Tampereen ammattikorkeakoulu

Katsomoelementin asennus

Betonisen L-muotoisen katsomoelementin asennus

Tero Lehtimäki

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2022

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

LEHTIMÄKI, TERO:
Katsomoelementin asennus
Betonisen L-muotoisen katsomoelementin asennus

Opinnäytetyö 32 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Marraskuu 2022

Yhteiskunnan kehittyessä ja kasvaessa kaupunkien julkisten rakennusten tarve nousee. Tällöin myös urheiluareenoiden katsomoiden koko kasvaa suuremmaksi entisajan katsomoista. Elementtituotannon ollessa yleistä nykypäivänä on katsomoiden rakentamiseen kehitetty betoninen L-muotoinen katsomoelementti. Tällä hetkellä tämän tyyppisen elementin asentamisen työvaiheista löytyy niukasti tietoa, joka helpottaisi työmaan työvaihesuunnittelua.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuoda enemmän perustietoa työmaan näkökulmasta elementin asennuskaaresta siitä hetkestä alkaen, kun se saapuu työmaalle ja siihen hetkeen, kun se on valmiina rakenneosana katsomossa.

Opinnäytetyössä syvennytään betonisen L-muotoisen katsomoelementin ominaispiirteisiin, elementin kokoon sekä muotoon ja työmaalla elementin käsittelyyn, kuten sen vaatimaan tilantarpeeseen ja säilytykseen. Edellisten lisäksi tässä opinnäytetyössä tarkastellaan esimerkkikohteen avulla elementin asennusta aina tarvittavasta nostovälineistöstä elementin ankkurointiin ja viimeistelyyn. Opinnäytetyössä aihetta käsitellään läpi työn tuotannollisesta näkökulmasta työmaan tarpeisiin.

Työmaan tuotannollinen näkökulma korostuu työssä niin, ettei työssä perehdytä suurelta osin elementin valmistukseen tai suunnitteluun. Työssä käydään läpi myös elementtien asennukseen kuluvaa ajallista tavoitetta sekä elementtien logistisen ja varastoimisen tarpeen arvioimista ja toteuttamista.

Asiasanat: katsomoelementti, elementtiasennus, betonielementti

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree program in construction management

LEHTIMÄKI, TERO:

Installation of the grandstand element
Installation of the L-shaped concrete grandstand element

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 4 pages
November 2022

As society develops and grows, the need for public buildings in cities increases. During the growth of society, the size of the stands in sports arenas will also grow larger than the audience stands in the past. As prefab production is common nowadays, a concrete L-shaped grandstand element has been developed for the construction of grandstands. Currently there is little information about the work stages of installing this type of element, which would facilitate the work stage planning of the construction site.

The aim of this thesis was to bring more basic information from the construction site perspective about the installation arc of the element from the moment it arrives at the construction site to the moment it is ready as a structural part in the stand.

In the thesis, I am taking a deeper sight into the characteristics of the concrete L-shaped grandstand element, the size and shape of the element, and the handling of the element at the construction site, such as the space it requires and storage. In addition to the previous ones, this thesis deals with the installation of the element with the help of an example construction site, from the necessary lifting equipment to the anchoring and finishing of the element. The subject of my thesis is discussed throughout from the production point of view to the needs of construction site and its management.

The productive point of view of the construction site is emphasized in my work so that the work does not deal with the manufacturing or design of the element for the most part. My work also deals with the time target required for the installation of the elements, as well as the evaluation and implementation of the need for logistics and storage of the elements.

Key words: grandstand element, element installation, concrete element

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 5
2 KATSOMORAKENNE 6
2.1 Katsomon perusidea 6
2.2 Teräksinen katsomo 7
2.3 Betoninen katsomo 8
3 VALMISTELEVAT TYÖT TYÖMAALLA 9
3.1 Rakenteita elementin alla 9
3.1.1 Betoninen JK- ja teräspalkki 9
3.1.2 Paikallavaluholvi 10
4 L-MUOTOINEN KATSOMOELEMENTTI 11
4.1 Rakenteelliset ominaisuudet 11
4.1.1 Paino 11
4.1.2 Muoto 12
4.1.3 Säilytys- ja tilantarve 12
4.2 Katsomoelementtien asennus 15
4.2.1 Nostin 15
4.2.2 Nostoapuvälineistö 16
4.2.3 Nostaminen 17
4.2.4 Paikalleen asentaminen 18
4.2.5 Katsomoelementin ankkurointi 20
4.2.6 Viimeistely 23
5 TUOTANNOLLINEN NÄKÖKULMA 24
5.1 Asentajien määrä 24
5.2 Ajallinen tavoite 24
5.3 Kuormaväli sekä asennusjärjestys 25
6 HAASTATTELUT 26
7 POHDINTA 27
LÄHTEET 28
LIITTEET 29
Liite 1. Nostoelimen valmistajan tarkistusohje 29
Liite 2. Katsomoelementtien painot ja pituudet 30
Liite 3. Haastattelu 1 31
Liite 4. Haastattelut 2 & 3 32

1 JOHDANTO

L-muotoisten katsomoelementtien asentamisesta tai työmaatuotannollisesta näkökulmasta ei ole tällä hetkellä juurikaan tietoa saatavissa. Elementtituotannon ollessa yleistä sekä rakentamisen optimaalisen aikatavoitteen ollessa korkealla on myös katsomorakenteiden oltava tämän päivän rakentamisen tuotannolle sopivia. Kaupunkien ollessa suuria myös stadionien koko kasvaa usein suuriksi rakennelmiksi, jolloin myös elementtituotanto soveltuu näihin kohteisiin hyvin.

Tämänhetkisen tiedon suomalaisessa rakentamiskulttuurissa betonisesta L-muotoisesta katsomoelementissä ollessa vähäinen, on lisätiedolle välttämätön tarve. Työn tavoitteena on esimerkkikohteen sekä tämänhetkisten tietojen avulla tuoda tietoa L-muotoisten katsomoelementtien työmaatuotannollisesta näkökulmasta.

Työn tiedonhaku perustuu pääosin esimerkkikohteen suunnitelmista sekä haastatteluista saaduista tiedoista, joilla pyritään antamaan lukijalle realistinen kuva katsomoelementtien asentamisesta. Työssä käsitellään elementin kulkua kuorma-auton kyydistä sen lopulliseen sijaintiin viimeisteltyyn rakenneosaan.

Työssä käsitellään katsomoelementtien asentamisen valmistelevia töitä työmaalla, elementin perusominaisuuksia, katsomoelementin asennusta sekä tuotannollista näkökulmaa.

2 KATSOMORAKENNE

2.1 Katsomon perusidea

Katsomoita on valmistettu jo 456 eKr. Euroopassa. Siihen aikaan katsomo palveli yleisöä paikkana katsoa teatteriesitystä niin, että katsoja näki helposti edessä olevien ihmisten yli suoraan esitystä. Katsomon idea oli siis luoda esteetön näkymä lavalle, jotta jokainen näkisi sinne vaivattomasti. Katsomon käyttötarkoitus ei vieläkään ole varsinaisesti muuttunut, mutta siinä käytettävät rakennusmateriaalit sekä muodot ovat tulleet eteenpäin ajan myötä. Todella vanhat katsomorakenteet tehtiin kivestä (Kuva 1). Nämä rakenteet ovat maapallon historiallisten rakennelmien mittakaavassa säilyneet yllättävän hyvin, sillä kivi materiaalina on todella kestävää ja säilyy hyvin vaativassakin ympäristössä. Toinen yleinen rakennusmateriaali on puu, jota on myös käytetty rakennusmateriaalina useiden vuosituhansien ajan. Valitettavasti yli 200 vuotta vanhoja puisia katsomoita ei juurikaan ole maailmassa, sillä katsomoiden kattaminen säältä ei ollut niin yleistä ennen, toisin kuin nykyään.

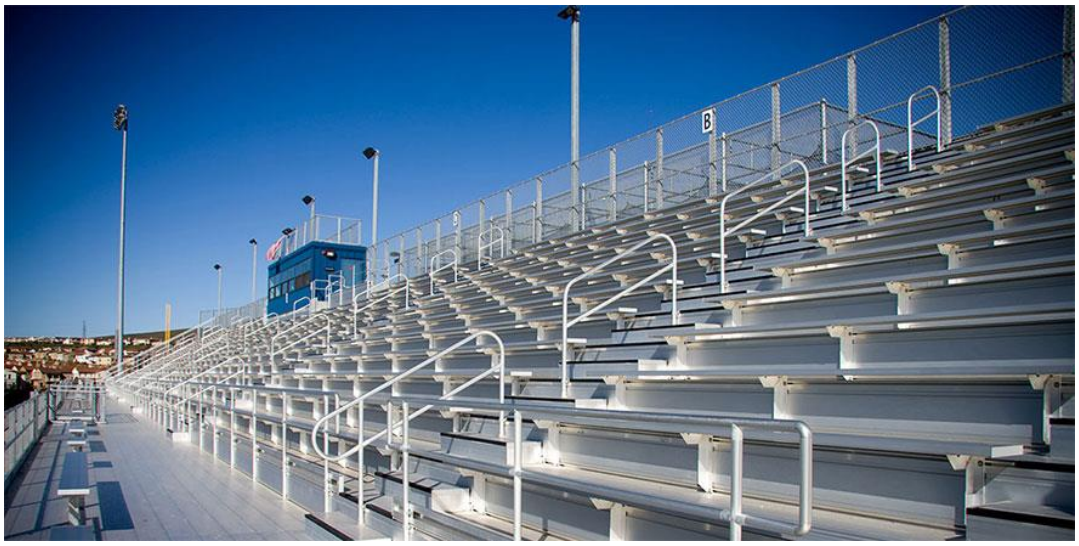
KUVA 1. Kivestä rakennettu amfiteatteri Ephesus, Turkki (AA Photo 2021).

2.2 Teräksinen katsomo

Katsomoiden rakentaminen teräksestä on ollut jo vuosien ajan yleinen tapa rakentaa katsomoita. Teräksisten katsomorakenteiden yleisyys on suuri varsinkin sisähalleissa niiden kevyemmän rakennepainon ansiosta verrattuna betonisiin tai kivirakennekatsomoihin. Kevyitä teräskatsomoita on myös saranoitu, jolloin niitä pystyy moottoroidusti kasaamaan pienemmäksi nappia painamalla. Sisähalleissa vaaditaan myös tilansäästöä, joka mahdollistaa sen, että katsomorakenne voidaan ottaa käyttöön sitä tarvittaessa.

Teräksestä rakennetaan pienempien hallirakennelmien ohella myös isompia rakennelmia, kuten stadioneita, joihin mahtuu yleensä tuhansia ihmisiä. Teräksen käyttäminen runkorakenteessa katsomossa on yleistä, mutta katsomolankkuina sen käyttö ainakaan stadionrakenteissa ei ole niin yleinen näky kuin betoninen katsomolankku. Teräksestä pystytään valmistamaan L-mallisia levyelementtejä, joita voidaan latoa portaittain katsomon rungon päälle luoden istuma-alustan alemmalle osiolle sekä kävelyalustan ylemmälle osiolle.

Nostokalustoa suunnitellessa nostokapasiteetin tarve pienenee, sillä teräksinen katsomoelementti on kevyempi kuin betoninen katsomoelementti. Lisäksi liitostyypistä riippuen, teräksinen katsomo on mahdollista purkaa ja siirtää toiseen paikkaan (Integralgroup 2022).



KUVA 2. Teräksestä valmistettu katsomo (Integralgroup 2022).

2.3 Betoninen katsomo

Betoninen katsomo on yleinen rakenne sen edullisuuden sekä kestävyyden kannalta (High Conrete Group 2009). Betonisia katsomorakenteita pystytään rakentamaan paikallavalurakenteena tai elementteinä. Paikallavalettuja katsomoita rakennettiin ennen enemmän, mutta elementtituotannon yleistyttyä katsomoelementtien käyttö on yleistynyt (High Conrete Group 2009). Elementtirakenteisella katsomolla on kuitenkin muutamia etuja paikallavalurakenteeseen verrattuna työmaan näkökulmasta. Elementtikatsomo on tuotantonopeudeltaan nopeampi paikallavalurakenteeseen verrattuna, mutta paikallavalurakenteen saa erimerkiksi helpommin vesitiiviimmäksi elementtirakenteeseen verrattuna.

KUVA 3. Paikallavalettu Ratinan Stadionin katsomo, Tampere.

3 VALMISTELEVAT TYÖT TYÖMAALLA

3.1 Rakenteita elementin alla

KAT-elementti eli betoninen katsomoelementti vaatii usein työmaalla valmistelevia töitä, ennen kuin L-muotoiset katsomoelementit pystytään asentamaan. Ne vaativat tukevan rakenteen alle, johon elementti tullaan kiinnittämään. Eri rakennemallien työmäärässä on suuria eroja työajan suhteen, joihin työmaan täytyy varautua.

3.1.1 Betoninen JK- & teräspalkki

Yksi kantavarakennetyyppi on betoninen JK-palkki (Kuva 4). Palkki itsessään pystytään valamaan tehtaalla porrastettuun muotoon, jolloin elementille saadaan suora vastapinta aikaiseksi. Vaihtoehtona tälle on, että palkki valetaan suorakulmaiseksi ja siihen jälkihitsaamalla kiinnitetään teräksinen konsoli, johon elementti kiinnitetään. Hitsaus vaatii työmaalta varautumisen hitsaamiseen ja hitsisauman suojamaalaukseen. Jokaisen konsolin mittapiste tulee merkitä ennen asennusta, jotta konsoli ei ole mittapisteiltään eri kohdassa suhteessa elementtien kanssa.

KUVA 4. Betoninen JK-palkki, johon on hitsattu teräskonsoli.

Betonisen JK-palkin tilalla voi myös olla teräksinen palkki (Kuva 5). Teräksisiin palkkeihin saadaan tehtaalla myös mittatarkasti hitsattua konsoli. Tämä vähentää hitsauksen määrää työmaalla, joka vuorostaan vähentää työvaiheita työmaalta. Hitsaamisen optimaalisemmat olosuhteet ovat tietenkin sisätiloissa, joten työmaalla paikallahitsaukseen kannattaa myös miettiä vuodenaikojen suhteen sopivat sääsuojat.

KUVA 5. Teräksinen palkki, jossa on tehtaalla hitsattu konsoli.

3.1.2 Paikallavaluholvi

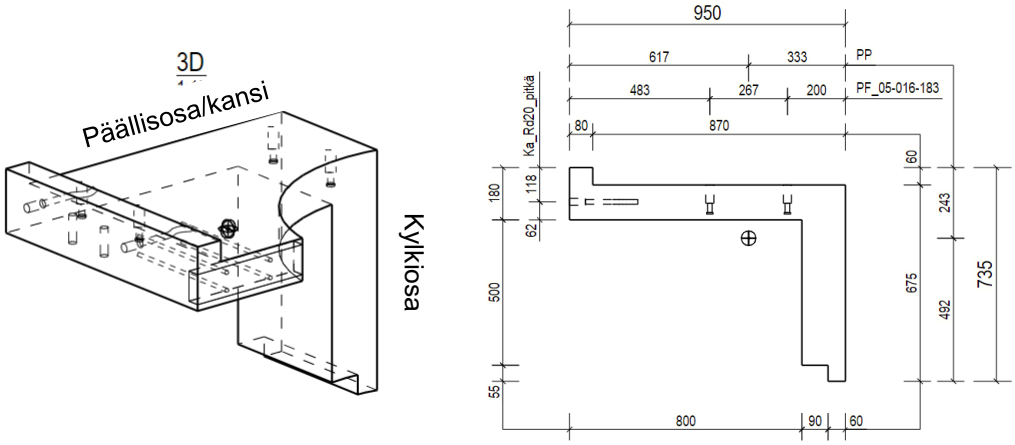
Katsomoelementtejä voidaan asentaa myös valetun holvin päälle. Alla oleva rakenne saa tällöin hyvin suojatun rakenteen, johon voidaan sijoittaa mm. sisätiloja. Holvi valetaan kulmaan, jonka jälkeen siihen voidaan ankkuroida teräskonsoli. Holvia valettaessa on myös oltava tarkkana pinnan mittatarkkuuden kanssa, jotta teräskonsolin korkopiste täsmää asennussuunnitelman kanssa.

.

4 L-MUOTOINEN KATSOMOELEMENTTI

4.1 Rakenteelliset ominaisuudet

L-muotoinen katsomoelementti on nimensä mukaan L-muotoinen (Kuva 6 & 7). Asennettuna se muodostaa yläpinnan, johon voidaan kiinnittää istuinosia sekä se toimii myös kulkutienä katsomossa (Kuva 8). Katsomon etuosa luo käyttöominaisuuksina näköesteen katsomon alle sekä myös putoamissuojan alas. Katsomon penkitys voidaan myös kiinnittää katsomoelementin etulaitaan, jolloin kulkuväylä siirtyy lähemmäs elementin etureunaa.



KUVA 6 & 7. Katsomoelementin toteutuspiirustus. Elementti kuvattuna 3D-mallina sekä 2D:nä sivusuunnasta (Pirinen 2022).

4.1.1 Paino

Pituuksien ja painon vaihtelu kohteessa on yleistä. Esimerkkikohteessa katsomoelementtien paino vaihteli elementtien välillä pienimmän ollessa 250 kilogrammaa sekä suurimman ollessa noin 12 tuhatta kilogrammaa. Pituus taas vaihteli 950 millistä 11 553 milliin. Paino helposti kasvaa, jos jokin muu rakenne tulee liittymään katsomoelementtiin. Esimerkiksi, jos betoniset portaat tulevat elementille, tarvitsee elementti näiltä osin vahvistaa kuormitusta varten.

KUVA 8. Katsomoelementtejä asennettuna.

4.1.2 Muoto

L-muotoisia katsomoelementtejä saadaan valmistettua helposti eri pituisina ja muotoisina. Esimerkkikohteessa elementin kylki oli paksumpi kuin sen päällinen. Elementin ylä- sekä alapäähän on valettu huullos, jotta elementti myös istuisi vertikaalisuuntaisesti mahdollisimman hyvin. Katsomoelementtejä voidaan tuottaa niin, että niistä löytyy sähkövarauksia, jolloin esimerkiksi valaistuksen johdotukset saadaan piiloon. Elementtejä pystytään muotoilemaan ympärillä olevien rakenteiden mukaan, jolloin elementti saadaan istumaan myös esteettisesti muiden rakenteiden kanssa. Tämä on työmaatuotannon näkökannalta tehokasta asentamista, sillä jälkivalukaistaleita ei tarvita.

4.1.3 Säilytys- ja tilantarve

Katsomoelementit vievät pinta-alallisesti huomattavan paljon tilaa, jos niitä joudutaan työmaalla välivarastoimaan. Työmaan tuotannon näkökulmasta olisi suotavaa, että elementti pystyttäisiin asentamaan heti kuorma-autosta nostettaessa suoraan sen lopulliseen paikkaan. Tällöin työmaan ei tarvitse varata tilaa säilytykseen, joka muutenkin jo monella työmaalla on haastavaa pienen tontin pinta-alan takia. Suoraan asentaminen autosta on kuitenkin kuljetusyhtiön kannalta huono vaihtoehto. Elementin asentaminen kääntöineen ottaa sen verran kauan aikaa, jolloin kuorman purkua varten tarvitsee varata huomattavan paljon

enemmän aikaa. Työmaalle voi myös odottamisesta seurata kuluja kuljetusyhtiöltä, joita työmaa ei varmasti halua.

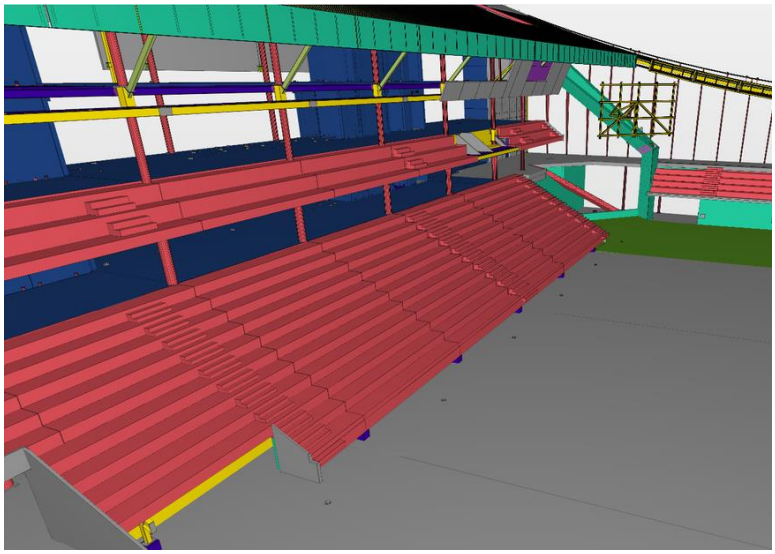
KUVA 9. Katsomoelementtikuorma.

Katsomoelementin voi säilöä kylkiasento alaspäin, jolloin se vie vähiten tilaa. Katsomoelementti tulee säilöä mahdollisimman tasaiselle pinnalle. Elementti tulee olla alta tasaisesti tuettu, jotta vältytään elementin hallitsemattomalta taipumiselta (Kuva 9). Katsomoelementin säilytyksen tarvitsema tukipinta-ala on hyvä varmistaa elementin suunnittelijalta. Pinnan ollessa epätasainen elementin ja pinnan väliin tulee laittaa tukipuita tai/ja vaneria (Kuva 10), jotta elementille saataisiin mahdollisimman tasainen ja tukeva pinta. Maaperän kuormitusta tarkastellessa on huomioitava, että maaperä kantaa elementistä tulevan painon, eikä täten elementin tukipisteet pääse muuttumaan. Kylkiasentoon säilöessä on myös varmistuttava siitä, että elementti on pystysuorassa niin, ettei se pääse kaatumaan. Turvallinen tapa on laittaa aina kahden elementin kansiosat vastakkain, jolloin elementit tukevat toisiaan.

Elementtien pinoaminen täytyy varmistaa aina elementtisuunnittelijalta, sillä elementti ei välttämättä kestä sen päälle tulevaa kuormaa, jos sitä ei ole suunniteltu.

KUVA 10. Katsomoelementtejä varastoituna vesieristetyn holvin päällä.

Esimerkkikohteessa yhden katsomon yleisin katsomoelementin pituus oli 8074 mm ja kyljen korkeus oli 505 mm (liite 2). Yksi katsomoelementti näin ollen vaatii 8,5 m pitkän ja 0.6 m leveän alueen. Katsomoelementin ollessa noin 8 m pitkä, kuormaan mahtuu noin 8 elementtiä. Yhden kuorman vaatima säilytystila on noin 16 m x 5 m eli noin 80 m^2. Tämä on hyvä ottaa huomioon aluesuunnitelmaa tehdessä, jotta työmaan logistiikka toimii. Elementtien sääsuojaus esimerkiksi lumelta on myös hyvä huomioida, ettei elementtien pintaan pääse kertymään lunta ja jäätä, joka saattaisi hidastaa asentamista. Monessa kohteessa elementin pinta on valmispintaa eli siihen ei saisi tullaa mitään jälkiä. Elementti on hyvä suojata myös roiskeilta, jos siihen on riski.



KUVA 11. IFC-Malli (Ramboll 2022).

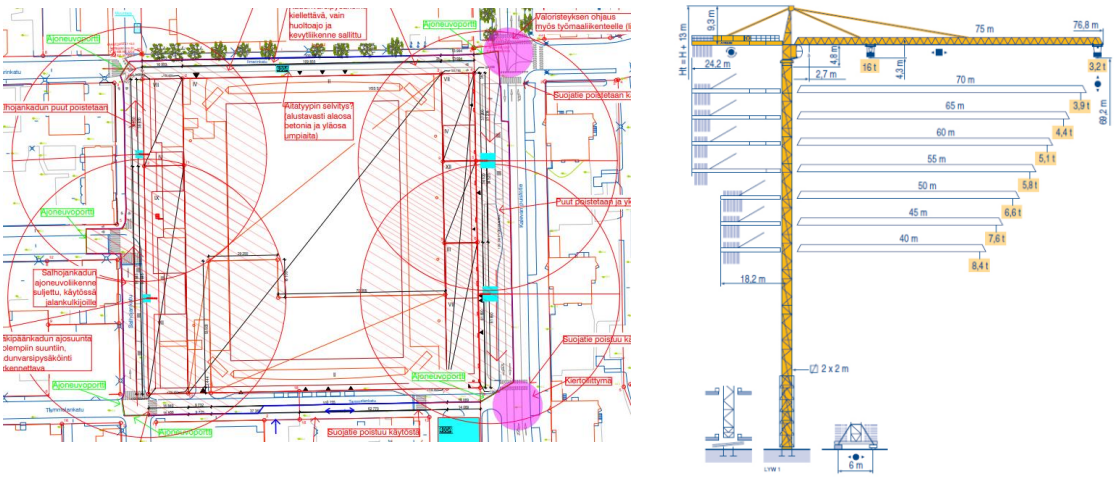
4.2 Katsomoelementin asennus

L-muotoista katsomoelementtiä asentaessa on monta asiaa, mitä tulee ottaa huomioon. Oikealla nostovälineistöllä, hyvällä nostosäällä sekä asiantuntevilta asentajilta asennus sujuu jouhevasti. Tässä kappaleosiossa käydään läpi asennuksen perustarpeet sekä miten elementti asennetaan.

4.2.1 Nostin

Katsomoelementin asentamiseen tarvitsee hyvissä ajoin jo projektin alkusuunnitteluvaiheessa miettiä sen tarvitsema nostin. Elementtien nostamiseen tarvitsee mitoittaa oikean kokoinen nostin, jonka nostokapasiteetti varmasti riittää elementtien nostamiseen. Työmaan tuotantomenetelmiä suunniteltaessa on hyvä laskea nostimen käyttötarvearvio, joka vaikuttaa huomattavasti päätökseen, minkä tyyppinen nostin valitaan. Myös olennainen nostimen valintaan vaikuttava asia on tontin koko ja elementtien sijainti.

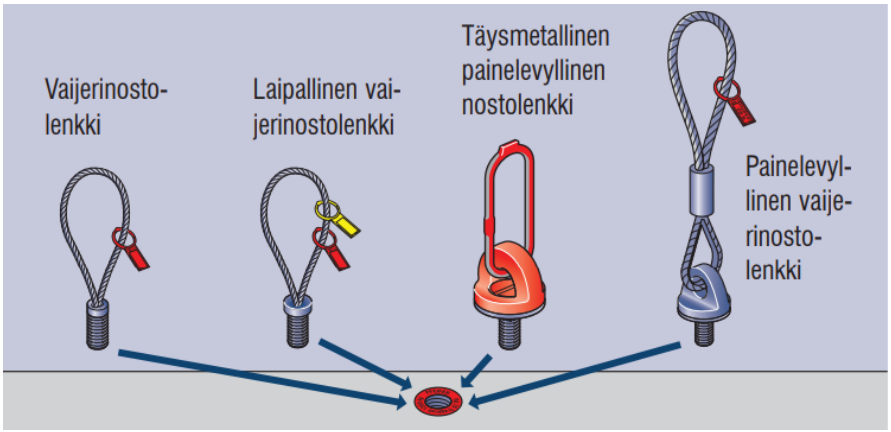
Esimerkkikohteessa nostimen tarve on projektin runkovaiheen ajan lähes päivittäistä. Tämän vuoksi kohteessa lähestulkoon kaikki L-muotoiset katsomoelementit asennettiin torninosturilla. Kohteen katsomot olivat sekä pitkiä että leveitä, jolloin yhden torninosturin nostoulottuvuus ei ollut tarpeeksi hyvä, jotta olisi selvitty yhdellä torninosturilla (Kuva 12 & 13). Kohteessa oli neljä torninosturia, joilla asennettiin myös katsomoelementtejä. Torninosturien ulottuvuus ei kuitenkaan riittänyt vastakkaisilla puolilla, jolloin asentamiseen käytettiin ajoneuvonosturia. Nostinta valittaessa voi myös miettiä torninosturia kiskoilla, jolloin ulottuvuutta saadaan lisättyä paikallaolevaa torninosturia enemmän. Jos nostintarve on satunnaista eikä jatkuvaa, ajoneuvonosturi on hyvä vaihtoehto, sillä siirrettävyyden ansiosta sen käyttöulottuvuus saadaan laajalle alueelle.



KUVA 12 & 13. Työmaan aluesuunnitelma, jossa torninostureiden pyöräh-dysympyrä (Syrjänen 2021). Oikealla oleva kuva esimerkki torninosturin kuormataulukosta (Ramirent Oyj 2022).

4.2.2 Nostoapuvälineistö

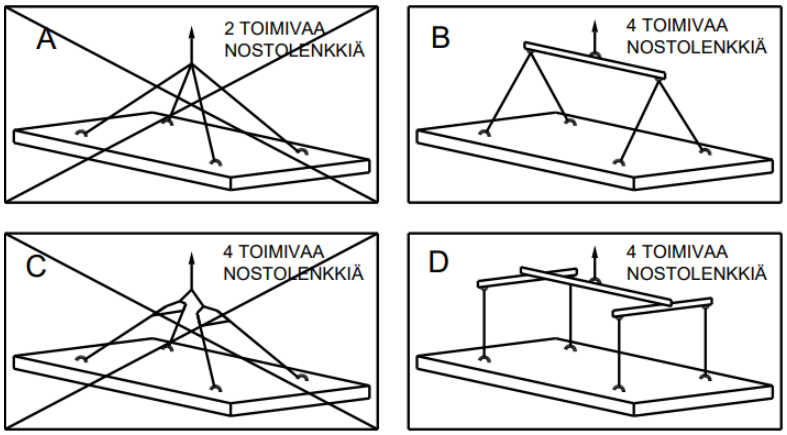
Nostoapuvälineistön sekä nostotavan elementin nostamiseen määrittelee elementinsuunnittelija. Katsomoelementtien nostoapuvälineistö voi siis vaihdella elementtien mukaan, joten jokaisesta elementistä tulee olla nostosuunnitelma, josta ilmenee millä välineillä ja miten elementti nostetaan.



KUVA 14. Erilaisia nostoelimiä (Pfeifer 2016).

Esimerkkikohteessa katsomoelementti oli suunniteltu nostettavaksi neljästä eri nostopisteestä. Katsomoelementtejä pystytään myös suunnittelemaan nostettavaksi erityyppisesti. Neljän nostopisteen etu on, että kappale saadaan tasapainotettua helpommin kuin kahdesta pisteestä nosto. Tämä luo vakaamman nostoasennon, joka helpottaa asennusta.

Esimerkkikohteessa katsomoelementissä oli neljä sisäkierreankkurointipistettä, joihin sopii Rd 20 kierteinen nostoelin (Kuva 14). Nostoelimeksi soveltuu laipallinen vaijerinostolenkki, koska elementtiä käännettäessä kylkiasennosta vaaka-asentoon on nostokulma 90° astetta, jolloin normaali vaijerinostolenkki ei sovellu tähän käyttötarkoitukseen.



KUVA 15. Elementin nostotapa (Betoniteollisuus Ry 2020)

Katsomoelementtien nostamiseen tarvitsee myös työmaan hankkia nostopuomi, jotta elementtiä nostettaessa säilyy neljä toimivaa nostopistettä (Kuva 15). Tästä poikkeaminen on ehdottomasti kielletty, ellei suunnitelmissa toisin sanota. Nelipistekiinnitteinen nostopuomi on hyvä katsomoelementin nostamiseen, sillä elementtiä käännettäessä se käyttäytyy paremmin kuin kaksipistekiinnitteinen nostopuomi.

4.2.3 Nostaminen

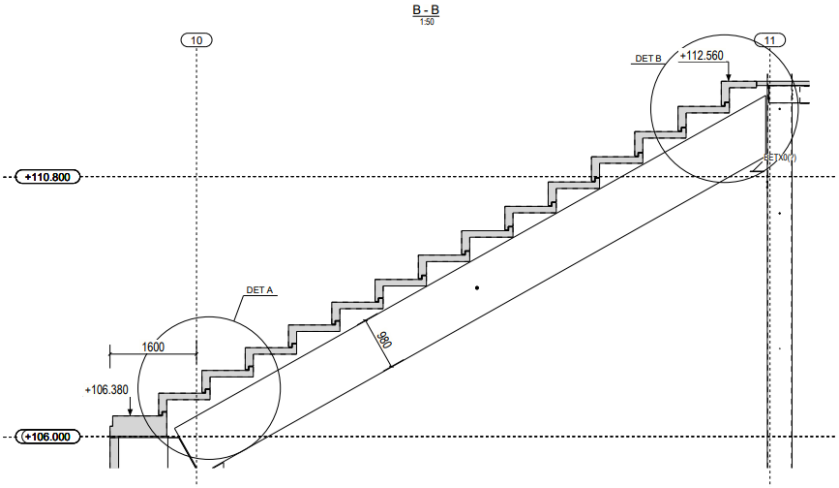
L-muotoisen katsomoelementin nostaminen aloitetaan nostovälineistön tarkistamisella (liite 1) sekä käymällä läpi nostosuunnitelma. Tarkistetaan nostoraksien, puomin ja nostolenkkien kunto. Tämän jälkeen elementtiin kierretään neljä oikean kokoista laipallista vaijerinostolenkkiä. Nostolenkin täytyy kiertyä pohjaan asti, joten on hyvä varautua myös ankkurointipisteiden puhdistamiseen. Jään poisto onnistuu parhaiten puhalluslampulla ja betonijäämien teräsharjalla sekä kierretapilla. Vaurioituneesta ankkurointipisteestä nostaminen on kielletty.

Kääntövaiheessa elementin etulaidan alla tulisi olla pehmikettä, jotta kulma ei käännön aikana vaurioidu. Kääntämiseen tulee varata kolme metriä suuntaansa

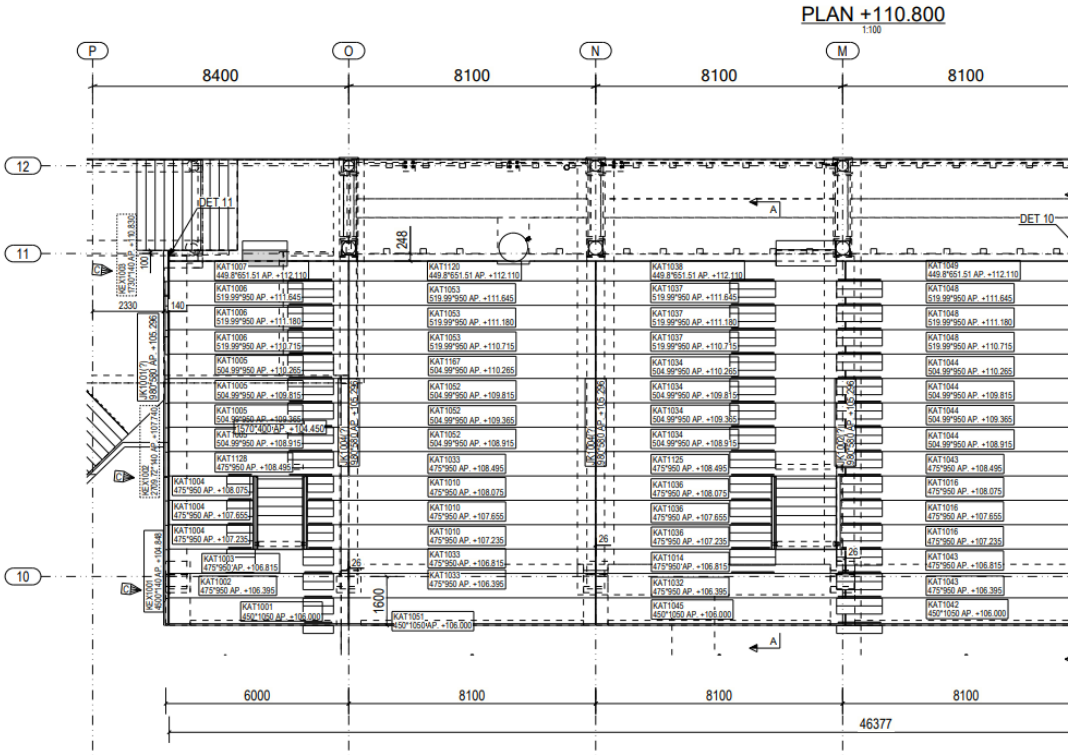
elementistä tilaa, jotta kääntö tapahtuu turvallisesti. Katsomoelementin alapuolelle voidaan sijoittaa myös kääntymishidaste, ettei käännöstä aiheutuva heilausliike voimistu. Tähän tarkoitukseen työmaan kannattaa varata esimerkiksi polystyreenipaketteja tai tehdä hiekkapeti, jossa katsomoelementtejä käännetään.

4.2.4 Paikalleen asentaminen

Ensimmäisten katsomoelementtien paikalleen saamiseksi on työmaan hyvä hankkia mittaaja ottamaan tarkemitat, jotta voidaan olla varmoja elementin istumisesta suunniteltuihin mittakohtiin (Kuva 16 & 17). Mittaus on hyvä tehdä jo esimerkiksi päivää ennen asennusta, jotta mahdollisiin ongelmiin pystytään reagoimaan. Myös elementin korot suhteessa muuhun rakenteeseen saadaan selville ja pystytään asettamaan elementin asennuspalat eli korkolaput jo ensimmäisen katsomoelementin paikalle sekä tiedetään elementin kulmapisteet (Kuva 18). Asennuspalan sijainti on myös hyvä merkitä ennakkoon, sillä jos korkolaput vaikka häviävät, niin se huomataan mahdollisimman nopeasti. Asennuspalojen sijainti ja koko on suunnittelijan toimesta ilmoitettu eikä niistä tule poiketa. (Pirinen 2022)



KUVA 16. Katsomoelementtikaavio sivusta kuvattuna (Mikkola 2022.)



KUVA 17. Elementtikaavio yläpuolelta kuvattuna (Mikkola 2022).

Esimerkkikohteessa KAT-elementti oli suunniteltu päästä kantavaksi eli elementin asennuspalat sijoitetaan elementin kärkeen (Pirinen 2022). Suunnitellun asennuspalan paksuus on 20 mm. Väärin sijoitetun asennuspalan vaara on, että elementin paino kantaa väärästä kohtaa. Tämä voi aiheuttaa pahimmassa tapauksessa elementin halkeamisen tai myös aiheuttaa sen vieressä oleville rakenteille vaurioita. Tämän vuoksi on tärkeää, että asennuspala sijaitsee oikeassa kohdassa, jotta tarvittava tukipinta-ala täyttyy (Pirinen 2022).

Katsomoelementin nostamisessa täytyy kiinnittää erityisen paljon huomiota siihen, että nostotapa sekä nosto-olosuhteet ovat oikeat. Liian tuulisella säällä elementti saattaa heilua, jolloin asennuksesta ei tule mitään. Tällöin saattaa aiheutua vahinkoa sekä asentajille että myös asennettavalle elementille. Elementin asentamiseen tarvitaan asennuskaavio, vatupassi, asennuskankia 2 kpl sekä asennuspaloja. Jossain katsomoelementeissä elementin ankkurointiin tarvitaan muitakin välineitä. Tämän saa selvitettyä elementtidetaljeista.

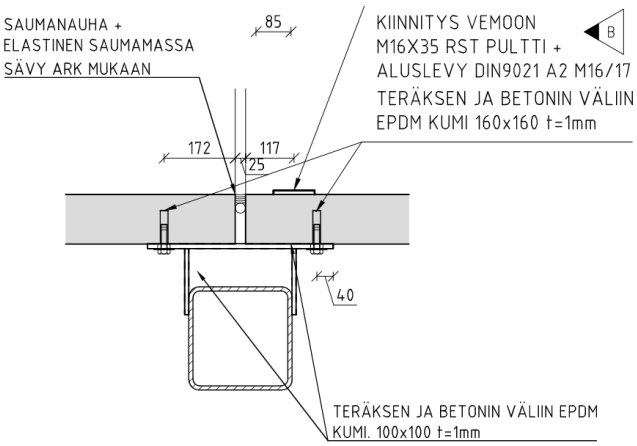
Elementti nostetaan rauhallisesti asennettavan kohdan yläpuolelle, josta asentaja antaa luvan hiljalleen nosturikuskin laskea elementti paikalleen. Tämän jälkeen asentajat voivat kankia avuksi käyttäen ohjata elementin haluamalleen paikalle. Katsomoelementtiä kangetessa on hyvä kiinnittää huomiota kankeamiskohtaan, jotta näkyviin pintoihin ei tulisi jälkiä. On varmistuttava myös siitä, että elementin alle tuleva asennuspala on hyvin paikallaan, jotta suunnittelijan laskema tukipinta-ala täyttyy. Elementin ollessa tukevasti sijoillaan voidaan elementin linja tarkistaa suunniteltuun linjaan nähden sekä tarkistaa elementin vaakataso vatupassilla. Elementin ollessa taaksepäin kallellaan voi elementin päälle jäädä vettä, mikä ei ole hyvä asia. Katsomoelementtien sivuttaissuuntainen sauman suunniteltu saumaväli on 25 mm (Pirinen 2022). Kun oikea sijainti sekä asento on saavutettu sekä asennusdetaljin mukaisesti ankkuroitu, voidaan nosturista keventää taakkaa. Jos elementin asento säilyy oikeana, voidaan elementistä irrottaa nostoraksit sekä kiertää nostolenkit pois. Asennuksen jälkeiselle jälkituennalle ei oikein asennettuna ole tarvetta.

KUVA 18. Asennettu alin katsomoelementti.

4.2.5 Katsomoelementin ankkurointi

Katsomoelementin ankkurointiin eli kiinnittämiseen lopullisesti kantaviin rakenteisiin on olemassa useita tapoja. Jotkin niistä vaativat elementin asentamisvaiheessa lisätoimenpiteitä, kun taas joissain ankkurointi voidaan tehdä nostamisen jälkeen. Esimerkkikohteessa oli yleisesti käytössä kaksi tapaa: pulttiliitos (Kuva 19) tai teräsankkurointi juotosaukolla (Kuva 20).

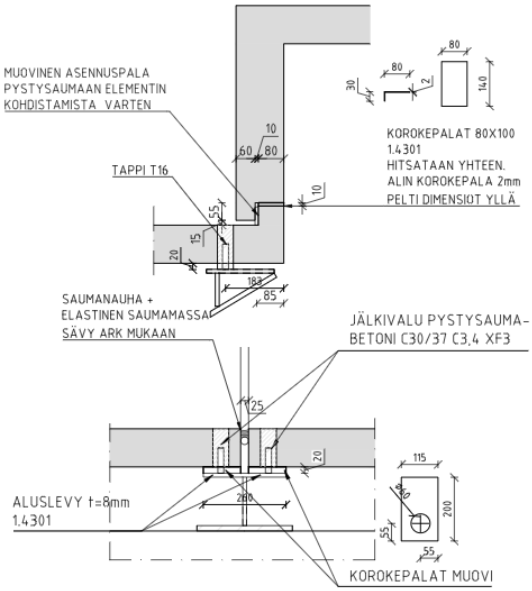
Pulttiliitoksessa elementin asennusvaiheessa, kun elementti on korkolaputettu, laitetaan teräksen ja katsomoelementin väliin EPDM-kumipala. Elementin ollessa sijainnissaan kiinnitetään elementin alapuolelta M16 RST-pultti elementtiin. Pultteja on yleensä kaksi kappaletta katsomoelementtiä kohden. Pultin paikka sijaitsee yleensä elementin alapuolella elementin päässä. Pultin asennusta varten tarvitaan mutterinväännin sekä useasti myös nostin, jolla pääsee pultin luokse. Elementti voidaan myös ankkuroida yläpuoliseen elementtiin kierretangolla alhaaltapäin, jolloin elementit lukittautuvat yhteen.



KUVA 19. Katsomoelementin liitosdetalji teräksiseen palkkiin (Ramboll 2021).

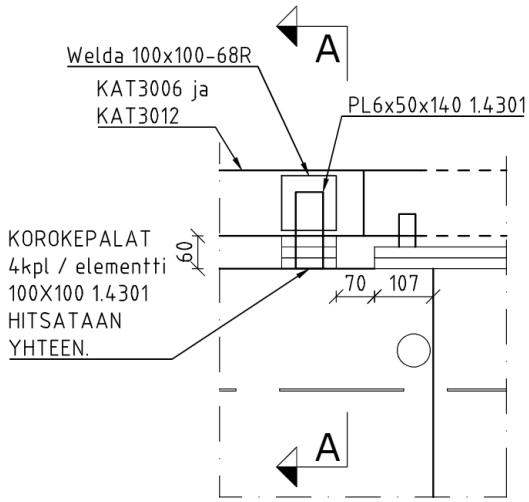
Juotosaukollisessa katsomoelementissä katsomoelementtiin on elementin päällisosaan jätetty 50 mm varausaukko. Aukkoon tulee 16 mm harjateräs (joissain tapauksissa on valmiiksi konsolissa kiinni), joka tulee varausaukkoon. Elementin paikalleen nostamisen jälkeen aukko valetaan umpeen betonilla (betonilaatu suunnitelmien mukaan). Juottaminen voidaan toteuttaa jälkikäteen nostamisesta, mikä nopeuttaa asentamisprosessia huomattavasti. Aukko voi sijaita elementin takalaidassa niin, että se jää näkyviin tai menee sen yläpuolisen elementin asennettua piiloon. Piiloon menevässä juotosaukossa tulee aukko juottaa heti elementin laskettua paikoilleen, jotta seuraava saadaan asennettua. Näkyviin jäävän juotosaukon etu on, että juottaminen pystytään tekemään rauhassa sekä juottamaan kerralla useampi katsomoelementti. On myös hyvä huomioida, että elementissä olevaa varausaukon muoviputkea joutuu yleensä veistämään puukolla matalammaksi, jotta muovia ei jäisi näkyviin ja saavutetaan

paras lopputulos. Elementin juottamiseen kannattaa varata työvälineitä: iso suppilo sekä sanko tai kastelukannu.



KUVA 20. Juotosaukollisen katsomoelementin liitosdetalji (Ramboll 2021).

Muutama katsomoelementti kiinnitettiin esimerkkikohteessa muihin rakenteisiin hitsaamalla. Tämä johtui usein siitä, että elementin asento poikkesi perinteisestä asennosta tai kaksi edellä mainittua ankkurointityyliä eivät soveltuneet tähän paikkaan. Näissä tapauksissa oli lisätty WELDA-kiinnityslevyjä elementtiin, josta katsomoelementti hitsattiin teräspaloilla kantaviin rakenteisiin (Kuva 21). Työmaan tulee siis varata tällaisia katsomoelementtejä varten hitsaaja, joka ankkuroi elementin.



KUVA 21. Hitsaamalla ankkuroitava katsomoelementti (Ramboll 2021).

4.2.6 Viimeistely

Katsomoelementin asentamisessa tulee pyrkiä siihen, ettei asennuksen aikana elementtiin syntyisi jälkiä, jotka vaatisivat paikkaamista. Yleisimmin jälki syntyy elementtiä laskettaessa maahan tai elementtiä kangettaessa paikalleen. Näistä voi aiheutua suuri määrä ylimääräisiä kustannuksia, jotka pystyttäisiin välttämään huolellisella asentamisella. Jos asennuksesta tai jostain muusta syystä elementteihin aiheutuu jälkiä, täytyy ne viimeistellyn ulkonäön sekä rakenteellisen suojaamisen vuoksi korjata. Isoimmissa kolhuissa sekä halkeamissa kannattaa rakennesuunnittelijalta varmistaa, ettei niistä aiheudu rakenteellisia haittoja.

Usean kohteen sijaitessa ulkona on tärkeää huomioida säänkestävyys. Pienimmät paikkaukset voidaan tehdä korjausmassalla esim. Ardex A 46. Korjausmassaa ennen kannattaa varmistaa pinnan suoruus ja poistaa siitä poikkeavat ylimääräiset palat, jonka jälkeen voidaan korjausmassa levittää. Jotkin korjausmassat vaativat primeroinnin (materiaalin käsittely primerointiaineella tarttuvuuden parantamiseksi) tai kastelun, joten pakkausselostus on luettava ennakkoon.

Paikkausten jälkeen voidaan elementin saumat massata. Massaa ennen elementin kulmaa voidaan vielä tarvittaessa viistää hiontakivellä, jotta teräviä kulmia ei jäisi. Tämän jälkeen saumaan voidaan laittaa saumanauha noin 20 mm syvyyteen sekä puhdistaa sauma liasta, jonka jälkeen saumamassa voidaan levittää saumanauhan päälle. Paikkausten ja saumaamisen jälkeen elementin päälle voidaan levittää mahdollinen suoja-aine, joka suojaa elementin pintaa esimerkiksi värjäytymiltä.

5 TUOTANNOLLINEN NÄKÖKULMA

Työmaan näkökulmasta tarvitsee monta asiaa suunnitella ennen projektin alkamista. Aikataulun määrittäminen on projektin pituuden sekä kustannusten kannalta merkittävä asia, joka täytyy miettiä mahdollisimman tarkasti.

5.1 Asentajien määrä

Elementtien asennuksessa optimaalisin tilanne olisi, että asentamisessa odotte-lulta vältyttäisiin sekä ongelmat saadaan minimoitua tai parhaimmassa tapauksessa kytkettyä kokonaan pois. KAT-elementin itse asennus sekä kääntö vaatii vähintään kaksi asentajaa sekä nostinkuljettajan. Paras vaihtoehto kuitenkin on, että elementtien nostoelinten kiinnittämisessä on vielä kolmas asentaja. Tällöin asentajan siirtymiseltä asennuspaikalta elementin kiinnityspaikalle kuluvalta ajalta vältytään. Lisäksi elementin ankkurointiin kannattaa varata yksi asentaja, jolloin elementti saadaan oikeaoppisesti heti ankkuroitua. Esimerkiksi, jos juottamalla ankkuroitavan elementin juotosaukko on suunniteltu piiloon jääväksi, tulee elementti juottaa kiinni ennen ylemmän elementin asentamista, sillä jälkikäteen juottaminen ilman porausta ei ole mahdollista.

5.2 Ajallinen tavoite

KAT-elementin asennukseen sekä kääntöön kuluva aika saattaa vaihdella eri asentajien välillä sekä myös sää saattaa lisätä näihin kuluvaa aikaa. Tämän vuoksi ajankulun arviointi saattaa muuttua ajatellusta aika tavoitteesta. Lähtökohtaisesti elementin asennustekniikka ei pitäisi olla vaikeammasta päästä, kunhan elementti on valmistuessaan suunnitelmien mukainen.

Elementtikuorman purkuun kuluva realistinen aika on yhtä KAT-elementtiä kohden noin 5–10 minuuttia. Nostoa pitkittäviä tekijöitä saattavat olla mm. heikot nosto-olosuhteet, valuankkureiden putsaus tai elementin laskualusta. Tämän vuoksi on tärkeää minimoida häiriötekijät jo ennakkoon, jotta purkamiseen sekä asentamiseen kuluva aika saataisiin mahdollisimman optimaaliseksi.

Jos mietitään elementin vastaanotosta asennettuun elementtiin kuluvaa aikaa, on realistinen aika 30–40 minuuttia KAT-elementtiä kohden (Nieminen 2022). Tähän aika-arvioon ei kuulu vielä lopullinen ankkurointi. Lopulliseen kiinnitykseen tarvittava aika riippuu paljon kiinnitystyypistä ja myös siitä, kuinka hyvin elementin kiinnityspisteet sopivat yhteen muun rakenteen kanssa. Päiväkohtainen asennustahti/-tavoite on likimäärin 16 elementtiä työvuorokautta kohden (Hakala 2022).

5.3 Kuormaväli sekä asennusjärjestys

Logistinen aikatavoite on kaksi kuormaa päivässä, jolloin kuormaväli on 4–5 tuntia (Nieminen 2022). Tämä määräytyy myös kuormien koon mukaan, riippuen elementtien koosta. Puoliperävaunullisen kuorma-auton suurin mahdollinen painokapasiteetti on noin 32 t (Hakala 2022). Logistisesti ajateltuna ei aina ole mahdollista ottaa työmaalle täysperävaunullista kuormaa, jolla saataisiin kuormien kokonaiskappalemäärää pienemmäksi.

Kuormia suunniteltaessa on tärkeää ottaa huomioon asennusjärjestys, jolloin työmaalle saapuu ainoastaan suoraan asennukseen menevät elementit. Tällöin vältytään turhalta välivarastoinnilta eikä elementti vie työmaan arvokasta tilaa. KAT-elementtien asennusjärjestys on myös riippuvainen sen vieressä sekä yläpuolella olevista KAT-elementeistä, joka tarkoittaa sitä, että joka kuormalle on erikseen laadittava oma asennusjärjestys (Hakala 2022).

6 HAASTATTELUT

Opinnäytetyössä käytettiin tiedonsaantiin asiantuntijoiden haastatteluita. Haastattelut toteutettiin sähköisesti Teams-videopuhelulla tai sähköpostilla. Haastateltavina olivat esimerkkikohteessa toimivat ylemmät toimihenkilöt sekä yksi esimerkkikohteen rakennesuunnittelija. Haastatteluiden tavoitteena oli saada arvokasta tietoa muun muassa katsomoelementtien kuljettamisesta, suunnittelusta, asentamisesta sekä aikataulutuksesta.

Haastatteluiden tuloksena saatiin realistista tietoa elementtien asennuksesta työmaan näkökulmasta. Näiden avulla pystytään tulevaisuutta ajatellen antamaan hyvää informaatiota työn kulusta sekä yleisimmistä haasteista, joita katsomoelementti tuo tullessaan. Ylempien toimihenkilöiden haastatteluista ilmeni työmaan ajallisen suunnittelun sekä myös logistiikan periaatteita, jotka täytyy jo työmaan varhaisessa vaiheessa ottaa huomioon.

Rakennesuunnittelijan haastattelulla kartoitettiin lisätietoa elementin suunnittelun näkökulmasta. Rakennesuunnittelijalta saatiin tietoa muun muassa elementin tuennasta sekä minimivaatimuksista. Huolellisella suunnittelulla saavutetaan rakenteellisesti toimiva ja yleiset laatuvaatimukset täyttävä lopputulos. Rakenteiden ollessa erityisrakenteita on hyvän vuorovaikutuksen suunnittelun ja työmaan välillä toimittava. Tällöin saadaan yhdessä vähennettyä virheiden mahdollisuutta.

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli antaa tietoa betonisen katsomoelementin asennuksesta. Yleisesti ottaen opinnäytetyössä käy ilmi tarvittava ennakkotieto seuraaville, ketkä tämän elementtityypin kanssa joutuvat tekemisiin. Täytyy kuitenkin huomioida, että tieto opinnäytetyössä on kerätty yhden esimerkkikohteen osalta. Näin ollen tiedon soveltaminen toiseen kohteeseen tulee tarkastella projektikohtaisesti.

Katsomoelementtien käyttäminen muissa kohteissa tulee varmasti lisääntymään ajan kuluessa, kun sopiva kohde vain löytyy. Suomessa rakennettujen betonisten katsomoelementtien tiedon ollessa vielä varsin vähäistä, tiedonhaku työprosessin aikana oli ajoittain hankalaa ja tästä syystä opinnäytetyön sisältämä tieto perustuu pitkälti yhden esimerkkikohteen tarkastelun varaan.

Tehdastuotannon toimiessa hyvin ja aikataulussa, on työmaalla elementtien työstäminen, varastointi ja liikuttaminen tehokasta. Elementtien valmistuksen osalta tasalaatuisuus värin, koon sekä ankkurointipisteiden suhteen on hyvän lopputuloksen saavuttamisen kannalta tärkeää. Jos näissä ilmenee ongelmia tai poikkeavuuksia toisiinsa nähden, on virheet yleensä helposti nähtävissä lopputuloksessa, kun valmista kokonaisuutta arvioidaan isommassa mittakaavassa.

LÄHTEET

Anadolu Agency, Elokuu 2021. 2,300-year-old iconic Ephesus Theatre reopens for visitors. Daily Sabah. Viitattu 12.08.2022. https://www.dailysabah.com/life/history/2300-year-old-iconic-ephesus-theatre-reopens-for-visitors

High Conrete Group, 2009. High precast stadium and arena systems. Viitattu 08.07.2022. https://www.highconcrete.com/imagevault/publishedmedia/89kpamdsfqya0sgee360/Hi_StadiumBro_9.pdf

High-Tech Grandstand Construction. Integral Group. Viitattu 15.05.2022. https://integralgroup.com.tr/new/grandstand-construction

Torninosturi. Ramirent Oy. Viitattu 02.07.2022. https://www.ramirent.fi/vuokraa/hissit-mastolavat-nosturit/torninosturit-ja-tarvikkeet/torninosturit/739922/torninosturi

Aluesuunnitelma. Syrjänen, T. työmaainsinööri. Viitattu 18.8.2022.

Pfeifer, Lokakuu 2014. PFEIFER-laipallinen vaijerinostolenkki. Viitattu 10.09.2022. https://www.semtu.fi/application/files/7316/3066/7778/Pfeifer-laipallinen_vaijerinostolenkki_tekniset_tiedot.pdf

Betoniteollisuus ry. 2010. Betonielementtien nostolenkit ja -ankkurit. Viitattu 10.09.2022. file:///C:/Users/Tero/Downloads/Betonielementtien_nostolenkit_ja_-ankkurit_2010%20+%20Muutokset_2014_07%20(1).pdf

Ramboll Finland Oyj. Elokuu 2022, IFC-malli. Viitattu 20.08.2022

Haastattelut:

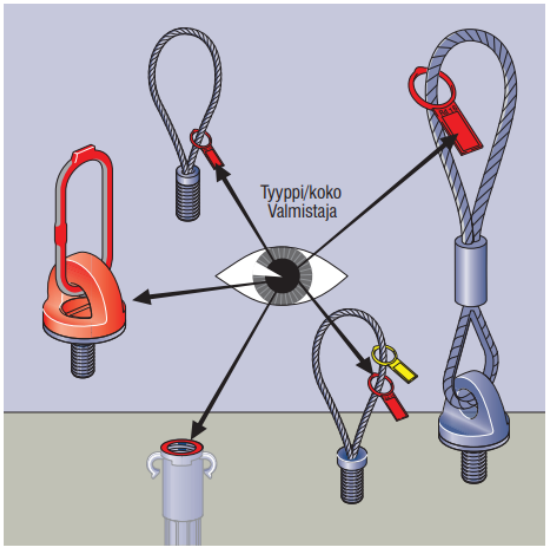
Pirinen, M. rakennesuunnittelija. 2022. Haastattelu 20.06.2022. Haastattelija Lehtimäki, T. Teams-videopuhelu.

Nieminen, T. työmaapäällikkö. 2022. Sähköpostiviesti. Luettu 16.09.2022.

Hakala, O. aluevastaava. 2022. Sähköpostiviesti. Luettu 16.09.2022.

LIITTEET

Liite 1. Nostoelimen valmistajan tarkistusohje (Pfeifer 2016)

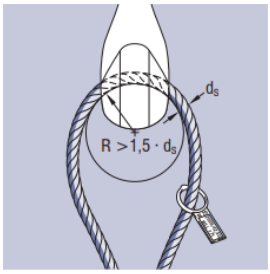


Tarkista järjestelmän yhdenmukaisuus esim. nostoankkurin tyyppilevykkeestä ja nostokapasiteetin tunnistemerkintä nostovaijerissa.

Merkintöjen sisältämät tiedot:

- Tyyppi/koko
- Valmistusvuosi
- CE-merkintä
- Valmistaja

Huomio: Jos merkinnät puuttuvat tai eivät ole luettavissa, nostolaitteita ei voi liittää oikein ankkuriin. Elementit voivat kaatua ja aiheuttaa hengenvaaran! Nostoelimet ja ankkurit, joista tunnistemerkinnät puuttuvat tai ovat vaillinaisia, on poistettava välittömästi käytöstä.



Varoitus: Liian pieni nostokoukun pyöristyssäde voi johtaa nostolaitteen pettämiseen jo nimelliskuormituksessa. Siitä aiheutuu hengenvaara. Käytä vain koukkuja, joiden pyöristyssäde on vähintään 1,5 kertaa vaijerin läpimitta.

Liite 2. Katsomoelementtien painot ja pituudet

Yhden katsomon katsomoelementtien pituuksia ja painoja (itäkatsomo 1krs. kaikki katsomoelementit.)

Pituus mm	Paino kg	Määrä kpl	Kg/m
8074	3300	14	409
7884	3170	14	402
8264	3230	11	391
5877	2300	11	259
8074	**3160**	**47**	**391**
9552	3740	14	392
7984	3210	14	402
8164	3290	11	403
8074	3250	14	403
5877	2670	11	454
2755	1080	3	392
5752	2250	3	391
4352	1702	3	391
3107	1215	4	391
4252	1670	3	393
5852	2290	3	391
2855	1120	3	392
5877	5810	1	989
8074	7980	6	988
8264	8170	1	989
7884	7790	1	988
3107	3070	1	988
3012	2980	1	989
7984	7890	1	988
8164	8070	1	988
5877	5810	1	989
	Yhteensä	**197**	

1. katsomoelementti (pohjaelementti)

Pohjakatsomoelementti on muita katsomoelementtejä huomattavasti painavampi.

Kokonaisuuspituus jaettuna elementtien kappalemäärä

Keskiarvo
7411
Yleisin pituus
8074mm
Yleisin paino
3160
Paino kg/m
n 400 kg

Paino kilogrammaa metrille on arvio taulukon perusteella. Tämä ei ole siis laskettu

Liite 3. Haastattelu 1

Mikä on suunniteltu asennusjärjestys?

Mikä on tavoiteltu saumaväli?

Millä tavoin elementin taipuma on otettu huomioon?

Onko tiedossa muita käyttökohteita, joissa KAT- elementtiä on käytetty?

Mikä on elementin vaadittava tukipinta-ala?

Mistä kohtaa elementti tukeutuu?

Portaiden painojen vaikutus KAT-elementtiin?

Millä tavoin elementin kääntö on suunniteltu toteutettavaksi?

Muita asioita, jota tarvitsee ottaa huomioon elementin yhdistyessä muihin rakenteisiin?

Liite 4. Haastattelu 2 ja 3

Mikä on suunniteltu KAT-elementtien asennustavoite yhdelle KAT:lle sekä myös päivä asennustahti?

Laskettu realistinen kuormaväli päivää kohden sekä kuorman koko?

Arvioitu asennusaika yhdelle KAT:lle (riippuu tietenkin ankkurointitavasta, mutta arvioitu aika kokonaiskuvallisesti)?

Luotiinko alussa vielä erillinen nostosuunnitelma suunnittelijan nostosuunnitelman lisäksi?

Onko KAT:iin liittyen mitään muuta erityistä, mitä tarvitsee ottaa huomioon (esim. työmaa tuotannollinen näkökulma, logistiikka, asennus…)?