

Muutokset elementtisuunnittelussa toisen sukupolven eurokoodin myötä

Eurokoodiseminaari 10.10.2024

Janne Kihula, Betoniteollisuus ry / Rakennustuoteteollisuus RTT ry

Minusta – Janne Kihula

- Helsingistä, 48 vuotias
- Rakennetekniikan diplomi-insinööri
- Toimin jaospäällikkönä Betoniteollisuus ry:ssä vastuualueenani betonielementit
- Aiempi ura 19 vuotta rakennesuunnittelun parissa
- BIBM:n teknisen-, ympäristö- ja viestintätoimikuntien jäsen
- Standardointi:
 - CEN/TC229 (+ WG1, WG3, WG4 ja WG5) Betonivalmisosat
 - RTT/SR 017 Betonivalmisosat, sihteeri
 - RTT/SR 102 Eurokoodi 2 & 4



Esityksen sisältö

1. Hankkeen kuvaus
2. Esimerkkirakennus ja tarkastellut betonielementit
3. Tärkeimmät havaitut erot EN1992-1:2004 ja FprEN1992-1:2022 välillä
4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun
5. Suunniteltujen elementtien ympäristövaikutusten arviointi
6. Johtopäätökset

1. Hankkeen kuvaus

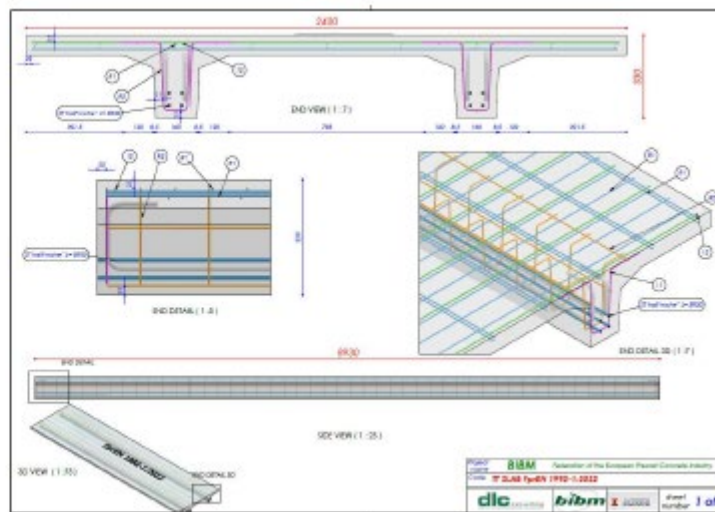
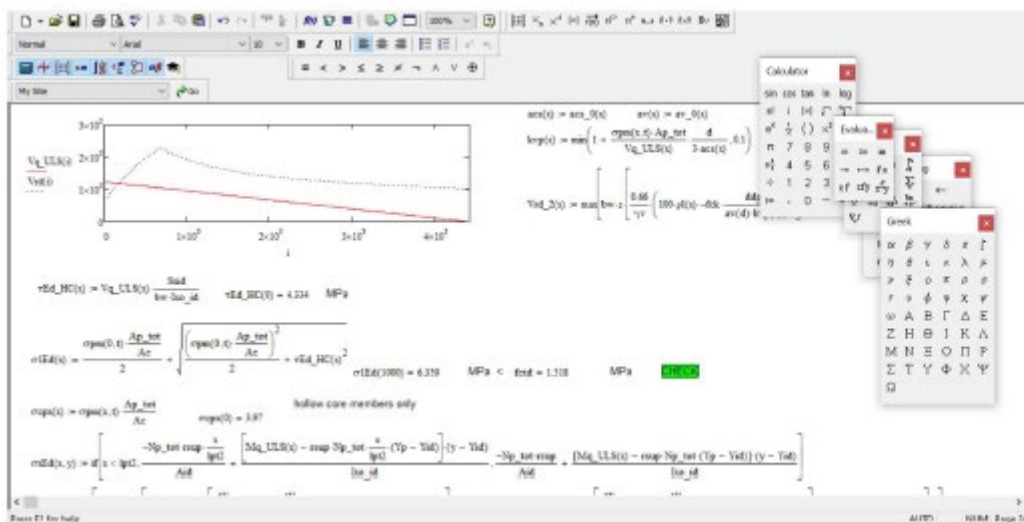
- BIBM teknisen komitean hanke, olin ohjausryhmässä mukana
- Tarkoituksena vertailla EN1992-1:2004 ja FprEN1992-1:2022 välisiä eroja nimenomaan elementtisuunnittelun ja -valmistuksen näkökulmasta
- Työn toteuttajaksi valittiin italialainen konsulttitoimisto DLC Consulting Milanosta, vastuullisena projektipäällikkönä PhD Bruno Dal Lago
- Työ toteutettiin 06/2023 - 05/2024 välillä
- Loppuraportti tullaan saattamaan saataville

1. Hankkeen kuvaus

- Tavoitteena oli saada ymmärrys muutosten vaikutuksista elementtirakenteiden kilpailukykyyn (vaikutus materiaalikulutukseen) ja muista keskeisistä muutoksista myös ympäristövaikutukset huomioiden.
- Tuloksia voi hyödyntää kansallisisien liitteiden laadinnassa, kun määritellään kansallisesti valittavia parametrejä (NDP)
- Molempien standardiversioiden laskelmissa käytettiin NDP-arvoina suositusarvoja

1. Hankkeen kuvaus

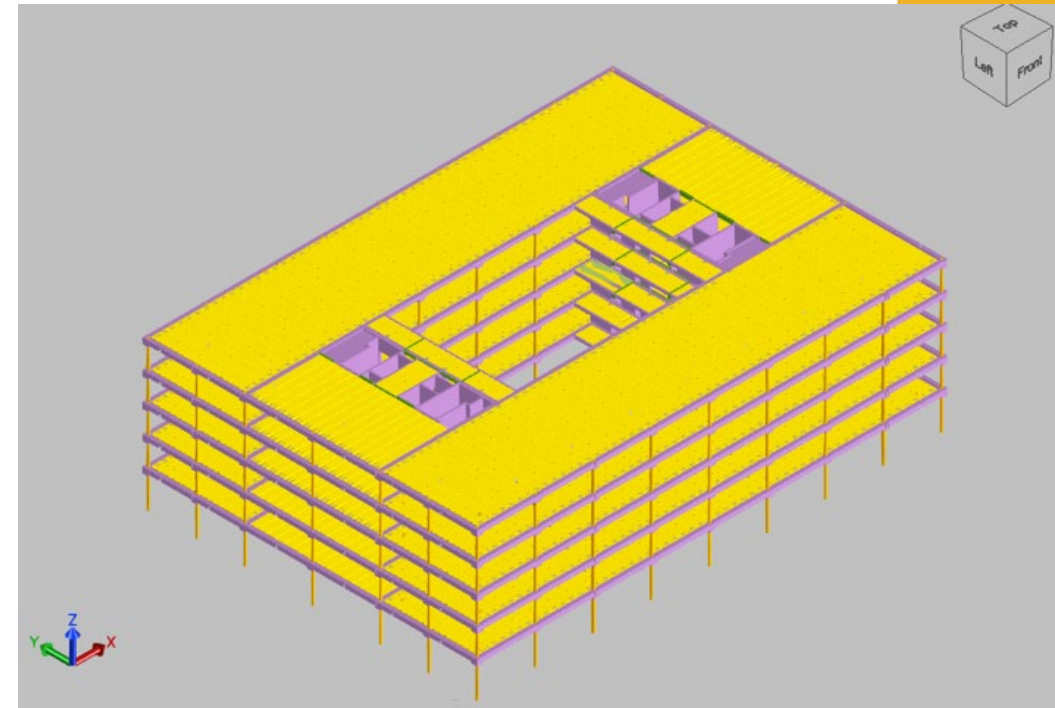
- Hankkeessa tuotetut dokumentit:
 - Laskentaraaportti (pdf, 367 sivua) -> julkinen
 - Elementtikuvat (pdf) -> julkinen
 - Animaatio BIM suunnittelumallista -> julkinen
 - Laskelmapohjat (Mathcad) -> ei julkisia



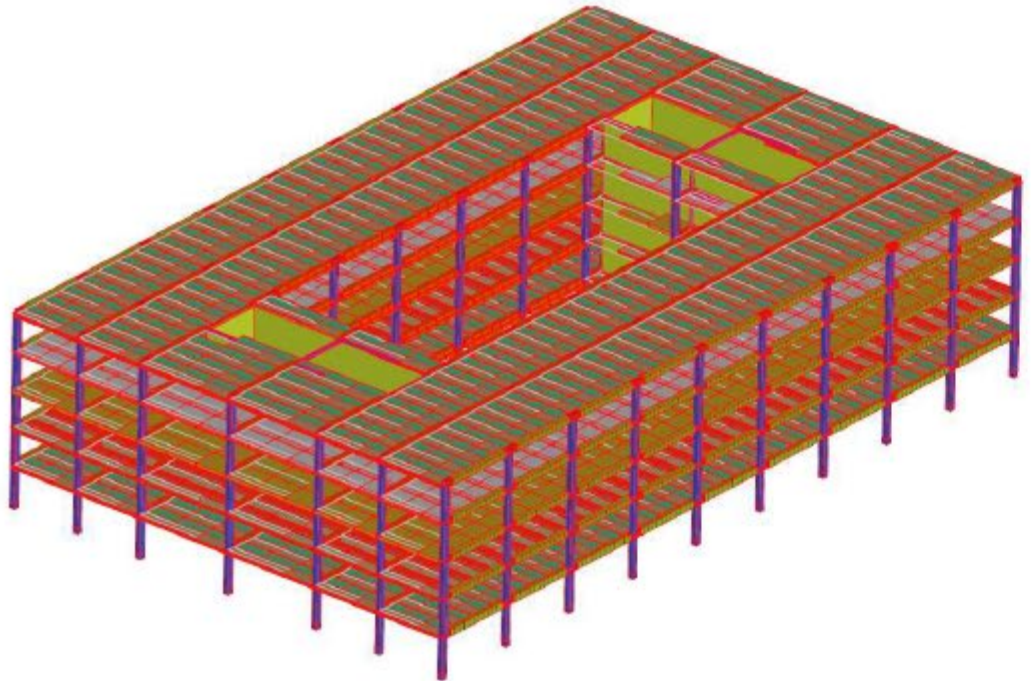
2. Esimerkkirakennus ja tarkastellut betonielementit

Lähtöolettamat:

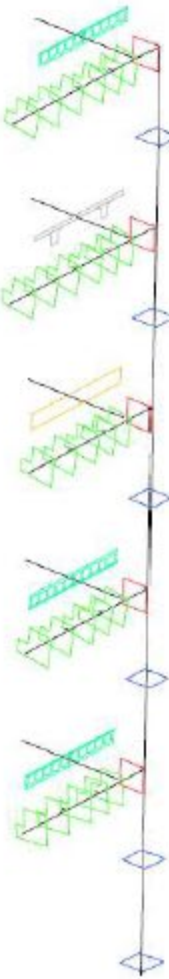
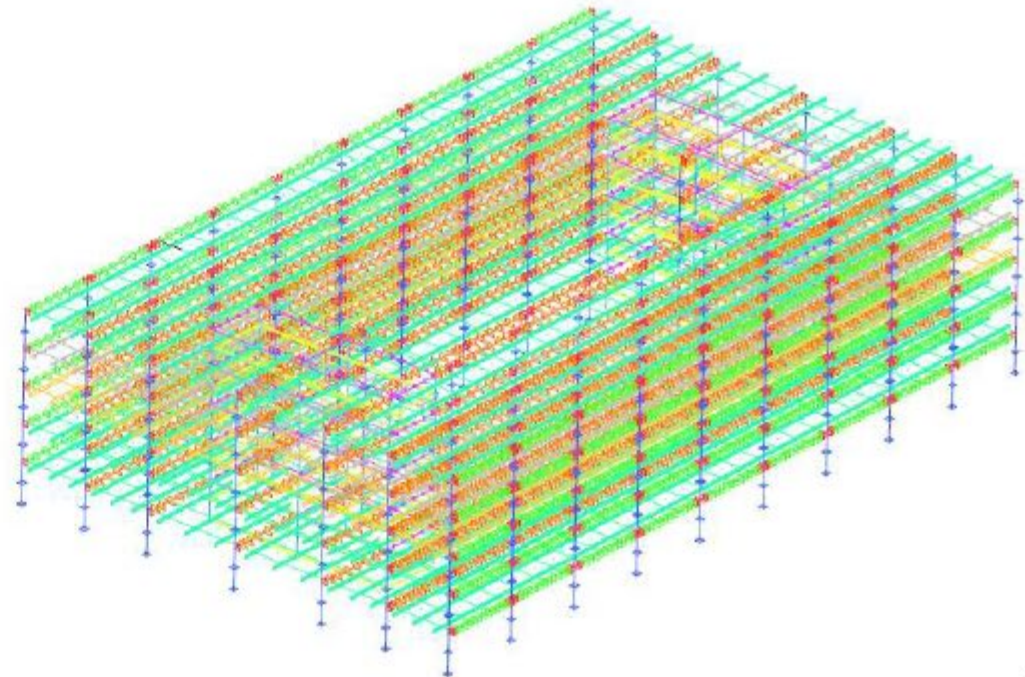
- 5 kerroksinen toimistorakennus
- Pilariväli: 7,5 m ja kerroskorkeus: 3,5 m
- Kuilujäykistetty rakennus
- Seinät mallinnettu kuormana (paitsi jäykistekuilut) - viivakuorma 3,5 kN/m
- Laattatyypit:
 - Kerrokset 1,2 ja 5: ontelolaatta, ilman pintalaattaa
 - Kerros 3: Kuorilaatta paikallavalulla
 - Kerros 4: TT-laatta
- Betoniluokat:
 - Pilareissa C80/95
 - Muissa C45/55, paitsi kuorilaatan pv osuudessa C25/30
- Teräslaadut:
 - B500C halkaisija $\geq \Phi 16$ mm
 - B400A halkaisija $< \Phi 16$ mm
 - Y1860 jännepunoksissa
- Tasokuormat: pysyvä 2 kN/m², muuttuva 3 kN/m² ja tuulikuorma 0,5 kN/m²
- Rasitusluokka XC1 (perustuksilla XC2)
- Paloluokka R60



Esimerkkirakennus ja tarkastellut betonielementit



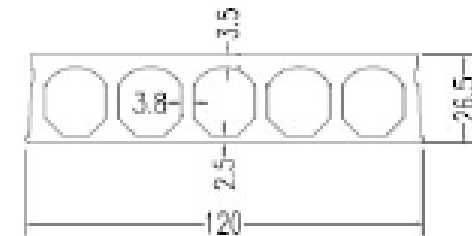
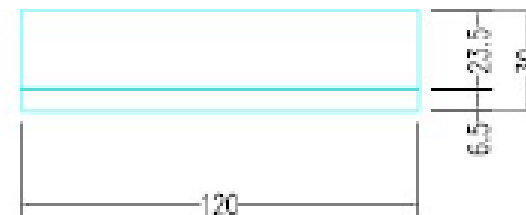
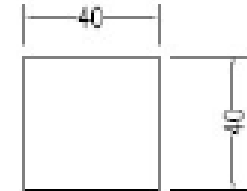
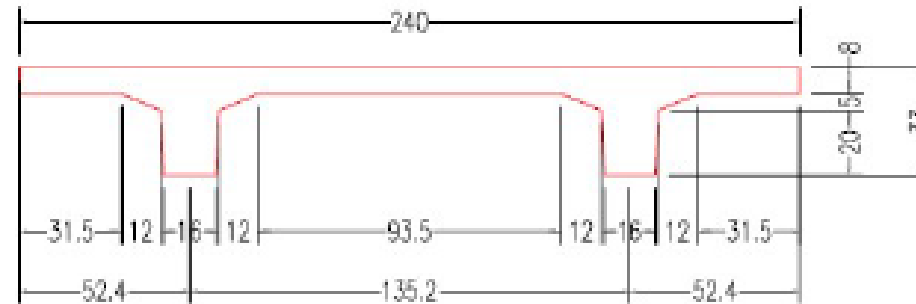
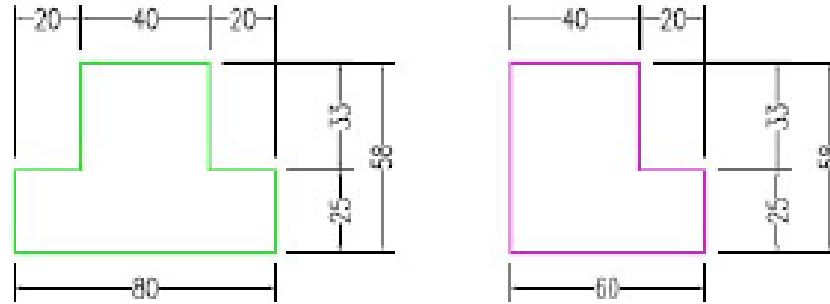
08.04.2023 12:14:18 (Lähetetty 10.04.2023 klo 11:14)
Model file: C:\Users\francesco\Documents\08.04.2023_0804\0804_01.dwg
19.04.2023 16:08:00



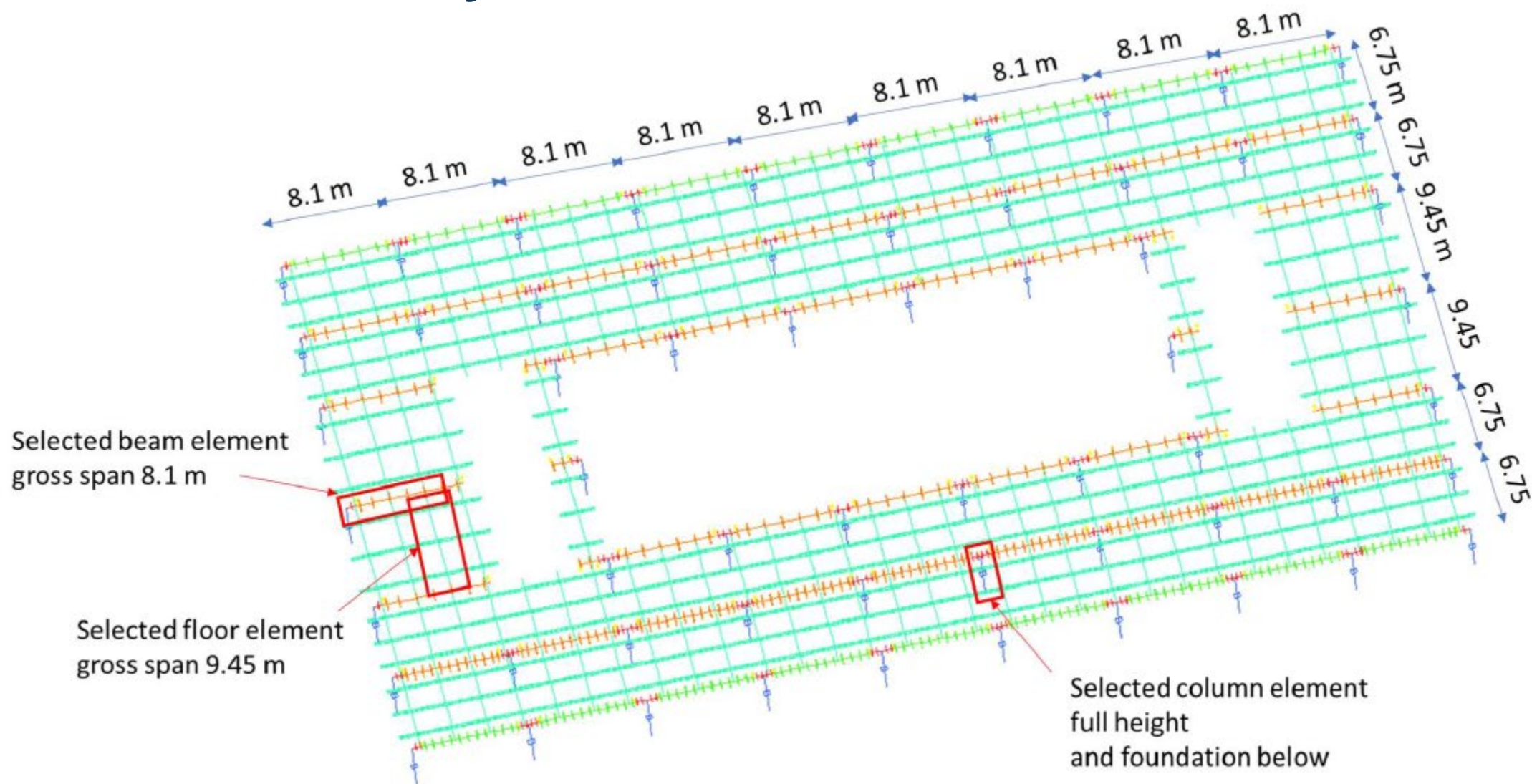
2. Esimerkkirakennus ja tarkastellut betonielementit

Lasketut elementit:

- TT -laattaelementti
- Ontelolaattaelementti
- Kuorilaatta
- Jännitetty leukapalkkielementti
- Normaali leukapalkkielementti
- Pilarielementti
- Pilarianturaelementti



2. Esimerkkirakennus ja tarkastellut betonielementit



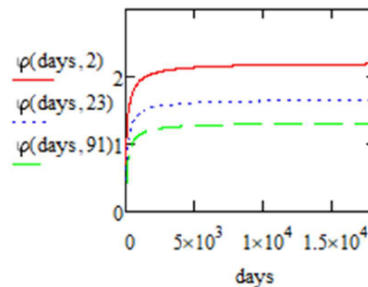
3. Tärkeimmät havaitut erot EN1992-1:2004 ja FprEN1992-1:2022 välillä

- Sivumäärä FprEN1992-1-1:2022 kasvanut 410 sivuun EN1992-1-1:2004 227 sivusta
- FprEN1992-1-1:2022:ssa tehtyjen muutosten suuri määrä tekee uuden EC2-1-1:n vertailusta ja tulkinnasta melko monimutkaista.
- Jotkut luvut, erityisesti leikkauskestävyyttä ja lävistystä käsittelevät, näyttävät olevan monimutkaisempia ja mahdollisesti enemmän tulkinnan varaisia verrattuna edelliseen versioon.
- Betonin puristuslujuuden suunnitteluarvo: uusi kerroin η_{cc} alentaa betonin puristuslujuutta suuremmilla lujuusluokilla kuin C40/50. Joten se vaikuttaa kaikkiin elementteihin, joita laskettiin tässä projektissa. Lujuusluokalle C45/55 kerroin on 0,961. Lujuusluokalle C80/95 kerroin on 0,794. Uusi kerroin vaikuttaa jo elementeissä normaalisti käytettyihin betonin lujuusluokkiin, eikä vain korkealuusbetoneihin.

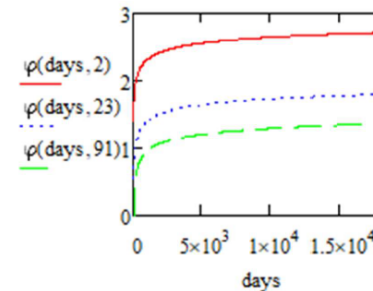
3. Tärkeimmät havaitut erot EN1992-1:2004 ja FprEN1992-1:2022 välillä

- Jännepunoksen sallittu jännitys: FprEN1992-1-1:2022 sallitaan suurempi jännitys. EN1992-1-1:2004 $0,75 \cdot f_{pk}$ (kohta 7.2(5)) ja FprEN1992-1-1:2022) $0,80 \cdot f_{pk}$ (taulukko 9.1).
- Virumakertoimet: Virumakertoimien laskenta eroavat standardeissa. Erityisesti virumakerroin betonin varhaisessa iässä on paljon suurempi standardin FprEN1992-1-1:2022 mukaan kuin standardin EN1992-1-1:2004 (kahden päivän iässä lineaariset vaikutukset 50 vuoden käyttöiällä kasvavat 2,19 -> 2,72), mikä vaikuttaa esijännitykseen. Tämä ero kuitenkin kapenee pidemmällä aikavälillä kohdistetuille kuormille.

Creep coefficients are much larger in new EC2-1-1 for loads applied at early stage (e.g. prestressing)



EN1992-1-1:2004

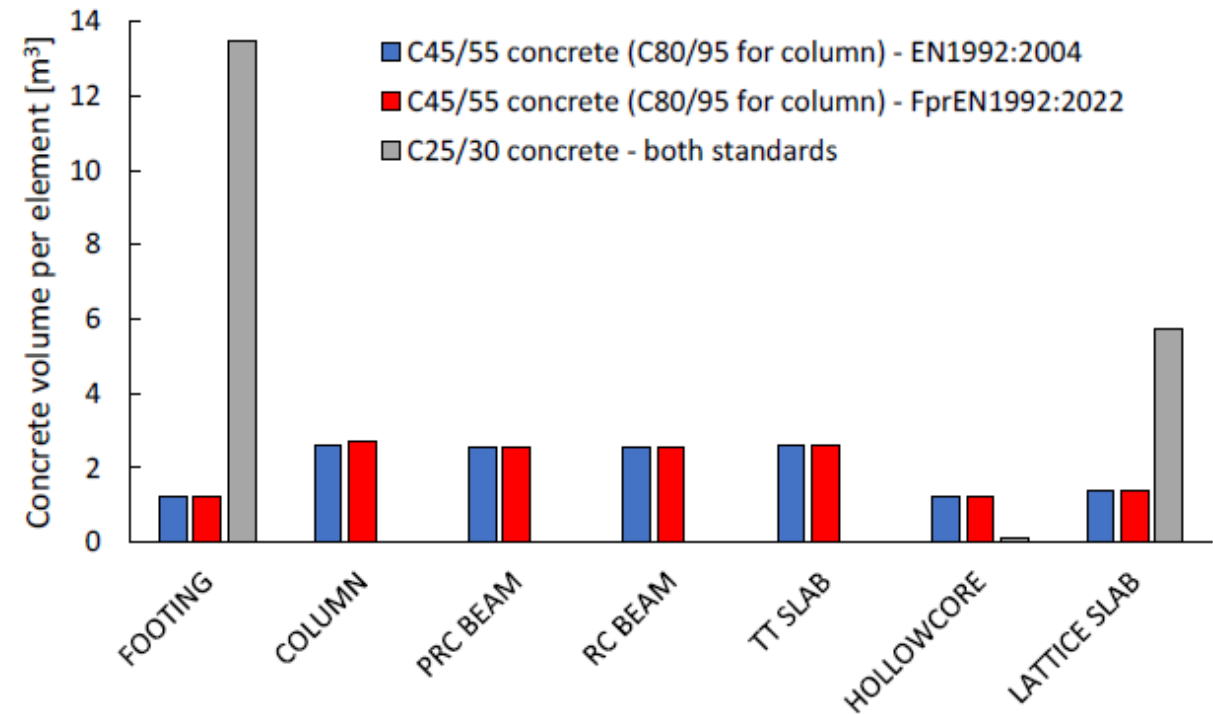
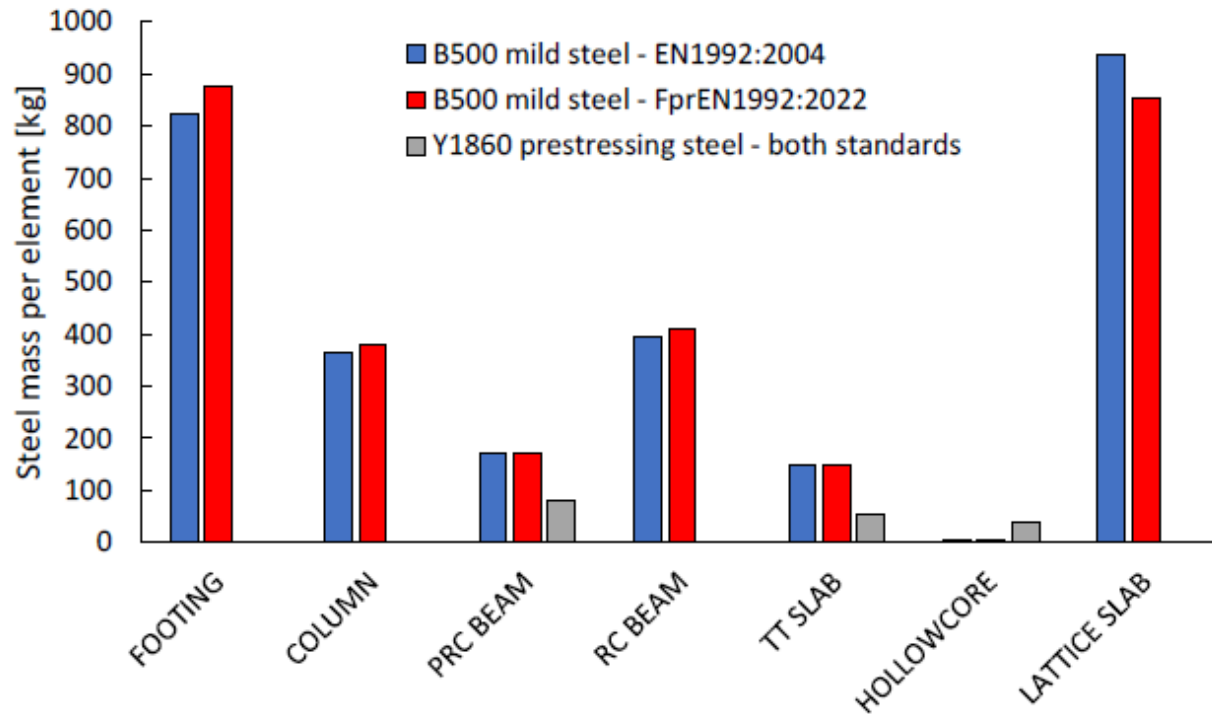


FprEN1992-1-1:2022

3. Tärkeimmät havaitut erot EN1992-1:2004 ja FprEN1992-1:2022 välillä

- Maksimi halkeamaleveys: Sallittu halkeamaleveys standardissa EN1992-1-1:2004 on 0,2 mm esijännitetyille tuotteille ja se kasvaa 0,3 mm standardissa FprEN1992-1-1:2022.
- Kotangentti leikkausraudoitettujen osien leikkaustarkastelussa : Käytettäessä teräslaattaa B500A hajoissa, maksimi kotangentti taivutuksessa on rajoitettava arvoon 2,0 FprEN1992-1-1:2022:n 8.2.3(4) standardin EN1992-1-1:2004 2,5 sijasta.
- Minimi betonipeite: Standardissa esitetty kohdassa 6.4 uusi säilyvyysluokitus (Exposure Resistance Classes ERC), vanha menetelmä esitetty liitteessä P. Voidaan valita kansallisesti käytettävä menetelmä.
- Teräksen ankkurointipituus: Standardissa FprEN1992-1-1:2022 lähtökohtaisesti pidemmät ankkurointipituudet teräksillä.

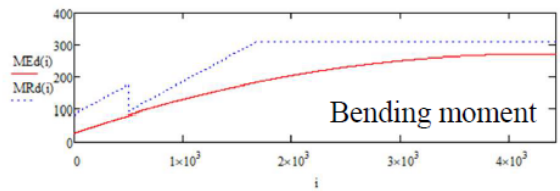
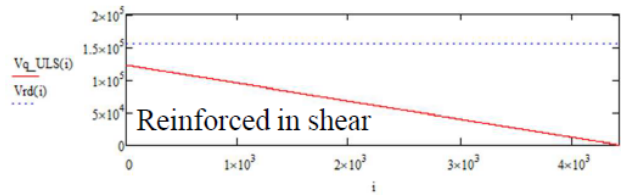
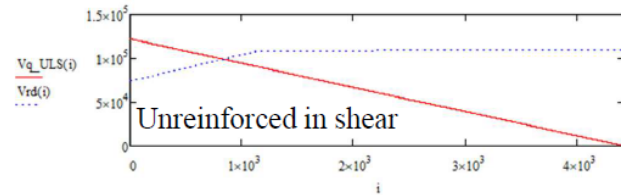
4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun



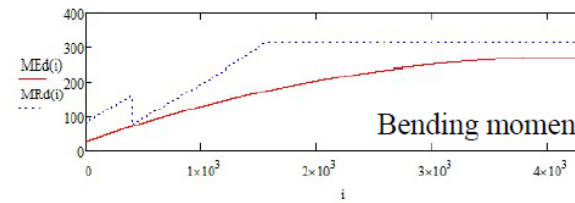
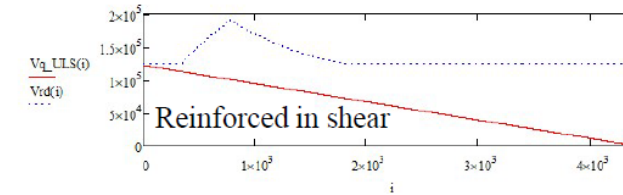
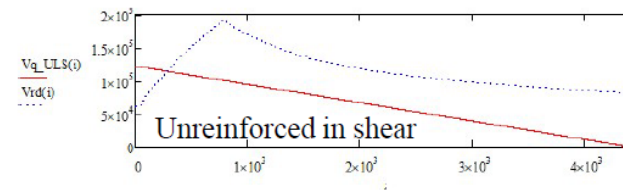
4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun

TT-laattaelementti

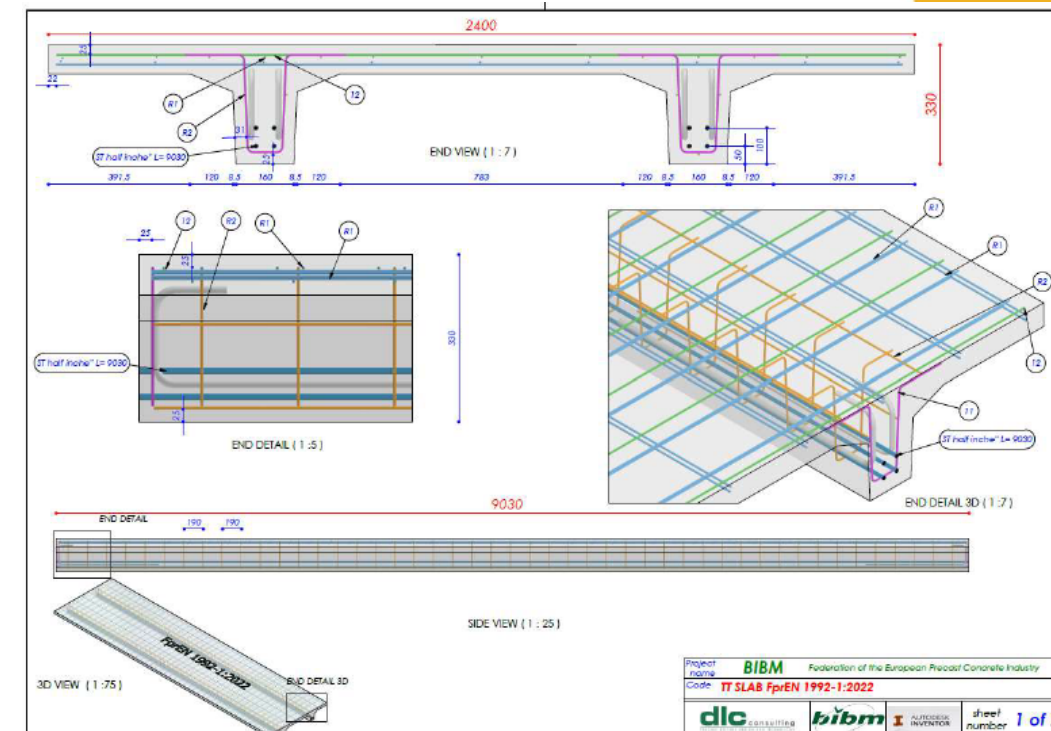
- Suunnittelussa/laskennassa ei isompia eroja standardien välillä.



EN1992-1-1:2004



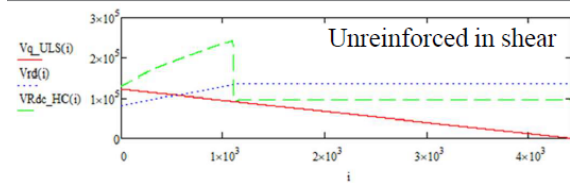
FprEN1992-1-1:2022



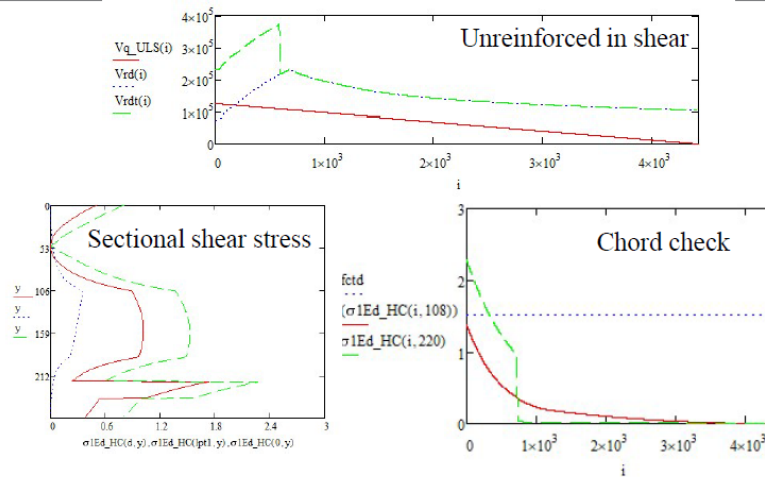
4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun

Ontelolaattaelementti

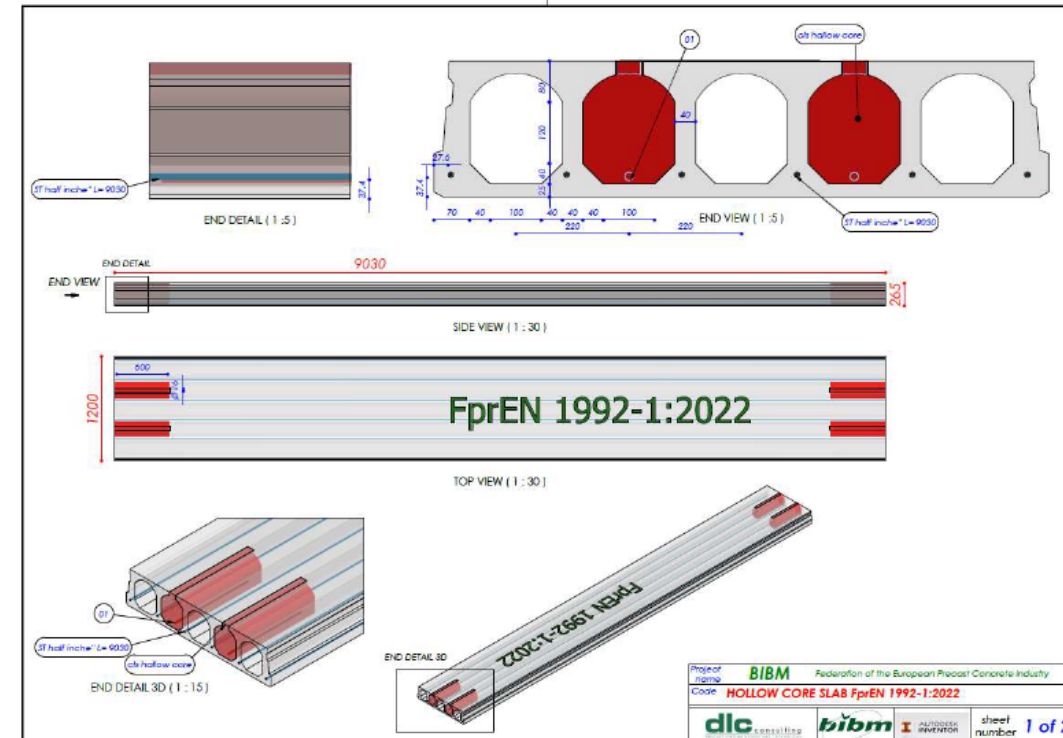
- Ainoa ero standardin välillä liittyy suorien lisäterästankojen pituuteen, mikä on Fpr1992-1:2022 hieman pidempi. Selkeä ero on leikkauskestävyyden laskentamenetelmässä.



EN1992-1-1:2004



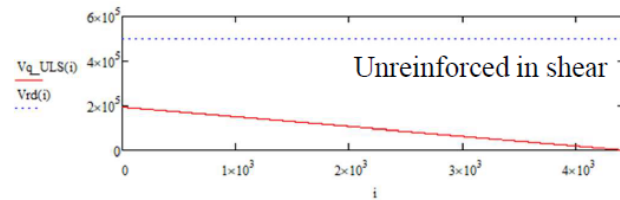
FprEN1992-1-1:2022



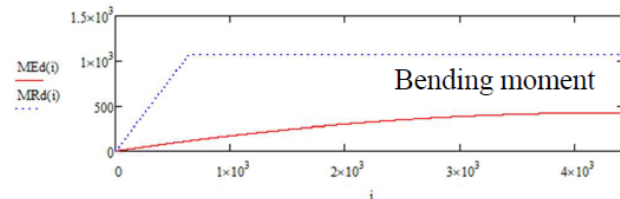
4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun

Kuorilaattaelementti

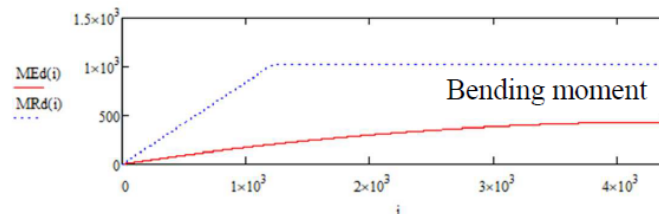
- Suurin ero standardien välillä on laatan poikittaisessa minimiteräsmäärässä, mikä on matalampi FprEN1992-1:2022.



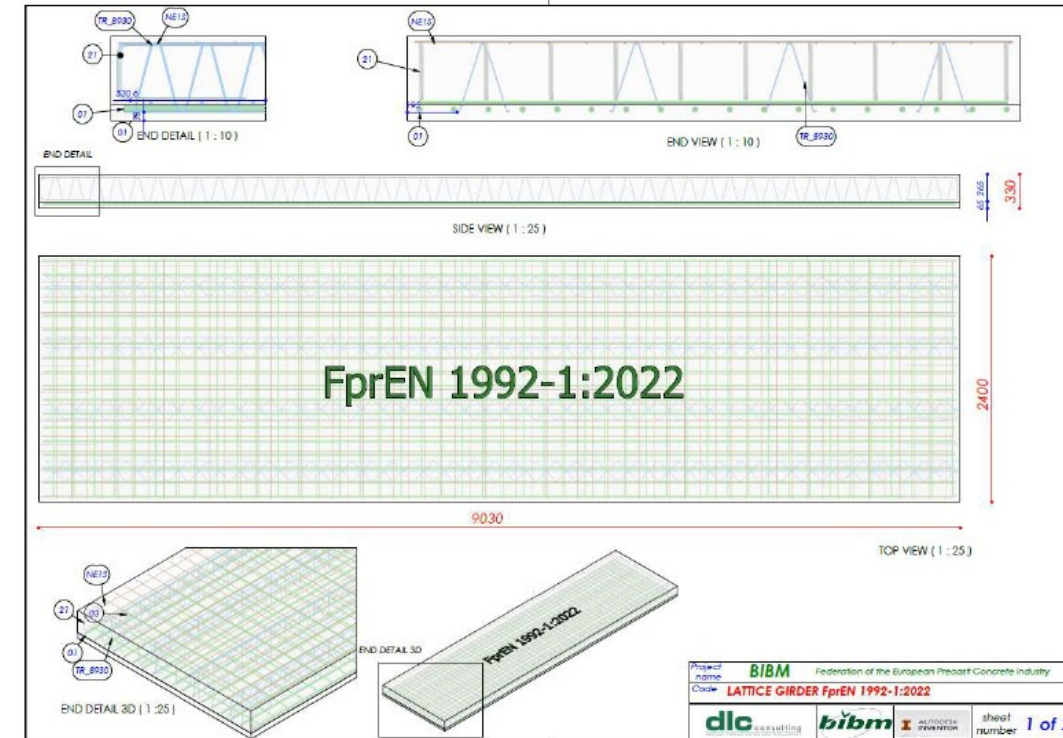
No refined calculation necessary in shear



EN1992-1-1:2004



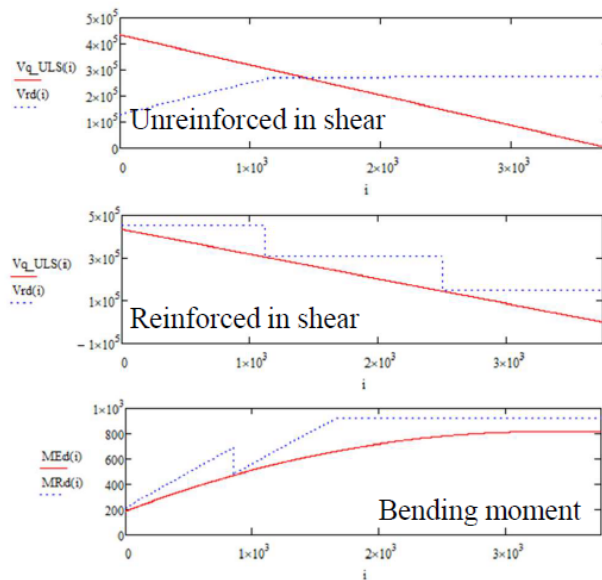
FprEN1992-1-1:2022



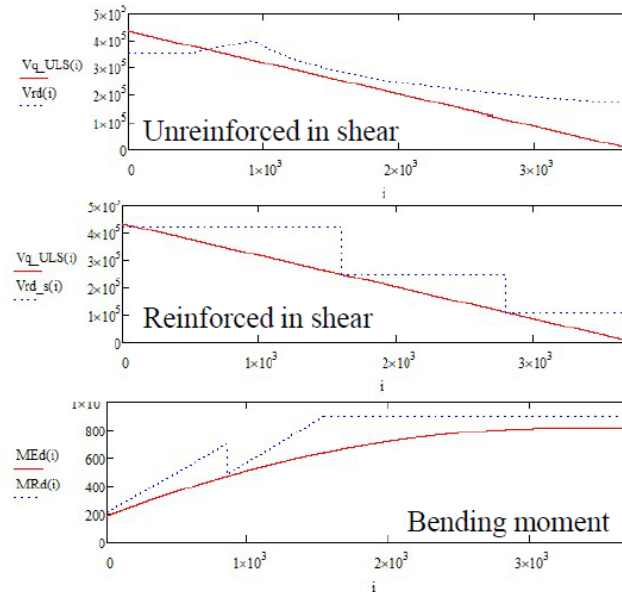
4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun

Esijännitetty leukapalkkielementti

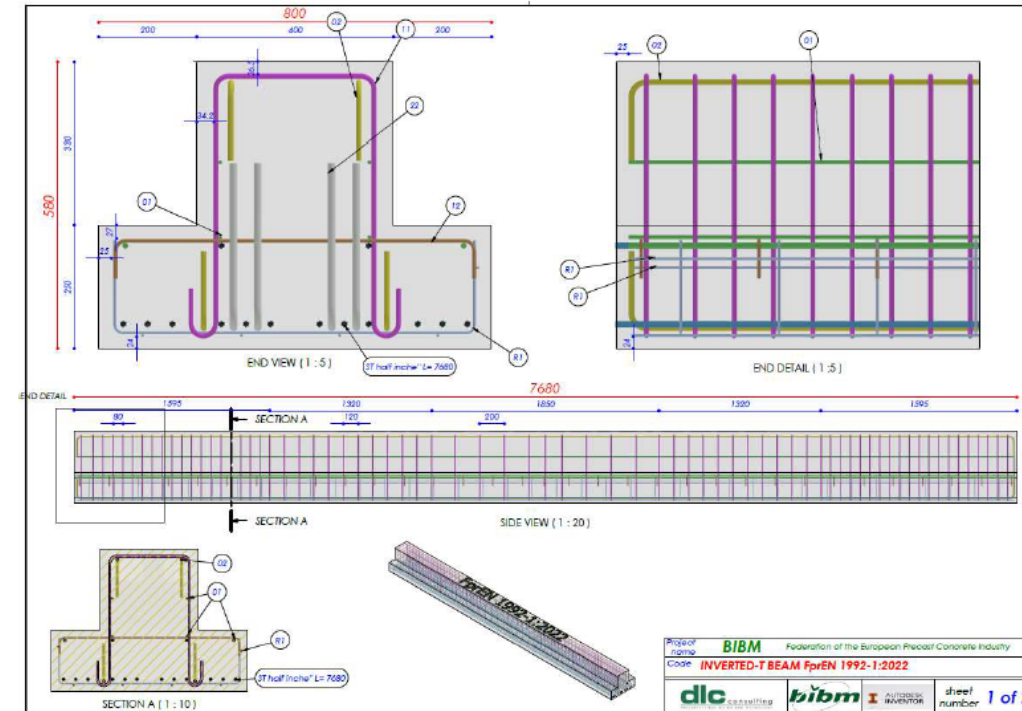
- Suurin ero standardien välillä on hakojen määrässä. FprEN1992-1-1:2022 leikkauskestävyys on suurempi tuen lähellä leikkausraudoittamattomalla alueella ja pienenevä keskelle palkkia mentäessä.



EN1992-1-1:2004



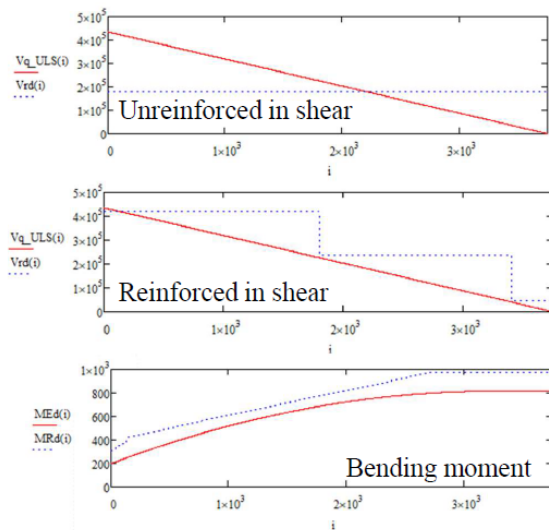
FprEN1992-1-1:2022



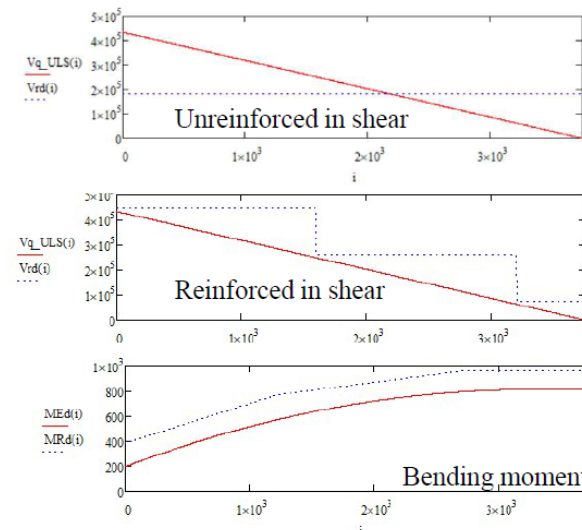
4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun

Leukapalkkielementti

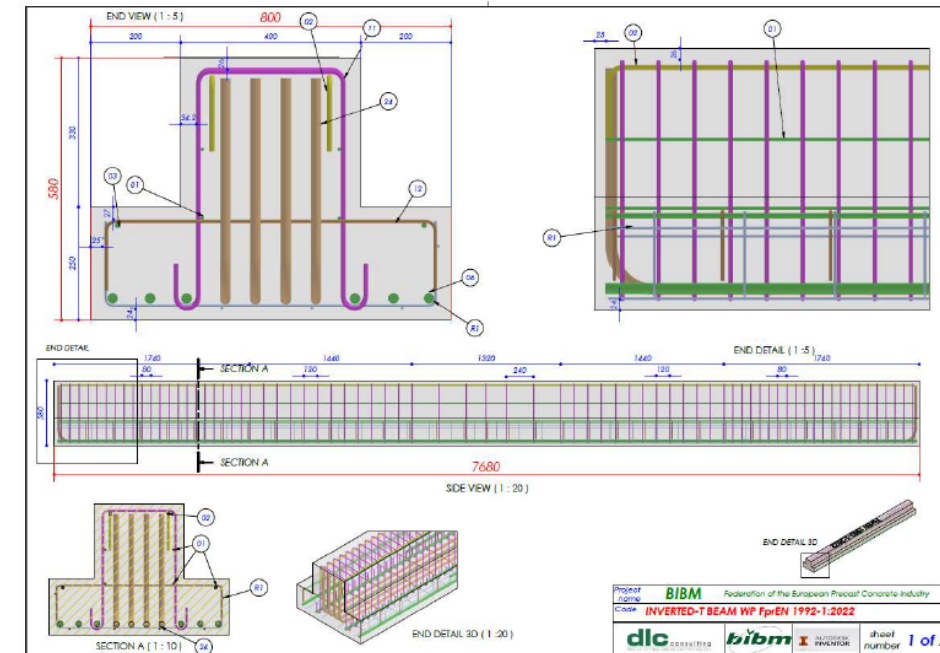
- Suurin ero standardien välillä on hakojen määrässä. FprEN1992-1-1:2022 tuen lähellä tiuhempi hakaväli, johtuen theeta kulman erosta, mutta kasvaa nopeasti suuremmaksi, johtuen suuremmasta leikkauskestävyydestä leikkausraudoitusta vaatimattomalla alueella. Tällä alueella hakaväli tulee miniraudoituksen kautta.



EN1992-1-1:2004



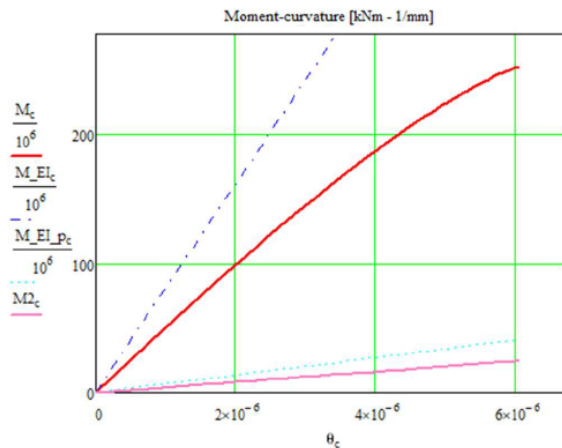
FprEN1992-1-1:2022



4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun

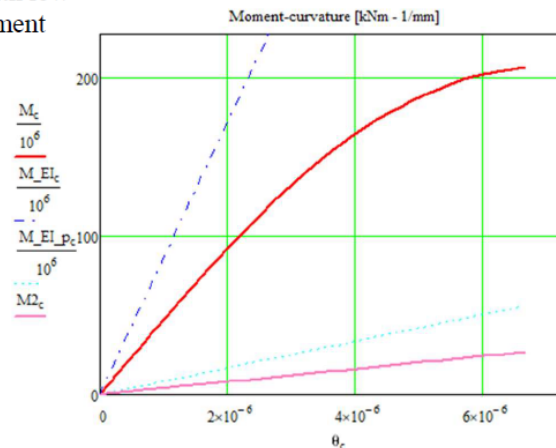
Pilarielementti

- FprEN1992-1:2022 on lujuuden pienennyskerroin korkealujuusbetonille, mikä johtaa pilarin suurempaan poikkileikkaukseen. Näin ollen standardin EN1992-1:2004 mukainen pilari sisältää vähemmän betonia kuin standardin FprEN1992-1:2022 mukaan suunniteltu pilari.

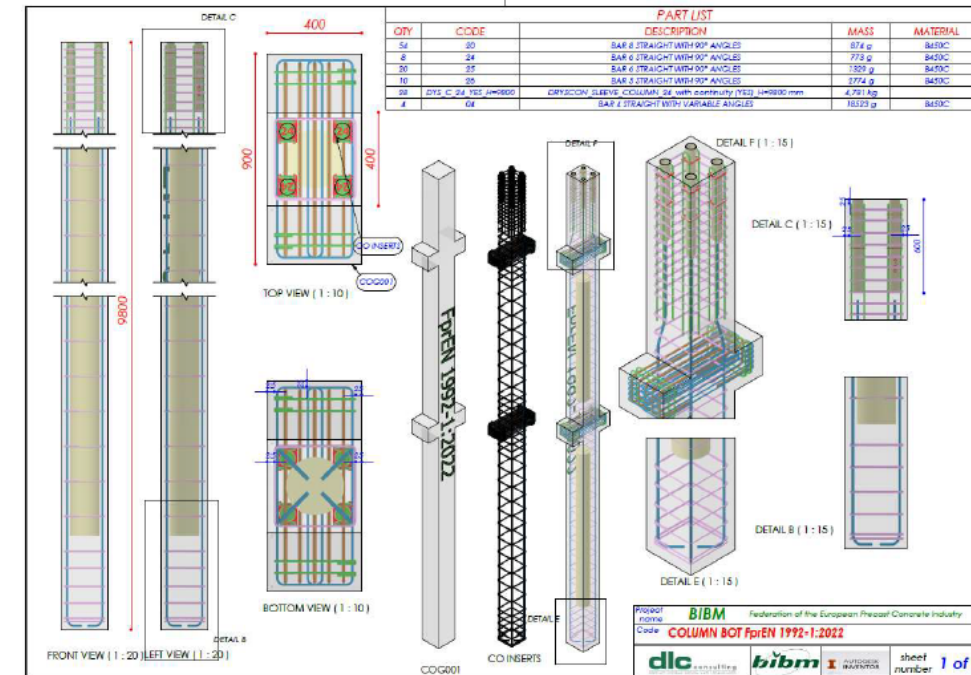


EN1992-1-1:2004

2nd order effects not very relevant combined with low acting bending moment



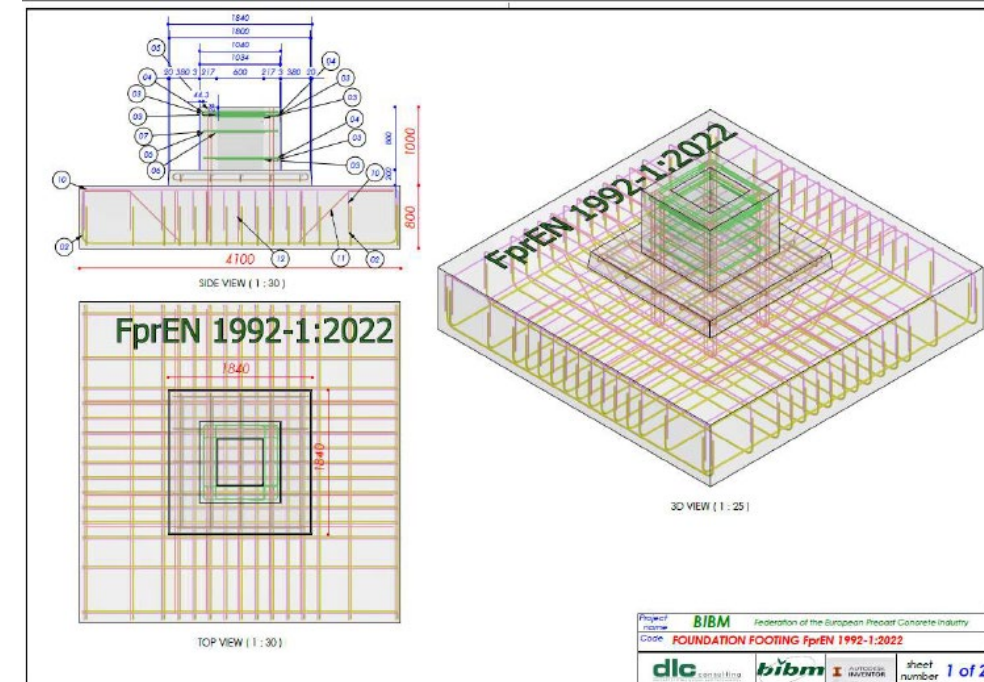
FprEN1992-1-1:2022



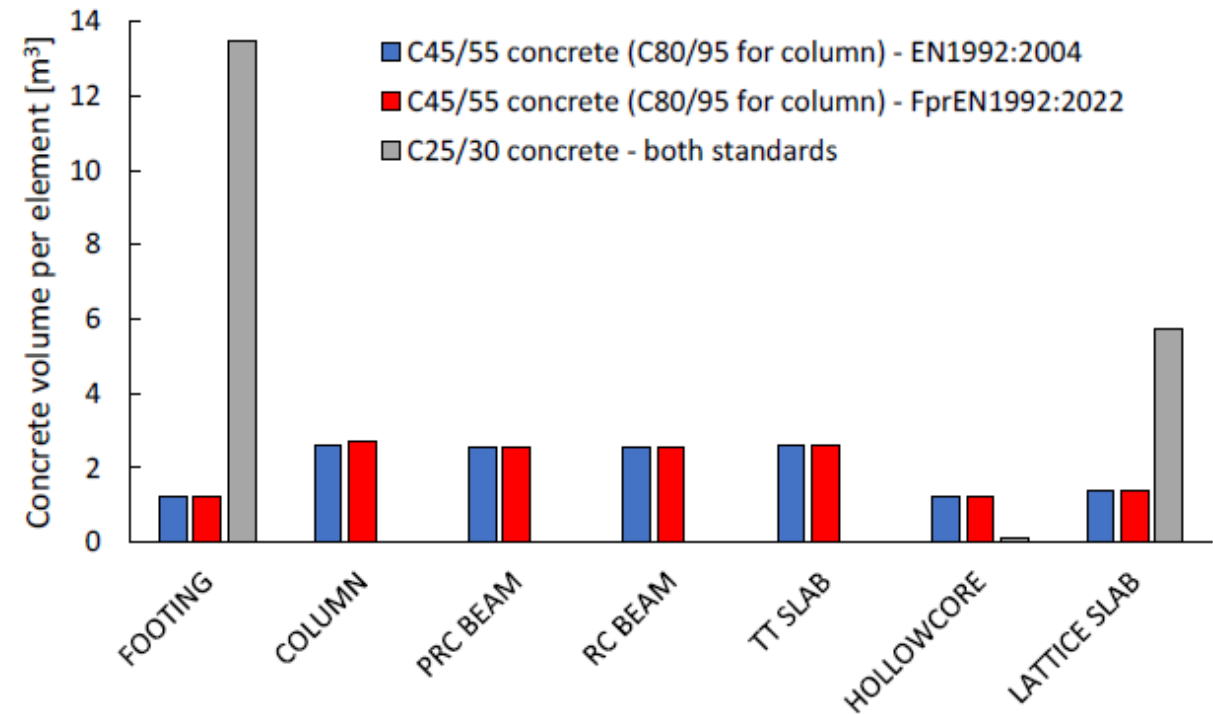
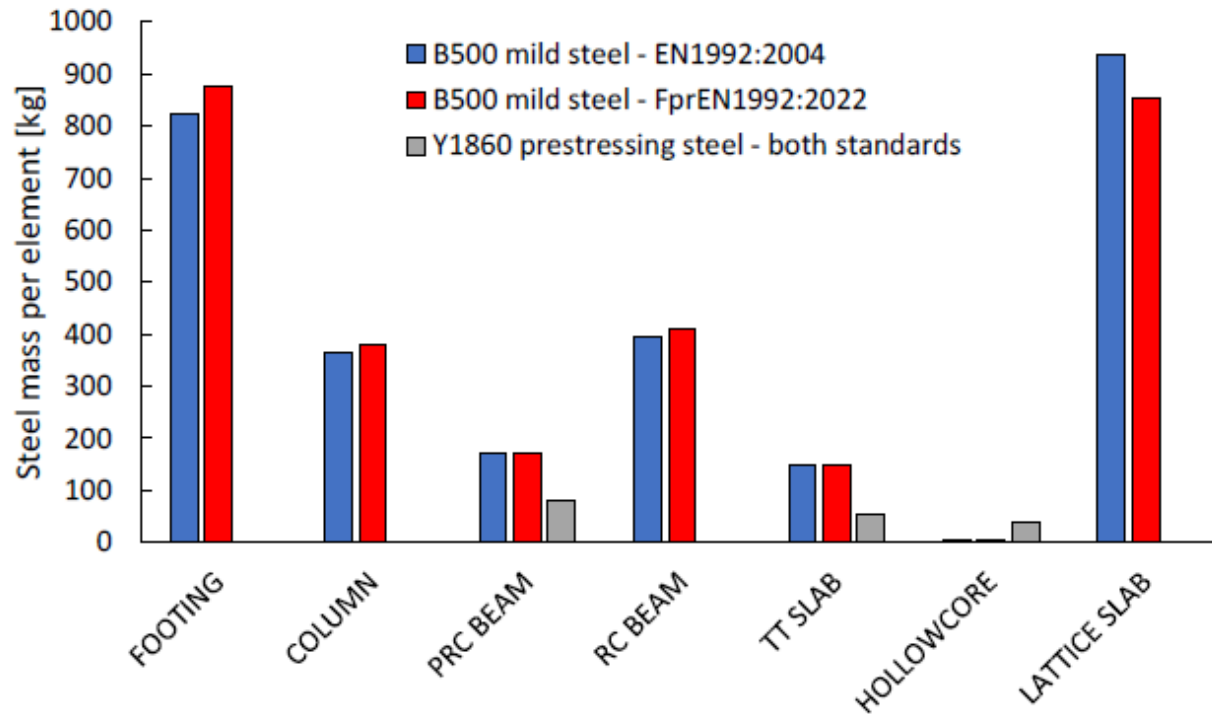
4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun

Perustuselementti

- Ero näiden kahden standardin mukaan suunniteltujen perustusten välillä koskee lävistysraudoitusta: lävistysraudoitusta tarvittu standardin EN1992-1:2004 mukaan, kun taas Fpr1992-:2022:n mukaan lävistysraudoitusta tarvittiin, mikä johtuu pääasiassa erilaisesta kriittisen lävistyskehän määrittelystä.



4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun



4. Yleiskatsaus suunniteltujen elementtien vertailuun

- Palotilanteen vertailu: Taivutuskestävyys

Element	Bending resistance to ISO834 [min]		(2 - 1) / 1 [%]
	1	2	
	EN1992:2004*	FprEN1992:2022	
TT element	82	80	-2.44
Hollow core	116	115	-0.86
Lattice girder	272	270	-0.74
Prestressed beam	154	153	-0.65
Reinforced beam	196	195	-0.51
Column [‡]	130	169	+30.00

*Calculated using the lower conductivity curve of concrete

[‡]Columns designed with different codes have different concrete section

5. Suunniteltujen elementtien ympäristövaikutusten arviointi



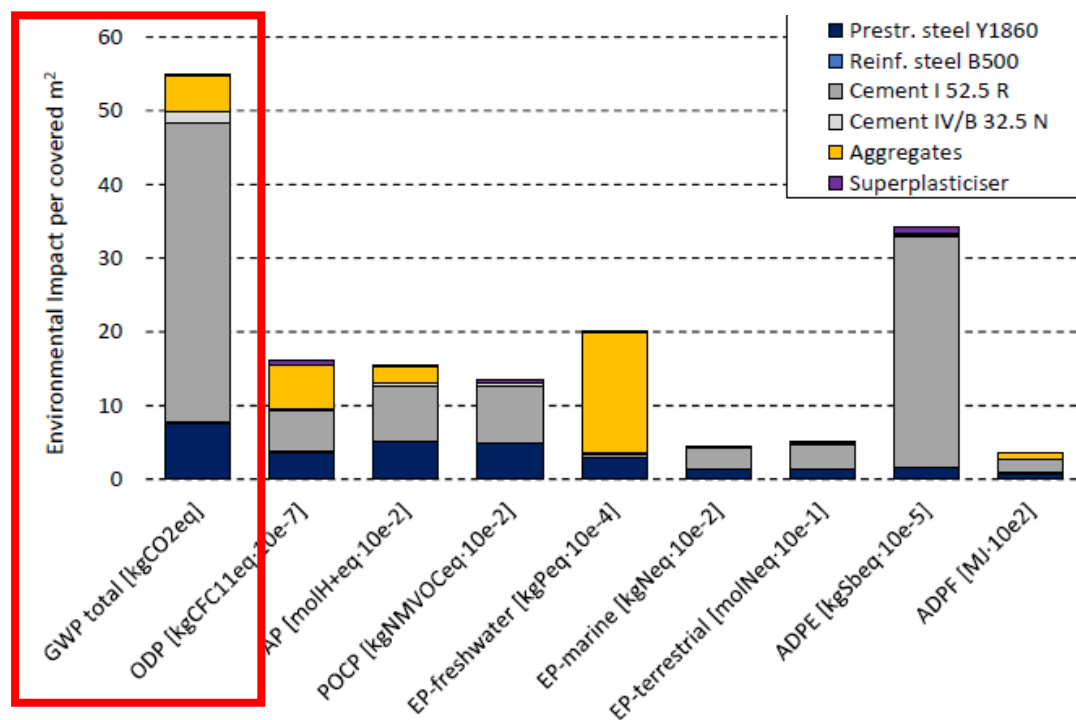
MATERIAL	EPD	DENSITY (ton/m ³)	GWP (kgCO ₂ eq/ton)	GWP (kgCO ₂ eq/m ³)
CEMENT I 52,5 R	EPDITALY0042	3,15	891	2807
CEMENT IV 32,5 N	EPDITALY0042	3,15	547	1723
SAND + GRAVEL	EPDITALY0088	1,5	22,5	34
SILICA FUME	EPD636	1,1	52	57
SUPERPLASTICISER	S-P-04323	1,1	504	555
WATER	-	1	-	-
REINF BARS B500	EPDITALY0015	7,85	809	6351
STRANDS Y1860	S-P-05640	7,85	2190	17192
PP MICROFIBRES	MD-21074-EN	0,91	1770	1611

	PRECAST (C80/95)	PRECAST (C45/55)	CAST-IN-SITU (C25/30)
CEM I 52,5 R	540	420	-
CEM IV/B 32,5 N	-	-	350
SAND + GRAVEL	1570	1820	1870
FILLER (SILICA FUME)	90	-	-
PP MICROFIBRES*	2	-	-
SUPERPLASTICISER	7	7	-
WATER	180	150	190
TOTAL (kg/m ³)	2387	2396	2400
W/C RATIO (-)	0,33	0,36	0,54

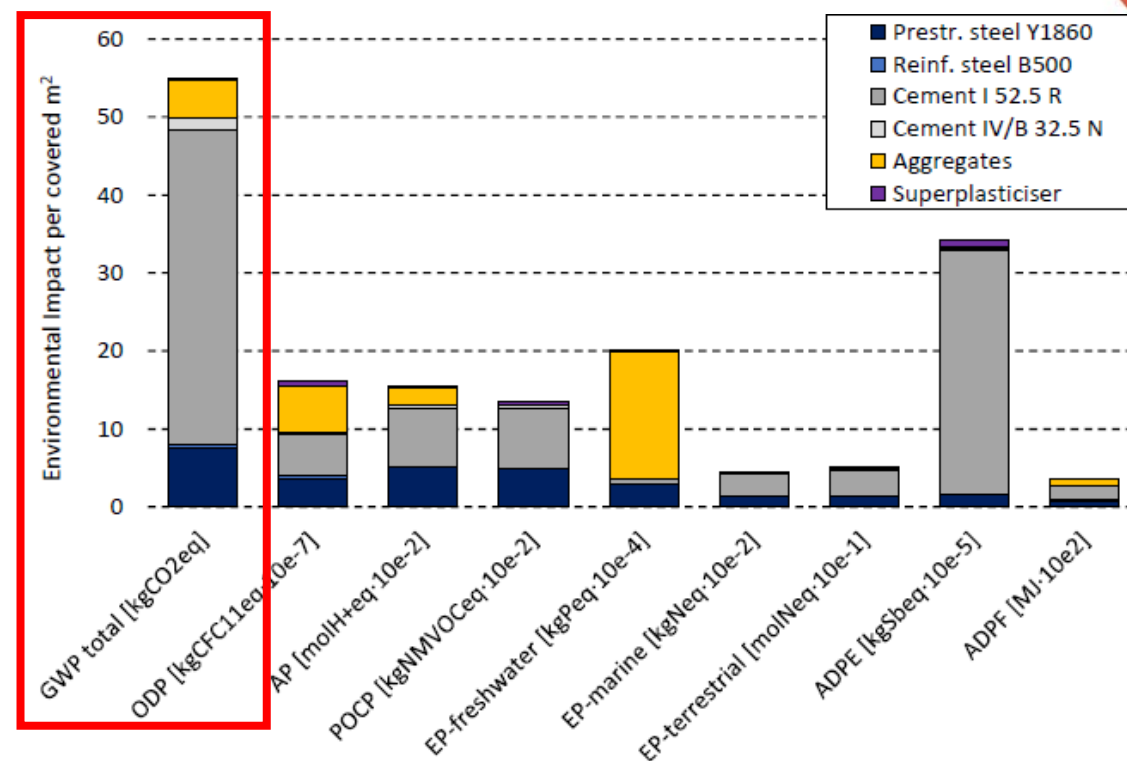
*only for column elements designed according to FprEN1992-1:2022

5. Suunniteltujen elementtien ympäristövaikutusten arviointi

Ontelolaatta: EN1992-1:2004

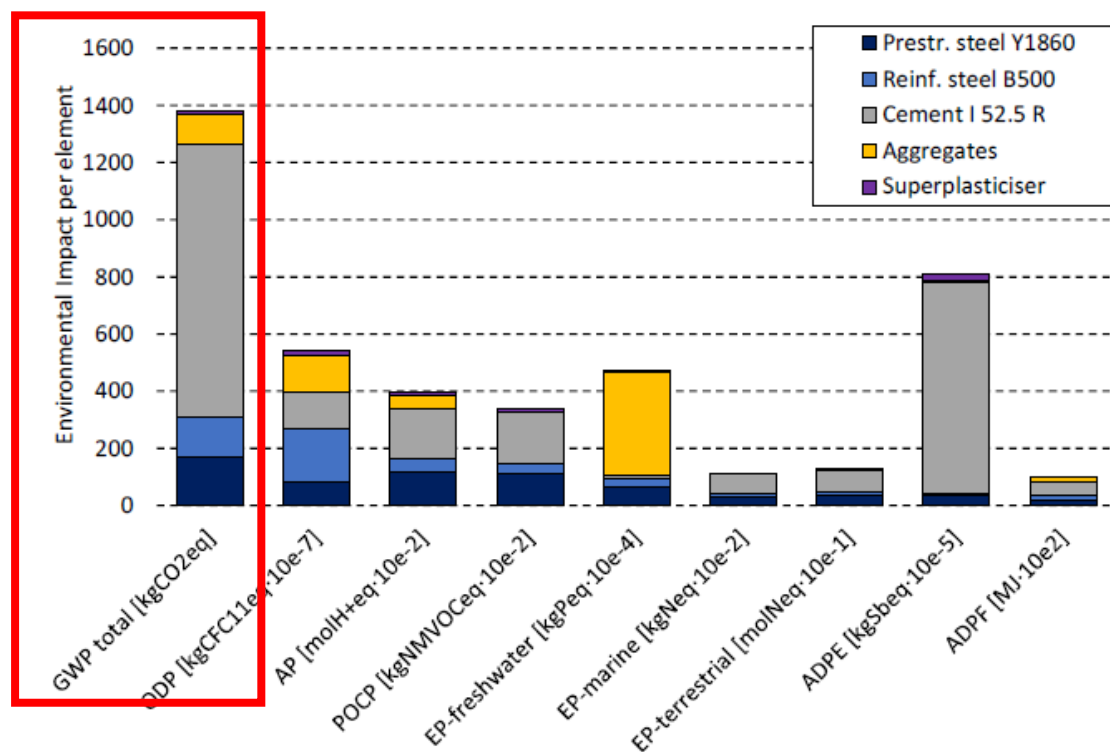


FprEN1992-1:2022

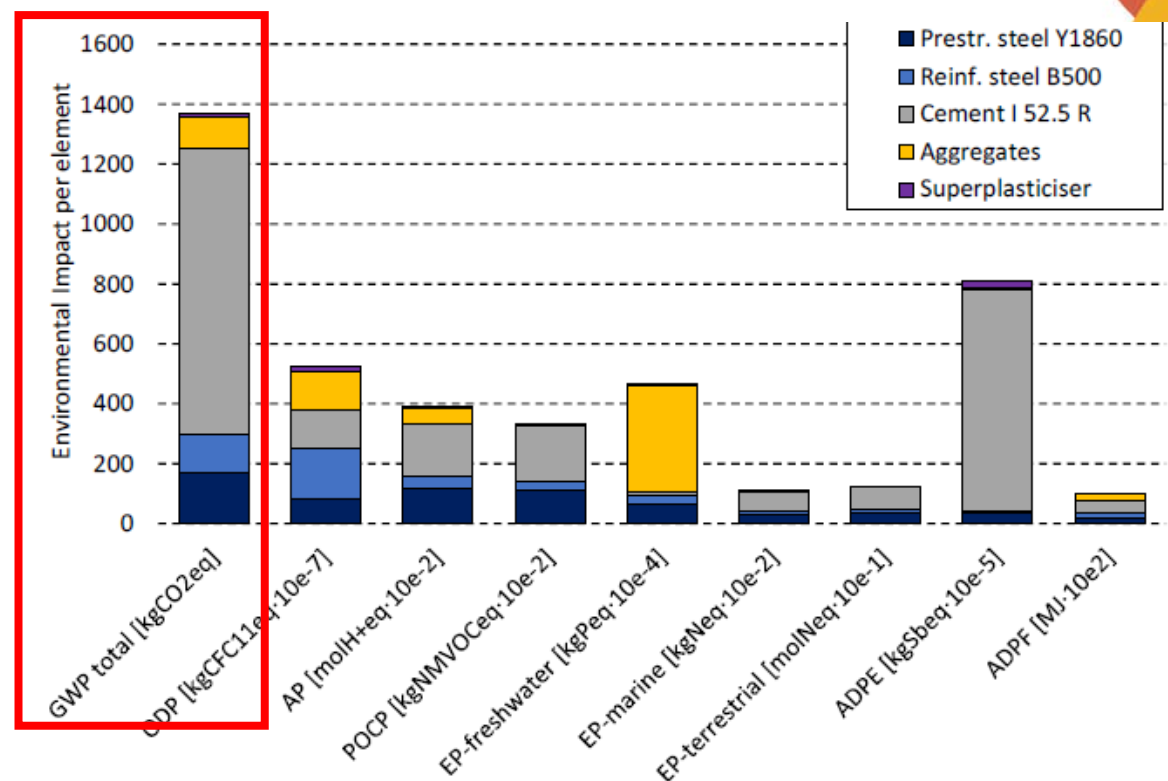


5. Suunniteltujen elementtien ympäristövaikutusten arviointi

Esijännitetty palkki: EN1992-1:2004



FprEN1992-1:2022



6. Johtopäätökset

Kommentit FprEN1992-1:2022 helppoudesta lukea ja käyttää

- Kasvanut sivumäärä vaikeuttaa asioiden löytymistä
- Symboleiden määrä on kasvanut (pyritty löytämään jokaiselle oma), mikä helpottaa käyttöä ja vähentää sekaantumisen vaaraa. Muutoksen takia kaikilla symboleilla ei ole vastaavuutta standardien välillä, mikä vaikeuttaa vertailua.



6. Johtopäätökset

- Eroavaisuuksia EN1992-1-1:2004 ja FprEN1992-1-1:2022 välillä on paljon ja ne vaikuttavat koko suunnitteluprosessiin.
- Kuitenkin lopputulemana elementtien mitat ja rauditusmäärät ovat melko samat standardien välillä ja eroavaisuudet ovat vain muutaman prosentin luokkaa.
- Muutokset olivat jossain tapauksissa suotuisia ja toisessa tapauksessa epäsuotuisia.
- Lopulliset erot tulevat kuitenkin esiin vasta, kun käytetään kansallisessa liitteessä valittuja kansallisia parametrejä, missä valinta on tehty.
- Täytyisi tehdä vertailulaskelmia myös toisenlaisilla rakennustyypeillä (pidemmät jännevälit, suuremmat kuormat, jne.), betonin lujuusluokkien variaatiot ja suurempi elementtien otosmäärä, jotta voitaisiin tehdä tarkempia johtopäätöksiä tulevan standardin vaikutuksista.

Kiitos. Kysymyksiä?

Janne Kihula
Jaospäällikkö, elementit
Betoniteollisuus ry
+358 40 514 6510
janne.kihula@rt.fi