



# Puukerrostalojen sääsuojaus – siltanosturilliset sääsuojat

Susanna Niinivirta

OPINNÄYTETYÖ  
Joulukuu 2023

Rakentamisen ylempi tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakentamisen ylempi tutkinto-ohjelma

NIINIVIRTA SUSANNA:  
Puukerrostalojen sääsuojaus – Siltanosturilliset sääsuojat

Opinnäytetyö 43 sivua  
Joulukuu 2023

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa suunnitteluohje siltanosturillisten sääsuojien suunnittelun tueksi. Työn tilajana oli Ramirent Finland Oy.

Opinnäytetyössä käytiin läpi sääsuojan suunnittelun vaiheita, huomioitavia asioita sekä mitoitus. Työssä käsiteltiin sääsuojasuunnittelua yleisellä tasolla, mutta huomio pidettiin vapaasti seisovissa puukerrostalokohteisiin soveltuvissa sääsuojissa, joihin on integroitu siltanosturi puuelementtien asennusta varten. Opinnäytetyössä sääsuojan mitoitus tehtiin sääsuojien suunnittelussa käytettävien standardien SFS-EN 16508 ja SFS-EN 1991-1-4 mukaisesti.

Suunnitteluohje pidettiin salassa ja erillään opinnäytetyöstä sen sisältämän liikesalaisuuden vuoksi. Suunnitteluohjetta ja opinnäytetyötä voidaan hyödyntää tilaajayrityksessä suunnittelun tukimateriaalina ja uuden työntekijän perehdytysmateriaalina.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Master's Degree Programme in Construction Engineering

NIINIVIRTA SUSANNA:

Weather protection of wooden apartment buildings – Weather protection with overhead crane

Master's thesis 43 pages  
December 2023

---

The purpose of this thesis was to produce design instructions to support the design of weather protection with overhead crane. The client was Ramirent Finland Oy.

In the thesis, the design of the weather protection was reviewed step by step. Also, structural design was discussed in the thesis. The focus was on the free-standing weather protection and topic was discussed at a general level to manage the extent of the thesis and to keep trade secret. Focus was kept on a smaller span weather protection roofs where it is possible to use overhead cranes. The overhead crane is designed for installation of wooden elements so this kind of weather protection is used for construction of wooden apartment buildings. In the thesis the structural design was done accordance with the standards SFS-EN 16508 and SFS-EN 1991-1-4.

The design guide was kept secret and separate from the thesis due to the trade secret it contains. The thesis and the design guide can be used in the client company as support material for design work and as orientation material for a new employee.

---

Key words: weather protection, wooden element construction

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	SÄÄSUOJA OSANA KOSTEUDENHALLINTAA .....	8
3	SÄÄSUOJA.....	10
	3.1 Säätuojaratkaisut puurakennuskohteisiin .....	11
	3.1.1 Vapaasti seisova säätuoja .....	11
	3.1.2 Vapaasti seisova säätuoja siltanosturilla .....	13
	3.1.3 Nouseva säätuoja siltanosturilla .....	14
	3.2 Säätuojan valintaperusteet.....	15
4	SÄÄSUOJAN SUUNNITTELU .....	16
	4.1 Omapaino ja käyttökuorma .....	17
	4.2 Kuormitusyhdistelmät.....	18
	4.3 Lumikuorma .....	19
	4.4 Tuulikuorma .....	20
	4.5 Todennäköisyyskerroin $C_{prob}$ .....	24
	4.6 Pintoihin vaikuttava tuulenpaine.....	25
	4.7 Kitkakuorma .....	30
	4.8 Ankkurointi .....	32
	4.9 Jäykistys .....	32
	4.10 Staattinen tasapaino .....	33
	4.11 Siltanosturi.....	36
	4.12 FEM-laskenta .....	39
5	SUUNNITTELUOHJE .....	40
6	POHDINTA .....	42
	LÄHTEET.....	43

## LYHENTEET JA TERMIT

A	pinta-ala
$A_{fr}$	kitkakuorman vaikutusalue
$A_{ref}$	tuulikuorman vaikutusala
b	tuulen suuntaa vastaan kohtisuora pinnan pituus, ellei toisin määritellä
$C_{dir}$	suuntakerroin
$C_e(Z)$	altistuskerroin
$C_{fr}$	kitkakerroin
$C_p$	painekerroin
$C_{pe}$	ulkoisen paineen kerroin
$C_{pe,p}$	ulkoisen paineen kerroin painevoimille
$C_{pe,s}$	ulkoisen paineen kerroin imuvoimille
$C_{pi}$	sisäisen paineen kerroin
$C_{prob}$	todennäköisyyskerroin
$C_r(Z)$	rosoisuuskerroin
$C_o(Z)$	pinnanmuotokerroin
$C_{season}$	vuodenaikakerroin
d	tuulensuuntaisen pinnan pituus, ellei toisin määritellä
$F_{fr}$	kitkavoiman resultantti
$F_w$	tuulikuorman resultantti
$F_{w,e}$	tuulikuorman resultantti ulkoisille kuormille
$F_{w,i}$	tuulikuorman resultantti sisäisille kuormille
$F_{\varphi,k}$	nosturikuorman ominaisarvo
h	rakenteen korkeus
K	muotoparametri
$k_r$	maastokerroin
p	tuulennopeuden 10 minuutin keskiarvon vuotuinen ylitymistodennäköisyys
$Q_{d,i}$	kuorman i mitoitusarvo
$Q_{k,i}$	kuorman i ominaisarvo
$q_0$	nopeuspaineen perusarvo
$q_p$	puuskanopeuspaine

$R_{k,i}$	ominaisarvo materiaalin $i$ lujuudelle
$V_m$	tuulennopeuden modifioitu perusarvo
$V_{b,0}$	tuulennopeuden modifioimaton perusarvo
$V_b$	tuulennopeuden perusarvo
$w$	tuulenpaine
$w_e$	ulkopintoihin vaikuttava tuulenpaine
$w_i$	sisäpintoihin vaikuttava tuulenpaine
$Z$	korkeus maanpinnasta
$Z_e$	ulkopuolisen paineen nopeuskorkeus
$Z_i$	sisäpuolisen paineen nopeuskorkeus
$\gamma_{F,i}$	kuorman $i$ osavarmuuskerroin
$\gamma_{M,i}$	materiaalin $i$ osavarmuuskerroin
$\mu$	vähimmäiskitkakerroin
$\rho$	ilman tiheys
$\varphi_i$	dynaamisuuskerroin
$\psi_i$	yhdistelykerroin

## 1 JOHDANTO

Puurakentaminen on kasvattanut suosiotaan viime vuosina. Puukerrostalojen rakentaminen on yleistynyt ja myös päiväkotij- ja koulurakennuksissa suositaan puurakenteita. Puurakennukset usein edellytetään rakennettavaksi kokonaan säältä suojattuna ja niiden suojaus eroaa merkittävästi betonirunkoisten rakennusten sääsuojauksesta. Yleistynyt puurakentaminen on pakottanut sääsuojatoimittajat reagoimaan ja kehittämään suurempia ja vaativampia sääsuojaratkaisuja.

Tämän työn tarkoituksena on tuottaa Ramirentin toimeksiantona yrityksen suunnitteluosaston käyttöön suunnitteluohje siltanosturillisiin sääsuojiin puurakennuskohteissa. Lähtötilanteessa aiheesta oleva tieto oli hajallaan ja keskittyi muutamman ihmisen taakse. Suunnitteluohjeen tarkoituksena on koota hajallaan oleva tieto sekä toimia uusien suunnittelijoiden perehdytysmateriaalina siltanosturillisiin sääsuojiin. Kilpailuedun takia suunnitteluohje on raportista erillinen ja salassa pidettävä. Julkisessa raportissa käydään läpi yleisellä tasolla sääsuojausta ja sääsuojan mitoitusta. Työ on rajattu puurankarunkoisten suurelementtikerrostalo-kohteiden sääsuojaukseen, joissa voidaan hyödyntää sääsuojaan integroitua siltanosturia. Ramirentin käytössä on pääsääntöisesti Layherin valmistamaa elementtiteline- ja sääsuojamateriaalia, joten työ keskittyy telinvalmistajista Layherin materiaaleihin. Mitoitus noudattaa voimassa olevia standardeja.

## 2 SÄÄSUOJA OSANA KOSTEUDENHALLINTAA

Työmaan kosteudenhallinnan suunnittelun ja organisoinnin tavoitteena on estää kosteusvaurion syntyminen. Jo rakennusvaiheessa hyvin toteutetulla kosteudenhallinnalla voidaan pienentää rakennus- ja elinkaarikustannuksia. Rakennustyömaan kosteudenhallinnan päätavoitteina on estää rakennusmateriaalien ja -tuotteiden kastuminen sekä varmistaa rakenteiden riittävä kuivuminen ja vähentää kuivatustarvetta. Kosteudenhallintatoimilla pyritään luomaan loppukäyttäjälle turvallinen ja terveellinen ympäristö sekä pienentämään materiaalihukkaa ja minimoimaan aikatauluviivästyksset, jolloin myös säästetään rakentamiskustannuksissa. (RIL 250-2020 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen 2020.)

Kosteudenhallinta on osa työmaan olosuhdehallintaa, jolla pyritään minimoimaan kosteusriskit ja mahdollistamaan aikataulun mukainen toteutus sääolosuhteista huolimatta. Olosuhteiden hallinnan keskiössä ovat oikea-aikaisesti ja oikein tehdyt rakenteiden suojaustoimenpiteet, jotka voidaan toteuttaa esimerkiksi erilaisilla sääsuojaratkaisuilla. Työkohteiden ja materiaalien oikeanlaisella suojauksella estetään tuotteiden vaurioituminen, ulkonäkö- ja laatuvirheet sekä terveydelle haitallisten mikrobikasvustojen syntyminen. Suojauksella luodaan edellytykset työnaikaiselle kuivatukselle ja lämmitykselle sekä vähennetään lumen poiston ja jään sulattamisen tarvetta. Sääsuoja useimmiten parantaa työolosuhteita, joka lisää työntekijöiden työ mukavuutta ja parantaa työn laatua. (RIL 250-2020 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen 2020.)

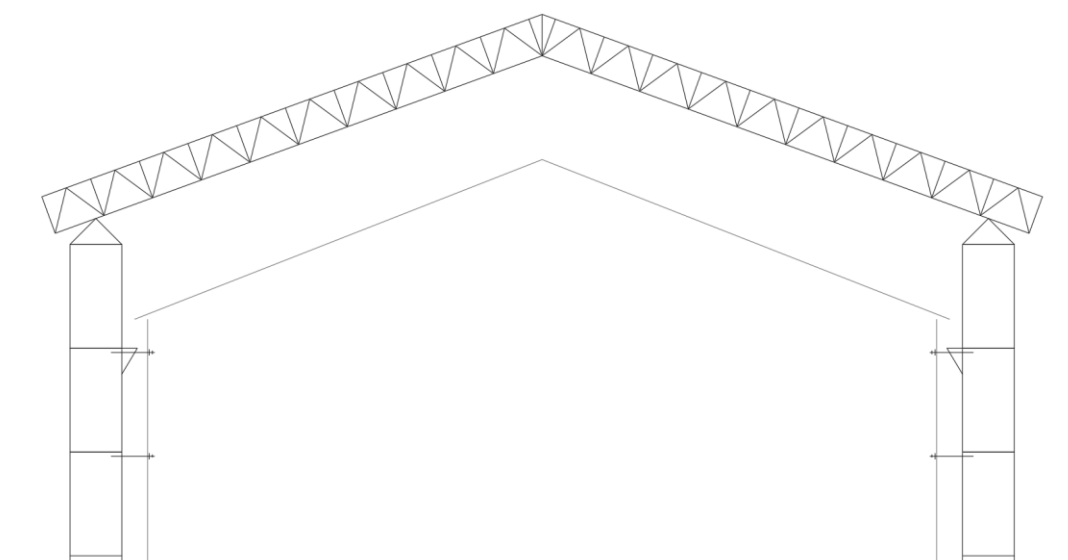
Työmaan rakenteiden, rakenneosien ja rakennusmateriaalien puutteellisesti hoidettu sääsuojaus ja epäonnistuminen työmaan olosuhdehallinnassa ovat yleisiä juurisyitä rakennusten homeongelmiin, sillä ylimääräinen kosteus valmiissa rakenteissa lisää home riskiä. Kosteudenhallinnan suunnittelun ja toteuttamisen sekä homeongelmien ennaltaehkäisemisen ohjaamiseksi on säädetty asetuksia sekä kehitetty erilaisia työkaluja ja toimintamalleja. Näistä esimerkkeinä ovat muun muassa laajasti käytössä oleva 10 merkittävimmän kosteusriskin hallintaan keskittyvä Oulun rakennusvalvonnan kehittämä Kuivaketju10 -toimintamalli sekä Ympäristöministeriön koordinoimana toteutettu valtakunnalliset kosteus- ja home talkoot -toimenpideohjelma. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta painottaa kosteudenhallintaprosessin tärkeyttä ja



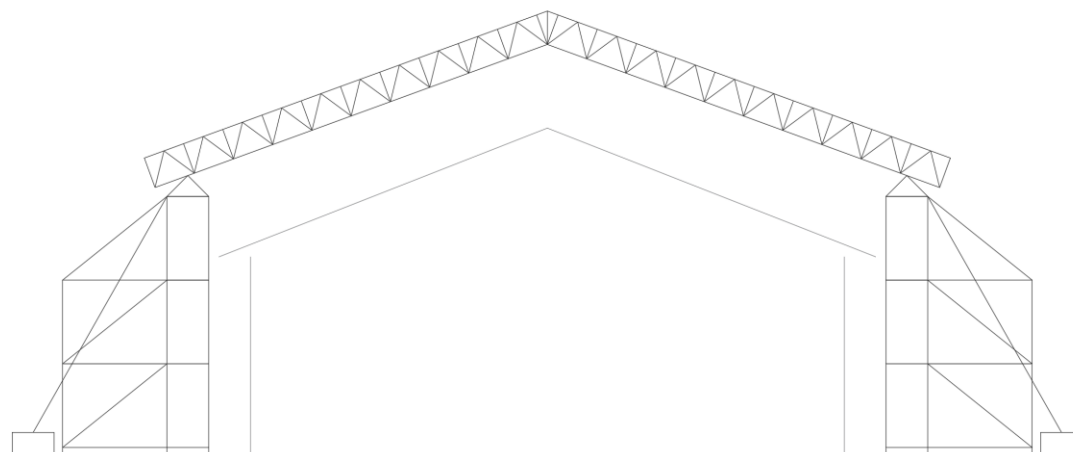
edellyttää kosteudenhallintaselvityksen laatimista sekä kosteudenhallinnasta vastaavan henkilön nimeämistä rakennushankkeessa. Asetuksen mukaan työmaalle tulee myös laatia kosteudenhallintaselvitykseen pohjautuva kosteudenhallintasuunnitelma. (RIL 250-2020 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen 2020.)

### 3 SÄÄSUOJA

Sääsuoja on tilapäinen kattorakenne, jota käytetään rakennuskohteen suojaamiseen sääolosuhteilta. Sääsuojan kattorakennetta tukeva pystyrunko koostuu sauvaelementeistä, yleisimmin teräksisistä elementtitelineosista. Kattorakenne koostuu alumiinisista ristikkopalkeista sekä jäykistävästä sauvaelementeistä. Kattoristikon yläpaarteessa on urat, joita pitkin muovikatteen vedetään paikalleen ja telinerungon ulkopintaan kiinnitetään muoviset telinepeitteet tai telineverkko suojaamaan rakennusta. Muovipeitteiden lisäksi sääsuojan katemateriaalina voi toimia aallotetusta teräslevystä valmistettu kasettikatto. Runkotelineessä voi olla terästasot ja kaiteet työskentelyn mahdollistamiseksi rakennuksen julkisivuilla ja räystäällä. Sääsuoja on jänneväliiltään helposti muokattavissa tarpeen mukaan aina yli 40 metriin asti, myös jänneväliiltään yli 50 metriä sääsuojia on tehty eri toimittajien toimesta. Sääsuojan perustamiseen ja ankkurointiin on olemassa useita erilaisia ratkaisuja, mutta tavallisimmin sääsuoja ankkuroidaan suojattavan rakennuksen runkoon tarkoitukseen sopivilla seinäankkureilla (kuvio 1). Kohdeissa, joissa rakennuksen runkoon ankkurointi ei ole mahdollista, sääsuoja voidaan toteuttaa vapaasti seisovana, jolloin ankkurointi tehdään esimerkiksi betonisilla vastapainoilla tai maa-ankkureilla (kuvio 2).



KUVIO 1. Esimerkki rakennuksen runkoon ankkuroitavasta sääsuojasta, jota tukevat työtasolliset elementtitelineet.



KUVIO 2. Esimerkki vapaasti seisovasta sääsuojasta, jota tukevat elementtitelineet

### 3.1 Sääsuojaratkaisut puurakennuskohteisiin

Puurakennuskohteissa sääsuoja rakennetaan yleensä ennen puuelementtien asennusten aloittamista, usein perustusvaiheen jälkeen. Rakennustyöt suoritetaan kokonaisuudessaan sääsuojan alla ja sääsuoja puretaan vasta rakennuksen ollessa harjakorkeudessa ja vaipan ollessa kauttaaltaan vesitiivis.

Yleisin käytössä oleva ratkaisu puuelementtirunkoisten rakennusten sääsuojaukseen on vapaasti seisova sääsuoja, jossa sääsuojakatos on tuettu elementtitelineiden varaan ja ankkuroitu erillisillä vastapainoilla tai maa-ankkureilla. Ramirentillä on käytössä puukerrostalokohteita varten myös vapaasti seisova sääsuoja, johon on integroitu siltanosturi sekä mastojen varaan rakennettu moottoroitu sääsuoja, joka nousee rakennuksen mukana ja sisältää siltanosturin.

#### 3.1.1 Vapaasti seisova sääsuoja

Vapaasti seisovan sääsuojan (kuva 1) katto tuetaan telinerakenteisiin ja ankkurointi toteutetaan esimerkiksi erillisillä betonipainoilla tai maa-ankkureilla. Useimmiten vapaasti seisovan sääsuojan telinerunkoa joudutaan vahvistamaan lisäämällä telineen leveyttä rakentamalla tukilohkoja sisä- tai ulkopuolelle.



KUVA 1. Vapaasti seisova sääsuoja (Ramirent 2021).

Vapaasti seisova sääsuoja soveltuu esimerkiksi matalien CLT-elementtirunkoisten päiväkotij- ja koulurakennusten suojaamiseen. Rakennuksen leveyden sallissa, puuelementtien asennusta varten on mahdollista tehdä ajoväylät rakennuksen viereen sääsuojan sisään. Ajoväyliltä elementit voidaan nostaa paikalleen kuormausnosturilla varustetulla ajoneuvolla. Kosteusvaurion riski pienenee, kun sääsuojaa ei tarvitse avata elementtien asennusta varten.

Rajoittavia tekijöitä vapaasti seisovan sääsuojan käytössä ovat esimerkiksi sääsuojan jänneväli sekä korkeus. Vapaasti seisova sääsuoja vaatii myös huomattavasti enemmän tilaa, kuin rakennuksen runkoon ankkuroitava sääsuoja. Suunniteltaessa vapaasti seisovan sääsuojan käyttöä rakennuskohteessa, on huomioitava telinerungon tukilohkojen ja vastapainojen tilantarve tontilla, suurikokoisen sääsuojarakenteen vaikutus rakennusaikaiseen logistiikkaan sekä sääsuojamateriaalien tilantarve sääsuojan asennus- ja purkuvaiheissa.

### 3.1.2 Vapaasti seisova sääsuoja siltanosturilla

Vapaasti seisovan siltanosturillisen sääsuojan (kuva 2) pystyrunko ja tukilohkot rakennetaan elementtitelineosista ja siltanosturin ratapalkkia kannatteleva pystyrunko vahvistetaan kestämään siltanosturista aiheutuvat kuormat. Ratkaisu vaatii runsaasti tilaa, sillä valmiiksi massiiviseen sääsuojaan tehdään nostoalue rakennuksen päätyyn, josta elementit voidaan asentaa sääsuojan omalla siltanosturilla paikalleen.

Siltanosturin nostokapasiteetti ja jänneväli rajaavat mahdollisia käyttökohteita. Siltanosturilla varustettu vapaasti seisova sääsuoja soveltuu parhaiten 3–5-kerroksisten, noin 20 metriä runkoleveydeltään olevien puukerrostalojen suojaamiseen, jossa elementtityyppinä on puurankarunkoinen suurelementti.



KUVA 2. Vapaasti seisova sääsuoja siltanosturilla kuvattuna sisältäpäin (Ramirent 2021).

### 3.1.3 Nouseva sääsuoja siltanosturilla

Nouseva siltanosturillinen sääsuoja (kuva 3) perustetaan moottoroitujen teräsmastojen varaan, jolloin sääsuojakattoa ja siltanosturin ratapalkkia voidaan nostaa rakennustyön etenemisen mukaan kerros kerrokselta.

Nousevan sääsuojan hammastangolliset pystymastot perustetaan betonilaitoilta. Maapohjan tasaus ja tiivistys on tehtävä huolellisesti, jotta painava rakenne ei pääse painumaan. Siltanosturin ratapalkki kiinnitetään mastoihin ajoyksiköiden avulla. Sääsuojakatos kiinnitetään sovittimien avulla ratapalkkiin, jolloin se nousee yhtä aikaa siltanosturin kanssa. Palkin alaosaan kiinnitetään peitetyt riipputelineet huoltotasoiksi ja antamaan lisäsuojaa sateelta. Mastojen yläosissa on kiinnikkeet rakennetta vakauttavia vajereita sekä putkijäkisteitä varten. Sääsuoja rakennetaan suojattavaa rakennusta pidemmäksi, jolloin päätyyn jää tilaa nostoalueelle, josta elementtien asennus voidaan tehdä sääsuojan siltanosturilla.

Nouseva siltanosturillinen sääsuoja vie huomattavasti vähemmän tilaa, kuin kokonaan telineosista rakennettu vapaasti seisova siltanosturillinen sääsuoja, mutta siltanosturin jänneväli ja maksimi nostokapasiteetti ovat yhtä lailla käyttökohteita rajoittavia tekijöitä. Nouseva siltanosturillinen sääsuoja soveltuu noin 20 metriä runkoleveydeltään olevien 3–6-kerroksisten puukerrostalojen suojaamiseen, joiden runkorakenteena on puurankarunkoinen suurelementti.



KUVA 3. Nouseva sääsuoja siltanosturilla (Ramirent 2019).

### **3.2 Säsuojan valintaperusteet**

Puurakennuskohteissa säsuojan valinnassa tärkeimpiä kriteerejä ovat käytettävissä oleva tila sekä suojattavan alueen mitat. Vapaasti seisovan säsuojan jänneväli voi olla jopa 40 m ja elementtiasennukset suoritetaan rakennuksen vierestä tai avaamalla säsuojan kattopeitettä. Siltanosturillisten säsuojien käyttökohteena ovat puukerrostalot, joiden runkorakenteena on puurankarunkoinen suurelementti ja runkoleveys maksimissaan noin 20 metriä. Merkittävimmät siltanosturin käyttöä rajaavat tekijät ovat nosturin jänneväli sekä nostokapasiteetti.

## 4 SÄÄSUOJAN SUUNNITTELU

Sääsuojan rakennesuunnittelussa noudatetaan voimassa olevia eurooppalaisia standardeja kansalliset lisäykset huomioon ottaen. Sääsuojan kattorakennetta kannattavien telineiden suunnittelussa noudatetaan standardia EN 12811-1 varmuuskertoimet ja sääsuojan lisävaikutukset huomioon ottaen (SFS-EN 16508 2015). Sääsuojastandardi SFS-EN 16508:2015 sisältää sääsuojan rakennesuunnittelua koskevia sääntöjä.

Elementtitelineiden suunnittelua ja turvallisuutta ohjaa Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009. Elementtitelineen rakennesuunnittelussa käytetään valmistajan laatimaa käyttöohjetta sekä ajantasaisia elementtitelineiden suunnittelua koskevia standardeja.

Valtioneuvoston asetuksen työturvallisuusmääräyksissä edellytetään työtelineettä koskevan suunnitelman laatijalta riittävää pätevyyttä, johon vaikuttavat suunnittelijan koulutustaso sekä käytännön kokemus suunnittelutyöstä. Teline rakenteen rakennesuunnitelman laatijalta edellytetään vähintään teknillisen alan ammattikorkeakoulututkintoa tai vastaavaa aiempaa tutkintoa tai teknikkotason tutkintoa ja perehtyneisyyttä telinerakenteisiin, jos työtelineen rakenteen suunnittelu on vaativaa, korkeus on yli kymmenen metriä tai seisontavakavuus perustuu ankkurointiin. (VNa 205/2009.)

Sääsuojarakenteen suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota siihen, että se on turvallinen pystyttävä, käytävä, ylläpitävä sekä purkaa. Mitoitettaessa rakenteen kestävyyttä sekä vakautta liukumista, kaatumista sekä nousemista vastaan tulee noudattaa murtorajatilamitoitusta. (SFS-EN 16508 2015.)

Elementtitelineestä on laadittava rakennesuunnitelma, jos käyttöohjeessa ei ole Valtioneuvoston asetuksen 205/2009 52 § tietoja tai teline poikkeaa käyttöohjeesta. Rakennesuunnitelmasta on käytävä ilmi muun muassa työtelineen rakenne mittoineen, rakenneosien materiaalit, nousutiet, putoamissuojarakenteet sekä ankkurointi ja muut seisontavakautta lisäävät rakenteet. Suunnittelun perusteista rakennesuunnitelmasta on käytävä ilmi telineen käyttötarkoitus, työta-sojen sallittu kuormitus, mitoituksessa käytetyt kuormat ja kuormitusyhdistelmät



sekä riittävän lujuuden, jäykkyyden ja seisontavakavuuden todentavat laskelmat. Rakennesuunnitelmasta on myös käytävä ilmi mitoitusmenetelmät, standardit tai muut asiakirjat, joita mitoituksessa on käytetty. Peitetyn telineen tapauksessa on oltava myös selvitys jäykistyksen ja ankkuroinnin riittävydestä tuulivoimista aiheutuvia kuormia vastaan. Rakennesuunnitelmasta ei saa poiketa ilman suunnitelman laatijan hyväksyntää. (VNa 205/2019.)

#### **4.1 Omapaino ja käyttökuorma**

Pysyvä kuorma, eli rakenteen omapaino on huomioitava mitoituslaskelmissa. Omapainoon sisältyvät sääsuojan ja telineen osat, vastapainot sekä muiden rakennetta pysyvästi kuormittavien osien omapainot, kuten valaistus ja nostopalkit. (SFS-EN 16508 2015.) Elementtitelineiden valmistajat ilmoittavat telineosien painot teknisessä esitteessään, joten telinerakenteen ja sääsuojan omapainon saa määriteltä hyvinkin tarkasti.

Mikäli sääsuojan runkona toimivaa telinettä käytetään työskentelyyn, on sille määriteltävä kuormaluokka (taulukko 1), joka kertoo telineen käyttökuorman. Työtelineen kuormaluokka valitaan telineellä tehtävän työn mukaan ja se sisältää työstä sekä varastoinnista aiheutuvat kuormat. Kuormaluokan 1 mukaista kevyttä telinettä käytetään työhön erittäin kevyillä työvälaineilla, esimerkiksi tarkastuksiin. Kuormaluokan 2 kevyttä telinettä käytetään kevyillä työvälaineilla tehtäviin töihin, kuten asennus-, maalaus- ja saumaustöihin sekä näihin verrattavissa olevaan työhön. Kuormaluokan 3 keskiraskasta telinettä käytetään työhön, jossa telineelle varastoidaan työssä välittömästi käytettävää materiaalia, kuten rappaustyö tai siihen verrattavissa oleva työ. Kuormaluokkien 4, 5 ja 6 raskasta telinettä käytetään muuraustyöhön tai vastaavaan, jossa telineellä varastoidaan suurehkoja määriä materiaalia. Kuormaluokissa 4, 5 ja 6 pintakuorman lisäksi työtasolle kohdistuu osa-aluekuorma, jonka mitat ja sijoitus valitaan siten, että vaikutus työtasolle on suurin mahdollinen. Eri käyttökuormia ei oteta samaan yhdistelyyn mukaan, sillä pintakuorma, keskitettykuorma ja osa-aluekuorma vaikuttavat aina eri aikaan. (RIL 142-2010 Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet 2010.)

TAULUKKO 1. Standardin SFS-EN 12811 mukaiset elementtitelineen käyttö- ja henkilökuorman ominaiskuormat eri kuormaluokissa (RIL 142-2010 Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet 2010).

Kuorma- luokka	Pinta- kuorma kN/m <sup>2</sup>	Keskitetty kuorma 0,5 x 0,5 m kN	Keskitetty kuorma 0,2 x 0,2 m kN	Osa-aluekuorma	
				kuorma kN/m <sup>2</sup>	osa-alue A <sub>o</sub> m <sup>2</sup>
1	0,75	1,5	1,0	-	-
2	1,5	1,5	1,0	-	-
3	2,0	1,5	1,0	-	-
4	3,0	3,0	1,0	5,0	0,4A
5	4,5	3,0	1,0	7,5	0,4A
6	6,0	3,0	1,0	10,0	0,5A

## 4.2 Kuormitusyhdistelmät

Taulukossa 2 esitetään kussakin lumikuormaluokassa tarkasteltavat kuormitusyhdistelmät. Kuormitusyhdistelmiä voi olla tarpeellista muokata tai huomioida muita työmaaolosuhteiden mukaisesti.

TAULUKKO 2. Tarkasteltavat kuormitusyhdistelmät eri lumikuormaluokissa (SFS-EN 16508 2015).

Lumikuorma- luokka	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	LC 6	LC 7	LC 8
SL 1	X	X	X					
SL 2	X			X	X			
SL 3	X					X	X	X

Taulukossa 3 esitetään kuormien yhdistelykertoimet eri kuormitusyhdistelmille.

TAULUKKO 3. Kuormien yhdistelykertoimet,  $\psi_i$  (SFS-EN 16508 2015).

	LC 1	LC 2	LC 3 <sup>a</sup>	LC 4	LC 5 <sup>a</sup>	LC 6	LC 7 <sup>a</sup>	LC 8
	Ylöspäin suuntautuva enimmäiskuorma	Alaspäin suuntautuvan enimmäiskuorman ja käytön-aikaisen tuulikuorman yhdistelmä	Tuulikuorman ja vähimmäiskuorman yhdistelmä	Alaspäin suuntautuvan enimmäiskuorman ja käytön-aikaisen enimmäistuulikuorman yhdistelmä	Tuulikuorman ja lumikuorman yhdistelmä	Alaspäin suuntautuvan enimmäiskuorman ja käytön-aikaisen enimmäistuulikuorman yhdistelmä	Tuulikuorman ja lumikuorman yhdistelmä	Tuulikuorman ja lumikuorman yhdistelmä
Q1 Pysyvät kuormat	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Q2 Kulku- ja käyttökuormat	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Q3 Muut kuormat	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Q5 Työmaa-kohtainen lumikuorma	-	-	-	-	-	1,0	0,5	1,0
Q6 Alennettu lumikuorma	-	-	-	1,0	1,0	-	-	-
Q7 Vähimmäiskuorma	-	1,0	1,0	-	-	-	-	-
Q8 Enimmäistuulikuorma	1,0	-	1,0	-	1,0	-	1,0	0,5
Q9 Käytönaikainen tuulikuorma	-	1,0	-	1,0	-	1,0	-	-
<sup>a</sup> Näissä kuormayhdistelyissä kulku- ja käyttökuormia Q2 on vähennettävä standardin EN 12811-1:2003 kohdan 6.2.9.2 mukaisesti.								

### 4.3 Lumikuorma

Standardissa SFS-EN 16508 on määritelty sääsuojien lumikuormaluokat (taulukko 4), joissa sääsuojille sallitut lumikuormat on jaettu neljään eri luokkaan, kansallisissa viranomaisvaatimuksissa saatetaan ilmoittaa poikkeuksista näihin luokkiin.

Lumikuormaa ei tarvitse huomioida, jos sääsuoja on pystytettynä kesäaikaan, jolloin lunta ei ole odotettavissa. Vähimmäislumikuorma 0,1 kN/m<sup>2</sup> on kuitenkin aina otettava huomioon, ellei rakenne ole sisätiloissa, jolloin myös vähimmäislumikuorma voidaan jättää huomioimatta. Lumikuormaluokan SL 1 mukainen lumikuorma on vähimmäiskuorma, jolla huomioidaan muut sään, kuin lumen, vaikutukset sääsuojarakenteelle. Käytännössä tämä tarkoittaa yleensä sadeveden aiheuttamaa kuormaa sääsuojalle. Lumikuormaluokkien SL 2a ja SL 2b alennetut

lumikuormat perustuvat hallittuun lumenpoistoon. Näistä kahdesta Suomessa yleisimmin käytössä on SL 2a, jonka mukainen lumikuorma on 0,25 kN/m<sup>2</sup>. Lumikuormaluokkaa SL 2 voidaan käyttää vain, kun tilaaja ja urakoitsija ovat erikseen sopineet lumenpoiston suorittamisesta. Luokka SL 3 on työmaakohtainen lumikuorma, joka määritellään standardin EN 1991-1-1 mukaisesti lumikuorman muotokerroin huomioiden. (SFS-EN 16508 2015.)

Työtelineissä, joihin ei liity sääsuojarakennetta, lumikuormaa ei huomioida ja työtasot on pidettävä jatkuvasti puhtaana lumesta (RIL 142-2010 Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet 2010).

TAULUKKO 4. Lumikuormaluokat (SFS-EN 16508 2015).

Lumikuormaluokka	Ohjeet	Kuorma kN/m <sup>2</sup>
SL 1	Ei lumikuormaa (vähimmäiskuorma)	0,1
SL 2a	Perustuen lumenpoiston hallintaan <sup>a</sup>	0,25
SL 2b	Perustuen lumenpoiston hallintaan <sup>a</sup>	0,6
SL 3	Työmaakohtainen lumikuorma	Standardin EN 1991-1-3 mukaisesti
HUOM. Katso myös kansalliset lisäykset.		
<sup>a</sup> Lumenpoiston hallinta voidaan saavuttaa fyysisellä poistamisella, sulattamisella jne.		

Kun sääsuojarakenne on mitoitettu alennetulla lumikuormalla (SL 2), lumenpudotuksella varmistetaan, että sallitut kuormat eivät ylitä. Asiakas ja urakoitsija sopivat ennen sääsuojan asentamista, kuinka sääsuojalle kertyvän lumen määrää seurataan ja kenen vastuulla lumenpudotus on. Sääsuojaa suunniteltaessa tulee huomioida, että lumen poisto on voitava suorittaa turvallisesti. Turvallinen pääsy katolle ja siellä liikkuminen on varmistettava turvallisuuksi parantavien rakenteiden avulla. Myöskään sääsuojalta putoava lumi ei saa aiheuttaa vaaraa. (Telinejaosto 2021.)

#### 4.4 Tuulikuorma

Sääsuojan enimmäistuulikuorma määritellään standardin SFS-EN 1991-1-4 mukaisesti. Sääsuojan mitoituksessa käytettävää tuulen perusnopeutta voidaan muokata huomioimalla vuodenajat sekä käyttöikä. (SFS-EN 16508 2015.)

Standardin SFS-EN 1991-1-4 mukaisesti lasketut tuulikuormien ominaisarvot on määritelty tuulennopeuden tai nopeuspaineen perusarvoista, joiden keskimääräinen toistumisjakso on 50 vuotta, jolloin vuotuinen ylittymistodennäköisyys on 0,02 (SFS-EN 1991-1-4 2001).

Tuulennopeuden perusarvo saadaan kaavasta (SFS-EN 1991-1-4 2011)

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} \quad (1)$$

missä

$c_{dir}$  on suuntakerroin, jonka suositusarvo on 1,0

$c_{season}$  on vuodenaikakerroin, jonka suositusarvo on 1,0

$v_{b,0}$  on tuulennopeuden modifioimaton perusarvo, joka on Suomessa 21 m/s.

Tuulennopeuden modifioituun perusarvoon vaikuttavat tuulennopeuden perusarvo sekä tuulen nopeusprofiili, johon vaikuttavat ympäröivän maaston rosoisuus sekä pinnanmuodostus. Maaston rosoisuus vaikuttaa tuulen voimakkuuteen. Standardin EN 1991-1-4 liitteessä A maasto-olosuhteet jaetaan viiteen eri maastoluokkaan maaston rosoisuuden mukaan. (RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat 2017.) Maastoluokkien kuvaukset on esitetty kuviossa 3.

Tuulennopeuden modifioitu perusarvo saadaan kaavasta (SFS-EN 1991-1-4 2011)

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \quad (2)$$

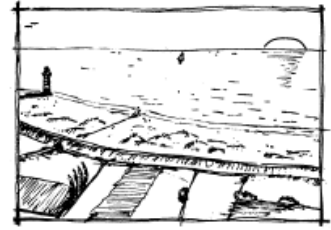
missä

$c_r(z)$  on rosoisuuskerroin

$c_0(z)$  on pinnanmuotokerroin, jonka arvona käytetään 1,0, ellei toisin määritellä

$v_b$  on tuulennopeuden perusarvo

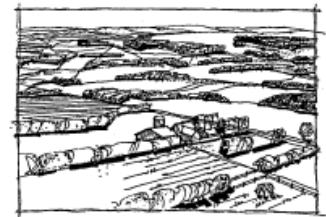
**Maastoluokka 0**  
Meri, avoimen meren äärellä oleva rannikkoalue



**Maastoluokka I**  
Järvi tai alue, jolla on vähäistä kasvillisuutta eikä esteitä



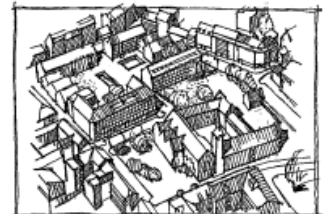
**Maastoluokka II**  
Alue, jolla on matalaa kasvillisuutta, kuten heinää tai ruohoa ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), jotka ovat vähintään esteen 20-kertaisen korkeuden etäisyydellä toisistaan



**Maastoluokka III**  
Alue, jolla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä esteitä, jotka ovat esteen 20-kertaista korkeutta lähempänä toisiaan (kuten kylät, esikaupunkialueet, pysyvä metsä)



**Maastoluokka IV**  
Alue, jolla vähintään 15 % alasta on rakennusten peitossa ja joiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m



KUVIO 3. Maastoluokat (SFS-EN 1991-1-4 2011)

Sääsuojan tuulikuorma määritetään standardin EN 1991-1-4 mukaisesti, määrittämällä puuskanopeuspaineen arvo. Puuskanopeuspaine vaikuttaa tietyllä puuskanopeuspainekorkeudella ja sisältää tuulennopeuden modifioidun perusarvon sekä lyhytaikaisten nopeusvaihteluiden vaikutukset.

Puuskanopeuspaine saadaan kaavasta (SFS-EN 1991-1-4 2011)

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b \quad (3)$$

missä

$c_e(z)$  on kaavan (4) mukainen altistuskerroin, joka saadaan myös kuviosta 4 tapauksissa, joissa pinnanmuotokerroin  $c_0(z)=1,0$ :

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} \quad (4)$$

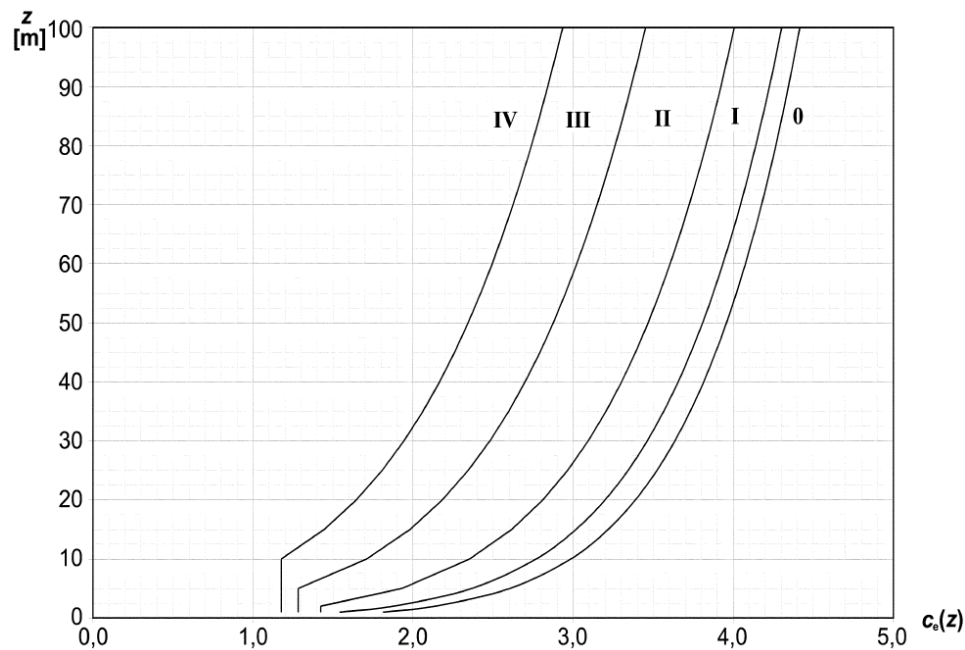
$q_b$  on kaavan (5) mukainen nopeuspaineen perusarvo:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (5)$$

missä

$\rho$  on tiheys, jonka arvona käytetään kansallisen liitteen mukaisesti standardissa annettua suositusarvoa  $\rho=1,25 \text{ kg/m}^3$

$v_b$  on tuulennopeuden perusarvo



KUVIO 4. Kuvaaja, jossa esitetään altistuskerroin  $c_e(z)$  maanpinnasta mitatun harjakorkeuden ja maastoluokan funktiona (SFS-EN 1991-1-4 2011).

#### 4.5 Todennäköisyyskerroin $c_{prob}$

Käyttöään poiketessa eurokoodin laskentaperusteena olevasta tuulivoiman 50 vuoden toistumisajasta, tuulennopeuden perusarvo voidaan kertoa kaavasta (6) saatavalla todennäköisyyskerroimella (SFS-EN 1991-1-4 2011).

$$c_{prob} = \left( \frac{1-K \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1-K \cdot \ln(-\ln(0,98))} \right)^n \quad (6)$$

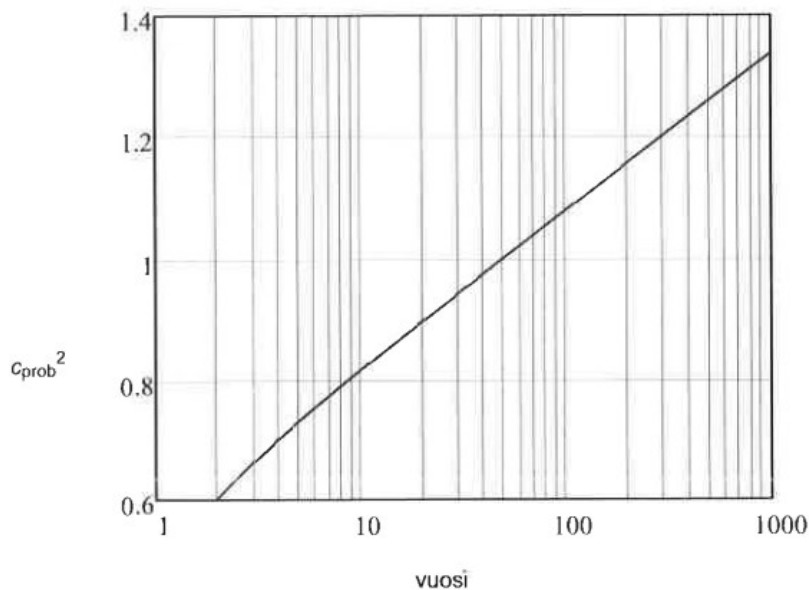
missä:

K on ääriarvojakautuman variaatiokertoimesta riippuva muotoparametri, jonka suositusarvo  $K=0,2$ .

n on eksponentti, jonka suositusarvo  $n=0,5$

p on tuulennopeuden 10 minuutin keskiarvon vuotuinen ylittymistodennäköisyys

Ohjeessa RIL 201-1-2017 todennäköisyyskerroimen  $c_{prob}^2$  riippuvuus tuulivoiman ääriarvon toistumisajasta esitetään kuvaajana (kuvio 5). Rakenteen käyttöään poiketessa tuulikuorman 50 vuoden toistumisajaksosta, puuskanopeuspaineen ominaisarvo voidaan kertoa kuvaajasta saatavalla todennäköisyyskerroimella. (RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat 2017.)



KUVIO 5.  $c_{prob}^2$  kertoimen arvot (RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat 2017).

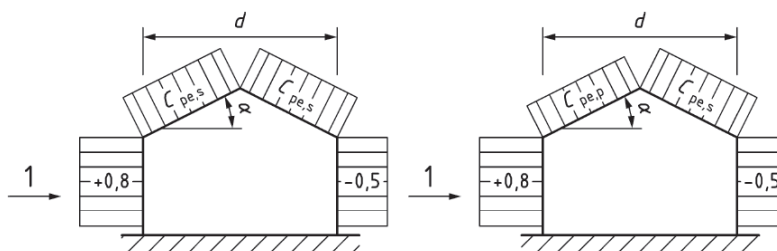


Sääsuojien ja pysyvien rakenteiden suunnitellut käyttöiät poikkeavat toisistaan merkittävästi, sillä sääsuojan käyttöikä jää usein alle vuoden mittaiseksi. Standardin SFS-EN 1991-1-4 ja RIL 201-1-2017 ohjeen mukaiset arvot soveltuvatkin paremmin käytettäväksi pysyvämpien rakenteiden, kuin monesti käyttöajaltaan hyvinkin lyhytikäisten sääsuojien, suunnittelussa.

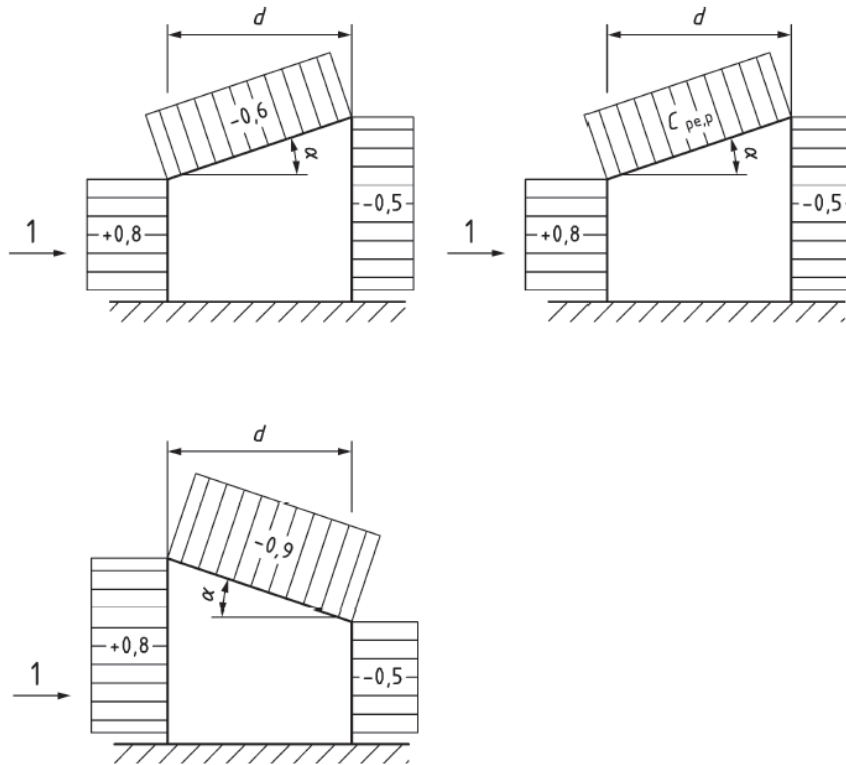
#### 4.6 Pintoihin vaikuttava tuulenpaine

Sääsuojan kokonaistuulikuorma voidaan laskea osapintoihin kohdistuvien paineiden summana. Paine kertoimet saadaan standardista EN 1991-1-4 tai sääsuojastandardin EN 16508 liitteestä A (kuviot 6-8). Sääsuojastandardi antaa ulkoisen paineen kertoimet sääsuojarakenteelle, jonka lapekaltevuus on alle 30 astetta.  $c_{pe,s}$  on ulkoinen painekerroin imuvoimille ja  $c_{pe,p}$  ulkoinen painekerroin painevoimille. Positiivinen painekertoimen arvo kertoo, että voimat kohdistuvat pintaa kohti ja negatiivinen arvo, että voimat kohdistuvat pinnasta poispäin (kuvio 11). Osa tuulikuormista on jätettävä huomioimatta mitoituksessa, jos ne vaikuttavat edullisesti muihin määrääviin kuormiin yhdistettynä. (SFS-EN 16508 2015.)

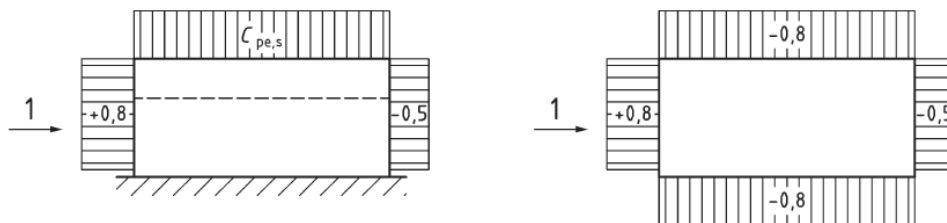
Tuulen kohdistuessa sääsuojarakenteen sivuun, tuulen puoleisella lappeella voi olla painetta tai imua. Suojan puoleisella lappeella tai tuulen puhaltaessa rakenteen päädyistä kattorakenteeseen kohdistuu imuvoimia. Paine- ja imuvoimien oletetaan kohdistuvan kohtisuoraan pintaa vastaan.



KUVIO 6. Harjakattoisen sääsuojan ulkoisen paineen kertoimet, kun tuuli puhaltaa sääsuojan sivusta (SFS-EN 16508 2015).



KUVIO 7. Pulpettikattoisen sääsuojan ulkoisen paineen kertoimet (SFS-EN 16508 2015).



KUVIO 8. Harja- ja pulpettikattojen ulkoisen paineen kertoimet sivukuvassa ja pohjakuvassa (SFS-EN 16508 2015).

Ulkoisen paineen kerroin imuvoimille saadaan kuvion 9 kuvaajasta tai laskemalla kaavasta (SFS-EN 16508 2015)

$$c_{pe,s} \begin{cases} -0,7 + K_a & \text{kun } d \leq 10 \text{ m} \\ +0,01 \cdot d - 0,8 + K_a & \text{kun } 10 \text{ m} < d < 25 \text{ m} \\ -0,55 + K_a & \text{kun } d \geq 25 \text{ m} \end{cases} \quad (7)$$

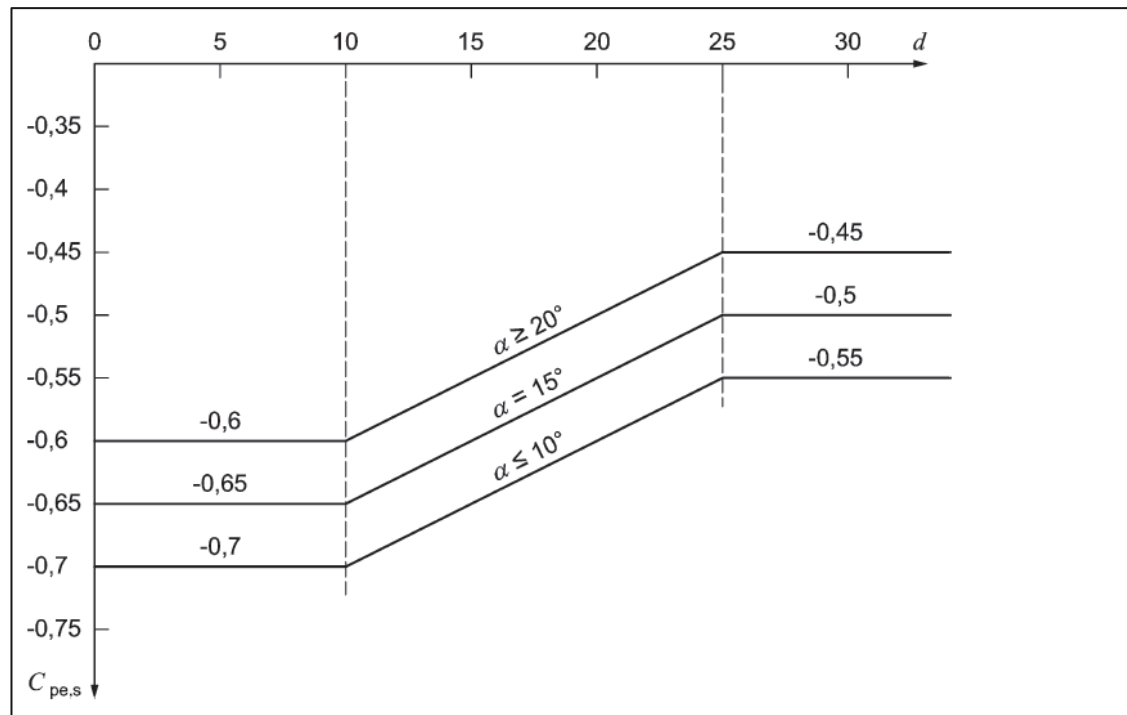
missä

$d$  on sääsuojan jänneväli

$$K_a = \frac{\alpha - 10}{100} \quad \text{ja} \quad 0 \leq K_a \leq 0,1$$

missä

$\alpha$  on katon kaltevuuskulma



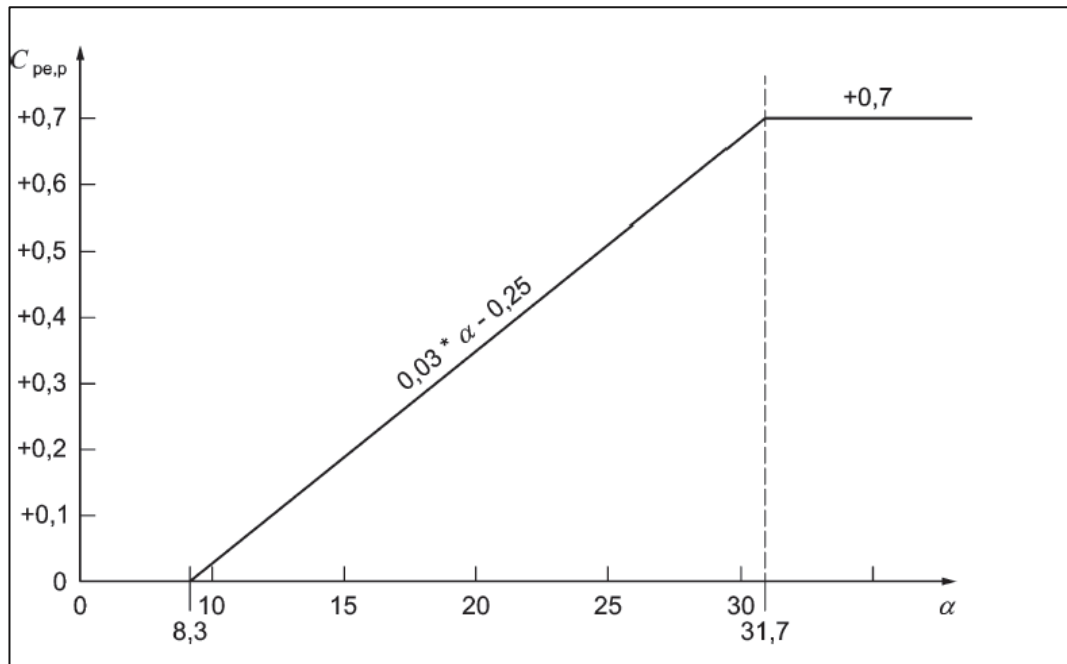
KUVIO 9. Kaavio, jossa esitetään ulkoinen painekerroin imuvoimille (SFS-EN 16508).

Ulkaisen painekertoimen arvo paineelle saadaan kuvion 10 kuvaajasta tai laske-  
malla kaavasta (SFS-EN 16508 2015)

$$c_{pe,p} = \begin{cases} 0 & \text{kun } \alpha \leq 8,3^\circ \\ 0,03 \cdot \alpha - 0,25 & \text{kun } 8,3^\circ < \alpha < 31,7^\circ \\ 0,7 & \text{kun } \alpha \geq 31,7^\circ \end{cases} \quad (8)$$

missä

$\alpha$  on katon kaltevuuskulma



KUVIO 10. Kaavio, jossa esitetään ulkoinen painekerroin painevoimille (SFS-EN 16508 2015).

Ulkopintoihin vaikuttava tuulenpaine saadaan laskettua kaavalla (SFS-EN 1991-1-4 2011)

$$w_e = q_b(z_e) \cdot c_{pe} \quad (9)$$

missä

$q_b(z_e)$  on puuskanopeuspaine (korkeudella  $z$ )

$z_e$  on ulkopuolisen paineen nopeuskorkeus

$c_{pe}$  on ulkoisen paineen painekerroin

Pintoihin vaikuttaa ulkoisen paineen kanssa samanaikaisesti sisäpuolinen paine. Sisäisen paineen kertoimeen vaikuttaa rakenteen vaipassa olevien aukkojen koko ja jakauma. Kun rakennuksessa on määräävä sivu ja siinä olevien aukkojen pinta-ala on kaksinkertainen muiden sivujen aukkojen pinta-alaan verrattuna, sisäpuolisen paineen painekerroin saadaan kaavasta (SFS-EN 1991-1-4 2011)

$$c_{pi} = 0,75 \cdot c_{pe} \quad (10)$$

Määrävän sivun aukkojen pinta-alan ollessa kolminkertainen muiden sivujen aukkojen pinta-alaan verrattuna, saadaan sisäisen paineen painekerroin kaavasta (SFS-EN 1991-1-4 2011)

$$c_{pi} = 0,9 \cdot c_{pe} \quad (11)$$

Rakennuksen sivu on määrävä, kun sillä olevien aukkojen pinta-ala on vähintään kaksinkertainen verrattuna muilla sivuilla olevien aukkojen yhteispinta-alaan. Mikäli aukot ovat jakautuneet tasaisesti, eikä määrävää sivua ole, sisäpuolisen paineen painekerroin voidaan määrittää standardin EN 1991-1-4 kuvajasta, jossa se riippuu rakennuksen korkeuden ja tuulensuuntaisen mitan suhteesta ja erillisellä kaavalla määritettävästä aukkosuhteesta. Aukkojen kokonaispinta-alan ollessa vähintään rakennuksen kahdella pinnalla yli 30 % kyseisen pinnan kokonaisalasta, sisäpuolisen paineen painekerroin lasketaan katosten tai erillisten seinämien laskentasääntöjä noudattaen. (SFS-EN 1991-1-4 2011.)

Rakenteen sisäpintoihin vaikuttava tuulen paine saadaan kaavasta (SFS-EN 1991-1-4 2011)

$$w_i = q_p(z_i) \cdot c_{pi} \quad (12)$$

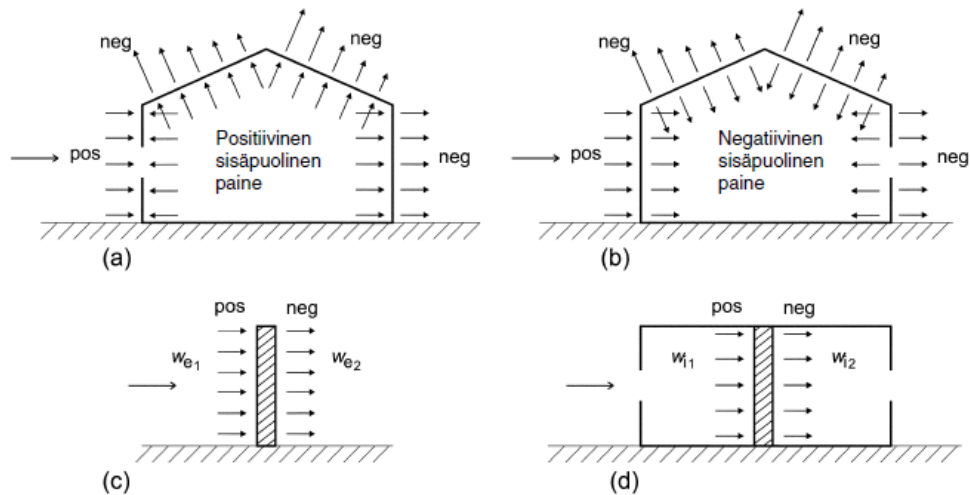
missä

$q_p(z_i)$  on puuskanopeuspaine

$z_i$  on sisäpuolisen paineen nopeuspainekorkeus ( $=z_e$ )

$c_{pi}$  on sisäisen paineen painekerroin

Tuulen nettopaine on ulko- ja sisäpinnan paineiden erotus etumerkit huomioiden (RIL 201-1-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat 2017).



KUVIO 11. Pintoihin vaikuttavat paineet (SFS-EN 1991-1-4 2011).

Tuulen aiheuttamat ulkopuoliset kuormat saadaan laskettua kaavasta (SFS-EN 1991-1-4 2011)

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot \sum_{pinnat} w_e \cdot A_{ref} \quad (13)$$

Tuulen aiheuttamat sisäpuoliset kuormat saadaan laskettua kaavasta (SFS-EN 1991-1-4 2011)

$$F_{w,i} = \sum_{pinnat} w_i \cdot A_{ref} \quad (14)$$

missä

$c_s c_d$  on rakennekerroin, jonka suositusarvo on 1,0

$w_e$  on ulkopintoihin vaikuttava tuulenpaine

$w_i$  on sisäpintoihin vaikuttava tuulenpaine

$A_{ref}$  on yksittäisen pinnan tuulenpaineen vaikutusala

#### 4.7 Kitkakuorma

Rakenteeseen vaikuttavaa tuulikuormaa  $F_w$  määritettäessä kitkakuorman vaikutus lisätään ulkopuolisten kuormien  $F_{w,e}$  ja sisäpuolisten kuormien  $F_{w,i}$  summaan.

Kitkan vaikutuksia ei tarvitse huomioida tapauksissa, joissa tuulen suuntaisten pintojen kokonaispinta-ala on enintään 4 kertaa tuulta vastaan kohtisuorien pintojen kokonaispinta-ala. Kitkakuormat asetetaan vaikuttamaan tuulen suuntaisille ulkopinnoille ja niiden etäisyys tuulenpuoleisista nurkista on pienempi arvoista  $2 \cdot b$  ja  $4 \cdot h$ , kuviossa 12 havainnollistetaan kitkakuorman vaikutusalan määrittäminen. Ulkopintojen karheus vaikuttaa kitkakuormien suuruuteen. (SFS-EN 1991-1-4 2011.) Taulukossa 5 esitetään kitkakertoimia ulkopintojen eri materiaaleille karheuden mukaan.

TAULUKKO 5. Kitkakertoimet  $c_{fr}$  ulkopinnoille (SFS-EN 1991-1-4 2011).

Pinta	Kitkakerroin $c_{fr}$
Sileä (eli teräs, sileä betoni)	0,01
Karhea (eli karhea betoni, bitumihuopa)	0,02
hyvin karhea (eli aalto-, ripa- tai poimuprofilointi)	0,04

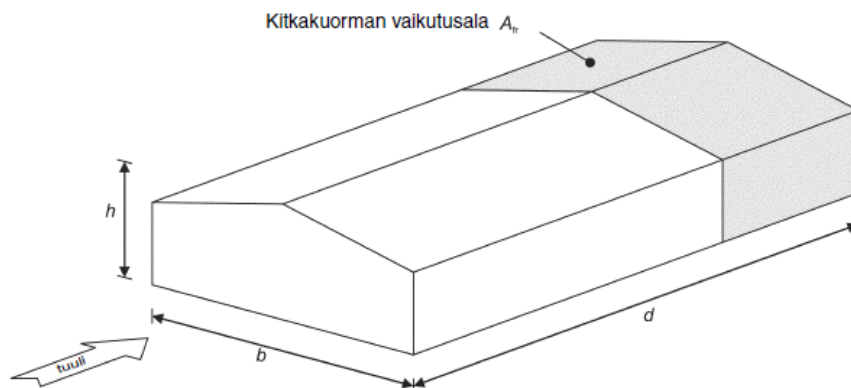
Sääsuojien tapauksessa kitkakuormat alkavat vaikuttaa tuulen puhaltaessa kohtisuoraan pitkän sääsuojan päätyyn. Kitkakuormat saadaan laskettua kaavasta (SFS-EN 1991-1-4 2011)

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{fr} \quad (15)$$

missä

$c_{fr}$  on materiaalista riippuva kitkakerroin

$A_{fr}$  on kitkakuorman vaikutusala



KUVIO 12. Kitkakuorman vaikutusala  $A_{fr}$  (SFS-EN 1991-1-4 2011).

## 4.8 Ankkurointi

Tavallisimmin työtelineet ja sääsuojan runkotelineet ankkuroidaan suojaavan rakennuksen runkoon erityyppisiä seinäankkureita käyttäen. Vapaasti seisovaa sääsuojaa ei voida ankkuroida seinäankkurein, joten ankkurointiin käytetään esimerkiksi betonisia vastapainoja, jotka estävät rakenteen kaatumisen. Vastapainona ei saa käyttää esimerkiksi vesisäiliöitä, hiekkasäkkejä tai muuta ainesta, joka voi valua pois vaurion seurauksena. Betonisten vastapainojen mahdollinen liikkuminen on estettävä. Liikkumista voidaan estää esimerkiksi kaivamalla painot maahan.

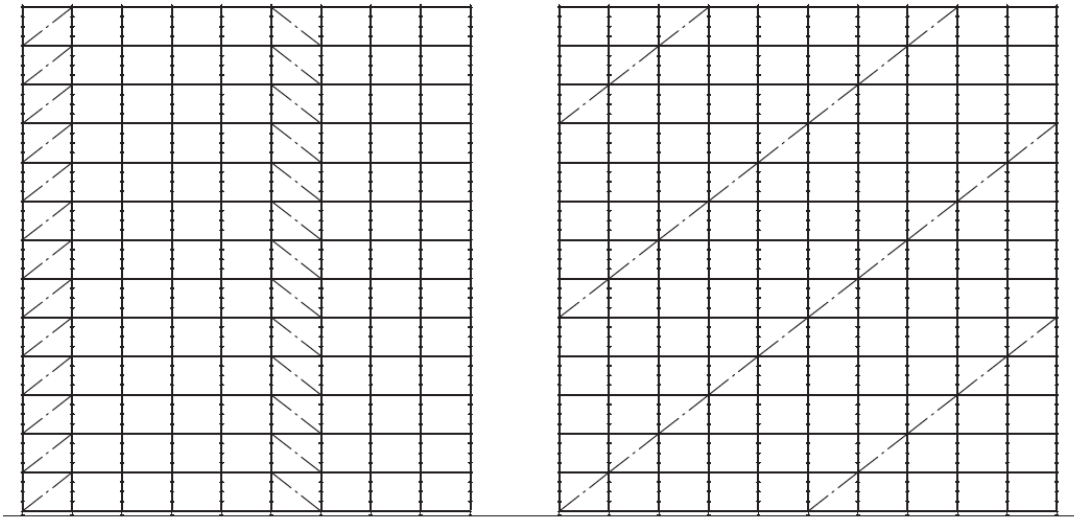
## 4.9 Jäykistys

Jäykistysjärjestelmän tehtävä siirtää vaakakuormat ankkureille tai maapohjaan. Vaaka- ja vinositeet parantavat telineen vakautta ja pienentävät telinepystyn nurjahduspituutta, jolloin saavutetaan riittävä kantokyky. (RIL 142-2010 Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet 2010).

Telineen jäykistys koostuu vaakaputkista, vinojäykisteistä sekä jossain tapauksissa työtasoista. Telineerunko jäykistetään vinojäykisteillä valmistajan ohjeen mukaisesti torni-tyyppisesti tai jatkuvana vinojäykisteenä (kuvio 13). Torni-tyypissä jäykistyksessä vinojäykisteet sijaitsevat yhdessä telinelohkossa koko sen korkeudella. Jatkuva vinojäykistys kiipeää jatkuvana linjana vinosi telineen ulkopuolta pitkin, jolloin vinojäykisteet sijaitsevat viereisissä lohkoissa. Vinojäykisteet kiinnitetään jäykistettyihin liitoskohtiin vaakaputkien tasolle, jotta teline on vakaa eikä kantavuus heikkene. Väärin asennetut tai puuttuvat vinojäykisteet heikentävät telineen kantavuutta ja vakautta. Tasot voivat toimia jäykistävänä elementtinä telineessä, kun asennus tehdään koko telineen leveydelle ja kiinnitys varmistetaan tasonsitojilla. (Layher Allround asennus- ja käyttöohje 2018.)

Pystykuormien ollessa suuret voidaan joutua lisäämään vaaka- ja vinositeitä suuremman kantavuuden saavuttamiseksi. Vinot ovat monesti rakenteen heikoin osa ja etenkin vapaasti seisovaa sääsuojaa suunnitellessa vinojen käyttöasteiden tarkastaminen on tärkeää.





KUVIO 13. Telineen jäykistys tornityyppisellä vinojäykistyksellä tai jatkuvana jäykistyksellä (Layher Allround asennus- ja käyttöohje, 2018).

#### 4.10 Staattinen tasapaino

Sääsuojarakenteiden suunnittelussa käytetään murtorajatilamitoitusta. Standardin SFS-EN 16508:2015 mukaisessa murtorajatilamitoituksessa on todennettava, että:

$$E_d \leq R_d \quad (16)$$

missä:

$E_d$  on rasitus

$R_d$  on kapasiteetti

Rasituksen  $E_d$  mitoitusarvo lasketaan kuormien  $Q_d$  mitoitusarvoista ja tarvittaessa huomioidaan toisen kertaluvun vaikutukset. Kuorman mitoitusarvo saadaan kaavasta (17) kertomalla kuorman ominaisarvot osavarmuuskertoimilla ja kuorman yhdistelykertoimilla. (SFS-EN 16508 2015.)

$$Q_{d,i} = \gamma_{F,i} \cdot \psi_i \cdot Q_{k,i} \quad (17)$$

missä

$Q_{d,i}$  on kuorman  $i$  mitoitusarvo

$\gamma_{F,i}$  on osavarmuuskerroin taulukosta 6

$\psi_i$  on kuorman  $i$  yhdistelykerroin taulukosta 3

$Q_{k,i}$  on kuorman  $i$  ominaisarvo

TAULUKKO 6. Osavarmuuskertoimet  $\gamma_{F,i}$  (SFS-EN 16508 2015).

Kuorma	Epäedullinen	Edullinen
$Q_1$	1,35	1,0
Kaikki muut kuormat	1,5	0

Kestävyyden  $R_d$  mitoitusarvo saadaan tarvittaessa laskettua kaavasta (18) jakamalla materiaalin lujuuden ominaisarvo materiaalin osavarmuuskertoimella (SFS-EN 16508 2015)

$$R_{d,i} = \frac{R_{k,i}}{\gamma_{M,i}} \quad (18)$$

missä

$R_{k,i}$  on ominaisarvo materiaalin  $i$  lujuudelle

$\gamma_{M,i}$  ovat materiaalin  $i$  osavarmuuskertoimia

$\gamma_M = 1,1$  sitkeille metallimateriaaleille

$\gamma_M = 1,25$  hauraille metallimateriaaleille

$\gamma_M = 1,3$  puulle

Staattisen tasapainon osalta Standardin SFS-EN 16508:2015 mukaan sääsuojarakenteen on oltava vakaa suhteessa koko rakenteen liukumaan, kaatumiseen ja nousemiseen taulukossa 2 määritellyissä kuormayhdistelmissä. Vakauden määrittämisessä sääsuojaa voidaan tarkastella jäykkärunkoisena rakenteena. Kaikki kuormat huomioidaan erikseen ja määritellään, onko kyseinen kuorma vakautta parantava vai vakautta heikentävä. (SFS-EN 16508 2015.) Staattisen tasapainon osakuormakertoimet saadaan taulukosta 7.

TAULUKKO 7. Staattisen tasapainon osakuormakertoimet  $\gamma_{F,i}$  (SFS-EN 16508 2015)

Kuorma	Vakauttava	Vakautta heikentävä
$Q_1$	1,0	1,0
Kaikki muut kuormat	0	1,5

Koko rakenteen liukuma estetään omapainon kitkan, ankkuroinnin tai niiden yhdistelmän avulla. Molempien synnyttämät vastavoimat voidaan huomioida yhtäaikaisesti vain, jos voimien voidaan osoittaa olevan kertyviä. Rakenteen osoitetaan olevan vakaa liukumaa vastaan todentamalla (SFS-EN 16508 2015)

$$F_{dst,d} \leq F_{stb,d} \quad (19)$$

missä

$F_{dst,d}$  on kantavan pinnan kanssa yhdensuuntainen liukumaa edistävä mitoitusvoima

$F_{stb,d}$  on mitoitusarvo kantavan pinnan suuntaisen liukuman vastavoimalle, joka saadaan kaavalla (SFS-EN 16508 2015)

$$F_{stb,d} = \mu \cdot N_d + R_{m,d,i} \quad (20)$$

missä

$\mu$  on standardin SFS-EN 12812:2008 liitteen B mukainen vähimmäiskitkakerroin

$N_d$  on liukumapintaa vastaan kohtisuora mitoitusvoima

$R_{m,d,i}$  on mekaanisen ankkuroinnin vastavoiman mitoitusarvo

Koko rakenteen kaatuminen estetään omapainon, vastapainon, ankkuroinnin tai niiden yhdistelmän avulla. Rakenteen osoitetaan olevan vakaa todentamalla, että kaatumista vastustava mitoitusmomentti on yhtä suuri tai suurempi kuin kaatava mitoitusmomentti. (SFS-EN 16508 2015.)

$$M_{dst,d} \leq M_{stb,d} \quad (21)$$

missä

$M_{dst,d}$  on kaatumista aiheuttava mitoitusmomentti

$M_{stb,d}$  on kaatumista vastustava mitoitusmomentti

Koko rakenteen nouseminen estetään omapainon, vastapainon, ankkuroinnin tai niiden yhdistelmän avulla. Rakenteen osoitetaan olevan vakaa nousemista vastaan todentamalla (SFS-EN 16508 2015)

$$N_{dst,d} \leq N_{stb,d} \quad (22)$$

missä

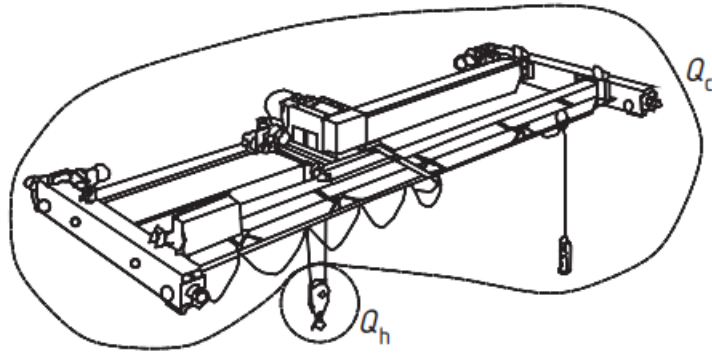
$N_{dst,d}$  on nousemisen aiheuttava mitoitusvoima

$N_{stb,d}$  on nousemista vastustava mitoitusvoima

#### 4.11 Siltanosturi

Siltanosturi on teollisuuslaitoksissa yleinen nosturityyppi, jossa nostovaunua kannattava nosturisilta kulkee kahden ratapalkin välissä. Siltanosturin ohjaus tapahtuu yleensä maasta käsin radio-ohjaimella. Nosturiratojen sekä tukirakenteiden kuormien määrittäminen tehdään SFS-EN 1991-3 mukaisesti ja nosturiradan lujuuslaskenta SFS-EN 1993-6 mukaisesti.

Siltanosturin aiheuttamat kuormat ovat muuttuvia kuormia, joiden dynaamiset vaikutukset on huomioitava. Nosturikuormat jaetaan pysty- ja vaakakuormiin. Pystykuormat aiheutuvat nosturin omapainosta ja hyötykuormasta, vaakakuormat dynaamisista vaikutuksista, kuten nosturin tai nostovaunun kiihdytyksestä tai hidastuksesta, nosturin vinoon ajosta tai tuulesta. Nosturin omapaino  $Q_c$  sisältää nosturin kiinteiden ja liikkuvien osien sekä mekaanisten ja sähköisten laitteiden omapainon (kuvio 14). Kokonaiskuorma  $Q_h$  sisältää muut osat, jotka eivät sisälly nosturin omapainoon, joita ovat kuormauselimen omapaino sekä osa nostoköydestä tai -ketjusta. (RIL 201-2-2017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat 2017.)



Kuvio 14. Siltanosturin kokonaiskuorma ja omapaino (SFS-EN 1991-3 2007).

Nostureiden kuormat saadaan kertomalla staattiset pyöräkuormat dynaamisilla kertoimilla (kaava 23). Dynaamisuuskerroin (taulukko 8) huomioi dynaamiset vaikutukset esimerkiksi värähtelyistä ja hidastuksista. (RIL 201-2-2017 Suunnittelu-  
perusteet ja rakenteiden kuormat 2017.)

$$F_{\varphi,k} = \varphi_i \cdot F_k \quad (23)$$

missä

$F_{\varphi,k}$  on nosturikuorman ominaisarvo

$\varphi_i$  on dynaamisuuskerroin

$F_k$  on staattisen nosturikuorman ominaisarvo

TAULUKKO 8. Dynaamisuuskertoimet (RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat 2017).

Dynaamisuuskerroin	Huomioon otettava vaikutus	Kuorma, johon sovelletaan
$\varphi_1$	hyötykuorman maasta noston aiheuttamat nosturirakenteiden värähtelyt	nosturin omapaino
$\varphi_2$	hyötykuorman maasta noston dynaamiset vaikutukset	hyötykuorma
$\varphi_3$	taakan äkillisestä irtoamisesta aiheutuvat dynaamiset vaikutukset	hyötykuorma
$\varphi_4$	nosturin radalla ajosta aiheutuvat dynaamiset vaikutukset	nosturin omapaino ja hyötykuorma
$\varphi_5$	ajovoimien dynaamiset vaikutukset	ajovoimat
$\varphi_6$	koekuorman dynaamiset vaikutukset nosturin normaaliajossa	koekuorma
$\varphi_7$	nosturin puskiin ajosta aiheutuvat vaikutukset	puskinkuormat

TAULUKKO 9. Kuormitusryhmät ja käytettävät dynaamiset kertoimet (SFS-EN 1991-3 2007).

		Merkintä	Kohta	Kuormaryhmät									
				Murtorajatila							Koe-kuorma	Onnettomuuskuorma	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Nosturin oma paino	$Q_c$	2.6	$\varphi_1$	$\varphi_1$	1	$\varphi_4$	$\varphi_4$	$\varphi_4$	1	$\varphi_1$	1	1
2	Kokonaiskuorma	$Q_h$	2.6	$\varphi_2$	$\varphi_3$	–	$\varphi_4$	$\varphi_4$	$\varphi_4$	$\eta^1$	–	1	1
3	Nosturisillan kiihdytys	$H_L, H_T$	2.7	$\varphi_5$	$\varphi_5$	$\varphi_5$	$\varphi_5$	–	–	–	$\varphi_5$	–	–
4	Nosturisillan vinoon ajo	$H_S$	2.7	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–
5	Nostovaunun tai riippunostimen kiihdytys tai jarrutus	$H_{T3}$	2.7	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–
6	Käytön aikainen tuuli	$F_w^*$	Liite A	1	1	1	1	1	–	–	1	–	–
7	Koekuorma	$Q_T$	2.10	–	–	–	–	–	–	–	$\varphi_6$	–	–
8	Puskinkuorma	$H_B$	2.11	–	–	–	–	–	–	–	–	$\varphi_7$	–
9	Törmäyskuorma	$H_{TA}$	2.11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1

HUOM. Ks. liitettä A tuulikuorman osalta, kun nosturi ei ole käytössä.

<sup>1</sup>  $\eta$  on jäljelle jäävän kokonaiskuorman osuus, kun taakka poistetaan. Osuus ei sisällä nosturin omaa painoa.

Nosturikuormien osavarmuuslukujen ja yhdistelykertoimien suositusarvot löytyvät SFS-EN 1991-3 liitteestä A.

#### 4.12 FEM-laskenta

FEM laskentaa hyödynnettäessä on oleellista, että osien ja liitosten mallinnus vastaa mahdollisimman tarkasti todellista tilannetta. FEM laskenta edellyttää osaamista ja ymmärrystä itse FEM laskennasta sekä mallinnettavan rakenteen toiminnasta. Tuloksien oikeellisuutta on pystyttävä arvioimaan ja tarvittaessa varmentamaan yksinkertaistettujen käsinlaskumenetelmien avulla. Teline- ja sääsuojasuunnittelussa FEM-laskentaa voidaan hyödyntää tehokkaasti erityisesti viinotukien rasiusten tarkastelussa.

Sääsuojarakenteiden mallinnus FEM ohjelmalla on monimutkaisempaa kuin pysyvien rakenteiden mallintaminen. Laskentamenetelmää valittaessa on huomioitava, että teline- ja sääsuojarakenteet sisältävät paljon epälineaarisuutta aiheuttavia elementtejä. Kuormat välittyvät maahan telinejalkojen kautta, jotka siirtävät vain puristusta, eikä vaakasiirtymiä vastusta kuin kitka. Sääsuojarakenteen geometria, liitokset, jäykkyys ja asennustoleranssit aiheuttavat suuria muodonmuutoksia ja siirtymiä, joka aiheuttaa haasteita mallinnuksessa. (Venäläinen 2020.)

## 5 SUUNNITTELUOHJE

Suunnitteluohjeen kokoamista aloittaessa ensimmäinen havainto oli, että Ramirentin sisäisissä tiedostokansioissa on suuri määrä erityisesti nousevaa siltanosturillista sääsuojaa käsittelevää tietoa. Materiaali sisältää asennus- ja käyttöohjeita, teknisiä tietoja, rakennepiirustuksia ja kokoonpanokuvia sekä laskelmia ja FEM-analyyseja. Alkuperäiset, hankinnan yhteydessä saadut tiedostot ja kansiot ovat ruotsinkielisiä, joista oleellisimmat on käännetty suomeksi. Vapaasti seisovan siltanosturillisen sääsuojan runko ja katos koostuvat pääsääntöisesti elementtelineosista, joten suunnittelussa käytetään telinevalmistajan laatimia asennus- ja käyttöohjeita sekä teknisestä esitteestä löytyviä tietoja osien kestävydestä. Valmistajan ohjeiden lisäksi olemassa on ratapalkin lujuuslaskelmia, palkin tuentaan liittyviä ohjeita sekä asennusohjeita. Aiemmin toteutettujen projektien suunnitelmat ja kohteista otetut valokuvat ovat suunnittelijoiden omissa kansioissa, joista ne ovat löydettävissä esimerkiksi osoitetiedoilla.

Tietoa on paljon ja se on hajallaan useissa eri tiedostoissa, joten oleellisten asioiden löytäminen voi olla hidasta ja hankalaa. Jotkin hyväksi havaitut käytänteet ja tuotekehityksen uusimmat tulokset eivät välttämättä ole koko suunnittelutiimin tiedossa. Suunnitteluohjeen tarkoitus on koota suunnittelun kannalta oleellisimmat tiedot sekä tuotekehityksen viimeisimmät tulokset siltanosturillisista sääsuojista yhdeksi helposti luettavaksi kokonaisuudeksi.

Suunnitteluohje pyrittiin pitämään mahdollisimman tiiviinä ja informatiivisena, ja se sisältää runsaasti kuvia asioiden havainnollistamiseksi. Ohje on jaettu osioihin (kuvio 15), jotka käsittelevät siltanosturillisten sääsuojien suunnittelua, siltanostureita, ratapalkkeja sekä siltanosturillisten sääsuojien rakennetta ja detajliikkaa. Liitteissä on toteutettujen projektien suunnitelmia sekä tarkastuslistat suunnittelun ja työmaakäynnin tueksi.



## Sisällysluettelo

1.	Johdanto .....	3
2.	Suunnittelu .....	4
3.	Siltanosturit .....	6
4.	Ratapalkit ja mastot.....	10
5.	Nouseva sääsuoja siltanosturilla.....	12
6.	Vapaasti seisova sääsuoja siltanosturilla.....	20
7.	Liitteet.....	25
7.1	Toteutuneiden kohteiden suunnitelmia .....	26
7.2	Suunnittelun tarkastuslista .....	28
7.3	Työmaakäynnin tarkastuslista.....	29

KUVIO 15. Suunnitteluohjeen sisällysluettelo.

Suunnitteluohjeen ensimmäinen kappale on johdanto, joka sisältää tietoa suunnitteluohjeen taustoista ja sen käytöstä. Suunnittelu -kappaleessa avataan siltanosturillisen sääsuojan suunnitteluprosessin vaiheita ja tuodaan esille suunnittelussa tarvittavia lähtötietoja sekä muita huomioitavia asioita. Ohjeessa ei käydä läpi sääsuojan laskentaa, sillä oletuksena on, että lukija osaa itsenäisesti suorittaa mitoituslaskennan ja olemassa on jo erilaisia valmiita laskentapohjia. Opinäytetyön raporttiosa käy tarkemmin läpi yleistä sääsuojan mitoitusta ja on tarkoitettu käytettäväksi suunnitteluohjeen kanssa. Suunnitteluohjeen kappaleessa kolme esitellään käytettävissä olevat siltanosturit, niiden mitat ja nostokapasiteetit. Jokaisesta siltanosturista on valokuva ja rakennekuva. Neljänteen kappaleeseen on listattu olemassa olevat mastot sekä ratapalkit ja niiden olennaisimmat tiedot. Kappale viisi esittelee nousevan siltanosturillisen sääsuojan rakennetta ja osia. Kappaleessa kuusi käydään läpi vapaasti seisovan siltanosturillisen sääsuojan rakennetta ja ratapalkin liitoksia telinerakenteeseen. Suunnitteluohjeen liitteissä olevat tarkastuslistat pohjautuvat olemassa oleviin tarkastuslistoihin, joihin on tehty lisäyksiä, jotta ne soveltuvat paremmin siltanosturillisiin kohteisiin.

## 6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tuottaa Ramirentin käyttöön suunnitteluohje siltanosturillisten sääsuojien suunniteluun. Ohjeelle on ollut tarvetta, sillä lähes jokaisella kerralla uuden projektin alkaessa toistuvat samat kysymykset. Siltanosturikohteiden suunnittelun on yleensä tehnyt samat suunnittelijat, jolloin tietämys ja tuotekehityksen viimeisimmät käänneet keskittyvät muutaman ihmisen taakse.

Suunnitteluohjeeseen koottiin olemassa olevista materiaaleista suunnittelun kannalta olennaisimpia asioita. Suunnitteluohjeessa ei perehdytä laskentaan, sillä ohjeen käyttäjät osaavat jo tehdä sääsuojan mitoituslaskennan. Opinnäytetyön raporttiosuudessa käydään läpi sääsuojan standardinmukaista laskentaa, ja sitä voidaan käyttää suunnitteluohjeen kanssa.

Työn tavoitteet saavutettiin hyvin, suunnitteluohje pysyi tiiviinä kokonaisuutena, josta saa nopeasti käsityksen siltanosturillisen sääsuojan rakenteesta ja suunnittelusta. Uuden suunnittelijan perehdyttäminen aiheeseen on helpompaa, kun oleellisimmat asiat on kerätty yhteen dokumenttiin. Siltanosturin käyttö on ainakin toistaiseksi ollut melko vähäistä, joten suunnitteluohjeesta on apua myös aiheesta jo tietävälle asioiden kertauksessa.

Tämän opinnäytetyön yhteydessä tehty suunnitteluohje on hyvä pohja tulevaisuutta varten ja ohjeesta saatava hyöty säilyy, kunhan sitä päivitetään jatkuvasti. Ajantasaisena pidetty ohje voi vähentää siltanosturillisten sääsuojien suunniteluun käytettävää aikaa ja kuka tahansa tiimin suunnittelijoista pystyy toteuttamaan suunnittelun. Myös suunnittelutiimin pitäminen tietoisena tuotekehityksen tuloksista helpottuu, kun ne päivitetään suunnitteluohjeeseen.

## LÄHTEET

Layher Allround-telinejärjestelmä – Asennus- ja käyttöohje. 2018. Wilhelm Layher GmbH & Co KG.

RIL 142-2010. 2010. Työtelineet ja putoamisen estävät suojarakenteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 201-1-2017. 2016. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodi. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

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

RIL 250-2020. 2020. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

SFS-EN 12811. 2003. Temporary works equipment. Part 1: Scaffolds. Performance requirements and general design. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 10.5.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 12812. 200. Falsework. Performance requirements and general design. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 10.5.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 16508:2015. 2015. Tilapäisrakenteet. Sääsuojuukset. Toiminnalliset vaatimukset ja yleinen suunnittelu. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 30.10.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1991-1-4. 2011. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 14.11.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1991-3. 2007. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 3: Nostureiden ja muista koneista aiheutuvat kuormat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS. Luettu 29.10.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Talonrakennusteollisuus ry. Telinejaosto. 2021. Lumikuorman merkitys sääsuojan suunnittelussa. Luettu 8.11.2022. [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/telineet-ja-saasuojat/saasuojan\\_suunnittelu\\_lumenpoisto.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/telineet-ja-saasuojat/saasuojan_suunnittelu_lumenpoisto.pdf)

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 26.3.2009/205. Luettu 30.10.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090205>

Venäläinen, T. 2020. Robot Structural Analysis -ohjelman soveltuvuus sääsuojarakenteiden suunnitteluun. Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan tutkinto-ohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Luettu 30.10.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202003233770>