



## RAKENNUSTIETO >

# Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> [rakennustieto.fi/rk/palvelut](https://rakennustieto.fi/rk/palvelut)

### Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

# Teräsrakenteiden mitoitus Eurocode 3:n (SFS-EN 1993) mukaan

Jouko Kouhi, Diplomi-insinööri  
jouko.kouhi@vtt.fi

2

SÄÄNNÖKSET  
OHJEET

## Johdanto

Tässä artikkelissa käsitellään teräsrakenteiden mitoitusta valmistumassa olevan Eurocode 3:n mukaan (SFS-EN 1993). Eurocode 3 sisältää 20 osaa (ks. taulukko 1). Koko Eurocode-järjestelmä sisältää 58 osaa. Eurocode 3:n viisi ensimmäistä osaa EN 1993-1-1, EN 1993-1-2, EN 1993-1-8, EN 1993-1-9 ja EN 1993-10 ovat olleet virallisessa äänestyksessä ja ne on hyväksytty EN-standardeiksi. Eurocode 3:n muiden osien on tarkoitus tulla äänestykseen v. 2005–2006 aikana.

Eurocodien käyttöönotto kansallisesti tapahtuu ns. kansallisten liitteiden avulla. Jokaisessa Eurocode-osassa esitetään ne kohdat, joita voi kansallisesti muuttaa. Ko. kohdat esitetään huomautuksissa ja kohtia joita voidaan muuttaa nimetään kansallisiksi parametreiksi (NDP, National Determined Parameters). Suomen osalta ehdotus kansallisiksi liitteiksi osien EN 1993-1-1, EN 1993-1-2, EN 1993-1-8, EN 1993-1-9 ja EN 1993-10 on tehty ja ehdotus on ollut lausunnolla. Ko. osia koskevat kansalliset liitteet viimeisteltäneen kommenttien perusteella v. 2005 syksyllä ja julkaistaneen vuoden 2006 alussa. Em. viisi osaa ilmeistyivät englanninkielisinä CEN:n julkaisuina toukokuussa 2005. Ko. viisi osaa julkaistaneen suomeksi SFS-EN-standardeina vuoden 2005 lopulla tai vuoden 2006 alussa.

Eurocode 3:n käytön edellytys on, että teräsrakenteiden toteuttaminen tehdään standardin EN 1090 mukaan. Ko. standardi on parasta aikaa eurooppalaisella lausunnolla. Ko. standardi valmistuneen vuoden 2006 aikana, mahdollisesti vuoden 2007 alussa.

Kuten taulukosta 1 selviää Eurocode 3 on varsin laaja kokonaisuus. Tässä artikkelissa rajoitetaan vain tavanomaisimpien asioiden käsitteilyyn ja sekini tehdään varsin rajatusti. Lisäksi esitetään joitakin esimerkkejä.

Artikkeliin ja/tai Eurocode 3:een liittyen todetaan seuraavat asiat:

- Tässä artikkelissa on säilytetty Eurocode 3:n numerointi, jotta eri kohdat olisivat helposti kytkettävissä ko. standardin osaan.
- Tässä artikkelissa käsitellään vain seuraavien osien joitakin kohtia: EN 1993-1-1, EN 1993-1-5 ja EN 1993-1-8.
- EN 1993-1 on ns. geneerinen osa eli yleinen osa. Osissa EN 1993-2, EN 1993-3, EN 1993-4, EN 1993-5 ja EN 1993-6 viitataan yleisen osan EN 1993-1 sääntöihin, mutta yleisen osan EN 1993-1 sääntöjä voidaan myös muuttaa joissakin tapauksissa. Ko. muutokset selviävät ko. osista.
- Mikäli tässä artikkelissa on käsitelty kohtia, joissa voi esittää kansallisia parametreja, on menetelty siten, että ko. kohta on Suomen ehdotuksen kansalliseksi liitteeksi mukainen. **Koska Suomen kansallinen liite ei ole vielä lopullinen, on tämän artikkelin lukijan syytä tarkistaa kansallisen parametrin sisältö lopullisesta julkaisusta.**
- Tulee muistaa, että Eurocode on yksi järjestelmäkokonaisuus, jolloin esim. rakenteiden kuormitukset, kuormitusyhdistelmät ja osavarmuusluvut tulee valita Eurocode järjestelmästä. Eri järjestelmiin kuuluvien määräysten, ohjeiden, standardien jne. ristiinkäyttö ei ole sallittu.
- Tämä artikkeli on yleisluontoinen ja joidenkin kohtien osalta esitetään vertailuja ja eroja ohjeeseen B7.

Kun puhutaan tavanomaisista teräsrakenteista, erot Eurocode 3:n ja Suomen nykyisen ohjeen välillä ovat yleisesti ottaen minimaalisia, kun on kyse kestävyyksien ominaisarvoista. Jos kuormitukset ja kuormitusyhdistelmät otetaan huomioon, ovat erot jonkin verran isompia, mutta kuitenkin edelleen minimaalisia.





### 3.2.3 Murtumissitkey

Ohjeet haurasmurtumisen estämiseksi esitetään standardissa EN 1993-1-10. EN 1993-1-1:n kohdan 3.2.3 mukaan erillistä tarkastusta haurasmurtumisen suhteen ei tarvitse tehdä, jos EN 1993-1-10:n taulukossa 2.1 esitetyt ehdot ovat voimassa rakenteen alimmassa käyttölämpötilassa. EN 1993-1-1 kohdan 3.2.3 mukainen teksti on epätäydellinen. Varmuus haurasmurtumista vastaan tarkistetaan kaikissa käyttölämpötiloissa käyttäen kyseisessä käyttölämpötilassa esiintyvää kuormitustapausta. Voi esiintyä tapaus, jossa vaarallinen tilanne esiintyykin alhaisinta käyttölämpötilaa korkeammassa lämpötilassa, jolloin kuormitus on suurempi kuin alhaisimmassa käyttölämpötilassa.

Standardi EN 1993-1-10 sallii sen, että puristetulle rakenneosalle ei aseteta haurasmurtumiseen liittyviä vaatimuksia. Ko. kohtaa voi kuitenkin muuttaa kansallisessa liitteessä. Ehdotuksessa Suomen kansalliseksi liitteeksi lähdetään siitä, että myös puristetuilta rakenteilta edellytetään tietty varmuus haurasmurtumista vastaan.

Kansallisen liitteen (toistaiseksi ehdotus) mukaan puristetuilla rakenneosilla standardia EN 1993-1-10 käytetään siten, että jännitystasoksi valitaan  $\sigma_{Ed} = 0,25f_y(t)$ .

Standardin EN 1993-1-10 taulukkoa 2.1 täydennetään lujien terästen osalta standardissa EN 1993-1-12.

### 3.2.4 Pakuussuuntaiset ominaisuudet

Terästen pakuussuuntaisten ominaisuuksien osalta viitataan standardeihin EN 1993-1-1 ja EN 1993-1-10. Ko. standardeissa esitetään ohjeet erilaisten ns. Z-laatuojen valitsemiseksi.

### 3.2.5 Toleranssit

Yleisenä lähtökohtana on, että suunnittelussa käytetään tuotteiden nimellismittoja, ellei toisin esitetä. Kuumavalssattujen tuotteiden ja kylmävalssattujen rakenneputkien osalta toleranssit ilmenevät ko. tuotestandardeista ja hitsattujen rakenteiden osalta noudatetaan standardin prEN 1090-2 ohjeita. Standardi prEN 1090-2 on tätä kirjoitettaessa eurooppalaisella lausunnolla.

## 3.3 Kiinnittimet ja hitsauslisäaineet

Kiinnittimien ja hitsauslisäaineiden ominaisuuksien osalta viitataan lukuisiin eurooppalaisiin tuotestandardeihin sekä standardiin EN 1993-1-8.

## 4 Säilyvyys

Standardissa EN 1993-1-1 esitetään vain yleisiä vaatimuksia ja yksityiskohtien osalta viitataan standardiin EN 1090-2. Säilyvyyden osalta eri-

laisia ohjeita esitetään standardissa EN 1990-2. Standardissa EN 1090-2 taas viitataan muihin EN-standardeihin kuten ympäristöluokitusta, maalausta, sinkitystä jne. koskevat standardit, joista löytyvät yksityiskohtaiset käytännössä tarvittavat ohjeet.

## 5 Rakenneanalyysi

EN 1993-1-1:n luku 5 on varsin laaja ja sen keskeinen sisältö esitetään tässä artikkelissa vain pääkohdittain puuttumatta lukuisiin yksityiskohtiin.

### 5.1 Mallinnus rakenneanalyysiä varten

#### 5.1.1 Mallinnus ja perusoletukset

Lähtökohtana on, että käytettävän rakennemallin tulee vastata todellista rakennetta.

#### 5.1.2 Liitosten mallinnus

Lähtökohtana on, että liitosten käyttäytymisen vaikutukset tulee ottaa rakenneanalyysissä huomioon, mikäli liitoksen käyttäytymisellä on vaikutusta koko rakenteen käyttäytymiseen (esim. osittain jäykät liitokset). Jäykkyyden perusteella liitokset luokitellaan seuraavasti:

- nivelliitos, jolloin voidaan olettaa, että liitos ei siirrä taivutusmomenteja
- jäykkä liitos, jolloin voidaan olettaa, että liitoksen käyttäytymisen ei vaikuta rakenneanalyysiin
- osittain jäykkä liitos, jolloin liitoksen käyttäytyminen otetaan huomioon rakenneanalyysissä.

Yksityiskohtaiset ohjeet esitetään standardissa EN 1993-1-8.

#### 5.1.3 Rakenteen ja maan välinen vuorovaikutus

Rakenteen ja maan välisen vuorovaikutuksen osalta viitataan standardiin EN 1997.

## 5.2 Kokonaistarkastelu

Englanninkielinen termi on ”global analysis”. Ensimmäisen kertaluvun teoriaa käytettäessä tarkoitetaan voimasuureiden laskemista. Toisen kertaluvun teoriaa käytettäessä tarkoitetaan edellisen lisäksi myös kestävyuden määrittämistä.

#### 5.2.1 Rakenteen siirtymätilan vaikutukset

Tunnetusti voimasuureet voidaan laskea:

- ensimmäisen kertaluvun teorian mukaan käyttäen rakenteen alkuperäistä geometriaa tai

– toisen kertaluvun teorian mukaan ottamalla huomioon rakenteen muodonmuutosten vaikutukset.

Standardissa EN 1993-1-1 esitetään rajoitukset milloin voidaan soveltaa ensimmäisen kertaluvun teoriaa sekä millaiset epätarkkuudet tulee ottaa huomioon toisen kertaluvun teoriaa käytettäessä.

### 5.2.2 Kehien stabiilius

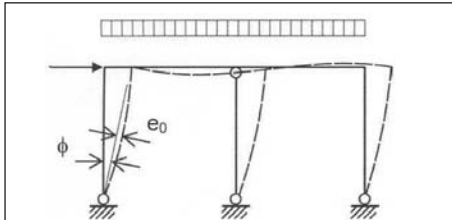
Standardissa EN 1993-1-1 esitetään kolme erilaista tunnettua menetelmää kehärakenteiden stabiiliuden tarkistamiseksi (puristettujen ja taivutettujen sauvojen mitoittamiseksi). Lyhyesti menetelmät ovat:

a) Sekä materiaaliin että rakenteeseen liittyvät epätarkkuudet otetaan huomioon suoraan toisen kertaluvun analyysissä.

b) Materiaalin ja rakenteen epätarkkuudet otetaan osittain huomioon rakenteen analyysissä ja osittain yksittäisen sauvan mitoituksessa. Tällöin sauvojen mitoituksessa käytetään rakenteen systeemipituuksia nurjahduspituuksina.

c) Sauvojen mitoituksessa käytetään ns. ekvivalentin pilarin menetelmää ja käytetään ”perinteisiä” nurjahduspituuksia. Tämä tapa vastaa Suomessa yleisimmin käytettyä tapaa.

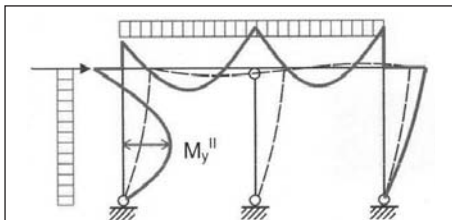
Kuvat 1–4 havainnollistavat käytettävissä olevia menetelmiä sekä huomioon otettavia epätarkkuuksia.



Huomioon otettavat alkuepätkätkuudet (toisen kertaluvun teoria, avaruuskehät):

- globaali alkusivusiirtymä  $\phi$
- alkukaarevuuden muodossa oleva alkuepätkätkuus  $e_{0,d}$
- kiertymistä kuvaava alkuepätkätkuus  $\phi_x$ .

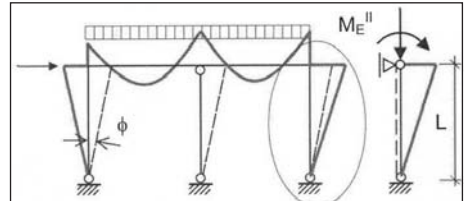
Kuva 1. Avaruuskehän kokonaisstabiilius toisen kertaluvun mukaan tarkasteltuna. /42/.



Huomioon otettavat alkuepätkätkuudet (toisen kertaluvun teoria, tasokehät):

- globaali alkusivusiirtymä  $\phi$ ;
- alkukaarevuuden muodossa oleva alkuepätkätkuus  $e_{0,d}$ .

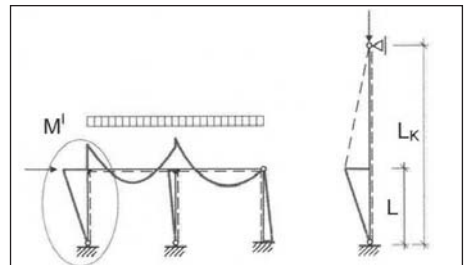
Kuva 2. Tasokehän kokonaisstabiilius ja sauvan stabiiliuden tarkastus. /42/.



Huomioon otettavat alkuepätkätkuudet (sauvanpäämomentit toisen kertaluvun teorian mukaan):

- globaali alkusivusiirtymä  $\phi$
- alkukaarevuuden muodossa oleva alkuepätkätkuus  $e_{0,d}$ ; otetaan huomioon vain, jos muunnettu hoikkuus ylittää standardissa EN 1993-1-1 esitetyn rajan.

Kuva 3. Kehän kokonaisstabiilius ja sauvan stabiiliuden tarkistus yksittäisenä sauvana käyttäen systeemipituutta nurjahduspituutena. /42/.



Tasokehän sauvanpäämomentit lasketaan ensimmäisen kertaluvun teorian mukaan. Alkuepätkätkuusia ei oteta huomioon.

Kuva 4. Kehän kokonaisstabiilius ja sauvan stabiiliuden tarkistus käyttäen ekvivalentin sauvan menetelmää (nurjahduspituuksia). /42/.



### 5.3 Analyysimenetelmät materiaalin epälinearisuuden huomioon ottamiseksi

Standardin EN 1993-1-1 ko. kohta sisältää tarpeelliset ohjeet sekä kimmoteorian että plastisuusteorian mukaisen kokonaistarkastelun tekemistä varten.

### 5.4 Epätarkkuudet

Epätarkkuuksien numeroarvojen osalta viitataan standardin EN 1993-1-1 lukuun 5. Standardissa esitetään laskemissa käytettävät epätarkkuudet sekä kehillle, yksittäisille sauvoille ja jäykistysjärjestelmille.

### 5.5 Poikkileikkausluokitus

#### 5.5.1 Perusteet

Poikkileikkausluokituksen merkitys on sama kuin Suomen rakentamismääräyskoelman osassa B7. Tässä artikkelissa todetaan kuitenkin seuraavat asiat:

- Eri poikkileikkausluokkien rajajoikkojen numeroarvoissa on jonkin verran eroja ohjeeseen B7 verrattuna ei kuitenkaan merkittäviä eroa.
- Sekä ohje B7 että EN 1993-1-1 sisältävät epäjatkuvuutta eri poikkileikkausluokkien välillä.
- Standardin EN 1993-1-5 mukaan laskien saadaan poikkileikkausluokan 3 ja 4 rajalle hieman erilaisia arvoja kuin standardissa EN 1993-1-1 esitetään.
- Poikkileikkausluokkaan 4 kuuluvien rakenteiden mitoitus tehdään standardin EN 1993-1-5 mukaan.
- Standardi EN 1993-1-1 sisältää laskentamenetelmän, jolla voidaan interpoloida poikkileikkausluokkien 2 ja 3 välillä. Ko. interpo-

lointi esitetään ns. ”20et”-säännön avulla. Toinen menetelmä ko. tapaukselle esitetään standardissa EN 1993-1-3.

- Poikkileikkausluokan 4 osalta yksityiskohtaiset ohjeet esitetään standardissa EN 1993-1-5. Ks. myös tämä artikkeli.

Kuva 5 havainnollistaa poikkileikkausluokan käsitettä ja merkitystä.

### 5.6 Plastisuusteorian mukaisen kokonaistarkastelun asettamat vaatimukset poikkileikkauksille

Plastisuusteorian käytölle esitetään joitakin rajoituksia ja lisäsääntöjä, joiden osalta viitataan EN 1993-1-1:een.

## 6 Murtorajatilat

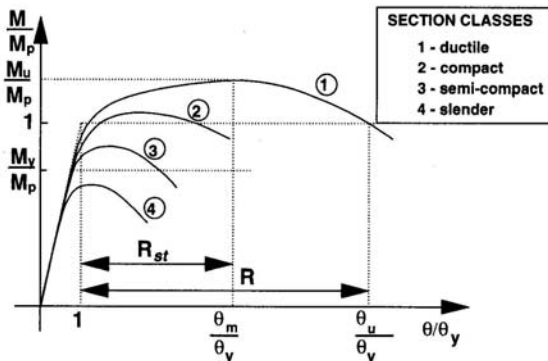
### 6.1 Yleistä

EN 1993:n mukaan osavarmuusluvut voidaan päättää kansallisesti. Ehdotuksessa Suomen kansalliseksi liitteeksi esitetään, että Suomessa noudatetaan suositeltavia arvoja.

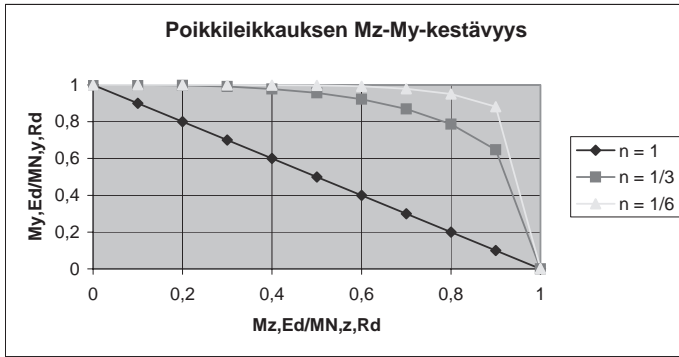
### 6.2 Poikkileikkausten kestävyys

Standardin EN 1993-1-1 kohdassa 6.2 esitetään kaavoja ja mitoitusperiaatteita poikkileikkauksen kestävyuden määrittämiseksi eri poikkileikkauksissa. Tässä ei puuttua yksityiskohtia, mutta todetaan seuraavat oleelliset asiat:

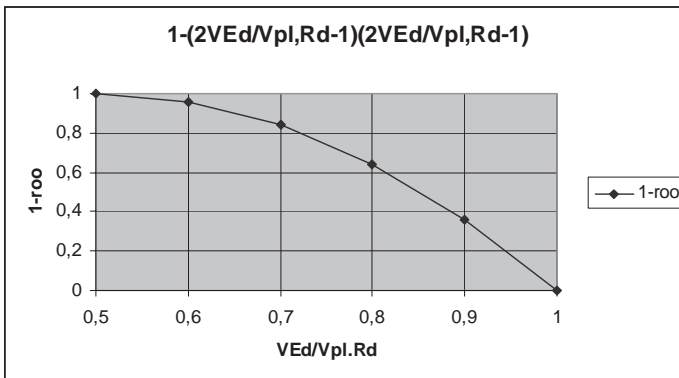
- Shear-lag-ilmion huomioon ottaminen, ks. standardi EN 1993-1-5.
- Joillekin tapauksille standardissa EN 1993-1-1 esitetään yksinkertaistettuja yhteisvaikutuskaavoja.



- Kimmoteoriaan perustuvaa mitoitusta voidaan käyttää kaikissa poikkileikkausluokissa poikkileikkausluokka 4 mukaan lukien, mutta tällöin jännitykset lasketaan tehollisten poikkileikkausarvojen perusteella.
- Puristusjännitykset eivät saa ylittää myötärajaa eniten rasitetussa reunassa. Murtorajatilataarkasteluissa laippojen painopistelinjat voidaan katsoa eniten rasitetuiksi reunoiksi. Väsymismitoitus, ks. EN 1993-1-9.
- Kohdassa 6.2 esitetään ohjeet siitä milloin reiät pitää ottaa huomioon ja milloin ne voi jättää huomioon ottamatta.
- Epäsymmetrisillä profileilla painopisteakselin siirtymisestä normaalivoiman vaikuttaessa aiheutuva lisämomenti otetaan huomioon poikkileikkausluokassa 4.
- Leikkauskestävyyden osalta myötölujeminen voidaan ottaa huomioon, kun teräslaji on enintään S460. Ko. asia on esitetty kansallisena parametrina, jolloin suositeltavia arvoja voi muuttaa kansallisesti. Ohjeissa B7 myötölujemisen hyödyntämistä leikkauksen yhteydessä ei ole sallittu.
- Mikäli leikkauslommahdus tulee määrääväksi, se lasketaan standardin EN 1993-1-5 mukaan.
- Poikkileikkauksen mitoitukselle väännön suhteen esitetään ohjeet standardin EN 1993-1-1 kohdassa 6.2.7.
- Kohdassa 6.2 esitetään myös kaavat seuraaville yhteisvaikutuksille:
  - taivutus ja leikkaus



Kuva 6. Suorakaiteen muotoisen rakenneputken kestävyys kahden akselin suhteen vaikuttaville momenteille, kun suhteellinen poikkileikkauksen normaalivoimakestävyys saa arvot  $n = 1, 3$  ja  $6$ . Pysyväkselillä  $M_{z,Ed}/M_{N,z,Rd}$  ja vaak-akselilla  $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd}$ .  $n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} \cdot /I/$ .



Kuva 7. Taivutuksen, leikkauksen ja aksiaalisen voiman yhteisvaikutus standardin EN 1993-1-1 kaavan (6.45) mukaan. /I/.



- taivutuksen, leikkauksen ja poikittaisen voiman yhteisvaikutus esitetään kuitenkin standardissa EN 1993-1-5
- taivutus ja aksiaalinen voima
- taivutus, leikkaus ja aksiaalinen voima.

Kuvassa 6 esitetään yksi esimerkki graafisesti poikkileikkauksen kestävydestä. Tarpeelliset kaavat ks. standardi EN 1993-1-1.

Kuvassa 7 esitetään graafisesti taivutuksen, leikkauksen ja aksiaalisen voiman yhteisvaikutus standardin EN 1993-1-1 kaavan (6.45) mukaan.

### 6.3 Sauvojen nurjahdus

#### 6.3.1 Vakiopoikkileikkauksiset puristetut sauvat

Sauvojen nurjahdusmitoituksen osalta todetaan seuraavat asiat yksityiskohtiin puuttumatta:

- Nurjahdusmitoitukselle esitetyt kaavat ovat samat kuin ohjeessa B7, mutta merkinnät ja kaavojen esitystapa on erilainen.
- Nurjahduskäyriä on kaikkiaan viisi (ns. eurooppalaiset nurjahduskäyrät), ks. kuva 8.
- Painopisteen siirtymisestä aiheutuva lisämomentti  $\Delta M_{E,d}$  otetaan huomioon poikkileikkauksiluokassa 4 epäsymmetristen poikkileikkausten tapauksissa.
- Joissakin tapauksissa teräksestä S460 tehdyille sauvoille esitetään parempia nurjahduskestävyksiä kuin perinteisesti.
- Esistandardiin ENV 1993-1-1 verrattuna uutta on, että myös vääntö- ja taivutusnurjahdukselle esitetään ohjeet.

Esistandardiin ENV 1993-1-1 verrattuna uutta ovat myös ohjeet poikkileikkaukseltaan muuttuvien sauvojen nurjahdusmitoitukselle.

#### 6.3.2 Vakiopoikkileikkauksisten sauvojen kiepahdus

Menetelmää kiepahduskestävyyden määrittämiseksi esitetään kaikkiaan kolme:

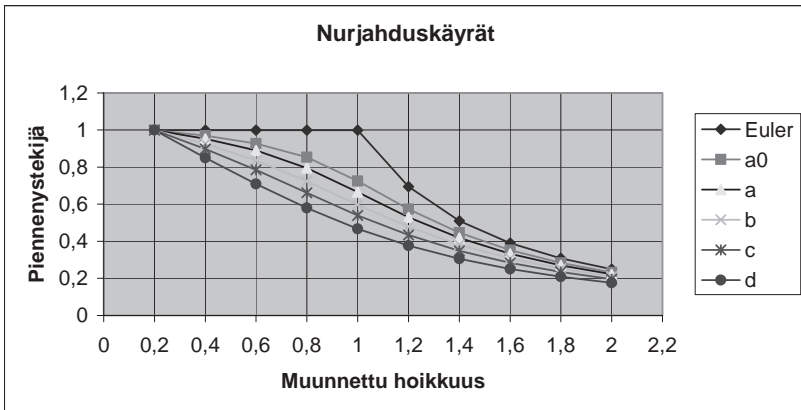
- Kiepahduskäyrät – Yleinen tapaus
- Valsattujen ja vastaavien hitsattujen sauvojen kiepahduskäyrät
  - Tämä menettely sisältää kansallisia parametreja, ts. käyrien tasoa voidaan muuttaa kansallisessa liitteessä.
- Yksinkertaistettu menetelmä sivusuunnassa tuetuille rakennusten sauvoille
  - Ko. menetelmässä kiepahdusmitoitus tehdään siten, että puristettua laippaa ja osaa puristetusta uumasta käsitellään puristettuna sauvana.

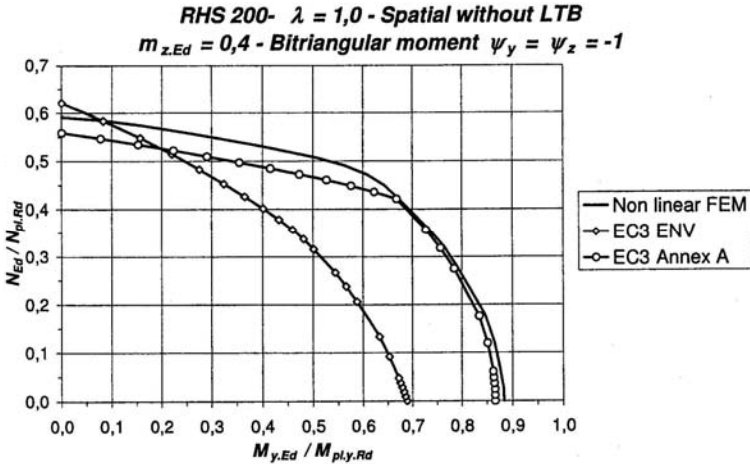
#### 6.3.3 Vakiopoikkileikkauksisten sauvojen taivutus ja aksiaalinen puristus

Puristettujen ja taivutettujen sauvojen mitoitamiseksi esitetään kaksi menetelmää Menetelmä 1 (Ks. standardin EN 1993-1-1 liite A) ja Menetelmä 2 (Ks. standardin EN 1993-1-1 liite B). Menetelmä voidaan valita kansallisessa liitteessä.

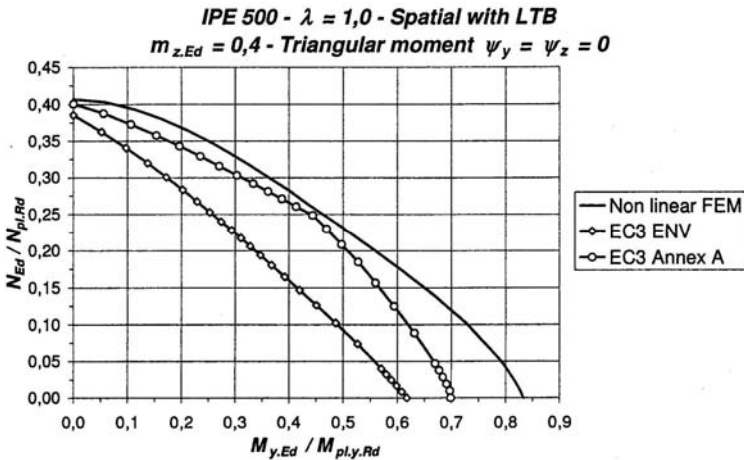
Ko. liitteisiin liittyen todetaan lyhyesti:

- Menetelmä 1 on yksinkertaisempi ja sen käyttöalue on rajoitettu.
- Menetelmä 2 on monimutkaisempi, mutta samalla käyttöalue on laajempi kuin menetelmässä 1.
- Suomen kansallisessa liitteessä on tarkoitus sallia molemmat menetelmät, mutta suositellaan menetelmän 1 käyttöä, mikäli se soveltuu.





Kuva 9. Puristetun ja taivutetun sauvan  $M$ - $N$ -yhteisvaikutus. Suorakaiteen muotoinen rakenneputki. Suhteellinen momentti  $z$ -akselin suhteen on 0,4. Kiepahdusta ei tarvitse ottaa huomioon tässä tapauksessa. Momenttipinta on lineaarinen ja sauvanmomenttiin suhde  $\psi = -1$  molempien akselien suhteen. Muunnettu hoikkuus on 1,0. /48/.



Kuva 10. Puristetun ja taivutetun sauvan  $M$ - $N$ -yhteisvaikutus. Kuumavalssattu profiili IPE 500. Suhteellinen momentti  $z$ -akselin suhteen on 0,4. Kiepahdus otetaan huomioon. Momenttipinta on lineaarinen ja sauvanmomenttiin suhde  $\psi = 0$  molempien akselien suhteen. Muunnettu hoikkuus on 1,0. /48/.

Kuvissa 9 ja 10 esitetään vain esimerkin vuoksi kaksi vertailua esistandardin ja standardin EN 1993-1-1 antamamista tuloksista  $M$ - $N$ -yhteisvaikutuksen osalta. Lisäksi kuvissa 9 ja 10 esitetään numeerin analyysin antama tulos. Kuviiin 9 ja 10 liityen todetaan:

- EC3 ENV tarkoittaa esistandardia ENV 1993-1-1
- EC3 Annex A tarkoittaa standardin EN 1993-1-1 liitteen A mukaista menetelmää.

## 7 Käyttöraajatilat

### 7.1 Yleistä

Standardissa EN 1993-1-1 ei esitetä yksityiskohtaisia ohjeita käyttöraajatilan osalta, vaan viitataan standardiin EN 1990.

### 7.2 Rakennusten käyttöraajatilat

Suomessa on tarkoitus, että taipumarajat sekä pysty- että vaakasuuntaisille taipumille esitetään pääosin standardin EN 1990 kansallisessa liitteessä.

Dynaamisten vaikutusten osalta standardi EN 1993-1-1 ei sisällä yksityiskohtaisia ohjeita. Suomen kansallisessa liitteessä on tarkoitus viitata Teräsrakenneyhdistys ry:n normikorttiin kevyiden lattioiden värähtelyn osalta.

### KIRJALLISUUTTA

- 1/ Kouhi J., Käsikirja Eurocode 3 EN 1993-1-1 (tekeillä)
- 2/ Villette M., Boissonnade N., Muzeau J.P., Jaspard J.P., Development of a comprehensive formula for the design of beam-columns, Internal report, University of Liege, Department MSM, Belgium, October 2000, 36 s.
- 3/ Greiner R., Lindner J., Die neuen Regelungen in der europäischen Norm EN 1993-1-1 für Druck und Biegung, Stahlbau 72 (2003), Heft 3, ss. 157-172
- 4/ Greiner R., Kaim P., Erweiterung der Traglastuntersuchungen an Stäben unter Druck und Biegung auf einfach-symmetrische Querschnitte, Stahlbau 72 (2003), Heft 3, ss. 173-80
- 5/ Vayas I., Ermopoulos J., Ioannidis G., Bemessungsbeispiele im Stahlbau nach Eurocode 3, Ernst & Sohn, Athen, October 2000, 664 s.
- 6/ Grotmann D., Krampen J., Sedlacek G., Tragverhalten von Stahhohlprofilstützen, Stahlbau 79 (2001) Helft 12, ss.988-990
- 7/ Roik K, Kindmann R., Das Ersatzstabverfahren – Eine Nachweisform für den einfeldrigen Stab bei planmässig einachsiger Biegung mit Druckkraft, Der Stahlbau 12/1981, ss.353-358
- 8/ Kuhlmann U., Reinert D., Zur Stabilitätsbemessung von Druckstäben mit einachsiger Biegung, Festschrift Joachim Lindner, Technische Universität Berlin, Institut für Bauingenieurwesen, Baukonstruktionen und Festigkeit, Fachgebiet Stahlbau, Sekt. B1, März 1998, ss. 259-268
- 9/ Roik K, Kindmann R., Das Ersatzstabverfahren – Tragsicherheitsnachweise für Stabwerke bei einachsiger Biegung und Normalkraft, Der Stahlbau 5/1982, ss. 137 – 145
- 10/ Roik K., Kuhlmann U., Beitrag zur Bemessung von Stäben für zweiachsiger Biegung mit Druckkraft, Stahlbau 9/1985, ss. 271 – 280
- 11/ ECCS TC8 – Ad - Hoc Working group on interaction formulae, Preliminary information, 5 April 2000, 8 s.
- 12/ Specification for structural steel buildings, Load and Resistance Factor Design, September 1, 1986, AISC, 219 s.
- 13/ Johnston B. G., Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures, 3rd. Ed. John Wiley & Sons, Inc., New York 1976, 616 s.
- 14/ Wilkinson T., Hancock G., Tests to Examine Compact Web Slenderness of Cold-formed RHS, Journal of Structural Engineering, October 1998, ss. 1166-1174
- 15/ Report EUR 13546, Interaction diagrams between axial load N and bending moment M for columns submitted to buckling: improvement of method proposed in standards and codes, Commission of the European Communities, Technical Research, Final Report Contract No 7210-SA/510, Brussel 1993, 344 s.
- 16/ Faella C., Piluso V., Rizzano, G., Structural Steel Semirigid Connections, Theory, Design and Software, CRC Press, New York, 2000, 505 s.
- 17/ Veljkovic M., Johansson B., DESIGN FOR BUCKLING OF PLATES DUE TO DIRECT STRESS, Div. of Steel Structures Luleå University of Technology S-976 34 Luleå, SWEDEN (Working document)
- 18/ ECCS TC8 ad-hoc-WG, "Interaction formulae for EC3", Report –15 March 2000, 15 s.
- 19/ ECCS TC8 ad-hoc-WG, "Interaction formulae for EC3", Report –20 March 2000, 15 s.
- 20/ King C. M., Design of Steel Portal Frames for Europe, Technical Report SCI Publication P164, 189 s.
- 21/ King C. M., Plastic Design of Single-Storey Pitched-Roof Portal Frames to Eurocode 3, Technical Report SCI Publication P147, 79 s.
- 22/ Greiner R., Salzgeber G., Ofner R., ECCS TC8-Report 30 June 2000 (rev.), New lateral torsional buckling curves ?LT– numerical simulations and design formulae, 43 s.
- 23/ Schiller V., Vergleich von Berechnungsvorschlägen für das Biege- und das Biegedrillknicken einteiliger Druckstäbe aus Stahl, Technische Universität Dresden, 13.1.2000, 88 s.

- /24/ Braham M., Some calculation examples for the stability verification of beam-columns based on prEN 1993-1-1, April 2001 Rules, Luxembourg, May 2001
- /25/ BELGIAN NATIONAL ANNEX FOR THE EN 1993 PARTS 1-1, 1-8, 1-9 AND 1-10, IBN Committee "Steel Structures" (ehdotus v. 2003)
- /26/ Lateral torsional buckling in steel and composite beams, Draft Final Technical Report - Book 1, ECSC Steel RTD Programme, Contract Number 7210-PR-183, 31.8.2002, 155 s.
- /27/ Lateral torsional buckling in steel and composite beams, Design Guide, Draft Final Technical Report - Book 2, ECSC Steel RTD Programme, Contract Number 7210-PR-183, 31.8.2002, 127 s.
- /28/ Handboken Bygg, Konstruktionsteknik, LiberFörlag Stockholm, 1985, 619 s.
- /29/ Statens Planverk, Bestämmelser för stålkonstruktioner, 1987, 140 s.
- /30/ Statens Stålbyggnadskommitté, Tunnelplåtsnorm 79, Tukholma 1980, 193 s.
- /31/ Trahair N.S., Lateral Buckling of Steel Angle Section Beam, Journal of structural engineering, ASCE, June 2003, ss. 784...791
- /32/ Trahair N.S., Moment Capacities of Steel Angle Sections, Journal of structural engineering, ASCE, November 2002, ss. 1387...1393
- /33/ Trahair N.S., Bearing, Shear and Torsion Capacities of Steel Angle Sections, Journal of structural engineering, ASCE, November 2002, ss. 1394...1398
- /34/ Kindmann R., Krahwinkel M., bemessung stabilisierender Verbände und Schubfelder, Stahlbau 70 (2001), Heft 11, ss. 885...899
- /35/ Lindner J., Stabilisierung von Biegeträgern durch Drehbettung – eine Klarstellung, Stahlbau 12/1987, ss. 365...373
- /36/ Fibrasova V., Kunst I., Machacek J., Rotter T., Studnicka J., Ustohal J., Vasek M., Votlucka L., Wald F., Worked Examples to Eurocode 3, 4. Department of Steel Structures, faculty of Civil Engineering, Czech Technical University, Prague, November 1991, 128 s.
- /37/ Sedlacek G., Spangemacher R., Dahl W., Hubo R., Langenberg P., Untersuchung der Auswirkung unterschiedlicher Streckgrenzenverhältnisse auf das Rotationsverhalten von I-Trägern, Projekt 169, Studiengesellschaft Stahlanwendung e.V., Forschung für die Praxis, März 1992, 102 s.
- /38/ Basler K., Kommentar zur Norm SIA 161 Stahlbauten., A5, Schweizerische Zentralstelle für Stahlbau (SZS), 1979, 98 s.
- /39/ ISO/CD 12494 Atmospheric Icing of Structures. 56 s., 30.5.1999
- /40/ ISO 19906-1 Petroleum and natural gas industries – Arctic Offshore Structures, Part 1: Definitions, Physical Conditions, Actions and Action Effect (standardi on tekeillä)
- /41/ Müller C., Zum Nachweis ebener Tragwerke aus Stahl gegen seitliches Ausweichen, RWTH Lehrstuhl für Stahlbau, Heft 47, Aachen, 2003, Shaker Verlag, 88 s.
- /42/ Vorschlag Önorm, B 1993-1-1, Ausgabe 2004-06-07, 15 s.
- /43/ Petersen C., Stahlbau, Grundlagen der Berechnung und baulichen Ausbildung von Stahlbauten, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage, Der Verlag Vieweg, 1994, 1451 s.
- /44/ Roik K. Vorlesungen über Stahlbau, Ernst & Sohn, 1978, 439 s.
- /45/ Way A., G., Salter P., R., Introduction to Steelwork Design to BS 5950-1:2000, SCI Publication P325, 2003, 186 s.
- /46/ Horne M.R., Morris L. J., Plastic Design of Low-Rise Frames, Conrado Monographs, Granada, 1981, 238 s.
- /47/ Massonet C., E, Save M., A., Plastic analysis and design, Volume one: Beams and Frames, Blaisdell Publishing Company, 1965, 379 s.
- /48/ Rules for Member Stability in EN 1993-1-1. Background documentation and design guidelines. Second draft (27 of November 2004), ECCS Technical Committee 8 – Stability, Documents TC8-2004-021 and TC8-2004-22
- /49/ Boissonnade N., Jaspard J-P., Muzeau J-P., Villette M., New interaction formulae for beam-columns in Eurocode 3: The French-Belgian approach, Journal of Constructional Steel Research 60 (2004), ss. 421...431
- /50/ Handboken Bygg, Konstruktionsteknik (Edit. Lantz H., Lorentsen M., Aven S.), LiberFörlag Stockholm, 1985, 619 s.
- /51/ Einführung in die Norm SIA 161 (1979) Stahlbauten, Autographie zum Fortbildungskurs für Bauingenieure 4-6 April 1979 an der ETH Zürich, Publication Nr. 79-1, Baustatik und Stahlbau, 285 s.
- /52/ Heywood M., D., Lim J., B. Steelwork Design Guide to BS 5950-1:2000, Volume 2, Worked Examples, SCI Publication P236, 2003, 179 s.
- /53/ Trahair N. S., Biaxial Bending of Steel Angle Section Beams, Journal of Structural Engineering, ASCE, April 2004, ss. 554...561
- /54/ Trahair N. S., Lateral Buckling Strengths of Steel Angle Section Beams, Journal of

- Structural Engineering, ASCE, June 2003, ss. 784...791
- /55/ Trahair N. S., Moment Capacities of Steel Angle Section Beams, Journal of Structural Engineering, ASCE, November 2002, ss. 1387...1393
- /56/ Trahair N. S., Bearing, Shear and Torsion Capacities of Steel Angle Section Beams, Journal of Structural Engineering, ASCE, November 2002, ss. 1394...1398

## Rakennustöiden laatu RTL 2005

Rakennustöiden laatu RTL 2005 on tarkoitettu rakennustyömaan laadunvarmistukseen, tuotannon ohjaukseen ja suunnitteluun. Kirja kokoaa yhteen Ratu-kortiston menetelmäohjeiden ja Rakennustöiden yleisten laatuvaatimusten RYL 2000:n laatuasiat työn tekemisen näkökulmasta.

Rakennusteollisuus RT ry  
Rakennustietosäätiö RTS,  
Rakennustieto Oy, 2004  
7., uusittu painos  
(Ratu-käsikirjat 2000, KI-6009)  
ISBN 951-682-756-X  
319 s., hinta 42 €, sis. alv 8 %



TILAUKSET Rakennustieto Oy  
puh. 0207 476 401, fax 0207 476 340  
[www.rakennustieto.fi](http://www.rakennustieto.fi)

**RAKENNUSTIETO**