

## TURVALLISUUDEN HUOMIOINTI NOSTO- APUVÄLINEIDEN SUUNNITTELUSSA JA KÄYTÖSSÄ

Tekijät: Mika Yli-Marttila, Jorma Järvenpää, Pekka Kivinen,  
Vesa Hämäläinen ja Heikki Marjamäki

Tilaaja: Työsuojelurahasto

Julkinen	X	Rekisteröidään VTT:n tutkimusrekisteriin JURE:een	X
Luottamuksellinen västi		saakka / pysyvästi	
Sisäiseen käyttöön			
Raportin nimi <b>TURVALLISUUDEN HUOMIOINTI NOSTOAPUVÄLINEIDEN SUUNNITTELUS- SA JA KÄYTÖSSÄ</b>			
Toimeksiantaja/rahoittaja ja tilaus pvm/nro Työsuojelurahasto, hanke numero 101344		Raportin numero BTUO22-041256	
Projektin nimi NOSTO		Suoritteen numero A1SU00806	
Laatija(t) Mika Yli-Marttila, Jorma Järvenpää, Pekka Kivinen, Vesa Hämäläinen, Heikki Marjamäki		Sivujen/ liitesivujen lukumäärä 35/15	
Avainsanat Nostoapuväline, nostolaite, lifting accessory, lifting attachment, lifting equipment			
Tiivistelmä  <p>Erikoisnostoapuvälineitä koskien on olemassa lainsäädäntöä ja standardeja, joiden tulkitseminen edellyttää suunnittelijalta perehtyneisyyttä asiaan. Nämä sisältävät periaatteellisella tasolla olevia vaatimuksia. Suunnitteluun liittyy kuitenkin lukuisia seikkoja, jotka eivät sisälly säädöksiin, vaan suunnittelija joutuu päättämään ne tapauskohtaisesti. Tällaisia asioita ovat mm. rakenteen mitoitus, materiaalien valinta, vakavuus, erilliskomponenttien valinta, toiminnan luotettavuus, välineen käytettävyys ja dokumentaatio.</p> <p>Raportissa esitetään erikoisnostoapuvälineitä koskevia turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia kootussa muodossa ja menetelmiä näiden vaatimusten toteuttamiseksi. Lisäksi raportista löytyy lähdeviitteitä, joissa on rakenteen suunnitteluun ja mitoitukseen liittyvää lisätietoutta erikoisnostoapuvälineen suunnittelijoille. Raportti soveltuu käsikirjaksi nostoapuvälineiden suunnittelijoille ja yritysten nostoapuvälineistä vastaaville henkilöille.</p>			
22.06.2004			
Risto Kuivanen Tutkimuspäällikkö		Mika Yli-Marttila Tutkija	
Jakelu (asiakkaat ja VTT):		Tarkastanut	

## Alkusanat

Hankkeen rahoittajina ovat olleet Työsuojelurahasto, Enmac Oy, Erlatek Oy, Satateräs Oy ja Sisu Diesel Oy ja käytännön työ toteutettiin VTT:n Tuotteet ja tuotanto tutkimusyksikössä 31.12.2001-31.5.2004 välisenä aikana.

Hanketta on ohjannut johtoryhmä, jonka jäseniä olivat R-L. Lappeteläinen Työsuojelurahastosta, K. Lehtonen Enmac Oy:stä, E. Laaksonen Erlatek Oy:stä, J. Paukkunen Satateräs Oy:stä sekä K. Kitinoja ja J. Mähönen Sisu Diesel Oy:stä. Hankkeen vastuuhenkilönä toimi VTT Tuotteet ja tuotannossa Mika Yli-Marttila ja toteutuksessa mukana olivat Jorma Järvenpää, Pekka Kivinen ja Vesa Hämäläinen.

Kiitämme hankkeen rahoittajia ja kaikkia hankkeen toteutuksessa mukana olleita henkilöitä. Lisäksi kiitämme haastattelututkimukseen osallistuneita henkilöitä ja yrityksiä.

Tampereella kesäkuussa 2004

Tekijät

# Sisällysluettelo

Alkusanat.....	2
1 Johdanto .....	5
2 Erikoisnostoapuvälineen suunnittelu .....	7
2.1 Suunnitteluprosessi.....	7
3 Erikoisnostoapuvälinettä koskevat säädökset ja määräykset.....	8
3.1 Työturvallisuuslain noudattaminen .....	8
3.2 Konepäätös .....	8
3.3 Käyttöpäätös .....	9
3.4 Koneturvallisuusstandardit .....	10
3.5 Konelaki .....	10
3.6 Koneiden turvallisuutta koskevien määräysten suhtautumien toisiinsa .....	11
4 Riskin arviointi .....	12
4.1 Riskin arvioinnin tarkoitus.....	12
4.2 Menettelytavan kuvaus.....	12
4.3 Riskin arvioinnin eteneminen .....	12
4.4 Riskin arvioinnissa tarvittavaa tietoa .....	13
4.5 Vaaratekijöiden tunnistaminen, riskin suuruus ja vaaratekijöiden ehkäisemiseen tähtäävät toimenpiteet .....	13
4.6 Esimerkki riskin arvioinnista .....	14
4.7 Nostotyön turvallisuusriskit.....	14
5 Olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset.....	15
5.1 Turvallistamisen periaatteet .....	15
5.2 Mekaanisten vaarojen torjunta .....	17
5.3 Lujuus.....	19
5.4 Käyttötarkoitukseen soveltuvuus .....	22
6 Suunnittelua koskevia tietoja ja ohjeita.....	23
6.1 Suunnittelun perusteet .....	23
6.2 Kuormitukset .....	23
6.3 Kylmähaurauden huomiointi materiaalin valinnassa.....	24
6.4 Sallitut jännitykset rakenteen mitoituksessa .....	24
6.5 Plastisuusteorian mukainen mitoitus .....	25
6.6 Stabiiliteetin menetys .....	25
6.7 Vakavuus .....	26
6.8 Käyttölujuus.....	26
6.9 Hitsin mitoitus .....	27
6.10 Pintapaineet.....	27
6.11 Ruuviliitokset.....	27
6.12 Rakenneosien liitosten kiinnityksen varmistus.....	28
6.13 Taakan kiinnityksen varmistus .....	28
6.14 Sähkö-, paineilma- ja hydraulijärjestelmän suunnittelu .....	29
6.15 Turvallisuusvaatimusten todentaminen (verifiointi) .....	30

7	Dokumentointi .....	31
7.1	Yleistä .....	31
7.2	Tekninen rakennetiedosto .....	31
7.3	Mukana toimitettavat ohjeet .....	31
7.4	Erikoisnostaapuvälineen merkinnät.....	33
7.5	EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus ja CE-merkintä .....	33
	Lähteet .....	34

LIITE 1: Standardiluettelo

LIITE 2: Esimerkki vaaratekijäluettelosta

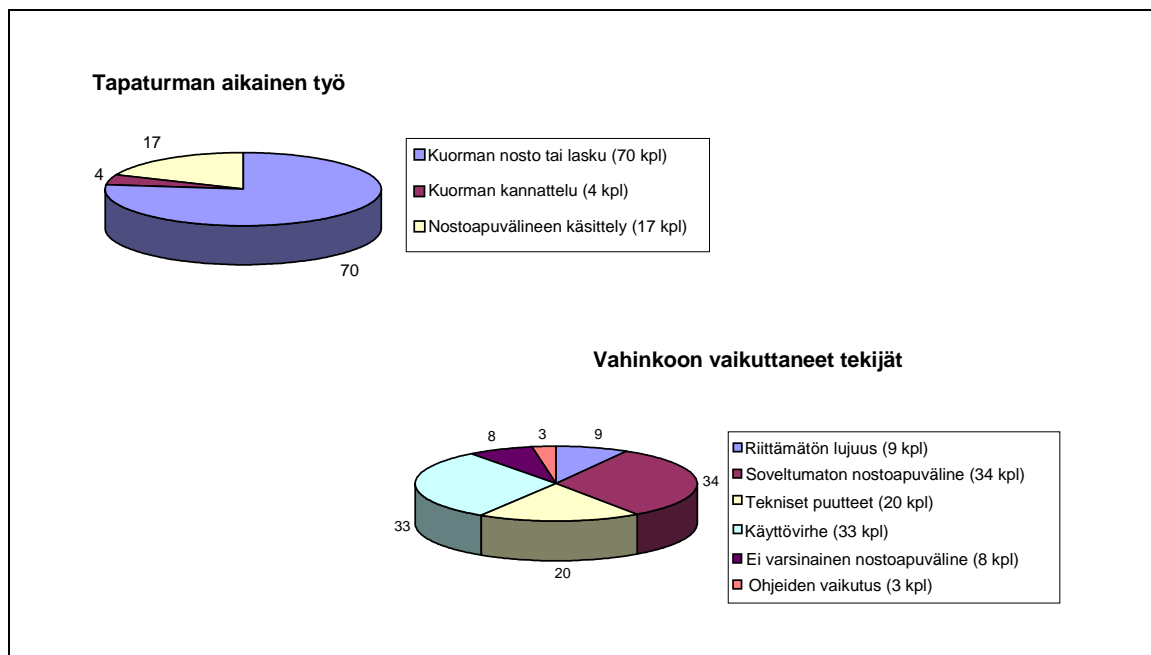
LIITE 3: Nostopalkin mitoitusesimerkki

# 1 Johdanto

Teollisuudessa nostaminen ja siirtäminen ovat jokapäiväistä toimintaa. Usein nostettavan taakan läheisyydessä työskentelee muita henkilöitä, joille nostotyö saattaa aiheuttaa vaaratilanteen. Nosturin kuljettajalla ja taakan kiinnittäjällä sekä nostoapuvälineillä on ratkaiseva merkitys nostotyön turvallisuuteen.

Nostoraksien ja yleisimpien muiden nostoapuvälineiden tarkastusta varten on olemassa ohjeita ja välineiden myyjät yleensä suorittavat myös tarkastuksia. Omaan käyttöön valmistettujen nostoapuvälineiden tarkastusohjeet ja hylkäysperusteet yleensä puuttuvat, jolloin niiden tarkastajalta edellytetään erityistä asiantuntemusta. Nostoapuvälineiden rakenteellinen turvallisuus lienee yleisesti kohtuullinen, koska käyttöpäätös velvoittaa yritykset tarkastamaan käyttämänsä nostoapuvälineet vuosittain. Sen sijaan nostoapuvälineen soveltuvuudesta käyttötarkeitukseensa ei aina varmistuta.

Vuosina 1990-2000 sattui nostotyössä 91 vakaavaa tapaturmaa, joihin oli vaikuttanut merkittävästi nostoon soveltumaton nostoapuväline tai käyttöön liittyvä tekijä. Tapaturmien seurauksena vahingoittunut oli sairaalomalla yli 30 päivää, sai pysyvän vamman tai menehtyi (tilastointiperuste). Kuvassa 1 on sattuneiden tapaturmien analysoinnin tulokset.



Kuva 1. Vuosina 1990-2000 sattuneiden vakavien tapaturmien analysoinnin tulokset.

Valtaosa nostotapaturmista (70 kpl) on sattunut kuorman noston tai laskun aikana. Tapaturmaan vaikuttavia tekijöitä ovat olleet muun muassa nostoon soveltumaton nostoapuväline (34 kpl), käyttövirhe (33 kpl) tai nostoapuvälineen tekniset puutteet (20 kpl). Tapauksissa, joissa tapaturman aiheutti soveltumaton nostoapuväline, taakkaa oli yritetty esimerkiksi nostaa nostorakseilla, kun olisi pitänyt käyttää erityisesti tähän nostoon suunniteltua erikoisnostoapuvälinettä. Puutteellinen koulutus tai puutteelliset käyttöohjeet ovat johtaneet käyttövirheisiin, joista on ollut seurauksena tapaturma. Nostoapuvälineen kuluneisuus ja nostettavan taakan kiinnityksen varmistamisen kannalta kriittisten osien puuttuminen nostoapuvälineestä ovat aiheuttaneet myös tapaturmia, jotka olisi voitu välttää, mikäli käytössä olisi ollut kunnossapito- ja tarkastusohjeet.

Tapaturmat ovat usein sekä työsuojelullisesti että taloudellisesti mittavia. Tapaturmavakuutuslaitosten liiton (TVL) tilastojen mukaan vuosina 1993-2001 tapahtui teollisuuden, rakentamisen sekä kuljetus, varastointi ja tietoliikenne toimialoilla yhteensä 2343 tapaturmaa nostoapuvälineillä. Työtapaturman seurauksena on aina ihmisen loukkaantuminen ja yleensä myös työpaikalle aineellisia menetyksiä ja tuotannon häiriöitä. Yli 30 päivää kestävä poissaolon aiheuttaneen tapaturman kustannukset kansantaloudelle ovat 10 000 €/tapaus (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2001). Epäsuorien kustannusten, kuten omaisuus- ja materiaalivahinkojen, tuotannon häiriöiden sekä laatumenetysten arvioiminen on vaikeaa. Kustannukset lienevät kuitenkin keskimäärin useita tuhansia euroja jokaista tapaturmaa kohti. Yleistäen voidaankin todeta, että turvallisen nostoapuvälineen suunnittelukustannukset jäävät huomattavasti alle tapaturman aiheuttamien kustannusten.

Nostoapuvälineisiin perehtyneitä suunnittelijoita ei yrityksissä yleensä ole, vaan työ tehdään muun suunnittelutyön ohessa. Suunnittelijat tiedostavat, että säädöksiä ja määräyksiä on olemassa, mutta niiden sisältö koetaan vaikeaselkoiseksi. Usein esitetään kysymyksiä siitä, miten nostoapuvälineet suunnitellaan ja mitoitetaan oikein. Raportissa esitetään kootussa muodossa nostoapuvälineitä koskevat vaatimukset ja menettelytavat erikoisnostoapuvälineiden suunnitelmiseksi. Raportti soveltuu käsikirjaksi nostoapuvälineiden suunnittelijoille ja yritysten nostoapuvälineistä vastaaville henkilöille.

Raportissa käytetään nimitystä erikoisnostoapuväline niistä nostoapuvälineistä, jotka suunnitellaan ja valmistetaan tiettyä käyttötarkoitusta varten. Tällaisia ovat muun muassa

- nostopalkit
- C-koukut
- nostopihdit ja -sakset
- levytarraimet
- kaivonrengastarraimet
- nostomagneetit
- alipainetarttijat.

Erikoisnostoapuvälineet voivat koostua esimerkiksi kettinkirakseista, teräsosista ja valmiista komponenteista. Useimmiten kettinkiraksien ja valmiiden komponenttien valintaan löytyvät ohjeet, mutta teräsosien valintaan ja mitoitukseen liittyvä ohjeistus on etsittävä eri lähteistä.

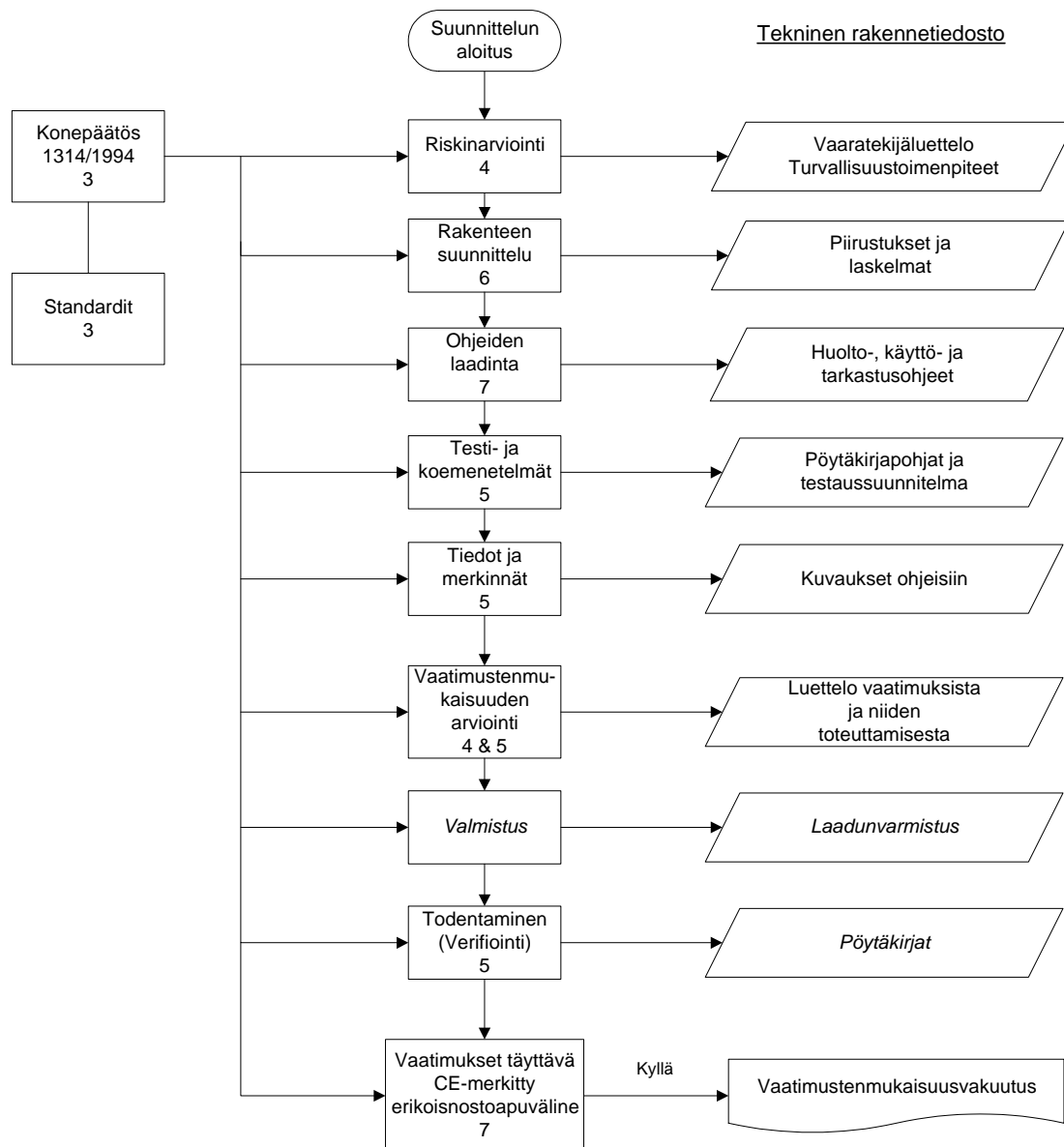
Nostomagneeteille ja alipainetarttujille on omat standardinsa, joten niitä ei yksityiskohtaisesti käsitellä tässä yhteydessä. Raportissa ei myöskään tarkastella yleisimpiä nostoapuvälineitä kuten kettinkirakseja ja tekstiilirakseja.

Raportin teon aikana tuli voimaan standardi SFS-EN 13155 Nosturit. Turvallisuus. Irrotettavat nostoapuvälineet (vahvistettu 2004-01-26). Standardi tukee konepäätöksessä esitettyjä olennaisia vaatimuksia ja sisältää yksityiskohtaisia turvallisuutta koskevia vaatimuksia ja ohjeita nostoapuvälineille, jotka on lueteltu standardissa. Tämä raportti ja standardi SFS-EN 13155 muodostavat yhdessä kattavan perustan erikoisnostoapuvälineen suunnittelijoille. Liitteessä 1 on luettelo niistä nostamiseen ja nostoapuvälineisiin liittyvistä standardeista, jotka ovat voimassa tällä hetkellä. Suomen standardoimisliiton sivuilta löytyy ajantasainen tieto voimassaolevista standardeista (<http://www.sfs.fi>).

## 2 Erikoisnostoapuvälineen suunnittelu

### 2.1 Suunnitteluprosessi

Erikoisnostoapuvälineen suunnitteluprosessi alkaa käyttötarpeen määrittelystä. Nykyisen suunnittelukäytännön mukaan koneen tai erikoisnostoapuvälineen suunnittelijan on arvioitava vaarat tunnistaakseen kaikki ne, jotka koskevat hänen erikoisnostoapuvälinettä. Tämän arvioinnin jälkeen valmistaja suunnittelee ja rakentaa erikoisnostoapuvälineensä ottaen huomioon arvioinnin tulokset. Kuvassa 2 esitetään kaaviomuodossa suunnitteluprosessin eteneminen. Vasemmalla kaaviossa on noudatettavat määräykset ja ohjeet. Keskellä on suunnittelun eri vaiheet ja oikealla tulokset, jotka muodostavat samalla suunniteltavan erikoisnostoapuvälineen teknisen rakennetiedoston. Suunnitteluvaiheiden numerointi viittaa tämän raportin kohtiin, joissa esitetään tarkemmin kyseinen asia.



Kuva 2. Suunnittelun etenemisvaiheet.



## 3 Erikoisnostoapuvälinettä koskevat säädökset ja määräykset

### 3.1 Työturvallisuuslaki

Työturvallisuuslaki (738/2002) korostaa työnantajan velvollisuutta tunnistaa ja arvioida työhön liittyvät vaarat ja niihin liittyvät riskit sekä eri osapuolten vastuuta. Työturvallisuuslaissa esitetään nostoapuvälineitä koskevat yleiset periaatteet ja vaatimukset. Nostoapuvälineiden rakennetta koskevat yksityiskohtaiset vaatimukset esitetään koneiden turvallisuutta koskevassa valtioneuvoston päätöksessä (1314/1994), **konepäätös**. Nostoapuvälineiden turvallisesta käytöstä säädetään valtioneuvoston päätöksellä (856/1998), **käyttöpäätös**, joka sisältää mm. määräykset nostoapuvälineiden määräaikaistarkastuksista.

Työturvallisuuslaissa (738/2002, 68 §, 2 momentti) ilmaistaan mm. valmistajan, suunnittelijan, käyttäjän ja tarkastajan velvollisuudet ja vastuut. Työturvallisuuslaki edellyttää näitä tahoja noudattamaan lain säännöksiä ja erikseen yksityiskohdista säädettyjä valtioneuvoston päätöksiä. Päävastuu uuden nostoapuvälineen turvallisuudesta on kuitenkin aina valmistajalla, mutta Suomen lainsäädännössä on haluttu ottaa vastuuseen mukaan myös suunnittelija (Kuikko 2003). Työturvallisuuslain 57 §, suunnittelijan velvollisuudet, säädetään seuraavasti:

*Sen, joka toimeksiannosta luovuttaa työympäristön rakennetta, työtilaa, työ- tai tuotantomenetelmää, konetta, työvälinettä tai muuta laitetta koskevan suunnitelman, on huolehdittava siitä, että suunnitelmassa on sen kohteen ilmoitetun käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla otettu huomioon tämän lain säännökset.*

Suunniteltaessa, valmistettaessa, ja käytettäessä nostoapuvälineitä noudatetaan seuraavia työturvallisuuslain kohtia:

Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden turvallisuus

35 § Työpaikan sisäinen liikenne ja tavaroiden siirtäminen

41 § Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden käyttö

43 § Työvälineiden käyttöönotto- ja määräaikaistarkastukset.

Työn turvallisuuteen vaikuttavien muiden henkilöiden velvollisuudet

56 § Tuotteen valmistajan ja luovuttajan velvollisuudet.

57 § Suunnittelijan velvollisuudet

58 § Koneen, työvälineen tai muun laitteen asentajan velvollisuudet

59 § Käyttöönotto- ja määräaikaistarkastuksen suorittajan velvollisuudet

60 § Tavaroiden lähettäjä ja kuormaaajaa koskevat velvollisuudet.

### 3.2 Konepäätös

Euroopan Unionin koneita koskeva lainsäädäntövelvoite, konedirektiivi (98/37/EY) on viety Suomen lainsäädäntöön valtioneuvoston päätöksellä (1314/1994) koneiden turvallisuudesta, joka tuli voimaan 1.1.1995. Tästä käytetään nimitystä konepäätös. Konepäätöksessä määrätään valmistajan tehtävät ennen koneen saattamista markkinoille tai käyttöönottamista. Konepäätös sisältää konetta koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset sekä toimenpiteet koneen vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi. Perusajatus on, että uudet koneet suunnitellaan ja valmistetaan tekniikan sen hetkisen tason mukaan. Päätöksessä mainitaan yhdenmukaistetut standardit, joiden noudattaminen on eräs tapa täyttää olennaiset terveys- ja turval-

lisuusvaatimukset. Konepäätös koskee myös nostoapuvälineen valmistajaa tai niiden markkinoille saattajaa. Nostoapuvälinettä koskevat vaatimukset on annettu konepäätöksen liitteessä yksi.

Valmistaja kiinnittää valmistamaansa nostoapuvälineeseen CE-merkin tiedoksi, että hän on noudattanut nostoapuvälineen suunnittelussa ja valmistuksessa nostoapuvälinettä koskevia säännöksiä ja vaatimuksia. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksessa valmistaja ilmoittaa mitä säädöksiä ja mahdollisesti standardeja on noudatettu nostoapuvälineen suunnittelussa ja valmistuksessa.

### 3.3 Käyttöpäätös

Nostoapuvälineiden käyttöä koskee valtioneuvoston päätös työssä käytettävien koneiden ja muiden työvälineiden hankinnasta, turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (856/1998), josta käytetään nimitystä käyttöpäätös. Käyttöpäätös velvoittaa työntäjän hankkimaan työpaikalle vain sellaisia työvälineitä, jotka ovat niitä koskevien vaatimusten mukaisia. Nostoapuvälineet tulee olla CE-merkittyjä ja niiden mukana tulee olla vähintään suomenkieliset käyttöohjeet sekä vaatimustenmukaisuusvakuutus. Nostoapuvälineen hankkijalla tulee olla riittävästi tietoutta varmistuakseen hankittavan nostoapuvälineen turvallisuudesta. Apuna voi käyttää esimerkiksi tarkistuslistoja.

Käyttöpäätöksen mukaan nostoapuvälineille on suoritettava määräaikaistarkastukset vuosittain, jollei turvallisuusperusteiden työvälineen käytön rasittavuuden johdosta tätä lyhyempi tai pidempi tarkastusväli ole perusteltavissa. Epätavallisen käyttötilanteen jälkeen tarkastus on suoritettava ennen seuraavaa käyttöä. Tarkastuksen voi suorittaa työntäjän palveluksessa oleva tai ulkopuolinen henkilö. Tarkastuksen suorittajan tulee olla tarkastuksen kohteena olevan työvälineen rakenteeseen, käyttöön ja tarkastamiseen riittävästi perehtynyt henkilö, joka pystyy havaitsemaan mahdolliset viat ja puutteet sekä arvioimaan niiden vaikutuksen turvallisuuteen.

Nostoapuvälineiden turvallisuuden kannalta on tärkeää, että ne pidetään kunnossa koko käyttökänsä ajan. Työntäjän velvollisuus on huolehtia siitä, että käyttäjillä on riittävä opastus nostoapuvälineiden käyttöön. Lisäksi niiden kuntoa tulee valvoa muutenkin kuin määräaikaistarkastuksissa. Oikean käytön, kunnossapidon ja turvallisuuden kannalta on oleellinen merkitys ohjeilla, jotka vastuunsa tunteva suunnittelija ja valmistaja ovat laatineet nostoapuvälineilleen. Nostoapuvälineitä hankittaessa tulee niiden mukana toimittaa asialliset käyttö-, tarkastus- ja huolto-ohjeet.

Suunnitteluvaiheessa on syytä huomioida myös riittävässä määrin käytön vaatimukset. Seuraavassa on lueteltu ne käyttöpäätöksen kohdat, joita noudatetaan käytettäessä nostoapuvälineitä:

- 34 § Lujuus ja vakavuus*
- 35 § Nostolaitteen ja sen lisälaitteiden merkinnät*
- 37 § Kiinteästi asennettava työväline*
- 46 § Työvälineen vakavuus*
- 47 § Nostotyönsuunnittelu, valvonta ja toteutus*
- 48 § Törmäyksen ja kaatumisen estäminen*
- 49 § Nostotyön keskeytymisen aiheuttamat vaarat*
- 53 § Taakan kiinnittäminen ja irrottaminen*
- 58 § Nostoapuvälineet*
- 77 § Nostoapuvälineille ja eräille nostimille suoritettavat tarkastukset*

78 § Tarkastaminen poikkeuksellisten tilanteiden jälkeen  
79 § Tarkastuksen suorittajan pätevyys  
80 § Tarkastuspöytäkirja.

## 3.4 Koneturvallisuusstandardit

Eurooppalaiset yhdenmukaistetut standardit ovat tärkeitä tulkittaessa ja sovellettaessa konepäättöksen vaatimuksia. Konepäättös sisältää ainoastaan koneita koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Standardit ovat koneen rakentajalle hyödyllisiä, koska ne esittävät yhden yleisesti tunnustetun tavan konepäättöksen vaatimusten täyttämistä. Standardit eivät ole kuitenkaan määräyksiä ja niiden noudattaminen on vapaaehtoista. Käytännössä konepäättöksessä (1314/1994) esitettyjen terveys- ja turvallisuusvaatimusten täyttäminen on vaikeata ilman standardien noudattamista. Käyttöpäättöksen vaatimukset voidaan täyttää ilman standardeja.

Koneturvallisuuteen liittyvät EN-standardit jaotellaan kolmiportaisen hierarkian mukaan

- A-tyypin standardeihin, jotka määrittelevät koneturvallisuuden perusfilosofian (riskin arvioinnin periaatteet ja turvallisuussuunnittelun periaatteet)
- B-tyypin standardeihin, jotka käsittelevät suunnittelijoiden tarvitsemaa perustietoa kuten melun ja värinän mittaamista, ergonomiaa, turvalaitteita ja turvaetäisyyksiä
- C-tyypin standardeihin, jotka sisältävät yksityiskohtaisia yksittäisten koneiden tai koneryhmien turvallisuusvaatimuksia.

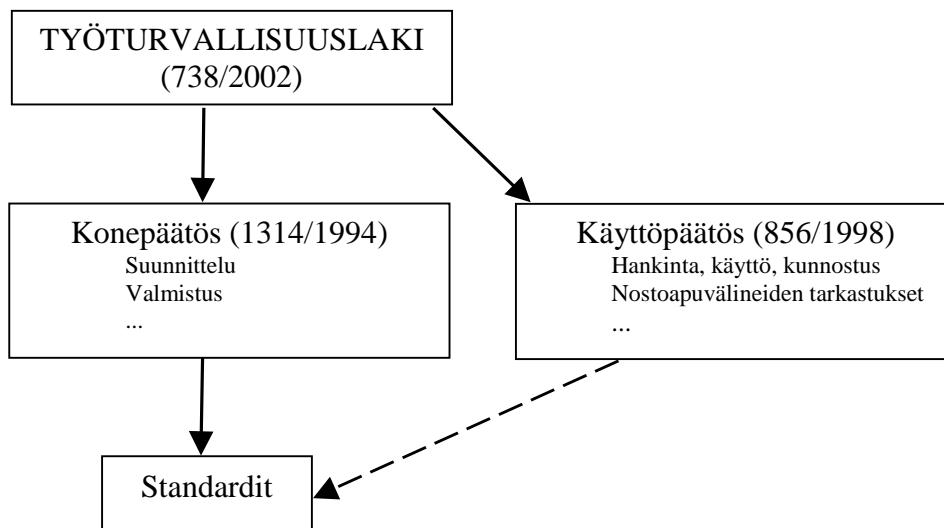
## 3.5 Konelaki

Sosiaali- ja terveysministeriössä on valmisteilla niin sanottu ”konelaki”, jonka tarkoituksena on varmistaa, että kone, työväline, henkilösuojain tai muu tekninen laite on vaatimusten mukainen eikä aiheuta valmistajan tarkoittamassa käytössä tapaturman varaa eikä terveyden haittaa. Lain tarkoituksena on myös varmistaa, että asianmukaisesti suunniteltu, valmistettu ja varustettu tekninen laite voidaan esteettä luovuttaa markkinoille tai käyttöön. Uusi laki tulee korvaamaan työturvallisuuslain (738/2002) 68 §:n 2 momentin.

### 3.6 Koneiden turvallisuutta koskevien määräysten suhtautumien toisiinsa

Kuva 3 selventää koneita koskevien määräysten rakennetta ja suhtautumista toisiinsa. Kuva on alunperin esitetty lähteessä Siirilä & Pahkala (1999). Kuvaan on muutettu vanhan työturvallisuuslain (299/58) tilalle uusi työturvallisuuslaki (738/2002).

Työturvallisuuslaissa (738/2002) esitetään perusvaatimukset, joita täsmennetään konepäättökssä (1314/1994), käyttöpäättöksessä (856/1998) ja standardeissa (Siirilä & Pahkala, 1999).



Kuva 3. Koneita koskevien määräysten rakenne. (Siirilä & Pahkala, 1999)

## 4 Riskin arviointi

### 4.1 Riskin arvioinnin tarkoitus

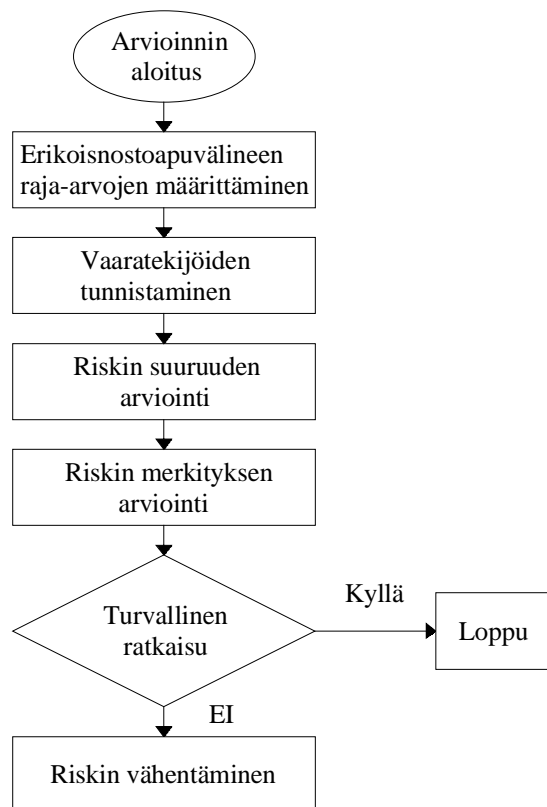
Riskin arviointi antaa tietoa nostoapuvälineen turvallisuusriskien merkityksestä, joka tukee nostoapuvälineen turvallisuudesta tehtävää päätöksentekoa ja turvallisuustoimenpiteiden toteutusta. Riskin arviointi on suunnittelijan apukeino toteuttaa erikoisnostoapuvälineen turvallisuustietoinen suunnittelu.

### 4.2 Menettelytavan kuvaus

Nostoapuvälineen riskin arvioinnissa tunnistetaan kaikki ne vaarat ja vaaramahdollisuudet, joiden seurauksena henkilöiden terveys voi vaarantua. Tarpeen mukaan arvioidaan myös vaaratekijöihin liittyvän riskin suuruus eli vahingon mahdollisuus. Tehdyn arvion perusteella päätetään vaaratekijöiden poistamiseen tai niihin liittyvän riskin alentamiseen tarvittavista turvallisuustoimenpiteistä. Riskin arvioinnissa on olennaista, että vaaratekijät ja -tilanteet tunnistetaan ja dokumentoidaan johdonmukaisesti ja selkeästi.

### 4.3 Riskin arvioinnin eteneminen

Kuvassa 4 on esitetty riskin arvioinnin ja vähentämisen suoritus soveltaen standardin SFS-EN 1050 esittämää periaatetta.



Kuva 4. Riskinarviointi SFS-EN 1050 mukaan.

## 4.4 Riskin arvioinnissa tarvittavaa tietoa

Erikoisnostoapuvälineen riskin arviointi perustuu aina mahdollisimman yksityiskohtaisiin lähtötietoihin ja ennakolta tiedossa oleviin turvallisuuskäsitteisiin. Riskin arviointia varten määritetään raja-arvot, joiden puitteissa koko suunnitteluprosessi muutenkin etenee. Tarpeellisia tietoja ovat

Erikoisnostoapuvälineen elinajan vaiheet, kuten

- kuljetus ja liikuttelu; tarpeiden määrittely
- varastointi; säilytyspaikka ja -tapa
- kokoonpano ja käyttöönotto
- käyttö ja kunnossapito
- tarkastukset
- käytöstä poisto.

Erikoisnostoapuvälineen raja-arvot, kuten

- käyttötarkoitus; oikea käyttötapa, käyttöolosuhteet
- kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö; käyttäjän huolimattomuus, yllättävä tapahtuma
- suurin sallittu kuorma; eri tilanteet ja ylikuormitusolettamat
- nostettavan kappaleen mahdolliset mitta- ja kokovaihtelut ja
- nostoapuvälineen ja sen osien ennakoitava elinaika.

Käyttötapa; teollisuuskäyttö, muu käyttö

- nostettavan kappaleen käsittelijöiden erilaisuus; sukupuoli, koko, kätisyys
- nostoapuvälineen käsittelyvaatimukset; ihmisen fyysiset ominaisuudet; lihasvoiman tarve.

Ennakoitavissa olevien käyttäjien (myös kunnossapito) koulutusvaatimukset, kokemus, kyvykkyys.

Ulkopuolisten henkilöiden huomioon ottaminen.

Nostettavan kappaleen piirustukset ja kuvat.

## 4.5 Vaaratekijöiden tunnistaminen, riskin suuruus ja vaaratekijöiden ehkäisemiseen tähtäävät toimenpiteet

Erikoisnostoapuvälineen vaaratekijöiden tunnistamisessa käytetään apuna esimerkiksi standardin SFS-EN 1050 vaaratekijäluetteloa, jossa esitetään yleisesti vaaratekijöiden esiintymismuodot. Tämän perusteella tunnistetaan ja kuvaillaan tarkemmin suunnittelun kohteena olevalle nostoapuvälineelle mahdollisesti ominaiset vaaratekijät ja arvioidaan tarpeen mukaan niihin liittyvän riskin suuruus. Vaaratekijöiden tunnistamisessa otetaan huomioon vähintään nostoapuvälineen normaali käyttö ja siihen liittyvät toimenpiteet, kuten käyttöönotto, kiinnitys nostokoukkuun, varsinainen käyttö, irrotus koukusta ja varastointi.

Riskin suuruus (R) on vaaratekijästä johtuvan seurauksen (S), vammien (pahin mahdollinen), ja sen esiintymisen todennäköisyyden (T) yhdistelmä,  $R = S \times T$ . Osatekijät voidaan ilmoittaa numeroarvoina, riski-indeksinä. Riski voidaan ilmaista myös yksinkertaisesti sanoin suuri tai

pieni, jos eri tekijöiden numeerinen arviointi ei anna erityistä lisäarvoa turvallisuustoimenpiteistä päätettäessä.

Vaaratekijöiden ehkäisemiseen tähtäävien toimenpiteiden ensisijainen tarkoitus on poistaa tunnistettu vaaratekijä, jos se on mahdollista tai toiseksi vähentää vakavia seurauksia tai pienentää vahingon todennäköisyyttä niin, että turvallisuustoimenpiteiden jälkeen riski on mahdollisimman pieni. Suurta riskiä ei voi hyväksyä.

## 4.6 Esimerkki riskin arvioinnista

Riskin arvioinnin kohteena on tässä esimerkkitapauksessa eräs runkokappaleen nostoapuväline. Riskin arvioinnin apuna on standardin SFS-EN 1050 vaaratekijäluettelo, jonka mukaan on edetty johdonmukaisesti tunnistuen ja kirjaten tarkastelukohdetta koskevat merkitykselliset vaaratekijät ja niihin liittyvä riskin suuruus. Laaditusta vaaratekijäluettelosta (liitteessä 2) ilmenee myös ne turvallisuustoimenpideperiaatteet, joita on päätetty noudattaa riskin vähentämiseksi. Riskin arvioinnin lähtötietoina on otettu huomioon seuraavat tälle erikoisnostoapuvälineelle asetetut raja-arvot ja ominaisuudet:

- turvallinen säilyttäminen
- nostettavan runkokappaleen stabiili yksiasentoinen kiinnitys
- nostoapuvälineen käyttö runkokappaleen nostoon, siirtoon ja kokoonpanoon
- ajoittainen ulkokäyttö talvella
- jatkuva teollisuuskäyttö
- suurin sallittu kuorma ja ylikuormittamisen estäminen
- hyvä kappaleen asemointitarkkuus kokoonpanossa
- mahdollisimman pieni lihasvoiman käyttötarve
- käyttäjät voivat vaihtua
- nostojen aikana lähellä on henkilöliikennettä.

Riskin arvioinnin tuloksista todetaan, että runkokappaleen nostoapuvälineen vaaratekijöihin liittyvä riski on yleisesti suuri. Tästä seuraa, että tarkastelukohteena ollut erikoisnostoapuväline ei olisi käytössä turvallinen, ellei sen suunnittelussa ja rakentamisessa oteta huomioon tämä riskin arviointi ja tehdä riittävät toimenpiteet riskin vähentämiseksi. Varsinaisen suunnittelun yhteydessä luettelon oikeanpuoleinen sarake täydennetään tarpeen mukaan viittauksilla suunniteltujen toimenpiteiden yksityiskohtiin ja muihin tietoihin niistä turvallisuustoimenpiteistä, jotka on turvallisuuden osoittamisen kannalta tarpeen dokumentoida.

Vaaratekijäluettelon keskeisin ja oikean puoleinen sarake muodostavat yhdessä nostoapuvälineen teknisen rakennetiedoston osan (konepäätös 1314/1994, liite 5, kohta 3a), selostus menetelmistä, joita on sovellettu nostoapuvälineestä johtuvien vaaratekijöiden poistamiseksi.

## 4.7 Nostotyön turvallisuusriskit

Erikoisnostoapuvälineen suunnittelijalla pitäisi olla myös nostotöiden asiantuntemusta, jotta hän kykenisi arvioimaan olennaisilta osin myös erikoisnostoapuvälineen käytössä esiintyvät henkilöturvallisuusriskit. Suunnittelija voisi tällöin vaikuttaa laiteturvallisuuden lisäksi kokonaisuudessaan nostoapuvälineellä tehtävän nostotyön turvallisuuteen.

## 5 Olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset

Tässä luvussa esitetään konepäättöksen liitteen 1 erikoisnostoapuvälineen suunnittelua ja rakennetta koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Vaatimusten yhteydessä kuvataan niitä turvallisuustoimenpideperiaatteita, joita suunnittelijan tulee noudattaa nostoapuvälinettä suunniteltaessa. Näiden vaatimusten lisäksi pitää suunnittelijan kuitenkin aina tapauskohtaisesti tarkistaa, että kaikki mahdolliset vaaratekijät on otettu huomioon ja tehty riittävät toimenpiteet niiden poistamiseksi.

### 5.1 Turvallistamisen periaatteet

Konepäättöksen mukaan kone on rakennettava niin, että se soveltuu käyttötarkoitukseensa ja että sitä voidaan käyttää, säätää ja huoltaa henkilöitä vaarantamatta, silloin kun edellä tarkoitettut toimet suoritetaan valmistajan tarkoittamalla tavalla.

Suoritettujen toimenpiteiden tarkoituksena tulee olla poistaa jokainen tapaturmavaara koneen koko ennakoitavana käyttöaikana, joka sisältää koneen kokoonpano- ja purkamisvaiheet, myös niissä tapauksissa, joissa vaaratekijät liittyvät ennakoitaviin normaalista poikkeaviin tilanteisiin.

Valitessaan tarkoituksenmukaisimpia tapoja valmistajan on noudatettava seuraavia periaatteita annetussa järjestyksessä:

- Vaarat poistetaan tai niitä vähennetään kaikilla mahdollisilla keinoilla (suunnittelemalla ja rakentamalla kone turvallisuusperiaatteiden mukaisesti).
- Ryhdytään tarvittaviin suojatoimenpiteisiin sellaisten vaarojen osalta, joita ei ole voitu poistaa.
- Ilmoitetaan koneen vastaanottajalle niistä vaaroista, jotka jäävät jäljelle käytetyistä suojatoimenpiteistä huolimatta, sekä ilmoitetaan, onko jokin erikoiskoulutus tarpeen, samoin kuin määritellään henkilönsuojainten tarve.

Konepäättöksessä asetetut olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset ovat velvoittavia. On kuitenkin mahdollista, että näitä päämääriä ei voida saavuttaa tekniikan nykytasolla. Tällaisessa tapauksessa kone tulee niin pitkälle kuin mahdollista suunnitella ja rakentaa näiden päämäärien saavuttamiseksi.

Turvallisuustoimenpiteen tason määrittäminen tapahtuu riskin arvioinnin avulla. Jos konetta koskevaan vaatimukseen sisältyvään vaaran liittyy suuri vahingoittumisen riski (vahingon vakavuus ja todennäköisyys), niin turvallisuustoimenpiteiksi eivät riitä varoitukset.

Taulukoissa (1, 2 ja 3) on esitetty merkintöihin, ohjeisiin ja vaatimustenmukaisuusvakuutukseen liittyviä konepäättöksessä mainittuja vaatimuksia sekä asioita, jotka suunnittelussa tulee huomioida vaatimusten täyttämiseksi.



Taulukko 1. Nostoapuvälineen merkintöjä koskevat vaatimukset.

<b>Merkinnät</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Jokaisessa nostoapuvälineessä on oltava helposti luettavalla ja pysyvällä tavalla tehdyt merkinnät.	Suunnittelijan tulee kerätä merkintää varten seuraavat tiedot ja varmistaa, että ne merkitään pysyvällä tavalla nostoapuvälineeseen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– tiedot valmistajasta</li> <li>– tiedot raaka-aineesta, jos tätä tietoa tarvitaan yhteensopivuutta varten</li> <li>– tiedot suurimmasta sallitusta kuormasta, myös apuvälineen oma massa</li> <li>– tunnistetiedot; esimerkiksi sarja- tai tyyppimerkintä, valmistusnumero ja valmistusvuosi</li> <li>– CE-merkintä.</li> </ul>

Taulukko 2. Vaatimukset nostoapuvälineen ohjeiden sisältämälle tiedolle.

<b>Ohjeet</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Jokaisen nostoapuvälineen tai jokaisen kokonaisuutena myytävän nostoapuväline-erän mukana on oltava ohjeet, jossa on oltava ainakin seuraavat tiedot: <ul style="list-style-type: none"> <li>– tavanomaiset käyttöolosuhteet</li> <li>– käyttö-, kokoonpano-, kunnossapito- ja tarkastusohjeet</li> <li>– käyttörajoitukset</li> <li>– jäljellejääneistä vaaroista varoittaminen</li> <li>– ohjeiden kieli (suomenkieli ja tarvittaessa ruotsinkieli).</li> </ul>	Huomioitava vaatimuksissa esitetyt asiat.

Taulukko 3. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksen sisältö.

<b>Vaatimustenmukaisuusvakuutus</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Jokaisen erikoisnostoapuvälineen tai jokaisen kokonaisuutena myytävän nostoapuväline-erän mukana on oltava vaatimustenmukaisuusvakuutus, jossa on oltava seuraavat tiedot: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Valmistajan tai valmistajan Euroopan talousalueella sijoittautuneen edustajan nimi ja täydellinen osoite</li> <li>– kuvaus nostoapuvälineestä ja tunnistetiedot</li> <li>– tieto kaikista asiaa koskevista säännöksistä, jotka nostoapuväline täyttää</li> </ul>	Huomioitava vaatimuksissa esitetyt asiat.

<ul style="list-style-type: none"> <li>– tarvittaessa viittaus yhdenmukaistettuihin standardeihin</li> <li>– tarvittaessa tieto käytetyistä kansallisista standardeista ja eritelmistä</li> <li>– sen henkilön yksilöinti, jolla on valmistajan tai valmistajan edustajan antama allekirjoitusvaltuus.</li> </ul> <p>Vakuutus on laadittava samalla kielellä kuin alkuperäiset ohjeet ja sen on oltava kirjoitettu joko koneella tai tekstaten suuraakkosin. Vakuutuksen mukana on oltava käännös sen maan kielellä jossa nostoapuvälinettä käytetään.</p>	
--	--

## 5.2 Mekaanisten vaarojen torjunta

Talukoissa 4 - 10 esitettyjä vaatimuksia sovelletaan silloin, kun vastaava vaara on asianomaisessa erikoisnostoapuvälineessä käytettäessä sitä valmistajan ennakoimalla tavalla.

*Taulukko 4. Nostoapuvälineen käsittelyyn liittyvät vaatimukset.*

<b>Suunnittelu käsittelyn helpottamiseksi</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Erikoisnostoapuväline on suunniteltava ja rakennettava siten, että sen ja sen osien käsittely on kaikissa seuraavissa tilanteissa turvallista: Varastoitaessa tai pakkauksessa käsiteltäessä Koneellisesti liikuteltaessa Käsin liikuteltaessa.	Varastointia varten tarvittaessa kaatumisen estävät tuet.  Nostoapuvälineessä ja tarvittaessa sen osissa riittävät kiinnityskohdat nostamista varten.  Käyttö-, huolto- ja kunnossapitotilanteissa riittävät kädensijat tai muut tartuntakohdat.

*Taulukko 5. Kosketuskohdista aiheutuvat vaarat.*

<b>Pinnoista, terävistä reunoista tai kulmista aiheutuvat vaarat</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Nostoapuvälineen osissa, joita voidaan koskettaa ei saa olla teräviä kulmia, reunoja eikä karkeita pintoja, jos niistä voi aiheutua vaaraa.	Muotoilun kiinnitettävä huomioita.

*Taulukko 6. Nostoapuvälineen vakavuus.*

<b>Vakavuus</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Nostoapuväline on suunniteltava siten, että nostoapuvälineellä ja taakalla on riittävä vakavuus sitä käytettäessä. Vakavuusominaisuudet on huomioitava myös nostoapuvälinettä kuljetettaessa, asennettaessa, korjattaessa,	Nostettavan taakan painopisteen odottamattoman siirtymisen hallinta.  Mahdolliset toiminnot ja säädöt eivät saa vaarantaa kokonaisuuden vakavuutta.

ennakoitavien komponenttivaurioiden ja ohjekirjan mukaisesti tehtyjen testien aikana.	Vakavuuden säilyminen kiinnitettäessä tai irrotettaessa taakkaa.  Vakavuuden säilyminen kuljetettaessa, varastoitaessa, korjattaessa ja huollettaessa
---	---

*Taulukko 7. Kuorman tahaton irtoaminen.*

<b>Tartunnan pysyvyys</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Tartuntalaitteet on suunniteltava ja rakennettava siten, että kuormien tahaton irtoaminen tartuntalaitteesta vältetään.	Tartunnan tahaton irtoaminen estetään esimerkiksi muotoilemalla tartuntalaite asianmukaisesti.  Tartunnan pysyvyyden varmistaminen käyttöenergian osittaisen tai kokonaan katkeamisen varalta.  Estetään tartuntaan tarvittavan käyttöenergian tahaton irtikytkentä.

*Taulukko 8. Raiteilta suistumisen estäminen.*

<b>Kiskot ja radat</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Jos nostoapuvälineessä on rakenteita, joissa on kiskoja tai ratoja, on ne varustettava laitteilla, jotka estävät raiteilta suistumisen.	Rakenteen lujuus.  Raiteilta suistuminen estetään mekaanisella rajoittimella.

*Taulukko 9. Köysipyörät, telat, ketjut tai köydet.*

<b>Köysipyörät, telat, ketjut tai köydet</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Erikoisnostoapuvälineen kuormaa kantavien tai nostoapuvälineen toimintaan liittyvien köysipyörien ja telojen on oltava halkaisijaltaan niihin asennettavien köysien tai ketjujen kokoon sopivia ja rakenteeltaan sellaisia, että niissä olevat köydet ketjut voivat kelautua putoamatta niiltä. Kuormaa kantavissa tai tukevissa köysissä ei saa olla pleissauksia muualla kuin päätteissä (punonnat sallitaan kuitenkin sellaisissa laitteissa, jotka on suunniteltu säännöllisesti muutettaviksi käyttötarkpeiden mukaan).	Köysipyörien ja telojen halkaisijan ja uran säteen yhteensopivuus köyden kanssa.  Ketjupyörien ja ketjujen yhteensopivuus.  Köysien ja ketjujen kelautuminen putoamatta.  Kuormaa kantavien köysien päätteet ja pleissaukset.  Köysien ja ketjujen lujuus.

*Taulukko 10. Asennusvirheistä aiheutuvat vaarat.*

<b>Asennusvirheet</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Jos asennettaessa tai vaihdettaessa tiettyjä osia virheellisestä kiinnityksestä voi aiheutua	Poistetaan asennusvirheen mahdollisuus.

<p>vaaraa, virheet on tehtävä mahdottomiksi jo osien suunnitteluvaiheessa tai, jos tämä ei ole mahdollista, merkitsemällä tieto vaarasta itse osiin taikka kiinnityskohtiin. Edellä tarkoitettu tieto on merkittävä liikkuviin osiin tai niiden kiinnityskohtiin, jos osien liikesuunta on tiedettävä vaaran vähentämiseksi. Tarvittavat lisätiedot on annettava ohjekirjassa.</p> <p>Jos virheellinen nesteen, kaasun tai sähkön liittäminen voi aiheuttaa vaaraa, on niiden virheellinen kytkentä tehtävä mahdottomaksi jo suunnitteluvaiheessa tai, jos tämä ei ole mahdollista, merkittävä tieto vaarasta esimerkiksi letkuihin, kaapeleihin tai liittimiin.</p>	<p>Toisiinsa liitettävät komponentit suunnitellaan keskenään yhteensopiviksi.</p> <p>Paineilma-, hydraulikka- tai sähköenergian pikaliitännöiden vaaraa aiheuttava virhekytkentä estetään.</p> <p>Muunneltavan nostoapuvälineen osiin tai niiden kiinnityskohtiin tehdään merkinnät.</p>
--	--

### 5.3 Lujuus

Taulukoissa 11 ja 12 on esitetty koneita ja nostoapuvälineitä koskevat vaatimukset liittyen mekaaniseen lujuuteen.

*Taulukko 11. Vaatimukset koskien nostoapuvälineen rakenteen lujuuutta.*

<b>Mekaaninen lujuus</b>	
<b>Vaatimus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
<p>Nostoapuvälineiden ja irrotettavien komponenttien on kestävä niihin käytön aikana, ja mahdollisesti myös, kun niitä ei käytetä, valmistajan ilmoittamissa asennus- ja käyttöolosuhteissa ja kaikissa asiaankuuluvissa kokoonpanoissa kohdistuvat kuormitukset ottaen tarvittaessa huomioon ilmastolliset tekijät ja henkilöiden aiheuttamat voimat. Tämän vaatimuksen on täytyttävä myös kuljetuksen, kokoonpanon ja purkamisen aikana.</p> <p>Käytettävien rakennemateriaalien kestävyden on oltava sopiva valmistajan ennakoimiin käyttöolosuhteisiin nähden, erityisesti ottaen huomioon väsymis-, korroosio- ja kulumisilmiöt.</p> <p>Valmistajan on ilmoitettava ohjeissa turvallisuuden vaatimat tarkastus- ja kunnossapitotoimenpiteet ja niiden väliajat. Tarvittaessa on yksilöitävä kuluvat osat ja määriteltävä niiden vaihtamisperusteet.</p>	<p>Lujuudessa huomioidaan kaikki käyttömuodot ja kokoonpanovaihtoehdot.</p> <p>Huomioidaan riittävässä määrin myös mahdollinen ennakoitu väärinkäyttö.</p> <p>Huomioidaan mahdollinen tuulen, lumen tai jää aiheuttama lisäkuormitus.</p> <p>Osat ja komponentit (ketjut, köydet, sakkelit ym.) mitoitetaan niihin kohdistuvia rasituksia vastaavaksi.</p> <p>Valitaan käyttöolosuhteisiin soveltuvat materiaalit.</p> <p>Määritellään tarkastus-, kunnossapitotoimenpiteet ja hylkäysperusteet.</p>

<p>Nostoapuväline on suunniteltava ja rakennettava siten, että estetään väsymisen tai kulumisen aiheuttava vaurio ottaen huomioon niiden käyttötarkoituks.</p>	<p>Väsymislujuustarkastelu ja mahdollinen laskenta esim. soveltuvan standardin mukaan</p> <p>Huomioidaan käytössä esiintyvän kulumisen rakenteita heikentävä vaikutus.</p> <p>Määritetään sallitut kulumisraja-arvot, jotka ilmoitetaan ohjeissa.</p>
<p>Käytetyt materiaalit on valittava valmistajan tarkoittaman käyttöympäristön mukaan ottaen erityisesti huomioon korroosio, kuluminen, iskut, kylmähaaraus ja vanheneminen.</p>	<p>Valitaan käyttölämpötilaan soveltuva materiaali.</p> <p>Huomioidaan erityisesti kemikaalien syövyttävä vaikutus.</p> <p>Käyttöympäristön aiheuttamia mekaanisia haittoja eliminoidaan esim. sopivalla pintakäsittelyllä.</p>
<p>Nostolaitteet ja -apuvälineet on suunniteltava ja rakennettava kestäväksi staattisten kokeiden ylikuorma ilman pysyvää vauriota tai näkyvää vikaa. Laskelmissa on otettava huomioon staattisten testikertoimen arvot, jotka on valittu, jotta voidaan varmistaa riittävä turvallisuustaso; yleensä käytetään nostoapuvälineelle arvoa 1,5.</p>	<p>Suunnitellaan kestäväksi staattinen koekuormitus.</p> <p>Laaditaan testausohje ja –pöytäkirja (tarvittaessa).</p>
<p>Kone on suunniteltava ja rakennettava siten, että se läpäisee vahingoittumatta dynaamiset testit, jotka tehdään käyttäen maksimikuormaa kerrottuna dynaamisella testikertoimella. Tämä dynaaminen testikerroin valitaan siten, että taataan riittävä turvallisuustaso; yleensä käytetään nostoapuvälineelle arvoa 1,1.</p>	<p>Suunnitellaan kestäväksi dynaaminen koekuormitus.</p> <p>Laaditaan testausohje ja –pöytäkirja.</p>

Konepäätöksessä erikseen mainittu irtaimet nostoapuvälineet ja esitetty vaatimukset niiden mekaaniselle lujuudelle. Vaatimukset on esitetty taulukossa 12.

*Taulukko 12. Irtaimia nostoapuvälineitä koskevat vaatimukset.*

<b>Mekaaninen lujuus</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
<p>Nostoapuvälineet on mitoitettava väsymisen ja vanhenemisen suhteen ottaen huomioon työjaksojen lukumäärä oletetun ja määritellyn käyttöiän aikana määritellyn sovellutuksen käyttöolosuhteissa.</p>	<p>Määritetään käyttöikä laskennan perusteeksi.</p> <p>Väsymislujuustarkastelu ja mahdollinen laskenta esim. soveltuvan standardin mukaan.</p> <p>Huomioidaan käytössä esiintyvän kulumisen rakenteita heikentävä vaikutus.</p>

	Määritetään sallitut kulumisraja-arvot, jotka ilmoitetaan ohjeissa.
Teräsköysien ja köysipäätteiden yhdistelmien käyttökerroin valitaan siten, että saavutetaan riittävä turvallisuustaso. Tämä kerroin on yleensä 5. Köysissä ei saa olla pleissauksia muualla kuin päätteissä.	Huomioitava vaatimuksissa esitetyt asiat.
Kun käytetään hitsatuista lenkeistä valmistettuja ketjuja, lenkkien on oltava lyhyttä lenkityyppiä. Kaikkien ketjutyypien käyttökerroin valitaan siten, että varmistetaan riittävä turvallisuustaso: tämä kerroin on yleensä 4.	Huomioitava vaatimuksissa esitetyt asiat.
Tekstiiliköysien tai -raksien käyttökerroin riippuu materiaalista, valmistusmenetelmästä, mitoista ja käytöstä. Tämä kerroin valitaan siten, että varmistetaan riittävä turvallisuustaso, yleensä kerroin on 7, jos käytetyt materiaalit ovat erittäin hyvää laatua ja jos käytetty valmistusmenetelmä on sopiva käyttötarkoitukseen. Jos näin ei ole, kerroin asetetaan yleensä korkeammaksi, jotta varmistetaan vastaava turvallisuustaso. Tekstiiliköysissä ja -rakseissa ei saa olla solmuja, liitoksia tai pleissauksia lukuun ottamatta raksin päätettä, ellei kyseessä ole päätön nostovyö.	Huomioitava vaatimuksissa esitetyt asiat.
Kaikkien niiden metalliosien käyttökerroin, jotka muodostavat raksin tai joita käytetään sen kanssa, valitaan siten, että varmistetaan riittävä turvallisuustaso. Tämä kerroin on yleensä 4.	Jos erikoisnostoapuväline tai sen kuormaa kantava osa koostuu useista yhteen liitetyistä rakseista, huomioidaan että liitoskappaleiden käyttökerroin vastaa vähintään raksin käyttökerrointa.
Monihaaraisten raksien nostokyky määritellään ottaen huomioon heikoimman haaran turvallisuuserroin, haarojen lukumäärä ja muotokerroin, joka riippuu ripustuksen nostokulmista.	Esimerkiksi kaksi- tai useampihaaraisessa raksissa maksimikuorma määräytyy heikoimman haaran mukaan.
Valmistajan tai yhteisöön sijoittautuneen valmistajan edustajan on tehtävä tai teetettävä jokaiselle a, b, c ja d kohdassa (konepäätös 1314/1994, liite 1) tarkoitettulle komponenttityypille asianmukaiset varmennukset todentaakseen, että riittävä käyttövarmuuserroin on saavutettu. Varmennus voidaan tehdä joko laskennallisesti tai kokeellisesti.	Laaditaan testausohje ja –pöytäkirja suoritettavia testejä varten.  Laaditaan kattavat lujuuslaskelmat soveltaen esimerkiksi nosturistandardeja.

## 5.4 Käyttötarkoitukseen soveltuvuus

Staattisilla ja dynaamisilla testeillä todennetaan rakenteen mekaaninen lujuus. Edellä mainitut testit suorittamalla ei kuitenkaan vielä varmistuta käyttötarkoitukseen soveltuvuudesta. Jos nostoapuvälineessä on koneelle tyypillisiä mekaanisia liikkeitä (esimerkkinä taakan kääntö), tulee ensimmäisen käyttöönoton yhteydessä varmistaa, että nostoapuvälinettä voidaan käyttää turvallisesti kaikissa käyttötilanteissa. Lisäksi tulee varmistaa, että kaikki käytössä tarvittavat osat ja välineet on toimitettu nostoapuvälineen mukana ja asennettu asianmukaisesti.

*Taulukko 13. Käyttötarkoitukseen soveltuvuus.*

<b>Käyttötarkoitukseen soveltuvuus</b>	
<b>Vaatus</b>	<b>Suunnittelussa huomioitava</b>
Erikoisnostoapuvälineiden, joissa on koneelle ominaisia toimintoja, käyttötarkoitukseen soveltuvuus tulee valmistajan toteuttamalla tai teettämällä aiheelliset toimenpiteet varmistaa, että ne toimivat turvallisesti ja käyttötarkoituksensa mukaisesti.	Käyttöohjeissa tulee olla ensimmäiseen käyttöönottoon liittyvät tiedot.

## 6 Suunnittelua koskevia tietoja ja ohjeita

### 6.1 Suunnittelun perusteet

Seuraavassa on koottuna tärkeimpiä nostoapuvälineen suunnittelussa huomioitavia mitoitusperusteita. Tarkoituksena on esittää suunnittelijalle mitoitustapoja edellisessä luvussa esitettyjen vaatimusten täyttämiseksi.

Konepääötöksen mekaaniset lujuusvaatimukset voidaan saavuttaa ja todentaa laskennallisesti ja/tai kokeellisesti. Nostoapuvälineiden mitoituksessa voidaan käyttää standardiyhdistelmiä. Tällaisia standardiyhdistelmiä on esitetty esimerkiksi seuraavissa lähteissä: SFS-standardit, SIS-Handbok 154/1983, DIN-Taschenbuch 44, SFS-ENV 1993-1-1 sekä tulevat yhdenmukaistetut nostureita koskevat EN-standardit.

Standardeissa esitetään laskentatapoja sovellettavaksi nostoapuvälineiden mitoitukseen. Käytettäessä tiettyä standardiyhdistelmää on sen esittämää tapaa noudatettava kokonaisuudessaan siten, että sen sisältöä ei saa irrottaa tai yhdistää turvallisuuden kustannuksella. Yhdenmukaistettujen standardien käyttöä suositellaan konepääötöksen vaatimusten täyttämiseksi, koska standardeissa esitetään tekniikan nykytaso (state of the art).

### 6.2 Kuormitukset

Nostoapuvälineen mitoituksessa on huomioitava, että siihen voi kohdistua sen eliniän aikana monia erilaisia kuormituksia. Nämä kuormitukset huomioidaan mitoituksessa käyttäen erilaisia kuormitusyhdistelmiä. Kuormitusyhdistelmät koostuvat muun muassa seuraavista kuormituksista:

- rakenneosien ja taakan omasta painosta aiheutuva kuormitus
- rakenneosien ja taakan kiihtyvyydestä aiheutuva kuormitus
- tuulenpaineen aiheuttamat kuormitukset
- mahdollisen lumen ja jään aiheuttama kuormitus
- koekuormituksen aiheuttamat kuormitukset
- poikkeukselliset kuormitukset, kuten törmäykset.

Laskettaessa kuormitusyhdistelmiä käytetään kuormitusten vaikutusten huomioinnissa erilaisia kertoimia. Näitä kertoimia saadaan esimerkiksi taulukossa 14 esitetyistä standardeista.

*Taulukko 14. Mitoitusstandardeja kuormituskertoimien valintaan.*

Standardiyhdistelmä	Standardi
EN	prCEN/TS 13001-3-1, SFS-EN 13155
SFS	SFS 4020



## 6.3 Kylmäaurauden huomiointi materiaalin valinnassa

Rakenneterästen murtuminen jännityksen alaisena muuttuu lämpötilan laskiessa sitkeästä hauraaksi, ja tiettyä lämpötilaa alhaisemmissa lämpötiloissa rakenne saattaa murtua ilman varoitettavaa venymistä suhteellisen pienelläkin jännitystasolla. Tätä ilmiötä kutsutaan haurasmurtumaksi. Haurasmurtumavaara tulee ottaa huomioon, mikäli teräsrakennetta käytetään huoneenlämpötilaa alemmissa lämpötiloissa.

Ohjeet teräksen valitsemiseksi haurasmurtumavaaraa vastaan on esitetty standardiyhdistelmissä. Mikäli nostoapuvälinettä käytetään tai säilytetään ulkona, asennuspaikan lämpötilaksi voidaan valita  $-35\text{ °C}$ , ellei tarkempaa tietoa käyttöolosuhteista ole.

Taulukossa 15 on esitetty ohjeita, joiden perustella kylmäaurauden huomiointi materiaalin valinnassa voidaan huomioida.

*Taulukko 15. Ohjeet teräksen valitsemiseksi haurasmurtumavaaraa vastaan.*

Standardiyhdistelmä	Standardi
ENV	SFS-ENV 1993-1-1
EN	SFS-EN 13155, prCEN/TS 13001-3-1
SFS	SFS 4028

Käytännössä haurasmurtumamitoitus vaikuttaa vaadittavaan teräksen laatuluokkaan, joka määrittelee, missä lämpötilassa iskutestikeksko (esimerkiksi Charpy-V) on suoritettava.

Mikäli nostoapuvälineen suunnittelussa tulee huomioida poikkeuksellisia ympäristöolosuhteita, kuten hyvin matala lämpötila, tulee suunnittelun apuna käyttää murtumismekaniikan asiantuntijaa.

## 6.4 Sallitut jännitykset rakenteen mitoituksessa

Lujuuslaskennassa kuvataan todellista mallia yksinkertaistetulla matemaattisella mallilla, joka sisältää kuitenkin aina epävarmuustekijöitä, joita ovat muun muassa

- tutkittavan rakenteen geometria
- rakenteissa käytetyn materiaalin ominaisuuksien vaihtelu
- kuormitusten tarkka tuntemine
- ympäristöolosuhteiden vaikutukset
- valmistusvirheet
- osien kulumine
- kuormitusvaihtelujen lukumäärä.

Näitä epävarmuustekijöitä otetaan huomioon varmuusluvulla. Varmuusluvun valintaan vaikuttavat muun muassa rakenteelta vaadittava luotettavuus, rakenteen ympäristölle aiheuttamat vaarat sekä taloudelliset seikat. Liian pienen varmuusluvun valinta voi johtaa rakenteen rikkoutumiseen. Suuren varmuusluvun valinta puolestaan voi johtaa kalliiseen ja raskaaseen ratkaisuun.

Perinteisessä koneenosien suunnittelussa sallitut jännitykset määritetään yleisimmin materiaalin myötölujuudesta ( $R_{eL}$ ) käyttämällä varmuuslukua ( $S$ ). Tällöin puhutaan mitoituksessa alkavaan myötöön nähden.

Mitoitettaessa nostoapuvälineen teräsrakenteita myötörajaan nähden rakenneosien sallitut jännitykset riippuvat nostoapuvälineen käyttötilanteesta. Eri standardiyhdistelmissä annetaan erilaisia varmuuskertoimia. Taulukossa 16 on esitetty SFS-EN 12999 mukaiset varmuuskertoimet eri kuormitustapauksille. Sallittu jännitys tavallisille rakenneteräksille staattisessa mitoituksessa saadaan jakamalla materiaalin myötöraja varmuusluvulla, joka riippuu nostoapuvälineen käyttötilanteesta taulukon 16 mukaisesti. Käytettäessä erikoislujia teräksiä saadaan laskentakaavat sallitujen jännityksien määrittämiseksi käytettävästä laskentastandardista.

*Taulukko 16. Materiaalin varmuusluku eri kuormitustapauksilla SFS-EN 12999 mukaan.*

Kuormitustapaukset	Varmuusluku S
Tavanomaiset kuormat	1.50
Satunnaiset kuormat	1.33
Poikkeukselliset kuormat	1.25

SFS-ENV 1993-1-1 ja valmisteilla olevissa EN-standardeissa 13001, osat 1, 2 ja 3-1 mitoitus perustuu rajatilatarkasteluihin ja osavarmuuslukujen käyttöön. Laskentakuormituksia suurennetaan kuorman osavarmuusluvuilla, jolloin saadaan mitoituskuormat (prEN 13001-2, 1997, taulukko 10). Materiaalin myötölujuutta pienennetään materiaalin osavarmuusluvulla, jolloin saadaan mitoitusjännitys (EN 13001-3, 2003, taulukko 2).

Taulukossa 17 on standardeja, joista löytyy ohjeita mitoituskuormien ja materiaalin mitoitusjännityksen määrittämiseksi.

*Taulukko 17. Ohjeet sallittujen jännitysten määrittämiseksi.*

Standardiyhdistelmä	Standardi
EN	SFS-EN 12999, SFS-EN 13155, prCEN/TS 13001-3-1
ENV	SFS-ENV 1993-1-1
SFS	SFS 4020

Yli 120 °C:n käyttölämpötiloissa rakenneterästen lujuuden aleneminen on huomioitava nostoapuvälineiden mitoituksessa.

## 6.5 Plastisuusteorian mukainen mitoitus

Mitoitettaessa rakenneosia voidaan joissain tilanteissa sallia, että kuormituksen poiston jälkeen rakenteeseen jää pysyvä muodonmuutos kunhan rakenne vain sortumatta kantaa kyseisen kuormituksen. Tällöin mitoitus perustuu plastisuusteoriaan, jolloin on kyse rajatilamitoinnuksesta (limit design). Plastisuusteorian käyttö edellyttää suunnittelijalta kokemusta ja ymmärrystä rakenteen ja sitä kuvaavan matemaattisen mallin käyttäytymisestä. Esimerkiksi yksinkertaiset rajatilalaskentamallit eivät ota huomioon rakenneosien mahdollista stabiliteetin menetystä (esimerkiksi taivutetun kotelopalkin puristuspuolen levykentän lommahtaminen) ennen rajakuorman saavuttamista. Lähteissä Niemi & Kemppi (1993, s. 137) ja Airila et al (1985b, s. 193, s. 203) on lyhyt esitys rajatilamitoinnuksesta. Laajemmin aihealuetta on käsitelty lähteessä Chen (1988).

## 6.6 Stabiliteetin menetys

Suunnittelussa on huomioitava rakenneosien nurjahdus, lommahdus tai muut mahdolliset stabiliteetin menettämismahdollisuudet, jotka voivat johtaa taakan odottamattomaan vaaralliseen

heilahtamiseen noston aikana. Eräitä ohjeita rakenneosien mitoittamiseksi stabiliteetin menetyksen suhteen on taulukossa 18.

*Taulukko 18. Ohjeita rakenneosien mitoittamiseksi stabiliteetin menetyksen suhteen.*

Standardiyhdistelmä	Standardi
ENV	SFS-ENV 1993-1-1
EN	DIN 18800
SFS	SFS 4025

## 6.7 Vakavuus

Nostoapuvälineen käytön, säilytyksen ja kuljetuksen aikainen vakavuus varmistetaan suunnittelulla ja/tai tarvittaessa laskelmin/kokeellisesti. Standardissa SFS-EN 13155 esitetään vaatimuksia vakavuudelle ja periaatteita vakavuuden todentamiseksi.

## 6.8 Käyttölujuus

Standardin sallitut väsyttävät jännitykset perustuvat käytännön kokeisiin erilaisen lovenvaikutuksen omaaville kappaleille, joita on rasitettu vaihtelevilla kuormitusjakauksilla. Lujuuden perustaksi on määrätty jännityksen arvo, jolla tietty prosentti koekappaleista kestää rikkoutumatta. Näin saatu jännitys jaetaan vielä varmuusluvulla.

Tehtäessä väsytykset rakennosille on jännitysvaihtelu ( $\Delta\sigma$ ) yleensä vakiosuuruinen (vakioamplitudinen). Käytännössä koneen osien jännitysvaihtelut eivät ole vakiosuuruksia, vaan vaihtelevat laitteen käytön aikana. Laskentastandardeissa tämä otetaan huomioon käyttämällä idealisoituja kuorma- tai jännitysjakaumakäyrästä. Käyrästä jännitysjakautuma edustaa vakioamplitudikuormaa ja muut jakautumat vastaavat väsymislujuuden kannalta kevyempää kuormitusta.

Teräsrakenne muodostuu osista, jotka on liitetty toisiinsa hitsi- tai ruuviliitoksilla. Tällöin liitoksen välittömään läheisyyteen muodostuu kohta, jonka vaurioitumisalttius riippuu liitoksen geometriasta ja tekotavasta. Laskentastandardeissa liitokset on jaettu eri liitosryhmiin niiden väsymiskestävyyden mukaan ja niissä on liitosryhmän valintaa helpottavia taulukoita.

Standardeissa on taulukoituna tavanomaisten rakenneteräksien eri liitosryhmille sallitut jännitykset. Sallitut jännitykset määräytyvät liitostyyppin lisäksi nostoapuvälineen käytön raskaudesta, eli miten sillä nostettavat kuormat jakautuvat. Tämä otetaan huomioon jännityssuhteen valinnassa.

Tämän lisäksi käyttölujuustarkasteluun vaikuttaa myös rakenneosaan sen eliniän aikana kohdistuvien kuormitus syklien lukumäärä. Tämä otetaan huomioon rakenteen kuormitustoistuvuusluokan valinnassa. Jännityssuhde ja kuormitustoistuvuusluokka yhdessä määräävät laitteen luokituksen. Seuraavassa taulukossa on lueteltu käyttölujuuteen liittyviä standardeja.

*Taulukko 19. Ohjeita käyttölujuustarkastelun suorittamiseksi.*

Standardiyhdistelmä	Standardi
ENV	SFS-ENV 1993-1-1
EN	prCEN/TS 13001-3-1
SFS	SFS 4026, SFS 2373, SFS 2378 (SFS-KÄSIKIRJA 66-2)

IKH	IKH 4.30.01
DIN	DIN 15018

## 6.9 Hitsin mitoitus

Hitsin mitoituksessa on tarkasteltava erikseen hitsin staattista lujuutta sekä väsymistä. Staattinen tarkastelu suoritetaan sen kuormitustilanteen mukaan, joka eri kuormien yhteisvaikutuksesta antaa suurimman lasketun jännityksen (Niemi et al 1998). Taulukossa 19 on esitetty eräitä ohjeita staattisesti ja dynaamisesti kuormitettujen hitsien mitoittamiseksi. Rakenteen väsymistarkastelua on käsitelty jo kohdassa 6.8 Käyttölujuus. Siinä mainituista lähteistä löytyy ohjearvoja myös niille tapauksille, joille väsymismitoitusta ei tarvitse tehdä.

Lähteistä Niemi & Kemppe (1993), Niemi et al (1998) ja Rautaruukki (1997) löytyy suomenkielistä perustietoutta hitsien mitoituksista, muotoilu- ja sijoitteluperiaatteista rakenteeseen.

## 6.10 Pintapaineet

Nostoapuvälineen rakenneosien, kuten niveltappien ja kiinnityskorvakkeiden pintapaine tulee tarkastaa. Pintapainetarkastelu on oleellinen osa kosketuksella toisiinsa liittyvien kantavien rakenneosien mitoituksista. Mikäli rakenneosien välinen pintapaine on liian suuri, siitä voi aiheutua pintojen muokkautumista, mankeloitumista tai pintoihin voi syntyä kuoppia. Pintapaineen huippuarvo ei saa ylittää vastinmateriaalin myötörajaa. Yleensä mitoitus tehdään käyttäen tasaiseen pintapainejakautumaan perustuvaa laskentaa, jolloin sallittu pintapaine on huomattavasti myötörajaa alempi. Lähteissä Johnson (1984) ja Airila et al (1985a) on esitetty esimerkkejä sekä sallittuja pintapainearvoja tyypillisille materiaaleille. Lisäksi lähteessä Johnson (1984) on käsitelty teoreettisemmin pintapaineen laskentaa eri tapauksille.

Saksimaisissa rakenteissa pintapaineet voivat olla yli nelinkertaiset vastaavaan symmetriseen rakenteeseen verrattuna. Näiden rakenteiden pintapainetarkasteluihin tulee kiinnittää erityistä huomiota.

## 6.11 Ruuviliitokset

Lähteessä Airila et al (1985b, s. 156) on tarkasteltu ruuviliitoksia yksityiskohtaisesti. Seuraavassa on esitetty keskeisimpiä peruseriaatteita, jotka tulee huomioida ruuviliitoksen suunnittelussa:

- kuormitusten ruuviin aiheuttamat rasitukset sallittujen arvojen alapuolella
- ruuvien venymäpituuden kasvattaminen vähentää ruuviin kuormitusten vaihtelusta aiheutuvan jännitysvaihtelun vaikutusta
- ruuvien alusta mahdollisimman jäykkä
- leikkausvoimat siirretään liitoksen yli kitkan avulla
- ruuvien kohdistuva taivutusmomentti mahdollisimman pieni
- aukikiertyminen on estettävä
- syövyttävien olosuhteiden vaikutus huomioitava ruuvien valinnassa.

Lähteen Airila et al (1985b, s. 156) lisäksi taulukossa 20 on esitetty joitakin standardeja, joista löytyy ohjeita ruuviliitosten mitoittamiseksi.

Taulukko 20. Ohjeita ruuviliitoksen mitoittamiseksi.

Standardiyhdistelmä	Standardi
ENV	SFS-ENV 1993-1-1
EN	SFS-EN 12999
SFS	SFS 4020, SFS 4023

## 6.12 Rakenneosien liitosten kiinnipysymisen varmistus

Erikoisnostoapuväline koostuu tavallisesti useista rakenneosista, jotka liitetään toisiinsa erillisillä kiinnityselimillä, kuten ruuveilla ja niveltapeilla. Osien liitokset voivat olla pysyväkiinnitteisiä tai avattavia. Liitokset voivat olla sellaisia, ettei niitä välttämättä ole tarkoitettu avattavaksi koko nostoapuvälineen eliniän aikana. Liitokset, jotka ovat alttiina sisäiselle ja ulkoiselle kulumiselle tulee tehdä avattaviksi.

Ruuviliitosten suunnittelussa pääperiaatteena tulisi olla, että ruuvit kantavat mahdollisimman vähän kuormaa. Rasitukset tulisi ottaa vastaan teräsrakenteilla ja liitokset pitävät vain osat keskenään paikallaan.

Ruuviliitosten kiinnipysyminen on tärkeä turvallisuusnäkökohta nostoapuvälineissä. Liitosten luotettava kiinnipysyminen voidaan varmistaa esimerkiksi seuraavin menetelmin:

- oikealla liitosten mitoituksella ja riittävällä ruuvien esikiristyksellä
- lukitsemalla mutteri mekaanisesti
- estämällä ruuvien pyöriminen mekaanisesti liikkuvissa liitoksissa
- estämällä liitoselimien aksiaalinen ja radiaalinen liike
- varmistamalla liikkuvien osien riittävä voitelu.

Liikkuvien ja kulumiselle alttiiden osien kiinnitykset, jotka edellyttävät purettuna tarkastusta tulee tehdä avattaviksi. Kiinnityselimien avaaminen saa olla mahdollista vain työkalulla. Avattavaksi tarkoitettujen liitoksen kiinnityselimen tulee olla ensisijassa uudelleen käytettävä. Esimerkiksi Nyloc –tyyppisen mutterin ominaisuudet ja paikallaan pysymisen varmistusominaisuus voi heiketä useamman purkukerran jälkeen tai kuumissa olosuhteissa jopa kokonaan.

## 6.13 Taakan kiinnityksen varmistus

Taakan kiinnipysyminen nostoapuvälineen kannattimessa ja ripustuselimestä varmistetaan ensisijassa mekaanisesti. Kiinnityselimen tulee olla periaatteeltaan itsestään sulkeutuva lukituselin, kuten on esimerkiksi tavallisen nostokoukun salpalaite. Nostettava taakka ei saa noston aikana aiheuttaa lukituselimeen kohdistuvia voimia. Lukituselimen pitää kestää kuitenkin kohtuullista muuta rasitusta.

Luotettava taakan varmistus saadaan aikaan muotoilemalla erikoisnostoapuvälineen ripustuselin ja taakan nostokorvake yhteensopivaksi niin, että taakka lukkiutuu heti noston alkuvaiheessa ripustuselimeen ja irtoaa siitä vain määrättyssä asennossa, joka ei ole noston aikana mahdollinen. Taakan ripustuksissa ei saa olla erikoisnostoapuvälineestä irrallaan olevia osia.

## 6.14 Sähkö-, paineilma- ja hydraulijärjestelmän suunnittelu

Nostoapuvälineissä käytetään usein tartunta- tai kiinnityslaitteiden mekanismien liikutteluun hydraulisia/paineilma toimilaitteita kuten sylintereitä, -moottoreita tai -kääntölaitteita. Nostoapuvälineeseen liittyvä hydraulijärjestelmä tulee suunnitella standardin SFS-EN 982 vaatimusten mukaisesti. Vastaavasti paineilmajärjestelmä tulee suunnitella standardin SFS-EN 983 vaatimusten mukaisesti.

Kuormaa kantavien sylintereiden mitoituksessa tulee huomioida kiinnityssilmukoiden lujuus ja niiden mahdollinen hitsaus, kierteet, männänvarren jännitykset, sylinteriputken jännitykset sekä koko sylinterin nurjahdus. Sylinterin männänvarren jännitysten laskennassa tulisi ottaa huomioon myös silmukoiden kitkamomentit sekä varren ja männän välyksistä aiheutuva asentovirhe. Yleensä nämä laskelmat tekee sylinterin valmistaja esitettyjen vaatimusten mukaan.

Kuormaa kantava hydraulisylinteri tulee varustaa lukkoventtiilillä, joka estää ulkoisen putki johdon rikkoutumisesta aiheutuvan sylinterin odottamattoman liikkeen. Lukkoventtiili tulee rikkoutumistilanteessa sulkeutua automaattisesti, jotta hydraulineeste ei pääse poistumaan sylinteristä, ennen kuin venttiili avataan ulkoisella voimalla. Lukkoventtiilin tulee olla sylinterin osana tai se tulee liittää suoraan ja kiinteästi laipalla sylinteriin. Mikäli venttiili ei ole kiinni sylinterissä niin sylinterin ja venttiilin välisessä liitoksessa ei saa käyttää hydrauliletkaa, vaan se on tehtävä jäykällä mahdollisimman lyhyillä putkilla, jotka on mitoitettu sylinteriä vastavasti.

Käytettäessä nostoapuvälineessä hydraulisia kääntölaitteita tulee hydraulijärjestelmä varustaa paineenrajoitusventtiilein. Venttiilit estävät rakenteiden vaurioitumisen taakan kääntämisestä ja pysäyttämistä aiheutuvien hitausvoimien johdosta.

Mikäli irrotettavassa nostoapuvälineessä on hydraulisia/paineilma toimintoja, se usein kytketään käyttävän koneen hydraulijärjestelmään pikaliittimien välityksellä. Pikaliittimet on valittava siten ettei niissä ole virhekytkennän mahdollisuutta, koska virhekytkentä voi helposti johtaa ohjausliikkeiden kääntymiseen päinvastaisiksi.

Molemmissa järjestelmissä on sähkötoimisia ohjauksia tai erikoisnostoapuvälineissä voidaan käyttää sähköisiä toimintoja liikkeiden toteuttamiseen. Sähkölaitteistostandardi SFS-EN 602404-1 esittää vaatimukset koneiden sähkölaitteille.

Käytettäessä sähköisiä ohjausventtiileitä liikkeiden ohjaukseen tulee niiden kytkentä olla sellainen, että energiansyötön katketessa niiden ohjaamat toimilaitteet ohjautuvat turvalliseen tilaan, esimerkiksi lukitukset eivät avaudu.

*Taulukko 21. Ohjeista sähköstä, pneumatiikasta ja hydraulikasta johtuvien vaarojen poistamiseksi.*

Standardiyhdistelmä	Standardi
EN	SFS-EN 982
EN	SFS-EN 983
EN	SFS-EN 60204-1

## 6.15 Turvallisuusvaatimusten todentaminen (verifiointi)

Luvussa 5 esitetyt terveys- ja turvallisuusvaatimukset tulee todentaa tarkoituksenmukaisella tavalla. Näin varmistetaan, että suunnittelussa ja valmistuksessa ei ole tapahtunut virheitä. Konepäätöksessä ei esitetä menetelmiä turvallisuusvaatimusten todentamiseksi.

Taulukossa 22 on kuvattu menetelmät, joilla voidaan todentaa luvun 5 vaatimusten täyttyminen. Yhtenä vaihtoehtona on myös käyttää standardia SFS-EN 13155, jossa on yksityiskohtaisempia ohjeita muun muassa nostomagneeteille, levytarraimille, alipainetarttujille, ja nostopalkeille.

*Taulukko 22. Vaatimukset ja menetelmät luvun 5 turvallisuusvaatimusten todentamiseksi.*

<b>Todentamiskohde</b>	<b>Taulukko</b>	<b>Menettelytapa</b>
Merkinnät	1	Tarkastus
Ohjeet	2	Tarkastus
Vaatimustenmukaisuusvakuutus	3	Tarkastus
Suunnittelu käsittelyn helpottamiseksi	4	Kokeet
Pinnoista, terävistä reunoista tai kulmista aiheutuvat vaarat	5	Tarkastus
Vakavuus	6	Kokeet
Tartunnan pysyvyys	7	Kokeet
Kiskot ja radat	8	Kokeet
Köysipyörät, telat, ketjut tai köydet	9	Kokeet
Asennusvirheet	10	Kokeet
Mekaaninen lujuus	11 ja 12	Kokeet ja/tai tarkistuslaskelmat
Käyttötarkoitukseen soveltuvuus	13	Kokeet

## 7 Dokumentointi

### 7.1 Yleistä

Konepäätöksessä esitetään ne asiakirjat, jotka valmistajan tulee laatia. Konepäätös edellyttää erikoisnostoapuvälineen valmistajalta teknisen rakennetiedoston laatimista ja sen säilyttämistä vähintään 10 vuoden ajan. Tekninen rakennetiedosto ei välttämättä tarvitse olla jatkuvasti kokonaisuudessaan materiaalisessa muodossa.

### 7.2 Tekninen rakennetiedosto

Erikoisnostoapuvälineen tekninen rakennetiedosto sisältää tarpeen mukaan seuraavat tiedot:

Yleispiirustus sekä siihen liittyvät ohjauspiirien piirustukset, joita ovat

- kokoonpanopiirustus
- hydraulikka- ja pneumatiikkakaavio
- sähkökaavio.

Täydelliset piirustukset sekä laskelmat ja testaustulokset, joita tarvitaan tarkistettaessa koneen vaatimustenmukaisuutta. Näitä ovat

- turvallisuuden kannalta tärkeät piirustukset.
- lujuuslaskelmat
- staattisen ja dynaamisen testin pöytäkirjat
- materiaalitodistukset
- tiedot valmisosista (esim. kettingit, koukut ja sakkelit).

Luvussa 5 esitetyt erikoisnostoapuvälinettä koskevat vaatimukset kuvattuna lyhyesti sekä miten ne on toteutettu ja luettelo sovelletuista standardeista

Selostus menetelmistä, joita on sovellettu nostoapuvälineestä johtuvien vaaratekijöiden poistamiseksi

Ohjeet.

### 7.3 Mukana toimitettavat ohjeet

Erikoisnostoapuvälineen käsittelyyn ja käyttöön tarvittavan tiedon tulee olla yksikäsitteistä ja lukijalle helposti ymmärrettävää. Ohjeet laaditaan sen maan kielellä, jossa erikoisnostoapuväline otetaan käyttöön. Ohjeet laaditaan nostoapuvälineen määritellyä tarkoitettua käyttöä varten. Nostoapuvälineen käyttäjälle ilmoitetaan niistä vaaroista, jotka jäävät jäljelle käytetyistä suojaustoimenpiteistä huolimatta, sekä ilmoitetaan, onko jokin erikoiskoulutus tarpeen, samoin kuin määritellään henkilösuojainten tarve. Huomattavaa on, että ohjeilla ei kuitenkaan saa korjata suunnittelun puutteita (Siirilä & Pahkala 1999, s. 430).



Seuraavassa on lueteltu niitä tietoja, joita vähintään erikoisnostoapuvälineen käyttöohjeissa tulee olla:

Erikoisnostoapuvälinettä koskevat tiedot, joita ovat

- yksityiskohtaiset tiedot apuvälineestä, sen varusteista, suojuksista, turvalaitteista
- käyttötarkoitus
- kaaviot (sähkö, hydraulikka ja pneumatiikka)
- suurin sallittu kuorma
- vaatimustenmukaisuusvakuutus.

Erikoisnostoapuvälineen käyttöönottoon liittyvät tiedot, joita ovat

- tarkastusohjeet
- kokoonpano- ja asennusohjeet
- sallitut käyttöolosuhteet (esim. sallittu lämpötila-alue, kosteus.)
- ohjeet energiansyötön liittämistä varten.

Erikoisnostoapuvälineen käyttöön liittyvät tiedot, joita ovat

- asetus- ja säätöohjeet
- tiedot niistä riskeistä, joita ei ole voitu poistaa suunnittelemalla
- tiedot kielletyistä käyttötavoista
- kieltä ihmisten nostamisesta
- rajoitukset koskien vaarallisia olosuhteita
- rajoitukset koskien vaarallisia aineita
- taakan kiinnitysohjeet
- kriittisten kohtien paikat ja niiden tarkastusohjeet
- ohjeet suojavälineiden käytöstä
- ohjeet käyttäjien koulutusta varten

Erikoisnostoapuvälineen kuljetuksen, käsittelyyn ja varastointiin liittyvät tiedot, joita ovat

- varastointiolosuhteet
- ulkomitat, massa, tarvittaessa painopisteen sijainti
- käsittelyohjeet (esim. nostoa varten nostovälineiden kiinnityskohdat).

Erikoisnostoapuvälineen kunnossapito- ja tarkastusohjeet, jotka sisältävät

- huoltoa vaatimien toimenpiteiden kuvauksen, huoltovälit ja luettelon tarvittavista työkaluista ja välineistä
- erikoistaitoja vaativien huoltotoimenpiteiden kuvauksen ja niihin liittyvät ohjeet.
- kulumien osien tarkastus- ja vaihtoperusteet
- määräaikaistarkastusten kuvauksen ja niihin liittyvien toimenpiteiden ohjeet.

Lisäksi voidaan tarvita vielä yksityiskohtaisempia tietoja, koska eri tyyppisillä nostoapuvälineillä on omat käyttööön liittyvät erityispiirteensä. Standardista SFS-EN 13155 on siinä mainituille nostoapuvälineille lista niistä erityistiedoista, jotka pitää mainita ohjeissa.

## 7.4 Erikoisnostoapuvälineen merkinnät

Taulukossa 1 on lueteltu merkinnät, jotka on oltava nostoapuvälineessä. Tärkein merkintä on suurin sallittu kuorma. Kuvassa 5 on esimerkki nostopalkista, johon on merkitty näkyvästi sallitut kuormat. Lisätietoja merkinnöistä löytyy standardista SFS-EN 13155 ja oppaasta Nostoapuvälineet. Turvallisuus (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2000).



Kuva 5. Esimerkki kuormitusmerkinnöistä nostopalkissa.

Jos nostoapuväline koostuu osista, joihin on mahdoton tehdä merkintöjä, on vaaditut tiedot esitettävä nostoapuvälineeseen pysyvästi kiinnitettyssä kilvessä tai vastaavassa. Tietojen on oltava helposti luettavissa ja sijoitettuna paikkaan, jossa ne ovat mahdollisimman vähän alttiina kulumiselle vaarantamatta apuvälineen lujuutta.

## 7.5 EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus ja CE-merkintä

Konepäättös (1314/1994) edellyttää, että vaatimustenmukaisuusvakuutus on toimitettava jokaisen erikoisnostoapuvälineen mukana ja se on laadittu samalla kielellä kuin erikoisnostoapuvälineen ohjeet. Ennen kuin erikoisnostoapuvälineen vaatimustenmukaisuusvakuutus voidaan laatia, tulee varmistautua siitä, että seuraavat asiakirjat on laadittu ja ne on tarvittaessa käytettävissä:

- Tekninen rakennetiedosto (kohta 7.2)
- Sarjatuotteen erikoisnostoapuvälineen osalta ne toimenpiteet, jotka pannaan täytäntöön sen varmistamiseksi, että erikoisnostoapuväline pysyy konepäättöksen (1314/1994) säännösten mukaisena

Vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laatiminen on edellytys CE-merkinnän tekemiselle. CE-merkintä on tehtävä joko itse erikoisnostoapuvälineeseen tai siihen erikseen kiinnitettävään merkintäkilpeen.

## Lähteet

Airila, M., Karjalainen, J. A., Mantovaara, U., Nurmi, L., Ranta, A. & Verho, A. (toim.kunta). 1985a. Koneenosien suunnittelu 1. Perusteet. 283 s. ISBN 951-0-13013-3

Airila, M., Karjalainen, J. A., Mantovaara, U., Nurmi, L., Ranta, A. & Verho, A. (toim.kunta). 1985b. Koneenosien suunnittelu 2. Liitokset. 482 s. ISBN 951-0-13142-3

Chen, W.F., Han, D.J., 1988. Plasticity for Structural Engineers. New York: Springer Verlag. 600 s. ISBN: 0387967117

DIN-Taschenbuch 44. 1995. Krane und Hebezeuge 1. 5. Painos. Berlin: Beuth-Verlag. s. 432. ISBN 3-410-12452-7

Kuikko, T. 2002. Uusi työturvallisuuslaki. 3., tark. p. Helsinki: Talentum. 196 s. ISBN 952-14-0756-5

Johnson, K.L. 1984. Contact mechanics. Cambridge: Cambridge University Press. 423 s. ISBN 0-521-2557b-7

Niemi, E. & Kemppe, J. 1993. Hitsatun rakenteen suunnittelun perusteet. Helsinki: Opetushallitus. 337 s. ISBN 951-37-1115-3

Niemi, E., Kilkki, J., Poutiainen, I. & Lihavainen, V-M. 1998. Väsymättömän hitsausliitoksen suunnittelu. Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. 149 s.

prEN 13001-1. 1997. Crane safety - General design – Part 1

prEN13001-2. 1997. Crane safety - General design – Part 2: Load effects

prCEN/TS 13001-3-1. 2003. Cranes – General design – Part 3-1: Limit states and proof of competence of steel structures

Rautaruukki. 1997. Rautaruukin putkipalkkikäsikirja. Hämeenlinna: Rautaruukki. 352 s. ISBN 952-50101-21-X

Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Teräsrakenteet

SFS 4020. 1980. Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Teräsrakenteet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 3 s.

SFS 4023. 1985. Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Esijännitetyt ruuviliitokset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 10 s.

SFS 4025. 1985. Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Rakenneosien laskenta nurjahdukseen ja lommahdukseen nähden. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 10 s.

SFS 4028. 1985. Nosturien ja nosturiratojen teräsrakenteiden laskentaohjeet. Terästen laatu-  
luokkien valintaohjeet. 2. Painos. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 7 s.

SFS-EN 982. 1997. Koneturvallisuus. Hydraulisten ja pneumaattisten järjestelmien sekä niiden komponenttien turvallisuusvaatimukset. Hydraulikka. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 29 s.

SFS-EN 983. 1996. Koneturvallisuus. Hydraulisten ja pneumaattisten järjestelmien sekä niiden komponenttien turvallisuusvaatimukset. Pneumatiikka. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 41 s.

SFS-EN 1050. 1997. Koneturvallisuus. Riskin arvioinnin periaatteet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 42 s.

SFS-EN 60204-1. 1998. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. 2. Painos. Helsinki. Suomen standardoimisliitto. 181 s.

SFS-EN 12999. 2003. Nosturit. Kuormausnosturit. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 141 s.

SFS-EN 13155. 2004. Nosturit. Turvallisuus. Irrotettavat nostoapuvälineet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 69 s.

SFS-ENV 1993-1-1. 1993. Eurocode 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 436 s.

SFS-KÄSIKIRJA 66-2. 2002. Hitsaus. Osa 2: Perusstandardit ja hitsausliitoksen suunnittelu. 7. Painos. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. 502 s. ISBN 952-5420-02-7

Siirilä, T. & Pahkala, J. 1999. EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. Helsinki: Fimtekno. 480 s. ISBN 951-98254-0-1

Siirilä, T. 2002. Koneturvallisuus – EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. Helsinki: Fimtekno. 510 s. ISBN 951-98254-1-X

Sosiaali- ja terveysministeriö. Työsuojeluosasto. 2000. Nostoapuvälineet. Turvallisuus. Tampere: Sosiaali- ja terveysministeriö. 35 s. (Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 12). ISBN 952-00-0665-6

Sosiaali- ja terveysministeriö. Työsuojeluosasto. 2001. Työolot ja taloudellinen ajattelu. 2. painos. Tampere: Sosiaali- ja terveysministeriö. 108 s. ISBN 952-00-0964-7

Työturvallisuuslaki, nro 738/2002, 2002.

Valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta, nro 1314/1994, 1994.

Valtioneuvoston päätös työssä käytettävien koneiden ja muiden työvälineiden hankinnasta, turvallisuudesta käytöstä ja tarkastamisesta, nro 856/1998, 1998.

## LIITE 1: Standardiluettelo

Alla on kopioitu Suomen Standardoimisliiton sivuilta (<http://www.sfs.fi/>) standardiryhmään; **53.020 Nostolaitteet** kuuluvia standardeja.

### 53.020.30 Nostoapuvälineet:

SFS 4764	1982-02-10 Nostokoukut. Mekaaniset ominaisuudet. Sallitut kuormat. Jännitykset ja aine.
SFS 4765	1982-02-10 Yksipuoliset nostokoukut. Takeet
SFS 4766	1982-02-10 Yksipuoliset nostokoukut. Lieriömäinen tai kierteitetty varsi
SFS 4767	1982-02-10 Kaksoisnostokoukut. Takeet
SFS 4768	1982-02-10 Kaksoisnostokoukut. Lieriömäinen tai kierteitetty varsi
SFS 4769	1982-02-10 Taotut nostokoukut. Tekniset toimitusehdot
SFS 4770	1982-02-10 Taotut nostokoukut. Valvonta käytössä
SFS 5614	1992-08-24 Hissien teräsketjut. Ketjujen hylkäämisperusteet
SFS 5620	1995-08-28 Hissien teräsköydet. Köönsien hylkäämisperusteet
SFS-EN 818-1	1996-09-23 Lyhytlenkkinen nostokettinki. Turvallisuus. Osa 1: Yleiset vaatimukset
SFS-EN 818-2	1996-09-23 Lyhytlenkkinen nostokettinki. Turvallisuus. Osa 2: Keski-toleranssinen raksikettinki. Luokka 8
SFS-EN 818-4	1996-09-23 Lyhytlenkkinen nostokettinki. Turvallisuus. Osa 4: Kettin-kiraksit. Luokka 8
SFS-EN 818-6	2000-06-12 Lyhytlenkkinen nostokettinki. Turvallisuus. Osa 6: Kettin-kiraksit. Valmistajan toimesta laadittavien käyttö- ja huolto-ohjeiden määrittely
SFS-EN 1492-1	2000-11-06 Tekstiiliraksit. Turvallisuus. Osa 1: Tekokuidusta valmistetut nostovyöt yleiskäyttöön
SFS-EN 1492-2	2000-11-06 Tekstiiliraksit. Turvallisuus. Osa 2: Tekokuidusta valmistetut päällysteraksit yleiskäyttöön
SFS-EN 1677-1	2001-03-12 Raksien komponentit. Turvallisuus. Osa 1: Taotut teräs-komponentit, luokka 8
SFS-EN 1677-2	2001-03-12 Raksien komponentit. Turvallisuus. Osa 2: Taotut varmuussalvalla varustetut teräsnostokoukut, luokka 8
SFS-EN 1677-3	2002-04-22 Nostoraksien komponentit. Turvallisuus. Osa 3: Taotut it-sesulkeutuvat nostokoukut. Luokka 8
SFS-EN 1677-4	2001-03-12 Raksien komponentit. Turvallisuus. Osa 4: Renkaat, luokka 8
SFS-EN 13155	2004-01-26 Nosturit. Turvallisuus. Irrotettavat nostoapuvälineet
SFS-ISO 4308-1	1987-02-23 Nosturit ja nostolaitteet. Teräsköydsien valinta. Osa 1: Yleistä
SFS-ISO 4308-2	1989-03-20 Nosturit ja nostolaitteet. Teräsköydsien valinta. Osa 2: Ajo-neuvonosturit. Varmuusluku
SFS-ISO 4309	1991-06-24 Nosturit. Teräsköydet. Tarkastus- ja hylkäämisohjeet
SFS-KÄSIKIRJA 79	2001-03-01 Nostoapuvälineet
SFS-EN 818-3:en	1999-11-29 Lyhytlenkkinen nostokettinki. Turvallisuus. Osa 3: Keski-toleranssinen raksikettinki. Luokka 4
SFS-EN 818-5:en	1999-11-29 Lyhytlenkkinen nostokettinki. Turvallisuus. Osa 5: Kettin-kiraksit. Luokka 4

SFS-EN 818-7:en	2002-09-30 Lyhytlenkkinen nostokettinki. Turvallisuus. Osa 7: Nostimissa käytetty tarkkatoleranssinen kettinki, luokka T (tyypit T, DAT ja DT)
SFS-EN 1677-3:en	2002-04-22 Nostoraksien komponentit. Turvallisuus. Osa 3: Taotut it-sesulkeutuvat nostokoukut. Luokka 8
SFS-EN 1677-5:en	2001-11-12 Nostoraksien komponentit. Turvallisuus. Osa 5: Taotut varmuussalvalla varustetut nostokoukut. Luokka 4
SFS-EN 1677-6:en	2001-11-12 Nostoraksien komponentit. Turvallisuus. Osa 6: Renkaat. Luokka 4
SFS-EN 13411-1:en	2002-09-30 Teräsköysien päätteet. Turvallisuus. Osa 1: Teräskoussit yleiskäyttöön
SFS-EN 13411-2:en	2002-02-11 Teräsköysien päätteet. Turvallisuus. Osa 2: Pujotetut silmukat
SFS-EN 13411-4:en	2002-09-30 Teräsköysien päätteet. Turvallisuus. Osa 4: Metall- ja hartsivaluholkkiliitokset
SFS-EN 13411-5:en	2003-12-22 Teräsköysien päätteet. Turvallisuus. Osa 5: Yksivasteiset köysilukot silmukoiden tekemistä varten
SFS-EN 13889:en	2004-01-26 Taotut terässakkelit yleisiin nostotarkoituksiin. Suorat ja laajennetut sakkelit. Luokka 6. Turvallisuus

#### **53.020.01 Nostolaitteet, yleistä:**

SFS 5095	1985-04-29 Nostolaitteet. Köydet, köysitelat, köysipyörät ja tasauspyörät. Rakenteellisia vaatimuksia
SFS-EN 60204-32	2000-05-09 Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 32: Vaatimukset nostokoneille
SFS-ISO 7752-1	1987-08-24 Nostolaitteet. Hallintaelimet. Sijoittelu ja ominaisuudet. Osa 1: Yleiset periaatteet
SFS-KÄSIKIRJA 135-2	2002-05-01 Koneiden sähkölaitteistot ja -järjestelmät. Osa 2: Nostokoneet

#### **53.020.20 Nosturit**

SFS 4020	1977-10-06 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Teräsrakenteet
SFS 4021	1979-04-09 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Kuormitustoituvuuden ja käyttöaikalukuokan välinen yhteys
SFS 4022	1977-10-06 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Vaakaliikkeiden kiihtyvyydestä aiheutuvien kuormitusten laskeminen
SFS 4023	1977-10-06 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Esijännitetyt ruuviliitokset
SFS 4024	1977-11-03 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet, hitsien jännitykset
SFS 4025	1977-11-03 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Rakenneosien laskenta nurjahdukseen ja lommahdukseen nähden
SFS 4026	1977-12-01 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Rakenteen osien käyttölujuuden tarkastaminen
SFS 4027	1977-11-03 Nosturien ja nosturiratojen teräsrakenteiden laskentaohjeet. Nosturien ja nosturiratojen toleranssit
SFS 4028	1985-02-25 Nosturien ja nosturiratojen teräsrakenteiden laskentaohjeet. Terästen laatuluokkien valintaohjeet
SFS 4189	1990-04-17 Nostolaitteiden radio-ohjaus
SFS 4261	1978-09-04 Nosturien koekuormitus ja koekäyttö

SFS 4300	1979-04-09 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Koneistot
SFS 4301	1979-04-09 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Koneistojen ryhmittely. Käytön suhteellinen kesto ja käynnistysten lukumäärä. Käyttömootorit. Esimerkkejä
SFS 4302	1979-04-09 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Koneistot. Osien sallitut jännitykset. Käyttölujuustarkastelu
SFS 4303	1979-04-09 Nosturien ja nosturiratojen laskentaohjeet. Merkinnät
SFS 4406	1979-10-01 Ajoneuvonosturit. Seisontavakavuuden määrittäminen
SFS 4407	1979-10-01 Nosturit. Jarrujen valinta
SFS 4579	1981-10-30 Ajoneuvonosturit. Melun mittaus
SFS 4580	1981-02-09 Ajoneuvonosturit. Rakenteellinen turvallisuus
SFS 4697	1981-08-31 Nosturit. Vapaat tilat, kulkutiet ja huoltotasot
SFS 4953	1983-10-24 Nosturit. Ohjaamo
SFS-EN 12077-2	1999-06-30 Nosturien turvallisuus. Terveyttä ja turvallisuutta koskevat vaatimukset. Osa 2: Rajoittavat ja ilmaisevat laitteet
SFS-EN 12644-1	2001-10-01 Nosturit. Käyttöä ja testausta koskevat tiedot. Osa 1: Ohjeet
SFS-EN 12644-2	2000-06-12 Nosturit. Käyttöön ja testaukseen liittyvät tiedot. Osa 2: Merkinnät
SFS-EN 12999	2003-04-22 Nosturit. Kuormausnosturit
SFS-ENV 1993-6	2001-02-19 Eurocode 3: Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 6: Nosturia kannattavat rakenteet
SFS-ISO 4301-1	1989-03-20 Nosturit ja nostolaitteet. Luokitus. Osa 1: Yleistä
SFS-ISO 4301-2	1988-05-16 Nostolaitteet. Luokitus. Osa 2: Ajoneuvonosturit
SFS-ISO 7752-5	1987-08-24 Nostolaitteet. Hallintaelimet. Sijoittelu ja ominaisuudet. Osa 5: Silta- ja pukkinosturit
SFS-ISO 12482-1	1997-01-07 Nosturit. Kunnonvalvonta. Osa 1: Yleistä
SFS-EN 12644-1:en	2001-10-01 Nosturit. Käyttöä ja testausta koskevat tiedot. Osa 1: Ohjeet

### 53.020.99 Muut nostolaitteet:

SFS-EN 280	2001-12-03 Siirrettävät henkilönostimet. Suunnittelulaskelmat. Vakavuus. Rakenne. Turvallisuus. Tarkastukset ja testit
SFS-EN 1493	1999-03-08 Autonostimet
SFS-EN 1495	1997-11-03 Maston varassa kiipeävät työtasot
SFS-EN 1570	1998-12-21 Nostopöytiä koskevat turvallisuusvaatimukset
SFS-EN 1756-1	2002-06-28 Takalaitanostimet. Ajoneuvoihin asennettavat nostotasot. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Tavaroiden nostoon käytettävät takalaitanostimet
SFS-EN 12159	2001-05-21 Rakennushissit henkilö- ja tavarakuljetukseen pystysuoraan ohjatussa korissa
SFS-EN 1494:en	2001-06-29 Siirrettävät tunkit
SFS-EN 1496:en	1996-12-02 Pelastamislaitteet. Pelastamiseen käytettävät nostavat laitteet
SFS-EN 12158-1:en	2001-05-21 Tavaroiden kuljetukseen tarkoitettut rakennushissit. Osa 1: Rakennushissit, joiden tavaralavalle on pääsy hissiä lastattaessa
SFS-EN 12158-2:en	2001-06-29 Tavaroiden kuljetukseen tarkoitettut rakennushissit. Osa 2: Vinohissit, joissa pääsy tavaralinjalle on estetty
SFS-EN 12159:en	2001-05-21 Rakennushissit henkilö- ja tavarakuljetukseen pystysuoraan ohjatussa korissa



## LIITE 2: Esimerkki vaaratekijäluettelosta

Huom. Esimerkkiluettelo ei ole sellaisenaan valmis dokumentti kaikille nostoapuvälineille. Vaaratekijät ja niiden esiintyminen on tunnistettava aina tapauskohtaisesti.

VAARATEKIJÄLUETTELO (Perustuu standardin SFS-EN 1050 mukaiseen vaaratekijäluetteloon)			
<b>Kohde:</b> Runkokappaleen nostoapuväline, jossa on kappaleen asemointia varten sähkömagneetti.		<b>Yleistä:</b> - Riskin suuruuden arviointi perustuu tilanteeseen, joka on ennen turvallisuustoimenpidettä. - Riskin suuruus [R] S = suuri P = merkityksetön, pieni - Turvallisuustoimenpiteiden jälkeen jäljelle jääneet turvallisuusriskit ovat merkityksettömiä.	
<b>Päiväys:</b>			
<b>Laatijat:</b>			
Vaaratekijät	R	Turvallisuustoimenpideperiaate	Viittaukset yksityiskohtien suunniteluun, piirustuksiin komponenttiluetteloihin, ohjeisiin jne.
<b>1 Mekaaniset vaaratekijät</b>			
<b>1.1 Puristumisvaara</b>			
- käden tai sormien jäädessä nostoapuvälineen ja runkokappaleen väliin,	S	- Nostoapuvälineen kannattimien automaattinen ohjautuminen kappaleen nostokohtiin.	
- asemointimagneetin ja runkokappaleen väliin.	S	- Kappaleen asemointimagneetin ohjausnosturin ohjauspaneelistä.	
<b>1.2 Takertumisvaara</b>			
- vaateen tarttuessa nostoapuvälineeseen noston tai nostoapuvälineen käsittelyn aikana.	P	- Haitallisten ulkonevien osien välttäminen nostoapuvälineen rakenteissa.	
<b>1.3 Iskuvaara</b>			
- Nostoapuvälineen äkillisen heilahduksen seurauksena.	S	- Nostoapuvälineen ja kappaleen yhdistelmän tasapainoisuus.	
<b>2 Sähköstä johtuvat vaaratekijät, jotka aiheutuvat:</b>			
<b>2.1 Henkilöiden kosketuksesta jännitteisiin osiin (suora kosketus)</b>			
- Kosketus asemointimagneetin sähkölaitteiden jännitteisiin osiin.	S	- Sähköturvallisuusvaatimusten mukaiset sähkölaitteet. - Asemointimagneetin sähkölaitteiden suojaeristys ja suojaus. - Nostoapuvälineen suojamaadoitus.	
<b>2.2 Henkilöiden kosketuksesta vian seurauksena jännitteisiksi tulleet osiin (epäsuora kosketus)</b>			
- Kosketus jännitteisiksi tulleen nostoapuvälineeseen tai siinä olevaan kappaleeseen.	S	- Nostoapuvälineen suojamaadoitus.	



<p><b>3 Koneensuunnittelussa ergonomisten periaatteiden huomiotta jättämisestä aiheutuvat vaaratekijät johtuen esim:</b></p>			
<p>3.1 Epäterveellisistä asennoista tai liiallisesta ponnistelusta</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nostoapuvälineen käsittelyssä,</li> <li>- kappaleen kiinnityksessä ja irrotuksessa.</li> </ul>	<p>P P</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pieni lihasvoiman tarve.</li> <li>- Nostoapuvälineen kannattimien automaattinen ohjautuminen kappaleen nostokohtiin.</li> </ul>	
<p>3.2 Inhimillisestä virheestä tai käyttäytymisestä</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kappaleen osittainen kiinnittyminen nostoapuvälineeseen.</li> <li>- Kappaleen asemointimagneetti jää auki.</li> </ul>	<p>S S</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kappaleen painovoimaan perustuva paikallaan pysymisen varmistus kannattimissa.</li> </ul>	
<p><b>4 Magneetin odottamaton virhetointo, joka on seurausta:</b></p>			
<p>4.1 Vikaantumuksesta tai toimintahäiriöstä</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asemointimagneetti aukeaa ja kappale putoaa.</li> </ul>	<p>S</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kappaleen painovoimaan perustuva paikallaan pysymisen varmistus kannattimissa.</li> </ul>	
<p>4.2 Ulkoisista vaikutuksista sähkölaitteisiin</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asemointimagneetin kaapelin katkeaminen ja kappaleen putoaminen.</li> </ul>	<p>S</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kappaleen painovoimaan perustuva paikallaan pysymisen varmistus kannattimissa.</li> </ul>	
<p><b>5 Energiansyötön vika</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Asemointimagneetin toimintahäiriö.</li> </ul>	<p>S</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kappale pysyy kannattimien varassa ilman magneettilukitusta.</li> </ul>	
<p><b>6 Energiansyötön vika</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Paikoitusmagneetin toimintahäiriöt.</li> </ul>	<p>S</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kappale pysyy kannattimien varassa ilman magneettilukitusta.</li> </ul>	
<p><b>7 Rikkoutuminen käytön aikana</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nostoapuvälineen putoaminen ripustuksen murtuessa.</li> <li>- Kappaleen putoaminen kannattimien rikkoutuessa.</li> </ul>	<p>S S</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Olosuhteita ja rasituksia vastaavan rakennemateriaalin valinta.</li> <li>- Ripustuselimen riittävä lujuus.</li> <li>- Kulumiselle alttiiden osien lisävarmuus.</li> <li>- Tarkastus- ja kunnossapitotoimenpiteiden ja niiden väliaikojen määrittäminen.</li> </ul>	
<p><b>8 Nostoapuvälineen vakavuuden menettäminen tai kaatuminen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nostokoukkuun ripustuksen tai koukusta irrotuksen aikana.</li> <li>- Säilytyksen aikana.</li> </ul>	<p>P</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nostoapuvälineen rakenteeseen kuuluva varastointituki.</li> </ul>	

<b>Nostamiseen liittyviä erityisiä vaaratekijöitä, vaaratilanteita ja vaarallisia tapahtumia</b>			
<b>9</b>	<b>Mekaaniset vaaratekijät ja vaaralliset tapahtumat</b>		
9.1	kuorman putoaminen, nostoapuvälineen kaatuminen, jotka ovat seurausta:		
-	vakavuuden puutteesta,	P	- Nostoapuvälineen rakenteeseen kuuluva varastointituki.
-	hallitsemattomasta kuormituksesta (ylikuormituksesta),	S	- Nostoapuvälineen soveltuvuus vain tietyntyyppisen runkokappaleen nostoon. - Suurimman sallitun kuorman merkintä nostoapuvälineessä.
-	runkokappaleen odottamattomasta tai tarkoittamattomasta liikkeestä,	S	- Nostoapuvälineen ja kappaleen yhdistelmän tasapainoisuus. - Runkokappaleen odottamattoman liikkeen estäminen magneettilukitusella kokoonpanon aikana.
-	nostoapuvälineen irtoamisesta nostokoukusta,	S	- Nostokoukkuun soveltuvuus ja ripustuksen lukituselin.
-	riittämättömistä kuorman kiinnityselimestä,	S	- Nostoapuvälineen kannattimien automaattinen ohjautuminen kappaleen nostokohtiin.
-	henkilöiden pääsystä kuormauslaitteeseen,	S	- Henkilönoston kieltävä merkintä nostoapuvälineessä.
-	osien riittämättömästä mekaanisesta lujuudesta.	S	- Materiaalivalinnoissa huomioon otettava pakkasen aiheuttama kylmähaaraus. - Lujuuden määrittäminen pahimpien rasiutilojen mukaan. - Ylikuormituskokeen kestävät rakenteet (staattinen testikerroin 1,5).

## LIITE 3: Nostopalkin mitoitusesimerkki

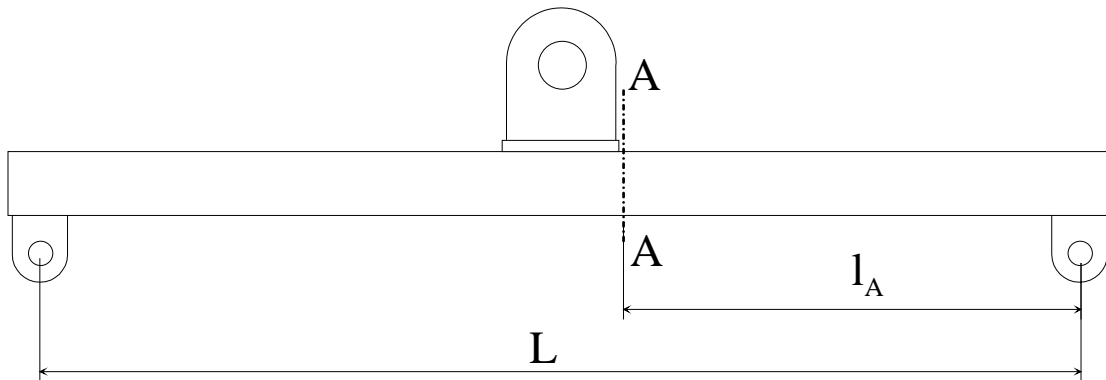
Aiemmin nostoapuvälineiden mitoitus on voitu tehdä perustuen nostureita koskeviin SFS-standardeihin. Nämä standardiyhdistelmät on korvattu tai tullaan korvaamaan vastaavilla yleiseurooppalaisilla yhdenmukaistetuilla EN-standardeilla tai kansainvälisillä ISO-standardeilla.

Tämän esimerkkilaskelman tarkoituksena on esittää periaate, miten nostoon liittyviä EN -standardeja voidaan käyttää nostoapuvälineen mitoituksessa. Laskelmissa ei ole huomioitu nostoapuvälineen kallistunutta asemaa (SFS-EN 13155 kohta 5.1.1.2).

Tässä esitetyt laskennat eivät kattavuudeltaan vielä riitä ko. nostoapuvälineen laskelmiksi.

### Lähtötiedot

Tarkastellaan kuvan 6 mukaista nostopalkkia.



Kuva 6. Nostopalkin periaatekuva.

Palkki on tarkoitettu kuormausnosturin nostoapuvälineeksi ja sen lähtöarvot ovat

- suurin sallittu kuorma (SWL) on 2000 kg
- oma paino  $m$  on 140 kg
- palkit mitat 200 x 140 x 5 mm
- materiaali S 355 J0 (Fe 52 C)
- materiaalin myötöraja  $f_y$  on 355 MPa
- nostoapuvälineen ja taakan suurin yhteinen tuulipinta-ala  $A_w$  on 5 m<sup>2</sup>
- niveltapin halkaisija  $D$  on 50 mm (Kuva 7)
- nostokorvakkeen paksuus  $t_1$  on 10 mm (2 kpl)
- nostokorvakkeiden väli  $t_3$  on 60 mm (Kuva 7)
- leveys  $L$  on 4000 mm
- mitta  $l_A$  on 1940 mm.

## Materiaalin valinta

Lasketaan nostoapuvälineen sallittu minimikäyttölämpötila lähteen Eurocode 3 (1993) mukaisesti. Tarkastellaan tässä vain korvakkeen materiaalin valintaa, koska putkipalkki oletetaan samaksi materiaaliksi ja niveltapin käyttölämpötilatarkastelua ei yleensä tarvitse suorittaa. Materiaalin iskutitkeys koe on suoritettu lämpötilassa 0 °C.

Käyttöolosuhteet: Valitaan korvakkeen vakavuustasoksi: S2.  
Kuormitusnopeus: Valitaan korvakkeen kuormitusnopeudeksi: R1  
Murtumisen seuraukset: Valitaan olosuhteeksi: C2

Lasketaan nimellinen myötöraja  $f_{y1}$  kaavalla C.1 käyttäen lähtöarvoja:  $f_{y0} = 355$  MPa,  $t = 10$  mm. Tulokseksi saadaan: 351 MPa

Lasketaan vaadittu iskutitkeys  $K_{1C}$  kaavalla C.2 käyttäen lähtöarvoja:  $k_a = 0,18$ ,  $k_b = 0,15$ ,  $k_c = 0,03$ ,  $\gamma_C = 1,5$ ,  $\alpha = 1,612$ . Tulokseksi saadaan: 871 J.

Lasketaan minimikäyttölämpötila kaavalla C.2 käyttäen lähtöarvoja:  $T_{cv} = 0$  °C (Taulukko C.3.) ja  $k_d = 10^{-3}$ .

$T_{min} = -35$  °C.

## Luokitus

Nostoapuvälineen luokitus tehdään standardiehdotuksen prEN 13001-1 mukaan. Koska esimerkin nostoapuväline on tarkoitettu kuormausnosturin apuvälineeksi, valitaan sen luokitus vastaamaan kuormausnosturin luokitusta. Kuormausnosturi on varustettu nostokoukulla ja se on mitoitettu luokkaan B2 käyttäen jännitysjakautumaa S1.

Nostoapuvälineellä nostettava taakka on kuitenkin keskimäärin suurempi kuin tavanomaisessa koukkukäytössä. Arvioidaan kuormitusspektriluokka Q4. Valitaan sitten nostoapuvälineen kuormitussykliä lukumääräksi 30.000 kpl. Standardiehdotuksen taulukon 2 mukaan valitaan luokka U<sub>1</sub>. Standardin SFS-EN 13155 mukainen yksinkertaistettu mitoitusmenetelmä ei nyt sovellu nostoapuvälineelle (kuormitussykliä lukumäärä > 20.000 kpl), vaan sille on suoritettava käyttölujuustarkastelu.

Standardiehdotuksen CEN/TS 13001-3 taulukon 11 mukaan saadaan jännityshistorialuokaksi S1.

## Kuormitukset

Nostoapuvälineeseen kohdistuvia kuormituksia sen käytössä ovat muun muassa

Nostettava taakka

$$F_L = SWL g = 2000 \text{ kg} \cdot 9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 19640 \text{ N} \quad (1)$$

Oman painon aiheuttamat kuormitukset

$$F_G = m_d g \Phi_1 = 140 \text{ kg} \cdot 9.82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1.1 = 1512 \text{ N} \quad (2)$$

missä  $\Phi_1$  on hitauskuormista aiheutuva kerroin (prEN 13001-2 1997, kohta 4.2.2.1 ja SFS-EN 12999 2003, kohta 5.2.2.1)

Pystysuuntaisista heilahduksista johtuvat kuormitukset

$$F_{yL} = F_L \Phi_2 = 1.3 \cdot 19640 \text{ N} = 25532 \text{ N} \quad (3)$$

missä  $\Phi_2$  on hitauskuormista aiheutuva kerroin (prEN 13001-2 1997, kohta 4.1.2.2.1 ja SFS-EN 12999 2003, kohta 5.2.2.2)

Sivusuuntaisista heilahduksista johtuvat kuormitukset

Standardissa SFS-EN 12999 sivusuuntaiset kuormitukset määritetään käyttäen nosturin kääntömomenttia. Jos kääntömomenttia ei tunneta voidaan sivusuuntaisista heilahduksista johtuvat kuormitukset arvioida

$$F_{zL} = \Phi_{5h} F_L = 0.1 \cdot 19640 \text{ N} = 1964 \text{ N} \quad (4)$$

missä  $\Phi_{5h}$  on hitauskuormista aiheutuva kerroin (prEN 13001-2 1997, kohta 4.1.2.4 ja SFS-EN 12999 2003, kohta 5.2.3.1.1.3), joka tässä on arvioitu

Tuulikuormitukset

$$F_{zW} = q c A_w = 250 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 2.0 \cdot 5 \text{ m}^2 = 2500 \text{ N} \quad (5)$$

missä  $q$  on tuulenpaine (prEN 13001-2 1997, taulukko 4)  
 $c$  on ilmanvastuskerroin, joka on saatu (prEN 13001-2 1997, Liite

A)

$A_w$  nostoapuvälineen ja taakan suurin yhteinen tuulipinta-ala

Lumikuorma

Tämän nostoapuvälineen suunnittelussa ei huomioida mahdollista lumikuormaa, koska sen merkitys oletetaan olevan mitätön muihin kuormituksiin nähden.

Koekuormituksesta aiheutuvat kuormat

Nostoapuvälineelle tehdään koekuormitus. Konepäätöksen (1314/1994) mukaan testikerroin  $\Phi_6$  on yleensä 1.5. Tällöin pystysuuntainen voima  $F_L$  kerrotaan testikertoimella. Laskennassa tällöin tuulenpaine  $q$  on  $125 \text{ N/m}^2$  ja hitauskuormista aiheutuvaa kerrointa  $\Phi_{5h}$  voidaan tarvittaessa vähentää.

Standardissa SFS-EN 13155 testikertoimena käytetään arvoa 2 koekuormituksessa (sivu 41, kohta A3). Tämä johtuu siitä, että standardin vaatimukset pätevät niille tapauksille, joissa

kuormituskertojen määrä on alle 20 000 sykliä. Väsymistarkastelua ei silloin tarvitse tehdä, mutta testikertoimet ovat suurempia kuin konepäättöksessä mainittu staattisen testin kerroin.

Törmäyksistä aiheutuvat kuormitukset

Tarkastellaan tässä yhteydessä tilannetta, jossa nostettava taakka takertuu kiinni samalla kun nosturin kääntöliikettä jatketaan. Simuloimalla törmäystilannetta on arvioitu, että nostoapuvälineeseen voi kohdistua hetkellisesti noin 1,6-kertainen kuormitus pystysuunnassa. Laskennassa ei huomioida tällöin tuulenpaineesta aiheutuvaa kuormitusta.

Kuormitusyhdistelmät

Tehdään tarkastuslaskelmat taulukon 1 mukaisilla kuormitusyhdistelmillä, jotka on valittu standardiehdotuksen prEN 13001-2 taulukosta 10.

*Taulukko 23. Nostoapuvälineen laskennassa tarkastellut kuormitusyhdistelmät.*

Kuormitusyhdistelmät	Selite
A1	Laite käytössä ilman tuulikuormaa
B1	Laite käytössä tuulikuorma mukana
C3	Koekuormitustilanne
C4	Törmäyksistä aiheutuvat kuormitukset
C7	Poikkeuksellinen kuormitus

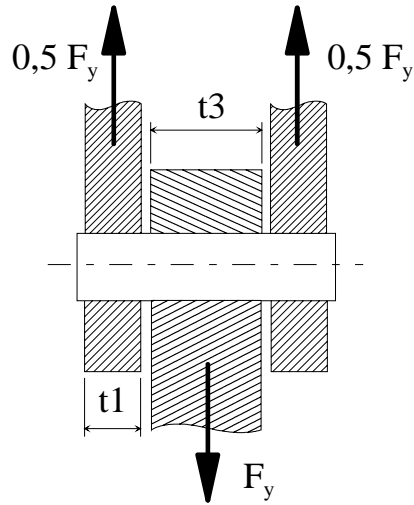
Kohdassa kuormitukset lasketut kuormat tulee vielä kertoa osavarmuuskertoimilla, jotka saadaan samasta standardiehdotuksen taulukosta.

*Taulukko 24. Laskentakuormien osavarmuuskertoimet.*

Osavarmuuskertoimet, s			
Kuormitustapaus	Oma paino	Pystykuormitus	Vaakakuormitus
A1	1.22	1.34	1.34
B1	1.22	1.22	1.22
C3	1.22	1.10	1.10
C4	1.10	1.10	1.10
C7	1.10	1.10	1.10

## Niveltapin laskenta

Tarkastellaan kuvan 7 mukaisen niveltapin laskentaa.



Kuva 7. Niveltapin kuormitusilanne.

Tarkastetaan niveltapin rajatilat prCEN/TS 13001-3-1 mukaan.

Taivutuksen suhteen

Lähtöarvoilla

$W_{el}$	$D^3/12 = 10416.67 \text{ mm}^3$ (Staattinen momentti)
$f_{yp}$	335 MPa (Taulukko 2)
$\gamma_{Rp}$	1.1

saadaan rajatila taivutuksen suhteen

$$M_{Rd} = 3172.000 \text{ Nmm}$$

Leikkauksen suhteen

Lähtöarvoilla

$\mu$	4/3
$\gamma_{Rp}$	$1.1 \cdot 1.3 = 1.43$

saadaan rajatila leikkauksen suhteen

$$F_{v,Rd} = 199177 \text{ N}$$

Pintapaineen suhteen

Lähtöarvoilla

$f_{yp}$	355 MPa (Taulukko 2)
$\gamma_{Rp}$	0.77

saadaan rajatila pintapaineen suhteen

$F_{b,Rd}$  230519 N

Taulukossa 25 on esitetty niveltapin laskentatulokset (katso standardiehdotuksen kohta 5.3.3). Laskennassa kuormitustapaus C7 on laskettu kolminkertaisella kuormalla suurimpaan sallittuun kuormaan nähden. Laskettu varmuusluku on rajatilaan nähden.

*Taulukko 25. Niveltapin laskentatulokset eri kuormitustapauksissa ja varmuudet rajatilan suhteen.*

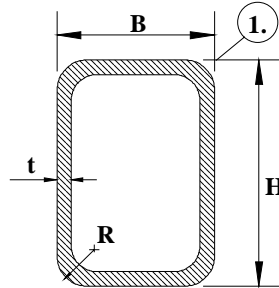
Tapaus	Laskettu arvo		Varmuus
A1	$M_{Sd}$	1262013	2.51
	$F_{v,Sd}$	36058	5.52
	$F_{b,Sd}$	36058	6.39
B1	$M_{Sd}$	1154779	2.75
	$F_{v,Sd}$	32994	6.04
	$F_{b,Sd}$	32994	6.99
C3	$M_{Sd}$	1539035	2.06
	$F_{v,Sd}$	43972	4.53
	$F_{b,Sd}$	43972	5.24
C4	$M_{Sd}$	1630983	1.95
	$F_{v,Sd}$	46600	4.27
	$F_{b,Sd}$	46600	4.95
C7	$M_{Sd}$	2115120	1.50
	$F_{v,Sd}$	60432	3.30
	$F_{b,Sd}$	60432	3.81

Taulukossa esitettyjen tulosten perusteella niveltapin mitoitus on riittävä.



## Nostopalkin laskenta

Tarkastetaan nostopalkin (kuva 6) kohta A taivutuksen suhteen. Kuvassa on esitetty laskettavan poikkileikkauksen mitat ja jännitysten laskentapiste.



Kuva 8. Laskettavan poikkileikkauksen mitat.

Alla on koottuna laskennassa käytetyn palkin poikkileikkaustiedot.

Taulukko 26. Kuvan 8 poikkileikkauksen laskennassa käytetyt mitat.

H	200 mm
B	140 mm
R	10 mm
t	5 mm

Taulukko 27. Taulukon 26 arvoilla lasketut pintasuuret.

A	$3.24E+03 \text{ mm}^2$	Pinta-ala
$I_z$	$1.84E+07 \text{ mm}^4$	Neliömomentti z-akselin suhteen
$I_y$	$1.06E+07 \text{ mm}^4$	Neliömomentti y-akselin suhteen
$W_{tl}$	$2.63E+05 \text{ mm}^3$	Vääntövastus
$S_{zmax}$	$1.10E+05 \text{ mm}^3$	Staattinen momentti z-akseli
$S_{ymax}$	$8.64E+04 \text{ mm}^3$	Staattinen momentti y-akseli

Taulukko 28. Laskentapiste 1

$e_{1z}$	70 mm
$e_{1y}$	100 mm

Taulukossa 29 on koottuna palkin kohdan A suunnittelujännitykset ( $\sigma_{Sd}$ ) laskettuna teknisen taivutusteorian mukaisesti summasten taivutusjännitykset y- ja z-suunnassa (vaaka- ja pystysuuntaiset kuormitukset). Vertailun vuoksi taulukkoon on laskettu myös varmuus myötörajaan nähden.

Taulukko 29. Palkin lasketut jännitykset eri kuormitustapauksissa.

Kuormitustapaus	Laskettu jännitys [MPa]		Rajajännitys	Varmuus myötörajaan
A1	Taivutus z	185	$f_{Rd} = 323$	1.70
	Taivutus y	24		
	$\sigma_{Sd}$	209		
B1	Taivutus z	169	$f_{Rd} = 323$	1.50
	Taivutus y	68		
	$\sigma_{Sd}$	237		
C3	Taivutus z	176	$f_{Rd} = 323$	1.47
	Taivutus y	66		
	$\sigma_{Sd}$	241		
C4	Taivutus z	187	$f_{Rd} = 323$	1.47
	Taivutus y	56		
	$\sigma_{Sd}$	242		

Taulukossa esitettyjen tulosten perusteella lasketut suunnittelujännitykset ovat pienempiä kuin rajajännitys, joten mitoitus on riittävä.

### Mitoituksen verifiointi SFS-EN 13155 mukaan

Lasketaan kuormitustapaus C7, jossa nostopalkin osalta määritetään se pystykuormitus, jolla nostopalkkiin syntyy plastinen nivel kohtaan A.

$$F_{plas} = 2 \frac{S_z f_y}{l_A} = 2 \frac{1.10 \cdot 10^5 \cdot 355}{1940} = 40258 \text{ N} \quad (6)$$

Tämä vastaa kuormitusta  $4.1 \cdot SWL$ . Standardin SFS-EN 13155 kohdan 5.1.1.1 mukaan ko. kerroin tulee olla vähintään 3.

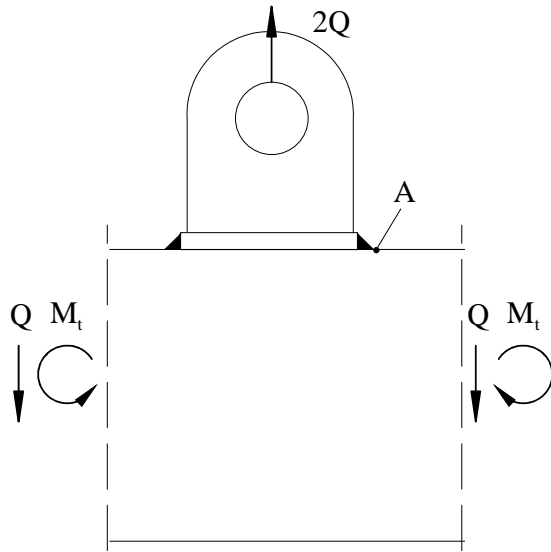
Lasketaan lopuksi kuormituskerroin  $\phi_m$  jolla nostopalkki alkaa myötämään. Lähtien yhteydestä

$$f_y = \frac{\phi_m \left( \frac{1}{2} SWL \cdot g \cdot l_A \right) + \frac{m}{2} \cdot g \cdot \frac{l_A}{2}}{I_z} e_y \quad (7)$$

saadaan kertoimeksi  $\phi_m$  on 3.39. Standardin SFS-EN 13155 kohdan 5.1.1.1 mukaan ko. kerroin tulee olla vähintään 2.

## Hitsiliitoksen väsyminen

Tarkastetaan nostopalkin kuvan 9 kohdassa A olevan hitsiliitoksen kestoikä.



Kuva 9. Nostokorvakkeen peitelevyn hitsaus putkipalkkiin.

Valitaan lähteen Eurocode 3 (1993) mukaan liitoksen väsytyluokka  $\Delta\sigma_c$  on 50. Luokituksen perusteella saadaan hitsiliitoksen sallituksi jännitysvaihteluksi standardiehdotuksen prCEN/TS 13001-3-1 kaavalla 25.

$$\Delta\sigma_{Rd} = 158 \text{ MPa}$$

missä  $\gamma_{Mf}$  on 1.25 (taulukko 10)  
 $s(m=3)$  on 0.016

Rakennesosan jännitysvaihtelu 157 MPa on laskettu kuormitusyhdistelmän A1 mukaan ottamatta huomioon taulukon 24 osavarmuuskertoimia, joten hitsiliitoksen mitoitus on riittävä.

Mikäli nostokorvakkeet hitsattaisiin suoraan putkipalkkiin, niin tästä aiheutuisi jännityshuippuja, jotka lisäisivät edellä laskettua rakennesosan jännitysvaihtelua. Tästä syystä korvakkeiden alle on hitsattu peitelevy. Tällaisten jännityshuippujen laskenta edellyttää tavallisesti elementtimenetelmän käyttöä. Lisätietoja hitsiliitosten suunnittelusta on esimerkiksi lähteissä Niemi & Kemppi (1993) ja Rautaruukki (1997).