



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

PIENTALON YLÄPOHJARAKENTEET

Mikko Suorsa

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Kandidaatintyö 2021

TIIVISTELMÄ

Pientalon yläpohjarakenteet

Mikko Suorsa

Oulun yliopisto, Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2021, 32 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: Matti Kangaspuoskari

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on perehtyä Suomessa rakennettavien pientalojen yläpohjarakenteisiin. Työssä tarkastellaan yläpohjiin kohdistuvien kuormitusten syntymistä, tyypillisiä rakenneratkaisuja, suunnittelu- ja mitoitusperusteita, sekä rakennusfysikaalisten rasitteiden syntymistä ja hallintaa. Työ tehtiin kirjallisuuskatsauksena, jonka pääasiallisina lähteinä toimivat Eurokoodit sekä kotimainen alaa koskeva kirjallisuus.

Työn avulla lukija saa yleiskäsityksen pientalojen yläpohjien rakenteesta ja rakenneosista. Lisäksi lukija ymmärtää perusteet yläpohjien rakennesuunnittelun lähtökohdista, kuten kuormitusten laskennasta, kantavien rakenteiden mitoituksesta sekä yläpohjan toiminnallisuudesta kokonaisuudessaan.

Asiasanat: Eurokoodit, puurakenteet, yläpohjarakenteet

ABSTRACT

Roof structures of a detached house

Mikko Suorsa

University of Oulu, Degree Programme of Mechanical Engineering

Bachelor's thesis 2021, 32 pp.

Supervisor at the university: Matti Kangaspuoskari

The purpose of this bachelor's thesis is to provide an overview of roof structures in detached houses made in Finland. This thesis examines the development of loads to supporting roof structures, typical structure solutions, design- and sizing criteria along with development and management of a building's physical burden. The thesis was made as a literary review, where the main sources were Eurocodes and domestic literature in the field.

This thesis explains the basics of a roof structure and its structural components. The reader will further understand the fundamentals of a structural designing basis as calculation of loads, sizing of supporting structure and the roof structure functionality in its entirety.

keywords: Eurocodes, timber structures, roof structures

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

Abstract

Sisällysluettelo

Merkinnät ja lyhenteet

1 Johdanto	6
2 Pientalon yläpohjarakenteista yleisesti	8
2.1 Yläpohjarakenteen osat ja toiminnallisuus.....	8
3 Kuormitusten syntyminen	10
3.1 Kuormien luokitus, kuormayhdistelmät sekä rajatilat	10
3.2 Rakennusosien omapaino ja hyötykuormat	11
3.3 Lumikuormitus.....	12
3.4 Tuulikuormitus	13
4 Kattorakenteen kantavat osat.....	15
4.1 Yleisimmät rakennetyypit	15
4.2 Ristikkorakenteen toimintaperiaate.....	15
4.3 Ristikkorakenteen osat	16
5 Kattorakenteiden mitoitus- ja jäykistysperiaatteet	18
5.1 Kuormitukseen liittyvä mitoitus	18
5.2 Kantavien puurakenteiden mitoitus.....	18
5.3 Ristikkorakenteiden mitoitus	20
5.4 Kattorakenteiden jäykistys	22
5.4.1 Jäykistys vaakavoimia kohtaan.....	22
5.4.2 Nurjahdustuenta	23
6 Yläpohjan rakennusfysiikka.....	25
6.1 Yläpohjan rakennusfysikaaliset rasitukset	25
6.2 Tuulettuva yläpohjarakenne	26
6.3 Yläpohjan ilmatiiviys, höyrinsulku ja tuuletus	28
7 Yhteenveto	30
Lähdeluettelo.....	31

MERKINNÄT JA LYHENTEET

A_{ref}	tuulenpuoleisen seinän kokonaispinta-ala
C_e	tuulensuojaiskerroin
C_f	voimakerroin
C_t	lämpökerroin
F_d	kuorman mitoitusarvo
F_k	kuorman ominaisarvo
$F_{w,k}$	kokonaistuulikuorma
i_y	poikkileikkauksen jäyhyyssäde
k_l	pienennyskerroin
l	jänneväli
$L_{c,z}$	nurjahduspituus
n	jäykityskentän vierekkäisten kannattimien lukumäärä
N_d	keskiarvoinen puristusvoiman arvo
NR-rakenne	naulalevyrakenne
q_d	poikittaistuennan aiheuttama kuormitus
$q_k(h)$	tuulen nopeuspaine korkeudella h
s	kokonaislumikuorma
s_k	lumikuormituksen ominaisarvo
γ_f	osavarmuusluku
λ_y	puristetun rakenteen hoikkuusluku
μ_i	lumikuorman muotokertoimet
ψ	kuormien yhdistelykerroin

1 JOHDANTO

Pientaloksi määritellään yleisesti Suomessa talot, jotka sisältävät yhden tai kaksi asuntoa. Pientaloja ovat siis omakotitalot, paritalot sekä rivitalot. Kattorakenteet ovat oleellinen osa rakennuksen kantavasta rakenteesta. Katon on pystyttävä rakenteiden oman painon lisäksi kantamaan ympäristön aiheuttamat kuormitukset, kuten tuuli- ja lumikuormitukset stabiiliteettia menettämättä. Suomen olosuhteissa talvisin syntyvät lumikuormitukset aiheuttavat suuria jännityksiä kattorakenteisiin, joten rakenne on suunniteltava riittävän tukevaksi ja jäykäksi.

Työssä tutkitaan pientalojen yläpohjarakenteita erityisesti rakennesuunnittelun näkökulmasta. Työssä käydään läpi tyypilliset rakenneratkaisut erilaisille yläpohjatyypeille. Tarkoituksena on selvittää kuormitusten syntyminen ja jakautuminen kantaville yläpohjarakenteille sekä yläpohjarakenteiden tuenta kantaville seinille. Tähän liittyen työssä selvitetään myös kattorakenteiden jäykistys- ja mitoitusperusteet. Rakenneratkaisujen valintaan vaikuttaa muun muassa kerrosten lukumäärä, katon kaltevuus ja kattomalli. Pientalojen yläpohjan kantavat rakenteet ovat yleisesti valmistettu puutuotteista, joten luonnollisesti tämä työ käsittelee puurakenteisten kattorakenteiden toimintaa. Nämä kantavat rakenteet ovat melko usein toteutettu ristikkotyypisillä ratkaisuilla, jolloin saavutetaan hyvinkin suuria kuormituksia kestävä rakenne. Yläpohjan toimivuuden kannalta suunnittelussa täytyy ottaa huomioon myös rakennusfysikaalisten ominaisuuksien täyttyminen, jota tässä työssä käydään pintapuolisesti läpi.

Työ tehdään kirjallisuustutkimuksen avulla. Rakennesuunnittelun näkökulmasta lujusteknisiä ominaisuuksia ohjaavat Eurokoodit sekä Suomen rakentamismääräyskokoelma, josta selviävät kattorakenteille asetetut lujuus ja vakavuusominaisuudet.

Työssä käsitellään yläpohjan kantavien rakenteiden lisäksi muut yläpohjan rakenteelliset osat, jotta kokonaisuus pientalojen yläpohjien toiminnasta ja kattorakenteiden suunnitteluperusteista tulisi selväksi. Työn ei ole tarkoitus antaa valmiuksia

yläpohjarakenteiden suunnitteluun tai mitoitukseen vaan tarkastella yläpohjarakenteita ja niiden toimintaa yleisellä tasolla. Tästä syystä tarkempi laskennallinen näkökulma rajataan pois työn tutkimusalueesta.

2 PIENTALON YLÄPOHJARAKENTEISTA YLEISESTI

2.1 Yläpohjarakenteen osat ja toiminnallisuus

Pientalojen yläpohjat ovat nykypäivän rakentamisessa kehittyneet rakennustekniikan ja rakennusfysiikan kannalta entistä kestävämpään suuntaan. Muutoksen myötä yläpohjista on rakennettu tiiviitä ja paremmin lämpöä eristäviä, jotka edesauttavat rakennuksen energiatehokkuutta ja kosteuden hallintaa. Yläpohja voi olla täysin oma tila tai vesikatteeseen integroitu rakennusosa, riippuen talotyypin rakenneratkaisuista. Joka tapauksessa tuuletus vesikatteen ja puurakenteisen kantavan rakenteen välillä on hyvin tärkeää yläpohjan toiminnan kannalta. Yläpohjien toiminnalliset vaatimukset, kuten kantavuus, lämmön- ja kosteuden eristävyys sekä tiiveys ovat kuitenkin edelleen yläpohjan toiminnan kannalta välttämättömimmät ominaisuudet. (Siikanen 2016, s. 267.)

Yläpohjan rakenteellisia osia ovat muun muassa lämmöneristys, kantava rakenne, tuulensuoja, aluskate sekä vesikate. Lämmöneristeeksi käy esimerkiksi puhallettavat lämmöneristeet tai levyvillat. Yläpohjan kantava rakenne voidaan toteuttaa muun muassa massiivipuu-, viilupuu- tai liimapuupalkkien avulla. Tämän lisäksi kannatus voi olla toteutettu kattoristikko- tai kehärakenteena. (Siikanen 2016, s.270-271.)

Tuulensuoja suunnitellaan aina kiinnitettäväksi lämmöneristeen ulkopintaan, jossa sen päätarkoitus on vaientaa haitallista ilmvirtausta sisälle, jotta lämmöneristävyys olisi parempi. Tuulensuoja voidaan tehdä esimerkiksi käyttötarkoitukseen sopivasta kalvosta, paperista tai levystä, jonka vesihöyrynläpäisevyys on suuri. Tämä mahdollistaa rakenteen kuivumisen sisäpuolisesta kosteudesta. Aluskatteen tarkoituksena on vesikatteen sisäpuolisena rakennusosana toimia vesikatteesta siirtyvän ja tiivistyvän kosteuden eristeenä. Aluskatteen avulla saadaan näin alapuolinen yläpohjarakenne suojattua täysin ulkoapäin tulevalta kosteudelta, joka on haitallista yläpohjan kosteusteknisen toimivuuden kannalta. Vesikate on yläpohjan ylin kerros, joka suojaa ja johdattaa satavan veden ja lumen alas riittävällä kallistuksella. (Heljo & Vinha, s.243, 256-257.)

Pientalon kattorakenteet voidaan jakaa yläpohjarakenteen mukaan kylmään tai lämpimään kattoon. Kylmässä katossa sisäkaton ja vesikatteen välillä on lämmittämätön tila, kun taas lämpimässä katossa vesikate ja lämpöeristys kantavine rakenteineen sekä tuuletusväleineen maksimoi lämpimän käyttötilan. (Siikanen 2016, s. 273.)

3 KUORMITUSTEN SYNTYMINEN

3.1 Kuormien luokitus, kuormayhdistelmät sekä rajatilat

Puurakenteita suunniteltaessa syntyvät kuormat jaetaan erilaisiin aikaluokkiin, jotka määrittävät onko kuormitus hetkellinen, lyhytaikainen tai pitkäaikainen. Aikaluokkiin jako perustuu puun viskoelastiseen, eli ajasta riippuvaan käyttäytymiseen. Tästä syystä esimerkiksi tuulikuormitus voidaan ottaa huomioon kuormayhdistelmiä laskettaessa hetkellisenä kuormana, kuten taulukossa 1. Jokaisen kuormituksen ominaisarvosta saadaan laskenta-arvo, jota käsitellään lisää luvussa 5.1. (Suomen Rakennusinsinöörien liitto 2004, s.27.)

Taulukko 1. Kuormitusten aikaluokat ja esimerkkikuormitukset (mukaiillen SFS-EN 1995-1-1).

Kuormituksen aikaluokka	Ominaiskuormituksen vaikutusaika	Esimerkkikuormitus
Pysyvä	yli 10 vuotta	rakenteen oma paino
Pitkäaikainen	6 kuukautta - 10 vuotta	varastoitu tavara
Keskipitkä	1 viikko - 6 kuukautta	välipohjan hyötykuorma, lumikuormitus
Lyhytaikainen	alle yksi viikko	lumikuormitus
Hetkellinen		tuulikuormitus

Kuormayhdistelmät ovat suunnittelussa käytettyjä mitoitusarvojen joukkoja, joiden tarkoituksena on osoittaa rakenteen luotettavuus rajatilassa eri kuormitusten samanhetkisenä vaikutuksena. Standardissa SFS-EN 1990 mainitaan kolme erilaista kuormayhdistelmän määritystapaa, jotka ovat normaaliin ja tilapäiseen mitoituslaitteeseen liittyvät kuormayhdistelmät, eli niin sanotut perusyhdistelmät, sekä onnettomuusmitoitustilanteisiin liittyvät yhdistelmät ja maanjäristyksen aiheuttamien kuormitusten yhdistelmät. Perusyhdistelmän yleinen muoto perustuu lausekkeessa oleviin samaan aikaan vaikuttavien kuormitusten mitoitusyhdistelyihin sekä määrääväenä kuormituksena toimivan kuormituksen mitoitusarvoon, josta mainitaan lisää luvussa 5.1. Onnettomuusmitoitukseen liittyvien kuormitusten kuormayhdistelmät perustuvat

onnettomuuden jälkeiseen rakenteelliseen tilan kuormitukseen tai onnettomuushetken kuormaan, esimerkiksi törmäykseen tai tulipaloon. (SFS-EN 1990.)

Kuormayhdistelmien avulla voidaan määrittää rakenteen käyttörajatila ja murtorajatila. Käyttörajatilaan perustuvassa laskennassa huomioidaan normaalikäytön vaikutukset rakenteen toimintaan, jotta esimerkiksi rakenteen ulkonäölliset seikat, kuten taipumat ja halkeilut pysyisivät minimissä. Käyttörajatila voi olla palautuvaa tai palautumatonta, kun kuormitus poistetaan. Murtorajatila tarkoittaa rakenteen suurinta kestävyyttä vastaavaa tilaa, jonka ylitettyä rakenne ei laskennallisesti täyty mitoituskriteerejä vaan sortuu. Rakenteita suunniteltaessa kaikki rakenteelliseen varmuuteen ja rakennuksen turvallisuuteen liittyvät mitoitukset tehdään murtorajatilan mukaan. Murtorajatiloina on neljä ja ne täytyy mitoituksia tehdessä laskea, mikäli niiden määrittäminen on merkityksellistä kyseistä mitoitusta tehdessä. Ensimmäinen eli tasapainollinen murtorajatila vastaa jäykän kappaleen tai sen osan stabiliteetin menetystä. Toinen eli lujuudellinen murtorajatila vastaa rakenteen tai sen osan sisäisen vaurion tai liiallisen siirtymän tilannetta. Kolmas eli geotekninen murtorajatila vastaa maaperän liiallista siirtymää kuormituksen alla tai maapohjan pettämistä. Neljäs eli väsymistilan murtorajatila rakenteen väsymisestä aiheutunutta murtumista. (SFS-EN 1990.)

3.2 Rakennusosien omapaino ja hyötykuormat

Rakennusosien paino otetaan huomioon kuormituksia laskettaessa pysyvänä ja kiinteänä kuormana, jonka suuruus lasketaan kunkin osan tilavuuspainon ja nimellismittojen avulla. Omapaino rakenteissa määritellään koskevan kantavia ja ei-kantavia rakennusosia sekä kiinteitä laitteita. Rakenteiden mitoituksessa huomioitavat hyötykuormat syntyvät tilojen käytöstä, kuten henkilöistä, säilötystä tavarasta. Näitä hyötykuormituksia mahdollisesti liikutellaan mitoittavana olevan kohteen sisällä, esimerkiksi käyttöuullakolla. Hyötykuorman ominaisarvot määritellään erikseen hyötyalan käyttötarkoituksen mukaan eri luokkien mukaisesti. Käyttötarkoituksen luokkia ovat asunto- ja majoitustilat, toimistotilat sekä kokoontumistilat, joille on määrätty erikseen käytettävät hyötykuormien ominaisarvot pistekuormille [kN], pinta-alakuormille [kN/m²]

ja vaakakuormille [kN/m]. Yleisesti hyötykuorma on laskettava kohdistuvan epäedullisimpaan paikkaan rakenteeseen nähden. (Tikanoja ym. 2017, s.63-71.)

3.3 Lumikuormitus

Lumen painon aiheuttama lumikuormitus määritellään muuttuvaksi kiinteäksi kuormaksi, joka vaikuttaa staattisesti kantavaan rakenteeseen. Maanpinnan lumikuorman ominaisarvojen määrittelyyn tietyllä rakennuspaikalla käytetään kansallisen liitteen mukaisia ominaisarvoja, jotka on määritelty Suomen kartalle. Suomen olosuhteissa maassa olevan lumikuormitusten ominaisarvot [kN/m²] perustuvat 50 vuoden ajan mittauksiin. Käytettävien ominaislumikuormien arvot ylittyvät todelliseen lumikuormituksen verrattuna ainoastaan 2 % todennäköisyydellä. (Tikanoja ym. 2017, s.96-100.)

Lumen aiheuttamia kuormituksia laskettaessa on otettava huomioon myös mahdollisen kinostumisen aiheuttama lisäkuormitus monenlaisiin muotoihin. Kinostuminen riippuu monista tekijöistä, kuten katon muodosta ja sen lämpöominaisuuksista sekä rakennuksen ympäristöstä. Nämä tekijät otetaan huomioon kokonaiskuormitusta kasvattavana kertoimena. Lumikuormitusta laskettaessa on myös otettava huomioon katon kaltevuus, joka voi vaikuttaa kokonaiskuormituksen laskettuun arvoon. Jyrkillä, yli 30 asteen kulmassa olevilla katoilla lumikuorman muotokertoimet $\mu_{1,2}$ pienenevät lineaarisesti jyrkkyyden kasvaessa arvosta 0,8 aina 0,0 saakka. Kuitenkin aina, jos lumen putoaminen on estetty esimerkiksi lumiesteillä tai liukumisen estävällä rakenteella, on muotokertoimen pienentäminen kielletty. (Tikanoja ym. 2017 s.101-103.)

Katon kokonaislumikuorman arvo lasketaan RIL 201-1-2017 julkaisun mukaisesti yhtälöllä

$$s = \mu_i C_e C_t s_k. \quad (1)$$

Kokonaislumikuormituksen s laskentaan vaikuttaa siis maassa olevan lumikuormituksen ominaisarvon s_k lisäksi tuulensuojaisuuskerroin C_e , lämpökerroin C_t sekä aiemmin mainittu muotokerroin μ_i . (Tikanoja ym. 2017 s.100.)

3.4 Tuulikuormitus

Tuulen aiheuttama kuormitus luokitellaan lumikuormituksen ohella muuttuvaksi kiinteäksi kuormaksi. Tuulikuormitus mallinnetaan ja esitetään yksinkertaistettuna tuulen suurimman vaikutuksen mukaan paineen tai voimien joukkona. Nämä aiheuttavat rakennusten ulkopintaa kohtisuorassa olevaa kuormitusta, mutta suurilla pinta-aloilla myös pintamateriaalin suuntaisia kitkavoimia. (Tikanoja ym. 2017, s.127.)

Tuulen voimakkuuteen vaikuttaa sijainnin rosoisuus, eli tuulta hidastavat esteet, joita voivat olla esimerkiksi kasvillisuus, rakennukset, metsät tai näiden yhdistelmät. Eurokoodin ohjeen EN 1991-1-4 mukaisesti ympäröivän maaston maastoluokka voidaan määrittää luokkaan 0-IV. Näistä maastoluokista 0 tarkoittaa täysin esteetöntä, meren äärellä olevaa sijaintia ja IV aluetta, jota ympäröi korkeat, yli 15 metrin keskikorkeuden ylittävät rakennukset. Maastoluokkien määrittelyssä tietyille sijainnille otetaan huomioon myös etäisyys alhaisempaan maastoluokkaan, jotta todelliset maasto-olosuhteet saataisiin mahdollisimman tarkasti ennustettua. Toinen tuulikuormituksen voimakkuuteen vaikuttava tekijä on maaston pinnanmuoto. Jyrkänne tai mäki lisää tuulen nopeuspaineen arvoa, joka on huomioitava laskennassa. Sijainti maastonkohouman alueella otetaan huomioon suurennuskertoimen avulla määritettäessä modifioitunutta, eli maan pinnanmuodosta muuttunutta nopeuspainetta. (Tikanoja ym. 2017, s.130-133.)

Rakenteeseen vaikuttavia tuulikuormituksia laskettaessa on otettava huomioon tuulen aiheuttama ulkopuolinen sekä sisäpuolinen paine. Tuulenpaineet lasketaan rakenneosittain, joita yhdistelemällä voidaan laskea myös tuulen rakennukseen aiheuttama kokonaisvoima. Kokonaistuulikuormitusta laskettaessa huomioidaan sijainnille ominaisen tuulennopeuspaineen lisäksi rakennekerroin, jonka avulla otetaan huomioon rakennuksen koko, mittasuhteet sekä tuulen aiheuttamat dynaamiset kuormitukset. (Tikanoja ym. 2017, s.138-142.)

Kattorakenteen jäykistystä mitoittaessa tuulikuormituksen arvo määräytyy RIL 248-2013 julkaisun mukaisesti kokonaistuulikuorman lausekkeesta

$$F_{w,k} = C_f * q_k(h) * A_{ref}. \quad (2)$$

Kokonaistuulikuorman lausekkeessa C_f on voimakertoin, joka kasvaa tuulenpuoleisella seinällä, jossa on alle 30 % aukkoja seinän kokonaispinta-alaan verrattuna. q_k korkeudella h vallitseva tuulen nopeuspaine ja A_{ref} on tuulenpuoleisen seinän kokonaispinta-ala. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2013, s.22.)

4 KATTORAKENTEEN KANTAVAT OSAT

4.1 Yleisimmät rakennetyypit

Kuten aikaisemmin luvussa 2.1 mainittiin, kattorakenteiden kantavaksi rungoksi voidaan valita palkkityyppinen ratkaisu tai ristikkorakenne. Palkkien puutuotteena on mahdollista käyttää massiivipuuta-, viilupuuta-, liimapuuta-, tai uumapalkkeja. Mitoituksessa määräävimpänä kuormitustekijänä omamassan lisäksi ovat edellä mainitut lumi- ja tuulikuormitus. Palkkikannatteisessa rakenneratkaisussa palkin puutuote voi asettaa vaatimuksia materiaalin fysikaalisten ominaisuuksien vuoksi, jonka takia esimerkiksi massiivipuusta valmistetussa kannattimessa enimmäisjänneväliksi voidaan asettaa ainoastaan arviolta 4-5 metriä yleisimmällä 600 mm palkkijaolla. Liimapuupalkkeja ja kattoristikkoita käytettäessä jännevälän kasvattaminen ei muodostu ongelmaksi. (Siikanen 2016, s.270.)

4.2 Ristikkorakenteen toimintaperiaate

Ristikoiden kolmiorakenteen ansiosta kantavan rakenteen jänneväliä saadaan kasvatettua hyvin suureksi ja ylimääräiset kantavat seinät eivät ole välttämättä tarpeellisia. Yksilöllisesti valmistettu ristikko voidaan suunnitella aina kuormitusten määrityksen jälkeen, kun tiedetään jänneväli, kattokaltevuus, sekä kattotuolien jako. (Sherwood & Stroth 1990, s.73-74.)

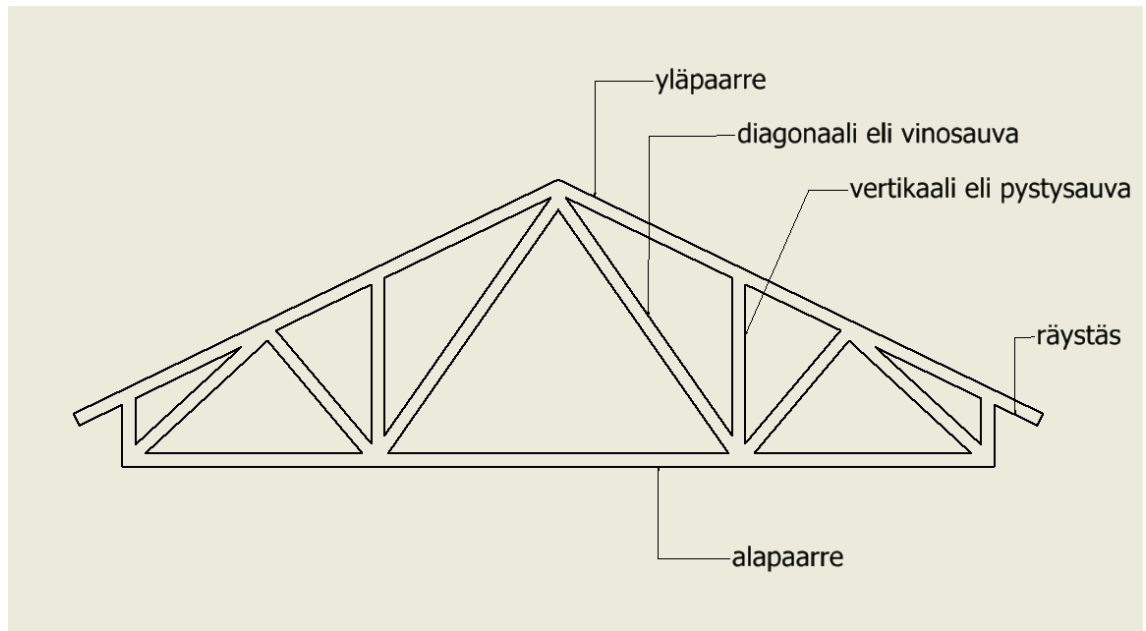
Kolmiorakenne jakaa ylhäältä päin tulevat kuormat sauvojen kannalta edullisiksi normaalin suuntaisiksi veto- ja puristuskuormituksiksi. Taivutusta sauvoissa ei tapahdu, sillä kuormitus tulee vertikaalisuunnassa ristikon tuentaan nähden. Sauvojen normaalin suuntaisten jännitysten ansiosta rakenne on hyvin luja ja deformaatiot eli muodonmuutokset ovat pieniä. Ristikon kolmiorakenteessa jokainen sauvojen solmukohta on tuettu, ja näin rakenteesta saadaan hyvin vakaa suurellakin kuormituksella. Mikäli kolmiorakenteesta poiketaan, muodostuu rakenteesta epävakaa ulkoiselle kuormitukselle ja ristikko voi romahtaa. Suunnittelun kannalta

kolmiorakenteen toteutus on kuitenkin hyvin joustava, eli ristikko voidaan suunnitella hyvin erilaisilla dimensioilla, materiaaleilla ja profiileilla. (Lianto ym. 2018.)

Naulalevyrakenteisen ristikon, eli NR-ristikon tuenta kantaville seinille tehdään ristikon alapaarteen päädyistä, jossa kantavan seinän yläohjauspuuna on usein lappeellaan tai syrjällään oleva sahatavarainen puu. Mikäli ristikkoa kannatteleva tuki on esimerkiksi terästä tai betonia, on ristikon tukipintaa mahdollisesti vahvistettava jo sen valmistusvaiheessa. Ristikon kiinnitys mitoitetaan pystysuunnassa kestävään räystäään painekuorma ja katon kokema imukuorma ylöspäin. Vaakasuunnassa ristikon kiinnityksen on kestävä leikkausvoima, joka aiheutuu kuormituksen tukireaktiossa. Kiinnityksessä käytetään yleensä sinkittyä teräslevystä tehtyä kulmakiinnikettä, joka naulataan kampanauloilla kohtisuoraan kiinni ristikkoon sekä yläohjauspuuhun. (Rakennustietosäätiö 1993.)

4.3 Ristikkorakenteen osat

Kattoristikoina käytetään yhä enemmän teollisesti valmistettuja, naulalevyliitoksin koottuja ristikoita eli NR-kattotuoleja (Siikanen 2016, s.270). Suunnittelu ja mitoitus tehdään tietokoneavusteisesti, jolloin kattotuolien valmistuksesta saadaan yksilöllistä. Alla olevassa kuvassa 1 esitetään eräs ristikkorakenne, joka on tehty harjakattoiselle rakennukselle. (Rakennustietosäätiö 1993.)



Kuva 1. Harjakattoisen kattoristikon osat (mukaiillen Rakennustietosäätiö 1993).

5 KATTORAKENTEIDEN MITOITUS- JA JÄYKISTYSPERIAATTEET

5.1 Kuormitukseen liittyvä mitoitus

Osavarmuuslukumenetelmään perustuvassa kuormitusten ja varmuuden laskennassa kuormitukset otetaan mitoituksessa huomioon luvussa 3.1 mainittujen kuormien yhdistelyjen kautta, jossa kuorman mitoitusarvo F_d lasketaan standardin SFS-EN 1990 mukaisesti

$$F_d = \gamma_f \psi F_k. \quad (3)$$

Varsinainen rakenteeseen vaikuttava kuormitus saadaan siis kertomalla ominaisarvo F_k kuormituksen yhdistelykertoimella ψ sekä osavarmuusluvulla γ_f . Osavarmuusluvun tarkoituksena on ottaa huomioon kuormitusten arvojen epädullisen poikkeaman mahdollisuus. Menetelmää käytettäessä osoitetaan, että millään valittujen kuormitusten, niiden vaikutusten tai materiaalien kestävyysarvojen mitoitusmalleilla ei saada ylitettyä rajatilatapausta. (SFS-EN 1990.)

5.2 Kantavien puurakenteiden mitoitus

Ympäristöministeriön kantavien rakenteiden asetuksessa (477/2014) kirjoitetaan:

”Rakennuksen kantavia ja jäykistäviä rakenteita koskevat olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät, kun rakenteet suunnitellaan ja toteutetaan eurokoodien sekä niitä koskevien ympäristöministeriön asetuksina annettujen kansallisten valintojen mukaan.”

Rakenteet täytyy siis suunnitella eurokoodien ohjeiden mukaisesti täyttämään minimivaatimukset kyseessä olevien kuormitusten suhteen. Rakenteiden suunnittelussa tulisi käyttää yhtenäisiä suunnittelujärjestelmiä, jotta mahdolliset yhteensopivuuserot eri järjestelmien välillä vältettäisiin. Yhtenäisen suunnittelujärjestelmän avulla mitoitettujen rakenteiden parantavat kokonaisuuden luotettavuutta lujuuden ja stabiiliteetin suhteen. Rakennesuunnitelmien ohella on huomioitava myös valmistus- ja rakennusvaiheessa

tehtävät heikennykset kuten mahdolliset loveukset tai reiät. Näitä rakennusvaiheessa tehtäviä muutoksia kantaviin osiin saa tehdä vain pätevän rakennesuunnittelijan hyväksynnällä. (Ympäristöministeriö 2016.)

Johtuen puun materiaalisista ominaisuuksista, sen lujuusominaisuudet riippuvat kuormitustavasta ja kuormitussuunnasta. Puutuotteille, kuten sahatavaralle tai liimapuulle on olemassa taulukoidut tiedot materiaaliominaisuuksista, joissa ominaislujuudet esimerkiksi taivutukselle tai leikkaukselle vaihtelevat paljon. Kantavien rakenneosien mitoituksessa erilaisista kuormitustilanteista otetaan huomioon leikkaus-, puristus-, veto-, ja taivutuskuormituksen lisäksi myös poikittainen puristus. Poikittaisessa puristuksessa huomioidaan puun syiden suuntaan vinosti kuormitetun sauvan jännitys, jossa myös puutuotteiden halkeamismahdollisuus huomioidaan kertoimen avulla pienentäen suurinta sallittua jännitystä. (Puuinfo Oy 2020.)

Puurakenteiden mitoituksessa materiaalin ominaisuuksissa otetaan huomioon myös rakennuspaikan ympäristöolosuhteet. Puumateriaalit on jaettu käyttöluokkiin, joissa esimerkiksi käyttöluokassa 1 olevien havupuiden kosteusprosentit ovat keskimäärin alle 12 %. Kun ympäröivä kosteus kasvaa, myös oletettu havupuiden kosteus nousee ja näin muuttaa puun käyttäytymistä kuormituksen alaisena. Tällöin käyttöluokka kasvaa, mutta pysyy kuitenkin maksimissaan käyttöluokassa 3. Käyttöluokan arvoa käytetään mitoituksessa jokaiselle rakennusmateriaalille erikseen. (SFS-EN 1995-1-1.)

Puristetun ja taivutetun sauvan mitoituksessa lasketaan sauvoille kuormituslaskelmista saatujen tuloksien perusteella jännitykset, joita verrataan kyseessä olevan puutuotteen lujuusarvoihin kuormitustapauksen, kuten esimerkiksi taivutuksessa taivutusjännityksen ominaisarvojen mukaisesti. Lisäksi on tarkasteltava varmuus mahdolliselle nurjahdukselle tai kiepahdukselle. Kiepahduksen mahdollisuus otetaan huomioon taivutuslujuutta pienentävällä kertoimella. Taivutuslujuutta pienentävä kerroin pienenee, kun kuormitetun palkin tehollinen pituus kasvaa suhteessa palkin leveyteen ja kun palkin korkeuden suhde palkin leveyteen pienenee. (Puuinfo Oy 2020.)

Puristuskuormitusta kantavat sauvat on tarkasteltava myös nurjahduksen suhteen jäykiksi. Puurakenteissa nurjahdus otetaan huomioon suurinta sallittua puristuslujuutta

pienentävällä kertoimella. Nurjahdustarkastelussa määräävinä tekijöinä ovat kuormitetun sauvan tuentatapa, materiaalin ominaisuudet sekä poikkileikkauksen geometria. Sauvan tuentatapa vaikuttaa puristetun sauvan nurjahduspituuteen L_c . Näitä riippuvuuksia esitellään taulukossa 2. (Puuinfo Oy 2020.)

Taulukko 2. Puristetun sauvan nurjahduspituudet L_c (mukailten Puuinfo Oy 2020).

Tuennan ominaisuudet	Nurjahduspituus L_c
Jäykkä tuenta toisesta päästä. Vapaa toinen pää	2,5 L
Nivellettu kummastakin päästä	1,0 L
Jäykkä tuenta toisesta päästä. Nivellettu toinen pää	0,85 L
Poikittaistuenta nurjahdussunnassa välein a	1,0 a

Sauvan poikkileikkauksen geometriasta johtuen nurjahdusalttius on suurempi heikompaan suuntaan. Tästä syystä nurjahduskerroin määritetään erikseen vahvempaan ja heikompaan suuntaan. Nurjahduskertoimeen vaikuttaa y-suunnassa rakenteen hoikkuusluku λ_y , jonka arvo lasketaan kaavalla 4. Hoikkuusluvun λ_y arvo riippuu nurjahduspituudesta $L_{c,z}$ ja poikkileikkauksen jäyhyysäteestä i_y Puuinfon julkaisun mukaisesti lausekkeella

$$\lambda_y = \frac{L_{c,z}}{i_y}. \quad (4)$$

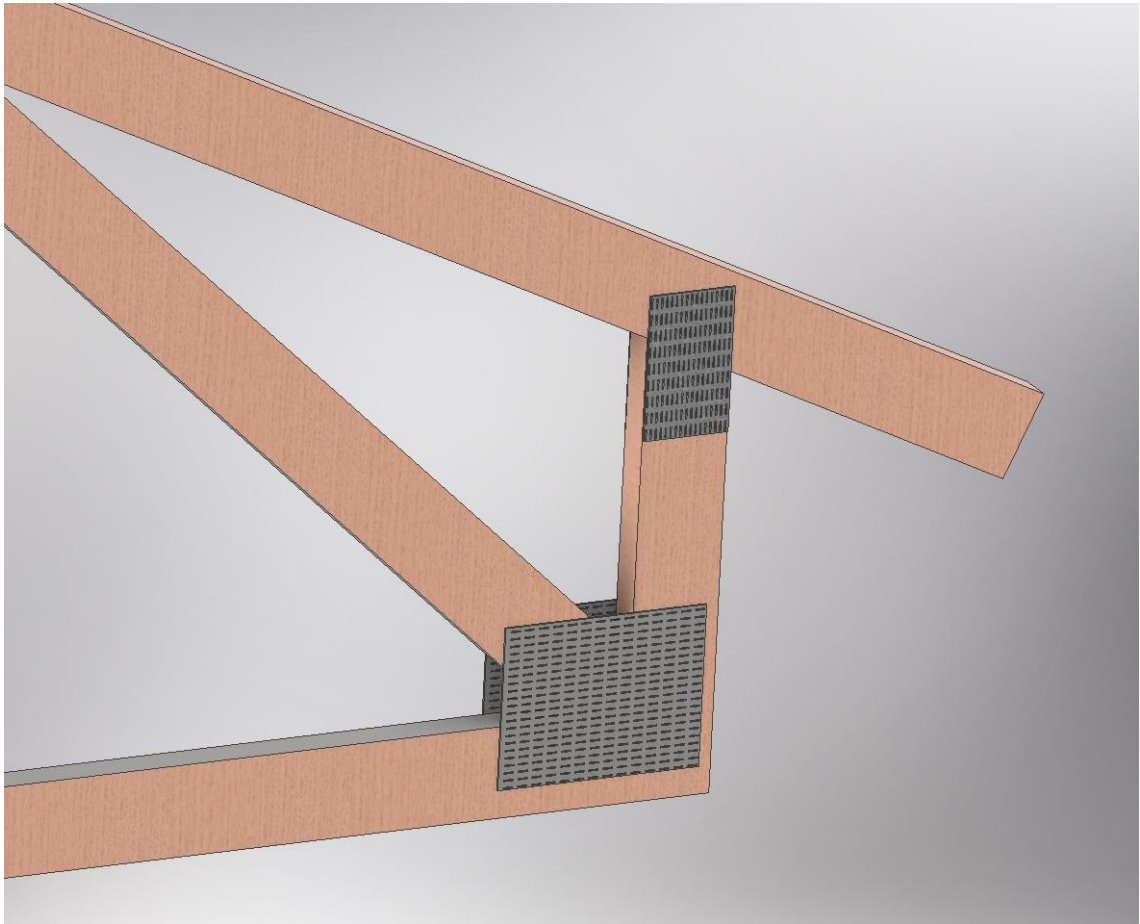
5.3 Ristikorakenteiden mitoitus

Ristikon analysoinnissa pääsauvojen, kuten parareosien keskelle määritellään niin sanottu systeemiviiva. Ristikon uumasauvojen, eli vertikaalien ja diagonaalien systeemiviivat kulkevat näiden sauvojen liitosten solmupisteiden kautta. Jos nämä uumasauvojen systeemiviivat eivät sijaitse sauvan poikkileikkausalueella, on huomioitava rakenteen

epäkeskisyyden merkitys lujuuksia laskiessa. Näiden epäkeskisten liitosten vaikutus voidaan ottaa huomioon käyttämällä fiktiivisiä palkkeja liitoksen kohdalla. Ristikkoa analysoidessa lineaarisen kimmoteoriaan pohjautuvan mallin mukaan, voidaan jättää alkuepäätarkkuuksista johtuvat poikkeamat laskuissa laskematta, jos niiden merkitys on huomioitu sauvojen lujuusmitoituksessa. Sauvojen jäykkyudet määritellään standardin SFS-EN 1995-1-1 murtorajatilamitoituksen mukaisesti. Ristikossa sauvojen väliset liitokset solmupisteissä voidaan ajatella olevan jäykkiä kulmanmuutoksen suhteen, mikäli kuormitettuun liitokseen muodostuva kulmanmuutos ei merkittävästi vaikuta kuormitussuureiden jakautumiseen sauvoissa. Muissa tilanteissa liitostyyppiä voidaan yleisen säännön mukaan valita nivelellinen liitos. Lisäksi kuormitetun liitoksen alueella muodostuvia siirtymiä ei tarvitse huomioida, ellei se jälleen aiheuta merkittäviä muutoksia kuormitussuureiden jakautumiseen sauvoissa. (SFS-EN 1995-1-1.)

Sauvojen kuormituksia käsitellessä ristikoiden analysointi voidaan yksinkertaistaa kaksiulotteiseen tasoon, jossa sisäisten voimien laskenta suoritetaan. Yläpaarteeseen alaspäin vaikuttavat kohdistuvat voimat esimerkiksi lumikuormituksesta jakaantuvat sauvojen normaalinsuuntaisiksi veto- ja puristuskuormituksiksi. Yksittäiset sauvojen kokemat voimat voidaan laskea tasapainoyhtälöiden avulla liitoskohdissa. (Lianto ym. 2018.)

Ristikkorakenteiden jatkoksissa ja liitoksissa käytettävät naulalevyliitokset ovat 0,9–2,5 mm paksuista teräslevyistä valmistettuja liittimiä, joissa levystä meistetyt ja taivutetut naulat kiinnitetään kattoristikon pintaan, kuten kuvassa 2. Mitoituksessa liitoksen kokonaislujuuden määrittäminen perustuu puun ja naulalevyn väliseen leikkauslujuuteen sekä tietysti naulalevyn omaan kestävyYTEEN. Puun ja naulalevyn liitoksen lujuuteen vaikuttaa muun muassa kyseessä olevan puun syysuunta, naulalevyn asento liitokseen nähden, sekä kuormituksen suunta. Näitä laskemiseen vaikuttavia tekijöitä on niin useita, että tarkan teoreettisen lujuuden määrittäminen on hyvin haastavaa. Naulalevyliitoksien lujuus ja varmuus perustuukin VTT Oy:n eli teknologian tutkimuskeskuksen lausuntoihin liitosten kokeellisista tuloksista, jonka mukaan naulalevytyypit voidaan mitoitaa. (Mäkipuro 1987, s.77.)



Kuva 2. Ristikon naulalevyliitos (mukaillen Rakennustietosäätiö 1993).

5.4 Kattorakenteiden jäykistys

Rakenteilta vaadittavaa jäykkyyttä tarvitaan stabiilisuuden säilyttämiseksi vaakasuuntaisten kuormitusten, kuten tuulikuormituksen vuoksi. Vaakasuuntaisia voimia voi syntyä myös rakenteen kiepahdus- ja nurjahdustuntojen kautta kantavien rakenteiden tuentavoimina tai vertikaalisuuntaisten kuormitusten epäkeskisyydestä johtuen. NR-rakenteen puristuskuormitetut paarteet on lähes aina jäykistettävä erikseen nurjahdusta vastaan sivusuunnassa. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2013, s.7-19.)

5.4.1 Jäykistys vaakavoimia kohtaan

Vaakasuuntaiset voimat on johdettava perustuksille jonkin jäykistyssysteemin mukaisesti. Yleisesti Suomessa käytettyjä jäykistysperiaatteita on mastojäykistys,

levyjäykistys ja kehäjäykistys. NR-rakenteelliset katot on jäykistetty yleensä alapaarretason mukaisesti, jolloin vaakakuormituksista puolet oletetaan siirtyvän lapetason eli vesikatteen tason mukaisille ristikon jäykistysrakenteille. Tällöin toista puolta pidetään alapaarretason jäykistysrakenteille ohjeellisena tuulikuormituksen arvona. Vaakasuuntainen voima alapaarretason jäykistyskentälle siirtyy tasosta jälleen jäykistävälle pystyseinäseinälle. Vaakasuuntaisen tuulikuormituksen suuruus lasketaan luvussa 3.4 mainitun kokonaistuulikuormituksen kaavan (2) avulla. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2013, s.21-22.)

NR-rakenteissa poikittaistuennat puristuskuormitetuissa yläpaarteissa aiheuttavat rakenteen jäykistysjärjestelmään kuormituksen q_d , joka voidaan laskea RIL 248-2013 julkaisun mukaisesti kaavalla

$$q_d = k_l * \frac{n * N_d}{50 * l} \quad (5)$$

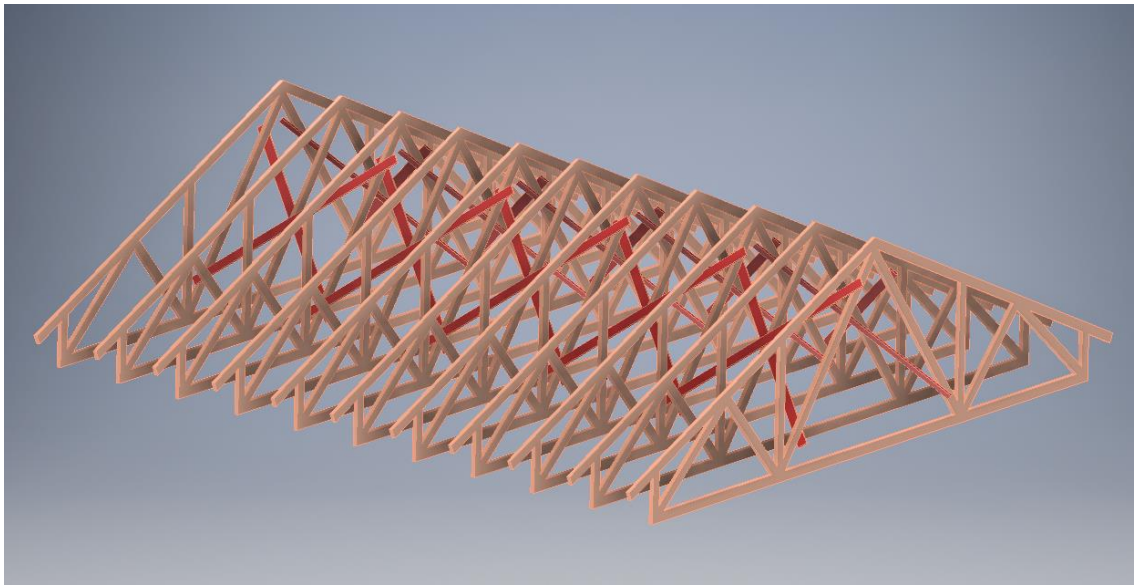
Jossa k_l on pienenennyskerroin, jolla huomioidaan asennustoleranssin suhteellinen virhe paarteen pituuden mukaisesti. n on jäykistyskentän vierekkäisten kannattinten lukumäärä. N_d on tietyn jännevälin keskiarvoinen puristusvoiman arvo, joka vaikuttaa yläpaarteessa. Jänneväliä kuvaa nimittäjässä oleva l . (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2013, s.22.)

Tuulikuormituksen ja poikittaistuennan aiheuttaman kuormituksen lisäksi huomioidaan rakenteen pystysuuntaisen vinouden aiheuttama voima. Lisävaakavoima voi syntyä edellä mainitusta vinoudesta, mutta myös kuormituksen poikkeavasta suunnasta epäedullisempaan suuntaan päin. NR-rakenteissa nämä voimat jäävät usein suhteellisen pieniksi niin, että niitä ei tarvitse huomioida kokonaiskuormituksessa. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2013, s.24.)

5.4.2 Nurjahdustuenta

NR-ristikkorakenteissa puristuskuormitetut uumasauvat on suunniteltu kestävämmään kuormitus kannattimen tason suunnassa nurjahtamatta. Kuitenkin kohtisuorassa suunnassa sauvat tarvitsevat usein nurjahdustuen, jonka tarve määritetään

puristuskuormitetun sauvan nurjahdussääntöjen mukaisesti. Nurjahdusmitoitusta tehdessä NR-rakenteilla on huomioitava kaikki nurjahdusmuodot, sillä niiden väliset eroavaisuudet tuentavoimiin voivat olla huomattavat. Tyypillisesti nurjahdustuenta toteutetaan naulaamalla lauta sauvan keskelle, jolloin se toimii vedettynä sauvana jäykistäen uumasauvoista koostuvaa kokonaisrakennetta. Tuennan jäykkyyttä arvioidaan naulakiinnitteisten liitosten liitosliukuman perusteella. Alapuolella kuvassa 3 esitetään esimerkki uumasauvojen nurjahdustuennasta, joka on järjestetty vinositeillä naulaamalla lautoja diagonaalien pintaan. Kuvassa vinositeet on havainnollistettu muusta ristikkorakenteesta punaisella värillä. Uumasauvojen lisäksi myös puristuskuormitetut paarreasat on hyvin usein tuettava sivusuunnassa. (Suomen rakennusinsinöörien liitto 2013, s.14-20, 73.)



Kuva 3. Esimerkki uumasauvojen nurjahdustuennasta (mukaiillen Suomen rakennusinsinöörien liitto 2013).

6 YLÄPOHJAN RAKENNUSFYSIKKA

6.1 Yläpohjan rakennusfysikaaliset rasitukset

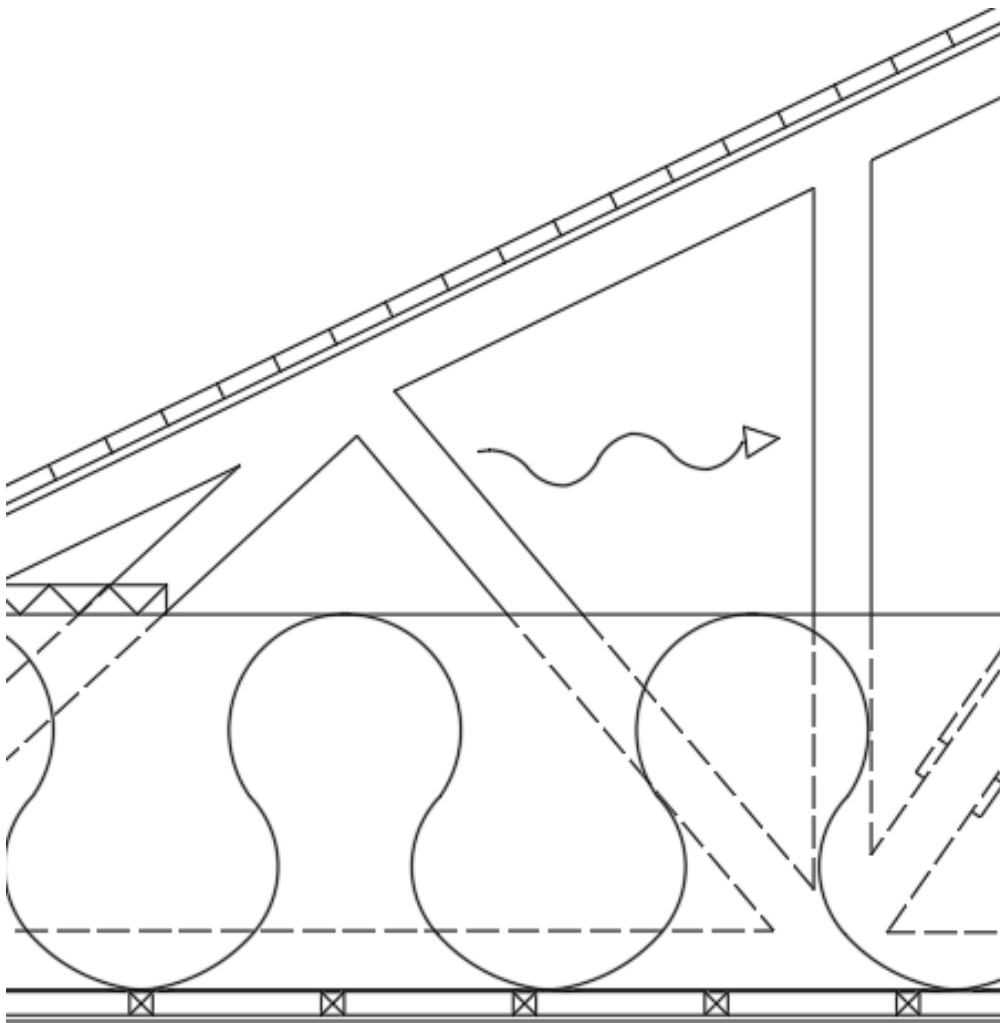
Rakennusfysikaaliseen suunnitteluun kuuluu ilman, kosteuden sekä lämmön siirtymisen hallinta rakenteissa suunnittelemalla rakenteiden toiminta kestäväseen käytön ja ympäristön aiheuttamat rasitukset. Rakennusfysikaalisella suunnittelulla vaikutetaan suoraan muun muassa rakenteiden elinikään, energiatehokkuuteen sekä ympäristövaikutuksiin. Suunnittelu tehdään pohjautuen laskentatarkastuksiin ja rakenteelliseen suunnitteluun lainsäädännön asettamien teknisten vaatimusten toteuttamiseksi. Yläpohjalle aiheutuu ympäristörasitusta muun muassa sadevedestä, sisäilman kosteudesta, vuotovesistä, ilmanpaine-eroista sekä tuulen paineesta tai imusta. Lumikerros katolla voi aiheuttaa ongelmia keväisin lumikerroksen sulassa, jolloin paineellinen vesi lumen alla ei saa siirtyä kattorakenteisiin. Merkittävää rasitusta yläpohjalle aiheuttaa myös alapuolella oleva sisäilma, jonka kosteus kulkeutuu helposti ilmavuotojen tai diffuusion välityksellä. Lisäksi muun muassa lämpötilaerot sisällä ja ulkona, ilmanvaihdon toimivuus sekä rakennuksen korkeudellinen asema voivat aiheuttaa ilmanpaine-eroja yläpohjan ja ulkoilman väliin, joista aiheutuu haitallisia rakenteen läpi kulkevia ilmavuotoja. (Heljo & Vinha 2014, s.17, 91.)

Rakennuksissa eri osien välillä saattaa olla merkittäviä vesihöyryn osapaine-eroja, jotka aiheuttavat diffuusiota eli vesihöyryn liikettä rakenteen läpi. Nämä osapaine-erot eivät ole kuitenkaan rakennusfysikaalisesti yhtä kuormittavia kosteuden suhteen kuin vaipparakenteen läpi pääsevät haitalliset ilmavirrat, jotka kuljettavat mukanaan sisäilman kosteutta. Vaikka ilmanpaine-erot sisä- ja ulkopinnan välillä ovat pieniä, jatkuva sisätilassa vallitseva ylipaine voi saada ilman virtaamaan suurina määrinä esimerkiksi yläpohjan välikaton eristeeseen, jossa kostea ilma voi viilentyessään tiivistyä vedeksi. (Siikanen 2016, s.138-142.)

6.2 Tuulettuva yläpohjarakenne

Tuulettuva yläpohjarakenne on yleisimmillä rakenneratkaisuilla hyvin vahva suositus tai jopa välttämättömyys, sillä kosteuden vaikutusta rakenteellisiin osiin ei voida välttämättä kokonaan estää. Hyvin tuulettuvassa yläpohjarakenteessa vesikatemateriaalin ja lämmöneristemateriaalin välillä on ilmatila, joka on yhdistetty suoraan ulkoilmaan tuuletuksen järjestämiseksi. Ilmankierron tarkoituksena on kuivattaa yläpohjatilaa luvussa 6.1 mainitusta yläpohjarakenteisiin siirtyvästä kosteudesta, mutta myös pienten vesivuotojen ja rakennusosien kosteudesta. Hyvin toimivassa tuulettuvassa rakenteessa ilma virtaa tehokkaasti painovoimaisella ilmanvaihdolla, tuulen vaikutuksen avulla tai koneellisesti. Kuvassa 4 esitetään esimerkki tuulettuvasta yläpohjarakenneratkaisusta, jossa näkyvät tyypillisimmät tuulettuvan yläpohjarakenteen osat. (Heljo & Vinha 2014, s.92, 101.)

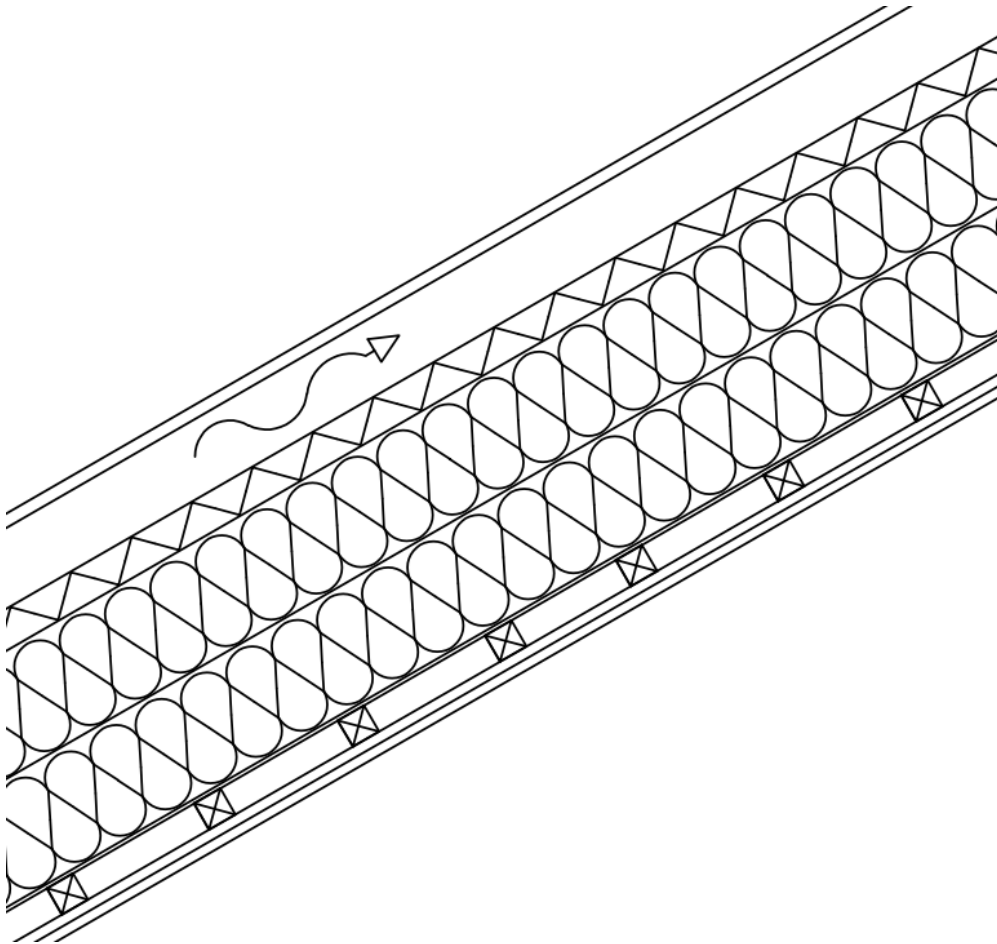
Kuvan 4 esimerkkitapauksessa ristikkorakenteisessa yläpohjassa ylimpänä, eli vesikatemateriaalina on bitumikermikate, joka on asennettu rakennesuunnitelman mukaiselle rakennuslevylle. Sen alapuolella on kantava ristikkorakenne, jonka ohitse räystäältä nuolen suuntaisesti nouseva ilma pääsee tuulettamaan rakenteita kuvassa vasemmalla näkyvän tuulenojaimen ohjaamana. Tuuletusvälin alapuolella on lämmöneriste, jonka alapuolelle on asennettu ilman- ja höyrynsulku. Ilman- ja höyrynsulun alapuolelle on kiinnitetty puukoolausta, jonka pintaan on asennettu rakennuslevy. (Rakennustietosäätiö 2010.)



Kuva 4 Rakenneleikkauskuvat tuulettavasta ristikkorakenteisesta yläpohjaratkaisusta (mukaillen Rakennustietosäätiö 2010).

Kuvassa 5 on toinen esimerkki tuulettuvan yläpohjan ratkaisusta, jossa katon kantavana rakenteena on vino puupalkki. Vesikatteena on peltikate, joka on asennettu havuvanerin päälle. Havuvaneria kannattelevat puupalkit, jonka molemmin puolin on vähintään 100 mm korkea tuuletusväli, jossa ilmavirtaus nousee alhaalta räystäältä nuolen mukaisesti ylöspäin. Tuuletusvälin alapinnassa on tuulensuojapintainen eriste, jonka alla kaksinkertainen 200 mm kivivilla. Kivivillan ja kattokannattajan alapintaan on asennettu ilman- ja höyrynsulku, jota tukee rakennuslevy. Rakennuslevyn alapintaan on lisätty puukoolaus, jonka alla on palomitoituksen vuoksi asennettu kaksinkertainen

rakennuslevy. Kuvasta puuttuu esimerkkikuvaan kuulunut sprinkleriputki.
(Rakennustietosäätiö 2010.)



Kuva 5. Puupalkkikannatteinen tuulettuva yläpohjarakenne (mukaihen Rakennustietosäätiö 2010).

6.3 Yläpohjan ilmatiiviys, höyrynsulku ja tuuletus

Suomessa on rakennusmääräyksiin kirjattu vaatimus rakennuksen tilojen välisille tiiveyksille. Rakenteiden ja rakennusvaipan on oltava tiiviiden suhteen luokiteltu niin hyvin, että vuotokohdista läpi pääsevät ilmavirtaukset eivät aiheuta minkäänlaisia riskejä rakennusfysikaalisesta näkökulmasta rakenteille, käyttäjille tai energiatehokkuudelle. Vaatimusten toteuttamiseksi rakennuksissa asennetaan usein erillinen ilmansulku, jonka asennuksen jälkeen tilan tiiviysarvon täytyy täyttää määräyksissä ilmoitettu

ilmanvuotoluku. Ongelmakohtia tiiviiden suhteen tuottavat yleensä läpiviennit ja liitokset, joissa tiivistys on tehtävä huolellisesti. (Siikanen 2016, s.142.)

Yleensä ilmansulku ja höyrynsulku toteutetaan samalla ainekerroksella, joka asennetaan mahdollisimman tiiviisti ilmapuotojen ehkäisemiseksi huonosti vesihöyryä läpäisevällä materiaalilla. Ilman ja höyrynsulun materiaalina käytetään esimerkiksi vahvistettua tarkoituksen mukaista muovikalvoa, yhtenäiseksi rakenteeksi tiivistettyä XPS-solumuovilevyä tai polyuretaanilevyä. Ilman- ja höyrynsulku asennetaan tavanomaisesti lämmöneristeen pintaan lämpimälle puolelle, jolloin tiivistys toimii optimaalisella tavalla. (Heljo & Vinha 2014, s.99.)

Yläpohjaa suunniteltaessa tuuletuksen tehokkuuden tarve määräytyy arvioituun kosteuden määrään, jota yläpohjaan oletetaan muodostuvan edellä mainituista tekijöistä. Painovoimaisesti järjestetty tuulettuva yläpohjarakenne ottaa yleensä sisään tulevan ilman räystäältä, jolloin nostevirtauksessa ilman lämmitessä se kevenee ja saa näin aikaan luonnollisen ilman liikkeen ylöspäin. Jyrkillä katoilla korkeuserot ovat suuria, jolloin nostevirtauksen aikaansaama ilman virtausnopeus on suuri, kun taas loivilla katoilla suurta korkeuseroa ilmanotto- ja poistoaukoille ei saada. Näin ollen tuuletusaukon pinta-alaa on suurennettava riittävän tuuletuksen aikaansaamiseksi. Tuuletusreitit on ilmavirran aikaansaamisen lisäksi suunniteltava mahdollisimman yhtenäisiksi siten, että palkit eivät ole välien esteenä ja ilma pääsee vaihtumaan koko yläpohjan tuulettuvaksi tarkoitetulla alalla. (Heljo & Vinha 2014, s.92-101.)

7 YHTEENVETO

Tässä kandidaatintyössä tavoitteena oli tutkia pientalojen yläpohjarakenteita rakennesuunnittelun näkökulmasta. Yläpohjarakenne voi olla integroitu kattokannattajien ympärille tiiviisti kuten kuvassa 5 tai laajempi tila, kuten kuvan 4 ristikkorakenteessa. Yläpohjarakenne on kuitenkin aina toiminnallinen kokonaisuus, jonka vaatimuksina on pientalon kattoon kohdistuvien kuormitusten kantaminen, rakennusfysikaalisten rasitteiden sekä muiden ympäristökuormien hallinta.

Yläpohjarakenteisiin kohdistuville lumi-, tuuli-, ja hyötykuormituksille on olemassa standardeihin perustuvat kaavat, joiden yhteisvaikutukset otetaan huomioon erilaisissa kuormayhdistelmissä. Näiden kuormayhdistelmien avulla voidaan osoittaa Eurokoodin mukaiset käyttörajatilat ja murtorajatilat, joiden perusteella kokonaisvarmuus rakenteelliseen varmuuteen ja rakennuksen turvallisuuteen saadaan selville.

Pientaloissa kantava rakenne on tehty usein puupalkkikannattimilla erilaisista puutuotteista tai puuristikoilla, jonka kolmiorakenteen ansiosta saavutetaan suuriakin jännevälejä kantava rakenne. Suunniteltaessa on huomioitava kantavuuden lisäksi myös jäykistysrakenteet, joiden merkitys kasvaa erityisesti hoikilla ristikkosauvoilla ja suurilla vaakasuuntaisilla kuormituksilla. Kantavan rakenteen ympärille on järjestettävä olosuhteet, joilla turvataan esimerkiksi ilmanpaine-eroista johtuvat rakennusfysikaaliset rasitukset.

Tässä kandidaatintyössä käsiteltiin lähinnä Suomen olosuhteisiin rakennettavien pientalon yläpohjarakenteita. Rakennesuunnittelun näkökulmasta huolimatta, tarkempi laskentapohjainen teoria rajattiin ulkopuolelle. Aiheen käsittelyä olisi mielenkiintoista jatkaa lisää tekemällä esimerkkimitoitus yläpohjarakenteelle perustuen Eurokoodien mukaisiin rajatilamitoituksiin.

LÄHDELUETTELO

Heljo, J. & Vinha, J. (2014). Rakennusfysiikka: I, Rakennusfysikaalinen suunnittelu ja tutkimukset. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Lianto, F., Trisno, R. & Teh, S. W. (2018). The truss structure system. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(11), 2460-2469 [verkkodokumentti].
 Saatavissa: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85058064879&partnerID=40&md5=9154312ca04248d8fd647165b567dfe9> [viitattu 18.3.2021]

Mäkipuro, R. (1987). Puurakenteet. 1. Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Puuinfo Oy. (2020). Puurakenteiden lyhennetty suunnitteluohje, Eurokoodi 5 [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/eurokoodi-5-lyhennetty-suunnitteluohje/> [viitattu 28.3.2021]

Rakennustietosäätiö. (1993). RT 85-10495 Puuristikot ja -kehät.

Rakennustietosäätiö. (2010). RT 83-11010 Yläpohjarakenteita.

SFS-EN 1990 (2010). Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Suomen Standardisoimisliitto SFS: 184 sivua

SFS-EN 1995-1-1 (2014). Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu. Suomen Standardisoimisliitto SFS: 222 sivua

Sherwood, G. E. & Stroth, R. C. (1990). Wood-frame house construction. Repr. New York: Dover.

Siikanen, U. (2016). Puurakentaminen. 2., uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Suomen rakennusinsinöörien liitto. (2004). Puurakenteiden suunnitteluohjeet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto.

Suomen rakennusinsinöörien liitto. (2013). NR-kattorakenteen jäykistyksen suunnittelu ja toteuttaminen. [Uud. p.]. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL.

Tikanoja, T., Sumkin, H. & Åström, G. (2017). Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat: Eurokoodit EN 1990, EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 ja EN 1991-1-4. [Helsinki]: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

Ympäristöministeriö (2016). Suomen rakentamismääräyskokoelma, Kantavien rakenteiden suunnitteluperusteet. [verkkodokumentti] Saatavissa: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/lopullinen-suunnitteluperusteet-2016-C352472F_E7C4_4653_BF44_1AB47FB50CB0-137127.pdf/00fb719c-365d-d570-618e-cad1004fbc5b/lopullinen-suunnitteluperusteet-2016-C352472F_E7C4_4653_BF44_1AB47FB50CB0-137127.pdf?t=1603260660111 [viitattu 31.3.2021]