

SUOMEN RAKENTAMISMÄÄRÄYSKOKOELMA

# Rakenteiden lujuus ja vakaus

Betonirakenteet



Ympäristöministeriö  
Miljöministeriet  
Ministry of the Environment

2019

# Esipuhe

Ympäristöministeriö julkaisee Suomen rakentamismääräyskokoelmassa rakenteiden lujuutta ja vakautta koskien betonirakenteiden suunnittelua koskevat suositukset. Ohje sisältää yhteen koottuna kaikki betonirakenteiden suunnittelua koskevat kansalliset liitteet.

Kunkin kansallisen liitteen alussa on esitetty standardin kohdat, joissa kansallinen valinta on standardin mukaan mahdollista tehdä sekä milloin valinta on tehty.

Helsingissä 16. joulukuuta 2019

Rakennusneuvos

Jorma Jantunen

Muutokset ohjeeseen 20.12.2016

08.03.2107 Kaavassa 1.5 sivulla 27 ollut lyöntivirhe on korjattu.

16.12.2019 On otettu huomioon standardi SFS EN 1992-4:2018, Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 4: Betonirakenteissa käytettävien kiinnikkeiden suunnittelu, ja lisätty sitä koskeva kansallinen liite.

16.12.2019 On otettu huomioon standardin muutos SFS-EN 1992-1-2:2005/A1:2019

# Sisältö

<b>1. Soveltamisala</b>	4
<b>2. Rakenteiden suunnittelu</b>	
2.1 Rakenteiden toteutusasiakirjat	4
2.2 Rakennesuunnitelmien sisältö	4
2.3 Toteutusluokat	5
2.4 Säilyvyys ja suunniteltu käyttöikä	6
<b>3. Toteutus</b>	
3.1 Toteutuksen suunnittelu	7
3.2 Käytettävät rakennustuotteet	7
<b>4. Toteutuksen valvonta ja rakenteiden kelpoisuus</b>	
4.1 Toteutuksen valvonta	8
4.2 Rakenteiden kelpoisuus	9
<b>5. Viittaukset</b>	9
<b>6. Eurokoodien SFS-EN 1992 kansalliset liitteet</b>	
Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-1-1 Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt	11
Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-1-2 Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus	30
Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-3 Osa 3: Nestesäiliöt ja siilot	35
Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-4 Osa 4: Betonirakenteissa käytettävien kiinnikkeiden suunnittelu	36

# 1. Soveltamisala

Nämä ohjeet antavat lisätietoja sovellettaessa ympäristöministeriön asetusta kantavista rakenteista betonirakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen. Ohjeet koskevat soveltuvin osin myös liittorakenteissa, esimerkiksi betoni-puu -liittorakenteissa käytettäviä betonirakenteita. Näiden ohjeiden mukaisen ratkaisun katsotaan täyttävän kantaville rakenteille asetetut vaatimukset.

Näitä ohjeita sovelletaan, kun betonirakenteet suunnitellaan standardien SFS-EN 1992 ja niitä koskevien kansallisten liitteiden mukaan sekä toteutetaan standardien SFS-EN 13670 ja SFS 5975 mukaan.

Betonielementtejä koskevissa harmonisoiduissa tuotestandardeissa on lisäksi betonielementtien suunnittelua ja valmistusta koskevia täydentäviä sääntöjä ja vaatimuksia

## 2. Rakenteiden suunnittelu

### 2.1 Rakenteiden toteutusasiakirjat

Betonirakenteiden toteutusasiakirjojen ja toteutuseritelmän laadinnasta annetaan ohjeita standardeissa SFS-EN 13670 ja SFS 5975.

Toteutusasiakirjat sisältävät yleensä vähintään seuraavat asiat:

- a) rakennepiirustukset
- b) standardien SFS-EN 13670 ja SFS 5975 mukaiset vaatimukset kuten esimerkiksi käytettävät toteutusluokat ja toleranssiluokat
- c) muut noudatettavat asiakirjat tai viittaukset muihin asiakirjoihin.

### 2.2 Rakennesuunnitelmien sisältö

Betonirakenteiden rakennesuunnitelmissa suunnittelutehtävään soveltuvassa laajuudessa esitetään yleensä vähintään:

- a) seuraamusluokka
- b) rasitusluokat ja rakenteen suunniteltu käyttöikä
- c) rakenneosien R/E/I/M-palonkestävyysluokka
- d) käytetyt ominaiskuormat ja kuormaluokka
- e) täydelliset tiedot rakenteiden mitoista ja sijainnista
- f) toteutusluokka
- g) toleranssiluokka
- h) betonin lujuusluokka
- i) betonipeitteen nimellisarvo ja sen sallittu mittapoikkeama

- j) betonissa käytetyn kiviaineksen ylänimellisraja
- k) raudoitusteräksen ja raudoitteiden tunnistetiedot
- l) raudoitustankojen lukumäärä, halkaisija, pituus, taivutusmuoto ja taivutussäteet, sijoitus ja jatkokset
- m) jänneraudoitteista punosten/tankojen lukumäärä, halkaisija, pituus, muoto ja taivutussäteet, sijoitus ja jatkokset sekä lisäksi jännetyyppi sekä injektointi- ja apuputkien paikat
- n) tiedot kiinnikkeiden ja varausten yms. paikoista
- o) toteutusluokan 3 rakenteiden piirustuksissa esitetään myös raudoituksen tuenta ja siihen liittyvä työraudoitus
- p) työsaumojen tarkka sijainti ja toteutustapa, kun rakenteen toteutusluokka on 3. Muissa toteutusluokissa suunnittelija voi jättää rakenteen kelpoisuuden kannalta vähämerkityksisiksi katsomiensa työsaumojen sijainnin ja toteutustavan työmaalla päätettäväksi
- q) jälkihoitoon liittyvät vaatimukset (rasitusluokan mukaan määräytyviä ei tarvitse esittää)
- r) sallitut mittapoikkeamat (toteutusluokan mukaan määräytyviä ei tarvitse esittää.)
- s) muiden käytettyjen materiaalien ja rakennustuotteiden vaatimukset.

Tehdasvalmisteisten (valmistus- tai asennuspiirustuksissa) rakenneosien osalta esitetään myös:

- t) valmisosista rakennustuotteen kelpoisuuden ja suunnittelun arviointia varten tarvittavat tiedot
- u) valmisosista käytetty CE-merkintämenetelmä (M1, M2, M3a tai M3b)
- v) betonielementin paino ja painopisteen paikka
- w) vähimmäistukipinnat
- x) nostolenkit ja niiden sijoitus
- y) käsittely-, tuenta- ja nosto-ohjeet tarvittaessa.

Rakenteiden suunnittelussa otetaan huomioon valmistustekniikan asettamat vaatimukset. Jos rakenne tai raudoitus on vaikeatekoinen, merkitään piirustuksiin tai työselostukseen ne erityistoimenpiteet, joita noudattamalla eri työvaiheiden ja niiden valvonnan voidaan katsoa täyttävän työnsuoritukselle asetetut vaatimukset.

Kantavat saumat ja saumaleveydet suunnitellaan siten, että saumat saadaan hyvin täytettyä käytettävällä työmenetelmällä.

## 2.3 Toteutusluokat

Betonirakenteiden toteuttamiselle asetetut vaatimukset jaetaan rakenteiden vaativuuden mukaan kolmeen toteutusluokkaan. Toteutusluokat esitetään standardissa SFS-EN 13670. Toteutusluokat koskevat työmaalla valmistettavia betonirakenteita. Toteutusluokat koskevat harmonisoitujen tuotestandardien mukaan valmistettujen betonivalmisosien osalta vain niiden asentamista työmaalla.

Toteutusluokka valitaan standardin SFS-EN 1990 ja seuraamusluokkien (CC1, CC2 ja CC3) sekä rakenteen käyttöön ja toteutukseen liittyvien riskitekijöiden perusteella. Toteutusluokka ja siihen liittyvät vaatimukset määräytyvät rakenteen tai sen osan seuraamusluokan tai muiden tekijöiden perusteella seuraavasti:

- seuraamusluokan CC2 rakenteet kuuluvat vähintään toteutusluokkaan 2
- seuraamusluokan CC3 rakenteet kuuluvat toteutusluokkaan 3
- korkealujuusbetonista valmistettavat rakenteet kuuluvat toteutusluokkaan 3. Korkealujuusbetonina pidetään betonia, jonka lujuusluokka on suurempi kuin C50/60
- rakenteet ja rakenneosat, joiden toteutus katsotaan erityisen vaativaksi tai joiden valmistaminen niiden rakenteellisen toiminnan varmistamiseksi edellyttää erityistä huolellisuutta, kuuluvat toteutusluokkaan 3. Erityisen vaativiksi katsotaan esimerkiksi jatkuvan sortuman kannalta kriittiset rakenneosat ja paikalla jännitetyt betonirakenteet
- jos rakenteen suunnittelussa on käytetty toleranssiluokkaa 2 ja sen mahdollistamia pienennettyjä osavarmuuslukuja, rakenteen toteutus kuuluu toteutusluokkaan 3.

Toleranssiluokan 2 käyttö toteutusluokassa 3 on vapaaehtoista. Osavarmuuslukuja voidaan kuitenkin pienentää vain toteutusluokassa 3 ja vain silloin, kun käytettäväksi määritellään toleranssiluokka 2.

Toteutusluokan 1 betonirakenteiden kantavuutta suunniteltaessa saadaan käyttää korkeintaan betonin lujuusluokkaa C20/25.

## 2.4 Säilyvyys ja suunniteltu käyttöikä

Suunnitellun käyttöiän saavuttamiseksi määritetään rasitusluokat ympäristöolosuhteiden mukaan. Rasitusluokan perusteella määritetään vaatimukset kuten käytettävä teräslaji, betonipeite sekä betonia ja toteuttamista koskevat vaatimukset:

- rasitusluokat esitetään standardissa SFS-EN 206
- betonipeite ja rakenteen suunnittelu esitetään standardissa SFS-EN 1992-1-1 ja sen kansallisessa liitteessä
- betonin säilyvyyttä koskevia ohjeita esitetään standardissa SFS-EN 206 ja sitä täydentävässä standardissa SFS 7022
- toteutusta koskevia ohjeita esitetään luvussa 3 sekä standardissa SFS-EN 13670 ja sitä täydentävässä standardissa SFS 5975
- betonivalmisteiden valmistusta koskevia vaatimuksia esitetään standardissa SFS-EN 13369 ja valmisteiden harmonisoiduissa tuotestandardeissa.

Teräs- ja muut metalliosat, joiden betonipeite ei täytä vaatimuksia tai jotka ovat muuten alttiina korroosiolle, suojataan luotettavasti korroosiota vastaan. Rasitusluokissa XC3, XC4, XS2, XS3, XD2 ja XD3 tällaiset osat tehdään korroosion kestävästä aineesta. Rasitusluokissa XC3, XC4, XS2 ja XD2 saadaan teräsosat kuitenkin tehdä korroosiota vastaan suojatusta tavallisesta teräksestä, jos niiden suojaus voidaan pitää kunnossa. Kerroksellisten ulkoseinäelementtien ansaiden ulkokuoreen tuleva paarteet tehdään samasta aineesta kuin diagonaali, mikäli paarteiden betonipeitevaatimukset eivät täyty.

## 3. Toteutus

### 3.1 Toteutuksen suunnittelu

Betonirakenteiden toteutuksen työsuunnitelmat laaditaan toteutusasiakirjojen pohjalta noudattaen standardeja SFS-EN 13670 ja SFS 5975.

Betonirakenteiden toteutuksen työsuunnitelmissa suunnittelutehtävään soveltuvassa laajuudessa esitetään yleensä vähintään:

- tarvittavat toteutuspiirustukset
- toteutusasiakirjojen edellyttämät standardin SFS-EN 13670 mukaiset työvaihesuunnitelmat kuten betonointisuunnitelma
- standardien SFS-EN 13670 ja SFS 5975 mukaiset laatuasiakirjat.

Toteutusluokkien 2 ja 3 rakenteiden toteutusta varten laaditaan erillinen betonointisuunnitelma.

Betonielementtien asentamista varten laaditaan asennussuunnitelma.

### 3.2 Käytettävät rakennustuotteet

Betonirakenteissa käytettävien rakennustuotteiden, aineiden ja tarvikkeiden ominaisuudet osoitetaan CE-merkinnällä jos ne kuuluvat harmonisoidun tuotestandardin soveltamisalaan tai jos valmistaja on hankkinut tuotteelleen eurooppalaisen teknisen hyväksynnän/arvioinnin. Muutoin ne osoitetaan eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä annetun lain 954/2012 mukaisesti .

Seuraavien tuotteiden ominaisuudet ovat keskeisiä betonirakenteiden luotettavuuden kannalta:

- betoni
- erikoislaastit ja -betonit
- betoniteräs ja betoniteräsverkot
- jänneteräkset
- raudoitteet
- jännemenetelmät
- betonielementit
- kuormia siirtävät metalliosat ja nostolenkit
- betoniterästankojen mekaaniset jatkokset
- betoniterästankojen erikoisankkurit.

Betonin määrittelyn, ominaisuuksien, valmistuksen ja vaatimustenmukaisuuden osalta ohjeita esitetään standardissa SFS-EN 206 ja sitä täydentävässä standardissa SFS 7022.

Erikoislaastiksi ja -betoniksi luetaan sellaiset kantaviin tai säänkestävyyttä edellyttäviin rakenteisiin käytettävät ns. valmislaastit ja -betonit, jotka toimitetaan työmaalle kuivatuotteina. Erikoislaasteihin ja -betoneihin luetaan myös saumaus- ja korjauslaastit, joilta edellytetään säänkestävyyttä sekä rakenteellinen saumauslaasti, ellei se ole standardin SFS-EN 206 mukaista valmisbetonia.

Betoniterästen olennaisista teknisistä vaatimuksista on säädetty asetuksella Hitsattavien betoniterästen ja betoniteräsverkkojen olennaisista teknisistä vaatimuksesta. Jänneterästen määrittelyn, ominaisuuksien ja vaatimustenmukaisuuden osalta ohjeita annetaan standardeissa SFS 1265-1 ja SFS 1265-3.

Betonielementtien valmistukseen liittyviä ohjeita esitetään standardissa SFS-EN 13369.

Valmistuksessa käytettävien erikoisbetonointimenetelmien vaikutus betonin ominaisuuksien kehitykseen selvitetään etukäteen rakennekokein tai arvioidaan muutoin riittävällä tarkkuudella sekä otetaan huomioon betonin suhteituksessa.

## 4. Toteutuksen valvonta ja rakenteiden kelpoisuus

### 4.1 Toteutuksen valvonta

Betonirakenteiden toteutuksen valvontaan liittyvät tarkastukset tehdään toteutusasiakirjojen edellyttämässä laajuudessa noudattaen standardeja SFS-EN 13670 ja SFS 5975.

Vastaava työnjohtaja tai erikseen nimetty erityisalan työnjohtaja valvoo rakenteiden toteuttamisen aikana, että betonirakenteiden valmistusta ja betonielementtien asennustyötä koskevia suunnitelmia ja ohjeita noudatetaan ja että töistä laaditaan asiaankuuluvat dokumentit.

Paikalla valettujen rakenteiden raudoituksen tarkastamisesta laaditaan pöytäkirja toteutusasiakirjojen ja tarkastusasiakirjan määrittämässä laajuudessa.

Mikäli toteutuksen aikana havaitaan, että rakenne tai yksityiskohta ei täytä toteutusasiakirjoissa esitettyjä vaatimuksia, selvitetään poikkeamien esiintymiskohdat ja syyt. Tällöin voidaan selvittää, onko poikkeama hyväksyttävissä ilman korjaamista. Tarvittaessa laskelmin osoitetaan, että saavutetaan standardeissa SFS-EN 1992 ja sen kansallisissa liitteissä edellytetty varmuustaso. Mikäli ei voida osoittaa, että poikkeama voidaan hyväksyä ilman korjaamista, tehdään korjaaminen tarvittavassa laajuudessa.



Mikäli betonin puristuslujuus joudutaan selvittämään rakenteesta, tehdään määrittely standardien SFS-EN 13791:2007 ja SFS 7022 mukaisesti. Poikkeama ja korjaava toimenpide kirjataan laadunvalvonta-aineistoon. Betonin lujuus-, säilyvyys- ja muiden ominaisuuksien toteamiseksi tehtävien kokeiden tulokset ilmoitetaan vajaalaadun tapauksessa rakennusvalvontaviranomaiselle, mikäli vajaalaatu vaikuttaa olennaisten teknisten vaatimusten täyttymiseen.

Laadunvalvonta-aineisto dokumentoidaan ja kootaan yhdeksi kokonaisuudeksi.

## 4.2 Rakenteiden kelpoisuus

Näitä ohjeita sovellettaessa rakenteiden kelpoisuuden arviointi perustuu siihen, että betonirakenteiden mitoitus on tehty asianmukaisesti standardien SFS-EN 1992 ja niiden kansallisten liitteiden mukaan sekä että betonirakenteet on toteutettu ja tarkastettu toteutusasiakirjojen mukaisesti.

# 5. Viittaukset

Viittausten kohdalla sovelletaan viimeisintä painosta (muutokset mukaan lukien), jollei viittauksen versiota ole yksilöity.

SFS-EN 206	Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimuksenmukaisuus
SFS-EN 1990	Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet
SFS-EN 1992-1-1	Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt
SFS-EN 1992-1-2	Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteellinen palomitoitus
SFS-EN 1992-3	Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 3: Nestesäiliöt ja siilot
SFS-EN 1992-4	Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 4: Betonirakenteissa käytettävien kiinnikkeiden suunnittelu
SFS-EN 12504-1	Betonin testaus rakenteista. Osa 1: Poratut koekappaleet. Näytteenotto, tutkiminen ja puristuslujuuden testaus
SFS-EN 13369	Betonivalmisteiden yleiset säännöt
SFS-EN 13670	Betonirakenteiden toteuttaminen

SFS-EN 13791:2007	Assesment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components
SFS 1265-1	Jänneteräkset. Osa 1: Yleiset vaatimukset
SFS 1265-3	Jänneteräkset. Osa 3: Punos
SFS 5975	Betonirakenteiden toteutus. Standardin SFS-EN 13670 käyttö Suomessa
SFS 7022	Betoni. Standardin SFS-EN 206 käyttö Suomessa

# 6. Eurokoodien SFS-EN 1992 kansalliset liitteet

## Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-1-1 Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt

Standardin SFS-EN 1992-1-1 osalta noudatetaan standardissa SFS-EN 1992-1-1 esitettyjä suositusarvoja ja kaikkia standardin SFS-EN 1992-1-1 liitteitä ellei tässä kansallisessa liitteessä toisin esitetä.

*Standardia ristiriidattomasti täydentävä lisäohje (NCCI) esitetään kursivoidulla tekstillä.*

Kansallinen valinta sallitaan standardin SFS-EN 1992-1-1 seuraavissa kohdissa:

- 2.3.3(3)
- 2.4.2.1(1)
- 2.4.2.2(1)
- 2.4.2.2(2)
- 2.4.2.2(3)
- 2.4.2.3(1)
- 2.4.2.4(1)
- 2.4.2.4(2)
- 2.4.2.5(2)
- 3.1.2(2)P
- 3.1.2(4)
- 3.1.6(1)P
- 3.1.6(2)P
- 3.2.2(3)P
- 3.2.7(2) Huomaus 1
- 3.3.4(5)
- 3.3.6(7)
- 4.4.1.2(3)
- 4.4.1.2(5)
- 4.4.1.2(6)
- 4.4.1.2(7)
- 4.4.1.2(8)
- 4.4.1.2(13)
- 4.4.1.3(1)P
- 4.4.1.3(3)
- 4.4.1.3(4)
- 5.1.3(1)P

- 5.2(5)
- 5.5(4)
- 5.6.3(4)
- 5.8.3.1(1)
- 5.8.3.3(1)
- 5.8.3.3(2) Huomautus 1
- 5.8.5(1) Huomautus 1
- 5.8.6(3)
- 5.10.1(6)
- 5.10.2.1(1)P
- 5.10.2.1(2)
- 5.10.2.2(4)
- 5.10.2.2(5)
- 5.10.3(2)
- 5.10.8(2)
- 5.10.8(3)
- 5.10.9(1)P
- 6.2.2(1)
- 6.2.2(6)
- 6.2.3(2)
- 6.2.3(3) Huomautus 1
- 6.2.4(4)
- 6.2.4(6)
- 6.4.3(6)
- 6.4.4(1)
- 6.4.5(1)
- 6.4.5(3)
- 6.4.5(4)
- 6.5.2(2)
- 6.5.4(4)
- 6.5.4(6)
- 6.8.4(1) Huomautus 2
- 6.8.4(5)
- 6.8.6(1)
- 6.8.6(3)
- 6.8.7(1)
- 7.2(2)
- 7.2(3)
- 7.2(5)
- 7.3.1(5)
- 7.3.2(4)
- 7.3.4(3)

- 7.4.2(2)
- 8.2(2)
- 8.3(2)
- 8.6(2)
- 8.8(1)
- 9.2.1.1(1) Huomautus 2
- 9.2.1.1(3)
- 9.2.1.2(1) Huomautus 1
- 9.2.1.4(1)
- 9.2.2(4)
- 9.2.2(5)
- 9.2.2(6)
- 9.2.2(7)
- 9.2.2(8)
- 9.3.1.1(3)
- 9.5.2(1)
- 9.5.2(2)
- 9.5.2(3)
- 9.5.3(3)
- 9.6.2(1) Huomautus 1
- 9.6.2(1) Huomautus 2
- 9.6.3(1)
- 9.7(1)
- 9.8.1(3)
- 9.8.2.1(1)
- 9.8.3(1)
- 9.8.3(2)
- 9.8.4(1)
- 9.8.5(3)
- 9.10.2.2(2)
- 9.10.2.3(3)
- 9.10.2.3(4)
- 9.10.2.4(2)
- 11.3.5(1)P
- 11.3.5(2)P
- 11.3.7(1)
- 11.6.1(1)
- 11.6.2(1)
- 11.6.4.1(1)
- 12.3.1(1)
- 12.6.3(2)
- A.2.1(1)

- A.2.1(2)
- A.2.2(1)
- A.2.2(2)
- A.2.3(1)
- C.1(1)
- C.1(3) Huomautus 1
- C.1(3) Huomautus 2
- E.1(2)
- J.1(2)
- J.2.2(2)
- J.3(2)
- J.3(3).

Kansallinen valinta on tehty symbolilla ● merkityissä kohdissa.

### **Betonin muodonmuutokset**

#### 2.3.3(3)

Liikuntasaumaväli  $d_{\text{joint}}$  suunnitellaan hankekohtaisesti. Perustamistapa otetaan huomioon suunnittelussa.

### **Jännevoiman osavarmuusluvut**

#### 2.4.2.2(1)

Jännevoiman osavarmuusluvulle  $\gamma_{P, fav}$  käytetään arvoa 1 normaalisti ja tilapäisesti vallitsevissa mitoitustilanteissa. Arvoa voidaan käyttää myös väsymistarkasteluissa.

Mikäli koko rakenteen tarkastelussa tarvitaan erilaisia osavarmuuslukuja edullisille ja epäedullisille vaikutuksille, jännevoiman osavarmuusluvun arvona käytetään lukuja 0,9 tai 1,1.

### **Materiaaliosavarmuusluvut**

#### 2.4.2.4(1)

Murtorajatiloiissa käytettävät materiaaliosavarmuusluvut  $\gamma_c$  ja  $\gamma_s$  normaalisti vallitsevalle, tilapäiselle ja onnettomuusmitoitustilanteelle esitetään taulukossa 1. Esitetyt arvot eivät ole voimassa palotilanteessa, jonka osalta viitataan standardiin SFS-EN 1992-1-2.

**Taulukko 1.** Materiaalien osavarmuusluvut murtorajatiloissa

Mitoitustilanne	Betonin osavarmuusluku $\gamma_c$	Betoniteräksen osavarmuusluku $\gamma_s$	Jänneteräksen osavarmuusluku $\gamma_s$
Normaalisti vallitseva ja tilapäinen mitoitus tilanne	1,5	1,15	1,15
Normaalisti vallitsevassa ja tilapäisessä mitoitus tilanteessa voidaan käyttää pienennettyjä osavarmuuslukuja mikäli käytössä: - SFS-EN 13670 mukainen toteutusluokka 3 ja toleranssiluokka 2 sekä betonin valmistuksen laadunvalvonta on varmennettu - betonielementeissä SFS-EN 1992-1-1 taulukon A.1 mukaiset pienennetyt poikkeamat sekä betonin valmistuksen laadunvalvonta on varmennettu	1,35	1,10	1,10
Onnettomuustilanne	1,0	1,0	1,0

Väsymistarkasteluissa käytetään osavarmuuslukujen  $\gamma_{c,fat}$  ja  $\gamma_{s,fat}$  arvoina taulukon 1 mukaisia normaalisti vallitsevien mitoitus tilanteiden pienentämättömiä osavarmuuslukuja.

## Lujuus

### 3.1.2(4)

Yli 28 vrk:n ikäisen betonin lujuuden määrittämisessä korjauskertoimen arvona käytetään arvoa  $k_t = 1,0$ .

## Puristuslujuuden ja vetolujuuden mitoitusarvo

### 3.1.6(1)P

Kertoimen  $\alpha_{cc}$  arvona käytetään lukua 0,85.

## Betoniteräs

### 3.2

*Standardin SFS-EN 1992-1-1 suunnittelusäännöt eivät ole voimassa pinnoitetuille betoniteräksille, ruostumattomille betoniteräksille tai betoniteräksille, joiden myötölujuus on suurempi kuin 600 MPa.*

*Pinnoitettuja betoniteräksiä, ruostumattomia betoniteräksiä ja betoniteräksiä, joiden myötölujuus on suurempi kuin 600 MPa, voidaan käyttää eurokoodisuunnittelussa, mikäli soveltamissääntöjen voimassaolo on osoitettavissa.*

*Ruostumattoman betoniteräksen jännitys-muodonmuutosyhteys poikkeaa kohdassa 3.2.7 esitetystä hiiliteräksen jännitys-muodonmuutosyhteydestä. Jännitys-muodonmuutosyhteys ei myöskään ole samanlainen ruostumattoman betoniteräksen eri teräslajien välillä.*

*Betoniterästen, joiden myötölujuus on yli 600 MPa, suunnittelussa otetaan huomioon teräksen suuremmasta jännityksestä aiheutuvat suuremmat muodonmuutokset.*

## Mitoitusoletukset

### 3.2.7(2) Huomautus 1

Muodonmuutoksen  $\epsilon_{ud}$  yläraja on 1 % käytettäessä nousevaa jännitystä.

## Mitoitusoletukset

### 3.3.6(7)

Venymän  $\epsilon_{ud}$  yläraja on 2 % käytettäessä nousevaa jännitystä.

## Betonipeitteen vähimmäisarvo, $c_{min}$

### 4.4.1.2(5)

Betonipeitteen vähimmäisarvo  $c_{min,dur}$  esitetään taulukossa 2.



**Taulukko 2.** Betonipeitteen vähimmäisarvovaatimukset (suunniteltu käyttöikä 50 tai 100 vuotta)

Betonipeitteen vähimmäisarvovaatimus $c_{min,dur}$ (mm) eri ympäristöolosuhteissa							
Kriteeri	Rasitusluokka standardin SFS-EN 1992-1-1 taulukon 4.1 mukaan						
	X0	XC1	XC2	XC3, XC4	XD1, XS1	XD2, XS2	XD3, XS3
Betoniteräs	10	10	20	25	30	35	40
Jänneteräs	10	20	30	35	40	45	50
100 vuoden suunniteltu käyttöikä	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5

**Huomautus 1.** Tartuntajänteille, joiden pitkäaikainen jännitys käyttörajatilassa on korkeintaan  $400 \text{ N/mm}^2$ , sovelletaan betoniteräkselle asetettuja vaatimuksia.

**Huomautus 2.** Betonipeitteen vähimmäisarvoa voidaan pienentää 5 mm, mikäli betonin lieeriölujuus on vähintään 10 MPa suurempi kuin säilyvyyden kannalta vaadittava vähimmäislieeriölujuus.

**Huomautus 3.** Betonipeitteen vähimmäisarvovaatimukset koskevat myös jänneterästen ankkureita ja valuun asennettavia metalliosia ellei niitä ole korroosiosuojattu rasitusluokkaa vastaavasti.

Huomautus 4. Betonin säilyvyyden tulee myös muilta osin täyttää 100 vuoden käyttöikävaatimus, mikäli rakenteen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta

Kun esitetystä betonipeitteen vähimmäisarvoista poiketaan tai käyttöikätaavoite on yli 100 vuotta vähimmäisarvot  $c_{min,dur}$  määritetään laskennallisella käyttöikämitoituksella, jossa otetaan huomioon ulkoinen säärasitus, sisäilmaston vaikutus, käytöstä aiheutuvat rasitukset, betonin koostumus, raudoitusteräksen korroosio-ominaisuudet, rakenteen yksityiskohdat ja pinnoitus, jälkihoito sekä tarkastus- ja huoltotoimenpiteet.

### Suunnittelussa huomioonotettava mittapoikkeama

#### 4.4.1.3(1)P

Betonipeitteen sallittu mittapoikkeama  $\Delta c_{dev}$  on yleensä 10 mm.

#### 4.4.1.3(3)

Betonielementtien suunnittelussa voidaan elementtityypeittäin käyttää pienempää sallittua mittapoikkeamaa kuin 10 mm, jos se tehdään sisäisen varmennetun laadunhallintajärjestelmän mukaan on perusteltua. Pienempää mittapoikkeamaa kuin  $\Delta c_{dev} = 5 \text{ mm}$  ei kuitenkaan saa käyttää.

#### 4.4.1.3(4)

Betonipeitteen nimellisarvolle käytetään vähintään arvoa  $k_1 = c_{\min} + 10$  mm, kun betonia valetaan tasoitettua (tasauskerroksella varustettua) pohjamaata vasten ja  $k_2 = c_{\min} + (20 \dots 40)$  mm, suunnittelijan harkinnan perusteella mm. käytettäessä betonia, joka valetaan suoraan maapohjaa vasten.

### **Lineaarisen kimmoteorian mukainen analyysi momenttien jakautuessa rajallisesti uudelleen**

#### 5.5(4)

Sitkeysluokan A teräksiä käytettäessä momenttien uudelleenjakautumista ei voi hyödyntää ja tällöin kerroin  $k_6 = 1$ . Kertoimille  $k_1, k_2, k_3, k_4$  ja  $k_5$  käytetään suositusarvoja.

### **Analyysimenetelmät**

#### 5.8.5(1) Huomautus 1

Suunnittelija valitsee käytettävän menetelmän (a) tai (b) tapauskohtaisesti.

### **Yleistä**

#### 5.10.1(6)

Jänneiden murtumisesta aiheutuvan haurasmurtuman välttämiseksi yhden seuraavista ehdoista on täyttyttävä:

#### Menetelmä A:

Käytetään vähintään kohdan 9.2.1 mukaista vähimmäisraudoitusta.

#### Menetelmä D:

Osoitetaan jänneiden toiminta luotettavasti. Tämän ehdon katsotaan toteutuvan, kun poikkileikkauksen taivutuskestävyys  $M_{Rd}$  on 1,5-kertainen murtorajatilän mitoitusmomenttiin  $M_{Ed}$  nähden.

Tartunnattomia jänneitä käytettäessä ehdon katsotaan toteutuvan, mikäli rakenne suunnitellaan siten, että vaikka yksi samassa poikkileikkauksessa oleva jänne vaurioituu käyttökelvottomaksi, rakenteen varmuustaso säilyy edelleen riittävänä. Laattarakenteissa samaan poikkileikkaukseen katsotaan kuuluvaksi ne jänneet, jotka sijaitsevat jänneen kummallakin puolella etäisyydellä  $L/3$ , jossa  $L$  on laatan jänneväli.

#### Menetelmä E:

Varmistetaan, että jos murtuminen tapahtuu joko kuorman kasvamisen tai jännevoiman pienentymisen takia, rakenneosa halkeilee ominaiskuormayhdistelmän vaikuttaessa ennen murtokestävyyden saavuttamista. Tarkastelussa otetaan huomioon halkeilun aiheuttama momenttien uudelleenjakautuminen.

## Betonin jännityksen rajoittaminen

5.10.2.2(4)

Luvulle  $k_4$  käytetään arvoa 20 % ja luvulle  $k_5$  arvoa 0 %.

5.10.2.2(5)

Kertoimelle  $k_6$  käytetään arvoa 0,65.

## Jännevoiman vaikutukset murtorajatilassa

5.10.8(2)

Jännityksen lisäykselle  $\Delta\sigma_{p,ULS}$  käytetään arvoa 50 MPa.

5.10.8(3)

Osavarmuuslukujen yläraja- ja alaraja-arvoina  $\gamma_{\Delta P, sup}$  ja  $\gamma_{\Delta P, inf}$  käytetään aina arvoa 1,0.

## Jännevoiman vaikutukset käyttörajatilassa ja väsymisrajatilassa

5.10.9(1)P

Käyttörajatila- ja väsymislaskelmissa voidaan käyttää yhtä jännevoiman ominaisarvoa, jolloin kertoimien  $r_{sup}$  ja  $r_{inf}$  arvo on 1.

## Leikkausraudoittamattoman laatan ja pilarianturan lävistyskestävyys

6.4.4(1)

Leikkausraudoittamattoman rakenteen lävistyskestävyyttä sekä lävistyskestävyyden ylärajaa määritettäessä suureen  $C_{Rd,c}$  arvona käytetään:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,3 \left(\frac{D}{d} + 1,5\right)}{\gamma_c \left(\frac{D}{d} + 4\right)} \quad (1.1)$$

missä

$D$  on pyöreän pilarin halkaisija tai suorakaidepilarilla  $D = \sqrt{c_1 c_2}$ , jossa  $c_1$  ja  $c_2$  ovat pilarin sivumittoja

$d$  on laatan keskimääräinen tehollinen paksuus.

Leikkausraudoitetun rakenteen lävistyskestävyyden määrittämisessä (standardin SFS-EN 1992-1-1 kaava 6.52) lävistyskestävyyden mitoitusarvo lasketaan (standardin SFS-EN 1992-1-1 kaava 6.47) käyttäen suureen  $C_{Rd,c}$  arvoa:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,3 \left(\frac{D}{d} + 1,5\right)}{4,5 \cdot \gamma_c \left(\frac{D}{d} + 4\right)} \quad (1.2)$$

Suureen  $v_{\min}$  arvona käytetään arvoa 0 ja suureen  $k_1$  arvona käytetään arvoa 0,1 kaikissa tapauksissa.

### **Leikkausraudoitetun laatan ja pilarianturan lävistyskestävyys**

#### 6.4.5(1)

Kertoimen  $k_{\max}$  arvona käytetään lukua 1,6.

*Standardin SFS-EN 1992-1-1 kaava (6.52) on johdettu säteittäiselle raudoitukselle. Kaavassa käytetään piirin  $u_1$  rajaamalla alueella olevan raudoituksen kokonaispinta-alaa, jolloin termi  $1,5 (d/s_r)A_{sw}$  korvataan raudoituksen kokonaispinta-alalla. Raudoituksen pinta-alaa laskettaessa tulee ottaa huomioon, että raudoitus on riittävän hyvin ankkuroitu lävistysshalkeaman molemmille puolille. Yleensä mukaan lasketaan raudoitus, joka on enintään  $1,5 d$  etäisyydellä pilarista.*

### **Betoniteräksen ja jänneteräksen väsymistarkastelu**

#### 6.8.4(1) Huomautus 2

Standardin SFS-EN 1992-1-1 taulukossa 6.3N ja 6.4N esitettyjä betoni- ja jänneterästen S-N käyrien parametrien arvoja voidaan käyttää, mikäli betoniteräksen väsymisluku on määritetty ympäristöministeriön asetuksen hitsattavien betoniterästen ja betoniteräsverkkojen olennaisista teknisistä vaatimuksista mukaan ja jänneteräksen väsymisluku on määritetty standardien SFS 1265-1 ja SFS 1265-3 vaatimusten mukaisesti ja jänneteräksen väsymislukuun luokka on F1 tai F2.

### **Puristuksen tai leikkauksen kuormittaman betonin väsymistarkastelu**

#### 6.8.7(1)

Jännitysjaksojen määrälle  $N$  käytetään suositusarvoa  $10^6$ . Kertoimelle  $k_1$  käytetään arvoa 1,0 jännitysjaksojen määrän ollessa  $N = 10^6$ .

### **Jännitysten rajoittaminen**

#### 7.2(5)

Kertoimien arvot ovat  $k_3 = 0,6$ ,  $k_4 = 0,8$  ja  $k_5 = 0,6$ .

### **Yleisiä tarkasteluja**

#### 7.3.1(5)

Halkeamaleveyden raja-arvo  $w_{\max}$  on annettu taulukossa 3.

**Taulukko 3.** Halkeamaleveyden raja-arvot  $w_{\max}$  (mm), kun rakenteen suunniteltu käyttöikä on enintään 100 vuotta.

Rasitusluokka	Teräsbetonirakenteet ja tartunnattomat ankkurijännerakenteet	Tartuntajännerakenteet ja injektoidut ankkurijännerakenteet	
	Pitkäaikainen kuormayhdistelmä	Tavallinen kuormayhdistelmä	Pitkäaikainen kuormayhdistelmä
X0, XC1	0,40	0,20	ei vaatimuksia
XC2, XC3, XC4, XD1, XS1	0,30	0,20	Vetojännityksetön tila
XD2, XD3, XS2, XS3	0,20	Vetojännityksetön tila	ei vaatimuksia

**Huomautus 1.** Rasitusluokkien X0 ja XC1 yhteydessä teräsbetonirakenteissa tai käytettäessä tartunnattomia jänteitä halkeamaleveydellä ei ole vaikutusta säilyvyyteen, ja esitetty raja on asetettu kelvollisen ulkonäön takaamiseksi. Jos ulkonäköehtoja ei aseteta, tätä rajaa voidaan väljentää.

**Huomautus 2.** Tartuntajännerakenteilla ja injektoiduilla ankkurijännerakenteilla sallitaan pitkäaikaisella kuormayhdistelmällä korkeintaan vetolujuuden ominisarvon  $f_{ctk,0,05}$  suuruinen vetojännitys, mikäli rakennetta kuormittaa standardin SFS-EN 1991-1-1 mukainen hyötykuorma, jonka pitkäaikaisosuuden yhdistelykerroin on suurempi kuin 0,5.

**Huomautus 3.** Betonipeitteen ollessa suurempi kuin säilyvyyden kannalta vaadittu minimipeite  $c_{min,dur}$ , taulukon halkeamaleveyden raja-arvoja saa korottaa kertoimella  $(c_{true}-c_{dev})/c_{min,dur} \leq 1,4$ , jossa  $c_{true}$  on suunnitelmien mukainen betonipeite. Mikäli betonipeitteen paksuus on suurempi kuin 50 mm, betonipeitteelle  $c$  voidaan käyttää halkeamaleveyden laskennassa arvoa 50 mm.

*Tiiviyttä vaativien säiliörakenteiden suunnittelua on käsitelty standardissa SFS-EN 1992-3.*

### Tapaukset, jolloin laskentaa ei tarvitse tehdä

#### 7.4.2(2)

Kertoimen  $K$  arvoja esitetään taulukossa 4. Taulukossa esitetään myös kaavaa (7.16) käytettäessä saatavat arvot yleisissä tapauksissa ( $C30/37$ ,  $\sigma_s = 310$  MPa, erilaisilla rakennejärjestelmillä ja raudoitussuhteilla  $\rho = 0,5$  % ja  $\rho = 1,5$  %).

**Taulukko 4.** Jännemitan ja tehollisen korkeuden perussuhteet teräsbetonirakenteille, joihin ei vaikuta puristavaa normaalivoimaa

Rakennejärjestelmä	$K$	Suuren jännityksen kuormittama betoni, $\rho = 1,5\%$	Pienen jännityksen kuormittama betoni, $\rho = 0,5\%$
Vapaasti tuettu palkki, vapaasti tuettu yhteen tai molempiin suuntiin kantava laatta	0,8	11	16
Jatkuvan palkin reunakenttä tai yhteen suuntaan kantavan jatkuvan laatan tai molempiin suuntiin kantavan laatan reunakenttä, kun laatta on yhden pitkän sivun yli jatkuva	1,0	15	22
Palkin tai yhteen suuntaan tai molempiin suuntiin kantavan laatan keskikenttä	1,2	17	24
Laatta, joka on pilarien varaan ilman palkkeja tuettu (pilarilaatta) (pitemmän jänteen perusteella)	1,0	14	20
Uloke	0,3	4	6
<p><b>Huomautus 1.</b> Esitetyt arvot on valittu siten, että ne ovat yleensä varmalla puolella, ja laskenta voi usein osoittaa, että hoikeimmat rakenneosat ovat mahdollisia.</p> <p><b>Huomautus 2.</b> Molempiin suuntiin kantavilla laatoilla tarkistus suoritetaan lyhyemmän jänteen perusteella. Pilarilaatoilla valitaan pitempi jännemitta.</p> <p><b>Huomautus 3.</b> Pilarilaatoissa esitetyt rajat vastaavat lievempää rajoitusta kuin jänteen keskelle syntyvä taipuma, jonka suuruus on pilariväli jaettuna luvulla 250. Kokemus on osoittanut, että tämä on riittävää.</p>			

### Tankojen väliset etäisyydet

8.2(2)

Kertoimien arvot ovat  $k_1 = 1$  ja  $k_2 = 3$  mm.

## Tankojen taivutustelan sallitut halkaisijat

### 8.3(2)

Raudoituksen vaurioitumisen välttämiseksi tangon taivutustelan halkaisijan edellyttään olevan vähintään taulukon 5 mukainen  $\phi_{m,min}$ .

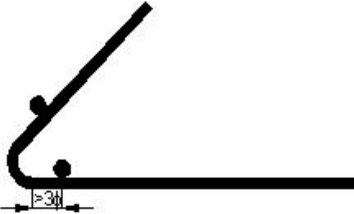
**Taulukko 5.** Pienimmät sallitut taivutustelan halkaisijat teräksen vaurioitumisen välttämiseksi

#### a) Tangot ja langat


Tangon halkaisija	Taivutustelan vähimmäishalkaisija taivutuksille, koukuille ja lenkeille (ks. kuvaa 8.1)
$\phi \leq 16 \text{ mm}$	$4,5\phi$
$\phi > 16 \text{ mm}$	$9\phi$

Huomautus. Taivutustelan vähimmäishalkaisijana voidaan käyttää vaihtoehtoisesti arvoja, jotka ovat vähintään 2 kertaa kyseisen teräsluokan taivutuskokeessa käytettävän tuurnan halkaisija.

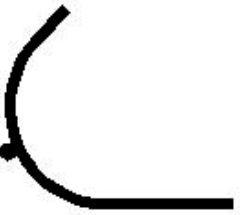
b1) Hitsatut raudoitteet ja verkot, jotka taivutetaan hitsauksen jälkeen ja taivutuskohta on hitsauslämmön vaikutusalueen ulkopuolella

	<p>Kun taivutuskohta on hitsauslämmön vaikutusalueen ulkopuolella (HAZ) taivutustelan halkaisija on kohdan a) mukainen.</p> <p>Hitsauslämmön vaikutusalueen (HAZ) pituutena voidaan käyttää <math>3\phi</math> liitoksen keskeltä.</p>
---	--

b2) Hitsatut raudoitteet ja verkot, jotka taivutetaan hitsauksen jälkeen ja taivutuskohta on hitsauslämmön vaikutusalueella sekä hitsi taivutuksen sisäpuolella

	<p><math>\phi_{m,min} = 2,0</math> kertaa kohdassa a) annetut arvot.</p> <p><math>\phi_{m,min} = 1,5</math> kertaa kohdassa a) annetut arvot asennushitsattavilla teräksillä (SFS 1202 tai CEN/TR 15481).</p>
---	---

b3) Hitsatut raudoitteet ja verkot, jotka taivutetaan hitsauksen jälkeen ja taivutuskohta on hitsauslämmön vaikutusalueella sekä hitsi taivutuksen ulkopuolella

	$\phi_{m,min} = 5,0$ kertaa kohdassa a) annetut arvot.  $\phi_{m,min} = 3,0$ kertaa kohdassa a) annetut arvot asennushitsattavilla teräksillä (SFS 1202 tai CEN/TR 15481).
---	--

c) Hitsatut voimaliitokset

Taivuttaminen vaatii aina erityisiä turvatoimenpiteitä ja laadunvalvontalaadunvalvontamennettelyjä.

Huomautus. Kiinnitysliitosten hitsaaminen valmiiksi taivutetuille alueille on sallittu asennushitsattavilla teräksillä (SFS 1202 tai CEN/TR 15481) ja kohdan a) mukaisilla taivutuksilla.

## Tartuntajännitys murtorajatilassa

### 8.4.2

*Pyöröterästä voidaan käyttää teräsosien tartuntoina tai paalujen hakaraidoiteina.*

*Pyöröterästen ankkurointikestävyys lasketaan standardin SFS-EN 1992-1-1 kohtaa 8.4 soveltaen:*

- *pyörötankojen tartuntalujuutena  $f_{bd}$  käytetään  $f_{bd} = \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$  standardin SFS-EN 1992-1-1 kaavan (8.2) sijasta*
- *tulon ( $\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5$ ) arvo on 1 (vrt. standardin SFS-EN 1992-1-1 kaava (8.5))*

*Tätä ohjetta voidaan soveltaa sileälle betoniteräkselle sekä rakenneteräkselle teräksen myötölujuuden  $f_{yk}$  ollessa korkeintaan 400 N/mm<sup>2</sup>. Pyöröterästen ankkuroinnissa käytetään koukkua.*

## Limityspituus

### 8.7.3(1)

*Käytettäessä kertoimelle  $\alpha_6$  arvoa 2,0 voidaan katsoa, että kohdan 8.7.2(3) mukainen vaatimus limijatkoksen pituussuuntaisesta etäisyydestä täyttyy ja vedetyt tangot voidaan jatkaa samassa poikkileikkauksessa kohdan 8.7.2(4) mukaisesti.*

*Puristustankojen limityspituutta laskettaessa kertoimelle  $\alpha_6$  voidaan käyttää arvoa 1.*



## Poikkileikkauksen raudoituksen vähimmäis- ja enimmäisalajat

### 9.2.1.1(3)

Veto- tai puristusraudoituksen alaa  $A_{s,max}$  ei rajoiteta.

## Muiden yksityiskohtien suunnittelu

### 9.2.1.2(1) Huomautus 1

Kertoimelle  $\beta_1$  käytetään arvoa 0,15, ellei kiinnitysastetta tutkita tarkemmin.

## Leikkausraudoitus

### 9.2.2(4)

Hakojen vähimmäisosuuden arvo  $\beta_3$  käytetystä leikkausraudoituksesta on 0, kun leikkausraudoitus on luotettavasti ankkuroitu.

## Yleistä

### 9.3.1.1(3)

Tankovälin enimmäisarvo  $s_{max,slabs}$  on:

- pääraudoituksessa  $3h \leq 400$  mm, missä  $h$  on laatan kokonaispaksuus
- jakoraudoituksessa  $4h \leq 600$  mm.

Pistekuormien tai maksimimomentin alueilla säännöt ovat vastaavasti:

- pääraudoituksessa  $2h \leq 250$  mm
- jakoraudoituksessa  $3h \leq 400$  mm.

## Lävistymisleikkausraudoitus

### 9.4.3(2)

*Standardin SFS-EN 1992-1-1 kaava (9.11) on johdettu säteittäiselle raudoitukselle. Vähimmäisteräsmäärä koko leikkausraudoitukselle voidaan laskea vaihtoehtoisesti käyttämällä termin  $s_r s_t$  sijasta piirin  $u_1$  rajoittamaa alaa, josta vähennetään pilarin poikkileikkausalaa.*

## Pääraudoitus

### 9.5.2(3)

Pääraudoituksen enimmäisalajan arvo on limityskohdassa  $A_{s,max} = 0,12A_c$  ja limityskohtien ulkopuolella  $A_{s,max} = 0,06A_c$ .

## Hakaraudoitus

### 9.5.3(3)

Hakojen jakovälit päätankojen suunnassa saavat olla enintään  $s_{cl,tmax}$ . Pienin seuraavista arvoista pätee:

- 15 kertaa pienimmän päätangon halkaisija
- pilarin pienin mitta
- 400 mm.

## Pystyraudoitus

### 9.6.2(1) Huomautus 2

Seinän pystysuoran raudoituksen maksimiarvo  $A_{s,vmax} = 0,06A_c$ .

## Seinämaiset palkit

### 9.7(1)

Vähimmäispinta-ala on  $A_{s,dbmin} = 0,0005 A_c$ , mutta vähintään 150 mm<sup>2</sup>/m kummallakin pinnalla ja kummassakin suunnassa.

## Kallionvarainen pilariantura

### 9.8.4(1)

Antura sijoitetaan riittävä poikittaisraudoitus, jotta se kestää anturan halkaisuvoimat, kun pohjapaine ylittää murtorajatiloiissa arvon  $q_2 = 3$  MPa. Raudoitustangon halkaisijan arvona käytetään vähintään arvoa  $\varphi_{min} = 8$  mm.

## Sisäiset siteet

### 9.10.2.3(4)

Parametrien arvoina käytetään  $q_3 = 20$  kN/m ja  $Q_4 = 70$  kN.

## Leikkausraudoittamattomat rakenneosat

### 11.6.1(1)

Leikkaustarkastelussa käytetään suositusarvoja.

Leikkausraudoittamattoman rakenteen lävistyskestävyyttä sekä lävistyskestävyyden ylärajaa määritettäessä suureen  $C_{IRd,c}$  arvona käytetään:

$$C_{IRd,c} = \frac{0,3 \left( \frac{D}{d} + 1,5 \right)}{\gamma^c \left( \frac{D}{d} + 4 \right)} \quad (1.3)$$

missä

$D$  on pyöreän pilarin halkaisija tai suorakaidepilarilla  $D = \sqrt{c_1 c_2}$ , jossa  $c_1$  ja  $c_2$  ovat pilarin sivumittoja

$d$  on laatan keskimääräinen tehollinen paksuus

Leikkausraudoitetun rakenteen lävistyskestävyyden määrittämisessä (kaava 11.6.52) lävistymiskestävyyden mitoitusarvo lasketaan (kaava 11.6.47) käyttäen suuren  $C_{Ird,c}$  arvoa:

$$C_{Ird,c} = \frac{0,3}{4,5 \cdot \gamma_c} \frac{\left(\frac{D}{d} + 1,5\right)}{\left(\frac{D}{d} + 4\right)} \quad (1.4)$$

Suureen  $v_{l,min}$  arvona käytetään arvoa 0 kaikissa lävistystarkastelutapauksissa.

### Betoni: suunnittelussa käytettävät lisäoletukset

12.3.1(1)

Raudoittamattoman betonin lujuuden kertoimille käytetään arvoja  $\alpha_{cc,pl} = 0,7$  ja  $\alpha_{ct,pl} = 0,6$ .

### Seinien ja pilarien yksinkertaistettu suunnittelu

12.6.5.2(1)

*Virumalla on merkittävä vaikutus raudoittamattomien seinien ja pilareiden puristuskestävyyteen. Kaavassa (12.11) viruman vaikutus kertoimeen  $\Phi$  otetaan huomioon epäkeskisyyden  $e_i$  avulla, jonka määrittämisestä ei ole annettu ohjeita. Tämän johdosta kaavaa (12.11) ei tulisi käyttää. Mikäli laskentaa ei tehdä yleisellä menetelmällä, voidaan kerroin  $\Phi$ , jossa viruman vaikutus on otettu huomioon, määrittää vaihtoehtoisesti kaavalla (1.5). Kaava (1.5) on käyräsovitus yleisellä menetelmällä määritetystä puristuskestävyydestä:*

$$\Phi = \frac{1 - 2,4(e_{tot} / h_w)}{1 + 0,007(l_0 / h_w)^2 (0,1 + e_{tot} / h_w) (0,8 + \varphi_{ef}) (f_{ck} / 30)^{0,7}} \quad (1.5)$$

*Kaavan (1.5) termit  $e_{tot}$ ,  $l_0$  ja  $h_w$  on määritelty standardin SFS-EN 1992-1-1 kohdassa 12.6.5.2. Tehollinen virumaluku  $\varphi_{ef}$  on määritelty standardin SFS-EN 1992-1-1 kohdassa 5.8.4.*

## **Laadunvalvonnan tehokkuuden ja mittapoikkeamien pienentämisen vaikutus**

### **A.2.1(1)**

Paikallavalurakenteissa raudoituksen osavarmuusluku voidaan pienentää arvoon  $\gamma_{S,red1} = 1,1$ , mikäli noudatetaan standardin SFS-EN 13670 toteutusluokkaa 3 ja toleranssiluokkaa 2.

Betonielementtien raudoituksen osavarmuusluku voidaan pienentää arvoon  $\gamma_{S,red1} = 1,1$ , mikäli sallittuina poikkeamina käytetään taulukon A.1 mukaisia pienennettyjä poikkeamia.

### **A.2.1(2)**

Paikallavalurakenteissa betonin osavarmuusluku voidaan pienentää arvoon  $\gamma_{C,red1} = 1,35$ , mikäli noudatetaan, standardin SFS-EN 13670 toteutusluokkaa 3 ja toleranssiluokkaa 2 ja betonin valmistuksen laadunvalvonta on varmennettu. Tällöin katsotaan, että betonin puristuslujuuden keskihajonnan variaatiokerroin täyttää asetetun vaatimuksen.

Betonielementtien betonin osavarmuusluku voidaan pienentää arvoon  $\gamma_{C,red1} = 1,35$ , mikäli noudatetaan taulukon A.1 mukaisia pienennettyjä poikkeamia ja betonin valmistuksen laadunvalvonta on varmennettu. Tällöin katsotaan, että betonin puristuslujuuden keskihajonnan variaatiokerroin täyttää asetetun vaatimuksen.

## **Pienennys, joka perustuu pienennettyjen tai mitattujen mittatietojen käyttöön suunnittelussa**

### **A.2.2(1)**

Osavarmuusluvut voidaan pienentää arvoihin  $\gamma_{S,red2} = 1,05$  ja  $\gamma_{C,red2} = 1,45$ .

### **A.2.2(2)**

Betonin osavarmuusluku voidaan pienentää arvoon  $\gamma_{C,red3} = 1,35$ .

## **Pienennys, joka perustuu valmiista rakenteesta suoritettavaan betonin lujuuden arviointiin**

### **A.2.3(1)**

Betonin osavarmuuslukua  $\gamma_C$  voidaan pienentää kertomalla se muuntokertoimella  $\eta = 0,85$ . Jos betonin lujuuden arvioinnissa valmiista rakenteesta on lujuusvaatimuksessa jo otettu huomioon kerroin  $\eta$  (EN 13791:  $\eta = 0,85$ ) ei betonin osavarmuuslukua  $\gamma_C$  saa enää pienentää muuntokertoimella  $\eta$ .

Betonin osavarmuusluvulle käytetään kuitenkin vähintään arvoa  $\gamma_{C,red4} = 1,2$ .

## Yleistä

### C.1(1)

Betoniterästankojen väsymislujuus määritetään ympäristöministeriön asetuksen hitsattavien betoniterästen ja betoniteräsverkkojen olennaisista teknisistä vaatimuksista mukaisilla menettelyillä. Jännitysvaihteluvälin yläraja ja siten myös kerroin  $\beta$  riippuu menettelystä. Käytettävä menettely valitaan projektikohtaisesti.

Harjojen suhteellisen vähimmäisalan tulee täyttää standardin SFS-EN 1992-1-1 taulukon C.2 N mukaiset arvot. Kaavoja (C.1N) ja (C.2N) ei käytetä.

### C.1(3) Huomautus 1 ja 2

#### Taulukko 6. Koetulosten ehdottomat rajat ja parametrit

Ominaisuus	Alitus $a_2$	Pienin sallittu yksittäinen tulos $X_{i,min}$	Pienin sallittu keskiarvo $M_{min}$
Myötölujuus $f_{yk}$	$C_v - X_i$	0,97 $C_v$	$C_v + 2,27 a_2$
$k - 1$ <sup>1)</sup>	$C_v - X_i$	0,92 $C_v$	$C_v + 1,78 a_2$
$\epsilon_{uk}$	$C_v - X_i$	0,92 $C_v$	$C_v + 1,78 a_2$

<sup>1)</sup> Vaatimus sovelletaan kertoimen ykköistä ylittävälle osuudelle.

Taulukossa 6 esitetään yksittäisen valmistuserän hyväksymiskriteerit kolmen koetuloksen perusteella lujuuden ja sitkeyden osalta.  $X_i$  on yksittäinen nimellisarvoa alittava mitaustulos ja  $C_v$  on teräkselle määritelty kyseisen ominaisuuden nimellisarvo.

## Liite E

### Säilyvyyttä koskevat ohjeelliset lujuusluokat

Liitettä E ei käytetä

## Liite J

### Esimerkkejä kohdista, joissa rakenteen toimintamalli muuttuu

Liitettä J voidaan käyttää kohtia J.1 ja J.2 lukuun ottamatta.

## Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-1-2 Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus

Standardin SFS-EN 1992-1-2 osalta noudatetaan standardissa SFS-EN 1992-1-2 esitettyjä suositusarvoja ja kaikkia standardin SFS-EN 1992-1-2 liitteitä ellei tässä kansallisessa liitteessä toisin esitetä.

*Standardia ristiriidattomasti täydentävä lisäohje (NCCI) esitetään kursivoidulla tekstillä.*

Kansallinen valinta on sallittua standardin SFS-EN 1992-1-2 seuraavissa kohdissa:

- 2.1.3(2)
- 2.3(2)P
- 3.2.3(5)
- 3.2.4(2)
- 3.3.3(1) Huomautus 1
- 4.1(1)P
- 4.5.1(2)
- 5.2(3)
- 5.3.2(2) Huomautus 1
- 5.6.1(1)
- 5.7.3(2)
- 6.1(5)
- 6.2(2)
- 6.3(1) Huomautus 1
- 6.4.2.1(3)
- 6.4.2.2(2)

Kansallinen valinta on tehty symbolilla ● merkityissä kohdissa.

### Parametrinen paloaltistus

#### 2.1.3(2)

Palon jäähtymisvaiheen aikaiselle keskimääräiselle lämpötilan nousulle  $\Delta\theta_1$  ja suurimmalle lämpötilan nousulle  $\Delta\theta_2$  ei anneta arvoja.

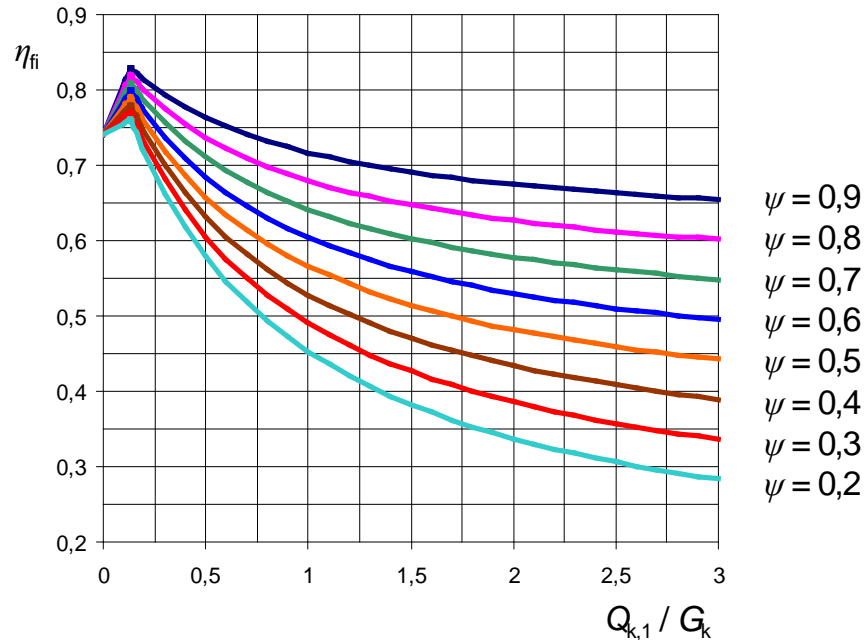
*Osastoivuusvaatimus perustuu vain standardipaloon ja siinä asetettuihin lämpötilarajoihin.*

*Paloturvallisuusvaatimuksen katsotaan täyttyvän myös, mikäli rakennus suunnitellaan ja rakennetaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet. Vaatimuksen täyttyminen todennetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja käyttö.*

## Rakeneosatarkastelu

### 2.4.2(3)

Käytettäessä standardin SFS-EN 1990 ja sitä koskevan ympäristöministeriön asetuksen mukaisia osavarmuuslukuja standardin SFS-EN 1992-1-2 kuva 2.1 muuttuu kuvassa 1 esitetyllä tavalla.



**Kuva 1.** Pienennystekijän,  $\eta_{fi}$ , vaihtelu määräävän muuttuvan kuorman ja pysyvän kuorman ominaisarvojen kuormasuhteen  $Q_{k,1} / G_k$  funktiona standardia SFS-EN 1990 koskevassa ympäristöministeriön asetuksessa esitettyjen kuormien yhdistelysääntöjen mukaan.

### 2.4.2(3) Huomautus 2

Likiarvoja ei käytetä.

## Betoniteräs

### 3.2.3(5)

Luokkaa N (taulukko 3.2a) voidaan käyttää kaikille betoniteräksille, jotka täyttävät ympäristöministeriön asetuksessa hitsattaville betoniteräksille ja betoniteräsverkoille asetetut olennaiset tekniset vaatimukset.

Luokkaa X (taulukko 3.2b) voidaan käyttää, mikäli teräksen ominaisuudet korkeissa lämpötilassa on osoitettu testaamalla standardin SFS 1300 mukaisella tavalla.

## **Jänneteräs**

3.2.4(2)

Kumpaakin luokkaa A tai B voidaan käyttää.

## **Lämmönjohtavuus**

3.3.3(1) Huomatus 1

Lämmönjohtavuudelle käytetään alaraja-arvoa.

## **Räjähdysmäinen lohkeilu**

4.5.1(2)

Raja-arvona räjähdysmäisen lohkeilun riskiä tarkasteltaessa käytetään arvoa  $k = 2,5 \%$ .

## **Menetelmä A**

5.3.2(2) Huomautus 1

Epäkeskisyydelle käytetään raja-arvoa  $e_{\max} = 0,4h$  (ja  $b$ ).

## **Yleistä**

5.6.1(1)

Uuman paksuudelle käytetään luokkaa WC.

## **Yleistä**

6.1(5)

Vähennettäessä korkealujuusbetonin lujuutta korkeissa lämpötiloissa käytetään taulukon 1 mukaista luokkaa kaikille betonin lujuusluokille.



**Taulukko 1.** Lujuuden pieneneminen korkeissa lämpötiloissa

Betonin lämpötila $\theta$ °C	$f_{c,\theta} / f_{ck}$
	Luokka FI
20	1,00
50	1,00
150	0,75
300	0,75
800	0,15
900	0,08
1000	0,04
1100	0,01
1200	0,00

### **Lohkeilu**

6.2(2)

Menetelmä A: Ei käytetä

Menetelmä B: Voidaan käyttää

*Betonityypit, joilla on seuraavat ominaisuudet on osoitettu hyväksyttäväiksi:*

- sementti CEM I 42,5 (tai 52,5) R,
- silikaa enintään 10 % sementin painosta,
- luonnonkiviaines, ja
- betonin saavutettua noin 60 % nimellisuudesta sen annetaan kuivua, eli pitkää kosteusjälkihoitoa ei saa käyttää.

Menetelmä C: Voidaan käyttää

Menetelmä D: Voidaan käyttää

### **Termiset ominaisuudet**

6.3(1) Huomautus 1

Korkealujuusbetonin lämmönjohtavuudelle käytetään kohdan 3.3.3 mukaista alemmaa raja-arvoa.

## **Pilarit ja seinät**

### 6.4.2.1(3)

Luokalle FI käytetään kerrointa  $k = 1,3$ . Luokka FI on määritelty edellä taulukossa 1.

## **Palkit ja laatat**

### 6.4.2.2(2)

Taulukon 6.2N kertoimet  $k_m$  eivät ole voimassa luokalle FI (määritelty edellä taulukossa 1). Niiden sijasta käytetään tarkempia menetelmiä, esimerkiksi 400 °C isotermiä kuten kohdassa 6.4.2.1 pilareille ja seinille.

## **6.4.3 Taulukkomitoitus**

### 6.4.3(1)

*Raudoituksen keskiöetäisyyttä voidaan säätää käyttämällä kohdan 5.2 tarkempia menetelmiä. Ottaen huomioon, että korkealujuusbetonin lämmönjohtavuus on kansallisen liitteen mukaan sama kuin normaalilujuusbetonin, tarkempien menetelmien käyttö johtaa siihen, että keskiöetäisyyttä ei tarvitse lisätä kertoimella  $k$ .*

## **Liite B**

### **Yksinkertaistetut laskentamenetelmät**

Liitettä voidaan käyttää, mutta ei parametriselle palolle.

## **Liite D**

### **Leikkausta, vääntöä ja ankkurointia koskevat laskentamenetelmät**

Liitettä ei käytetä, ellei tuloksia verifioida erikseen.

## Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-3 Osa 3: Nestesäiliöt ja siilot

Standardin SFS-EN 1992-3 osalta noudatetaan standardissa SFS-EN 1992-3 esitettyjä suositusarvoja ja kaikkia standardin SFS-EN 1992-3 liitteitä ellei tässä kansallisessa liitteessä toisin esitetä.

*Standardia ristiriidattomasti täydentävä lisäohje (NCCI) esitetään kursivoidulla tekstillä.*

Kansallinen valinta on sallittua standardin SFS-EN 1992-3 seuraavissa kohdissa:

- 7.3.1(111)
- 7.3.1(112)
- 7.3.3 (kuvat 7.103N ja 7.104N)
- 8.10.1.3(103)
- 9.11.1(102)

Kansallinen valinta on tehty symbolilla ● merkityissä kohdissa.

### **Yleisiä tarkasteluja**

7.3.1(111)

*Esimerkkejä eri tiiviysluokkiin kuuluvista rakenteista:*

*Tiiviysluokka 1: Pienet vesitornit, uima-altaat*

*Tiiviysluokka 2: Vesitornit, joissa ei sallita esteettisesti häiritseviä vuotoja.*

*Tiiviysluokka 3: Suuret vesitornit, haitallisia aineita sisältävät altaat (kuten kaatopaikkojen altaat) ja säiliöt.*

### **Betoniraudoituksen vähimmäispinta-ala ja pienimmät poikkileikkausmitat**

9.11.1(102)

Altaan seinämien paksuudeksi valitaan vähintään  $t_1 = 120$  mm luokassa 0 ja  $t_2 = 200$  mm luokissa 1 ja 2. Liukuvalettujen seinämien paksuuden tulee luokasta riippumatta aina olla vähintään 200 mm.

### **Liite K**

#### **Lämpötilan vaikutus betonin ominaisuuksiin**

Liitettä K voidaan käyttää. Lukua K.2 voidaan käyttää mitoitustilanteessa, jossa rakenteen lämpötila on pysyvästi välillä -25 ... -40 °C.

## Kansallinen liite standardiin SFS-EN 1992-4 Osa 4: Betonirakenteissa käytävien kiinnikkeiden suunnittelu

Standardin SFS-EN 1992-4 osalta noudatetaan standardissa SFS-EN 1992-4 esitettyjä suositusarvoja ja kaikkia standardin SFS-EN 1992-4 liitteitä ellei tässä kansallisessa liitteessä toisin esitetä.

*Standardia ristiriidattomasti täydentävä lisäohje (NCCI) esitetään kursivoidulla tekstillä.*

Kansallinen valinta on sallittua standardin SFS-EN 1992-4 seuraavissa kohdissa:

- 4.4.1(2)
- 4.4.2.2(2)
- 4.4.2.3
- 4.4.2.4
- 4.7(2)
- C.2(2)
- C.4.4(1)
- C.4.4(3)
- D.2(2)

Kansallinen valinta on tehty symbolilla ● merkityissä kohdissa.

### Kiinniketyypit ja kiinnikeryhmät

1.2(7)

*Eurooppalainen arviointiasiakirja EAD 330087-00-0601 käsittelee jälkikiinnitettävien betoniterästen ankkurointia.*

### Kuormien osavarmuusluvut

4.4.1(2)

Lämpötilakuorman osavarmuuslukuna murtorajatilassa käytetään standardin SFS-EN 1990 ja sen kansallisen liitteen mukaista osavarmuuslukua. Muille väliillisille kuormille kuten kutistumalle käytetään varmuusluvun arvoa  $\gamma_{ind} = 1,5$  murtumisen tapahtuessa betonissa ja arvoa  $\gamma_{ind} = 1,0$  muille murtotavoille. VäsytySKUORMAN osavarmuusluvulle käytetään suositusarvoa  $\gamma_{F,fat} = 1,0$ .

## **Murtorajatila (staattinen, kvasistaattinen ja maanjäristyskuormitus)**

### 4.4.2.2(2)

Osavarmuuslukuina käytetään suositusarvoja. Valuvaiheessa asennettujen kiinnikkeiden suunnittelussa voidaan käyttää lisäraudoitukselle pienennettyä osavarmuuslukua standardin SFS-EN 1992-1-1 ja sen kansallisen liitteen mukaisesti.

### **Liite B**

#### **Säilyvyys**

*Betonin pintaan jäävien ruostumattomien teräsosien teräslajin valinta voidaan tehdä standardin SFS-EN 1993-1-4 liitteen A mukaisesti.*

*Mikäli betonin pintaan jäävissä osissa käytetään muita teräslajeja, korroosiosuojana toimivan sinkkikerroksen paksuus tai maalauskäsittely valitaan teräsrakenteiden ilmasto-olosuhteiden mukaan kuten teräsrakenteilla yleensä.*

*Betonin sisään jäävien osien korroosiosuojaus katsotaan riittäväksi, kun standardin SFS-EN 1992-1-1 ja sen kansallisen liitteen mukainen betonipeitevaatimus täyttyy.*

### **Liite C**

#### **Kiinnitysten suunnittelu maanjäristyskuormille**

*Suomessa ei edellytetä mitoitusta maanjäristyskuormille, ellei tilaaja sitä halua. Liitteen C kansallisiin valintoihin ei ole otettu kantaa.*