

**Rovaniemen ammattikorkeakoulu
Kai Ryyänen
Lehtori, erityisasiantuntija Lumi- ja jäärakentaminen**

**RAKENTEELLISEN PALONEHKÄISYN, TURVALLISUUDEN JA RAKENTAMISEN
OHJAUKSEN OPINTOPÄIVÄT 17. – 19.11.2010 ÄKÄSHOTELLI YLLÄS, KOLARI**

LUENTOAINEISTOA – RYYNÄSEN ESITYKSEEN

Lumirakenteiden suunnittelu RIL 218-2001 mukaan

Lumirakenteiden suunnittelussa tulee olla lähtökohtana rakennetta käyttävien ihmisten turvallisuus. Tässä käsitellään vain sellaisia rakenteita, jotka ovat suuruudeltaan tai käyttötarkoitukseltaan sellaisia joihin tarvitaan viranomaislupa. Tällaisia rakenteita ja rakennelmia ovat lähinnä sellaiset jotka tehdään ns. yleisökäyttöön ja ovat kooltaan suuria. Usein tällaisiin rakenteisiin mennään sisälle ja sen alle.

Lumirakenteiden suunnittelu on normaalia rakennusinsinöörin tekemää suunnittelutyötä, jossa materiaali on totutusta poikkeava.

Rakentamista Suomessa ohjaa ensisijassa Maa- ja rakennuslaki ja -asetus. Lisäksi viranomaiset ovat antaneet Suomen rakentamismääräyskokoelmassa määräyksiä ja ohjeita joita tulee noudattaa. Laissa määritetään tarkasti millaisiin rakennuksiin lupa tulee hakea. Eräissä Suomessa rakennetuissa lumirakennuksissa viranomaiset ovat vaatineet tilapäisen rakennuksen luvan. Näin meneteltiin esimerkiksi vuoden 2000 Rovaniemen lumikirkossa sekä Kemissä vuosittain rakennettavassa Kemin lumilinnassa

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto r.y. on vuonna 2001 julkaissut **Lumirakenteiden suunnittelu- ja rakentamisohteet, RIL 218-2001**. Tässä ohjeessa annetaan lumirakenteiden suunnittelijalle selkeitä malleja ja ohjeita oikein suoritettavaan suunnitteluun.

Lumirakenteiden suunnittelu- ja rakentamisohteita voidaan soveltaa seuraavissa tapauksissa:

- rakennetaan lumesta kantavia rakenteita
- lumen tiheys rakenteissa on 400 – 800 kg/m³, lumen vähimmäistiheys on 400 kg/m³
- kyse on luvanvaraisesta rakentamisesta
- lyhytaikaiset, kausittaiset rakenteet (käyttöaika alle 6 kk)
- rakennettaessa on varmistettava lumelle riittävästä tiivistys ja tiheydestä

Ohjeen mukaan suunniteltaessa tehdään rakenteille laskelmia seuraavasti:

- murtorajatilalaskelmilla osoitetaan rakenteiden varmuus murtumista ja kaatumista vastaan
- käyttörajatilalaskelmilla muodonmuutoksia vastaan
- laskelmissa huomioitava lumen materiaaliominaisuudet
- erityisesti huomioidaan lumen heikko vetolujuus, säätekijät sekä lumen suuri ja nopea viruma
- laskelmat perustuvat osavarmuuskerroinmenettelyyn

Lumirakenteiden suunnittelussa lähtökohtana on tuntea lumen materiaaliominaisuudet ja lumen käyttäytyminen rakenteessa.

Lumirakenteiden suunnittelussa on noudatettava Suomen rakentamismääräyskokoelmassa annettuja määräyksiä ja ohjeita. Rakenteiden kuormitukset lasketaan RakMK:n osaa B1 (rakenteiden varmuus ja kuormitukset) sekä Rakenteiden kuormitusohjeet (RIL 144) noudattaen.

Lumirakenteiden suunnittelussa on kaksi vaihtoehtoa. Rakenteet suunnitellaan joko murtorajatilassa tai käyttörajatilassa.

Lumen materiaaliosavarmuuskertoimina käytetään seuraavia arvoja:

- murtorajatilatarkasteluissa
 - o $\gamma_m = 5,0$ kun jaetaan ominaislujuudet laskenta-arvojen saamiseksi.
 - o $\gamma_m = 3,0$ kun kimmomoduulin ja viskositeetin ominaisarvot jaetaan laskenta-arvojen saamiseksi
- käyttörajatilatarkasteluissa $\gamma_m = 1,0$.

Murtorajatilassa lumirakenteet suunnitellaan kestäämään rakenteen murtoa. Rakenteen tulee kaikessa tilanteessa pysyä ehjänä riippumatta kuormituksesta. Mitoituksessa tarkistetaan, etteivät rakenteen laskentakuormat suurempia kuin lumen laskentalujuudet ja ettei rakenne menetä näistä johtuen tasapainoa käytön aikana.

Puristusjännitys ei saa ylittää missään kohdassa laskentapuristuslujuutta $\sigma_c \leq f_{cd}$. Puristusjännitys voidaan laskea pääpuristusjännityksenä.

Leikkausjännitys, mikäli sitä esiintyy, ei saa ylittää laskentaleikkauslujuutta $\sigma_v \leq f_{vd}$. Leikkausjännityksiin lumirakenteessa liittyy yleensä samanaikainen normaalijännitys

Vetojännitystä ei yleensä lumelle sallita, mutta jos vetoa esiintyy rakenteessa, se ei saa ylittää lumen vetolujuutta $\sigma_t \leq f_{td}$. Vetolujuus murtorajatilassa oletetaan lumelle nolllaksi. Vetojännitys voidaan laskea päävetojännityksenä.

Stabiliteetti eli tasapaino on myös otettava huomioon. Tällöin tulee tarkastella mm. vapaasti seisovan suoran ja tasapaksun lumirakenteen osalta se, ettei rakenne nurjahda omasta painosta käytön aikana.

Kaatuminen on otettava huomioon mitoittavana tekijänä kun lumirakenteinen seinä, muuri tai torni on rakenteena riittävän hoikka (merkitään $\lambda > 20$) tai rakenne on yli 4 m korkea. Kaatumistarkastelussa voidaan huomioida tukevien rakenteiden vaikutus. Varmuus on riittävä kun rakenteen alareunan pystysuora puristusjännitys on pienempi kuin lumen puristuslujuus $\sigma_c \leq f_{cd}$.

Läpilyönti, eli kupolirakenteessa esiintyvä yläosan leikkaantumisen kuormien vaikutuksesta, tulee huomioida laakeissa kupoleissa ja holveissa.

Käyttörajatilatarkastelussa on kyse siitä, että lumirakenteelle asetetaan tietyt raja-arvot eri osioihin, joita seuraamalla voidaan tehdä johtopäätöksiä milloin rakenne on saavuttanut sen teknisen käyttöiän.

Lähtökohdana usein on se, että lumirakenteesta seurataan muodonmuutoksia tietyistä kriittisistä pisteistä. Koska lumella on suuri viruma, tapahtuu lumirakenteessa käytön aikana suuria muodonmuutoksia. Nämä muodonmuutokset ovat lähinnä pystysuoria ja pyrkivät painamaan lumirakennetta kasaan.

Lumirakenteen suunnittelussa voidaan painumat arvioida laskemalla ne tietyillä valmiilla kaavoilla. Seinä-, muuri- ja tornirakenteille laskenta ei ole vaikeaa, mutta kupoli- ja holvirakenteilla laskenta on varsin monimutkaista.

Vapaasti seisoville rakenteille (seinä, muurit, tornit), tulee tehdä käytön aikana ilmenevän kallistuman arviota, mikäli rakenteen korkeuden L ja kallistuman suuntaisen ja rakenteen kannan poikkileikkausmitan H suhde on suurempi kuin 2,5. Rakenteelle voidaan olettaa ns. perusepäkeskisyys $L/50$. Tuulen aiheuttama vaikutus voidaan arvioida tapauskohtaisesti.

Rakenteiden sallittu painuma arvioidaan tapauskohtaisesti. Arviossa kiinnitetään huomiota mm. ikkuna- ja oviaukkojen toimivuuteen ja rakenteen yleiseen siisteyteen. Mikäli ei aseteta muita painuman raja-arvoja, saa vapaasti seisova rakenne painua enintään $L/5$, kun L on tarkastelupisteen pystysuora etäisyys rakenteen alareunasta. Holvi-, kaari- ja kupolirakenteilla painuma saa olla enintään $L/8$ (L on lakipisteen pystysuora etäisyys rakenteen alareunasta).

Käytön aikana rakenteiden kallistumat on myös huomioitava rakenteen suunnittelussa. Kallistumille voidaan asettaa suunnittelussa tietyt raja-arvot tapauskohtaisesti, mutta ohjeessa sallitaan seinä, muuri- ja tornirakenteille mielivaltaisen pisteen vaakasuora siirtymä enintään $L/20$, kun L on pisteen vaakasuora etäisyys rakenteen alareunasta.

Mitä rakenteita lumesta voidaan suunnitella?

Lumesta voi suunnitella ja rakentaa lähes millaisia rakenteita tahansa, kunhan muistaa ottaa peruslähtökohdaksi sen, että **lumirakenteet suunnitellaan puristusrakenteiksi**. Vetorasituksia tulee välttää.

Tyypillisin rakenne on seinä, muuri tai tornirakenne, jotka ovat pystysuoria joko tasapaksuja tai ylöspäin kapenevia.

Kaari- ja holvirakenteet ovat yleistyneet etenkin rakenteissa, joihin ihmiset pääsevät sisään. Näissä rakenteissa kaaren ja holvin muoto tulee tehdä sellaiseksi, että jokaisessa kaaren ja holvin poikkileikkauksen pisteessä rakenne on puristusrakenne. Mitoituksessa on huomioitava kaaren kannassa eli alaosassa syntyvät sisäiset jännitykset ja laen painuma ja muut muodonmuutokset.

Kupolirakenteet ovat joka suuntaan kaartuvia rakenteita, jotka ovat osoittautuneet toimivaksi rakenteeksi lumirakentamisessa.

Rakenteisiin kuuluvat myös edellisiin rakennetyyppeihin liittyen ovi- ja ikkuna-aukot.

Piirustukset

Lumirakenteista laaditaan rakennepiirustukset, joissa tulee selville suunnitellun rakenteen muoto rakennusvaiheessa. Piirustuksista tulee ilmetä rakenteen päämitat ja apumitat joita tarvitaan rakenteen toteuttamiseen. Piirustuksissa annetaan myös rakenteen sulkemiseen ja purkamiseen johtavat muuttuneet rajamitat.

Piirustuksissa esitetään lumirakenteesta seuraavat asiat:

- rakenteiden mitat ja sallitut mittapoikkeamat
- ominaiskuormat eli kuormat joita ei ylitetä rakenteen käyttöaikana
- lumen vähimmäistiheys eri osissa rakennetta
- muut materiaalit rakenteessa, kuten esim. teräs ja puukannakkeet
- ovet, ikkunat, syvennykset ja muut heikennykset

- rakenteiden arvioidut painumisnopeudet
- rakenteiden sallitut kallistuskulmat
- muut rakenteiden lujuuteen ja turvallisuuteen vaikuttavat tiedot

Lumirakennustyössä käytettävistä muoteista laaditaan omat piirustukset. Muotit tulee mitoittaa lumesta ja muottien siirrosta aiheutuville kuormille. Muottipiirustukset laaditaan käytettävän materiaalin mukaan. Tarvittaessa muoteista tehdään käyttösuunnitelma.

Työselostus

Piirustuksia voidaan täydentää tarvittaessa työselostuksella. Työselostuksessa kerrotaan kirjallisesti miten, eri rakennusvaiheet tulee tehdä.

Siinä annetaan ohjeita ja suosituksia mm. seuraavista asioista:

- käytettävän lumen laadusta
- lumen tiivistysmenetelmät
- lumen laatu ja käsittely
- mahdollinen veden lisäys
- muottien kestävyys

Lumirakenteiden rakentaminen

Lumirakentamisessa noudatetaan ja sovelletaan mm. maa- ja rakennuslakia ja -asetusta, Suomen rakentamismääräyskokoelmaa ja rakennusvalvontaviranomaisten antamia määräyksiä ja ohjeita.

Rakenteissa voidaan käyttää sekä luonnonlunta että tekolunta. Kantavissa rakenteissa käytetty lumi on tiivistettävä rakennepiirustuksissa ilmoitettuun tiheyteen ja tiheys tulisi varmistaa kokeellisesti. Lumi tiivistetään massan avulla.

Lumirakenteiden suunnitteluprosessin kulku

Suunnitteluprosessi sisältää seuraavia vaiheita:

1. määritetään rakenteen mitat
2. luodaan rakennemalli ja siihen kuormat jotka rasittavat rakennetta
3. arvioidaan lumelle vaadittava tiheys ja viskositeetti
4. määritetään 1. aikajakso kuormitusvaiheelle
5. lasketaan ko. ajalle jännitykset ja muodonmuutokset
6. arvioidaan rakenteen muutokset ja muuttuneet kuormat
7. arvioidaan lumen uusi tiheys
8. arvioidaan uusi viskositeetti
9. korjataan rakenteen geometriaa em. muutosten jälkeen
10. määritetään 2. aikajakso kuormitukselle
11. toistetaan kohdat 6. – 9.
12. määritetään 3. aikajakso kuormitukselle.

Laskenta voidaan lopettaa kunnes saavutetaan käyttörajatilan tai murtorajatilan asettamat rajoitteet rakenteen käytölle, ks. edellä.

Lopuksi rakenteelle määritetään purkuaika.