimellisuuteen:

$$\frac{K_m}{f_{ck}} = 0.666 \quad \text{Eli tällä perusteella muotinpurkulujuus on 67 \%}$$

betonin nimellisuudesta

Asennettavaa parvekelaattaa kantavien parvekeliitosten määrän laskenta

Asennettavaa parvekelaattaa kannattava parveke

Tasan jakautunut kuorma jolle parvekeliitos on mitoitettu

Parvekelaatan oma paino

$$g_k = 6.25 \frac{kN}{m^2}$$

$$g_d := 1.15 \cdot g_k = 7.188 \frac{kN}{m^2}$$

Hyötykuorma

$$q_{k.hyöty} = 2.5 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{d.hyöty} := 1.5 \cdot q_{k.hyöty} = 3.75 \frac{kN}{m^2}$$

Kokonaiskuorma

$$p_{d1} := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_{k.hyöty} = 10.938 \frac{kN}{m^2}$$

Työnaikana yhdellä parvekeliitoksella on ylimääräistä kapasiteettia

$$c_d := p_{d1} - g_d = 3.75 \frac{kN}{m^2}$$

Asennettava parvekelaatta

Asennettavan laatan aiheuttama kuorma tukeville parvekkeille

Parvekelaatan oma paino

$$g_k = 6.25 \frac{kN}{m^2}$$

Lumikuorma

$$q_{k.lumi} := 0 \frac{kN}{m^2}$$

Kokonaiskuorma

$$p_{d2} := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_{k.lumi} = 7.188 \frac{kN}{m^2}$$

Asennettavan parvekelaatan tuentaan tarvittavien täyden lujuuden saavuttaneiden parvekeliitosten määrä

$$\frac{p_{d2}}{c_d} = 1.917$$