

Naulalevyrakenteiden suunnitteluohje

Versio 1.0
25.3.2024

Sisältö

1	NR-suunnittelun kulku	2
2	NR-suunnittelun lähtötiedot	2
3	Ristikkotyypit.....	4
4	NR-rakenne palotilanteessa	5
	4.1 Paloalapaarteet	5
5	NR-rakenteen nostot	7
6	NR-rakenteen sauvojen nurjahdustuenta	8
7	NR-suunnitelmien tarkastaminen	9
	Kirjallisuutta	11
	Liite 1. Eri ristikkotyyppien mittasuositukset	

1 NR-suunnittelun kulku

Naulalevyrakenteiden suunnittelusta vastaa NR-rakenteisiin erikoistunut NR-suunnittelija, joka laatii kohdekohtaiset suunnitelmat hyväksytyä NR-suunnitteluohjelmaa käyttäen. Naulalevyrakeiden suunnitteluun liittyvät tehtävät jakautuvat kohteen vastaavan erityissuunnittelijan (rakennesuunnittelija) ja NR-suunnittelijan välillä seuraavasti:

Vastaavan erityissuunnittelijan (rakennesuunnittelija) tehtävät:

- Rakenteiden kokonaisuudesta huolehtiminen ja erillisten rakenneosasuunnitelmien yhteensovittaminen
- Kattotason kokonaisjäykistyksen suunnittelu
 - Huomioitava myös asennuksen aikaiset tukirakenteet
- Rakennepiirustusten ja -laskelmien sekä muiden rakenteellisten asiakirjojen laadinta
- Lähtötietojen toimittaminen NR-suunnittelijalle
- NR-suunnitelmien tarkastus ja hyväksyntä

NR-suunnittelijan tehtävät:

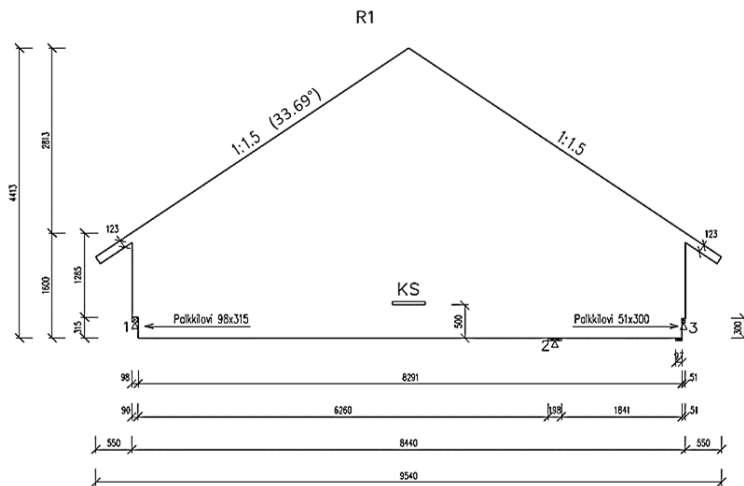
- NR-rakenteiden mitoitus
 - NR-rakenteita koskevien määräysten, standardien ja ohjeiden mukaisesti
 - Perusteena vastaavan erityissuunnittelijan toimittamat lähtötiedot
 - Huomioitava ristikkovalmistajien tehdaskohtaiset vaatimukset
- Mahdollisten suunnittelussa esiin tulleiden ongelmien selvittäminen yhteistyössä vastaavan erityissuunnittelijan kanssa
- NR-suunnitelmien toimittaminen vastaavalle erityissuunnittelijalle tarkistettavaksi ja hyväksyttäväksi
- Suunnitteluaineiston ja suunnitelmien arkistointi 10 vuoden ajaksi

2 NR-suunnittelun lähtötiedot

NR-suunnittelijan tekemät naulalevyrakenteiden suunnitelmat perustuvat hänelle toimitettuihin lähtötietoihin. NR-suunnittelijalle tulee toimittaa katon suunnittelun kannalta oleellinen tieto. NR-suunnittelun lähtötietoina on katon riittävällä tarkkuudella määrittävä aineisto, kuten ristikkokaaviot (Kuva 1), IFC-malli tai rakenneleikkaukset ja tarvittavat tasokuvat. Jotta NR-suunnittelu voidaan tehdä IFC-mallin perusteella, kantavista rakenteista ja ristikkokenttää rajaavista pinnoista on oltava suunnitteluaineistossa riittävä ja yksiselitteinen tieto. IFC-mallista tulee voida systemaattisesti suodattaa NR-rakenteiden suunnittelun kannalta oleelliset rakenneosat.

NR-suunnittelussa tarvittavat lähtötiedot ovat:

- Mitat yksiselitteisesti, ei turhia mittoja
 - Kaltevuuskulma kahden desimaalin tarkkuudella
- Ristikon sauvoitteluun vaikuttavat rakenteet
 - Kulkusillat, iv-kanavat ja kulkuluukut
- Ruodejako
- Tuet ja tuentavaihtoehdot
 - Tukien paikat ja tukileveydet
 - Tukimateriaali
- Kuormitusleveys (k-jako)
- Kuormitukset EC:n mukaisesti
 - Lumikuorma (ilmoitettava onko maassa vai katolla)
 - Korotetut lumikuormat yksiselitteisesti (ilmoitettava onko maassa vai katolla)
 - Huomioitava esim. aurinkopaneeleista aiheutuvat lisälumikuormat
 - Tuulikuorma
 - Omapaino
 - Ylä- ja alapaarten omapaino eriteltävä
 - Ilmoitettava myös muut pysyvät rakenteet (kuten aurinkopaneelit)
 - Hyötykuorma
 - Pistekuormat ominaiskuormina (omanpainon sekä lumi-, hyöty- ja tuulikuorman osuudet)
- Käyttökohteen käyttöluokka, seuraamusluokka ja rakenteen suunniteltu käyttöikä
- Rakennuksen paloluokka
- Värähtelymitoitusta varten tarvittavat tiedot
 - Välipohjan rakenteet täydellisesti tai vaihtoehtoisesti välipohjan jäykkyys

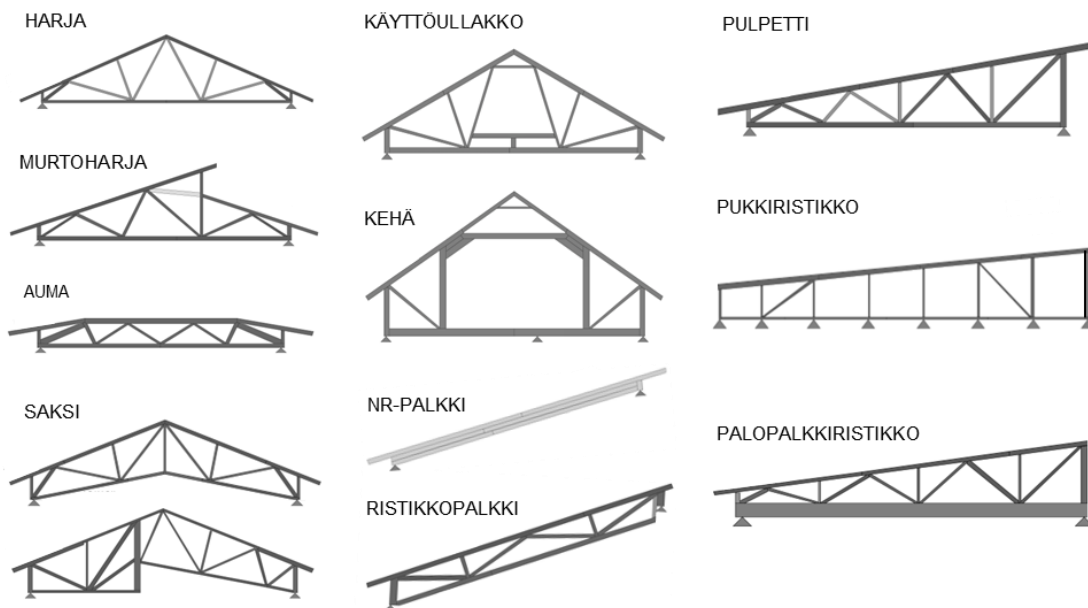


KAPPALEMÄÄRÄT:				
		RISTIKOIDEN K/K – JAKO: 900	gk(yöpaarre):	0.2 kN/m ²
		TUKILEVEYS: 90/198/51	gk(alopaarre):	0.3 kN/m ²
		TAIPUMARAJA:	qk(lumi):	2.00 (Ec maassa) kN/m ²
		PALOLUOKKA: P3	qk(tuuli):	0.6 kN/m ²
		KATEMATERIAALI: Peltikate	qk(käyttöall., merk.alue):	0 kN/m ²
5				

Kuva 1. Esimerkki ristikkokaaviosta.

3 Ristikkotyypit

Yleisimmät naulalevyrakenteilla toteutettavat ristikkotyypit on esitetty kuvassa 2. Naulalevyrakenteilla voidaan lisäksi toteuttaa erikoisristikoita, kuten siltamuottien tukiristikoita. Eri ristikkotyypeillä toteutettavissa olevia ristikon mittoja (jänneväli ja korkeus) voidaan arvioida mittasuositusten avulla (Liite 1). On huomioitava, että ristikon kuormitukset ja k-jako vaikuttavat mittasuosituksiin. Toteutettavissa oleviin ristikon mittoihin vaikuttavat myös muut yläpohjan rakenteet. Huomioon on otettava esimerkiksi yläpohjan eristepaksuus ja tuuletusvälin riittävyys.



Kuva 2. Yleisimmät ristikkotyypit.

CE-merkittävät naulalevyrakenteet valmistetaan lujuuslajitellusta mitallistetusta sahatavarasta. Kun naulalevyrakenteissa käytetään muuta puuraaka-ainetta kuin lujuuslajiteltua ja/tai sormijatkettua sahatavaraa (esim. LVL tai liimapuu), niin ristikkoa ei voi CE-merkitä, mutta se hyväksytään kansallisilla tuotehyväksyntämenettelyillä.

Ristikoissa käytetyn sahatavaran ominaisuuksia:

- Paksuus on yleensä 42 mm
- Leveys on yleensä 72-223 mm
- Maksimipituus on 6000 mm (sormijatkettuna: 6000-15000 mm)
- Käytettävissä olevat lujuusluokat vaihtelevat ristikkovalmistajan mukaan: C18-C35 (C40)

Puutavaran minimimitoille on asetettu jännevälistä ja nurjahdustuennasta riippuvat vaatimukset:

- Minimipaksuus (b_{\min}) riippuu ristikon jännevälistä (L):
 - $b_{\min} = 42 \text{ mm}$, kun $L \leq 18 \text{ m}$
 - $b_{\min} = 45 \text{ mm}$, kun $L > 18 \text{ m}$

- Minimileveys (h_{\min}) riippuu ristikon jännevälistä (L) ja nurjahdustuennasta:
 - $h_{\min} = 68$ mm paarteissa ja ulkosauvoissa, kun $L \leq 5$ m
 - $h_{\min} = 90$ mm paarteissa ja ulkosauvoissa, kun $L > 5$ m
 - $h_{\min} = 58$ mm sisäsauvoissa, kun $L \leq 5$ m
 - $h_{\min} = 68$ mm sisäsauvoissa, kun $L > 5$ m
 - $h_{\min} = 120$ mm nurjahdustuettavissa sisäsauvoissa

Suurimpien ristikoiden äärimitat määräytyvät kuljetuksesta aiheutuvien rajoitusten perusteella. Maksimikorkeus 1-osaisena on n. 3300-3800 mm. Tätä korkeammat ristikot tehdään 2-osaisena ja ristikon yläosa liitetään ristikkoon työmaalla combi-levyllä, liitoslaudoilla tai naulauslevyllä. Pitkät pukkiristikot tehdään yleensä 2-osaisena kuljetuksen ja käsittelyn takia.

4 NR-rakenne palotilanteessa

NR-rakenteen, joka on valmistettu suojaamattomin liitoksin, palonkesto-aika on alle 10 minuuttia. NR-rakenteella voidaan kuitenkin toteuttaa järkevästi R30- tai 60-luokan kantava rakenne, jos NR-rakenne suunnitellaan toimimaan myös palotilanteessa. Puurakenteiden palomitoitus perustuu hiiltymämitoitukseen. Palotilanteen kuormina käytetään yläpohjan omapainoa ja kohteen lumikuorman ominaisarvosta (s_k) riippuvaa osuutta lumikuormasta. Palomitoituksessa käytetään 50 % lumikuormasta, kun $s_k \geq 2,75$ kN/m² ja 40 % lumikuormasta, kun lumikuorman ominaisarvo $s_k < 2,75$ kN/m².

Palonkestäväksi suunniteltava NR-rakenne voidaan toteuttaa paloalapaarteella. Tällöin ristikon alapaarre mitoitetaan palotilanteessa palkiksi, joka kantaa yksin palotilanteen kuormat. Palonkestävä NR-rakenne voidaan toteuttaa vaihtoehtoisesti paloristikkona eli vähintään kolmen ristikon nippuna. Siinä ulommat ristikot toimivat sisempien ristikoiden palosuojauksena (R30-luokan rakenne). Paloristikon (ristikonippu) käyttö on harvinaista ja sen saatavuus pitää varmistaa ennen suunnittelua.

4.1 Paloalapaarteet

Paloalapaarre on hyvin kapea. Sen leveys määräytyy NR-rakenteissa käytetystä puutavaran leveydestä, joka vaihtelee 42 mm:stä 48 mm:iin. Kapeudesta seuraa, että alapaarteiden kyljet on suojattava hiiltymiseltä. Tyypillisesti alapaarteiden välit täytetään alapaarteiden yläpinnan tasoon palonkestävällä palovillalevytyksellä (tiheys ≥ 28 kg/m³). Paloalapaarre on yleensä suojattu kolmelta sivulta (alapuolelta ja sivuilta) ja se mitoitetaan hiiltymälle yläpinnastaan. Palkeille käytetään tehollisen poikkileikkauksen menetelmää eli poikkileikkauksen koko lasketaan vähentämällä normaalitilanteen poikkileikkauksesta palolle alttiina olevan sivun tehollinen hiiltymissyvyys.

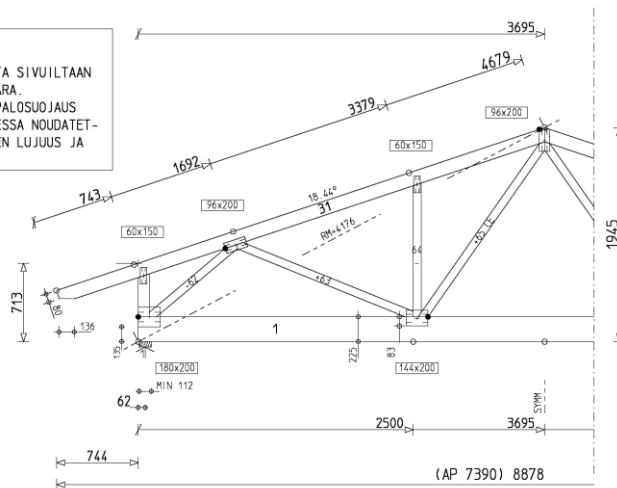
Palotilanteessa palkkina toimiva alapaarre mitoitetaan kantamaan yksin palotilanteen kuormat. NR-suunnittelija merkitsee suunnitelmiin alapaarteiden palon aikaiset kuormat ja paloalapaarteiden vaatiman kiepahdustuentavälin (Kuva 3). Kohteen vastaava erityissuunnittelija laatii suunnitelmat paloalapaarteiden palosuojauksen toteutuksesta, alapaarteiden kiepahdustuennasta ja kiepahdustukien palonaikaisen suojauksen toteutuksesta. Paloalapaarteiden kapeuden takia, alapaarre vaatii suhteellisen tiheän kiepahdustuennan, jonka tulee säilyttää kapasiteettinsa koko palon ajan.

Paloalapaarteiden ominaisuuksia:

- Paloalapaarteiden materiaalina käytetään yleensä 6 m:n jänneväliin asti sahatavaraa. Tätä pidempien paloalapaarteiden materiaalina käytetään käyttötarkoitukseen soveltuvaa LVL:ää, liimapuuta tai sormijatkettua sahatavaraa.
 - Välitukien hyödyntäminen mitoituksessa mahdollistaa sahatavaran käytön myös yli 6 m:n NR-rakenteissa (jatkos välituille) ja pienentää paloalapaarteiden poikkileikkausta.
- Pitkissä palotilanteiden jänneväleissä voidaan tarvittaessa hyödyntää lisäpalkkeja.
- Mitoituksessa voidaan hyödyntää palon aikaisia tukia.
 - Välitukena voidaan käyttää esim. vain palon aikana kantavaksi mitoitettavaa väliseinää.
- Paloalapaarre toteutetaan yleensä ilman naulalevyjatkoksia tai jatkokset sijoitetaan välituille.
 - Kun vähintään 2-aukkoinen paloalapaarre on suojattu kaikilta sivuiltaan koko palon ajaksi, voidaan käyttää naulalevyjatkoksia, jotka on sijoitettu lähelle momentin nollakohtia.

ALAPAARRE TOIMII PALOTILANTEESSA PALKKINA (R30).
 PALOTILANTEEN KUORMINA OMPAINO JA 50% LUMIKUORMASTA.
 PALKKI OLETETTU SUOJATUKSI 30 MINUUTIN PALOA VASTAAN MOLEMMILTA SIVUILTAAN
 SEKÄ ALAPINNASTAAN, YLÄPINTAAN LASKETTU 30 MINUUTIN HIILTUMAVARA.
 ALAPAARTEEN PALOSUOJAUS, KIEPAHDUSTUENNAT JA KIEPAHDUSTUKIEN PALOSUOJAUS
 VASTAAVAN RAKENNESUUNNITTELIJAN OHJEIDEN MUKAISESTI. SUOJAUKSESSA NOUDATET-
 TAVA ESIMERKIKSI SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOODELMAN, RAKENTEIDEN LUJUUS JA
 VAKAUS PUURAKENTEET, 2016 LIITTEEN NCCI 1 OHJETTA.

PALOTILANNE:
 Palkki palotilanteessa 42x197(42x225) G32 Pituus= 7390 mm Kuormaa= 1.43 kN/m
 Sig (nd, f1)= 34.76 N/mm² f(nd, f1)= 40.48 N/mm² E(10, 21)= 12880 N/mm²
 Kiepahdustukien väli= 1600 mm k(c r11)= .86
 N(d, f1)= 31.85 kN



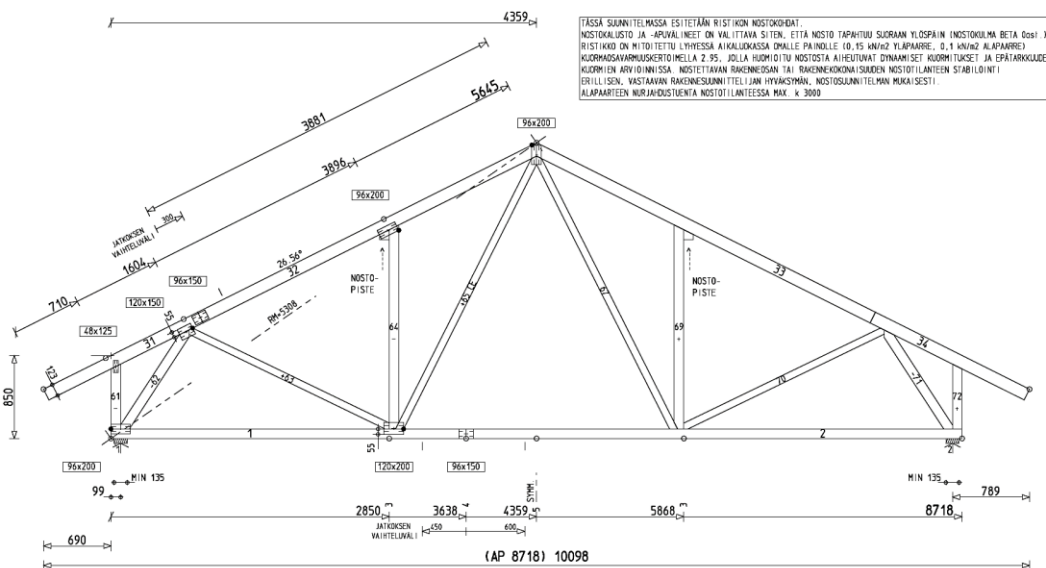
Kuva 3. Esimerkki paloalapaarteella toteutetun harjaristikon NR-suunnitelmasta.

5 NR-rakenteen nostot

NR-rakenne voidaan nostaa paikalleen yksittäisenä tai usean ristikon nippuna. Nosturinoistoissa käytetään yleensä vähintään kahta nostopistettä. Vain alle 7 m:n pituisen symmetrisen harjaristikon noston voi suorittaa pelkästään harjapisteestä.

Jos NR-rakenteet yhdistetään maassa ennen nostoa katoksi tai kattolohkoksi, täytyy NR-suunnittelijalla olla tieto tästä jo suunnitteluvaiheessa. Nostettavana toteutettava NR-rakenne mitoitetaan kestäämään normaalitilanteen kuormien lisäksi noston aikaiset kuormat. Noston aikana NR-rakenteeseen kohdistuvat dynaamiset vaikutukset ja epätarkkuudet kuormien arvioinnissa huomioidaan käyttämällä kuormaosavarmuuskerrointa. NR-suunnittelijan tekemässä suunnitelmassa esitetään nostopisteet, noston aikainen kuormitus ja alapaarten vaatima nurjahdustuentaväli nostotilanteessa (Kuva 4).

Nostotilanteen huomioiminen voi aiheuttaa NR-rakenteeseen huomattavia muutoksia. Tästä esimerkkinä ovat holvin päälle asennettavat jatkuvatukiset pukkiristikot. Noston aikaisten kuormien takia, pukkiristikoita joudutaan vahvistamaan kasvattamalla alapaarten kokoa ja lisäämällä rakenteeseen vinosauvoja. On myös mahdollista, että NR-rakenne vaatii noston takia rakenteita, jotka on noston jälkeen poistettava. Esimerkkejä tällaisista rakenteista ovat IV-läpivientien tiellä olevat pukkiristikoiden vinosauvat.

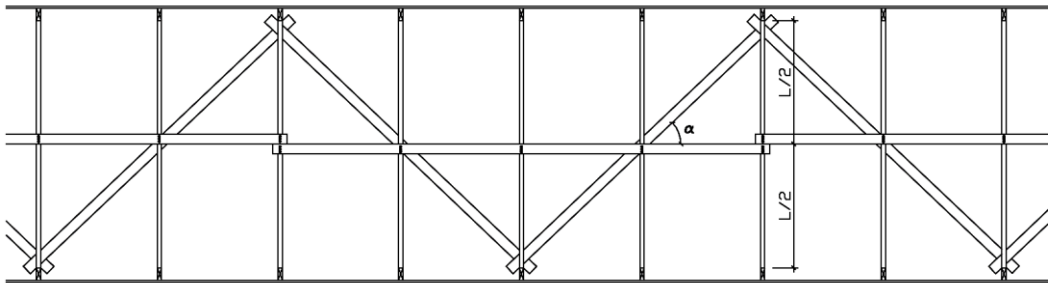


Kuva 4. Esimerkki nostettavana toteutettavan harjaristikon NR-suunnitelmasta.

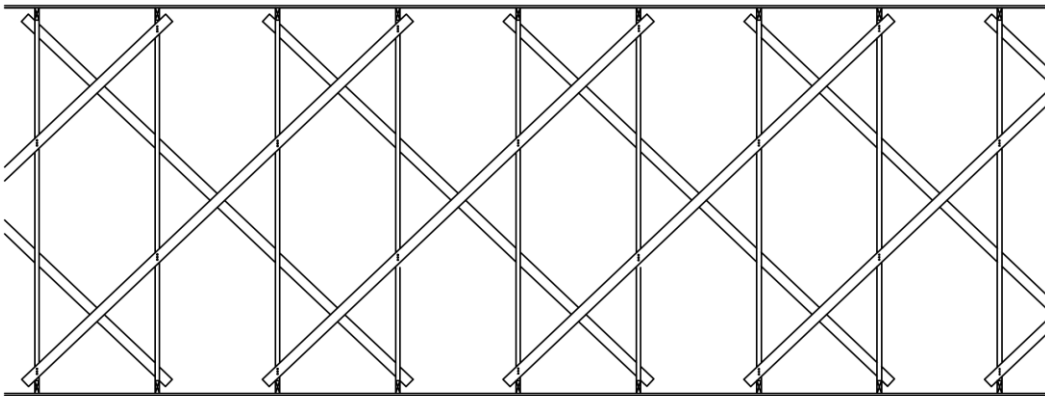
6 NR-rakenteen sauvojen nurjahdustuenta

NR-rakenteet pyritään suunnittelemaan siten, että sisäsauvojen nurjahdustuennalle ei ole tarvetta. Tietyissä NR-rakenteissa nurjahdustuettavia sauvoja on kuitenkin käytännössä mahdotonta välttää. Nurjahdustuennan vaatimat sauvat merkitään NR-suunnitelmiin. Lisäksi suunnitelmiin lisätään periaatekuva, jonka mukaan sauvan nurjahdustuennan voi toteuttaa (Kuva 5, Kuva 6). Nurjahdustuetun sauvan leveyden on oltava minimissään 120 mm.

NR-rakenteissa on rajoitettu nurjahdustuettavien sisäsauvojen lukumäärää seuraavan ehdon mukaisesti: $n \leq 1 + L/5$, jossa L on naulalevyrakenteen kokonaispituus metreinä. Ehdosta poikkeuksena ovat orsina tai muina toisiokannattimina toimivat NR-rakenteet, joissa sallitaan kaksinkertainen määrä nurjahdustuettavia sisäsauvoja. Tämä tulkinta on mahdollista tehdä, koska orsina ja muina toisiokannattimina toimivien NR-rakenteiden pettäminen ei vaaranna henkilöturvallisuutta.



Kuva 5. Esimerkki NR-suunnitelmassa esitettävästä yksittäisen sauvan nurjahdustuennan periaatekuvasta, kun sauvassa on yksi nurjahdustuki.



Kuva 6. Esimerkki NR-suunnitelmassa esitettävästä yksittäisen sauvan nurjahdustuennan periaatekuvasta, kun sauvassa on nurjahdustukia 2 kpl.

7 NR-suunnitelmien tarkastaminen

NR-suunnitelmat tarkistaa pääsuunnittelija tai vastaava erityissuunnittelija. NR-suunnitelmista tarkistettavat asiat (Kuva 7):

- Nimiötiedot
- Kuormitustiedot
 - Ristikoiden k-jako
 - Korotettu lumikuorma, jiiit ja porrastukset
- NR-rakenteen mitat
 - Ristikoiden päämitat (korkeus ja pituus)
 - Paarremitat
 - Tukikorkeudet ja kaltevuudet
 - Räystään mitat ja räystääspuun leveys
 - Palkkikolat tuella
- Tukipisteet
 - Tuentavaihtoehdot
 - Tukipisteiden sijainnit
 - Tukipintojen minimileveydet
- Ristikoiden sauvoitteluun ja sijaintiin vaikuttavat varaukset
 - Läpivientivaraukset
 - Kulkusillat
 - Kulkuluukut
 - Hormin paikka huomioiden suojaetäisyydet
- Yläpaarteen maksimiruodeväli
- Nurjhdustuettavat sisäsauvat
- Mahdolliset työmaalla tehtävät lisäykset
 - Räystään vahvistus
 - Tukipinnan levitys
 - Useampana osana toimitettavan NR-rakenteen liittäminen
- NR-rakenteen värähtelytarkastelu on tehty suunnitelman mukaisella lattiarakenteella.

Tarkastuslista NR-suunnitelmat					
Kohde:	Työnumero:	Asiakas:	Asiakas:	Päiväys:	Versio:
Esimerkki	123	N.N.		25.3.2024	
Hyväksyjän nimi		Vast. mestari	Valvoja	Rak. tarkastaja	Vast. rak. suunnittelija
NN		NN	NN	NN	NN
Nimiötiedot: Kohteen tiedot, paikkakunta					
Ristikoiden tunnuksot ja kappalemäärät					
Kuormitustiedot					
Ristikoiden k-jako					
Korotettu lumikuorma					
Ristikoiden mitat					
Päämitat (korkeus ja pituus)					
Tukikorkeudet					
Paarremitat ja kaltevuudet					
Räystään mitat ja räystääspuun leveys					
Palkkikot					
Tukipisteet					
Tuentavaihtoehdot					
Tukipisteiden sijainnit ja minimilevydet					
Ristikoiden sauvoitteluun vaikuttavat varaukset					
Läpivientivaraukset					
Kulkusillat- ja luukut					
Hormin paikka huomioiden suojaetäisyydet					
Yläpaarteen maksimiruodeväli					
Nurjahdustuettavat sisäsauvat					
Työmaalla tehtävät lisäykset					
Räystään vahvistus					
Tukipinnan levitys					
Useana osana toimitettavan NR-rakenteen liittäminen					
Värähtelytarkastelun lattiarakenne					

Kuva 7. Esimerkki NR-suunnitelmien tarkastuslistasta.

Kirjallisuutta

Viranomaisten määräyksiä ja asetuksia

E1. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

Rakenteiden lujuus ja vakaus. Puurakenteet. Määräykset ja ohjeet 2016. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

Rakenteiden lujuus ja vakaus. Rakenteiden kuormat. Määräykset ja ohjeet 2019. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

Ympäristöministeriön asetus kantavista rakenteista (477/2014).

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017).

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta (927/2020).

Standardeja ja ohjeita

RIL 195-1-2018 Rakenteellinen paloturvallisuus – Yleiset perusteet ja ohjeet.

RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja kuormat.

RIL 205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje.

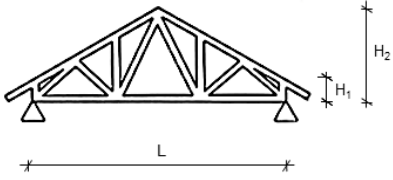
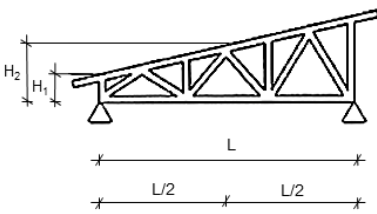
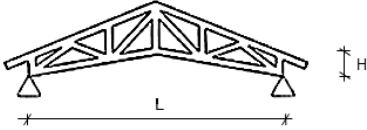
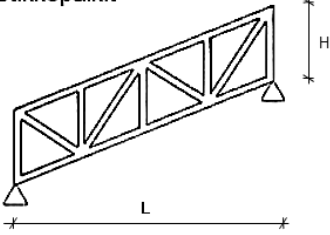
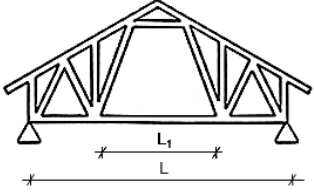
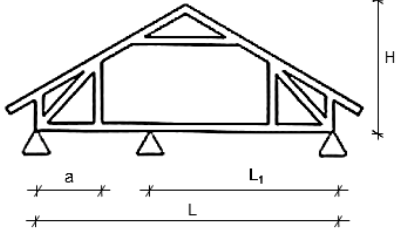
RIL 248-2013 NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu ja toteuttaminen.

SFS-EN 14250:2010. Puurakenteet. Tuotevaatimukset naulalevyliitoksin kootuille tehdasvalmisteisille rakenteellisille elementeille.

Tietoa rakennustuotteiden CE-merkinnästä

hEN Helpdesk: www.henhelpdesk.fi

Liite 1. Eri ristikkotyypien mittasuositukset *

<p>Harjaristikot</p>  <ul style="list-style-type: none"> Jänneväli L enintään 20...28 m Tukikorkeus $H_1 > L/30$ Harjakorkeus $H_2 > L/8$ 	<p>Pulpettiristikot</p>  <ul style="list-style-type: none"> Jänneväli L enintään 15...20 m Tukikorkeus $H_1 > L/25$ Korkeus ristikon keskeltä $H_2 > L/9$
<p>Saksiristikot</p>  <ul style="list-style-type: none"> Jänneväli L enintään 12...18 m Tukikorkeus, kun kattokaltevuus on: <ul style="list-style-type: none"> Jyrkkä ($\geq 1:3$): $H > L/25$ Loiva ($\leq 1:4$): $H > L/20$ 	<p>Ristikkopalkit</p>  <ul style="list-style-type: none"> Jänneväli L enintään 7...12 m Ristikon korkeus $H > L/10$
<p>Käyttöullakot</p>  <ul style="list-style-type: none"> Jänneväli L enintään 12...16 m Ullakkotilan leveys $L_1 \leq L/3$ Suosittelava kannatinjako 900 mm 	<p>Kehät</p>  <ul style="list-style-type: none"> Vaatii yleensä välituen, $L_1 \leq 5,0$ m Kehien väliin tarvitaan yleensä välipalkit Ulokkeet eivät ole mahdollisia Korkeissa kehissä ($H > 3200...3500$ mm) harjaosa tehdään erillisinä Suosittelava kannatinjako ≤ 900 mm Mitta $a > L/10$

* Mittasuositusten määrittämisessä käytetyt ristikkoiden kuormat (k-900):
Omapaino: $G_{yp} + G_{ap} = 0.3 \text{ kN/m}^2 + 0.3 \text{ kN/m}^2$ (Kehät: $G_{yp} + G_{ap} = 0.3 \text{ kN/m}^2 + 0.8 \text{ kN/m}^2$)
Lumikuorma (maassa): $Q_{lum} = 2.75 \text{ kN/m}^2$