

CE-merkinnän vaikutukset rakennusalan teräsrakenteiden  
valmistamiseen

Portimo Katja

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö  
Tuotantopainotteinen suuntautumisvaihtoehto  
Insinööri (AMK)

KEMI 2014

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Lapin ammattikorkeakoulun Kemi-Tornion kampuksen tekniikan yksikön opettajia ja erityisesti Timo Kauppia, joka on ohjannut opinnäytetyötä. Kiitos myös LaVe Oy:n toimitusjohtajalle Markus Ahokkaalle mielenkiintoisen aiheen antamisesta työstettäväksi.

Kiitos perheelle, sukulaisille ja ystäville tuesta ja kannustuksesta opiskelujen aikana. Erityisen suuri kiitos lapsilleni kärsivällisyydestä, kun äiti on tehnyt ”pitkää päivää” saadakseen opinnot suoritettua sekä mummoille, jotka ovat mahdollistaneet tämän nelivuotisen projektin tarjoamalla lastenhoitoapua, kun sitä on tarvittu.

Kaikessa tekemisessä alku on tärkein. (Platon)

Kemissä 13.5.2014

Katja Portimo

## TIIVISTELMÄ

## LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikan ala

Koulutusohjelma:	Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Opinnäytetyön tekijä:	Katja Portimo
Opinnäytetyön nimi:	CE-merkinnän vaikutukset rakennusalan teräsrakenteiden valmistamiseen
Sivuja (joista liitesivuja):	58 (0)
Päiväys	13.5.2014
Opinnäytetyön ohjaaja	TkL Timo Kauppi
<p>Opinnäytetyö tehtiin LaVe Oy:n toimeksiannosta. Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin CE-merkinnän vaikutuksia rakennusalan teräsrakenteiden valmistamiseen. Työssä selvitettiin teräsrakenteiden valmistamiseen liittyviä vaatimuksia sekä ennen teräsrakenteiden CE-merkinnän siirtymäajan päättymistä 1.7.2014 että sen jälkeen.</p> <p>Työn tavoitteena oli selvittää standardin EN 1090 tuomat vaatimukset rakennusalan teräsrakenteiden valmistamiseen, sen vaikutukset konepajoille ja valmistuksessa käytettäville leikkausmenetelmille. Tutkimusmenetelmänä käytettiin kvalitatiivista tutkimusta käsittäen standardien ja ohjeiden läpikäynnit.</p> <p>Työhön liittyvät tavoitteet saavutettiin. Standardin EN 1090:n tuomien vaatimuksien osalta jouduttiin tyytymään kirjallisuudesta saatavaan tietoon, sillä standardin siirtymäaika ei ole vielä päättynyt.</p>	
Asiasanat: CE-merkintä, standardi, teräsrakenteet	

## ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Technology

Degree programme:	Mechanical and Production Engineering
Author:	Katja Portimo
Thesis title:	Influences of CE Marking in Production of Steel Structures
Pages (of which appendixes):	58 (0)
Date:	13 May 2014
Thesis instructor:	Timo Kauppi, MSc, LicSc(Tech.)
<p>The thesis was assigned by LaVe Oy. This thesis concentrates on the influences of CE marking in production of steel structures. It was examined what the requirements were for producing steel structures before and after the transition time of CE marking expiring on 1 July 2014.</p> <p>The aim of this thesis was to find out what the requirements were for producing steel structures according to the standard EN 1090 and its consequences for manufacturers and for productions cutting methods. The research methods used were qualitative research methods including standards and instructions.</p> <p>The aims of this thesis were reached. The requirements of the standard EN 1090 for manufacturers are based only on the literature based knowledge since the transition period of the standard has not ended.</p>	
Keywords: CE marking, standard, steel structures.	

## SISÄLLYS

#	
ALKUSANAT .....	2
TIIVISTELMÄ .....	3
ABSTRACT .....	4
SISÄLLYS .....	5
1 JOHDANTO .....	7
2 LÄHTÖKOHDAT .....	8
3 TERÄS .....	10
4 TERÄSRAKENTEIDEN VALMISTAMINEN ENNEN 1.7.2014 .....	11
4.1 Rakentamismääräyskokoelman osa B7 .....	11
4.2 Rakennustuotedirektiivi 89/106/ETY .....	16
4.3 Rakennustuoteasetus 305/2011 .....	16
5 RAKENNUSALAN TERÄSRAKENTEIDEN CE-MERKINTÄ .....	18
5.1 EN 1090-1 .....	21
5.1.1 Alkutestaus.....	21
5.1.2 Tehtaan sisäinen laadunvalvonta .....	23
5.1.3 Kokoonpanoeritelvät.....	25
5.2 EN 1090-2 .....	27
5.2.1 Toteutuseritelmä .....	28
5.2.2 Toteutusluokat.....	29
5.2.3 Toteutusluokan vaikutus valmistuksessa .....	31
5.2.4 Pintakäsittely, esikäsitteilyasteet ja korroosionesto .....	32
5.2.5 Käytettävät tuotteet .....	33
5.2.6 Mekaaniset kiinnittimet.....	35
5.2.7 Toleranssit.....	36
5.2.8 Leikkaus.....	37
5.2.9 Reikien tekeminen .....	39
5.2.10 Hitsaus.....	40
6 LEIKKAUSMENETELMÄT .....	46
6.1 Vesisuihkuleikkaus .....	46
6.2 Laserleikkaus .....	47
6.3 Polttoleikkaus.....	48
6.4 Plasmaleikkaus.....	48

6.5 Leikkausmenetelmien vertaileminen .....	49
7 EN 1090-2 VAIKUTUKSET KONEPAJOILLE.....	52
7.1 Leikkaus .....	53
7.2 Mekaaninen kiinnittäminen.....	53
7.3 Hitsaus.....	54
8 CE-MERKINNÄN EDUT, HAITAT JA VAIKUTUKSET TERÄSRAKENTEIDEN VALMISTUKSESSA .....	55
9 POHDINTA .....	56
LÄHTEET.....	57

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan rakennusalan teräsrakenteiden CE-merkinnän vaikutuksia valmistuksen kannalta. Työssä selvitetään teräsrakenteiden valmistusta ja valmistuksen vaatimuksia ennen standardin EN 1090 voimaantuloa. Konepajojen teräsrakenteiden valmistusta on aiemmin säädelleet rakennustuotedirektiivi ja kansalliset viranomaismääräykset. Käytänteiden yhtenäistyminen jäi puutteelliseksi rakennustuotedirektiivin myötä, joten aukkoja pyrittiin paikkaamaan rakennustuoteasetuksella.

Rakennustuoteasetuksen mukaisten teräsrakenteiden siirtymäajan päätyttyä standardi EN 1090 astuu voimaan. Standardi käsittelee niin kokoonpanojen vaatimustenmukaisuutta ja valmistajan ilmoittamien toiminnallisten ominaisuuksien vaatimustenmukaisuutta kuin toteutusvaatimuksia teräksille ja alumiineille. Tässä työssä keskitytään teräsrakenteiden vaatimustenmukaisuuteen ja toteutusvaatimuksiin sekä standardin tuomiin vaikutuksiin konepajoille ja valmistusmenetelmille.

Aihe on ajankohtainen, sillä rakennustuotteiden siirtymäaika päättyi jo 1.7.2013 ja nyt myös rakennustuotteiden teräsrakenteiden siirtymäaika on päättymässä. Työssä käsitellään standardia ja valmistusmenetelmiä melko yleisellä tasolla. Työssä tarkastellaan valmistusmenetelmistä vain eri leikkausmenetelmiä ja tarkastellaan standardin vaikutuksia myös leikkausmenetelmien kannalta.

## 2 LÄHTÖKOHDAT

Suomessa rakennusalan teräsrakenteita koskevat ohjeet on annettu Ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelmassa. Ympäristöministeriö pohjaa ohjeensa rakennuslakiin. Vuoden 1996 rakentamismääräyskokoelman osassa B7 käsitellään teräsrakenteita. Ympäristöministeriön 14 päivänä syyskuuta 1994 antaman päätöksen mukaan voidaan teräsrakenteiden suunnittelussa käyttää vaihtoehtoisesti Eurocode 3 ohjeita. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Euroopan Unionin tavoite on avata Euroopan talousalueen sisämarkkinat kaikkien jäsenmaiden toimijoille helpottamalla tavaroiden, ihmisten, palvelujen ja pääomien liikkumista EU:n sisällä. Tavoitteeseen päästäkseen EU pyrkii yhtenäistämään sääntöjä. Direktiivit ovat jäsenmaille annettavia lainsäädäntöohjeita, jotka antavat kansallisille lainsäätäjille soveltamisvaltaa direktiivin sisällön toteuttamiseksi lakeja määrättäessä. EU:n vapaiden markkinoiden tavoite koskee myös rakennustuotteita. Tavoitteen pohjalta luotiin 21.12.1988 rakennustuotedirektiivi (CDP). Rakennustuotedirektiivin yhtenä tavoitteena oli viranomaisten vaatimusten ja lainsäädännön yhtenäistäminen. Pyrkimyksenä oli, että eri jäsenmaissa valmistettavat rakennustuotteet täyttäisivät toisten jäsenmaiden lainsäädännön vaatimukset sellaisenaan. Tämä avaisi rakennustuotteille suuremmat markkinat. Toisaalta yhtenäisellä lainsäädännöllä taattaisiin tuotteiden vertailtavuus ja turvallisuus. (Tapiola, 2013.)

Tavoitteiden saavuttamiseksi päätettiin rakennustuotteita merkittäviksi CE-merkillä. CE-merkki olisi osoitus rakennustuotteiden vaatimustenmukaisuudesta Euroopan talousalueella. Merkin kanssa tulisi aina laatia vaatimustenmukaisuusvakuutus. Yhdessä nämä viestisivät, että valmistaja vakuuttaa tuotteensa olevan määräysten mukaisia. CE-merkintää ei asetettu direktiivissä pakolliseksi, jolloin kaikki maat, esimerkiksi Suomi, eivät vaatineet CE-merkkiä markkina-alueillaan. Direktiiviin jäi muitakin aukkoja, mikä mahdollisti kansallisten viranomaisten vaatimusten hankaloittavan rakennustuotteiden kauppaa. (Tapiola, 2013.)

24.4.2011 tuli voimaan rakennustuoteasetus (CPR), jolla pyrittiin tukkimaan rakennustuotedirektiiviin jääneet aukot. Asetuksen luonne poikkeaa direktiivistä, sillä se velvoittaa jäsenmaita välittömästi. Rakennustuoteasetus astui voimaan siirtymäajan päätyttyä 1.7.2013. Tämän myötä rakennustuotteet tuli CE merkitä. Teräsrakenteiden



kohdalla siirtymäaika päättyy kuitenkin vasta 1.7.2014. Direktiivin jäljiltä jääneet kaupan esteet ovat poistumassa jäsenmaiden oman soveltamisoikeuden poistuttua asetuksen myötä. Kansalliset viranomaiset eivät voi enää suosia oman maansa valmistajia vaatimalla omia merkintöjään ja kansallisten standardien mukaisia toimia. (Tapiola, 2013.)

Rakennustuotteiden lisäksi myös terästuotteita standardisoidaan. Teräslajimerkinnot ovat vaihdelleet eri aikoina ja eri maittain, mikä on tuonut ongelmia teräksen valinnassa ja käytössä. EN-standardisoinnin myötä eurooppalaiset standardit yhdentyvät. Terästuotteen määrittelyyn kuuluvat mittastandardi, teräslajistandardi sekä aineodistus. (Väisänen, 2007.)

### 3 TERÄS

Teräs on käyttömetalleista tärkein. Omaamansa suuren lujuuden ansiosta se poikkeaa muista rakennusaineista. Se on kestävä materiaali Teräksen mekaanisia ominaisuuksia voidaan säätää koostumuksen ja valmistusprosessin avulla. Teräksiä voidaan luokitella monella tavalla, mutta yleisin luokittelu on käyttötarkoituksen mukaan seuraavasti:

- rakenneteräkset
- työkaluteräkset
- erikoisteräkset. (Väisänen, 2007.)

Teräkset jaetaan raekoon perusteella yleisiin rakenneteräksiin (rakeen halkaisija n. 0,035mm) ja hienoraeteräksiin (rakeen halkaisija alle 0,0005 mm). Yleiset rakenneteräkset jaetaan (standardi SFS-EN 10025-2) hiiliteräksiin ja seosteräksiin. Hienoraeteräkset (standardi SFS-EN 10025-3, -4) valmistetaan käyttämällä mikroosaineita, termomekaanista valssausta ja/tai lämpökäsittelyjä. Raekoon pienentäminen nostaa teräksen lujuutta ja lisää iskusitkeyttä. (Väisänen, 2007.)

Teräslajia valittaessa tulee huomioida niin ympäristöolosuhteet, valmistusmenetelmä, pinnanlaatu kuin rakenteen huolto. Perusteräksiä, ilmastokorroosiota kestäviä teräksiä sekä ruostumattomia teräksiä käytetään rakentamiseen. Valmis teräsrakenne ei kuormita luontoa, ei eritä eikä ime epäpuhtauksia ja/tai kosteutta. (Väisänen, 2007.)

Teräksen työstömenetelmiä ovat lastuava, leikkaava ja muovaava työstö. Lastuava työstö (sorvaus, jyräily, poraus, hiominen jne.) tehdään konepajassa tai tehtaassa. Leikkaavassa työstössä teräskappaleet katkaistaan sahalla, leikkurilla, laserleikkaamalla, polttoleikkaamalla tai vesisuihkuleikkaamalla. Muovaavat menetelmät (kylmämuovaus tai kuumamuovaus) muuttavat teräksen ulkonaista muotoa ja parantavat sisäistä rakennetta. Teräksestä tulee hienorakeisempaa ja ontelot sulkeutuvat. Kylmämuovauksessa teräksen rakeet venyvät muokkauksen suuntaan, jolloin teräs kovenee eli muokkauslujittuu. Kuumamuovauksessa rakenteen venyessä tapahtuu uudelleenkiteytymistä. Muovaavia työstömenetelmiä ovat mm. taonta, kuuma- ja kylmävalssaaminen, taivuttaminen ja vetäminen. (Väisänen, 2007.)

## 4 TERÄSRAKENTEIDEN VALMISTAMINEN ENNEN 1.7.2014

Suomessa valmistettava teräs on tasalaatuista, joten siitä valmistettavat tuotteet ovat mittatarkkoja. Ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelman vuonna 1996 voimaan tulleiden teräsrakenteita (osa B7) koskevien ohjeiden mukaan teräsrakenteet jaetaan kolmeen rakenneluokkaan (taulukko 1) mahdollisista vaurioista aiheutuvien henkilövahinkojen suuruuden ja yhteiskunnallisten menetysten perusteella. Rakenne suunnitellaan ja toteutetaan siinä rakenneluokassa, johon se taulukon mukaan kuuluu. VäsytySKUORMITETUT rakenteet kuuluvat vähintään luokkaan 2. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Taulukko 1. Rakenneluokat (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996).

Rakenne- luokka	Rakenne-esimerkkejä
1	Rakennukset, joissa usein on suuri joukko ihmisiä kuten <ul style="list-style-type: none"> <li>- vähintään 4-kerroksiset asuin-, konttori- ja liikerakennukset</li> <li>- konserttitalit, teatterit, urheilu- ja näyttelyhallit, katsomot</li> </ul> Teollisuuden raskaasti kuormitetut tai suuria jännevälejä sisältävät rungot Erikoisrakenteet kuten <ul style="list-style-type: none"> <li>- suuret mastot ja tornit</li> </ul>
2	Rakennukset, jotka eivät kuulu luokkiin 1 tai 3
3	1- ja 2-kerroksiset rakennukset, joissa vain tilapäisesti oleskelee ihmisiä kuten <ul style="list-style-type: none"> <li>- pienet varastot</li> <li>- pienet maatalouden tuotantorakennukset</li> </ul>

## 4.1 Rakentamismääräyskokoelman osa B7

B7:n mukaan teräsrakenteiden suunnitteluasiakirjojen tulee toteutusta varten sisältää rakenteen koko-, geometria- ja rakennetiedot sekä laatuvaatimukset valmistukselle ja asennustyölle. Teräsrakenteisiin ja rakenneosiin tulee käyttää sovellettavan standardin tai varmennetun käyttöselosteen mukaisia rakenneaineita. Rakenneaineissa ja tarvikkeissa ei saa olla sellaisia vikoja, että ne vaarantaisivat rakenteen lujuuden, lyhentäisivät käyttöikää tai vaarantaisivat suunnitellun toiminnan ja merkittävästi huonontaisivat rakenteen käyttöominaisuuksia. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Teräsrakenteet valmistetaan rakennesuunnitelmien mukaan. Valmistuksessa käytetään pätevää työjohtoa sekä henkilöstöä ja hitsaajilta edellytetään standardin mukaista

pätevyyttä. Valmistuspaikan olosuhteiden on oltava sellaiset, että tarkoitettu laatutaso ja lujuus saavutetaan. Rakenneosat leikataan, taivutetaan ja oikaistaan niin, että niihin ei synny lujuutta heikentäviä säröjä, jännityksiä tai kiderakennemuutoksia. Leikkausjäljen tulee täyttää rakenneosien yhteensopivuuden, railon muodon sekä pinnoituksen asettamat vaatimukset. Työstömenetelmät valitaan niin, että osien mittatarkkuudelle, yhteensopivuudelle ja osien toiminnalle asetetut laatuvaatimukset täyttyvät. Rakenneosat sovitetaan yhteen niin, että rakenteeseen ei synny kylmämuokkautumia ja lisäjännityksiä. Väliaikaiset kiinnitykset eivät saa heikentää rakenteen käyttökelpoisuutta ja lujuusominaisuuksia. VäsytySKUORMITETTUIHIN rakenteisiin ei saa tehdä rakennesuunnitelmaan kuulumattomia reikiä, hitsejä eikä muita lovia ilman suunnittelijan lupaa. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Pulttiliitoksissa käytetään lujuudeltaan ja laadultaan ruuvia vastaavia muttereita, ellei suunnitelmissa oli esitetty muuta. Reiät tehdään poraamalla tai vastaavan laadun takaamalla tavalla. Ruuvien vapaareiät tehdään enintään sovellettavan standardin keskisarjan mukaan. Ympäriille jääneet mahdolliset purseet poistetaan. Valmis- tai rakenneosia yhteen liitettäessä tulee huolehtia, että liitospinnat ovat puhtaita, kuivia ja tasaisia. Myös pinnoitteen täytyy olla kovettunut ennen liittämistä. Ruuveille ei saa tulla taivutusrasitusta liitospintoja sovitettaessa yhteen. Kitkaliitoksissa kosketuspinnat käsitellään ennen yhteen liittämistä niin, että saadaan aikaan suunnitelmien mukainen kitka. Kitkaliitos suojataan heti valmistumisen jälkeen niin, että vesi ei pääse tunkeutumaan kitkapintoihin ja sitä kautta rakenteen onteloihin. Mikäli kitkaliitokseen tulee hitsejä, ruuvit kiristetään vasta kun hitsaus on suoritettu. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Valmistajalla tulee olla valmistuksessa ja asennuksessa käytettävistä hitsausmenetelmistä hitsausohjeet (WPS). Hitsausohjeet hyväksyy sovellettavan standardin mukaisesti henkilö, joka omaa hitsausinsinöörin pätevyudet tai ainetta rikkomattomia tarkastuksia tekevän 2. tason pätevyudet. Käytettävien menetelmien tulee olla sellaiset, että hitsiluokan edellyttämä laatutaso saavutetaan. Hitsausjärjestys tulee olla sellainen, että haitallisten muodonmuutosten ja hitsausjännitysten vaikutus jää mahdollisimman vähäiseksi. Hitsauksesta laaditaan suunnitelma, josta ilmenevät tarpeen mukaan:

- hitsausolosuhteet
- menetelmät ja laitteet

- hitsausjärjestys
- railon muodot
- hitsausasennot
- hitsausenergia
- esilämmityksen tarpeellisuus
- lisäaineet
- hitsien jälkikäsittely
- hitsien tarkastus (menetelmät ja laajuus)
- tarvittavat menetelmäkokeet. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Rakenteiden vaatimustenmukaisuutta arvioidaan rakenneaineiden, tarvikkeiden, valmisosien sekä rakenteiden laadusta olevan aineiston ja suunnitelmien pohjalta. Mikäli teräsrakenteiden valmistaja ja/tai asentaja toimii ympäristöministeriön hyväksymän tarkastuslaitoksen valvonnassa, riittää, että rakennekatselmuksessa valvova viranomainen toteaa toiminnon tapahtuneen kyseessä olevan tarkastuslaitoksen valvonnan alaisena. Hyväksytty tarkastuslaitos valvoo valmistajan (ja/tai asentajan) sisäisen laadunvalvonnan toimivuutta omien ohjeidensa mukaan. Toteuttajan täytyy suorittaa ja dokumentoida tarkastuslaitoksen edellyttämät laadunvarmistustoimenpiteet. Aineiden ja tarvikkeiden laadunvalvontaan kuuluu, että leikkaustapa ja leikkausjälki ovat sovellettavan standardin ja suunnittelijan ohjeiden mukaiset. Laadunvarmistamistoimenpiteisiin kuuluvat myös polttoleikkausluokan, taivutustavan ja –lämpötilan, työstömenetelmien sekä lämpökäsittelyn toteaminen sovellettavan standardin mukaisiksi. Myös mitat, railon muodot ja pintavikojen korjaus täytyy toteuttaa standardin tai suunnittelija ohjeiden mukaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Rakenneaineiden ja –osien laadun varmistamiseksi rakenteisiin käytetyille aineille ja tarvikkeille tulee esittää sovellettavien standardien määrittämät aineodistukset. Mikäli teräsrakenteiden rakenneaineet tai tarvikkeet eivät ole sovellettavien standardien mukaisia, tulee niille esittää varmennettu käyttöseloste. Rakenneluokittain vaaditaan vähintään taulukossa 2 (sivu 14) esitetyt aineodistukset. Ruuvituotteille vaaditaan varmennettu käyttöseloste, taulukon 2 mukainen aineodistus tai valmistus tulee olla hyväksytyt tarkastuselimen valvonnan alaista. Muttereille vaaditaan sovellettavan standardin mukainen laatuvaraus 2.1 kaikissa rakenneluokissa. Varren suuntaista

vetoa aiheuttavissa liitoksissa ja kitkaliitoksissa muttereilta vaaditaan ainestodistus 3.1.B tai varmennettu käyttöseloste. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Taulukko 2. Esitettävien ainestodistusten tyypit (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996).

Rakenneluokka	Ainestodistustyyppi sovellettavan standardin mukaisesti		
	Teräslaji $f_y < 355 \text{ N/mm}^2$	Teräslaji $f_y \geq 355 \text{ N/mm}^2$	Teräsruivit
1	3.1.B	3.1.B	3.1.B
2	2.2	3.1.B	3.1.B
3	2.1	2.2	3.1.B

Ruuvien reikien sijainti, koko ja lukumäärä tulee tarkistaa suorittamalla riittävä määrä mittauksia rakenneluokissa 1 ja 2. Riittäväksi määräksi katsotaan 5 % reikien koko lukumäärästä samantyyppistä liitosta kohden. Rakenneluokassa 3 riittävät pistoluonteiset mittaukset. Valmiista pulttiliitoksista tarkistetaan, että ruuvimäärä ja kiristys vastaavat suunnittelua. Pulttiliitokset tarkastetaan ennen rakenteiden peittämistä joko asennuspaikalla tai konepajalla. Asennuksen edetessä pulttiliitokset tarkastetaan, että nähdään, ovatko pulttiliitoksen kestävyys riittävä asennusaikaiset kuormitukset huomioiden. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Hitsaajilta edellytetään sovellettavan standardin mukaista pätevyyttä. Hitsausliitokset tarkastetaan silmämääräisesti kaikissa rakenneluokissa ja kaikissa hitsiluokissa. Päittäishitsit ja läpihitsatut T-liitokset tarkastetaan ainetta rikkomattomalla tarkastusmenetelmällä, kuten ultraääni- tai röntgentarkastus, vähimmäislaajuudella. Tarkastuslaajuus selviää taulukosta 3 (sivu 15). Pienahitseille ja läpihitsaamattomille päittäis- ja T-liitoksille hyväksytään yleensä silmämääräinen tarkastus. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Taulukko 3. Tarkastuslaajuus (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996).

Rakenne- luokka	Hyväksikäyttö- aste $Z^{2)}$	Tarkastus- laajuus <sup>3)</sup>
1 <sup>1)</sup>	$Z \leq 0,5$	10 %
	$0,5 < Z \leq 0,8$	30 %
	$0,8 < Z$	100 %
2 <sup>1)</sup>	$Z \leq 0,8$	5 %
	$0,8 < Z$	30 %
3	$0,8 < Z$	10 %

<sup>1)</sup> Kun on kyseessä pysyvästi puristettu päittäisliitos ei tarvitse käyttää 10 % suurempaa tarkastuslaajuutta

<sup>2)</sup> Hyväksikäyttöasteella  $Z = S_d/R_d$  tarkoitetaan voima-suureen ja kestävyuden suhdetta

<sup>3)</sup> Hyväksytyin tarkastuselimen valvonnassa noudatetaan sen sisäisiä ohjeita.

Rakennuskohteen teräsrakenteita koskeva laatuaineisto kootaan laatupassiin. Laatupassin tulee sisältää vähintään taulukossa 4 esitetyt asiakirjat. Jos vaatimustenmukaisuutta ei voi todeta käytettävissä olevan aineiston perusteella, suoritetaan varmennus hyväksytyin testauslaitoksen tekemin kokein. (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996.)

Taulukko 4. Laatupassin sisältö (Suomen rakentamismääräyskokoelma B7, 1996).

Laatupassin vaihe	Laatupassin sisältö rakenneluokittain	Rakenneluokka		
		1	2	3
Suunnittelu asiakirjoista	Projektieritelmä	x	x	x
Ennen työn aloittamista	Laatusuunnitelma	x	x	
	Hitsaussuunnitelma	x	x	x
	Tarkastussuunnitelma	x	x	x
	Hitsaajien pätevyystodistukset	x	x	x
	NDT-tarkastajien pätevyystodistukset	x	x	x
Ennen asentamista	Asennussuunnitelma	x	x	x
	Ainestodistukset ja varmennettujen käyttöselosteiden numerot	x	x	x
	Hitsausaineiden todistukset	x	x	
	Ruuvien ja muttereiden ainestodistukset tai varmennettujen käyttöselosteiden numerot	x	x	x
	Hitsien tarkastuspöytäkirjat	x	x	x
	NDT-tarkastusten pöytäkirjat	x	x	x
	Valmisosien tarkastuspöytäkirjat	x	x	
Pinnoitteiden tarkastuspöytäkirjat	x	x		
Ennen runkokatselmusta tai luovutusta	Asennushitsien tarkastuspöytäkirjat	x	x	x
	Pulttiliitosten tarkastuspöytäkirjat	x	x	
	Rungon tarkemittauspöytäkirjat	x	x	
	Todennus rungon vastaavan suunnitelmia	x	x	x

#### 4.2 Rakennustuotedirektiivi 89/106/ETY

Rakennustuotedirektiivin mukaan tuotteiden on oltava sopivia rakennuskohteeseen. Rakennuskohteen tulee sopia tarkoitukseensa, ottaa huomioon taloudelliset näkökohdat ja täyttää olennaiset vaatimukset. Olennaisten vaatimusten tulee täytyä normaalilla kunnossapidolla koko tuotteen taloudellisesti kohtuullisen käyttöiän ajan. Rakennustuotedirektiivin mukaiset olennaiset vaatimukset käsittelevät seuraavia asioita:

- mekaaninen lujuus ja vakavuus
- paloturvallisuus
- hygieniaa, terveys ja ympäristö
- käyttöturvallisuus
- meluntorjunta
- energiansäästö ja lämmöneristys. (Neuvoston direktiivi 89/106/ETY, 1989.)

Rakennustuotedirektiivin mukaan tuotteen vaatimustenmukaisuutta valvotaan. Tuotteelle suoritetaan alkutestaus valmistajan tai hyväksytyyn tarkastuslaitoksen toimesta. Valmistajan tai hyväksytyyn tarkastuslaitoksen tulee suorittaa tehtaalta otettujen näytteiden testaus määräystenmukaisen testaussuunnitelman mukaan. Valmistaja tai hyväksytty tarkastuslaitos voi myös suorittaa pistokoenäytteiden testausta tehtaalta, markkinoilta tai rakennuspaikalta otetuista näytteistä. Myös markkinoille lähtövalmiina olevasta tuotteesta tulee suorittaa näytteiden testaus joko valmistajan omasta toimesta tai hyväksytyyn tarkastuslaitoksen suorittamana. Tehtaalla on oltava sisäinen laadunvalvontajärjestelmä. Kaikki valmistajan asettamat arvot, vaatimukset ja määräykset dokumentoidaan toimintaohjeita ja menettelytapoja koskevaksi kirjalliseksi selvitykseksi. Dokumentoinnilla varmistetaan yhtenäinen perusta laadun varmistamiselle. Tehtaan sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastuksen suorittaa hyväksytty tarkastuslaitos. Tarkastuslaitos suorittaa myös tehtaan sisäisen laadunvalvonnan jatkuvaa valvontaa, arvostelua ja arviointia. (Neuvoston direktiivi 89/106/ETY, 1989.)

#### 4.3 Rakennustuoteasetus 305/2011

Rakennustuoteasetus määrittelee rakennuskohteelle seitsemän perusvaatimusta. Rakennuskohteen on täytettävä perusvaatimukset taloudellisesti kohtuullisen käyttöiän



ajan. Perusvaatimukset käännetään yksittäisille rakennustuotteille asetettaviksi vaatimuksiksi yhdenmukaistetuissa teknisissä eritelmissä. Näitä ovat harmonisoidut standardit (hEN) ja eurooppalaiset arviointiasiakirjat (EAD). Perusvaatimukset ovat melkein samat kuin rakennustuotedirektiivin aikaan. Lisävaatimuksina on tullut käyttöturvallisuuden kanssa huomioitavaksi esteettömyys sekä täysin uutena vaatimuksen luonnonvarojen kestävä käyttö. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 305/2011.)

Rakennustuoteasetus tuo mukanaan uudet ympäristövaatimukset, vaatimukset tarkastuslaitoksille ja eri talouden toimijoille sekä suoritustasoilmoituksen. Suoritustasoilmoitus korvaa vaatimustenmukaisuusvakuutuksen. Suomessa rakennustuoteasetuksen vaatimusten käyttöönotto tuottaa enemmän töitä yrityksissä ja viranomaisten keskuudessa kuin sellaisissa maissa, joissa CE-merkintä on otettu käyttöön rakennustuotedirektiivin pohjalta. Rakennustuoteasetuksessa on määritelty vaatimustenmukaisuusmenettelyt, AC-luokat. Se määrittelee valmistajalle ja ilmoitetulle laitokselle jakautuvat vastuut luokittain, taulukko 5. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 305/2011.)

Taulukko 5. AC-luokat (Tukes).

#### VAATIMUSTENMUKAISUUDEN OSOITTAMISESSA KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT

KONTROLLIKEINOT	VAATIMUSTENMUKAISUUSMENETTELY (AC-LUOKKA)							
	Ilmoitetun laitoksen todistus AC-luokissa 1+, 1, 2+ ja 2. Valmistajan vakuutus kaikissa.							
	1+	1	2+		2	3	4	
Tuotteen tyyppitestaus	▲ Vtai L	▲ Vtai L	●	●	●	●	▲ L	●
Tehtaalta otettujen näytteiden testaus	●	●	●		●			
Tehtaalta, markkinoilta tai rakennuspaikalta otettujen näytteiden testaus	▲ Vtai L							
Tehtaan sisäinen laadunvalvonta	●	●	●	●	●	●	●	●
Tehtaan ja sen sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus	▲ Vtai T	▲ Vtai T	▲ Vtai T	▲ Vtai T	▲ Vtai T	▲ Vtai T		
Tehtaan sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja hyväksyminen	▲ T	▲ T	▲ T	▲ T				

● = valmistaja

▲ = ilmoitettu laitos, joka suorittaa tuotteiden varmistamis-, tarkastus- ja/tai testaustehtäviä

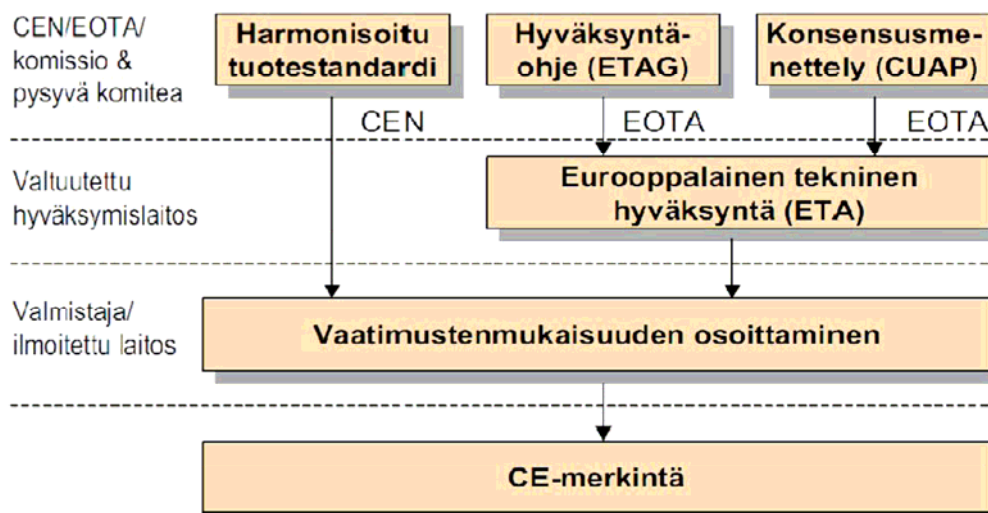
V = varmentamiselin

T = tarkastuselin

L = testauslaboratorio

## 5 RAKENNUSALAN TERÄSRAKENTEIDEN CE-MERKINTÄ

CE-merkintä tuli suurimmalle osalle rakennustuotteista pakolliseksi kaikissa EU- ja ETA-maissa rakennustuoteasetuksen (CPR 305/2011) tultua voimaan 1.7.2013. Rakennustuotteiden perusominaisuudet on osoitettava CE-merkillä, mikäli rakennustuotteelle on olemassa eurooppalainen harmonisoitu tuotestandardi, jonka CE-merkinnän kiinnittämisen siirtymäaika on umpeutunut. CE-merkinnän tarkoituksena on poistaa rakennustuotteiden kaupan tekniset esteet ja lisätä rakennustuotteiden vapaata liikkuvuutta EU:n alueella. Merkinnän tavoitteena on varmistaa, että rakennuskohteet eivät aiheuta vaaraa ihmisille tai eläimille eikä ympäristöä vahingoiteta. CE-merkintä parantaa myös tuotteiden ominaisuuksien vertailtavuutta. Tavoitteena on luoda yhteiset standardit, käytännöt ja vaatimukset rakennustuotteiden ominaisuuksien tarkasteluun, testaamiseen ja vaatimusten-mukaisuuden arviointiin ja osoittamiseen. CE-merkityille tuotteille ei saa enää asettaa yleiseurooppalaisista vaatimuksista poikkeavia kansallisia lisävaatimuksia. Kuitenkin viranomaisten vaatima turvallisuustaso täytyy osata luoda, mikä tarkoittaa sitä, että kansalliset säädökset eivät katoa kokonaan. CE-merkinnän myötä rakennustuotteen ominaisuudet osoitetaan vain kerran valmistusmaassaan. CE-merkintä voi perustua harmonisoituun tuotestandardiin (CEN) tai eurooppalaiseen tekniseen hyväksyntään (ETA/EOTA). (Enbuske, 2012, Himanen, 2013.)

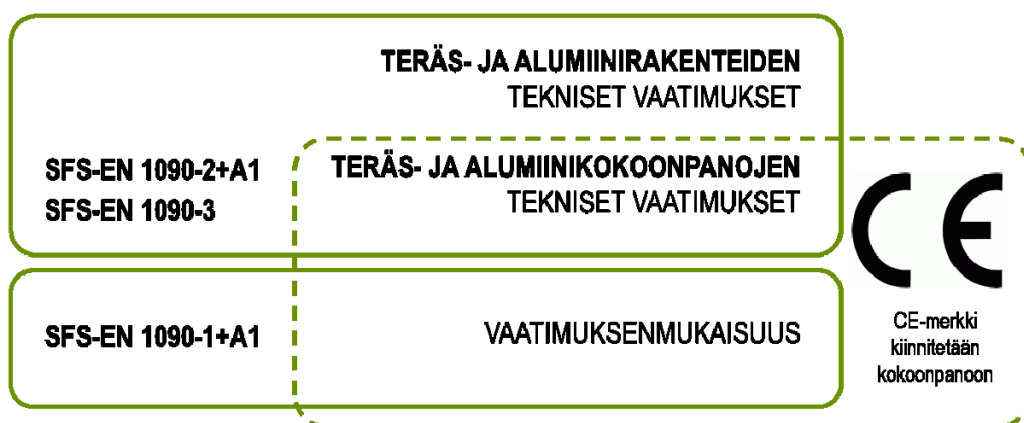


Kuva 1. CE-merkinnän hakeminen (Himanen, 2013).

Teräskokoonpanojen CE-merkintä tulee pakolliseksi 1.7.2014, jolloin harmonisoidun tuotestandardin EN 1090-1+A1 CE-merkinnän kiinnittämisen siirtymäaika päättyy. EN

1090-1 kuuluu teräksestä ja alumiinista valmistettujen kantavien kokoonpanojen ja rakenteiden suunnittelua ja valmistusta käsittelevien eurooppalaisten harmonisoitujen standardien ryhmään. Standardi soveltuu niin sarjavalmistetuille kuin yksilöllisesti valmistettaville rakenteellisille kokoonpanoille. EN 1090-1 käsittelee kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointia koskevia vaatimuksia. Se sisältää myös kokoonpanon valmistajan ilmoittamien toiminnallisten ominaisuuksien vaatimustenmukaisuuden. (Enbuske, 2012, Himanen, 2013, METSTA:n internetsivut, hakupäivä 17.2.2014.)

Kokoonpanoilla on myös rakenteellisia ominaisuuksia. Rakenteelliset ominaisuudet määräävät kokoonpanojen soveltuvuuden tiettyyn käyttökohteeseen ja tehtävään. Rakenteelliset ominaisuudet määräytyvät suunnittelun ja valmistuksen perusteella. Suunnitteluvaatimukset löytyvät EN-eurokoodien soveltuvista osista ja toteutusvaatimusten osalta standardeista EN 1090-2 ja EN 1090-3, joista EN 1090-2 käsittelee terästen toteutusvaatimuksia ja EN 1090-3 alumiinien. Standardeja EN 1090-1 ja EN 1090-2 käytetään aina yhdessä. Konepajassa valmistettavien teräskokoonpanojen ja osakokoonpanojen vaatimustenmukaisuus osoitetaan CE-merkinnällä kuvan 2 mukaisesti. CE-merkintä kiinnitetään kokoonpanoihin, ei rakenteisiin. (Enbuske, 2012, Himanen, 2013, METSTA:n internetsivut, hakupäivä 17.2.2014.)



Kuva 2. CE-merkinnän kiinnittämisen periaate (METSTA).

CE-merkinnän kiinnittäminen tarkoittaa käytännössä sitä, että tuotteen valmistus, sisäinen laadunvalvonta ja testit on tehty harmonisoidun tuotestandardin tai ETAn mukaisesti. CE-merkintä kiinnitetään niihin tuotteisiin, joista valmistaja on laatinut suoritusasoilmoituksen (DoP). Suoritusasoilmoituksesta käytettiin aiemmin nimeä

vaatimustenmukaisuustodistus. CE-merkintä voidaan kiinnittää itse tuotteeseen, pakkaukseen tai tuotteen mukana tuleviin asiakirjoihin. CE-merkintään liitetään seuraava asiat:

- CE-merkinnän ensimmäisen kiinnitysvuoden kaksi viimeistä numeroa
- valmistajan nimi ja rekisteröity osoite tai tunnusmerkki, jonka avulla valmistajan nimi ja osoite on mahdollista määrittää helposti ja sekaannuksitta
- tuotetyypin yksilöllinen tunnistenumero
- suoritustasoilmoituksen viitenumero
- ilmoitetut suoritustasot tasoittain tai luokittain
- viittaus sovellettuun tekniseen eritelämään (hEN tai ETA)
- ilmoitetun laitoksen tunnusnumero, jos sellainen on
- harmonisoitujen tuotestandardin tai ETAn mukainen aiottu käyttötarkoitus.

Suoritustasoilmoitus voi olla sähköinen tai paperimuotoinen. Suoritustasoilmoituksen koostuu seuraavista yhdeksästä kohdasta:

- tuotetyyppi
- tyyppi-, erä- tai sarjanumero tai muu tunniste
- rakennustuotteen aiottu käyttötarkoitus
- valmistajan nimi, kaupp nimi tai tavaramerkki sekä osoite
- mahdollisen valtuutetun edustajan nimi, kaupp nimi tai tavaramerkki ja osoite
- rakennustuotteen suoritustason pysyvyyden arviointi- ja varmennusjärjestelmä eli AVCP luokka 1+, 1, 2+, 3 tai 4, teräsrakenteet kuuluvat luokkaan 2+
- ilmoitetun laitoksen nimi, numero, tehtävien kuvaus, sertifikaatti tai todistus sekä eurooppalaisen teknisen arvioinnin ja arviointiasiakirjan viitenumero (ETA)
- ilmoitetut suoritustasot
- allekirjoitukset.

Suoritustasoilmoitus tulee toimittaa paperilla, jos vastaanottaja sitä vaatii. Suoritustasoilmoitus toimitetaan sen jäsenvaltion vaatimalla kielellä, missä tuote asetetaan markkinoille. (METSTA:n internetsivut, VTT Expert Services Oy:n internetsivut, hakupäivä 17.2.2014.)

## 5.1 EN 1090-1

Teräsrakenteiden siirtymäajan päätyttyä 1.7.2014 teräskokoonpanon ominaisuudet tulee ilmoittaa standardin EN 1090-1 mukaisella CE-merkillä. Voidakseen kiinnittää CE-merkin, tulee teräskokoonpanon täyttää standardin mukaiset vaatimukset. Standardin mukaan kokoonpanon tai tuotejärjestelmän vaatimustenmukaisuus tulee osoittaa alkutestauksella ja tehtaan sisäisellä laadunvalvonnalla. Alkutestauksessa suoritetaan sarja testejä, joilla määritetään tuotetyyppiä edustavien näytteiden toimivuus. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)

### 5.1.1 Alkutestaus

Alkutestauksella selvitetään tuotteen tasot ja luokat, jotka merkinnällä tullaan osoittamaan. Kokoonpanot voidaan ryhmitellä testausta varten perheisiin, jos niiden ominaisuudet ovat samankaltaisia. Hitsattujen teräskokoonpanojen perhettä voidaan kuvata perusaineen ja käytetyn hitsausprosessin perusteella. Samaan perheeseen voidaan lukea myös pienemmän lujuuden ja paremman hitsattavuuden omaavat materiaalit. Samaan toteutusluokkaan kuuluvat kokoonpanot, joissa ei ole hitsejä, muodostavat oman perheen. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)

Alkutestaus voidaan suorittaa kahdella mahdollisella tavalla: laskennallisella alkutestauksella (ITC) tai alkutestauksella (ITT). Alkutestaus suoritetaan uuden kokoonpanon valmistusta aloitettaessa tai otettaessa käyttöön uusia tuotteita, uutta tai muutettua valmistusmenetelmää ja/tai alettaessa valmistaa korkeampaan toteutusluokkaan kuuluvia kokoonpanoja. Jos kokoonpanolle tai tuotejärjestelmälle on tehty standardin 1090-1 mukainen alkuarviointi, voidaan alkuarviointia vähentää, mikäli voidaan osoittaa, että toiminnallisiin ominaisuuksiin ei ole vaikutettu. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)

Soveltuvan yhdenmukaistetun eurooppalaisen eritelmän mukaisesti CE-merkittyjen tuotteiden voidaan olettaa omaavan CE-merkinnässä esitetyt ominaisuudet. Kaikki valmistajan ilmoittamat ominaisuudet tulee määrittää alkutestauksen perusteella. Poikkeuksen tähän muodostavat seuraavat ominaisuudet:

- kokoonpanon palokäyttäytyminen
- vaarallisten aineiden päästö
- kaikkien ominaisuuksien säilyvyys.

Kokoonpanon palokäyttäytyminen ja vaarallisten aineiden päästö voidaan arvioida välillisesti valvomalla kokoonpanossa käytettäviä tuotteita ja tuotteiden pitoisuuksia. Ominaisuuksien säilyvyys voidaan varmistaa asianmukaisella teknisellä eritelmällä korroosion välttämiseksi. Säilyvyys voidaan varmistaa myös rajoittamalla korroosion vaikutusta luokitteluun perustuvilla kokoonpanojen korroosioneston vaatimuksilla. Kokoonpanoja ja/tai kokoonpanoperheitä edustavien ja arvioitavien näytteiden tulee olla taulukon 6 mukaisia. Taulukon sarakkeet ”vaatimuksia koskeva kohta” ja ”vaatimusten mukaisuuskriteeri” viittaavat standardin EN 1090-1 numerointiin. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)

Taulukko 6. Alkutestauksen ja laskennallisen alkutestauksen näytteenotto, arviointi ja vaatimustenmukaisuuskriteerit (SFS EN 1090-1+A1, 2012).

Ominaisuus	Vaatimuksia koskeva kohta	Arviointimenetelmä	Näytteiden lukumäärä	Vaatimusten mukaisuuskriteeri
Mittojen ja muodon toleranssit	4.2	Tarkastus ja testaus standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaan	1	5.3
Hitsattavuus	4.3	Käytettäville tuotteille asetettujen vaatimusten tarkistus aineostodistusten perusteella	1	5.4
Muurtumissitkeys/haurasmurtumislujuus (vain teräskokoonpanoille)	4.4	Käytettäville tuotteille asetettujen vaatimusten tarkistus aineostodistusten perusteella	1	5.5
Kantavuus	4.5, 4.5.2	Soveltuvan standardien EN 1993, EN 1994, EN 1999 osan mukainen laskelma tai soveltuvan eurooppalaisen teknisen eritelmän mukainen testaus <sup>b</sup>  Kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukainen valmistus <sup>c</sup>	1 <sup>a</sup>	5.6
Väsymislujuus	4.5, 4.5.3	Soveltuvan standardien EN 1993, EN 1994 tai EN 1999 osan mukainen laskelma <sup>b</sup>  Valmistus kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaan <sup>c</sup>	1 <sup>a</sup>	5.6
A1> Muodonmuutos käyttörajatilassa <sup>b</sup>	4.5.5	Soveltuvan standardien EN 1990, EN 1993, EN 1994, EN 1999 osan mukainen laskelma tai soveltuvan eurooppalaisen teknisen eritelmän mukainen testaus <sup>b</sup>  Kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukainen valmistus <sup>c</sup>	1 <sup>a</sup>	5.6<A1
Palonkestävyys	4.5, 4.5.4	Toiminnalliselle ominaisuudelle R standardien EN 1993, EN 1994 tai EN 1999 mukainen laskelma tai standardin EN 13501-2 mukainen testaus ja luokitus toiminnallisille ominaisuuksille R, E, I ja/tai Mb  Valmistus kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaan <sup>c</sup>	1 <sup>a</sup>	5.7
Palokäyttäytyminen	4.6	Pinnoitettujen kokoonpanojen tarkistaminen standardin EN 13501-1 mukaisesti	1	5.8
Vaaralliset aineet	4.7	Käytettävien tuotteiden tarkistaminen eurooppalaisen standardin mukaisesti	1	5.9
Iskunkestävyys	4.8	Arviointi murtumissitkeyden perusteella	1	5.10
Säilyvyys	4.9	Pinnan esikäsitelyn toteuttaminen kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaan	1	5.11

<sup>a</sup> Yhden laskelman tulee riittää vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Jos ominaisuus määritetään testeillä, koekappaleiden lukumäärä tulee valita standardeissa EN 1990, EN 1993, EN 1994 ja EN 1999 koetulosten arvioinnille esitettyjen ohjeiden mukaan.

<sup>b</sup> Jos valmistaja ilmoittaa rakenteellisen suunnittelun perusteella määritettyjä ominaisuuksia.

<sup>c</sup> Alkutestauksen kohteena olevan toteutusluokan mukaisesti.

### 5.1.2 Tehtaan sisäinen laadunvalvonta

Valmistajan tulee luoda, dokumentoida ja ylläpitää tehtaan sisäistä laadunvalvontaa (FPC). Näin varmistetaan, että markkinoille toimitetut tuotteet ovat niille ilmoitettujen ominaisuuksien mukaisia. FPC-järjestelmän tulee sisältää kirjallisia menettelytapoja, säännöllisiä tarkastuksia, testauksia ja/tai arviointeja sekä sellaisten tulosten käyttötavan, joiden perusteella kokoonpanossa käytettäviä tuotteita, välineitä, tuotantoprosesseja sekä valmistettua kokoonpanoa valvotaan. Tarkastuksiin, testauksiin ja arviointeihin liittyvät tulokset tulee tallentaa. FPC-järjestelmän arvioinnissa suoritetaan seuraavat toimenpiteet:

- tehtaan ja sen sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus
- FPC:n jatkuva valvonta ja arviointi. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)

FPC-järjestelmän tulee osoittaa, että työn suorittamisessa noudatettavat käytännöt ovat standardin EN 1090-1 mukaisesti riittäviä ja vaatimukset täyttäviä kokoonpanojen toimittamiseen. Alkutarkastukseen liittyvät toimenpiteet on esitetty taulukossa 7 ja jatkuvaan valvontaan liittyvät toimenpiteet taulukossa 8 (sivu 24). Ensimmäinen valvontatarkastus tulee suorittaa vuoden kuluttua alkuarvioinnista. Tarkastusten väliajat ovat taulukon 9 (sivu 24) mukaiset, mikäli tuotantolaitos ei ole oleellisesti muuttunut, vastuullinen hitsauskoordinoija ei ole vaihtunut, eikä ole uusia laitteita tai muuttuneita hitsausprosesseja ja perusmateriaalityyppejä. Toteutusluokat esitetään standardissa EN 1090-2. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)

Taulukko 7. Alkutarkastuksen tehtävät (SFS EN 1090-1+A1, 2012).

Rakenteelliseen suunnitteluun liittyvät tehtävät <sup>a</sup>	Työn toteuttamiseen liittyvät tehtävät
<p>Yleistä: Tämän eurooppalaisen standardin piiriin kuuluvien teräs- ja alumiinikokoonpanojen rakenteelliseen suunnitteluun tarkoitettujen resurssien arviointi (tilat, henkilöstö ja välineet).</p> <p>Tähän sisältyy erityisesti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Asianmukaisten välineiden ja resurssien kuten esim. käsinlaskentamenettelyjen ja/tai tietokoneiden ja tietokoneohjelmien saatavuuden ja toimivuuden arviointi näytteiden perusteella.</li> <li>— Toimenkuvausten ja henkilöstön pätevyysvaatimusten arviointi.</li> <li>— Rakenteellisessa suunnittelussa noudatettavien menettelytapojen arviointi mukaan lukien vaatimusten täyttymisen varmistamiseksi käytettävät tarkastusmenettelyt.</li> </ul> <p>Tehtävien tavoitteena on tarkistaa, että rakenteellisessa suunnittelussa noudatettava FPC-järjestelmä on riittävä ja toimiva.</p>	<p>Yleistä: Toteutusresurssien (tilat, henkilöstö ja laitteet) riittävyyden tarkastus ja arviointi standardien EN 1090-2 ja EN 1090-3 vaatimusten mukaisten teräs- ja alumiinikokoonpanojen valmistamiseen.</p> <p>Tähän sisältyy erityisesti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Vaatimustenmukaisuuden varmistamisessa ja poikkeavuuksien käsittelyssä noudatettavan sisäisen järjestelmän tarkastaminen ja arviointi.</li> <li>— Toimenkuvausten ja henkilöstön pätevyysvaatimusten arviointi.</li> </ul> <p>Hitsauksen osalta tarkistetaan, että tehdas ja hitsauslaitteisto täyttävät FPC:n laitteita ja henkilöstöä koskevat vaatimukset.</p> <p>Hitsausta koskevassa todistuksessa esitetään seuraavat tiedot:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— soveltamisala ja noudatettavat standardit</li> <li>— toteutusluokka/-luokat</li> <li>— hitsausprosessi(t)</li> <li>— perusaine(et)</li> <li>— vastuullinen hitsauskoordinoija, katso standardi EN ISO 14731</li> <li>— mahdolliset huomautukset.</li> </ul> <p>Tehtävien tavoitteena on tarkistaa, että FPC-järjestelmää noudattaen on mahdollista valmistaa tämän eurooppalaisen standardin vaatimukset täyttäviä kantavia teräs- ja/tai alumiinikokoonpanoja.</p>
<p><sup>a</sup> Vain, jos ilmoitetaan rakenteelliseen suunnitteluun liittyviä ominaisuuksia.</p>	

Taulukko 8. Jatkuvaan valvontaan liittyvät tehtävät (SFS EN 1090-1+A1, 2012).

Rakenteelliseen suunnitteluun liittyvät tehtävät <sup>a</sup>	Työn toteutukseen liittyvät tehtävät
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Pistokokein tarkistetaan, että kokoonpanojen rakenteellisen suunnittelun vaatimat resurssit ovat olemassa ja toimintakuntoisia.</li> <li>— Pistokokein arvioidaan työhön käytettävien resurssien esim. käsinlaskentamenettelyjen ja/tai tietokone-laitteiden ja tietokoneohjelmien toimivuus.</li> <li>— Arvioidaan rakenteellisessa suunnittelussa käytettävät menettelyt mukaan lukien tarkastusmenettelyt, joilla vaatimustenmukaisuus saavutetaan.</li> </ul> <p>Rakenteellisessa suunnittelussa noudatettavan FPC-järjestelmän toimivuuden varmistaminen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Pistokokein tarkistetaan, että järjestelmä, jonka avulla valvotaan geometrisia vaatimuksia, oikeiden tuotteiden käyttöä sekä työn laatutasoja, täyttää vaatimukset EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaisesti.</li> <li>— Vaatimustenmukaisuuden varmistamisessa ja kaikkien poikkeavuuksien käsittelyssä noudatettavan sisäisen valvontajärjestelmän tarkastaminen ja arvioiminen.</li> </ul> <p>Kantavien teräs- ja alumiinikokoonpanojen valmistuksessa noudatettavan FPC-järjestelmän toimivuuden varmistaminen.</p>
<sup>a</sup> Vain, jos rakenteelliseen suunnitteluun liittyviä ominaisuuksia ilmoitetaan.	

Taulukko 9. Rutiininomaisten tarkastusten väliajat (SFS EN 1090-1+A1, 2012).

Toteutusluokka	Valmistajan FPC:n tarkastusten väliajat ITT:n jälkeen (vuosia)
EXC1 ja EXC2	1 – 2 – 3 – 3
EXC3 ja EXC4	1 – 1 – 2 – 3 – 3

FPC-järjestelmän tulee kuvata toimenpiteet, joilla varmistetaan, että kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuteen vaikuttaviin toimintoihin osallistuvilla henkilöillä on riittävä pätevyys ja koulutus. Valmistusprosessissa käytettävät tuotantolaitteet tulee tarkastaa ja huoltaa säännöllisesti. Punnitus-, mittaus- ja testausvälineiden tulee olla kalibroituja. Mikäli valmistaja suorittaa rakenteellista suunnittelua, tulee laadunvalvontajärjestelmän varmistaa yhtäpitävyys suunnitteluselosteen kanssa sekä yksilöidä tarkastusmenettelyt ja suunnittelusta vastaavat henkilöt. Valmistajalla tulee olla kirjallinen tarkastusmenettely, jonka perusteella voidaan jäljittää tuotteiden oikea käyttö kokoonpanon valmistuksessa sekä tarkastaa riittävin tallentein tuotteiden vaatimustenmukaisuus. Valmistuksen valvonnassa käytetään hyväksi kokoonpanoeritelmää, joka laaditaan suunnittelutietojen pohjalta.. Taulukossa 10 (sivu 25) on esitetty tehtaan sisäisen laadunvalvonnan tuotetestauksen taajuus. Taulukon sarakkeet ”vaatimuksia koskeva kohta” ja ”vaatimustenmukaisuuskriteeri” ovat numerot viittaavat standardin EN 1090-1 numerointiin. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)



Taulukko 10. Tehtaan sisäisen laadunvalvonnan sisältämän tuotetestauksen taajuus (SFS EN 1090-1+A1, 2012).

Ominaisuus	Vaativuusia koskeva kohta	Arviointimenetelmä	Näytteenotto	Vaativuustentukaisuuskriteeri
Mittojen ja muodon toleranssit	4.2	Tarkastus ja testaus standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaisesti	Jokainen kokoonpano <sup>a</sup>	5.3
Hitsattavuus	4.3	Käytettäville tuotteille asetettujen vaatimusten tarkistus aineodistusten perusteella	Kaikkien valmistuksessa käytettävien tuotteiden dokumenttien tarkistus	5.4
Murtumissitkeys/haurasmurtumislujuus (vain teräskokoonpanoille) + Iskun kestävyys <sup>b</sup>	4.4 4.8	Käytettäville tuotteille asetettujen vaatimusten tarkistus aineodistusten perusteella	Kaikkien valmistuksessa käytettävien tuotteiden dokumenttien tarkistus	5.5 5.10
Valmistuksessa käytettävien tuotteiden myötölujuus, suhteellisuusraja tai murtolujuus	4.5	Käytettäville tuotteille asetettujen vaatimusten tarkistus aineodistusten perusteella	Kaikkien valmistuksessa käytettävien tuotteiden dokumenttien tarkistus	5.2
<b>[A1]</b> Rakenteellisen suunnittelun perusteella määräytyvät rakenteelliset ominaisuudet (kantavuus, muodonmuutos käyttörajatilassa, väsymislujuus, palonkestävyys) <b>&lt;A1]</b>	4.1	Tarkistetaan, että suunnittelu tehdään soveltuvan eurokoodin mukaisesti	Tarkistetaan, että valmistettuja kokoonpanoja koskevat laskelmat ovat asianmukaiset ja varmennetut	5.6.2
Valmistuksen perusteella määräytyvät rakenteelliset ominaisuudet	4.5.1	Tarkistetaan, että valmistus tehdään kokoonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaisesti	Tarkistus standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 tarkastusta koskevien vaatimusten ja kokoonpanoeritelmän mukaisesti	5.6.3
Säilyvyys	4.9	Tarkistetaan, että valmistus tehdään standardien EN 1090-2 ja EN 1090-3 mukaisesti	Tarkistus standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 tarkastusta koskevien vaatimusten mukaisesti	5.11
<sup>a</sup> Tätä vaatimusta voidaan lieventää, jos kokoonpanot valmistetaan samalla tavalla tai, jos geometria ei ole kriittinen tekijä niiden käytölle.				
<sup>b</sup> Katso 4.8 ja 5.10.				

### 5.1.3 Kokoonpanoeritelvät

Kokoonpanoeritelmiä on kahdenlaisia: ostajan toimittamia (PPCS) ja valmistajan laatimia (MPCS). Monissa tapauksissa kuitenkin molemmat osallistuvat sen valmisteluun. Näin ollen työnjako sovitaan yksityiskohtaisesti tarjouspyynnön ja tilauksen yhteydessä. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)

Mikäli ostaja toimittaa kokoonpanoeritelmän, huolehtii tämä kaikista kokoonpanon valmistuksessa tarvittavista teknillisistä tiedoista. Näihin kuuluvat kaikki valmistuksessa käytettäviä tuotteita koskevat eritelvät. Eritelmässä tulee esittää myös kaikki geometriset tiedot ja toteuttamista varten tarvittavat vaatimukset, erityisvaatimukset mukaan lukien. Tässä tapauksessa valmistajan tehtäväksi jää tuottaa

kokoonpano ja toimittaa sitä koskeva dokumentaatio. Kokoonpanon tulee täyttää PPCS:n vaatimukset noudattaen valmistuksessa standardia EN 1090-2. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)

Valmistajan laatiessa kokoonpanoeritelmän huolehtii tämä kaikista teknillisistä tiedoista, joita kokoonpanon ja sen osien valmistamiseen tarvitaan. Tällöin vaatimustenmukaisuusilmoituksen sisällölle on kaksi vaihtoehtoa:

1. Valmistaja ilmoittaa kokoonpanon geometrian, materiaaliominaisuudet ja kaikki muut tarvittavat tiedot, joiden perusteella toiset voivat suorittaa rakenteellisen suunnittelun.
2. Valmistaja ilmoittaa kokoonpanon geometrian, materiaaliominaisuudet ja rakenteelliset ominaisuudet kokoonpanon rakenteellisen suunnittelun perusteella.

Toimittaessa vaihtoehdon 2 mukaan on valmistajan tehtävä tuottaa kokoonpano, jonka suunnittelun ja valmistuksen valmistaja on suorittanut kokoonpanon suunnitteluselosteessa esitettyjen vaatimusten mukaisesti. Ostajan tulee toimittaa valmistajalle täydelliset tiedot tekijöistä, joita tarvitaan rakenteellisten ominaisuuksien määrittämiseen sekä kaikki muut tiedot, jotka on huomioitava kokoonpanon käytön kannalta. Näitä tietoja tarvitaan suunnitteluselosteen valmisteluun. Suunnitteluseloste sisältyy valmistajan toimitukseen, ellei osapuolet muuta sovi. Tässä yhteydessä kerrotaan, ilmoitetaanko rakenteelliset ominaisuudet ominais- vai mitoitusarvoina. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)

Sekä PPCS:n että MPCS:n yhteydessä valmistaja ilmoittaa, että kokoonpanon/kokoonpanojen valmistus on tehty standardin EN 1090-2 mukaan. Taulukossa 11 (sivu 27) on yhteenveto valmistajan tehtävistä ja toimituksen sisällöstä koskien eri menetelmien mukaista vaatimustenmukaisuusilmoitusta. (SFS EN 1090-1+A1, 2012.)

Taulukko 11. Valmistajan ilmoitus rakenteellisten kokoonpanojen ominaisuuksista CE-merkinnässä eri menetelmille (SFS EN 1090-1+A1, 2012).

Toiminta	Valmistajan tehtävät ja toimituksen sisältö			
	Menetelmä 1	Menetelmä 2	Menetelmä 3b	Menetelmä 3a
Kokoonpanon rakenteellista suunnittelua koskevat laskelmat	Ei	Kyllä Perustuen vaatimukseen käyttää tuotestandardia, jossa viitataan soveltuviin eurokoodien osiin	Kyllä Perustuen vaatimukseen käyttää ostajan suunnittelu- selostetta tai valmistajan suunnitteluselostetta asiak- kaan tilauksen vaatimusten täyttämiseksi	Ei
Valmistuksen peruste	MPCS	MPCS	MPCS	PPCS
Kokoonpanon ominaisuuksia koskeva ilmoitus	Geometriaa ja materiaaleja koskevat tiedot ja kaikki muut tiedot, joita tarvitaan, jotta jotkut toiset voivat suorittaa rakenteellisen arvioinnin ja laskelmat	Toimitettavat kokoonpanot ovat tämän eurooppalaisen standardin mukaisia. Rakenteellisten ominaisuuksien osalta viitataan soveltuviin eurokoodien osiin ja kestävyys/kestävyydet annetaan ominaisarvona/ominaisarvoina tai mitoitusarvona/mitoituservoina	Toimitettu kokoonpano on MPCS:n mukainen ja jäljitettävissä ostajan tilaukseen	Toimitettu kokoonpano on PPCS:n mukainen

## 5.2 EN 1090-2

Standardi EN 1090-2 on tarkoitettu Eurokoodien (EN 1993 sarja) mukaan suunniteltujen teräsrakenteiden valmistamiseen. Siinä esitetään teräsrakenteiden toteutukselle vaatimukset, joiden tarkoituksena on varmistaa riittävä mekaaninen kestävyys, stabiilius, käytettävyyys ja ominaisuuksien säilyvyys. Toteutusta koskevat vaatimukset esitetään rakenteina tai valmistettuina kokoonpanoina käytettäville kantaville teräsrakenteille, jotka valmistetaan:

- kuumavalssatuista rakenneterästuotteista lujuusluokkaan S690 saakka
- kylmämuovatuista muotosauvoista ja -levyistä, ruostumattomille teräksille lujuusluokkaan S700 saakka
- kuuma- ja kylmämuovatuista austeniittisistä, austeniittis-ferriittisistä ja ferriittisistä teräksistä valmistetuista ruostumattomista terästuotteista
- kuuma- ja kylmämuovatuista rakenneputkista mukaan lukien standardimittaiset ja tilaustyönä tehdyt muovatut ja hitsaamalla valmistetut rakenneputket. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Standardia voidaan käyttää rakenneteräksille lujuusluokkaan S960 saakka edellyttäen, että toteutuksen vaatimukset varmistetaan luotettavuuden kannalta ja tarvittavat lisävaatimukset esitetään. EN 1090-2 esittää vaatimukset ilman viittausta teräsrakenteen tyyppiin ja muotoon (esim. levy- ja ristikkokokoonpanot) ja koskee myös väsytySKUORMITETTUA JA MAANJÄRISTYSKUORMITUKSILLE ALTTIITA rakenteita. Vaatimukset

ilmaistaan toteutusluokkien avulla. Standardia voidaan käyttää myös muiden suunnittelusääntöjen mukaan suunniteltuihin rakenteisiin edellyttäen, että kyseisten suunnittelusääntöjen toteutusta koskevat ehdot täytyvät ja tarvittavat lisävaatimukset esitetään. Standardi ei sisällä muotolevyrakenteiden vesi- tai ilmatiiviyteen liittyviä vaatimuksia. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Standardi EN 1090-2 sisältää myös velvoittavia viittauksia EN-standardeihin. Viittaukset koskevat mm. käytettäviä tuotteita (teräs, teräsvalut, hitsausaineet, mekaaniset kiinnittimet jne.), esivalmistusta, hitsattavuutta, testausta, asennusta, korroosionestoa ja toleransseja. Velvoittavat viittaukset löytyvät standardin kohdasta 2 ja niitä on noin 200 kpl. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

### 5.2.1 Toteutuseritelmä

Suunnittelijan tehtävä on laatia toteutusta koskevia vaatimuksia sisältävä toteutuseritelmä. Toteutuseritelmästä ilmenevät seuraavat asiat:

- kohteen ja toteuttajan tiedot
- projektissa laadittavat asiakirjat
- suunnittelunormit, vastuuhenkilöt, pätevyysvaatimukset, laatutasovaatimukset, tarkastukset
- toteutusluokat (EXC)
- pintakäsittelyt ja esikäsittelyaste (P)
- toleranssiluokat (olennaiset toleranssit sekä toiminnalliset toleranssit: luokka 1, luokka 2)
- paloluokitus ja materiaalivalinnat
- standardin EN 1090-2 liitteen A1 mukaiset projektikohtaiset lisävaatimukset (50 kohtaa)
- valinnat standardin EN 1090-2 liitteen A2 mukaisiin tapauksiin, joissa on mahdollisuus esittää vaihtoehtoisia vaatimuksia (93 kohtaa)
- toteutusluokkiin liittyvät vaatimuksen standardin EN 1090-2 liitteessä A3 (31 kohtaa)
- rakennustyön turvallisuuteen liittyvät tekniset vaatimukset.

Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset ja valmistuksen vaativuustaso ilmaistaan usein toteutusluokkien avulla. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

### 5.2.2 Toteutusluokat

Toteutusluokan määrittää suunnittelija rakennuksen vaativuuden ja käyttötarkoituksen perusteella. Toteutusluokka voi olla EXC1, EXC2, EXC3 tai EXC4. Vaativuustaso kasvaa luokkaan EXC4 mentäessä. Tavallisissa talonrakentamisen kohteissa yleisin toteutusluokka on EXC2. Suunnittelija voi määrittää rakenteen osille, tietyille kokoonpanoille tai detaljeille koko rakennukselle asetetusta toteutusluokasta poikkeavan toteutusluokan. Kun toteutusluokka on selvillä, määräytyvät sen pohjalta valmistusta velvoittavat 36 vaatimusta. Jos mitään toteutusluokkaa ei ole määritelty, käytetään aina luokkaa EXC2. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Toteutusluokan valintaan vaikuttavat seuraamusluokka CC, käyttöluokka SC ja tuotantoluokka PC. Standardin EN 1990 liitteessä B annetaan ohjeita seuraamusluokan valintaan. Rakenteellisten kokoonpanojen seuraamusluokat jaetaan kolmeen tasoon vaurion ja vian seuraamusten perusteella (taulukko 12). Seuraamusluokka CC1 vastaa vähäisiä seuraamuksia ja seuraamusluokka CC3 vakavia seuraamuksia. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Taulukko 12. Seuraamusluokkien määrittäminen (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	<b>Suuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> <b>hyvin suurten</b> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	<b>Keskisuuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> <b>merkittävien</b> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	<b>Vähäiset</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> <b>pienien tai merkityksettömien</b> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä ole keuhkoita ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Käyttökäyttöihin voi kohdistua riskejä. Riskit voivat aiheutua rakenteeseen tai sen osiin asennuksen ja käytön aikana todennäköisesti kohdistuvista kuormista ja kokoonpanojen jännitystasojen suhteesta niiden kestävyysasteeseen. Käyttöluokille ehdotettavat kriteerit on esitetty taulukossa 13. Myös tuotantokäyttöihin voi liittyä riskejä. Nämä riskit aiheutuvat

rakenteen ja sen kokoonpanojen monimutkaisuudesta (esim. tiettyjen tekniikoiden, menetelmien tai tarkastusten käyttö). Tuotantoluokille ehdotetut kriteerit on esitetty taulukossa 14. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Taulukko 13. Käyttöluokille ehdotettavat kriteerit (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Luokat	Kriteerit
SC1	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan pääosin vain staattisille kuormituksille (Esimerkki: Rakennukset)</li> <li>– Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille matalan seismisen aktiviteetin perusteella ja luokassa DCL*</li> <li>– Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan nostureista aiheutuville väsytkuormille (luokka S<sub>0</sub>)**</li> </ul>
SC2	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan standardin EN 1993 mukaisille väsytkuormille. (Esimerkkejä: Maantie- ja rautatiesillat, nosturit (luokat S<sub>1</sub>...S<sub>9</sub>)**, rakenteet, jotka ovat alttiina tuulesta, väkijoukosta tai pyörivästä laitteesta aiheutuville värähtelyille</li> <li>– Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille keskimääräisen tai korkean seismisen aktiviteetin perusteella ja luokissa DCM* ja DCH*</li> </ul>
* DCL, DCM, DCH: standardin EN 1998-1 mukaisia sitkeysluokkia.	
** Ks. nostureista aiheutuvien väsytkuormitusten luokittelu standardeista EN 1991-3 ja EN 13001-1.	

Taulukko 14. Tuotantoluokille ehdotettavat kriteerit (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Luokat	Kriteerit
PC1	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Terästuotteista valmistetut kokoonpanot, joissa ei ole hitsejä</li> <li>– Hitsatut kokoonpanot, jotka on valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on alempi kuin S355</li> </ul>
PC2	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hitsatut kokoonpanot, jotka on valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on S355 tai enemmän</li> <li>– Rakenteellisen toimivuuden kannalta tärkeät kokoonpanot, jotka kootaan hitsaamalla työmaalla</li> <li>– Kokoonpanot, jotka valmistetaan kuumamuovaamalla tai joita lämpökäsitellään valmistuksen aikana</li> <li>– Pyöreistä rakenneputkista valmistetut ristikkokokoonpanot, joissa putkien päitä joudutaan leikkaamaan erityiseen muotoon.</li> </ul>

Kun seuraamusluokka CC, käyttöluokka SC ja tuotantoluokka PC on määritelty, voidaan toteutusluokka määritellä taulukon 15 (sivu 31) mukaisen suoritusmatriisin avulla. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Taulukko 15. Suoritusmatriisi toteutusluokan määrittämiseen (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Seuraamusluokat		CC1		CC2		CC3	
Käyttöluokat		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Tuotantoluokat	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 <sup>a</sup>	EXC3 <sup>a</sup>
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 <sup>a</sup>	EXC4

<sup>a</sup> Toteutusluokkaa EXC4 käytetään kansallisten sääntöjen edellyttämällä tavalla erityisrakenteille tai rakenteille, joiden vaurio voi aiheuttaa äärimmäisiä seuraamuksia.

Eurocode 3:ssa on myös omat luotettavuusluokat RC1, RC2 ja RC3. Näistä RC3 on vaativin. Luotettavuusluokat määritellään taulukon 16 mukaisesti luotettavuusindeksiä  $\beta$  käyttämällä. Vain seuraamusluokka CC1 ja luotettavuusluokka RC1 sallii toteutusluokan EXC1. Osille rakennetta on silti rajoituksia, kuten esimerkiksi S355, asennus hitsaamalla työmaalla, kuumamuovatus osat, joita lämpökäsitelty tuotannon aikana. Suunniteltaessa standardin EN 1990 mukaan käyttämällä liitteen A1 ja standardien EN 1991 - EN 1999 mukaisia osavarmuuslukuja katsotaan yleensä saavutettavan rakenne, jonka indeksin  $\beta$  arvo on 50 vuoden tarkastelujaksoa käyttämällä yli 3,8. (SFS-EN 1993-1-3+AC, 2006.)

Taulukko 16. Luotettavuusindeksille  $\beta$  suositeltavat vähimmäisarvot (murtorajatiloiissa) (SFS-EN 1993-1-3+AC, 2006).

Luotettavuusluokka	Indeksin $\beta$ vähimmäisarvot	
	1 vuoden tarkastelujakso	50 vuoden tarkastelujakso
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	3,8
RC1	4,2	3,3

### 5.2.3 Toteutusluokan vaikutus valmistuksessa

Toteutusluokka EXC1 käsittää peruslaatuvaatimukset, EXC2 vakiolaatuvaatimukset ja EXC3 ja EXC4 kattavat laatuvaatimukset. Hitsaajat tulee pätevoittää standardin EN 287-1 mukaisesti ja hitsausoperaattorit EN 1418 mukaisesti. Toteutusluokkien sisältö voidaan pelkistetysti ilmoittaa seuraavasti:

- EXC1: ISO 3834-4, hitsiluokka D, ei hitsausohjevaatimusta, ei vaatimusta koordinoijan pätevyydelle, ei laatuasiakirjavaatimusta, ei jäljitettävyyksivaatimusta, ei polttoleikkausvaatimuksia, ei aukkojen pyöritysvaatimuksia, ainoastaan silmämääräinen tarkastus.
- EXC2: ISO 3834-3, hitsiluokka C, hyväksytyt hitsausohjeet, koordinoijan pätevyysvaatimus, laatuasiakirjat oltava (kuvattava tehtävät ja vastuut, menettelytavat, menetelmät, työohjeet, tarkastussuunnitelma jne.), jäljitettävyyksivaatimus, polttoleikkaus ISO 9013, aukkojen pyörityssäde yli 5 mm, siltahitseille WPS:t, NDT- tarkastus vaaditaan.
- EXC3 ja 4: ISO 3834-2, hitsiluokka B tai B+, hyväksytyt hitsausohjeet, koordinoijan pätevyysvaatimus, laatuasiakirjat oltava, jäljitettävyyksivaatimus, aukkojen pyörityssäde, WPS:t, NDT-tarkastus vaaditaan (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

#### 5.2.4 Pintakäsittely, esikäsitteysteet ja korroosionesto

Standardissa esitetään vaatimukset, kun valmistusvirheitä sisältävät teräspinnat (myös hitsatut ja työstetyt) valmistellaan pinnoittamista varten. Pintojen tulee täyttää standardin EN ISO 8501 vaatimukset ja saman standardin osan 3 mukainen esikäsitteyste (P1 – P3) tulee esittää toteutuseritelmässä. Toteutuseritelmässä esitettävä esikäsitteyste liittyy korroosioneston odotettuun käyttöikään ja rasitusluokkaan. Korroosionestoa koskevat vaatimukset tulee antaa toteutuseritelmässä toimivuuskuvauksena tai käytettäväksi tarkoitettua suojauskäsittelyä koskevinä toiminnallisina vaatimuksina. Toimivuuskuvauksessa tulee esittää sekä korroosioneston odotettu käyttöikä (standardi EN ISO 12944-1) että rasitusluokka (standardi EN ISO 12944-2). Siinä voidaan myös suositella korroosionestomenetelmää (kuten esim. maalaus, kuumasinkitys). Standardin EN 1090-2 liitteessä F annetaan työmaalla ja työmaan ulkopuolella tapahtuvaan korroosioneston toteutukseen liittyviä vaatimuksia ja ohjeita. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Kaikkien esikäsitteeltävien pintojen tulee täyttää standardin EN ISO 8501 vaatimukset. Standardin EN ISO 8501-3 mukaiset esikäsitteysteet tulee esittää. Esikäsitteysteiden tulee olla taulukon 17 mukaiset, jos korroosioneston odotettu käyttöikä ja rasitusluokka



esitetään. Polttoleikattujen pintojen, leikkaussärmien ja hitsien tulee olla sopivan sileitä ja niiden tulee saavuttaa vaadittava pinnan karheus esikäsitteilyn jälkeen (EN 1090-2 liite F). (METSTA:n internetsivut, hakupäivä 17.2.2014.)

Taulukko 17. Esikäsitteilyaste (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Korroosioneston odotettu käyttöikä <sup>a</sup>	Rasitusluokka <sup>b</sup>	Esikäsitteilyaste
>15 vuotta	C1	P1
	C2 ...C3	P2
	Yli C3	P2 tai P3, kuten esitetty
5...15 vuotta	C1...C3	P1
	Yli C3	P2
< 5 vuotta	C1...C4	P1
	C5...Im	P2
<sup>a, b</sup> Korroosioneston odotetun käyttöiän ja rasitusluokan osalta viitataan tapauskohtaisesti standardeihin EN ISO 12944 ja EN ISO 14713-1.		

Esikäsitteilyaste P1, kevyt esikäsitteily, on vähimmäiskäsitteily. Se katsotaan tarpeelliseksi ennen maalin levittämistä. Perusteellisessa esikäsitteilyssä, P2, suurin osa virheellisyyksistä on poistettu. P3, erittäin perusteellinen esikäsitteily, on vaativin esikäsitteilyaste. Pinnalle ei saa olla merkittäviä näkyviä virheellisyyksiä. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

### 5.2.5 Käytettävät tuotteet

Kaikissa toteutusluokissa teräsrakenteiden toteutuksessa käytettävien tuotteiden ominaisuudet tulee dokumentoida, jotta niitä voidaan verrata esitettyihin vaatimuksiin. Jos konepajassa on samanaikaisesti käytössä useita eri teräslajeja, tulee teräslajit olla merkitä kyseessä olevan teräslajin osoittavalla tunnisteella toteutusluokissa EXC2, EXC3 ja EXC4. Toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 käytettävien tuotteiden tulee olla jäljitettävissä vastaanotosta luovutukseen. Tuotteissa tulee olla aineodistukset. Taulukossa 18 (sivu 34) on metallituotteiden aineodistukset. Rakenneterästuotteiden tulee olla taulukoiden 19 (rakenneteräkset), 20 (kylmämuovaukseen soveltuvat) ja 21 (ruostumattomat) standardien mukaisia. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Taulukko 18. Metallituotteiden aineodistukset (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Tuote	Aineodistukset
Rakenneteräkset (taulukot 2 ja 3)	EN 10025-1:n <sup>a, b</sup> taulukon B.1 mukaan
Ruostumattomat teräkset (taulukko 4)	3.1
Teräsvalut	EN 10340:2007:n taulukon B.1 mukaan
Hitsausaineet (taulukko 5)	2.2
Ruuvikokoonpanot	2.1 <sup>c</sup>
Kuumaniitit	2.1 <sup>c</sup>
Kierteittävät ja porautuvat ruuvit ja karaniitit	2.1
Kaarihitsattavat leikkausliittimet	2.1 <sup>c</sup>
Siltojen liikuntasaumot	3.1
Korkealujuusköydet	3.1
Rakenteelliset laakerit	3.1

<sup>a</sup> Rakenneteräksille S355 JR tai J0 vaaditaan aineodistus 3.1 toteutusluokissa EXC2, EXC3 ja EXC4.

<sup>b</sup> EN 10025-1 vaatii, että CEV:n kaavaan sisältyvät aineet tulee esittää aineodistuksessa. Muihin standardissa EN 10025-2 esitettäviksi vaadittaviin aineisiin kuuluvat myös Al, Nb ja Ti.

<sup>c</sup> Jos vaaditaan todistustyyppi 3.1, tämä voidaan korvata valmistuserän tunnuksella.

Taulukko 19. Rakenneterästen tuotestandardit (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Tuotteet	Tekniset toimitusvaatimukset	Mitat	Toleranssit
I- ja H-profiilit	EN 10025-1 ja EN 10025-2 EN 10025-3 EN 10025-4 EN 10025-5 EN 10025-6 Tuotteen mukaan	Ei olemassa	EN 10034
Kuumavalssatut viistolaippaiset I-profiilit		Ei olemassa	EN 10024
U-teräkset		Ei olemassa	EN 10279
Tasakylkiset ja ei-tasakylkiset kulmateräkset		EN 10056-1	EN 10056-2
T-profiilit		EN 10055	EN 10055
Levyt, latat, leveät latat		Ei määritelty	EN 10029 EN 10051
Tangot ja sauvat		EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
Kuumamuovatut rakenneputket		EN 10210-1	EN 10210-2
Kylmämuovatut rakenneputket	EN 10219-1	EN 10219-2	EN 10219-2

HUOM. Teräslajien määrittelyt ja luokitukset esitetään standardissa EN 10020. Nimeen ja numeroon perustuvat teräsnimikkeet esitetään standardeissa EN 10027-1 ja -2

Taulukko 20. Kylmämuovaukseen soveltuvien levyjen ja nauhojen tuotestandardit (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Tuotteet	Tekniset toimitusvaatimukset	Toleranssit
Seostamattomat rakenneteräkset	EN 10025-2	EN 10051
Hitsattavat hienoraerakenneteräkset	EN 10025-3, EN 10025-4	EN 10051
Lujat kylmämuovattavat teräkset	[A1] > EN 10149 <A1], EN 10268	[A1] > EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN 10131, EN 10140 <A1]
Kylmämuokatut rakenneteräkset	ISO 4997	EN 10131
Jatkuvatoimisella kuumaupotusmenetelmällä pinnoitetut ohutlevyteräkset	[A1] > EN 10346 <A1]	EN 10143
Orgaanisilla aineilla pinnoitetut ohutlevyteräkset	[A1] > EN 10169 <A1]	[A1] > EN 10169 <A1]
Kapeat nauhat	EN 10139	EN 10048 EN 10140

Taulukko 21. Ruostumattomien terästen tuotestandardit (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Tuotteet	Tekniset toimitusvaatimukset	Toleranssit
Ohutlevyt, levyt ja nauhat	EN 10088-2	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN ISO 9445
Putket (hitsatut)	EN 10296-2	EN ISO 1127
Putket (saumattomat)	EN 10297-2	
Tangot, sauvat ja profiilit	EN 10088-3	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
HUOM. Nimeen ja numeroon perustuvat teräsnimikkeet esitetään standardissa EN 10088-1.		

### 5.2.6 Mekaaniset kiinnittimet

Ruuvikokoonpano tarkoittaa ruuvia (pulttia), mutteria ja tarvittaessa aluslaattaa/aluslaattoja. Standardin EN 1090-2 mukaan liittimien, kiinnittimien ja tiivisteellisten aluslaattojen tulee vastata korroosionkestävyydeltään kiinnitettäviä kokoonpanoja. Mekaaniset kiinnittimet tulee toimittaa ja olla tunnistettavissa soveltuvan tuotestandardin vaatimusten mukaisesti. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Seostamattomista, seostetuista ja austeniittisista ruostumattomista teräksistä valmistetut esijännittämättömät ruuvikokoonpanot tulee olla standardin EN 15048-1 mukaisia. Esijännittämättömiin sovelluksiin voidaan käyttää myös standardin EN 14399-1

mukaisia kokoonpanoja. Ruuvien ja muttereiden lujuusluokat sekä tarvittaessa pinnan viimeistely tulee esittää. Mekaaniset ominaisuudet tulee esittää:

- hiiliteräksistä ja seostetuista teräksistä valmistetuille ruuvikokoonpanoille, joiden halkaisija ylittää standardissa EN Iso 898-1 ja EN 20898-2 esitetyt arvot
- austeniittisista ruostumattomista teräksistä valmistetuille ruuvikokoonpanoille, joiden halkaisija ylittää standardeissa EN ISO 3506-1 ja EN ISO 3506-2 esitetyt arvot
- austeniittis-ferriittisille ruuveille.

Standardin EN 10088 mukaisten ruostumattomien terästen liittämiseen ei saa käyttää standardien EN ISO 898-1 ja EN 20898-2 mukaisia kiinnittimiä, ellei toisin esitetä. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Lujiin esijännitettäviin ruuvikokoonpanoihin kuuluvat HR-järjestelmä, HV-järjestelmä ja HRC-ruuvit. Niiden tulee täyttää standardin EN 14399-1 ja taulukossa 22 esitetyn soveltuvan standardin vaatimukset. Esijännitettäviin sovellutuksiin ei saa käyttää ruostumattomasta teräksestä valmistettuja ruuveja, ellei toisin esitetä. Mikäli niitä käytetään, käsitellään niitä erityiskiinnittiminä. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Taulukko 22. Esijännitettävien lujien rakenteellisten ruuvikokoonpanojen tuotestandardit (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Ruuvit ja mutterit	Aluslaatat
EN 14399-3	
EN 14399-4	
EN 14399-7	EN 14399-5
EN 14399-8	EN 14399-6
[A1] EN 14399-10 <A1]	

### 5.2.7 Toleranssit

Standardissa EN 1090-2 esitetään teräsosille kaksi toleranssityyppiä, olennaiset toleranssit ja toiminnalliset toleranssit. Valmiin rakenteen mekaaniseen kestävyys- ja stabiiliuteen olennaisesti vaikuttavien poikkeamien joukko muodostaa olennaiset toleranssit. Muiden vaatimusten, kuten yhteen sopiminen ja ulkonäkö, täyttymiseen

vaikuttavien poikkeamien joukkoa kutsutaan toiminnallisiksi toleransseiksi. Sekä olennaiset että toiminnalliset toleranssit ovat velvoittavia. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Olennaisten toleranssien tulee olla standardin EN 1090-2 liitteen D1 mukaisia. Esitetyt arvot ovat sallittuja poikkeamia. Mikäli todellinen poikkeama ylittää sallitun arvon, tulee poikkeavuus korjata standardin EN 1090-2 mukaisia menetelmiä käyttäen, jos se on tarkoituksenmukaista. Korjaamaton olennaisen toleranssin poikkeama on mahdollista osoittaa hyväksyttäväksi rakenteellisen suunnittelun kannalta, kun ylimääräisen poikkeaman vaikutus selvitetään uusintalaskelmilla. Jos näin ei tehdä, poikkeavuus tulee korjata. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Hyväksyttävänä geometrisina poikkeamina käytettävien toiminnallisten toleranssien tulee noudattaa toista seuraavista vaihtoehtoista:

- standardissa EN 1090-2 esitetyt taulukkoarvot
- standardissa EN 1090-2 esitetyt vaihtoehtoiset kriteerit.

Jos käytettävää vaihtoehtoa ei esitetä, käytetään taulukkoarvoja. Toiminnallisten toleranssien taulukkoarvot on esitetty standardin EN 1090-2 liitteessä D2. Arvot esitetään yleensä kahdelle luokalle. Jos käytetään liitettä D2 ja luokkaa ei ole esitetty, noudatetaan toleranssiluokkaa 1. Vaihtoehtoiset kriteerit ovat seuraavanlaiset.

- a) hitsatuille rakenteille noudatetaan seuraavia standardin EN ISO 13920 mukaisia luokkia.
  1. luokka C pituudelle ja kulmasuureille
  2. luokka G suoruudelle, tasomaisuudelle ja yhdensuuntaisuudelle.
- b) ei-hitsatuille kokoonpanoille kohdan a) kriteerit
- c) muille tapauksille mitan  $d$  sallittu poikkeama  $\pm\Delta$  on suurempi arvoista  $d/500$  tai 5 mm. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

### 5.2.8 Leikkaus

Leikkaaminen tulee suorittaa siten, että standardissa EN 1090-2 asetetut vaatimukset geometrisille toleransseille, kovuuden ylärajalle ja vapaiden reunojen tasaisuudelle täyttyvät. Hyväksyttäviä leikkausmenetelmiä ovat sahaaminen, mekaaninen leikkaus, laserleikkaus, vesisuihkutekniikat ja polttoleikkaus. Jos leikkausprosessi ei täytä sille

asetettuja vaatimuksia, sitä ei saa käyttää enne kuin se on korjattu ja tarkastettu. Jos tarkoituksena on leikata pinnoitettua materiaalia, tulee leikkausmenetelmä valita siten, että pinnoitteen vauriot jäävät mahdollisimman pieniksi. Muotolevyjen tai muotosauvojen yhteensovituksen ja asettumisen esteenä olevat purseet tulee poistaa. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Polttoleikkausprosessien toimivuus tulee tarkastaa määrävälein siten, että käytettävistä tuotteista tulee valmistaa neljä näytettä, jotka leikataan käytettävällä prosessilla seuraavasti:

- suora leikkaus paksuimmasta raaka-aineesta
- suora leikkaus ohuimmasta raaka-aineesta
- terävä kulma edustavasta paksuudesta
- kaari edustavasta paksuudesta.

Suorat leikkaukset tulee mitata vähintään 200 mm:n pituudelta ja tarkastaa vaaditun laatuluokan vaatimusten suhteen. Terävän kulman ja kaaren näytteet tulee tarkastaa ja leikkausjäljen tulee vastat suorita leikkauksia. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Leikatun pinnan laadun tulee täyttää standardin EN ISO 9013 mukaiset vaatimukset. Toteutusluokassa EXC1 hyväksytään leikatut reunat, joissa ei ole merkittävää epäsäännöllisyyttä. Tämä edellyttää, että kuona poistetaan. Kohtisuoruuden ja kaltevuuden toleranssille u voidaan käyttää aluetta 5. Taulukossa 23 esitetään vaatimukset muille toteutusluokille. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Taulukko 23. Leikattujen pintojen laatuvaatimukset (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

	<b>Kohtisuoruuden tai kaltevuuden toleranssi u</b>	<b>Profiilisyvyyden keskiarvo Rz5</b>
EXC2	Alue 4	Alue 4
EXC3	Alue 4	Alue 4
EXC4	Alue 3	Alue 3

Seostamattomien terästen vapaiden reunojen kovuuden tulee täyttää taulukon 24 (sivu 39) vaatimukset, jos niin vaaditaan. Tällöin paikallista karkenemistä todennäköisesti aiheuttavien prosessien, polttoleikkaus, leikkaus ja lävistys, toimivuus tulee tarkastaa.

Taulukko 24. Kovuuden suurimmat sallitut arvot (HV 10) (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Tuotestandardit	Teräslajit	Kovuusarvot
EN 10025-2...5	S235...S460	380
EN 10210-1, EN 10219-1		
EN 10149-2 ja EN 10149-3	S260...S700	450
EN 10025-6	S460...S690	
HUOM. Nämä arvot ovat standardin EN ISO 15614-1 mukaisia arvoja standardissa ISO/TR 20172 esitetyille teräslajeille.		

Prosessien toimivuus tarkastetaan seuraavasti, ellei toisin esitetä:

- Neljä koekappaletta tulee valmistaa menetelmäkokeista, jotka on tehty käytettävän tuotealueen kattaville tuotteille, jotka ovat herkimpiä paikalliselle karkenemiselle.
- Jokaiselle koekappaleelle tulee tehdä neljä kovuuskoetta (standardin EN ISO 6507 mukaisesti) kohdissa, jotka ovat todennäköisesti kareneet. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

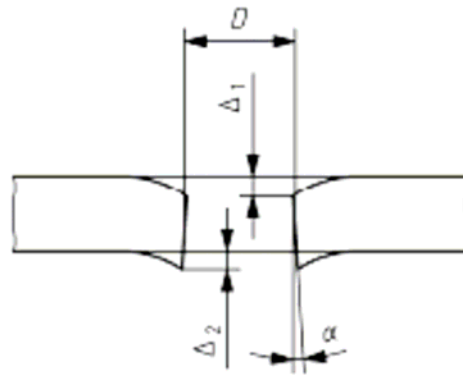
### 5.2.9 Reikien tekeminen

Kiinnittimien tai niveltappien reiät voidaan tehdä poraamalla, lävistämällä, laser-, plasma- tai muulla polttoleikkauksella, jos menetelmä täyttää seuraavat vaatimukset:

- Standardin EN 1090-2 kohdan 6.4 leikkausta koskevat paikalliseen karkenemiseen ja pinnan laatuun liittyvät vaatimukset täytyvät.
- Kaikki yhteen kuuluvat reiät toimivat siten, että kiinnittimet voidaan vapaasti asettaa liitettävien osien läpi suorassa kulmassa kosketuksissa oleviin pintoihin nähden.

Lävistys on sallittua, jos osan nimellispaksuus ei ole suurempi kuin reiän nimellishalkaisija tai ei-pyöreissä rei'issä reiän pienin mitta. Toteutusluokissa EXC1 ja EXC2 reiät voidaan lävistää ilman avartamista, ellei toisin esitetä. Reikien tulee täyttää myös seuraavat vaatimukset:

- kiertokulma ( $\alpha$ ) ei saa ylittää kuvan 1 (sivun39) mukaista arvoa
- purseet ( $\Delta$ ) eivät saa ylittää kuvan 1 mukaisia arvoja
- liitoskappaleiden kosketuspintojen reiät tulee lävistää samassa suunnassa. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)



$$D = \frac{(d_{\max} + d_{\min})}{2}$$

$$\max(\Delta_1 \text{ tai } \Delta_2) \leq |A1| > D/10 < A1|$$

$$\alpha \leq 4^\circ \text{ (ts. 7 \%)}$$

Kuva 3. Lävistettyjen ja plasmalle leikattujen reikien sallitut painumat (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Soviteruuvien ja soviteniveltappien reiät voidaan joko porata täyteen kokoon tai avartaa rakennuspaikalla. Jos reiät avarretaan rakennuspaikalle, ne tulee ensin porata tai lävistää lopullista mittaansa vähintään 3 mm pienemmällä halkaisijalla. Avartamisessa tulee käyttää kiinteäkaraista laitetta. Happamia voiteluaineita ei saa käyttää. Normaaleihin pyöreisiin reikiin tuleva upotus uppokantaruuveille tai –niiteille tulee tehdä rei’ityksen jälkeen. Pitkät pidennetyt reiät tulee joko lävistää keralla tai porata/lävistää kaksi reikää ja polttoleikata loput käsin, ellei toisin esitetä. Jäysteet tulee poistaa rei’istä ennen kokoonpanoa. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

### 5.2.10 Hitsaus

Hitsaus tulee suorittaa standardin EN ISO 3834 sovellettavan osan tai standardin EN ISO 14554 vaatimusten mukaisesti. Toteutusluokan mukaan käytetään seuraavia standardin EN ISO 3834 osia:

- EXC1                      EN ISO 3834-4                      ”peruslaatuvaatimukset”
- EXC2                      EN ISO 3834-3                      ”vakiolaatuvaatimukset”



- EXC3 ja EXC4 EN ISO 3834-2 ”kattavat laatuvaatimukset”

Ferriittisten ja ruostumattomien terästen hitsauksessa noudatetaan standardin EN 1090-2 kohdan 7.7 mukaisesti muutettuja standardien EN 1011-1, EN 1011-2 ja EN 1011-3 vaatimuksia ja suosituksia. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Osana tuotannon suunnittelua tulee laatia hitsaussuunnitelma standardin EN ISO 3834 soveltuvan osan vaatimusten mukaisesti. Hitsaussuunnitelman tulee tarpeen mukaan sisältää seuraavat asiat:

- hitsausohjeet, hitsausaineet, mahdollisen esikuumennuksen, välipalkolämpötilan ja hitsauksen jälkeistä lämpökäsittelyä koskevat vaatimukset
- toimenpiteet hitsauksen aikana ja sen jälkeen tapahtuvien vääntymien välttämiseksi
- hitsausjärjestys ja mahdolliset aloitus- ja lopetuskohtia koskevat rajoitukset ja hyväksyttävät alueet mukaan lukien väliaikaiset aloitus- ja lopetuskohdat, kun hitsin geometria estää jatkuvan hitsauksen
- hitsauksen aikana tehtäviä tarkastuksia koskevat vaatimukset
- osakokoonpanojen kääntäminen hitsausprosessissa ja hitsausjärjestys
- paikalleen kiinnittäminen
- toimenpiteet lamellirepeilyn välttämiseksi
- hitsausaineille tarkoitetut erityislaitteet ja vaatimukset (alhainen vetypitoisuus, kosteuden ja lämpötilan säätäminen jne.)
- hitsin muoto ja viimeistely ruostumattomille teräksille
- hitsien hyväksymiskriteereihin liittyvät vaatimukset (EN 1090-2 kohta 7.6)
- tarkastus ja testaussuunnitelma (EN 1090-2 kohta 12.4)
- hitsien tunnistamista koskevat vaatimukset
- pintakäsittelyä koskevat vaatimukset (EN 1090-2 kohta 10).

Jos hitsaus peittää aikaisempia hitsejä, tulee kiinnittää erityistä huomiota ensin hitsattuihin hitseihin ja mahdolliseen tarkastus- ja testaustarpeeseen enne seuraavan hitsin hitsaamista (tai peittävän osan kiinnittämistä). (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Hitsaus tulee suorittaa hyväksytyillä hitsausmenetelmillä käyttäen hitsausohjetta (WPS) asiaan kuuluvan standardien EN ISO 15609, EN ISO 14555 tai EN ISO 15620 osan mukaisesti. Hitsausmenetelmän hyväksyntään prosesseille 111, 114, 12,13 ja 14 vaikuttavat toteutusluokka, perusaine ja mekanisointiaste taulukon 25 mukaisesti. Jos

puolestaan käytetään standardien EN ISO 15613 tai EN ISO 15614-1 mukaisia hyväksymismenettelyjä, noudatetaan seuraavia ehtoja:

- jos iskukokeita vaaditaan, ne tulee tehdä.
- standardin EN 10025-6 mukaisille teräksille tarvitaan yksi näyte mikrohietutkimusta varten. Valokuvat hitsiaineesta, sularajasta ja muutosvyöhykkeestä tulee tallentaa. Mikrohalkeamia ei sallita.
- jos hitsataan konepajapohjamaalin päälle, tulee tehdä kokeet suurimpia hyväksytyjä kalvon paksuuksia käyttäen.

Mikäli hyväksymismenettelyä sovelletaan pienahitseille, joihin kohdistuu poikittaisia jännityksiä, tulee koetta lujuusluokkaa S275 lujemmille teräksille täydentää ristikoekappaleelle standardin EN ISO 9018 mukaisesti tehdyllä vetokokeella. Muiden hitsausprosessien hitsausmenetelmät hyväksytään taulukon 26 (sivu 43) mukaisesti. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Taulukko 25. Hitsausmenetelmien hyväksymisessä käytetyt menetelmät prosesseille 111, 114, 12, 13 ja 14 (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Hyväksymismenetelmä		EXC 2	EXC 3	EXC 4
Menetelmäkoe	EN ISO 15614-1	X	X	X
Esituotannollinen koe	EN ISO 15613	X	X	X
Standardimenetelmä	EN ISO 15612	X <sup>a</sup>	-	-
Aikaisempi kokemus	EN ISO 15611	X <sup>b</sup>	-	-
Testatut lisäaineet	EN ISO 15610			
X	Sallittu			
-	Ei sallittu			
<sup>a</sup> Vain materiaaleille ≤ S 355 ja vain käsin hitsauksessa tai osittain mekanisoidussa hitsauksessa.				
<sup>b</sup> Vain materiaaleille ≤ S 275 ja vain käsin hitsauksessa tai osittain mekanisoidussa hitsauksessa.				

Taulukko 26. Hitsausmenetelmien hyväksyminen prosesseille 21, 22, 23, 24, 42, 52, 783 ja 784 (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Hitsausprosessit (Standardin EN ISO 4063 mukaan)		Hitsausohje (WPS)	Hitsausmenetelmän hyväksyminen
Numerotunnus	Hitsausprosessi		
21	Pistehitsaus	EN ISO 15609-5	EN ISO 15612
22	Kiekkohitsaus		
23	Käsnahitsaus		
24	Leimuhitsaus	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-13
42	Kitkahitsaus	EN ISO 15620	EN ISO 15620
52	Laserhitsaus	EN ISO 15609-4	EN ISO 15614-11
783	Kaaritapitushitsaus nostosytytyksellä keraamista rengasta tai suojakaasua käyttäen	EN ISO 14555	EN ISO 14555 <sup>a</sup>
784	Lyhytkaaritapitushitsaus nostosytytyksellä		
<sup>a</sup> Toteutusluokassa EXC2 hitsausmenetelmän hyväksyminen aikaisemman kokemuksen perusteella sallitaan. Toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 hitsausmenetelmä hyväksytään menetelmäkokeella tai esituotannollisella kokeella.			

Hitsausohjeen hyväksynnän voimassaolo määräytyy hyväksynnässä käytetyn standardin vaatimusten mukaan. Työkokeet on tehtävä asiaan kuuluvan hyväksymisstandardin mukaan, jos erityisesti vaaditaan. Seuraavia lisäkokeita edellytetään hitsausmenetelmää hyväksyttäessä standardin EN ISO 15614-1 mukaan, kun hitsausprosessia ei ole käytetty:

- yhdestä kolmeen vuoteen: teräslajeille, joiden lujuus on suurempi kuin S355, tulee tehdä sopiva työkoe. Tarkastukseen ja testaukseen tulee sisältyä silmämääräinen tarkastus, radiografinen tai ultraäänitarkastus, pintavirheiden tarkastus magneettijauhe- tai tunkeumanestetarkastuksella, makrohietutkimus ja kovuuskoe.
- yli kolmeen vuoteen
  1. teräslajeille, joiden lujuus on korkeintaan S355, hyväksyttävyyden tulee tarkastaa työkokeesta otetulla makrohietutkimuksella, tai
  2. teräslajeille, joiden lujuus on yli S355, tulee tehdä uudet asian mukaiset menetelmäkokeet. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Hitsaajat tulee päteväittää standardin EN 287-1 mukaan ja hitsausoperaattorit standardin EN 1418 mukaan. Rakenneputkien haaraliitosten hitsauksen päteväyttämiseen edellytetään erityinen koe, kun haarakulma on pienempi kuin 60°. Kaikkien pätevyyskokeiden tallenteiden tulee olla käytettävissä. Toteutusluokissa EXC2, EXC3

ja EXC4 hitsauksen koordinoitua hitsauksen aikana tulee suorittaa koordinoitihenkilöstö, jolla on tarkoituksenmukainen pätevyys ja standardin EN ISO 14731 mukainen kokemus valvottavista hitsaustöistä. Hitsauskoordinoijalla (RWC) tulee olla taulukoiden 27 ja 28 mukainen tekninen tietämys valvottavista hitsaustöistä. Ilmoitettu laitos arvioi sertifiointin yhteydessä yrityksen nimeämän hitsauskoordinoijan kelpoisuuden (IIW koulutus, muu osoitettu pätevyys): (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Taulukko 27. Hitsauskoordinoijien teknisen tietämyksen taso, seostamattomat rakenneteräksset (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

EXC	Teräksset (teräsryhmä)	Viitestandardit	Ainepaksuus (mm)		
			$t \leq 25^a$	$25 < t \leq 50^b$	$t > 50$
EXC2	S235...S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C <sup>c</sup>
	S420...S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	S	C <sup>d</sup>	C
EXC3	S235...S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420...S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	Kaikki	Kaikki	C	C	C

<sup>a</sup> Pilareiden pohjalevyille ja päätylevyille  $\leq 50$  mm.  
<sup>b</sup> Pilareiden pohjalevyille ja päätylevyille  $\leq 75$  mm.  
<sup>c</sup> Teräksille, joiden lujuusluokka on korkeintaan S275, taso S riittää.  
<sup>d</sup> Teräksille N, NL, M ja ML, taso S riittää.

Taulukko 28. Hitsauskoordinoijien teknisen tietämyksen taso, ruostumattomat teräksset (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

EXC	Teräksset (teräsryhmä)	Viitestandardit	Ainepaksuus (mm)		
			$t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$t > 50$
EXC2	Austenittiset (8)	EN 10088-2:2005, Taulukko 3 EN 10088-3:2005, Taulukko 4 EN 10296-2:2005, Taulukko 1 EN 10297-2:2005, Taulukko 2	B	S	C
	Austenittis-ferriittiset (10)	EN 10088-2:2005, Taulukko 4 EN 10088-3:2005, Taulukko 5 EN 10296-2:2005, Taulukko 1 EN 10297-2:2005, Taulukko 3	S	C	C
EXC3	Austenittiset (8)	EN 10088-2:2005, Taulukko 3 EN 10088-3:2005, Taulukko 4 EN 10296-2:2005, Taulukko 1 EN 10297-2:2005, Taulukko 2	S	C	C
	Austenittis-ferriittiset (10)	EN 10088-2:2005, Taulukko 4 EN 10088-3:2005, Taulukko 5 EN 10296-2:2005, Taulukko 1 EN 10297-2:2005, Taulukko 3	C	C	C
EXC4	Kaikki	Kaikki	C	C	C

Hitsattujen kokoonpanojen tulee täyttää pintakäsittelyn (EN 1090-2 kohta 10) ja geometrinen toleranssien (EN 1090-2 kohta 11) mukaiset vaatimukset. Hitsausvirheiden hyväksymiskriteereinä tulee käyttää standardin EN ISO 5817 mukaisia hitsiluokkia lukuun ottamatta virhetyyppejä ”jyrkkä liittyminen” (505) ja ”mikroliitosvirhe” (401). Näitä virhetyyppejä ei oteta ollenkaan huomioon. Toteutusluokalle EXC1 käytetään hitsiluokkaa D. Toteutusluokalle EXC2 käytetään yleensä hitsiluokkaa C, mutta seuraaville virhetyypeille ”reunakaava” (5011, 5012), ”pintapalon valuma” (506), ”syttyysjälki” (601) ja ”avoin imuontelo” (2025) käytetään hitsiluokkaa D. Toteutusluokalle EXC3 käytetään hitsiluokkaa 3 ja toteutusluokalle EXC4 puolestaan hitsiluokkaa B+. Hitsiluokka B+ tarkoittaa hitsiluokkaa B taulukon 29 (sivu 46) mukaisia lisävaatimuksin. Kaikki hitsin geometrialle ja muodolle esitetyt lisävaatimukset tulee ottaa huomioon. (SFS-EN 1090-2+A1, 2012.)

Taulukko 29. Lisävaatimukset hitsiluokalle B+ (SFS-EN 1090-2+A1, 2012).

Virhetyyppi	Virheen rajat <sup>a</sup>	
Reunahaava (5011, 5012)	Ei sallita	
Sisäiset huokokset (2011...2014)	Päittäishitsit	$d \leq 0,1 s$ , kuitenkin enintään 2 mm
	Pienahitsit	$d \leq 0,1 a$ , kuitenkin enintään 2 mm
Sulkeumat (300)	Päittäishitsit	$h \leq 0,1 s$ , kuitenkin enintään 1 mm $l \leq s$ , kuitenkin enintään 10 mm
	Pienahitsit	$h \leq 0,1 a$ , kuitenkin enintään 1 mm $l \leq a$ , kuitenkin enintään 10 mm
Sovitusvirhe (507)	$h < 0,05 t$ , kuitenkin enintään 2 mm	
vajaa juuri (515)	Ei sallita	
<b>Lisävaatimukset siltojen kansille<sup>a, b</sup></b>		
Huokoisuus ja kaasuhuokokset (2011, 2012 ja 2014)	Vain yksittäiset pienet huokokset hyväksytään	
Huokosryhmät (2013)	Yhteenlaskettu määrä enintään 2 %	
Pitkänomainen huokonen, madonreikähuokonen (2015 ja 2016)	Ei pitkiä huokosia	
Pienahitsien sovitusrvirhe (617)	Kaikki poikittaiset hitsit tarkastetaan kokonaan. Juuren pieni rako hyväksytään vain paikallisesti $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$ , kuitenkin enintään 1 mm	
Reunahaava (5011)	a) päittäishitsit: hyväksytään vain paikallisesti $h \leq 0,5 \text{ mm}$ b) pienahitsit: ei sallita kohdissa, joissa suunta on poikittain jännitykseen nähden. Reunahaavat poistetaan hiomalla	
Useat samassa poikkileikkauksessa esiintyvät hitsausvirheet (n°4.1)	Ei sallita	
Sulkeumat (300)	Ei sallita	
<sup>a</sup> Tunnuksien on määritetty standardissa EN ISO 5817.		
<sup>b</sup> Nämä ovat lisävaatimuksia luokalle B+.		

## 6 LEIKKAUSMENETELMÄT

Usein levytuotteiden valmistuksessa ensimmäinen varsinainen työvaihe on leikkaus. Tämä pitää sisällään niin kappaleiden irrottamisen kelalta tai arkista kuin suljettujen muotojen tekemisen levyaihioon. Leikkausmenetelmät jaetaan yleisesti mekaanisiin ja termisiin menetelmiin. Mekaanisiksi leikkausmenetelmiksi luokitellaan muun muassa suuntaisleikkaaminen, lävistäminen, leikkaaminen kelalta, kiekko-leikkaus ja vesisuihkuleikkaus. Tässä työssä keskitytään 20-100 mm levyn paksuuteen, joten mekaanisista leikkausmenetelmistä tarkastellaan lähemmin vain vesisuihkuleikkausta. Termisiä leikkausmenetelmiä ovat poltto-, plasma- ja laserleikkaus. (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelmä & Hultin, 2011.)

Leikkausmenetelmän valinnassa leikattava materiaali ja leikattavien kappaleiden ainevahvuus ovat tärkeässä asemassa. Nämä ominaisuudet myös karsivat menetelmiä. Vaikka leikkaaminen olisi mahdollista, voivat kustannukset leikattuja metrejä kohden nousta, ellei sopivaa leikkausmenetelmää ole käytössä. Myös valmistettavan kappaleen muoto, valmistusmäärä ja laatu vaikuttavat leikkausmenetelmän valintaan. Suurlujuusterästen käytön lisääntyminen on mahdollistanut ohuempien ainevahvuuksien käytön, mikä puolestaan vaikuttaa painon vähenemiseen ja kustannusten pienenemiseen. (Lepola & Makkonen, 2005.)

Polttoleikkauksella on laajin ainevahvuus. Menetelmällä voidaan leikata noin 3 – 1500 mm vahvoja materiaaleja. Laserleikkaus soveltuu 0,1 – 40 mm vahvoille levyille ja plasmaleikkaus puolestaan 0,5 – 50 mm vahvoille levyille. Vesisuihkuleikkauksella voidaan leikata ainevahvuudeltaan 0,1 – 100 mm levyjä. (Niemi & Aromäki, 1985.)

### 6.1 Vesisuihkuleikkaus

Vesisuihkuleikkauksessa korkeapaineinen vesisuihku irrottaa kappaleen pinnasta materiaalia. Samalla vesisuihku huuhtelee työstökohteesta irronneet materiaalihiukkaset. Prosessin tärkeimmät parametrit ovat nesteen paine ja nopeus, suuttimen muoto, etäisyys ja kulma työkappaleeseen. Vesileikkaus voidaan suorittaa pelkällä vedellä tai abrasiivin ja veden seoksella. Prosessissa veden paine kohotetaan hydraulisella paineenkohottimella. Paine tasataan paineakulla, josta vesi johdetaan

leikkauslaitteen suuttimeen. Suuttimesta purkautuva neste ohjataan työstettävän kappaleen pintaan lähes kolminkertaisella äänennopeudella. Suuttimen tarkoituksena on pitää vesisuihku kapeana sen osuessa leikattavaan kappaleeseen. Leikkaussuuttimen etäisyys kappaleen pintaan on 2,0-5,0 mm. (Ihalainen, Aaltonen, Aromäki & Sihvonen, 2003.)

Vesileikkaus soveltuu erilaisten materiaalien leikkaamiseen. Sen mittatoleranssi on +/- 0,4 mm leikattavasta materiaalista ja sen vahvuudesta riippuen. Pehmeille ja ohuille materiaaleille, kuten kumit, muovit ja vaneri, soveltuu puhtasvesileikkaus. Se perustuu materiaalin leikkaantumiseen veden paineen ylittäessä materiaalin puristuslujuuden. Kovia materiaaleja, kuten metallit, kivi ja keraamiset materiaalit, leikataan abrasiivivesileikkauksella. Se perustuu abrasiivipartikkelien hiovaan vaikutukseen. Vesisuihkuleikkauksella saadaan leikattua vaikeita muotoja. Se soveltuu kohteille, joille ei sallita lämmön aiheuttamia jännityksiä eikä mikrorakennemuutoksia.

Vesileikkauslaitteistot ovat CNC-ohjattuja järjestelmiä. Tämän avulla on laitteille saatu käyttöä helpottavia ominaisuuksia. Peruutusajo mahdollistaa leikattavan reitin ajamisen takaperin. Nopeuden hienosäätö mahdollistaa viimeistelyn leikattavan materiaalin ja ainevahvuuden suhteen. Simuloinnilla leikkausradat voidaan ajaa tietokonenäytöllä ennen varsinaista leikkausta. Railonkorjauksella voidaan varmistaa, että kappale on juuri halutun kokoinen. Leikkausparametrien muistiin tallentaminen myöhempää käyttöä varten tehostaa järjestelmän käyttöä. Suuttimesta tuleva vesisuihku leikkaa lähes materiaalia kuin materiaalia ilman melua, pölyä ja haitallisia savukaasuja. Paksujen jaloteräsosien ja alumiinin leikkaus taloudellisesti ja tarkasti ei ole mahdollista muilla leikkausmenetelmillä. (Aliko Oy Ltd internetsivut, hakupäivä 17.2.2014.)

## 6.2 Laserleikkaus

Laserleikkaus on terminen prosessi. Siinä leikattava materiaali osittain sulaa ja osittain höyrystyy siihen kohdistetun lasersäteen johdosta. Käytettäessä aktiivista kaasua palaa osa materiaalista. Nopean kaasuvirtauksen avulla sulanut ja höyrystynyt materiaali puhalletaan leikkauskohdasta pois. Kaasuvirtaus ja lasersäde tuodaan leikkauskohtaan yhdensuuntaisesti. Laserin suuttimen etäisyys leikattavasta kappaleesta on melko pieni,

noin 0,5 – 1,5 mm, kaasuvirtauksen hajaantumisen estämiseksi. (Kujanpää, Salminen & Vihinen, 2005.)

Materiaalin leikattavuuteen vaikuttavat sen optiset ja termiset ominaisuudet. Optisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan absorptiota, säteen heijastumista ja läpäisevyyttä. Termisillä ominaisuuksilla puolestaan tarkoitetaan lämmönjohtavuutta, ominaislämpökapasiteettia sekä sulamis- ja höyrystymislämpötilaa Laserleikkauksessa osa säteestä absorboituu leikkauskohdassa railon etureunaan. Absorboitu energia saa railon etureunan materiaalin muuttamaan olomuotoaan. Materiaalin olomuoto muuttuu sulaksi, höyryksi tai saa aikaan kemiallisen muutoksen, jolloin se voidaan poistaa puhaltamalla kaasua.. Metallien laserleikkaus voidaan jakaa kolmeen eri prosessiin: sulattava, poltto ja höyrystävä leikkaus. (Kujanpää ym., 2005.)

### 6.3 Polttoleikkaus

Polttoleikkauksessa metalli kuumennetaan kaasuliekin avulla syttymispisteeseen ja poltetaan suuntaamalla siihen puhtaasta hapestä muodostettu kaasusuihku. Prosessissa muodostuva sula metallioksidi myös poistuu leikkaushapen puhalluksella. Kun suutinta liikutetaan leikkaussuuntaan, muodostuu leikattavaa kappaleeseen leikkausrailo. Metallin hapettuminen vapauttaa lämpöä. Syntyvä lämpö kuumentaa leikattavan kohdan leikkaussuunnassa ja pitää muodostuvan metallioksidin sulassa tilassa. (Niemi ym., 1985.)

Polttoleikkausprosessin perustana on metallin hapettuminen ja sulan metallioksidin poistaminen railoista. Prosessissa syntyvä lämpö sulattaa myös osan leikattavasta materiaalista. Syntyvän lämmön on oltava riittävä korvaamaan säteilystä, johtumisesta, konvektiosta ja sulan metallioksidin poistumisesta johtuvat lämpöhäviöt, jotta leikkaus voisi jatkua. (Karttunen, 2009.)

### 6.4 Plasmaleikkaus

Korkeassa lämpötilassa ionisoitunutta ja dissosioitunutta kaasua kutsutaan plasmaksi. Plasmalla leikattavaan materiaaliin sulatetusta leikkausurasta puhalletaan sula pois.



Leikkausuran leveys määrittyy suuttimen koon mukaan. Suuttimen koko puolestaan riippuu virranvoimakkuudesta ja levynpaksuudesta. Plasmakaari palaa leikattavan kappaleen ja elektrodin välillä. Lisäksi prosessissa on käytössä niin sanottu apukaari, jolla plasmakaasu ionisoidaan sähköä johtavaksi. Prosessin virtalähteenä toimii tasasuuntaaja. (Aaltonen, Andersson & Kauppinen, 1997.)

Plasmaleikkauksessa työkappale on positiivinen elektrodi ja negatiivisena elektrodina toimii kuparisuuttimella ympäröity volframisauva. Valokaari ahtautuu suuttimen läpi, johon johdetaan plasmakaasua (esim. argonin, typen ja vedyn seos, happi). Plasmaleikkaus tapahtuu kineettisen ja termisen energian vaikutuksesta, jotka saavat aikaan korkean lämpötilan (n. 25000-3000 °C). Leikkaussuutin jäädytetään tavallisesti kolvin sisäisellä vesijäädytyskierrolla. (Aaltonen ym., 1997.)

#### 6.5 Leikkausmenetelmien vertaileminen

Termiset leikkausmenetelmät ovat vesileikkaukseen verrattuna halpoja. Materiaalin jatkoystö on kuitenkin vesileikkauksen jälkeen helpompaa, kun leikattavan kappale ei karkene. Vesileikkauksesta ei aiheudu jännityksiä, joten materiaalin ominaisuudet säilyvät ennallaan. (Aliko Oy Ltd internetsivut, hakupäivä 17.2.2014.)

Vesisuihkuleikkauksella on etuna myös se, että se ei aseta rajoituksia leikattavalle muodolle. Leikkaus voidaan aloittaa levymäisen kappaleen keskeltä. Materiaalihukka on vähäinen ja asetusajat lyhyet. Oikeilla parametreilla leikkausjälki on tasainen. (Himanen, 2013.)

Polttoleikkauksen etu mekaanisiin ja muihin termisiin menetelmiin verrattaessa on se, että sillä pystytään leikkaamaan erittäin suuria aineenvahvuuksia. Menetelmä sopii useiden eri teräslaatujen sekä vanadiinin ja titaanin leikkaamiseen. Seostettujen terästen leikkaus vaikeutuu voimakkaan karkenevuuden lisäksi myös siksi, että eri seosaineilla on erilainen yhteistaipumus hapen kanssa.

Plasmaleikkaus on aikaisemmin ollut karkeiden levyjen leikkausmenetelmä. Sen sovellusalue on laajentunut myös ohutlevyihin. Plasmaleikkauksen ainoa vaatimus leikattavalle materiaalille on sähkönjohtavuus. Kaikkia metalleja voidaan siis leikata

plasmaleikkauksella. Menetelmän etuja ovat suuret leikkausnopeudet, kapeahko lämmönvaikutusala ja pienet muodonmuutokset. Haittapuolena on leikkausnopeuden pieneneminen nopeasti ainevahvuuden kasvaessa. Leikatun pinnan laatu on huonompi verrattuna laserleikkaukseen.

Laserleikkauksella voidaan leikata metalleja, keramiikkaa, muoveja ja komposiittimateriaaleja. Menetelmä sopii parhaiten ohuille ainevahvuuksille, sillä paksuja ainevahvuuksia leikattaessa leikkausnopeus hidastuu, joka puolestaan kasvattaa kustannuksia. Laserleikkauksella saavutetaan leikattujen kappaleiden hyvä laatu ilman jälkityöstöä.

Polttoleikkauksessa leikkausrailo on melko leveä verrattuna muihin leikkausmenetelmiin. Myös työkappaleeseen kohdistuvat lämpömäärät ovat polttoleikkauksessa suuria ja leikkauksen mittatarkkuus suhteellisen heikko. Edellä mainituista syistä ei kapeita ja pitkiä sekä pieniä ja monimutkaisia muotoja kannata polttoleikata. Plasmaleikkauksessa leikkaus on huomattavasti tarkempaa. Siinä on kuitenkin huomioitava tarkkuuden heikentyminen levynpaksuuden kasvaessa. Tämä johtuu leikkaussäteen leventymisestä suuttimesta kauemmas siirryttäessä. Jos vaaditaan äärimmäistä tarkkuutta, ovat laser- ja vesisuihkuleikkaus usein parhaita menetelmiä. (Niemi ym., 1985.)

Niin termisten leikkausmenetelmien kuin vesisuihkuleikkauksen tarkkuus riippuu mm. leikkaukoneen ohjauksen ja rakenteen tarkkuudesta, käytettävistä leikkausnopeuksista ja käytettävien kaasujen/veden paineesta. Valmistettavan osan tarkkuuteen vaikuttavat myös materiaalin muodonmuutokset ja leikkaussuuttimen asento ja etäisyys leikattavasta pinnasta. Suunnittelijan on leikattavaa osaa suunnitellessaan pidettävä mielessä järkevät liittymismittat muihin mahdollisiin osiin. Liian tarkka mitoitus aiheuttaa helposti turhia lisäkustannuksia valmistusvaiheessa. Taulukossa 30 (sivu 51) on vertailtu leikkausmenetelmiä keskenään ja esitetty karkeat ohjearvot leikattujen kappaleiden mittavirheille. (Laherto, 2010.)

Taulukko 30. Leikkausmenetelmien vertailua (Laherto, 2010).

	Mekaaninen leikkaus	Polttoleikkaus	Laserleikkaus	Plasmaleikkaus	Vesisuihkuleikkaus
Leikattavat materiaalit	Ei rajoituksia	Rautametallit + titaani ja vanadiini	Materiaalit joilla on riittävä säteen absorptiokyky	Kaikki sähköä johtavat materiaalit	Ei rajoituksia
Leikattavat materiaalipaksuudet (metallit)	0,1 - 12 mm	3 – 1500 mm	0,1 – 40 mm	0,5 – 50 mm	0,1 – 100 mm
Leikkausnopeus (materiaalipaksuus 3 mm)	n. 3500 mm/min	n. 800 mm/min	n. 5000 mm/min	n. 6000 mm/min	n. 1000 mm/min (abrasiivileikkaus)
Leikkatun kappaleen mittavirheet (numeerisesti ohjatut koneet)	± 0,2 mm	± 0,6 mm	± 0,2 mm	± 0,4 mm	± 0,2 mm
Leikkausrailon leveys	Riippuu pistimen halkaisijasta	n. 3 - 6 mm	n. 0,2 – 1 mm	n. 0,5 - 6 mm	n. 0,1 – 0,9 mm
Kustannukset	Alhaiset hankinta- ja käyttökustannukset	Alhaiset hankinta- ja käyttökustannukset	Leikkauslaitteisto erittäin kallis, käyttökustannukset alhaiset	Halpa laitteisto, mutta kalliit käyttökustannukset	Melko kallis laitteisto, mutta säästöjä viimeistelyn vähentyessä
Erytishuomiot	Leikkausnopeudet ja materiaalipaksuudet riippuvat suuresti laitteistosta ja työkaluista	Suuret lämpövaikutukset heikentävät leikkauksen tarkkuutta	Tiettyjä rajoituksia esimerkiksi alumiinin ja kuparin leikkauksessa	Leikkaurailon leveys riippuu suuresti työstettävän levyn paksuudesta	Ei aiheuta lainkaan lämmöntuonnista johtuvia muodonmuutoksia

## 7 EN 1090-2 VAIKUTUKSET KONEPAJOILLE

Teräsrakenteita on yleisesti tilattu sieltä, missä ne ovat olleet halvimmat, vaikka siten jouduttaisiin laadusta tinkimään. Standardin EN 1090 tullessa voimaan tulee tilanne muuttumaan. Standardi asetta vaatimukset niin teräsrakenteiden suunnittelulle, valmistukselle, laadulle kuin toleransseille, joiden noudattaminen edellyttää valmistajalta riittävää ammattitaitoa, resursseja ja varusteita. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että siirtymäajan päätyttyä kaikkien suomalaisten konepajojen toiminta lähtee samalta viivalta.

CE-merkintä koskee teräsrakenteita, kuten sillat, kulkusillat, portaat, kaiteet, konepedit, mastot, tornit, paineettomat säiliöt, siilot, putkilinjat paalut, nosturiradat sekä talonrakentamisen teräsrakenteet. Jos tuotetta ei ole CE-merkitty, ei se voi määräajan jälkeen olla markkinoilla. Pienille konepajoille ja niiden toiminnalle on kuitenkin ”takaportti”. Ne voivat kuitenkin jatkossa toimia teräskokoonpanojen valmistajan alihankkijana, jolloin päätoimija huolehtii kokoonpanon CE-merkinnästä. Alihankkija ei voi kiinnittää CE-merkkiä, mutta hän voi hankkia vapaaehtoisen standardin EN 1090-2 mukaisen todistuksen, jonka avulla hän voi tarjota omaa osakokoonpanoa/työtä useammalle päätoimittajalle. Todistuksen avulla voidaan osakokoonpanon vaatimustenmukaisuus osoittaa. Päätoimijan vastuulle jää kuvata alihankkijoiden hyväksyntäkriteerit ja tarvittaessa auditointimenettelyt.

Konepajoilla tulee olla standardin EN 1090 siirtymäajan päätyttyä laadunvalvontajärjestelmä. Laadunvalvontajärjestelmää tulee ylläpitää ja siellä tulee olla dokumentoituna ja tallennettuna kirjallisia työohjeita, kaikkien tarkastusten, mittausten ja arviointien tulokset. Tarkastuksia tulee suorittaa säännöllisesti, sillä näillä valvotaan valmistettavien osien ja kokoonpanojen vaatimustenmukaisuutta.

Myös konepajojen laitteiden tarkastus ja huollon ohjeistus nousevat standardin myötä tärkeiksi. Henkilökunnan tulee tietää omat vastuut ja valtuudet sekä sen tulee omata standardissa vaadittavat pätevyudet. Konepajoilla tulee olla rutiinit niin tuotearviointeille, joilla ilmoitettavien ominaisuuksien pysyvyys osoitetaan, kuin poikkeavien tuotteiden käsittelyyn ja tallentamiseen.

## 7.1 Leikkaus

Standardi asettaa leikkaamiselle useita vaatimuksia. Pääasiassa nämä koskevat geometrisia toleransseja, pintojen kovuutta ja vapaiden reunojen tasaisuutta. Jos leikkausprosessi ei täytä sille asetettuja vaatimuksia, sitä ei saa käyttää ennen kuin prosessi on korjattu ja tarkastettu. Jos leikataan pinnoitettuja materiaaleja, tulee leikkausprosessi valitaan siten, että pinnoitteen vauriot jäävät mahdollisimman pieniksi.

Standardi tuo mukanaan erityisesti termisille leikkausprosesseille tarkennuksia. Standardin myötä tulee termisten leikkausprosessien toimivuus tarkastaa määrävälein ja arvioida leikatun pinnan laatu leikkaamalla neljä näytettä. Arvioitavia asioita ovat leikatun reunan kohtisuoruus ja kaltevuus sekä pinnan profiilinsyvyys. Vaatimukset on asetettu toteutusluokittain. Tarkemmat vaatimukset takaavat vesileikkausprosessille paremman kilpailukyvyn vastaisuudessa, sillä vesileikkaus ei aiheuta muodonmuutoksia leikattaviin pintoihin.

Leikkausmenetelmien avulla voidaan tehdä työstettävään kappaleeseen reikiä. Reikien teossa käytettävän menetelmän toimivuus tulee myös tarkistaa määrävälein samaan tapaan kuin termisten leikkausmenetelmien kohdalla. Näytekappaleista tulee mitata toleranssien vaatimusten täyttyminen. Näytteistä tulee toleranssien lisäksi tarkistaa nimellisvälykset (pyöreät reiät, pidennetyt reiät), leikatun reunan kovuus ja kartiokkuus (4°). Sisäkulmille on toteutusluokissa EXC2 ja EXC3 esitetty minimipyöristyssäteeksi 5 mm. Toteutusluokassa EXC4 sisäkulman minimipyöristyssäde on 10 mm.

## 7.2 Mekaaninen kiinnittäminen

Standardissa EN 1090 jaetaan ruuvikokoonpanot esijännittämättömiin ja esijännitettyihin. Esijännittämättömien ruuvikokoonpanojen tulee olla standardin EN 15048-1 ja esijännitettyihin standardin EN 14399 osien mukaisia. Standardin EN 14399 mukaisia ruuvikokoonpanoja voidaan käyttää myös esijännittämättömiin sovelluksiin. Molemmat kyseisistä standardeista lukeutuvat myös harmonisoituihin standardeihin. Tämä tarkoittaa sitä, että ne luetaan CE-merkittäviin rakennustuotteisiin.

Standardi EN 1090-2 määrittelee, että liittimien ja aluslaattojen on oltava korroosionkestävyydeltään yhtä hyvä kuin kiinnitettävä kokoonpano. Pulttiliitokset tehdään suunnitelmien ja tuotetta koskevien standardien mukaisesti sähköisellä mutterinkiristäjällä. Tavallisten ruuviliitosten kiristäminen tapahtuu standardin mukaisesti riittävän tiukalle. Esijännitettävät ruuviliitokset kiristetään standardin esittämällä tavoilla esimerkiksi momenttiavaimella. Molempien liitosten tarkastus tehdään silmämääräisesti. Pulttikiristyslaitteiden kalibrointitodistukset tulee liittää laadunvalvontakansioon.

### 7.3 Hitsaus

Standardissa asetetaan myös hitsaukselle paljon uusia vaatimuksia. Hitsauksen onnistumisesta ei voida pelkästään valmiin hitsin perusteella varmistua. Vaikka hitsi näyttäisi silmämääräisesti tarkasteltuna täyttävän kriteerit, voi se olla hitsattu väärillä arvoilla ja aineilla tai kappaleen sovitus on tehty väärin. Tämä johtaa siihen, että liitoksen todellinen lujuus ei ole suunnitteluun nähden riittävä. Tällaisten tapahtumien estämiseksi standardin myötä tulee pätevyysvaatimukset niin hitsaustyön suunnittelijoille kuin työn suorittaville henkilöille. Hitsaus tulee jatkossa suorittaa soveltuvien standardien (EN ISO 3834, EN ISO 14554, EN ISO 15609, EN ISO 15620) osien mukaan hyväksytyillä hitsausmenetelmillä hitsausohjetta (WPS) käyttäen

Hitsauksen vaatimustaso määräytyy toteutusluokkien pohjalta. Hitsaajilla ja hitsausoperaattoreilla on oltava pätevyysvaatimukset kaikissa toteutusluokissa tapahtuvaan hitsaukseen. Hitsarien pätevyyskokeeseen kuuluu nykyään myös pienahitsaustaitojen osoittaminen. Toteutusluokasta EXC2 lähtien vaaditaan hitsausta koordinoimaan pätevoidetty hitsauskoordinaattori.

## 8 CE-MERKINNÄN EDUT, HAITAT JA VAIKUTUKSET TERÄSRAKENTEIDEN VALMISTUKSESSA

CE-merkintä on valmistajan osoitus siitä, että tuote todellakin täyttää Euroopan unionin asettamat vaatimukset. Se mahdollistaa vapaan liikkumisen EU:n alueella. CE-merkki korvaa erilliset, jokaisessa maassa erikseen tehtävät viranomaisselvitykset ja –merkinnät. Merkinnän myötä myös ostajien on helpompi vertailla tuotteiden yhteensopivuutta.

CE-merkintä ei ole laatumerkki vaan se varmentaa, että merkinnän yhteydessä esitetyt tuoteominaisuudet täyttyvät. Tuotteen ominaisuudet tarvitsee osoittaa vain kerran valmistusmaassaan. Standardi ohjaa teräsrakentamista suunnittelusta lähtien. Toteutusluokat tuovat mukanaan vaativuusluokat, jotka ohjaavat konepajojen toimintaa.

CE-merkintä ei kokonaan poista kansallisia viranomaissäännöksiä. Ne määrittävät edelleen rakennusten suunnittelua, rakennustuotteiden käyttöä ja rakennuskohdetta. Esimerkiksi Suomen rakentamismääräyksissä asetetaan vaatimuksia kantavien rakenteiden pakkasenkestävyydelle, jota pelkkä CE-merkki tuotteessa ei automaattisesti takaa. Tuotteiden käyttäjien tulee aina tarkistaa, täyttävätkö CE-merkinnässä ilmoitetut arvot ja luokat myös kansalliset vaatimukset.

CE-merkintä edellyttää teräsrakenteiden valmistajalta laadunvalvontajärjestelmää. Valmistettavien tuotteiden ominaisuudet tulee testata. Standardi EN 1090 määrittää, mitä testejä tarvitaan sekä kenen ja miten testit tulee suorittaa. Testausten teettäminen ja vaadittujen asiakirjojen laadinta/hankinta ulkopuoliselta, ilmoitetulta laitokselta voi viedä jopa 1-2 vuotta aikaa. Kun vaatimukset on täytetty, ilmoitetulta laitokselta on saatu sertifikaatti ja valmistaja on laatinut suoritustasoilmoituksen sekä laittanut sen kotisivuilleen, voidaan CE-merkki kiinnittää tuotteeseen. Suoritustasoilmoitus ja CE-merkintää liittyvät asiakirjat tulee säilyttää 10 vuoden ajan ja tarvittaessa esittää ne markkinavalvonnan viranomaisille.

## 9 POHDINTA

Teräsrakenteiden CE-merkinnän siirtymäaika on päättymässä. Standardien EN 1090-1 ja -2 sekä niihin liittyvien viitestandardien vaatimusten ymmärtäminen heti siirtymäajan päätyttyä on vaikea tehtävä. Konepajojen on huolehdittava ulkopuolisen tahon suorittaman sertifiointin vaatimusten täyttämistä. Yrityksellä on oltava toimiva laadunvalvontajärjestelmä. Jos yrityksellä on jo ollut käytössään ISO 9001 mukainen laatujärjestelmä, helpottuvat asiat huomattavasti. CE-merkinnän aiheuttamat kustannukset riippuvat täysin siitä, millä tasolla valmistajan/konepajan laitteisto ja tilat sekä henkilöstön pätevyys ovat entuudestaan. Pelkästään vaadittujen standardien tekstien hankkiminen on iso kustannus, sillä viitestandardeja on paljon. Viitestandardeja on ymmärrettävästi paljon, sillä yhteen ainoaan standardiin olisi mahdotonta sisällyttää kaikkea tietoa kaikista teräsrakentamisen työvaiheista. Myös standardien tekstiin paneutuminen vie suuren osan ajasta. Pienille konepajoille prosessi voi olla ylivoimainen, sillä kustannukset voivat kasvaa suhteellisen suuriksi.

Kustannuksia nostaa myös se, että CE-merkittyjen teräsrakenteiden valmistaminen muista kuin CE-merkityistä materiaaleista on standardin mukaan kielletty. Tämä todennäköisesti nostaa rakenteiden hintoja, mutta toisaalta lisää laatua. Standardin tullessa voimaan 1.7.2014 tulee toimintatavoista yhtenäisiä koko EU:n alueella. Standardin vaatimuksena on, että rakenteet suunnitellaan sen vaatimusten mukaisesti eurokoodeilla. Pelisäännöt ovat kaikille yhteiset. Toteutusluokan valinta ja toteutusluokkien vaativuusluokat ohjaavat niin konepajan kuin työmaalla tapahtuvaa toimintaa. Parhaiten tämä näkyy hitsauksen laadunvalvonnassa, pätevyysvaatimuksissa ja hitsaukseen liittyvässä dokumentoinnissa.

CE-merkinnän yksi tarkoitus on parantaa rakennustuotteiden turvallisuutta. CE-merkki ei kuitenkaan ole osoitus tuotteen kelpoisuudesta haluttuun käyttötarkoitukseen. Tuotteiden ominaisuudet tulee tarkistaa tapauskohtaisesti kansallisten vaatimusten täyttymiseksi. Suunnittelun tehtävänä on valita vaaditut ominaisuudet täyttävät tuotteet.



## LÄHTEET

- Aaltonen, K. Andersson, P. & Kauppinen, V. Levytyö- ja työvälinetekniikat. WSOY. Porvoo 1997.
- Aliko Oy Ltd. Vesileikkauslaitteet [www-dokumentti] Hakupäivä 17.2.2014  
<<http://www.aliko.fi/fi/tuoteratkaisut/vesileikkauslaitteet>>
- Enbuske, Kari. Koneiden ja teräskokoonpanojen CE-merkintä osana vanhaa laitosta. YAMK, teknologiajohtamisen opinnäytetyö, Kunnossapito. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Tornio 2012.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011. Euroopan Unionin virallinen lehti L88/5. 4.4.2011.
- Himanen, Henri. CE-merkintä kantavissa teräsrakenteissa. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere 2013.
- Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. Valmistustekniikka. 10. painos. Hakapaino Oy. Helsinki 2003.
- Karttunen, M. Paksun teräksen polttoleikkaus. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta, konetekniikan koulutusohjelma. 2009.
- Kujanpää, V., Salminen, A. & Vihinen, J. Lasertyöstö. Teknova Oy. Helsinki 2005.
- Laherto, Anssi. Ohjeita ohutlevy tuotteiden valmistusystävälliseen suunnitteluun. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta, konetekniikan koulutusohjelma. 2010.
- Lepola, P. & Makkonen, M. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. WSOY. Porvoo 2005.
- Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E. & Hultin, S. Ohutlevy tuotteiden suunnittelijan käsikirja. Teknologiateollisuus ry. Tampere. 2011.
- METSTA, Kantavien teräs- ja alumiinirakenteiden CE-merkintä, FPC-manuaali. [www-dokumentti] Hakupäivä 17.2.2014  
<[http://www.metsta.fi/terasrakenteet\\_ce-merkinta.php](http://www.metsta.fi/terasrakenteet_ce-merkinta.php)>
- METSTA, Teräskokoonpanojen CE-merkintä. [www-dokumentti] Hakupäivä 17.2.2014  
<<http://www.metsta.fi/julkaisut/esitteet/teraskokoonpanot.pdf>>
- Niemi, J. & Aromäki, M. Teräslevyjen terminen leikkaus. MET, Tekninen tiedotus 9/1985 Neuvoston direktiivi 89/106/ETY. Euroopan Yhteisöjen virallinen lehti N:o L 40/2. 11.2.1989.
- SFS-EN 1090-1 + A1, Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus, Osa 1, Vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin, Suomen Standardisoimisliitto, 2012.
- SFS-EN 1090-2 + A1, Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus, Osa 2, Teräsrakenteita koskevat tekniset vaatimukset, Suomen Standardisoimisliitto, 2012.
- SFS-EN 1993-1-3+AC. 2006. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-3: Yleiset säännöt. Lisäsäännöt kylmämuovatuille sauvoille ja levyille. Helsinki, Suomen standardisoimisliitto.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma B7. Teräsrakenteet. Ympäristöministeriö, 1996
- Tapiola, Anssi. Teräsrakenteiden toteuttamisen vaatimukset standardin EN 1090 mukaan. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. 2013.
- Tukes, CE-merkintään vaadittavat toimenpiteet ja asiakirjat. [www-dokumentti] Hakupäivä 15.2.2014  
<<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Rakennustuotteet/CE-merkinta/Toimenpiteet-ja-asiakirjat/>>
- VTT Expert Services Oy, Rakennustuotteiden CE-merkintä. [www-dokumentti] Hakupäivä 17.2.2014  
<[http://www.vttexpertservices.fi/files/services/exp/brochures\\_fin/CE-kiinnitys%20ja%20suoritustasoilmoitus\\_low.pdf](http://www.vttexpertservices.fi/files/services/exp/brochures_fin/CE-kiinnitys%20ja%20suoritustasoilmoitus_low.pdf)>

Väisänen, Päivi. Teräs. Perustietoa arkkitehtipiskelijälle. TKK Arkkitehtiosasto  
Rakennusoppi. 2007.