

## EN 1992 kehitys ja keskeiset muutokset

Eurokoodiseminaari 2021

8.12.2021 prof. Anssi Laaksonen

<https://research.tuni.fi/betonirakenteet>

1

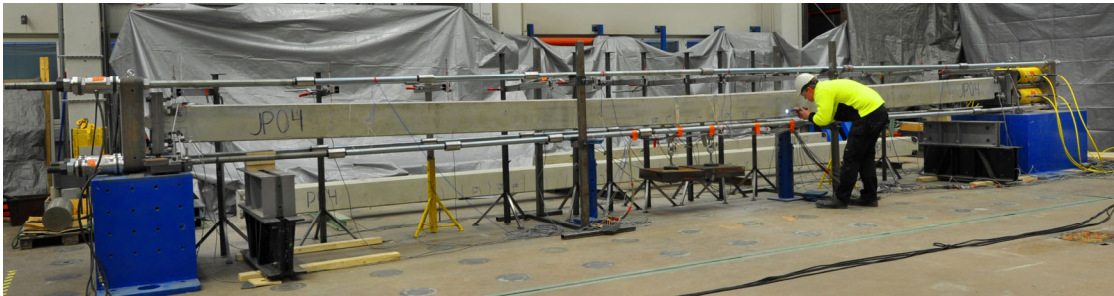
## Sisältö

- 1) Lähtökohtia
- 2) Päivitystyö
- 3) Muutoksia
- 4) Johtopäätökset

2

## Esityksen rajaukset

- Tässä esityksessä keskitytään betonirakenteiden mitoituksen osaan prEn 1992-1-1 ja päätekstin muutamiin keskeisiin muutoksiin.
- Palo-osaa prEN 1992-1-2 ja kiinnike-osaa EN 1992-4 vain sivutaan tässä esityksessä
- prEN 1992-1-1 ja prEN 1992-1-2 ovat Enquiry-vaiheessa, eli joitain muutoksia voi vielä olla luvassa



12/8/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

3

# Lähtökohtia

4

## Insinööri?

### Cambridge Dictionary:

A person whose job is to design or build machines, engines, or electrical equipment, or things such as roads, railways, or bridges, using scientific principles

### Oxford Dictionary:

A person whose job involves designing and building engines, machines, roads, bridges, etc.

The word engineer (Latin ingeniator) is derived from the Latin words ingeniare ("to create, generate, contrive, devise") and ingenium ("cleverness")

5

## Engineering judgement?

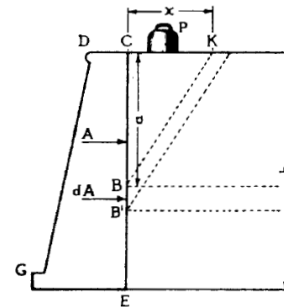
COULOMB AND EARTH PRESSURE - Géotechnique 1948 / 06 Vol. 1; Iss. 1  
by H. Q. GOLDBER

There are two approaches to a natural problem. They are the approach of the pure scientist and that of the engineer.

The pure scientist is interested only in the truth. For him there is only one answer-the right one-no matter how long it takes to get it.

For the engineer, on the other hand, there are many possible answers, all of which are compromises between truth and time, for the engineer must have an answer now; his answer must be sufficient for a given purpose, even if not true. **For this reason an engineer must make assumptions - assumptions which in some cases he knows to be not strictly correct - but which will enable him to arrive at an answer which is sufficiently true for the immediate purpose.**

Mistakes are not made when an engineer makes his assumptions. Mistakes are made when other engineers forget the assumptions which have been made, and the assumptions on which a theory is based are only too easily forgotten. How many engineers, for instance, could write down the assumptions on which the Theory of bending is based, and how many would apply the theory to a short, deep beam without realizing that this would be an error?



6

 Tampereen yliopisto  
Tampere University

## Mitä standardissa tulisi esittää?

Standardien tulisi olla mm.:

- Mahdollisimman tiivis
- Helposti ymmärrettävissä
- Helposti sovellettavissa jokapäiväisessä suunnittelussa

?! 

Standardien tulisi ottaa huomioon mm.:

- Viimeisin tieteellinen tutkimus
- Kaikki rakenneratkaisut
- Kattavasti mitoitus- ja laskentamenetelmät
- Kokemus aiemmista suunnittelukäytännöistä

Mitä standardeilta ja ohjeilta odotetaan?

- Suunnittelun käsikirja täydellisine esimerkkeineen
- Tarkka ohje aloitteleville suunnittelijoille
- Yksi standardi kaikille rakenteille

?! 


- Ei käytettävissä ilman "engineering judgement" ratkaisuja
- Omat standardit erilaisille rakenteille huomioiden erityisnäkökohdat

⇒ Standardien, normien ja ohjeiden:

- laadinnassa on tehty lukuisia kompromisseja pelkästään teknisen ratkaisun osalta
- lisäksi tarvitaan soveltavaa ohjeistusta
- käyttöalue on rajattu

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>


7

 Tampereen yliopisto  
Tampere University

## Mitä standardissa tulisi esittää?

Standardien tulisi olla mm.:

- Mahdollisimman tiivis
- Helposti ymmärrettävissä
- Helposti sovellettavissa jokapäiväisessä suunnittelussa


?! 

Standardien tulisi ottaa huomioon mm.:

- Viimeisin tieteellinen tutkimus
- Kaikki rakenneratkaisut
- Kattavasti mitoitus- ja laskentamenetelmät
- Kokemus aiemmista suunnittelukäytännöistä

Mitä standardeilta ja ohjeilta odotetaan?

- Suunnittelun käsikirja täydellisine esimerkkeineen
- Tarkka ohje aloitteleville suunnittelijoille
- Yksi standardi kaikille rakenteille

?! 

- Ei käytettävissä ilman "engineering judgement" ratkaisuja
- Omat standardit erilaisille rakenteille huomioiden erityisnäkökohdat

Laskenta-esimerkki	Käsikirja	RakMK B4	prEN 1992-1-1	NCCI	Model Code 2020	Tutkimus-julkaisut
			EN 1992-1-1			

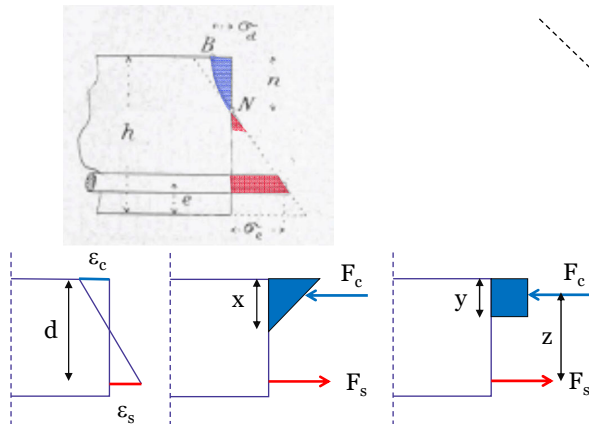
12/8/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

8

## Mekaniikan mukainen vai empiirinen malli?

- On insinööriyössä omaksuttavissa mekaniikan avulla
- Voi muodostua käsitys rakenteen toiminnasta
- Mahdollistaa rakenteiden kehittämisen ja soveltamisen

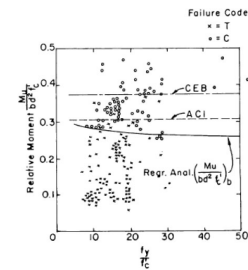
Ritter, W. 1899



$$F_c = 0.8 \cdot b \cdot x \cdot f_c = F_s$$

$$M_R = F_s \cdot z$$

Zsutty, T.C. 1963



$$M_u = 0.431 \cdot b \cdot d^2 \cdot \rho^{0.75} \cdot f_y^{0.9} \cdot f_c^{0.1} \text{ (psi, in)}$$

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

9

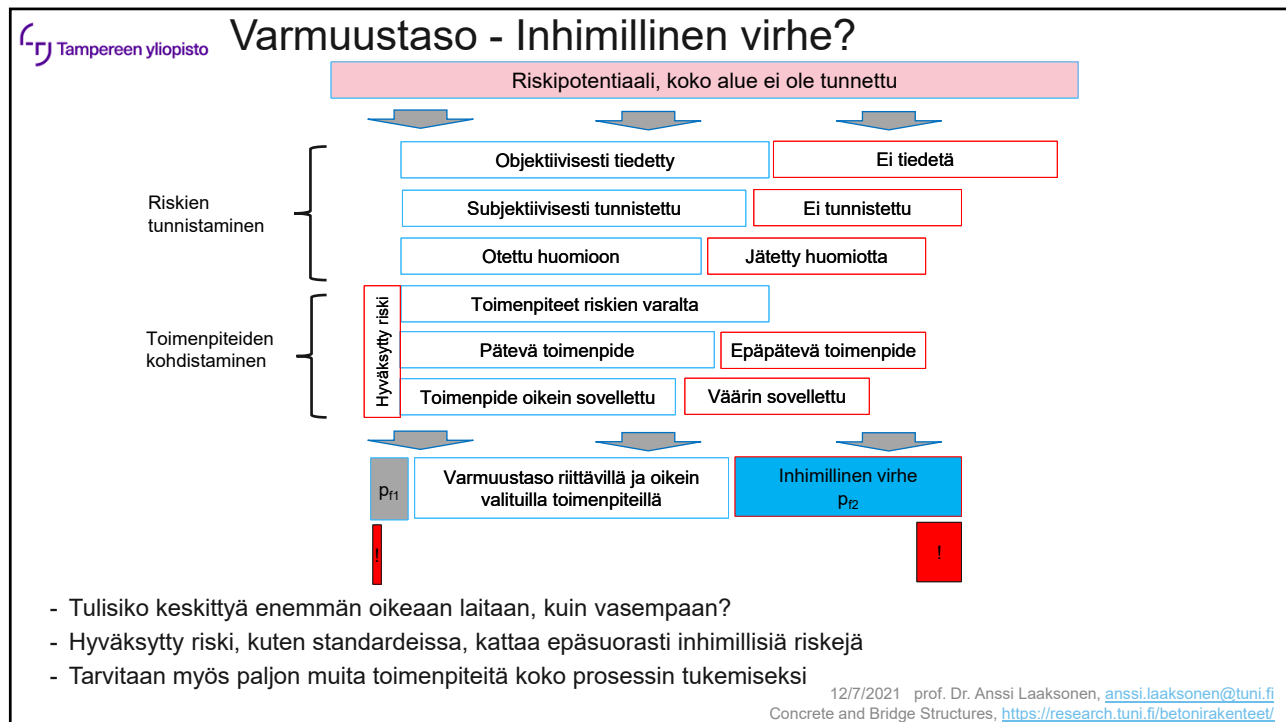
## Mitoitusmenetelmien tavoiteltavia lähtökohtia

- Perustuu läpinäkyviin fysikaalisiin malleihin (nk. Mekaniikan mukaisiin malleihin)
  - Säännöt jotka voidaan selittää, ymmärtää ja perustella fysiikan periaatteiden mukaan
  - Voivat sisältää kokeellisia parametreja
  - On verifioitu kattavasti kokeellisten tulosten avulla
  - Voidaan yhdistää epälineaarisiin analyyseihin haastavammissa rakenteissa
- Sisältää potentiaalia jatkokehitystä varten
- Tarjoaa yhtenäisen perustan eri mitoitusilanteille, esim. leikkausmitoitus ilman leikkausraudoitusta ja leikkausraudoituksen kanssa
- Mitoitusmenettelyn toiminta-alue tunnetaan paremmin
  - Lisäksi mekaaninen malli mahdollistaa menetelmän soveltamisen muihinkin tapauksiin, kuin mihin menetelmä on kalibroitu
- Yksi menetelmä, joka voi sisältää useita eri tasoja
  - Yksinkertainen/konservatiivinen – Kattava/tarkempi/työläämpi
  - Uudisrakenteet – Kantavuuden arviointi

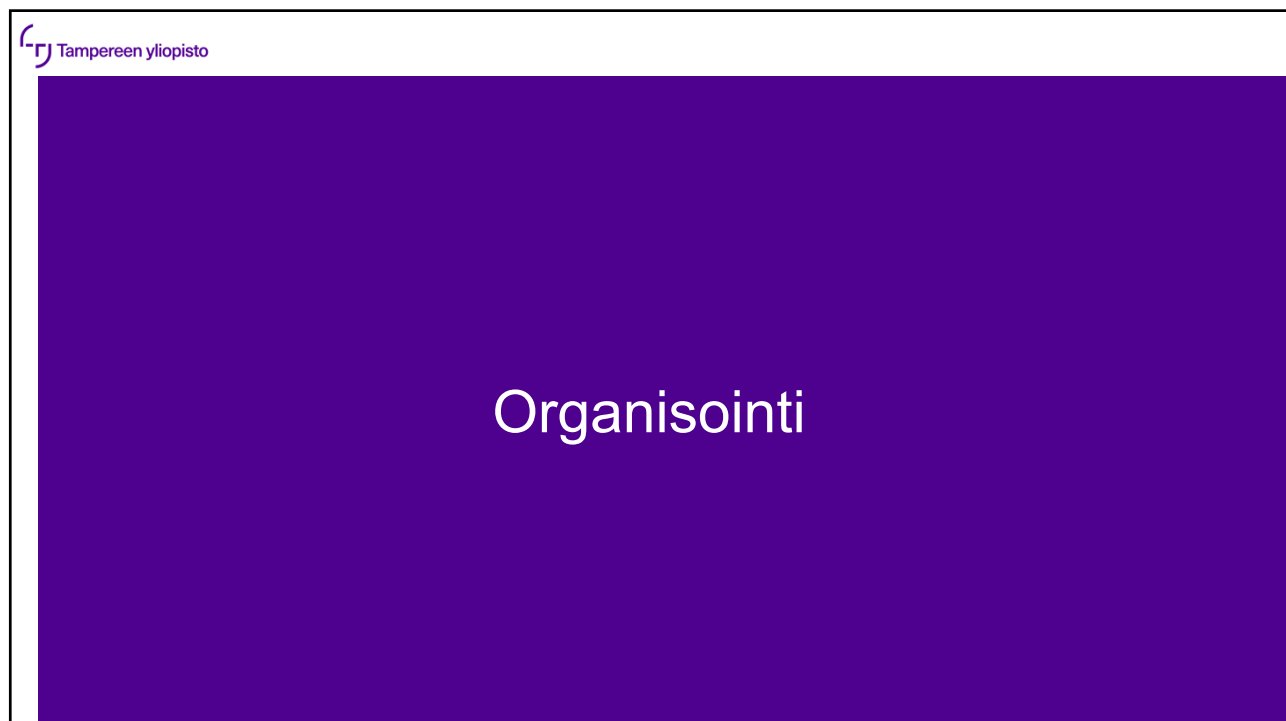


12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

10



11



12

## Päivitystyön organisointi

- CEN/TC 250/ SC 2 organisointi EN 1992 päivittämiseksi

Anssi Laaksonen		CEN/TC 250/SC 2 Chair: Hans Rudolf Ganz Secretary: Damir Zorcec
	CEN/TC 250/SC 2/WG 1 – EN 1992-1-1 Convenor: Mikael Hallgren	CEN/TC 250/SC 2/WG 2 – EN 1992-4 Convenor: Rolf Elgehausen
FRP (hiili/lasikuitu)	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 1 Leader: Konrad Zilch	PT SC2.T1 (2015 – 06/2018) – EN 1992-1-1 PT Leader: Aurelio Muttoni
FRC (Kuitubetoni)	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 2 Leader: Marco di Prisco	PT SC2.T2 (2017 – 06/2020) – EN 1992-1-2 PT Leader: Fabienne Robert
Kantavuuden arviointi	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 3 Leader: Gerrie Dieteren	PT SC2.T3 (2017 – 06/2020) – EN 1992-1-1 Items PT Leader: Craig Giaccio
Leikkaus/lävistys	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 4 Leader: Josef Hegger	
Palo	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 5 Leader: Fabienne Robert	
Rakenneanalyysi	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 6 Leader: Simon Wijte	
Kutistuma/viruma	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 7 Leader: Harald Müller	
Väsytykset	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 8 Leader: Paul Jackson	
Sillat	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 9 Leader: Giuseppe Mancini	
Durability	CEN/TC 250/SC 2/WG 1/TG 10 Leader: Mikael Hallgren	

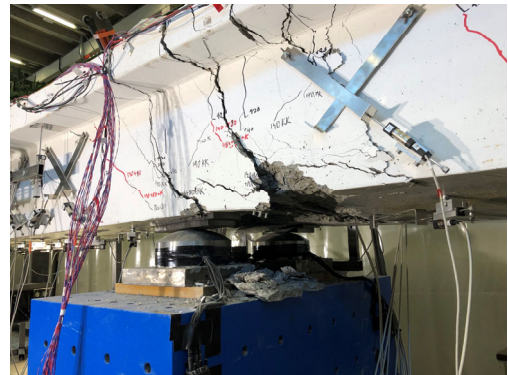
- CEN/TC 250/SC 2: Strategic guidance, supervision, decision taking
- CEN/TC 250/SC 2/WG 1: Coordination & editorial work for revision of Eurocode 2
- Task Groups of WG 1: Providing technical input for work of PTs
- Project Teams: Preparing drafts of future EN 1992-1-1 (T1 & T3) and EN 1992-1-2 (T2) under Mandate M/515

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

13

## Periaatteita

- Malli ja ehdot kunkin asian mitoitukseen annetaan vain yhden kerran riippumatta rakenteesta talo, silta, etc. Lisäksi on annettu lisäsääntöjä eri rakenteille
- Päivitystyössä on pyritty nk. mekaanisiin malleihin
- Mikäli jostain asiasta ei esitetä ehtoja, niin niitä voidaan kansallisesti säätää
- Alusta alkaen lähtökohta on ollut, että päivitystyön aikana laaditaan riittävän laajat ja kattavat taustadokumentit päivitetyistä asioista.
  - Tällä hetkellä taustadokumentteja on 67 osakokonaisuudesta ja sivuja yhteensä on noin 956!



12/8/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

14

Tampereen yliopisto

# prEN 1992-1-1 rakenne

15

Tampereen yliopisto

## Nykyisen EN 1992 rakenne


- Eurokoodi 2 = EN 1992-1-1; EN 1992-1-2; EN 1992-2; EN 1992-3; EN 1992-4

<p>EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPEISCHE NORM</p> <p><b>EN 1992-1-1</b></p> <p>October 2004</p> <p>Supersedes EN 1992-1-1:1992</p> <p>English Version</p> <p><b>Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings</b></p> <p>225 pp</p>	<p>EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPEISCHE NORM</p> <p><b>EN 1992-1-2</b></p> <p>October 2004</p> <p>Supersedes EN 1992-1-2:1992</p> <p>English Version</p> <p><b>Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design</b></p> <p>97 pp</p>	<p>EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPEISCHE NORM</p> <p><b>EN 1992-2</b></p> <p>October 2005</p> <p>Supersedes EN 1992-2:1992</p> <p>English Version</p> <p><b>Eurocode 2: Design of concrete structures - Concrete bridges - Design and detailing rules</b></p> <p>95 pp</p>	<p>EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPEISCHE NORM</p> <p><b>EN 1992-3</b></p> <p>June 2005</p> <p>Supersedes EN 1992-3:1992</p> <p>English Version</p> <p><b>Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 3: Liquid retaining and containment structures</b></p> <p>23 pp</p>	<p>EUROPEAN STANDARD NORME EUROPÉENNE EUROPEISCHE NORM</p> <p><b>EN 1992-4</b></p> <p>September 2004</p> <p>Supersedes EN 1992-4:1992</p> <p>English Version</p> <p><b>Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 4: Design of bridges for sea ice concrete</b></p> <p>119 pp</p>
--	--	---	--	---

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

16



 prEN 1992 rakenne

EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM

**DRAFT**  
prEN 1992-1-1

September 2021

ICS 91.010.30; 91.080.40


English Version

Widely superseded EN 1992-1-1:2004

Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1:  
General rules - Rules for buildings, bridges and civil  
engineering structures

Eurocode 2: Bemessung und Ausführung von  
Bauwerken aus Stahlbeton - Teil 1-1:  
Allgemeine Regeln - Regeln für Hochbauten, Brücken  
und Ingenieurbauwerke

**Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1:  
General rules - Rules for buildings, bridges and civil engineering structures**



© 2003 CEN. All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

234+156 pp  
178+~20 pp

EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM

**DRAFT**  
prEN 1992-1-2

September 2021

ICS 91.010.30; 91.080.40


English Version

Widely superseded EN 1992-1-2:2004

Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2:  
General rules - Structural fire design

Eurocode 2: Bemessung und Ausführung von  
Bauwerken aus Stahlbeton - Teil 1-2:  
Allgemeine Regeln - Tragwerksbemessung für den  
Brandfall

**Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2:  
General rules - Structural fire design**



© 2003 CEN. All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

64+10 pp  
169+10 pp

SFS-EN 1992-4:2018-09

EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM

**EN 1992-4**

September 2018

ICS 91.010.30; 91.080.40


English Version

Supersedes CEN/TS 1992-4-1:2009,  
CEN/TS 1992-4-2:2009, CEN/TS 1992-4-3:2009,  
CEN/TS 1992-4-4:2009, CEN/TS 1992-4-5:2009

Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 4: Design  
of fastenings for use in concrete

Eurocode 2 - Bemessung und Ausführung von  
Bauwerken aus Stahlbeton - Teil 4:  
Bemessung der Verankerung von Befestigungen in  
Beton

**Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 4: Design  
of fastenings for use in concrete**




© 2018 CEN. All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

102+17 pp

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

17

 prEN 1992-1-1 rakenne - Pääteksti

	Titel	Pages
1; 2; 3	Scope; Normative references; Terms, definitions and symbols	41
4	Basis of design	6
5	Materials	12
6	Durability	12
7	Structural analysis	19
8	Ultimate Limit States (ULS)	46
9	Serviceability Limit States (SLS)	17
10	Fatigue	4
11	Detailing of reinforcement and post-tensioning tendons	23
12	Detailing of members and particular rules	20
13	Additional rules for precast concrete elements and structures	13
14	Plain and lightly reinforced structures	6

- Standardin alkuun on koottu termit ja niiden määritelmät erittäin kattavasti, symbolit ja lyhenteet, yksiköt sekä käytetyt merkisäännöt
- **beam**  
linear member subject primarily to flexure and shear with cross section width not exceeding 4 times its thickness (otherwise it should be considered as a slab) and an effective span of not less than 3 times the overall depth
- Teksti on pyritty laatimaan siten, että se kattaa suurimman osan rakenteista ja päivittäisen suunnittelun tarpeet
- Lukujen otsikot ja jako ovat käytännössä samat kuten nykyisessäkin
- Durability kappaleessa uusi käyttöiän arviointimenetelmä ja nykyinen on esitetty Annex P:ssä
- Luku 8 ULS on laajin kokonaisuus perustekstistä sisältäen paljon uutta sisältöä

'Varsinainen sisältö': ~178 pp

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

18

## prEN 1992-1-1 rakenne - Liitteet

	Titel	Pages
A	Adjustment of partial factors for materials	9
B	Time dependent behaviour of materials: Creep, shrinkage and elastic strain of concrete and relaxation of prestressing steel	11
C	Requirements to materials (interface to product standards)	11
D	Evaluation of early-age and long-term cracking due to restraint	6
E	Additional rules for fatigue verification	6
F	Non-linear analyses procedures	6
G	Design of membrane, shell and slab elements	8
H	Guidance on design of concrete structures for water tightness	4
I	Assessment of resistance of existing structures	17
J	Strengthening of existing concrete structures with FRP	17
JA	Embedded FRP Reinforcement	8
K	Bridges	14
L	Steel fibre reinforced concrete	14
M	Lightweight aggregate concrete structures	4
N	Recycled aggregate concrete structures	4
O	Simplified approaches for second order effects	9
P	Alternative cover approach for durability	5
Q	Stainless reinforcing steel	3

Total: 156 pp

- Liitteistä osa on **normatiivisia** ja loput informatiivisia
- Monet kokonaisuudet **päivitetty** merkittävästi ja lisätty **uusia**
- Liitteissä on esitetty hyvin kattavasti eri osa-alueita
- Päivittäiseen suunnitteluun yleisimmin tulevia kuitenkin vain osa, ehkäpä noin 20 sivua
- Myös olemassa oleville rakenteille menetelmiä:
  - Annex I Kantavuuden arviointi
  - Annex J Vahventamiselle mitoitusmenetelmiä
- Nykyiseen standardiin verrattuna uusia materiaaleja:
  - FRP, kuitubetoni, kierratettu betoni runkoaineena ja ruostumaton raudoite
- Rakennejärjestelmistä siltoja koskee Annex K
- Vaatimukset materiaaleille jotta standardin mitoitussäännöt ovat voimassa on esitetty Annex C:ssä.

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

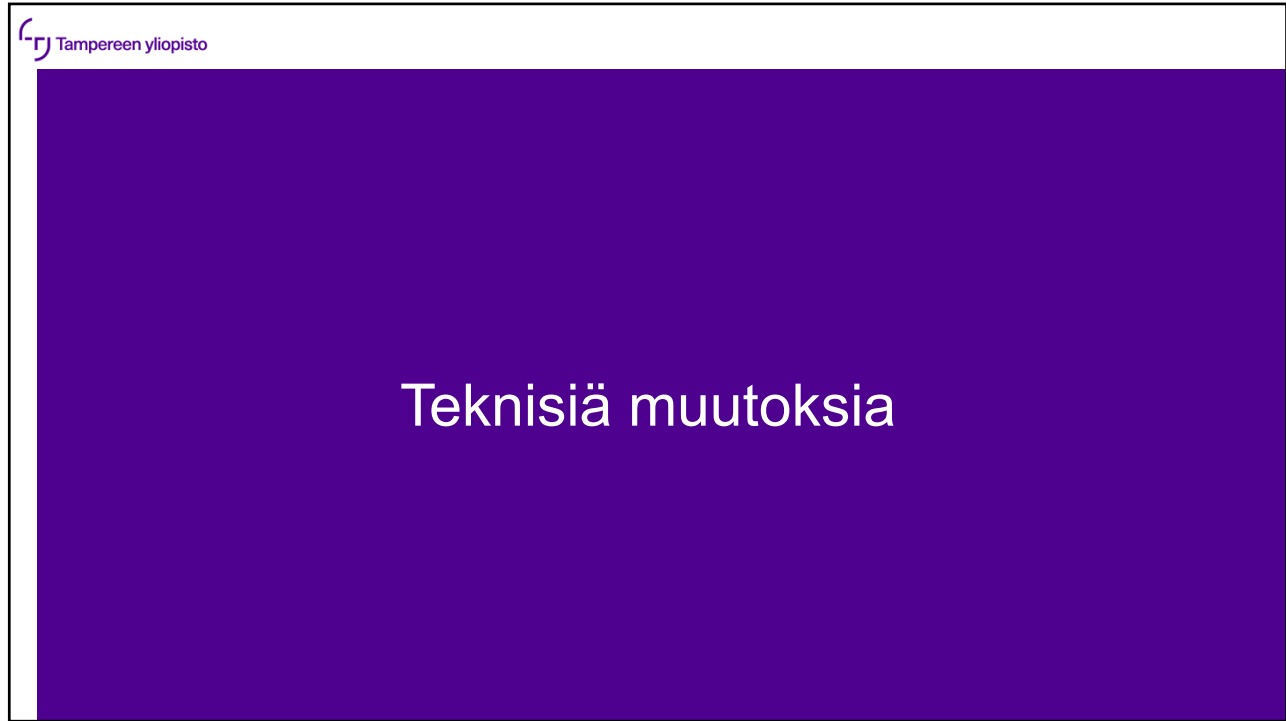
19

## Kansalliset valinnat

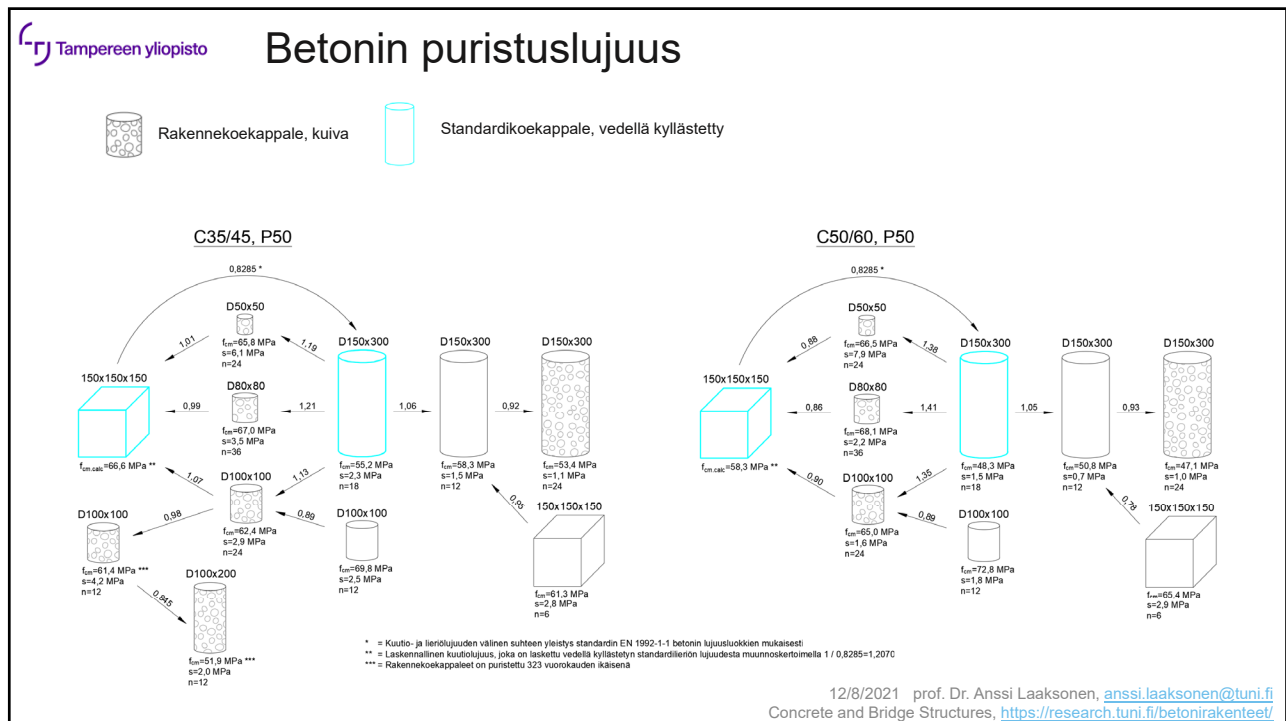
- Standardin sisällöstä ja kansallista valinnoista on tehty esiselvitystyötä on tehty 2020-2021 aikana
- prEN 1992-1-1:2021:09 sisältää 83 kansallista valintaa
- Pelkästään nykyisessä EN 1992-1-1 osassa oli 122 valintaa
- Uudessa standardissa on paljon uusia asioita ja eri standardin osia on yhdistetty => NDP arvoja on supistettu merkittävästi  
=> Tarvitaan oma kansallinen liite talorakenteille ja siltarakenteille
- Lisäksi tehtävät kansalliset valinnat ovat erilaisia kuin aiemmin  
=> ei voida tehdä valintaa "kuten ennen"
- On esitetty vain muutama kohta ns. "project specific" asioina

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

20



21



22

**Tampereen yliopisto** **Betonin puristuslujuus**

- Puristuslujuus määritellään edelleen 300 x 150 mm standardilieriöstä saadun puristuslujuuden perusteella
- Suunnitellun  $f_{ck,spec}$ , seurantakoelempaleiden  $f_{ck,cyl}$ , rakenteesta määritetyn  $f_{ck,is}$  ja rakenteen varsinaisen lujuuden  $f_{ck,ais}$  suhteet ovat aiempaa kokonaisvaltaisemmin otettu huomioon
- Myös nämä tekijät on otettu tilastollisina suureina huomioon betonin osavarmuutta määritettäessä

Specification  $f_{ck,spec}$  → Concrete production and transport → Casting and curing  $f_{ck,ais}(t)$  → Core extraction and testing  $f_{ck,is}$

Control specimens  $f_{ck,control}$

Relationships:

$$f_{ck,spec} \leq f_{ck,cyl}$$

$$f_{c,ais} = \eta_{is} \cdot f_{c,cyl}$$

$$f_{c,ais} = f_{c,is} / \eta_{core-actual}$$

12/8/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

23

**Tampereen yliopisto** **Betonin suunnittelulujuus**

- Betonin suunnittelulujuuden määrittämisessä otetaan huomioon lujuuden  $f_{ck}$  lisäksi korkeamman lujuusluokan betonimateriaalin hauraampi toiminta  $\eta_{cc}$  avulla ja korkea pitkäaikainen puristusjännitys  $k_{tc}$  avulla
- Kaikilla betoneilla kuitenkin saavutetaan raja-arvot 2 ‰ ja 3.5 ‰ taivutuksessa
- $\eta_{cc}$  ja sidevaikutuksen (confinement) ansiosta mallien tarkkuus paranee selvästi
- $\gamma_c$  suositusarvo on 1.5

$$f_{cd} = \eta_{cc} \cdot k_{tc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad \eta_{cc} = \left(\frac{40}{f_{ck}}\right)^{1/3} \leq 1.0$$

$\epsilon_{c2} = 2.0 \text{ ‰}$      $\epsilon_{cu} = 3.5 \text{ ‰}$

$$f_{cd,c} = f_{cd} + k_{conf,b} \cdot k_{conf,s} \cdot \Delta f_{cd}$$

(a)

Left plot:  $\sigma_s(\epsilon_s)$  vs  $f_{c,cyl}$  [MPa]. 264 specimens, Average: 0.93, CoV: 17.8 %

Right plot:  $f_{s, \eta_{cc}}$  vs  $f_{c,cyl}$  [MPa]. 264 specimens, Average: 1.06, CoV: 7.9 %

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

24

- Yksi suurimmista muutoksista on uusi käyttöikään liittyvä menetelmä
- Nykyinen menetelmä annetaan Annex P:ssä, tällä mahdollisesta Eurokoodien puolesta siirtyminen uuteen menetelmään kun materiaalistandardit ovat valmiina
- Ajatus on, että kuten puristuslujuudelle olisi betonille luokat, jotka voidaan suunnittelussa määrittää ja ominaisuudet voidaan testata
- Keskittyminen on lähinnä betonipeitteen määrittämisessä

Table 6.3(NDP) — Minimum concrete cover  $c_{min,dur}$  for carbon steel — Carbonation

ERC	Exposure class (carbonation)							
	XC1		XC2		XC3		XC4	
	Design service life (years)							
	50	100	50	100	50	100	50	100
XRC 0,5	10	10	10	10	10	10	10	10
XRC 1	10	10	10	10	10	15	10	15
XRC 2	10	15	10	15	15	25	15	25
XRC 3	10	15	15	20	20	30	20	30
XRC 4	10	20	15	25	25	35	25	40
XRC 5	15	25	20	30	25	45	30	45
XRC 6	15	25	25	35	35	55	40	55
XRC 7	15	30	25	40	40	60	45	60

NOTE 1 The designation of XRC classes for resistance against corrosion induced by carbonation is derived from the carbonation depth [mm] (characteristic value 90 % fractile) assumed to be obtained after 50 years under reference conditions (400 ppm CO<sub>2</sub> in a constant 65 %-RH environment and at 20 °C). XRC has the dimension of a carbonation rate [mm/√(years)].

NOTE 2 The recommended minimum concrete cover values  $c_{min,dur}$  assume execution and curing according to EN 13670 with at least Execution Class 2 and Curing Class 2.

NOTE 3 The minimum covers can be increased by an additional safety element  $\Delta c_{dur}$ , considering special requirements (e.g. more extreme environmental conditions).

12/8/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

25

- Merkittäviä parannuksia mekaniikan mukaisten mallien näkökulmasta on tehty erityisesti seuraaviin alueisiin:
  - 8.2.2, Leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskestävyys
  - 8.4, Lävistysmitoitus
  - 8.5 ja Annex G, Strut-and-tie mallit ja tasojännityselementit
  - 9.2, Raudoituksen vähimmäispinta-alat
  - 11.4, Raudoituksen ankkurointi ja limijatkokset
  - Annex J, Rakenteiden vahventaminen
  - Annex L, Kuitubetonirakenteiden vähimmäisraudoitus
- Haaste on, että näin toimittuna monet kaavat vaikuttavat hankalilta käyttää, vaikka lopputulos olisikin kattavampi



$$\tau_{Rd,c} = \frac{0.66}{\gamma_v} \cdot \left( 100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \cdot \frac{d_{dg}}{d} \right)^{\frac{1}{3}} - k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq \tau_{Rd,c,min}$$

$$k_1 = \frac{1.4}{\gamma_v} \cdot \left( 0.07 + \frac{e_p}{4 \cdot d} \right) \leq \frac{1.4}{\gamma_v} \cdot 0.15$$

12/8/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

26

**Tampereen yliopisto Raudoituksen ankkurointi**

- Raudoituksen eri ankkurointitavat on esitetty erikseen sisältäen viittauksen mitoitusmenetelmään
- Tyssäämällä tai erillisellä teräslevyllä ankkuroidut tangot sekä jälkikäteen ankkuroidut tangot on tuotu uutena sisältönä
- U-lenkkien ankkurointi on esitetty mekaanisen mallin avulla

a) Anchorage of straight bars 11.4.2

d) Anchorage of headed bars 11.4.6

b) Anchorage of bends and hooks 11.4.4

e) Anchorage of welded reinforcement bars 11.4.7

c) U-bar loops 11.4.5

f) Anchorage of bonded post-installed reinforcing steel 11.4.8

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

27

**Tampereen yliopisto Raudoituksen ankkurointi**

- Tangon ankkurointia ei esitetä enää tartuntajännityksen avulla
- Ankkurointi- ja limijatkospituus esitetään monikertana tangon halkaisijalle

$$\frac{l_{bd}}{\phi} = k_{lb} \cdot k_{cb} \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{435}\right)^{n_\sigma} \cdot \left(\frac{25}{f_{ck}}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left(\frac{\phi}{20}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{1.5 \cdot \phi}{c_d}\right)^{\frac{1}{2}} \geq 10$$

, jos  $\sigma_{sd} = 435, f_{ck} \geq 25, \phi \leq 20, k_{cb} = 1.0$  ja  $c_d \geq 1.5 \cdot \phi$ ,  
niin  $l_{bd} = k_{lb} \cdot \phi \approx 50 \cdot \phi$

a)  $c_d = \min(c_d/2; c_x; c_y)$

b)

c)

$\phi$ [mm]	Anchorage length $l_{bd}/\phi$							
	$f_{ck}$							
	20	25	30	35	40	45	50	60
$\leq 12$	47	42	38	36	33	31	30	27
14	50	44	41	38	35	33	31	29
16	52	46	42	39	37	35	33	30
20	56	50	46	42	40	37	35	32
25	60	54	49	46	43	40	38	35
28	63	56	51	47	44	42	40	36
32	65	58	53	49	46	44	41	38

NOTE The values of table 11.1(NDP) are derived from Formula (11.2). This table is valid for  $c_d \geq 1.5\phi$ ,  $\sigma_{sd} = 435$  MPa and for bars in good bond conditions. For bars in poor bond conditions in concrete members the values should be multiplied by 1.2. For  $\sigma_{sd} < 435$  MPa the values may be multiplied by  $(\sigma_{sd}/435)$ , but consider  $l_{bd}/\phi \geq 10$ .

$$c_{d,conf} = c_d + \phi \cdot \left( 30 \cdot k_{conf} \cdot \rho_{conf} + \frac{8 \cdot \sigma_{ctd}}{\sqrt{f_{ck}}} \right) \leq 3.75 \cdot \phi$$

a)

b)

c)

12/8/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

28

## Tampereen yliopisto Raudituksen ankkurointi

- Limijatkosten tyytit on koottu yhteen
- Sisältää uutena myös limijatkokset tyssätyille ankkureille ja jälkikäteen asennetuille tangoille
- Limijatkoksille

(3) All bars in c...

(4) Away from p... any section and th...

NOTE It is good... points of support of

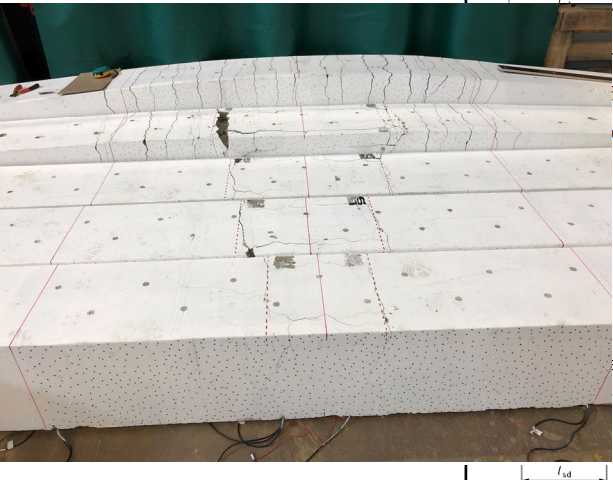
(5) Where tensi... for  $\sigma_{sd}$  if

- a confinement
- if they are sta... reinforcement and shells).

Otherwise, tensi...

**Table 11.3 — Types of laps and design lap lengths  $l_{sd}$**

Type of lap splice	Design lap length $l_{sd}$	
	Tension laps	Compression laps
straight bars	$l_{sd} = l_{bd} \geq 15\phi$ where $l_{bd}$ is calculated according to 11.4.2, see also 11.5.3	
bends and hooks (tension)	$l_{sd} = l_{bd} \geq 15\phi$ where $l_{bd}$ is calculated according to 11.4.3, see also 11.5.3	
of bars lapped at fixed/cast-in ends,	$l_{sd}$ is calculated according to 11.5.4, with the limit $l_{sd} \geq \phi_{mand} + 4\phi$	
may be designed	$l_{sd}$ is calculated according to 11.5.5	
section area of the bars (slabs, walls)	$l_{sd} = l_{bd} \geq \max(15\phi; 250 \text{ mm})$ where $l_{bd}$ is calculated according to 11.4.5	
reinforcement	$l_{sd,api} = l_{bd,api} \geq \max(15\phi; 250 \text{ mm})$ where $l_{bd,api}$ is calculated according to 11.4.8	



12/8/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

29

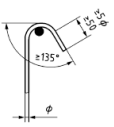
## Tampereen yliopisto Rakenteelliset ohjeet

- Rakenteellisia ohjeita on koottu taulukoihin, ks. Palkkia koskevat ohessa
- Detaljeja on esitetty koottuna, kuten alla hakaraudoitteen ankkurointi

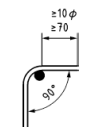
**Table 12.1 (NDP) — Detailing requirements for reinforcement in beams**

Description	Symbol	Requirement
Minimum longitudinal reinforcement, in those parts of the section where tension may occur	$A_{s,min}$	12.2(2), see also 12.2(3), 12.2(6)
Minimum shear and transverse torsional reinforcement, when required. Minimum torsion reinforcement should be provided to the full perimeter including features not counted part of the thin walled section.	$\rho_{w,min}$	12.2(4)
Minimum bottom reinforcement at inner supports taking account of unforeseen effects at supports		$0,25 A_{s,req \text{ span}}$
Maximum longitudinal spacing of shear assemblies/stirrups <sup>a</sup>	$s_{max,l}$	$0,75d (1 + \cot\alpha)$
Maximum longitudinal spacing of bent-up bars <sup>a</sup>	$s_{max,bu}$	$0,6d (1 + \cot\alpha)$
Maximum transverse spacing of shear legs <sup>a</sup>	$s_{max,tr}$	$0,75d \leq 600 \text{ mm}$
Minimum ratio of shear reinforcement in the form of stirrups with respect to the required reinforcement ratio (taking account of unforeseen effect's e.g. compatibility torsion)	$\rho_{w,shr}$	$\geq 0,5\rho_{w,req}$
Minimum ratio of torsion reinforcement in the form of closed stirrups with respect to the required reinforcement ratio	$\rho_{w,shr}$	$\geq 0,2\rho_{w,req}$
Maximum spacing for torsion assemblies/stirrups ( $u$ defined in 8.3.2(2)).	$s_{max,shr}$	$u/8 \leq \min\{b; h\}$
Minimum area and spacing of longitudinal surface reinforcement in beams with downstand $\geq 600 \text{ mm}$ to avoid coarse cracks in SLS.	$A_{s,web}$ $s_{max,surf}$	9.2.2(6) 300 mm
Minimum transverse reinforcement in flanges (those part of flanges where tension in the transverse direction may occur)	$A_{t,min}$	12.2(2) see 8.2.5, Figure 8.13

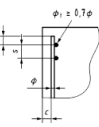
<sup>a</sup> These spacings are consistent with the shear model in 8.2.3. Where alternative models are used alternative spacings may be required.



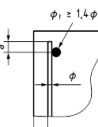
a) with standard hook



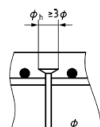
b) with 90°-bend




c) with 2 welded transverse bars




d) with 1 welded transverse bar



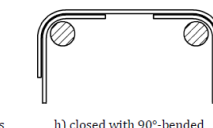
e) with head



f) stirrup with 135°-bends



g) stirrup with 90°-bends



h) closed with 90°-bended U-stirrups

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

30

Tampereen yliopisto

# Johtopäätöksiä

31

Tampereen yliopisto

## Yhteenvetoa

- prEN 1992-1-1 on uudistunut huomattavan paljon:
  - Uusia materiaaleja
  - Uusia mitoitusmenetelmiä
  - Olemassa olevat rakenteet
  - etc.
- Kokonaissivumäärä on kuitenkin laskenut, kun prEN 1992-1-1 sisältää usean aiemman osan
- Merkittävät uudistukset tarkoittavat että uusia opittavia asioita tulee paljon, ja kansallisen ohjeistuksen tarve kasvaa aiempaa suuremmaksi
- Huomattavan laaja taustadokumentaatio tukee kansallista työtä – vaikka sitä ei kaikista olekaan (ei voi ollakaan, montako tuhatta sivua se olisi...)
- Vaikka monet mitoitusmenetelmät vaikuttavat hankalilta, niin pitkässä juoksussa niiden soveltaminen on kuitenkin yksikäsitteisempää

12/7/2021 prof. Dr. Anssi Laaksonen, [anssi.laaksonen@tuni.fi](mailto:anssi.laaksonen@tuni.fi)  
Concrete and Bridge Structures, <https://research.tuni.fi/betonirakenteet/>

32