



Kattolohkojen nostojen suunnittelu

Virpi Alarautalahti

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2022

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talorakennustekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Talonrakennustekniikka

ALARAUTALAHTI, VIRPI:
Kattolohkojen nostojen suunnittelu

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Toukokuu 2022

Rakennusten kattorakenteen elementointi ja nostaminen paikalleen lohkoina lisääntyä sen tuoman kustannus- ja aikatauluhyödyn takia. Lisäksi rakennusvaiheen työturvallisuus paranee, kun korkealla tehtävien töiden määrä vähenee. Kattolohkot ovat kooltaan suuria, ja niiden nostoihin liittyy riskejä. Nostoihin liittyviä vaaratilanteita voidaan vähentää huolellisella suunnittelulla ja huolehtimalla siitä, että nostot suoritetaan tehtyjen suunnitelmien mukaan.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään vesikattorakenteen lohkoina toteuttamista, käytössä olevia nostotapoja ja -välineitä sekä kattolohkojen nostojen riskejä ja työturvallisuuskäsitteitä. Lisäksi käsitellään suunnitteluun liittyviä asioita nostojen suunnitteluketjusta nostojen laskennassa huomiotaan asioihin ja nostoihin liittyviin mallipiirustuksiin. Opinnäytetyön aihe on rajattu vesikattorakenteisiin, joissa päärakenteena toimivat toisiinsa liitetyt kattoristikot.

Opinnäytetyön aineisto on kerätty tutustumalla nostotöihin liittyviin julkaisuihin, tutustumalla kattolohkojen nostosuunnitelmiin ja haastatteleamalla aiheen parissa työskenteleviä. Aineiston perusteella opinnäytetyöhön on kerätty kattolohkojen nostojen suunnittelusta tarpeellinen tieto. Keskeisimpiä kattolohkojen nostotyön suunnittelussa huomioitavia asioita ovat vesikattorakenteen mitoitus noston aikaisille kuormille, kattorakenteen kokonaisuuden huomiointi ja hallinta, työturvallisuuskäsitteet sekä suunnitteluun osallistuvien tahojen yhteistyö. Opinnäytetyön tuloksena valmistui Sweco Rakennetekniikka Oy:lle tarkistuslista kattolohkojen nostojen suunnittelussa huomioitavista asioista. Tarkistuslista on jätetty pois opinnäytetyön julkisesta versiosta.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction

ALARAUTALAHTI, VIRPI:
Designing the Lifting of Roof Segments

Bachelor's thesis 45 pages, appendices 1 pages
May 2022

The lifting of prefabricated roof segments brings cost and schedule benefits and improves occupational safety. The roof segments are large in size. The lifting of these segments has risks that can be reduced by accurate lifting planning. The main purpose of this thesis was to examine the designing of the lifting of roof segments, which include the design chain of the lift, dimensioning of the lifting and the related model drawings. In addition, the thesis deals with the implementation of the roof structure as segments, lifting methods and equipment, and occupational safety aspects of the liftings.

The material of the thesis was collected through a literature research, by going through lifting plans, and by interviewing those working with the subject. The most important issues in the lifting planning are the dimensioning of the roof structure for the lifting loads, the management of the roof structure as a whole, the occupational safety aspects and the co-operation of those involved in the design. As a result, a checklist was completed for Sweco Rakennetekniikka Oy on the issues to be taken into account in the lifting planning of the roof segments.

Key words: roof segment, design of lifting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	VESIKATTORAKENTEEN TOTEUTTAMINEN LOHKOINA	7
	2.1 Vesikattorakenteen elementointi	7
	2.2 Valmiusasteet.....	10
	2.3 Lohkojaon suunnittelu	11
	2.4 Nostolinjan valinta	12
3	NOSTOKALUSTO, NOSTOAPUVÄLINEET JA NOSTOVAIHE	14
	3.1 Nostokalusto	14
	3.2 Nostoapuvälineet	14
	3.2.1 Kettinkiraksit	15
	3.2.2 Päälysteraksit ja nostovyöt	17
	3.2.3 Nostopuomit ja -kehikot	18
	3.3 Nostopalkit ja -ristikot.....	20
	3.4 Koenosto ja varsinainen nosto	21
	3.5 Työturvallisuus ja riskit nostoissa	21
4	KATTOLOHKOJEN NOSTOJEN SUUNNITTELU	23
	4.1 Suunnittelun eteneminen	23
	4.2 Nostosuunnitelma	25
	4.3 Nostojen laskennassa huomioon otettavat asiat	26
	4.4 Noston aikainen kuormitus	27
	4.4.1 Nostopisteille tuleva kuormitus	28
	4.5 Nostoa varten tarvittavat lisärakenteet	30
	4.5.1 Nostopalkin valinta	30
	4.5.2 Noston aikaiset vahvistukset	32
	4.6 Liitosten mitoitus	33
5	KATTOLOHKOJEN NOSTOIHIN LIITTYVÄT MALLIPIIRUSTUKSET	35
	5.1 Elementtipiirustus.....	35
	5.2 Tasopiirustus.....	36
	5.3 Detaljipiirustukset	38
6	POHDINTA	40
	LÄHTEET	42
	LIITTEET	45
	Liite 1. Tarkastuslista vesikaton noston suunnitteluun	45

LYHENTEET JA TERMIT

Kattoelementti	Kattorakenne, joka rakennetaan tehtaassa tai rakennuspaikan tontilla ja nostetaan valmiina paikalleen.
NR-rakenne	Naulalevyrakenne
SSK	Suurin sallittu kuorma
WLL	Suurin sallittu nimelliskuorma (Working Load Limit)

1 JOHDANTO

Rakennusten kattorakenteen elementointi ja nostaminen paikalleen lohkoina lisääntyy sen tuoman kustannus- ja aikatauluhyödyn takia. Lisäksi rakennusvaiheen työturvallisuus paranee, kun korkealla tehtävien töiden määrä vähenee. Kattolohkot ovat kooltaan suuria, ja niiden nostoihin liittyy riskejä. Kattolohkon noston onnistumisen edellytys on noston huolellinen suunnittelu. Noston suunnittelussa on tärkeää huomioida työturvallisuuden kannalta tärkeät ohjeet ja määräykset.

Opinnäytetyön tavoitteena on kerätä kattolohkojen nostojen suunnittelusta tarpeellinen tieto. Aineisto on kerätty tutustumalla nostotöihin liittyviin julkaisuihin, tutustumalla kattolohkojen nostosuunnitelmiin ja haastatteleamalla aiheen parissa työskenteleviä. Opinnäytetyön pohjalta toteutetaan Sweco Rakennetekniikka Oy:lle tarkistuslista kattolohkojen nostojen suunnittelussa huomioitavista asioista.

Työssä käsitellään vesikattorakenteen lohkoina toteuttamista, käytettävissä olevia nostotapoja ja nostovälineitä sekä kattolohkojen nostojen riskejä ja työturvallisuusnäkökohtia. Lisäksi käsitellään suunnitteluun liittyviä asioita nostojen suunnitteluketjusta nostojen laskennassa huomiotaviin asioihin ja nostoihin liittyviin mallipiirustuksiin. Opinnäytetyön aihe on rajattu vesikattorakenteisiin, joissa päärakenteena toimivat toisiinsa liitetyt kattoristikot.

2 VESIKATTORAKENTEEN TOTEUTTAMINEN LOHKOINA

2.1 Vesikattorakenteen elementointi

Kattorakenteen elementointi ja nostaminen paikalleen lohkoina tai kokonaisena on yleistynyt eri kokoisissa rakennuskohteissa (kuva 1, kuva 2, kuva 3). Pienemmissä rakennuksissa kattorakenne voidaan rakentaa valmiiksi erillisenä ja nostaa kokonaisena paikalleen. Isommissa rakennuskohteissa, vesikatto jaetaan sopivan kokoihin lohkoihin, valmistetaan mahdollisimman valmiiksi erillisenä ja nostetaan paikalleen lohkoina. Tässä opinnäytetyössä käsitellään kattorakenteita, joissa päärakenteena toimivat toisiinsa liitetyt kattoristikot.



KUVA 1. Kattolohkon nosto kerrostalotyömaalla (Mäkelä 2012)



KUVA 2. Liikuntahallin kattorakenteen nosto kattolohkoittain (Timonen 2017)



KUVA 3. Varastohallin vesikaton nostotyö kokonaisena (Laulupuu Oy 2009)

Kattoelementillä tarkoitetaan kattorakennetta, joka rakennetaan tehtaassa tai rakennuspaikan tontilla ja nostetaan valmiina paikalleen. Vesikattorakenteen toteuttaminen nostettavana olisi hyvä olla tiedossa jo kohteen suunnittelun alkuvaiheessa, jotta tämä voidaan huomioida suunnittelussa alusta alkaen. Kattorakenteen elementoinnin etuina ovat työturvallisuuden paraneminen, työvaiheen tehostuminen ja rakennusaikataulussa saatavat säästöt. Haasteina voidaan sen sijaan pitää suunnittelutyön lisätarvetta, lisääntyneitä tilan tarvetta työmaalla ja vaativaa nostovaihetta. Alla on avattu tarkemmin kattorakenteen elementoinnin

etuja ja haasteita. (Haukkala 2012, Heikkilä 2012, Hyyppä 2019, Kuukasjärvi 2013, Laukka 2018, Mettälä 2017, Varis 2018)

Vesikattorakenteen elementoinnin etuina ovat:

1. Työturvallisuuden parantuminen
 - Todennäköisyys vakavaan tapaturmaan pienenee, kun katolla tehtävät työt vähenevät.
2. Työskentely maassa on tehokkaampaa
 - Kaikki tarvittavat materiaalit ja työvälineet ovat lähellä.
 - Nosturille ei ole tarvetta työvaiheen aikana.
 - Olosuhteiden, kuten tuulen, vaikutus on vähäisempi.
3. Rakentamisen kokonaiskesto lyhenee
 - Vesikatto voidaan valmistaa runkotyövaiheen aikana.
4. Rakennus saadaan sateelta suojaan nopeasti
 - Erillinen rakenteiden sadesuojauksen tarve poistuu.

Vesikattorakenteen elementoinnin haasteina ovat:

1. Noston aiheuttama suunnittelun lisätarve
 - Nostosta tulee laatia kirjallinen nostosuunnitelma.
 - Rakenteet tulee mitoittaa myös noston aikaisille kuormille.
2. Tilan vaatimus
 - Jos kattoelementti valmistetaan tontilla, on siellä oltava riittävästi tilaa kattorakenteen rakentamista ja mahdollista tilapäistä säilytystä varten.
 - Jos kattoelementti on tehdasvalmisteinen, se vaatii kokonsa takia erikoiskuljetuksen ja mahdollisen välivarastointipaikan tontilta.
 - Nostokalustolle on varattava paikka kantavalle ja tasaiselle alustalle.
3. Mittatarkkuuden merkitys korostuu
 - Mittavirheen korjaaminen on valmiissa elementissä haastavaa ja aikaa vievää.

4. Nostovaiheen vaativuus

- Nostoissa on aina vaaratekijöitä, joita ei pystytä täysin poistamaan. Esimerkki nostovaiheen vaaratekijöistä, joka tulisi ottaa huomioon, on riskialttiit sääolosuhteet, kuten rankkasade tai voimakas tuuli. Etenkin korkeissa rakennuskohteissa ja rannikkoalueella sijaitsevilla työmailla tuuliolosuhteet vaativat erityistä huomiota. Nostotöissä on oltava erityisen varovainen tuulen ollessa kova (yli 10 m/s) ja erittäin kovalla tuulella (yli 15 m/s) nostotyö tulee keskeyttää (Ratu 0436 2014). Ison pinta-alan omaavat kattoelementit ovat tuulelle herkkiä, joten käytännössä niiden nostoissa tuuli-rajana pidetään 10 m/s. Päätöksen nosturin turvallisesta käytöstä tekee aina nosturin kuljettaja.

2.2 Valmiusasteet

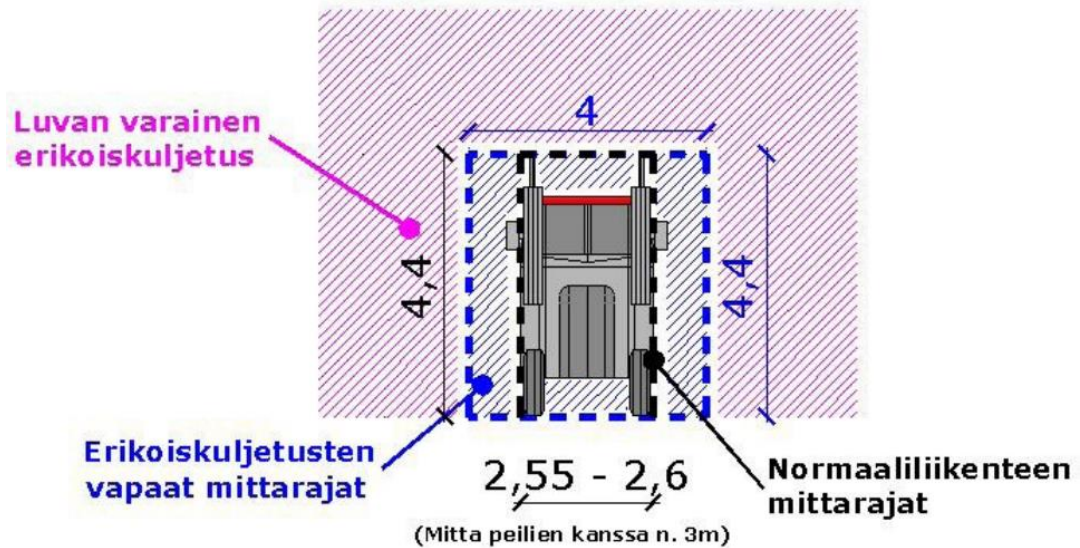
Kattoelementin valmiusaste määrittää töiden määrän, joka on tehtävä kattolohkon nostamisen jälkeen vesikaton valmiiksi saamiseksi. Nostettavan kattolohkon järkevä valmiusaste harkitaan jokaisessa kohteessa erikseen. Yleensä ristikkokattolohkoihin asennetaan valmiiksi vähintään räystäsrakenteet, aluskate ja kattoruoteet. Aluskatteen ja ruoteiden asentamisessa on huomioitava lohkojen liitoskohdat. Jollei kattorakenteen jäykistystä ole suunniteltu lohkoittain, kattoruoteille on tehtävä noston jälkeen jatkokset, jotta ruoteet jatkuvat lohkorajojen yli. Aluskatteelle on varattava riittävät limitykset katon vesitiiviiden varmistamiseksi. Kattoelementteihin voidaan asentaa valmiiksi myös päätyrakenteet, kulkusillat, suo-
jakaiteet ja pienet IV-osat, kuten huippuimurit ja piiput. (Hyypä 2019, Laukka 2018, Mäkelä 2012)

Yksi kattoelementin valmiusasteeseen vaikuttava ominaisuus on elementin katemateriaali. Tiilikatteisessa elementissä kattotiilet tuovat kattoelementtiin huomattavan lisäpainon, joten niiden asentaminen valmiiksi paikoilleen ei ole järkevää. Muotopeltikate tai bitumihuopakatteen pohjahuopa voidaan sen sijaan asentaa valmiiksi kattoelementtiin ennen nostoa. Myös konesaumatun peltikatteen asentaminen on mahdollista, mutta tällöin vaatimuksena on se, että nostopisteet sijoittuvat katon harjalle tai läpivientien kohdalle. (Kuukasjärvi 2013)

2.3 Lohkojaon suunnittelu

Kattolohkojen lohkojako suunnitellaan aina tapauskohtaisesti, asiakkaan toiveet ja työmaan kalusto huomioiden. Kohteen kaikki kattolohkot kannattaa suunnitella suunnilleen samankokoisiksi, jotta kaikilla lohkoilla voidaan käyttää samankaltaisia noston aikaisia vahvisteita ja nostopalkkeja. Lohkojaon suunnittelussa kannattaa ottaa huomioon työmaalla käytössä oleva nostokalusto. Ideaalista olisi, että lohkojen nostot voidaan toteuttaa työmaalla käytössä olevaa nostokalustoa hyödyntäen. Lohkojako suunniteltaessa on hyvä huomioida myös palokatkojen paikat. Lisäksi lohkojako suunniteltaessa kannattaa ottaa huomioon se, että lohkojen väliset saumakohtat saadaan toteutettua järkevästi. (Kuukasjärvi 2013, Mäkelä 2012)

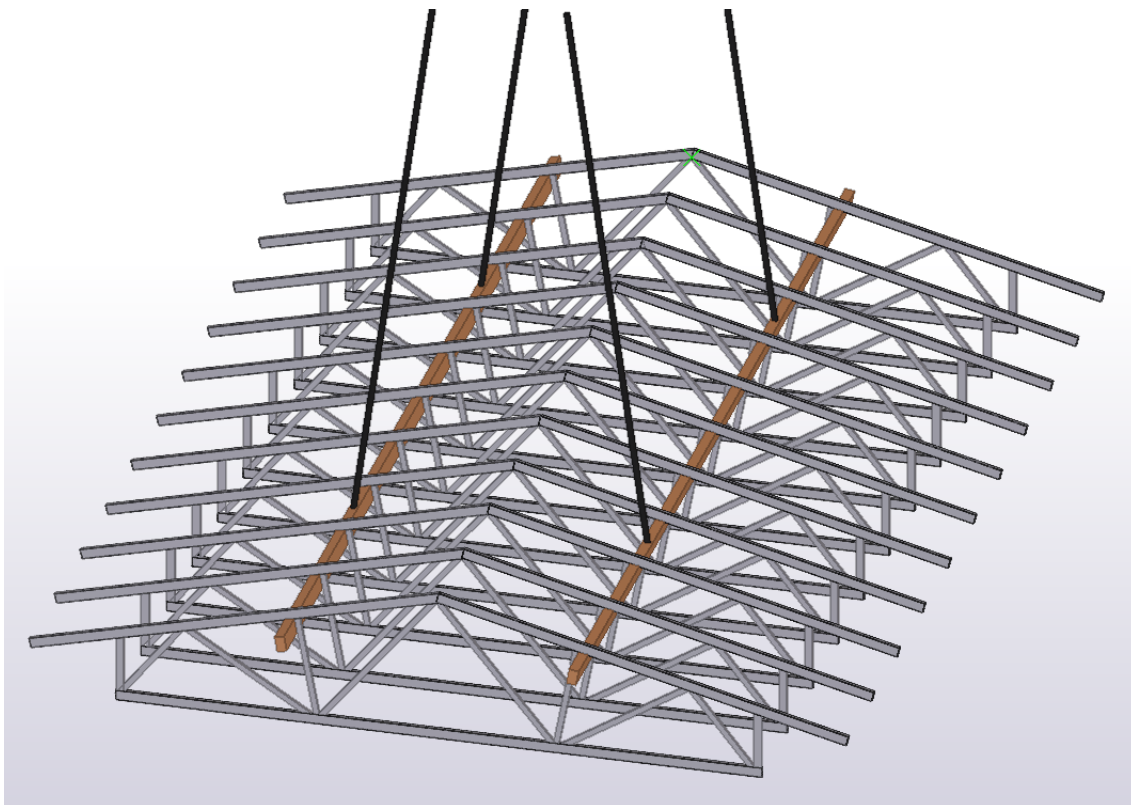
Nostettava lohko voi olla mitoiltaan hyvinkin suuri ja se saadaan siltikin tasapainotettua ja kestävästi noston aikaiset rasitukset. Esimerkkinä Vantaalla vesikattorakenne luhtitaloon toteutettiin lohkoina, jotka olivat mitoiltaan 17x10 metriä ja painoiltaan 7 tonnia (Kokkonen 2022). Kriittinen lohkokokoa rajoittava tekijä on sen sijaan lohkon paino. Liian raskas kattolohko vaatii massiiviset vahvistukset kestääkseen noston aiheuttamat rasitukset. (Mäkelä 2012) Tehtaalla valmistetun kattoelementin kokoa rajoittaa tieliikennelain kuljetusmääräykset ajoneuvojen maksimimitoista (kuva 4). Normaaliliikenteenä tehdasvalmisteisen kattoelementin maksimileveys on 2,6 metriä ja kuljetuskorkeus tien pinnasta on maksimissaan 4,0 metriä. Kattoelementit kuljetetaan mittojensa takia lähes aina erikoisrahtina, mikä kasvattaa elementtien kuljetuskustannuksia. Erikoisrahtina kuljetetun elementin kuljetuksessa tulee noudattaa erikoiskuljetuksen merkitsemisestä ja varoitusmenpiteistä annettuja määräyksiä. Erikoiskuljetus on luvan varainen, kun erikoiskuljetuksen vapaat mittarajat tai normaaliliikenteessä sallitut massat ylittyvät. (Laitinen ym. 2019)



KUVA 4. Erikoiskuljetuksiin liittyviä mittoja (Laitinen ym. 2019)

2.4 Nostolinjan valinta

Kattolohkon nostolinjojen lukumäärä valitaan kattoristikon tyypin, koon ja muodon mukaan. Lisäksi kattolohkon valmiusasteella on vaikutusta nostolinjan valintaan. Korkean valmiusasteen kattolohkossa nostolinjat kannattaa mahdollisuuksien mukaan sijoittaa vesikatteen läpivientien kohdalle tai harjalle. Näin katolla tehtävät vesikatteen paikkaustyöt vähenevät. Kattolohkojen nostoon käytetään tyypillisesti kahta nostolinjaa (kuva 5). Tällöin nostolinjat sijoittuvat usein harjan molemmin puolin kolmannespisteisiin tai katon ulkoreunoille. Pitkissä kattolohkoissa voidaan käyttää myös neljää nostolinjaa, jotta saadaan kattorakenne kestämään noston aikaiset rasitukset. Pienet, harjan suhteen symmetriset lohkot voidaan nostaa yhdellä nostolinjalla katon harjalta. (Kuukasjärvi 2013)



KUVA 5. Esimerkki nostopalkkien ja nostopisteiden sijoittelusta kahdella nostolinjalla nostettaessa

3 NOSTOKALUSTO, NOSTOAPUVÄLINEET JA NOSTOVAIHE

3.1 Nostokalusto

Kattolohkojen nostoissa pyritään hyödyntämään työmaan nostokalustoa. Nostokaluston vaatimukseen vaikuttaa nostettavan kattolohkon painon lisäksi rakennuksen korkeus. Lisäksi nostokaluston valintaan vaikuttaa nostokaluston sijoitus rakennuksen tontilla. Nosturina on käytettävä suoritusarvoiltaan riittävää ja ominaisuuksiltaan tarkoitukseen soveltuvaa nosturia. Isoissa rakennuskohteissa, kuten kerrostalotyömailla, on yleensä runkovaiheessa käytössä kattolohkojen nostoihin suoritusarvoiltaan riittävä nostokalusto. Nostokalustossa on oltava suurimman sallitun kuormituksen osoittava merkintä (SSK-merkintä) sekä muut turvallisuuden kannalta tarpeelliset merkinnät. Nosturin kuljettajalla tulee olla kyseisen nostokonetyypin kuljettajan kortti tai lupakirja. (Ratu 0436 2014, Ratu TT 06-00063 2000)

3.2 Nostoapuvälineet

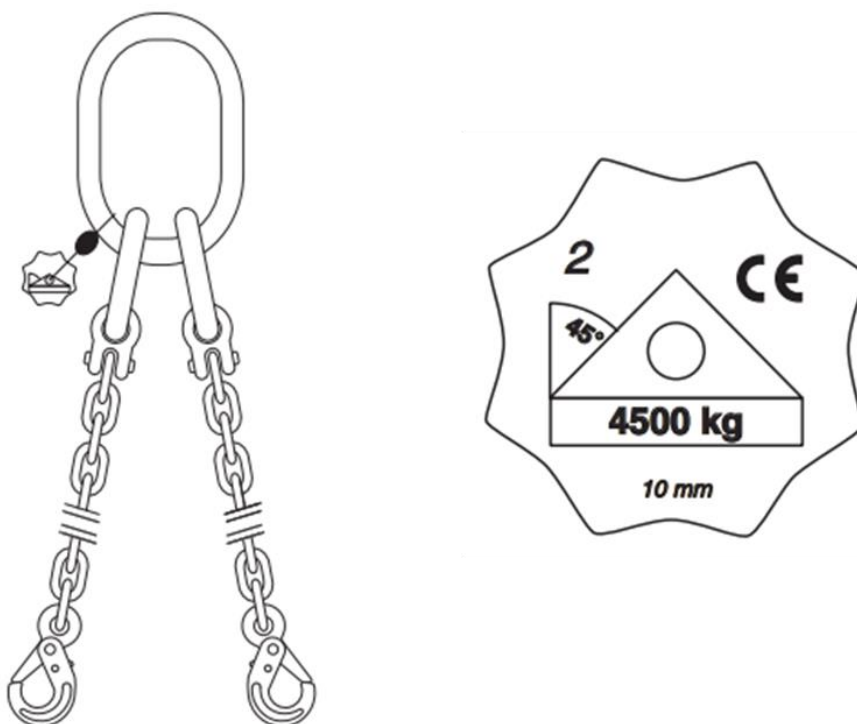
Nostoapuvälineellä tarkoitetaan komponenttia tai laitetta, joka on sijoitettu nostolaitteen ja nostettavan taakan väliin ja jonka avulla kuormaan voidaan tarttua. Valtioneuvoston asetuksessa 403/2008 työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta on asetettu vaatimuksia nostoapuvälineille. Nostoapuvälineen käyttö edellyttää, että siitä löytyy SSK-merkintä, eikä sitä saa missään tilanteessa ylikuormittaa. Nostoapuvälineet on säilytettävä niin, etteivät ne vaurioitu säilytyksen aikana. Vaurioitunutta nostoapuvälinettä ei saa käyttää. Nostoapuvälineet on kiinnitettävä taakkaan suunnitelluista nostopisteistä tai muulla tavoin varmistettava, että taakan nosto voidaan suorittaa turvallisesti. (Ratu TT 07-00076 2000, Työsuojeluhallinto 2010)

Nostoapuvälineen käyttöönottotarkastus on tehtävä ennen sen ensimmäistä käyttöä tai jos nostoapuväline otetaan käyttöön uudelleen sen oltua pitkään käyttämättömänä. Tämän jälkeen on tehtävä vuosittainen määräaikaistarkastus. Lisäksi nostoapuvälineen kuntoa on seurattava jatkuvasti ja taakan kiinnittäjän on

aina ennen nostoa tehtävä silmämääräinen tarkastus, jossa nostoapuvälineen kunto ja merkinnät varmistetaan. (Ratu TT 07-00076 2000, Työsuojeluhallinto 2010)

3.2.1 Kettinkiraksit

Kettinkiraksi on yksi- tai useampihaarainen nostoapuväline, joka koostuu kettin-
gistä ja siihen liitetyistä varusteista (kuva 6). Varusteita ovat päärengas, merkin-
tälevyke, turvasalvalla varustettu tai itselukittuva koukku, liittimet ja taakan tasa-
painottamiseen tarvittavat lyhentimet. Nostoon on valittava siihen sopiva raksi-
tyyppi ja noudatettava kuormitusohjeita. Kuorman tasaiseen jakamiseen raksien
haaroille voidaan käyttää tasauslevyä (kuva 7).

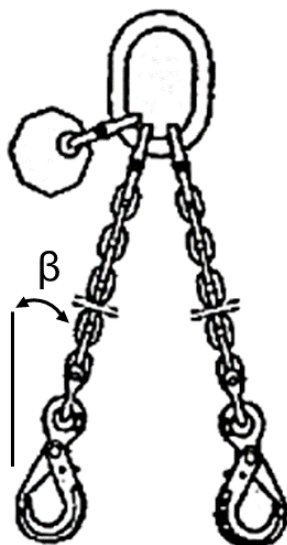


KUVA 6. Kettinkiraksi ja lähikuva standardin SFS-EN 818-4 mukaisesta kettinkiraksin merkintälevykkeestä (Betoniteollisuus ry 2010b)



KUVA 7. Kuorman jakamiseen kettinkiraksien haaroille tarkoitettu tasauslevy (Certex Finland Oy n.d.)

Nostoraksin sallittuun kuormaan vaikuttaa muotokerroin, joka määräytyy kuorman kiinnitystavan, nostoraksin haarojen lukumäärän ja haarojen kaltevuuskulman β mukaan. Kaltevuuskulmalla tarkoitetaan raksin haaran ja pystysuoran välistä kulmaa (kuva 8). Nostoissa saa käyttää maksimissaan 60° kaltevuuskulmaa. Mitä suurempi on raksin kaltevuuskulma, sitä pienemmän kuorman sillä voi nostaa. Kaltevuuskulmaa voidaan pienentää kasvattamalla nostokorkeutta. Nostokorkeudella tarkoitetaan nostoraksien kuorman kiinnityspisteiden pystyetäisyyttä päänostoketjuun. Taulukossa 1 on esimerkki kettinkiraksin kuormitustaulukosta, jossa on listattu suurimmat sallitut kuormat kettingin halkaisijan mukaan nostotavasta ja -kulmasta riippuen. (Työsuojeluhallinto 2010)



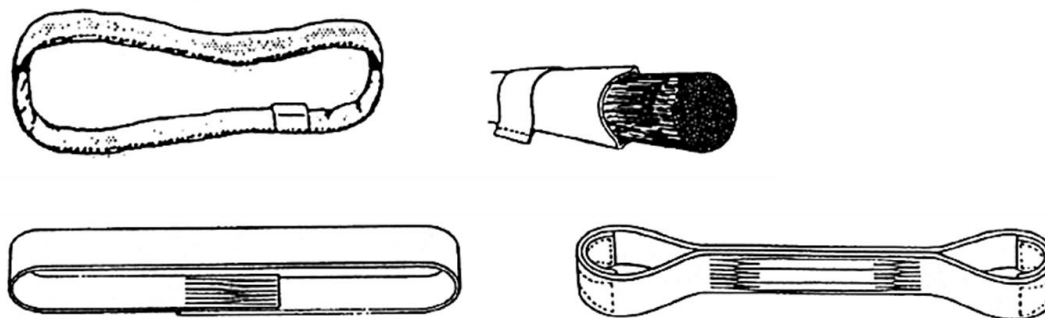
KUVA 8. Nostoraksin haarojen kaltevuuskulma (Työsuojeluhallinto 2010)

TAULUKKO 1. Standardin SFS 5152 mukainen kuormitustaulukko kettinkirakseille. (Työsuojeluhallinto 2010)

Kettin- gin hal- kaisija (mm)	1-haaraiset		2-haaraiset				3- ja 4-haaraiset	
	Suora nosto	Kiris- tävä nosto	$0^\circ < \beta \leq 45^\circ$		$45^\circ < \beta \leq 60^\circ$		$0^\circ < \beta \leq 45^\circ$	$45^\circ < \beta \leq 60^\circ$
			Suora nosto	Kiris- tävä nosto	Suora nosto	Kiris- tävä nosto	Suora nosto	Suora nosto
6	1 000	800	1 400	1 120	1 000	800	2 100	1 500
8	2 000	1 600	2 800	2 240	2 000	1 600	4 250	3 000
10	3 200	2 500	4 500	3 550	3 200	2 500	6 700	4 750
13	5 000	4 000	7 100	5 600	5 000	4 000	10 000	7 500
16	8 000	6 300	11 200	9 000	8 000	6 300	17 000	11 800
18	10 000	8 000	14 000	11 200	10 000	8 000	21 200	15 000
20	12 500	10 000	18 000	14 000	12 500	10 000	26 000	18 000
22	15 000	12 000	21 200	17 000	15 000	12 000	32 000	22 400
23	16 000	12 500	22 400	18 000	16 000	12 500	33 500	23 600
26	20 000	16 000	28 000	22 400	20 000	16 000	40 000	30 000
28	25 000	20 000	35 500	28 000	25 000	20 000	50 000	37 500
32	32 000	25 000	40 000	35 500	32 000	25 000	63 000	47 500
Sallittujen kuormien laskentaan käytetyt muotokertoimet								
	1	0,8	1,4	1,12	1	0,8	2,1	1,5

3.2.2 Päälysteraksit ja nostovyöt







Päälysteraksit ja nostovyöt valmistetaan synteettisistä kuitulangoista. Materiaalina käytetään polyesteriä, polyamidia tai polypropeenaa. Päälysteraksin ja nostovyön olennaisin ero on niiden sisäisessä rakenteessa (kuva 9). Päälysteraksissa kuitulangat ovat kantavana rakenteena putkimaisen päälysteen sisällä. Nostovyöissä kantavana rakenteena toimii kuitulangoista kudottu nauha. (Työsuojeluhallinto 2010)



KUVA 9. Päälysteraksin ja nostovyön ero (Työsuojeluhallinto 2010)

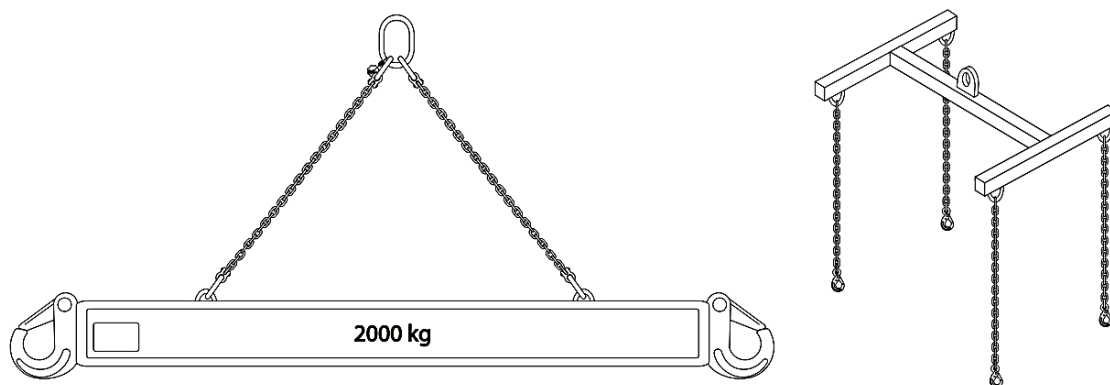
Päälysteraksit ja nostovyöt ovat arkoja taakkojen teräville kulmille. Nostovyöt ja päälysteraksit on tarkastettava ennen jokaista käyttökertaa koko pituudeltaan molemmin puolin mahdollisten vaurioiden havaitsemiseksi. Päälysterakseissa ja nostovyöissä tulee olla tiedot valmistajasta, nimellislujuus (WLL), suurin sallittu nostokuorma eri nostokulmille, valmistusmateriaali etiketin värikoodilla, CE-merkintä, pituus ja jäljitettävyydennumero. Taulukossa 2 on esitetty päälysteraksien ja nostovyöiden suurimman sallitun kuorman määrittävät muotokertoimet erilaisissa nostotavoissa. (Ratu TT 07-00076 2000, Työsuojeluhallinto 2010)

TAULUKKO 2. Päälysteraksien ja nostovyöiden muotokertoimia erilaisissa nostotavoissa (Työsuojeluhallinto 2010)

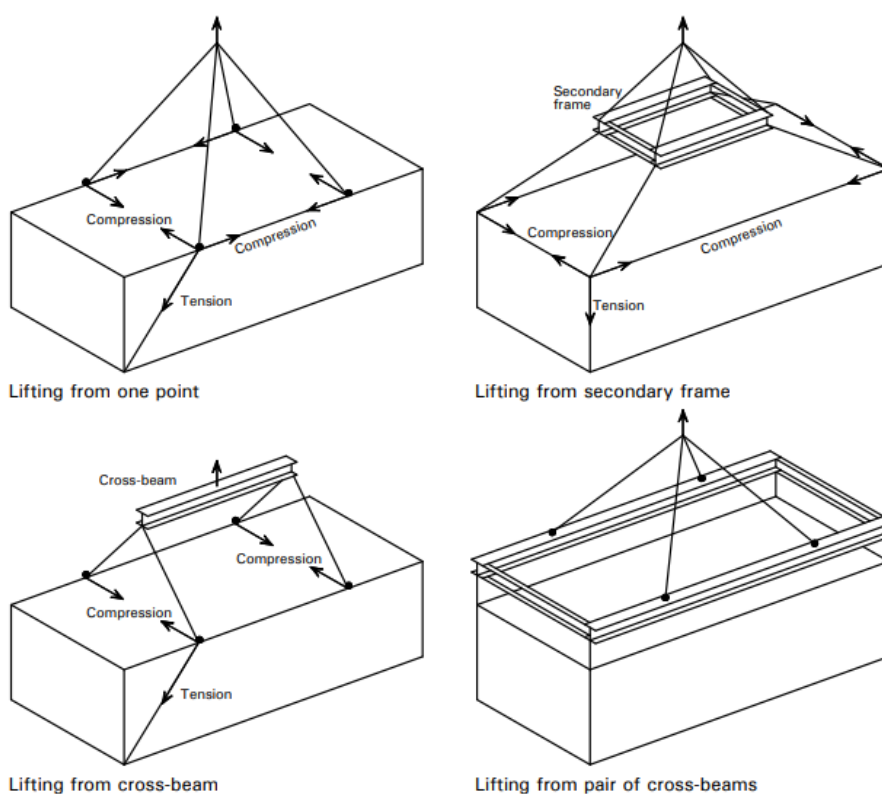
Kuormituksen muotokerroin									
Suora nosto	Kivistävä nosto	Avonosto				2-haarainen nosto		3- ja 4-haarainen nosto	
		Samansuuntainen	Kulmanosto						
									
		$\beta = 0 \dots 45^\circ$		$\beta = 45 \dots 60^\circ$	$\beta = 0 \dots 45^\circ$	$\beta = 45 \dots 60^\circ$	$\beta = 0 \dots 45^\circ$	$\beta = 45 \dots 60^\circ$	
1,0	0,8	2,0	1,4	1,0	1,4	1,0	2,1	1,5	

3.2.3 Nostopuomit ja -kehikot

Kattolohkojen nostoissa voidaan käyttää erillistä kuormaa jakavaa nostoapuvälinettä, kuten nostopuomia tai -kehikkoa (kuva 10). Kattolohkon ja nosturin väliin asetettavan nostopuomin tai -kehikon tarkoituksena on ohjata nostopisteisiin kiinnitetyt kettinkiraksit kohtisuoraan ylöspäin nostokehikon kiinnityspisteisiin. Näin pienennetään kattolohkoon kohdistuvia rasituksia, koska noston aikaiset kuormat jakautuvat tasaisemmin koko kattolohkolle ja nostopisteisiin kohdistuvan vinorasisituksen aiheuttava voiman vaakasuora komponentti pienenee (kuva 11). (Betoniteollisuus ry 2010b, Lawson ym. 1999, Työsuojeluhallinto 2010)



KUVA 10. Nostopuomi ja -kehikko (Betoniteollisuus ry 2010b)

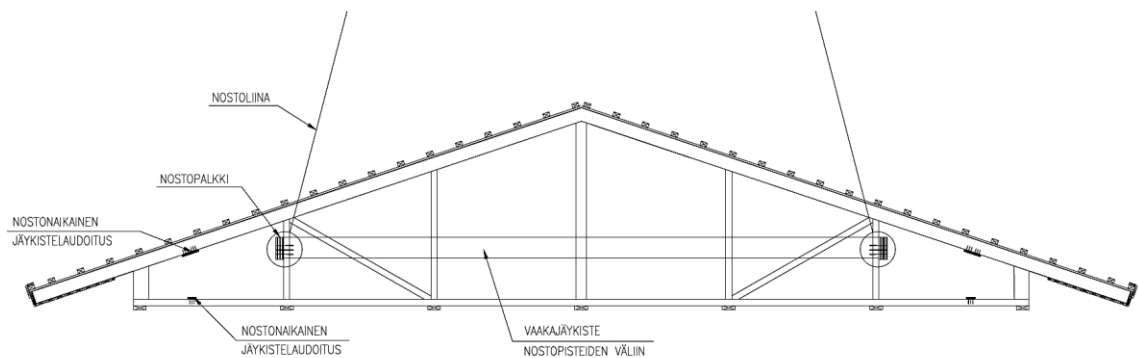


KUVA 11. Kuormaa jakavan nostoapuvälineen vaikutus noston aiheuttamiin ra-situksiin (Lawson ym 1999)

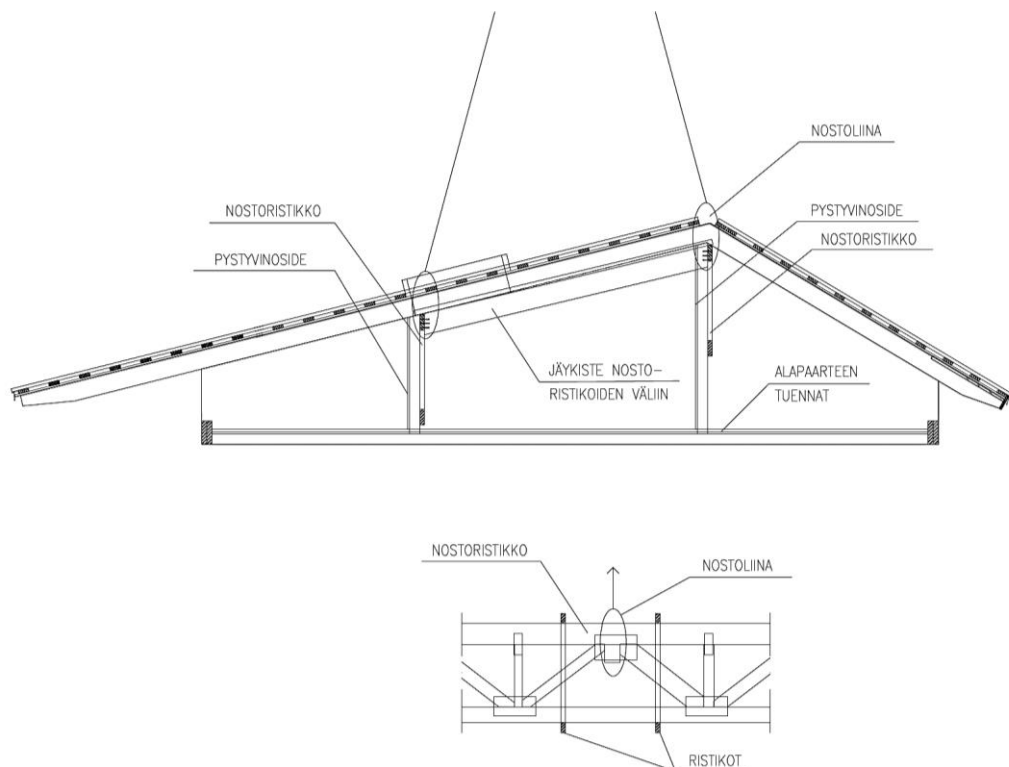
Nostopalkkeja ja -kehikkoja on kantavuudeltaan, muodoltaan ja pituudeltaan monenlaisia. Niiden suunnittelijan ja valmistajan on oltava asiantuntija, jolla on riittävät tiedot lujuusopista ja nostoihin liittyvistä rakenteellisista vaatimuksista. Siinä tulee olla seuraavat merkinnät: Valmistajan nimi, valmistus/sarjanumero, CE-merkintä, sallittu kuorma eri kuormitustapauksissa ja omapaino nosturin hyötykuorman määrittämiseksi. (Betoniteollisuus ry 2010b, Työsuojeluhallinto 2010)

3.3 Nostopalkit ja -ristikot

Kattolohkojen nostot tehdään yleisesti nostopalkkia apuna käyttäen. Nostopalkki kiinnitetään kattoristikoihin ja nosto suoritetaan nostopalkilla sijaitsevista nostopisteistä (kuva 12). Nostopalkki jää yleensä kattorakenteeseen pysyväksi rakenteeksi, eikä sitä poisteta kattorakenteesta noston jälkeen. Nostopalkin materiaali ja poikkileikkaus mitoitetaan siihen kohdistuvien kuormien perusteella. Nostopalkin sijasta voidaan käyttää myös nostoristikkoa (kuva 13).



KUVA 12. Esimerkkikuva kattolohkon noston toteutuksesta nostopalkkia apuna käyttäen



KUVA 13. Esimerkkikuva kattolohkon noston toteutuksesta nostoristikkoa apuna käyttäen

3.4 Koenosto ja varsinainen nosto

Rakennushankkeen tilaaja vastaa nostotyön työnjohdosta. Nostokaluston vuokralle antaja vastaa siitä, että nosturi on kunnossa ja sitä käyttää ammattitaitoinen kuljettaja. Ennen nostotöiden aloittamista rakennustyömaan vastaavan työnjohtajan on varmistuttava siitä, että nostotyöt on suunniteltu asianmukaisesti (Ratu TT 6.24 2017). Nostosuunnitelma täytyy olla käytynä nostoryhmän kanssa läpi ennen varsinaista nostoa. Ennen varsinaista kattolohkon nostoa tehdään aina koenosto. Koenostossa nosto pysäytetään, kun kattolohko on irronnut maasta. Tämän jälkeen tarkistetaan kattolohkon tasapaino, lohkon rakenteellinen kestävyys ja nostoapuvälineiden kiinnitykset. Jos puutteita havaitaan, tehdään kattolohkoon tarvittavat muutokset. Koenosto toistetaan, kunnes kattoelementin tasapaino ja rakenteellinen kestävyys on varmistettu. (Ratu 1182-S 1998, Työsuojeluhallinto 2010)

Nostovaiheen turvallisuuden edellytyksenä on se, että nosto toteutetaan suunnitelmien mukaisesti. Nostovaiheen aikana tarkkaillaan nostosuunnitelmassa esitettyjä asioita ja niiden toteutumista. Mahdollisiin poikkeamiin reagoidaan välittömästi tekemällä tarvittavat muutokset. Varsinaisen noston aikana kattolohkon on oltava koko ajan tasapainossa. Noston on tapahduttava tasaisin liikkein, koska heilahdukset aiheuttavat kattolohkon rakenteille ylimääräistä kuormitusta. Kattolohkon kulmiin asetetaan ohjausliinat helpottamaan lohkon ohjaamista. Liinojen avulla kattolohkoa liikkeitä voidaan ohjata noston aikana alhaalta käsin ja varmistaa lohkon pysyminen oikeassa linjassa. Nostoapulaitteet saa irrottaa kattolohkosta vasta kun on varmistettu, että kattolohko on kiinnitetty ja on tuettu asennussuunnitelman mukaisesti. (Ratu 1182-S 1998, Työsuojeluhallinto 2010)

3.5 Työturvallisuus ja riskit nostoissa

Nostotyöt ovat yksi rakennusalan vaarallisimmista ja riskialteimmista töistä. Nostoihin liittyy usein vaaratekijöitä, joita ei pystytä kokonaan poistamaan. Nostoissa on viime vuosina sattunut useita vakavia läheltä piti -tilanteita ja myös kuolemaan johtaneita tapatumia (Rakennusteollisuus RT ry 2022). Nostotöiden riskialttiutta lisää se, että ne suoritetaan usein ahtaissa kaupunkioiloissa. Merkittävänä syynä

nosto- ja siirtotöissä tapahtuviin tapaturmiin pidetään puutteellista tai laiminlyötyä nostosuunnittelua. (Ratu 1182-S 1998, Ratu TT 07-00076 2000)

Nostoihin liittyviä vaaratilanteita voidaan vähentää huolellisella etukäteissuunnittelulla ja huolehtimalla, että nostot suoritetaan tehtyjen suunnitelmien mukaan. Nostetut rakenteet on myös tarkistettava mahdollisten nostosta aiheutuneiden vaurioiden varalta. Tarkistuksessa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, etteivät nostetut rakenteet ole halkeilleet tai muuten vaurioituneet nostopisteiden kohdalta (Ratu 0436 2014). Tyypillisiä vaaratilanteita aiheuttavia virheitä nostotöissä ovat liian suuren nostokulman käyttö, väärä tai väärin kiinnitetty nostoapuväline ja epätasapainossa nouseva taakka (Betoniteollisuus ry 2020). Jos nostettava kattolohko ei ole tasapainossa, voi jollekin nostopisteelle tuleva kuormitus kasvaa. Esimerkiksi kun nostotapana on nelipistenosto ilman tasauslevyä, vastakkaisten nurkkien nostopisteet voivat kantaa koko kattolohkon painon. Kattolohkon epätasapaino pitäisi havaita koenostossa ja kattolohko tasapainottaa ennen varsinaista nostoa.

Nosturin kuljettajalla ja alamiestyöskentelyllä eli taakan kiinnittämisellä ja noston ohjaamisella on ratkaiseva merkitys noston työturvallisuudessa. Tämän takia alamiiehenä toimivalla henkilöllä edellytetään työnantajan myöntämää kirjallista lupaa alamiestyöskentelyyn. Myös nostokalusto ja nostoapuvälineet ovat nostotöiden turvallisuuden kannalta keskeisiä, koska niissä lähes minkä tahansa osan pettäminen voi aiheuttaa vaaratilanteen. (Ratu 1182-S 1998, Ratu TT 07-00076 2000)

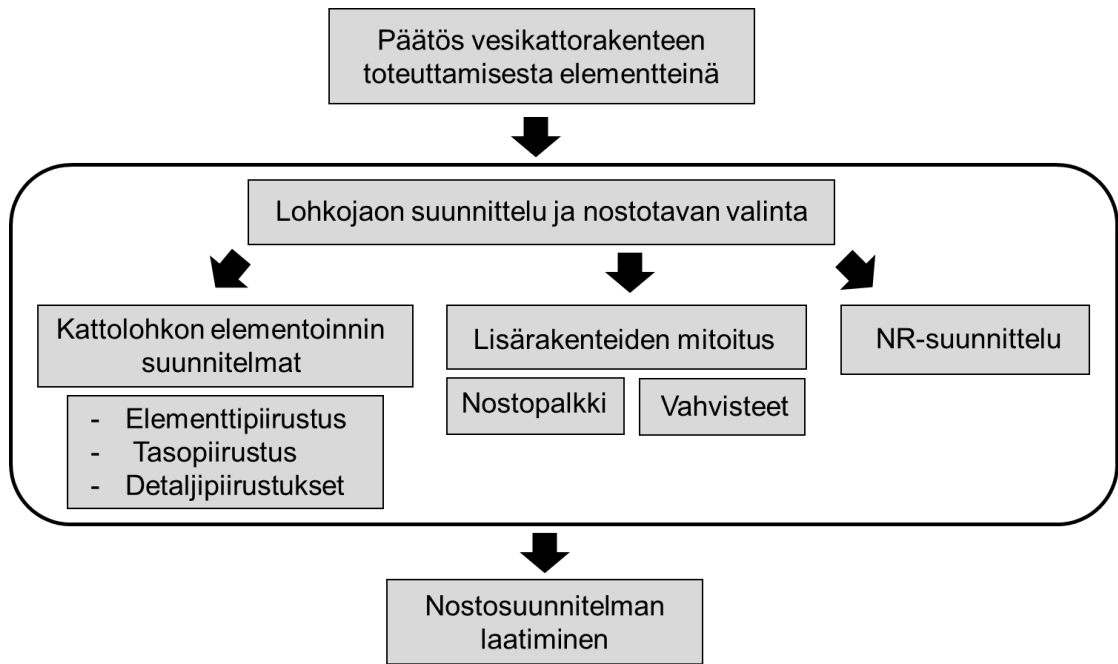
4 KATTOLOHKOJEN NOSTOJEN SUUNNITTELU

4.1 Suunnittelun eteneminen

Rakennushankkeen päätoteuttaja vastaa nostotöiden suunnittelusta voimassa olevan lainsäädännön mukaisesti (RatuTT 6.24 2017). Kun vesikattorakenne toteutetaan lohkoina, suunnittelussa on kiinnitettävä erityistä huomiota kattokokonaisuuden huomiointiin. Esimerkiksi kattoruoteiden jatkuminen lohkorajojen yli on varmistettava. Toinen tärkeä huomioitava asia läpi koko suunnitteluprosessin on työturvallisuusnäkökohdat. Työturvallisuuden huolehtimisveloitteet rakennushankkeen osapuolille määritetään työturvallisuuslaissa (738/2002) sekä valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta (VNa 205/2009).

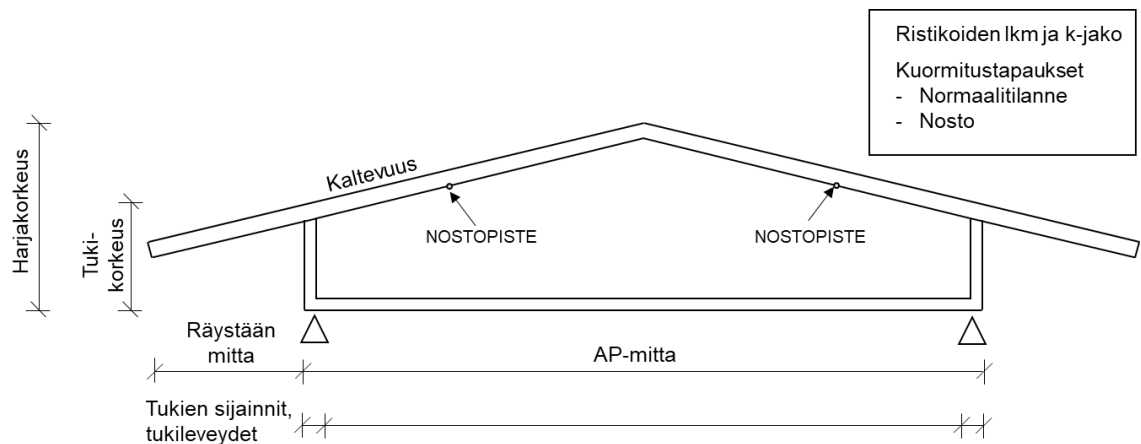
Kattorakenteen toteuttaminen elementteinä olisi hyvä olla tiedossa jo rakennuskohteen suunnittelun alkuvaiheessa alkaen kohteen aluesuunnittelusta. Kattolohkojen nostokalustolle on varattava paikka kantavalle ja tasaiselle alustalle. Jos kattolohkot valmistetaan tontilla, on siellä oltava riittävästi tilaa kattorakenteen rakentamista ja mahdollista tilapäistä säilytystä varten. Jos kattolohkot ovat tehdasvalmisteiset, ne vaativat yleensä välivarastointipaikan tontilta. Kattolohkon suunnittelu tehdään yhteistyössä kohteen päärakennesuunnittelijan ja kattoelementin suunnittelijan kanssa. Työmaan on hyvä olla mukana suunnitteluprosessissa alusta alkaen, jotta suunnittelussa osataan ottaa huomioon asiakkaan toiveet ja muut suunnitteluun vaikuttavat asiat. Näistä esimerkkejä ovat muun muassa työmaalla valmiiksi oleva nostokalusto sekä käytettävissä oleva puutavara kattolohkon vahvisteita ja nostopalkkia varten.

Kattolohkon noston suunnitteluketju kuvataan kuviossa 1. Kun päätös vesikattorakenteen toteuttamisesta elementteinä on tehty, valitaan kohteeseen sopiva nostotapa ja määritetään kohteeseen sopiva lohkojako. Kattoelementin suunnittelija määrittää kattolohkolle tarvittavat noston aikaiset vahvisteet ja tarvitaanko nostoa varten muita lisärakenteita, kuten nostopalkkia tai -ristikkoa. Lisäksi kattoelementin suunnittelija tekee kattolohkon elementoinnin suunnitelmat sisältäen tasopiirustuksen, elementtipiirustukset ja tarvittavat nostoon liittyvät detaljipiirustukset. Suunnitelmat hyväksytetään kohteen vastaavalla rakennesuunnittelijalla.



KUVIO 1. Kattolohkon noston suunnittelun eteneminen

Kattolohkon noston suunnitelmiin kuuluu olennaisesti myös yksittäisten kattoristikoiden mitoitus. Vesikattorakenteen naulalevyristikoiden suunnittelusta vastaa naulalevyrakenteisiin erikoistunut NR-suunnittelija vastaavan rakennesuunnittelijan antamien lähtötietojen perusteella. NR-suunnittelun perusteena on ristikon tilauskaavio, johon on merkitty ristikon mitat, tukien sijainnit, tukileveydet, valmistettavien ristikoiden lukumäärä, k-jako ja kuormat sekä nostopisteiden lukumäärä (kuva 14). Jos nostopisteille on määrätty tarkat sijainnit, myös ne merkitään kaavioon. (RT 85-10495 1993)



KUVA 14. Ristikon tilauskaavio sisältää lähtötiedot nostettavaa toteutettavan naulalevyristikon suunnittelemiseksi

NR-suunnittelijalla tulee olla hyvissä ajoin tieto siitä, katto nostetaan paikalleen lohkoina. Nostettavana toteutettava naulalevyrakenne mitoitetaan kestäväksi normaalitilanteen kuormituksen lisäksi noston aikaiset kuormat. Normaalitilanteessa kattoristikon yläpaarteelle kohdistuu puristusta ja alapaarteelle vetoa. Nostotilanteessa myös alapaarteelle voi kohdistua puristusta. Näin ollen alapaarre täytyy tukea nurjahdukselta nostotilanteessa. NR-suunnittelija merkitsee ristikkokuvaan alapaarteen nurjahdustuentavälin maksimin nostotilanteessa. Joissakin ristikkorakenteissa nostotilanteen kuormien huomioiminen aiheuttaa ristikkorakenteeseen huomattavia muutoksia. Tästä esimerkkinä ovat holvin päälle asennettavat jatkuvatukiset ristikkopukit. Noston aikaisten kuormien takia, ristikkopukkeja joudutaan usein vahvistamaan kasvattamalla alapaarteen poikkileikkausta ja lisäämällä rakenteeseen vinosauvoja. Ristikoihin voidaan nostotilanteen takia joutua lisäämään rakenteita, jotka on noston jälkeen poistettava. Esimerkkejä tällaisista rakenteista ovat IV-läpivientien tiellä olevat ristikkopukkien vinosauvat. (Lehmusoksa 2022)

4.2 Nostosuunnitelma

Kattoelementin nostosta tulee aina laatia kirjallinen nostosuunnitelma. Nostosuunnitelma hyväksytetään kohteen vaativuusluokasta riippuvan pätevyyden omaavalla rakennesuunnittelijalla. Kattoelementin nostosuunnitelman laatii kattoelementin suunnittelija yhteistyössä päärakennesuunnittelijan ja vesikattotöiden urakoitsijan kanssa. Kattoelementin nostosuunnitelma on osa työmaan elementtien asennussuunnitelmaa. Rakennushankkeen osapuolten on huolehdittava, että suunnitelmien on oltava kirjallisina työmaalla (VNa 205/2009, 36§). (Betoniteollisuus ry 2010c, Ratu 1182-S 1998)

Kattoelementin nostosuunnitelmassa esitetään:

- Lohkojako
- Kattoelementin paino ja painopiste
- Nostettavan kattoelementin rakenne
- Nostopisteet ja niille tulevat kuormat
- Noston aikaiset vahvistukset
- Vastuhenkilöt

4.3 Nostojen laskennassa huomioon otettavat asiat

Tässä kappaleessa esitellään kattolohkon nostojen laskennassa huomioitavat asiat. Aiheita käsitellään yksityiskohtaisemmin kappaleessa 4.4 Noston aikainen kuormitus, kappaleessa 4.5 Nostoa varten tarvittavat lisärakenteet ja kappaleessa 4.6 Liitosten mitoitus. Rakenteiden mitoitus perustuu puurakenteiden suunnittelun eurokoodiin (RIL 205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje 2017, SFS-EN 1995-1-1 2008).

Kattolohkojen nostojen laskennassa on otettava huomioon seuraavat asiat:

1. Noston aikainen kuormitus

- Noston aikainen kuormitus voidaan laskea, kun lohkojako ja kattolohkoon liittyvät rakenteet ovat tiedossa.
- Nostoa varten tarvittavat lisärakenteet, kuten nostopalkki, on huomioitava laskelmissa.
- Kuorman siirtymisreitti kattolohkolta nosturille on tunnistettava.

2. Kattolohkon painopiste ja nostopisteet

- Kattolohkon tasapaino edellyttää lohkon painopisteen huomioinnin nostopisteiden valinnassa ja sijoittelussa. Nostopisteet sijoitetaan yleensä symmetrisesti suhteessa kattolohkon painopisteeseen. Kuormituksen tasaisesta jakautumisesta nostopisteille on huolehdittava. Epäsymmetrisissä kattorakenteissa nostopisteitä voidaan lisätä antamaan nostolle lisävakautta.

3. Vaakavoimien laskenta

- Nostopisteisiin kohdistuu nostoraksien haarakulmasta johtuva vinorasiutus, joka kasvaa haarakulman kasvaessa. Tästä aiheutuva vaakavoima on otettava huomioon kattolohkon rakenteiden mitoituksessa sekä lohkon pituus- että leveyssuunnassa.

4. Kattolohkon noston aikainen jäykkyys

- Kattolohkon jäykkyys noston aikana on varmistettava mitoittamalla lohkoon tarvittavat vahvistukset.

5. Liitoskestävyys

- Kattolohkon liitokset on suunniteltava kestäväksi normaalityyppiseen tilanteeseen lisäksi noston aiheuttamat rasitukset.

4.4 Noston aikainen kuormitus

Kattolohkoa kuormittaa noston aikana omapaino. Sen suuruus voidaan laskea, kun lohkojako ja lohkon liitettävät rakenteet ovat tiedossa. Kattolohkon kuormien oletetaan olevan lyhytaikaisia ominaiskuormia. Noston aikaisena kuormituksena on huomioitava myös tuulikuorma. Kattolohkojen noston aikaista tuulikuormaa laskettaessa kattoa käsitellään katoksena. (RIL 201-2-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat 2017).

Noston aikana kattolohkoon kohdistuvat dynaamiset vaikutukset otetaan huomioon dynaamisilla kertoimilla (taulukko 3). Noston aikaisen kuorman mitoitusarvon laskentaan käytetään kaavaa (Betoniteollisuus ry 2010a):

$$E_d = \gamma_G * G + (\Psi_{dyn} - 1) * \gamma_Q * G \quad \text{KAAVA 1}$$

jossa

$\gamma_G = 1,15$ (pysyvien kuormien osavarmuusluku)

$\gamma_Q = 1,5$ (muuttuvien kuormien osavarmuusluku)

Ψ_{dyn} on dynaaminen kerroin (taulukko 3)

TAULUKKO 3. Dynaamisen kertoimen Ψ_{dyn} arvo eri nostotilanteissa (Betoniteollisuus ry 2010a)

Nostotilanne	Ψ_{dyn}
Torni- tai siltanosturi	1,2
Autonosturi	1,4
Liikkuva nosturi tasaisessa maastossa	2,0 - 2,5
Liikkuva nosturi epätasaisessa maastossa	3,0 – 4,0

Kuorman mitoitusarvon kaavasta saadaan kuorman osavarmuusluvuksi γ_L :

$$\gamma_L = \gamma_G + (\Psi_{dyn} - 1) * \gamma_Q \quad \text{KAAVA 2}$$

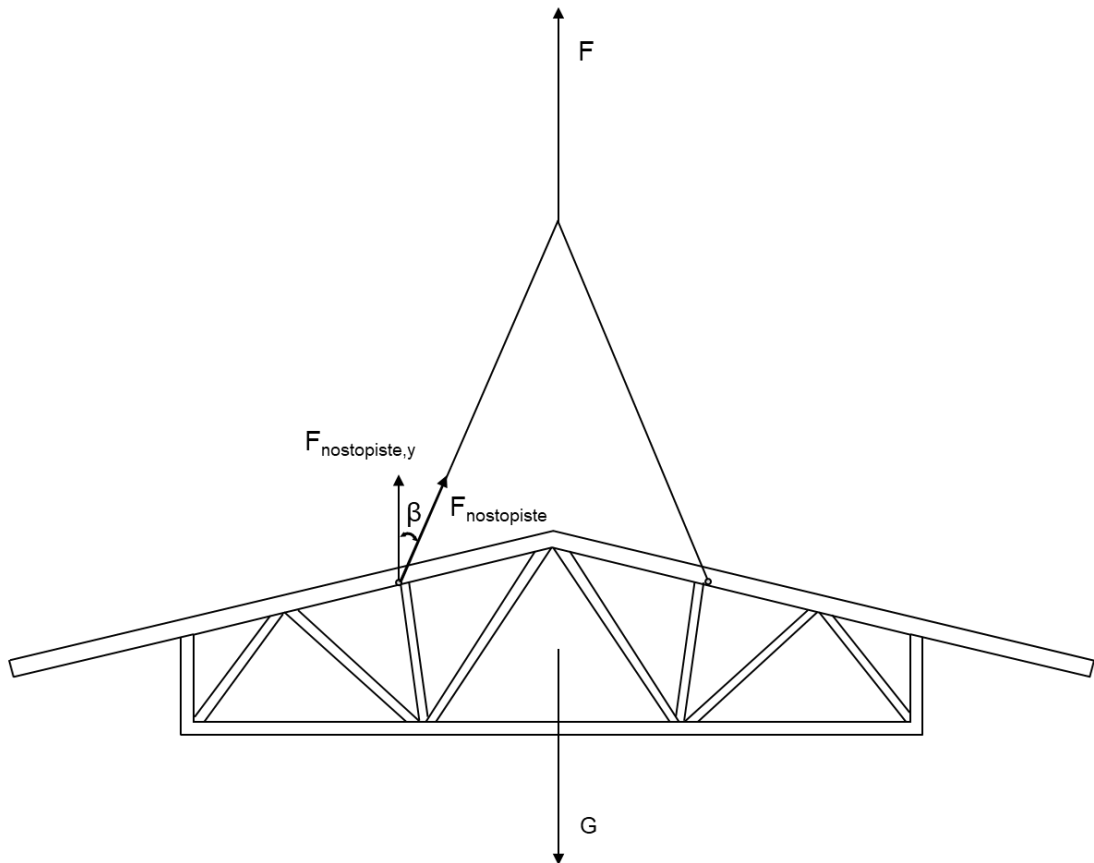
Eri nostotilanteiden kuorman osavarmuusluvun arvot on esitetty taulukossa 4. Kuorman varmuustaso saadaan materiaalin osavarmuuskertoimen ja kuorman osavarmuuskertoimen tulona.

TAULUKKO 4. Kuorman osavarmuusluvun γ_L arvo eri nostotilanteissa

Nostotilanne	γ_L
Torni- tai siltanosturi	1,45
Autonosturi	1,75
Liikkuva nosturi tasaisessa maastossa	2,65 – 3,40
Liikkuva nosturi epätasaisessa maastossa	4,15 – 5,65

4.4.1 Nostopisteille tuleva kuormitus

Nostopisteille tulevia kuormituksia laskettaessa tulee huomioida nostotavasta ja kattorakenteen muodosta johtuva kuormien jakautuminen. Ristikön tasossa vaikuttavat kattolohkon noston aikaiset kuormat kahdella nostolinjalla nostettaessa ristikon tasossa on esitetty kuvassa 15. Kuorma F on kattolohkoa rasittava kuorma nostotilanteessa. Kuorman voidaan olettaa jakaantuvan nostossa tasaisesti toimiville nostopisteille. Jos nosto toteutetaan nelipistenostona, nostopisteille tuleva kuorma on neljäsosa koko kattolohkoa rasittavasta kuormasta.



KUVA 15. Kattolohkon noston aiheuttamat kuormitukset nostopisteelle kahdella nostolinjalla ristikon tasossa

Nostopisteisiin kohdistuu nostoraksien haarakulmasta johtuva vinorasitus, joka kasvaa kaltevuuskulman β kasvaessa. Nostopisteeseen vaikuttavan voiman vaaka- ja pystykomponentit saadaan laskettua vinorasituksesta sini- ja kosinilauseiden avulla. Vaakavoimien suuruuden perusteella päätetään, tarvitaanko kattolohkole ristikon suunnassa vaakavahvisteita. (Betoniteollisuus ry 2010a)

Kuvan 15 merkinnöillä nostopisteeseen vaikuttavaksi voimaksi saadaan:

$$F_{nostopiste} = \frac{F_{nostopiste,y}}{\cos(\beta)} \quad \text{KAAVA 3}$$

Merkitsemällä $z = 1 / \cos(\beta)$, saadaan kaava yksinkertaisempaan muotoon:

$$F_{nostopiste} = F_{nostopiste,y} * z \quad \text{KAAVA 4}$$

Vakion z arvoiksi eri kaltevuuskulman arvoilla saadaan taulukossa 5 esitetyt arvot.

TAULUKKO 5. Nostopisteelle kohdistuvan voiman laskemiseksi tarvittavan kertoimen z arvot eri kaltevuuskulman β arvoilla.

β	0°	15°	30°	45°	60°
z	1,00	1,03	1,15	1,41	2,00

Kaksipistenostossa nostopisteiden sijaitessa symmetrisesti kuorman painopisteen suhteen saadaan nostopisteeseen vaikuttavalle voimalle kaava:

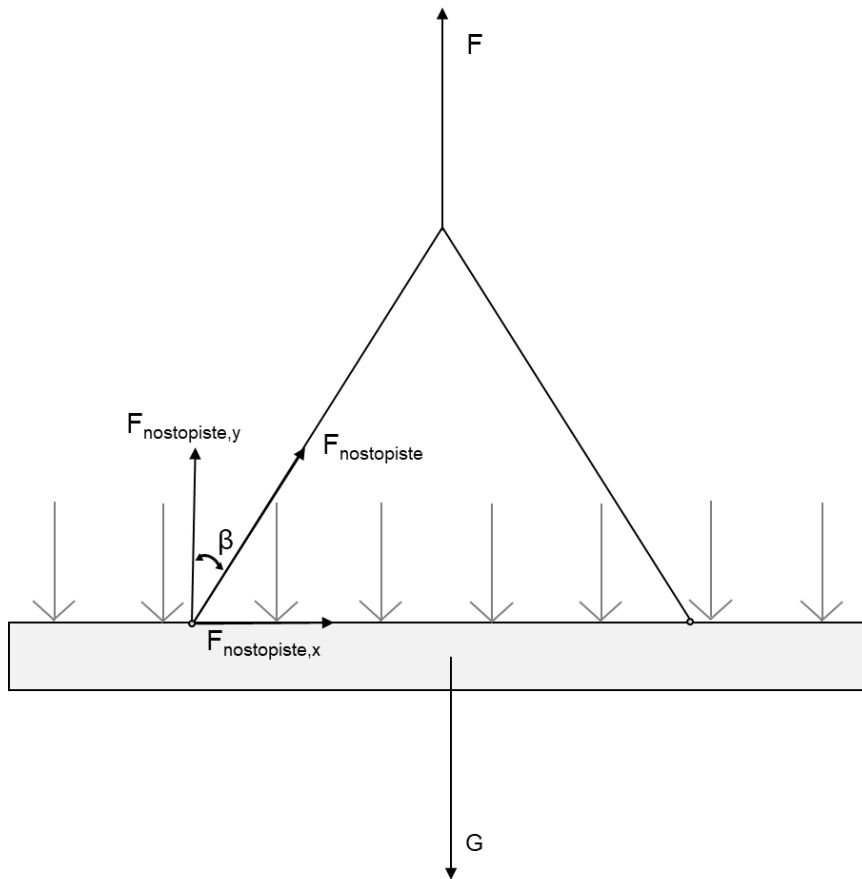
$$F_{nostopiste} = \frac{G}{2} * z$$

KAAVA 5

4.5 Nostoa varten tarvittavat lisärakenteet

4.5.1 Nostopalkin valinta

Nostopalkki mitoitetaan rakennuksen suurimman kattolohkon mukaan. Nostopalkin poikkileikkaus määräytyy pitkälti kattolohkon painon mukaan. Lohkon pituus-suunnassa nostoraksien haarakulmasta aiheutuva vinorasitus välittyy nostopalkille (kuva 16). Vinorasituksesta aiheutuvat vaakavoimat huomioidaan nostopalkkien mitoituksessa. Vaakavoima kasvaa kaltevuuskulman β kasvaessa. (Kuukasjärvi 2013, Mäkelä 2012)



KUVA 16. Nostoraksien haarakulmasta nostopalkille aiheutuva vinorasitus kahdella nostopisteellä nostettaessa

Nostopalkin nostopisteet suunnitellaan niin, että palkin taivutusrasitukset minimoidaan. Isoissa kattolohkoissa myös taipumaa on hyvä rajoittaa, jottei taipumasta aiheudu vaurioita rakenteisiin. Elementtisuunnittelija päättää nostopisteiden lukumäärän kattoelementin pituuden ja noston aikaisen kuormituksen perusteella. Nostopisteiden lukumäärää lisäämällä voidaan pienentää palkin poikkileikkauksista, koska näin yhdelle nostopisteelle tulevat kuormat pienenevät. Nostopisteet pyritään sijoittamaan symmetrisesti nostettavan lohkon painopisteen suhteen. Nostopisteiden sijoittelussa on huomioitava mahdollinen palkille tulevan kuorman epätasainen jakautuminen, kuten lisäpainoa tuovat päätyrakenteet tai rakenteet ristikon kainalossa. Lisäksi nostopalkkien jatkoksissa on kiinnitettävä huomiota jatkoksen kykyyn välittää voimat. (Kuukasjärvi 2013, Mäkelä 2012, Kokkonen 2022)

4.5.2 Noston aikaiset vahvistukset

Kattoelementin kokonaisjäykistyksen suunnittelu kuuluu kohteen vastaavan rakennesuunnittelijan tehtäviin. Kattolohkoon tarvittavat noston aikaiset vahvisteet mitoitetaan suurimman ja raskaimman kattolohkon mukaan. Näin samoja vahvisteita voidaan käyttää rakennuksen kaikkiin kattolohkoihin. Kattolohkon noston aikaisia vahvistuksia ovat ristikoiden väliset vahvisteet. Lisäksi voidaan tarvita noston rasiusten takia vahvisteita ristikoihin tai nostopalkin kiinnityskohtaan liittyviä vahvistuksia. Kuvassa 17 on esimerkki kattolohkon noston aikaisista vahvisteista. (Kuukasjärvi, 2013; Laukka, 2018; Mäkelä, 2012)

Kattolohkoihin tarvittavia noston aikaisia vahvisteita ovat:

1. Ristikoiden väliset vahvisteet

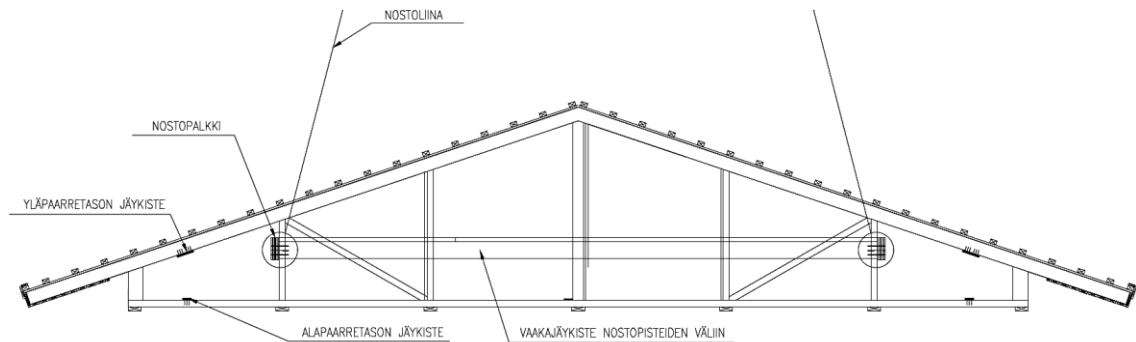
- Kattolohkon ristikoiden väliset vahvisteet antavat kattolohkolle lisäjäykkyyttä, toimivat nurjahdus- ja kiepahdustukina sekä estävät muodonmuutokset kattoristikoiden välillä.
- Yläpaarretasossa katelaudoitus toimii jäykistävänä rakenteena. Yläpaarteelle voidaan tarvittaessa asentaa ristikoiden välisiä lisävahvisteita katelaudoituksen lisäksi.
- Alapaarretason ruoteet voivat olla kattolohkoa nostaessa vielä asentamatta. Alapaarretasoon asennettavat ristikoiden väliset vahvisteet ottavat vastaan kattorakennetta pituussuunnassa kokoon puristavia voimia. Ne toimivat myös alapaarteen noston aikaisina nurjahdustukina ja estävät kattolohkon alapinnan ristikoiden väliset etäisyyksien muutokset.

2. Ristikon vahvisteet

- Kestääkseen noston aikaiset rasitukset, ristikoihin voidaan nostotilanteen takia joutua lisäämään rakenteita. Esimerkkejä näistä ovat diagonaalisauvojen nurjahdustuet ja nostopisteiden väliin asennettavat vaakajäykisteet.

3. Nostopalkin kiinnityskohdan vahvistukset

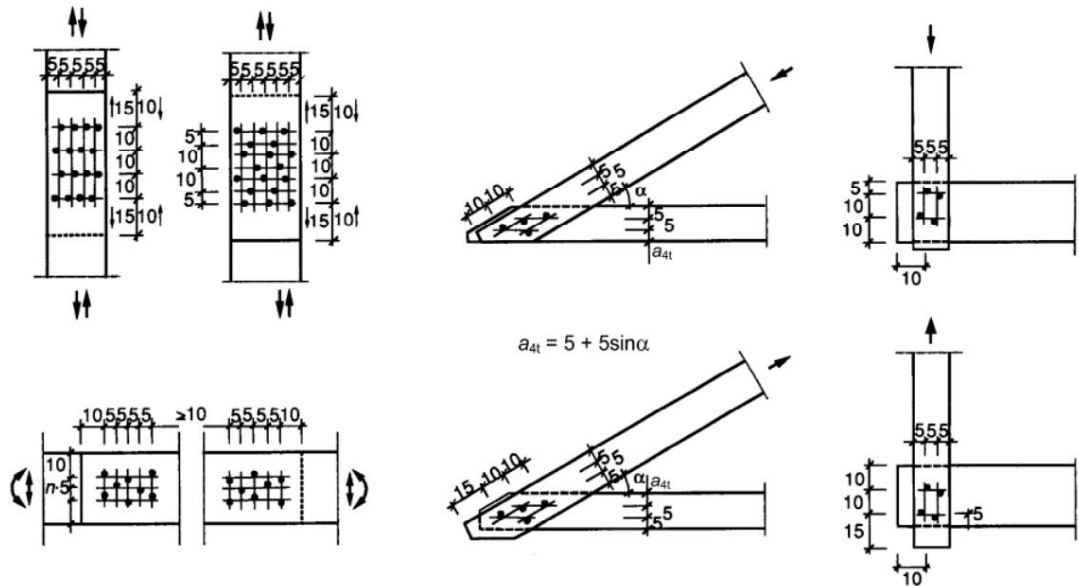
- Kattolohkoihin voidaan tarvita vahvistuksia nostopalkin ja ristikon kiinnityskohtiin. Niitä tarvitaan varmistamaan yläpaarteen noston aikainen kestävyys.



KUVA 17. Esimerkki kattolohkon noston aikaisista vahvisteista

4.6 Liitosten mitoitus

Kattolohkon liitokset on suunniteltava kestäämään normaalitilanteen lisäksi noston aiheuttamat rasitukset. Liitoskestävyys täytyy tarkistaa liitoksista, jotka ottavat vastaan kuormia. Kattolohkojen liitokset toteutetaan yleensä yksi- tai kaksileikkisinä naulaliitoksina. Liitosten kestävyys varmistetaan tarkistamalla liitosten leikkauskestävyys ja naulojen ulosvetokestävyys. Lisäksi naulavälien ja reunaetäisyyksien minimiarvot on huomioitava (kuva 18).

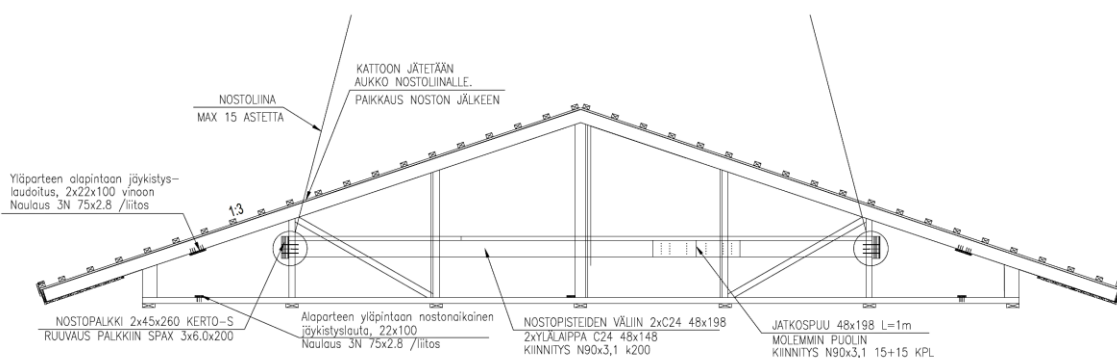


KUVA 18. Naulojen pienimmät sallittavat etäisyydet kun yksikkönä on naulan paksuus d (Puuinfo Oy 2020)

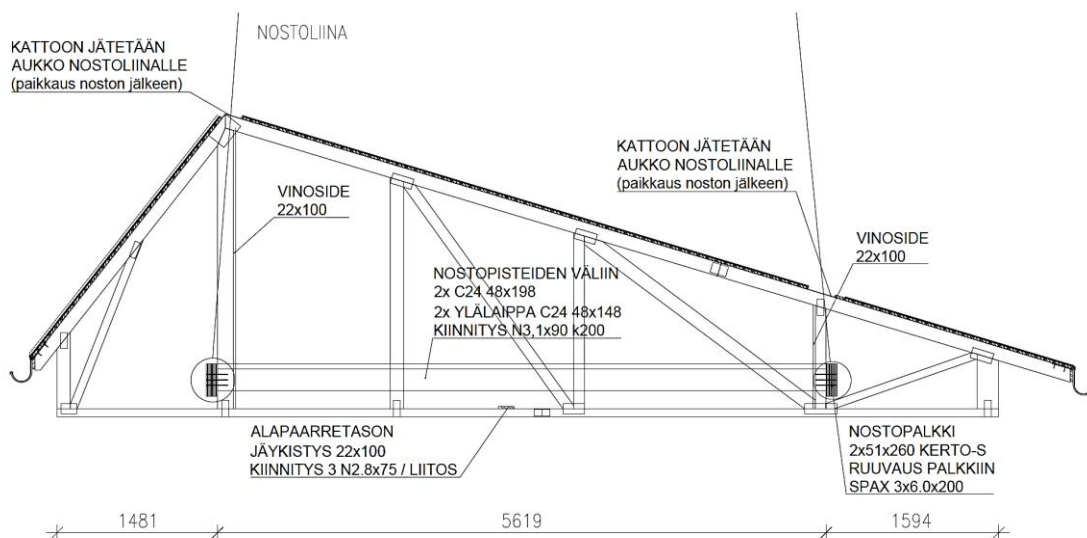
5 KATTOLOHKOJEN NOSTOIHIIN LIITTYVÄT MALLIPIIRUSTUKSET

5.1 Elementtipiirustus

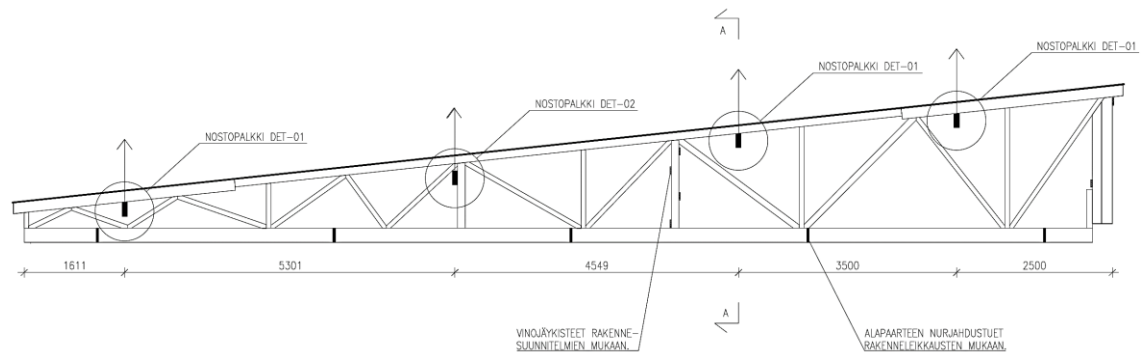
Elementtipiirustuksessa esitetään nostettavan kattolohkon rakenne. Kuvissa esitetään kattoristikon rakenne, noston aikaiset rakenteet ja tarvittavat vahvistukset. Kuvissa 19-21 on esitetty esimerkkejä elementtipiirustuksista erilaisissa vesikat-
torakenteissa.



KUVA 19. Esimerkki elementtipiirustuksesta, kun nostettavan kattolohko on muodoltaan symmetrinen harja



KUVA 20. Esimerkki elementtipiirustuksesta, kun nostettavan kattolohko on muodoltaan epäsymmetrisen harja



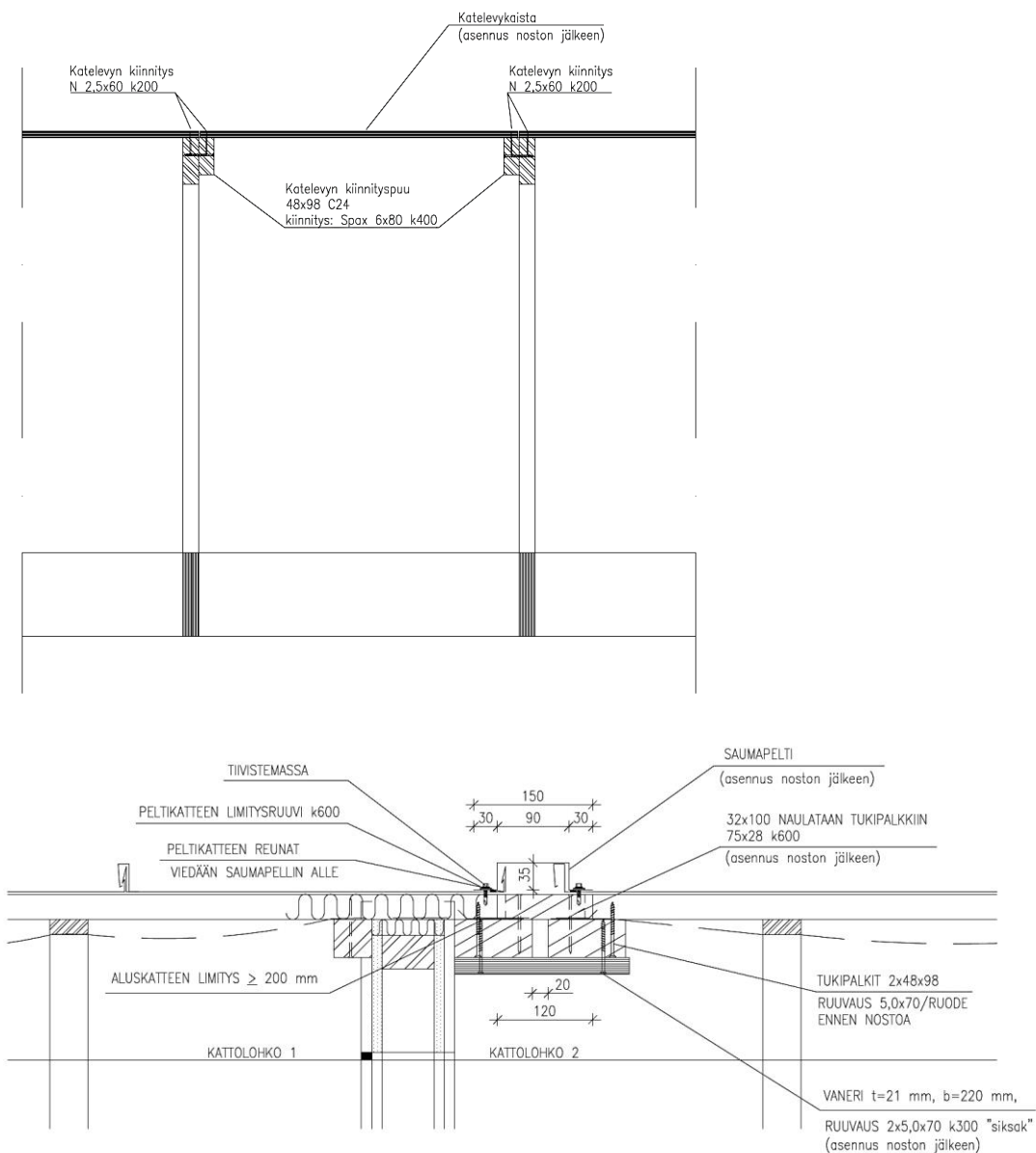
KUVA 21. Esimerkki elementtipiirustuksesta, kun nostettavan kattolohko on muoltoltaan pulpetti

5.2 Tasopiirustus

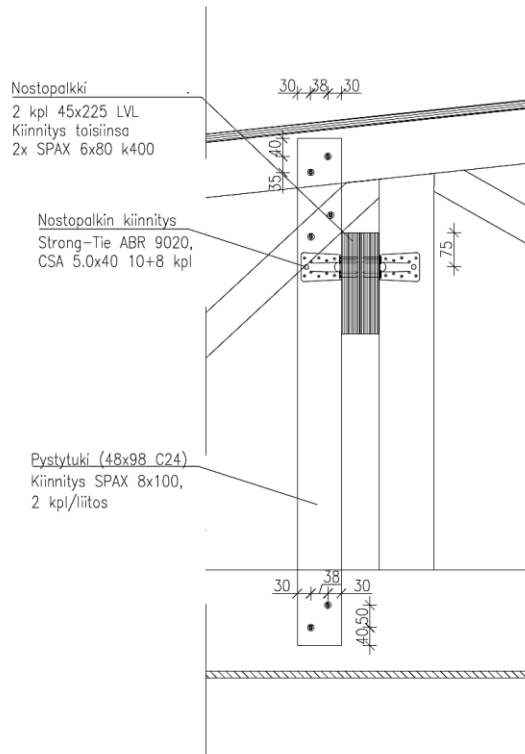
Kattolohkojen nostosuunnitelmaan sisältyy vesikaton tasopiirustus. Tasopiirustuksessa esitetään kattorakenteen lohkojako. Lisäksi tasopiirustus sisältää suunnitellut nostopisteet, noston aikaiset lisärakenteet ja tarvittavat vahvistukset. Kuvassa 22 on esimerkki vesikaton nostosuunnitelman tasopiirustuksesta. Esimerkin kohteen vesikattorakenne on toteutettu kahdella kattolohkolla.

5.3 Detaljipiirustukset

Kattolohkon nostosuunnitelman piirustuksiin kuuluvat yhtenä ryhmänä detaljipiirustukset. Detaljikuvat liitetään suunnitelmiin kaikista tarpeellisista yksityiskohdista. Detaljikuvat tarvitaan mm. kattolohkojen saumakohdista (kuva 23) sekä nostopalkin kiinnityksestä (kuva 24) ja nostopalkin jatkoksen toteutuksesta (kuva 25).

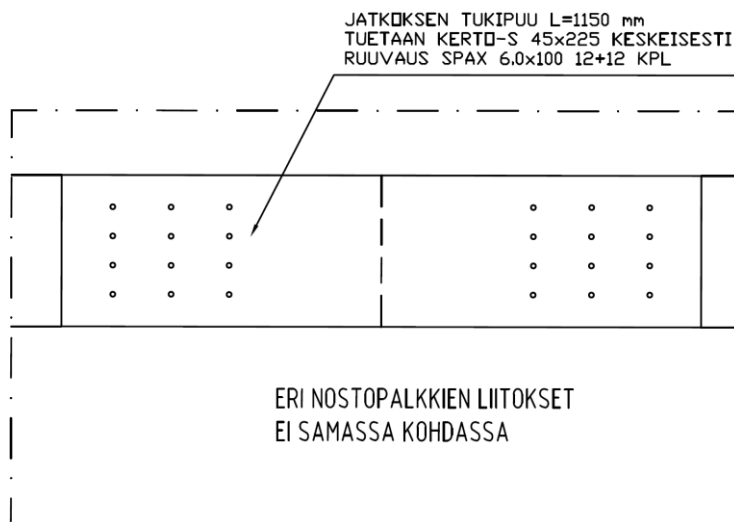


KUVA 23. Esimerkkejä kattolohkon saumakohdan esittävästä detaljikuviasta



KUVA 24. Esimerkki nostopalkin kiinnityksen esittävästä detaljikuvasta

NOSTOPALKIN JATKOS 1:10



KUVA 25. Esimerkki nostopalkin jatkoksen detaljikuvasta

6 POHDINTA

Kattolohkojen nostojen suunnittelussa on huomioitava useita näkökohtia. Keskeisin asia kattolohkojen nostotyön suunnittelussa on kattorakenteen mitoitus noston aikaisille kuormille. Nostotöihin liittyvät riskit ja työturvallisuusnäkökohdat on tärkeää ottaa huomioon nostosuunnittelua tehtäessä. Työturvallisuuden huolehtimisvelvoitteet rakennushankkeen osapuolille on määritetty työturvallisuuslaissa (738/2002) ja valtioneuvoston asetuksessa rakennustyön turvallisuudesta (VNa 205/2009). Nostoihin liittyviä vaaratilanteita voidaan vähentää huolellisella suunnittelulla ja sillä, että nostot suoritetaan tehtyjen suunnitelmien mukaan. Kattolohkot ovat pinta-alaltaan suuria ja siksi tuulelle herkkiä. Nostovaiheen turvallisen suorittamisen edellytyksenä on myös nostoajankohdan tuuliolosuhteiden huomiointi.

Kun vesikattorakenne toteutetaan lohkoittain, kattorakenteen kokonaisuuden hallinta korostuu. Suunnittelussa tulee kiinnittää erityistä huomiota siihen, että kattorakenteesta tulee yhtenäisesti toimiva kokonaisuus. Kokonaisuuden hallinnan tärkeys käy ilmi esimerkiksi kattoruoteita toteutettaessa. Kattoruoteet osallistuvat aina kattorakenteen kokonaisjäykistykseen (RIL 248-2013 NR-kattorakenteen jäykistykseen suunnittelu ja toteuttaminen 2013). Ne tukevat yläpaarten sivusuunnassa ja välittävät kuormat jäykisteille. Jos kattorakenteen jäykistystä ei ole suunniteltu lohkoittain, täytyy ruoteiden jatkuminen lohkorajojen yli varmistaa. Riskinä on se, että kattoruoteiden jatkokset ovat tekemättä. Toinen esimerkki kokonaisuuden hallinnasta kattolohkoittain toteutetussa vesikattorakenteessa on lohkojen saumakohtien suunnittelu. Esimerkiksi lohkojen saumojen välisen liikkeen estämiseen tulisi kiinnittää huomiota (Kostamo 2018).

Kattolohkojen nostojen suunnittelu on hyvä aloittaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa rakennushanketta. Kattorakenteen toteuttaminen nostettavana olisi hyvä olla tiedossa jo aluesuunnitteluvaiheessa, jolloin suunnitellaan nostokaluston sijainti tontilla ja varataan sopiva paikka kattoelementin rakentamiselle tai väliarastoinnille. Kattolohkojen noston suunnittelutyössä ovat mukana kohteen päärakennesuunnittelija, elementtisuunnittelija, NR-suunnittelija ja työmaan henkilöstö. Yhteistyö eri osapuolten välillä on tärkeää, jotta kaikki suunnitteluun

vaikuttavat asiat tulevat huomioiduiksi. Esimerkiksi NR-suunnittelijan on saatava tieto siitä, että kattorakenne toteutetaan nostettavana, jotta NR-rakenteet mitoitetaan kestävämmän normaalitilanteen kuormien lisäksi noston aikaiset rasitukset. Suunnittelussa on hyvä huomioida myös työmaan toiveet kattolohkon vahvisteissa ja nostopalkissa käytettävästä puutavarasta. Kattolohkojen nostojen suunnittelu tehdään aina tapauskohtaisesti, koska jokaisella nostettavana toteutettavalla vesikattorakenteella on omat erityispiirteensä. Noston suunnitteluun vaikuttaa mm. vesikattorakenteen koko ja muoto, katon valmiusaste, rakennuspaikka, nostotapa ja käytettävissä oleva nostokalusto.

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota tietoa kattolohkojen nostojen suunnittelusta. Tieto on kerätty tutustumalla nostotöihin liittyvään materiaaliin, tutustumalla kattolohkojen nostosuunnitelmiin ja haastatteleamalla aiheen parissa työskenteleviä. Kattolohkojen nostoista julkaistua materiaalia oli suhteellisen vaikea löytää lukuun ottamatta aiheesta tehtyjä opinnäytetöitä. Suurin osa nostotöihin liittyvästä materiaalista oli betoniteollisuuden julkaisuja. Lisäksi Ratu-kortistosta löytyi nostotöiden suorittamiseen ja työturvallisuuteen liittyvää ohjeistusta. Aineiston pohjalta opinnäytetyöhön on kerätty kattolohkojen nostojen suunnitteluun liittyvä tarpeellinen tieto. Opinnäytetyön tuloksena valmistui Sweco Rakennetekniikka Oy:n käyttöön tarkistuslista kattolohkojen nostojen suunnittelussa huomioitavista asioista.

LÄHTEET

Betoniteollisuus ry. 2010a. Betonielementtien nostolenkit ja ankkurit. Suomen Rakennusmedia Oy.

Betoniteollisuus ry. 2010b. Betonielementtien nostot. Suomen Rakennusmedia Oy.

Betoniteollisuus ry. 2010c. Rungon asennusaikainen toiminta. Viitattu 14.4.2022. https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23509/BES2010_Rungon_asennusaikainen_toiminta_2010_08_31.pdf

Betoniteollisuus ry. 2020. Alamiesohje. Viitattu 21.3.2022. https://betoni.com/wp-content/uploads/2020/08/Alamiesohje_20200804.pdf

Certex Finland Oy. n.d. Tasauslevy luokka 10. Verkkosivu. Viitattu 3.5.2021. <https://www.certex.fi/tuotteet/kettingit-ja-komponentit/komponentit/nostorenkaat-ja-liittimet/tasauslevy-luokka-10-p92000>.

Haukkala, M. 2012. Ohje vesikaton rakentamisesta maassa. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työjohdon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 1.3.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201205097208>

Heikkilä, M. 2012. Vesikaton rakentaminen elementteinä. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työjohdon koulutusohjelma. Mestarityö. Viitattu 1.3.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012112716869>

Hyyppä, V. 2019. Vesikattoelementin tekeminen. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työjohdon tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 1.3.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201902062037>

Kokkonen, P. osastopäällikkö. 2022. Haastattelu 21.4.2022. Sweco Rakennetekniikka Oy, Tampere.

Kostamo, M. 2018. Vesikattotyön toimintatapa. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työjohdon tutkinto-ohjelma. Mestarityö. Viitattu 1.3.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018103116423>

Kuukasjärvi, M. 2013. Kattoelementin suunnittelu ja nosto. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 7.3.2022. Viitattu 14.3.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013120219282>

Laitinen, K., Keskisaari, V., Rajava, S. & Kulonen, O. 2019. Erikoiskuljetukset suunnittelussa. Suomen kuntaliitto. Viitattu 16.4.2022. https://julkaisut.vayla.fi/pdf9/kuntaliitto_erikoiskuljetukset_ebook.pdf

Laukka, E. 2018. Harjalta nostettavan kattoelementin suunnittelu. Oulun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 14.3.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201804094358>

Laulupuu Oy. 2009. Hailuodon kunnan varastohallin katon nostotyö. Verkkosivu. Viitattu 1.4.2022. <http://laulupuu.fi/KUVAPANKKI/3E05252E-9EB8-4D87-B802-FDE908E76A17.html>

Lawson M, Grubb PJ, Prewer J, Trebilcock PJ. 1999. Modular Construction using Light Steel Framing: An Architect's guide. Berkshire: The Steel Construction Institute.

Lehmusoksa, T. NR-suunnittelija. 2022. Haastattelu 29.3.2022. Sweco Rakennetekniikka Oy, Tampere.

Mettälä, J. 2017. Vesikattorakenteen rakentaminen, maassa vai paikalla. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 1.3.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017121120591>

Mäkelä, O. 2012. Vesikaton toteutus lohkoina. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka, rakennetekniikka. Opinnäytetyö. Viitattu 1.3.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012090913501>

Puuinfo Oy. 2020. Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje. Viides painos.

Rakennusteollisuus RT ry. 2022. Taakan kiinnittäjä ja muut työnantajan kirjalliset luvat. Viitattu 1.3.2022. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajankohtaista/Tiedotteet1/2021/taakan-kiinnittaja-ja-muut-tyonantajan-kirjalliset-luvat/>

Ratu 0436. Puuelementtirakentaminen, väli- ja yläpohjaelementit. Menekit ja menetelmät. 2014. Rakennusteollisuus RT ry.

Ratu 1182-S. Nostotöiden turvallisuus. 1998. Rakennusteollisuus RT ry.

Ratu 1211-S. Nostot ja siirrot. Työmaatekniikka. Nostot ja siirrot. 2004. Rakennusteollisuus RT ry.

Ratu TT 06-00063. Nosto- ja siirtokalusto. 2000. STUL Rakennusinfo. RTK-fakta Oy.

RatuTT 06-01291. Ohje turvalliselle nostotyölle rakennustyömaalla. 2017. Rakennustieto Oy.

Ratu TT 07-00076. Nostoapuvälineiden turvallisuus. 2000. STUL Rakennusinfo. RTK-fakta Oy.

Ratu TT 07-00082. Nostoapuvälineet ja käsikäyttöiset nostotaljat, tarkastukset. 2000. STUL Rakennusinfo. RTK-fakta Oy.

RIL 201-2-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. 2017. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje. 2017. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 248-2013 NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu ja toteuttaminen. 2013. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RT 85-10495 Puuristikot ja -kehät. 1993. Helsinki: Rakennustieto Oy.

SFS-EN 1995-1-1. Puurakenteiden suunnittelu. 2008. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS Ry.

Timonen, M. 2017. Liikuntahallin katto nostettiin paikoilleen. Auranmaan viikko-lehti. 13.6.2017. Viitattu 1.4.2022. <https://www.avl.fi/2017/06/liikuntahallin-katto-nostettiin-paikoilleen-katso-video/>

Työsuojeluhallinto. 2010. Nostoapuvälineet. Turvallisuus. Viitattu 24.1.2022. <https://docplayer.fi/312324-Tyosuojeluoppaita-ja-ohjeita-12-nostoapuvalineet-turvallisuus-tyosuojeluhallinto.html>

Valtioneuvoston asetus 403/2008 työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. Viitattu 24.1.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403>

Valtioneuvoston asetus 205/2009 rakennustyön turvallisuudesta. Viitattu 10.3.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/akup/2003/20030578#Pidm45237817162976>

Varis, O. 2018. Urakkakohteen vesikattotyön tuotantomuodon vertailu. Karelia-ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Viitattu 1.3.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2018112919123>

LIITTEET

Liite 1. Tarkastuslista vesikaton noston suunnitteluun

Liitettä ei julkaista