

Lilleland, Victoria
Lilletvedt, Vilde
Nilssen, Karoline

Livsløpsvurdering av betong

En undersøkelse av forbedringspotensialet for konstruksjoner i betong med ulike fasthetsklasser

Bacheloroppgave i ingeniørfag - bygg
Veileder: Baghban, Mohammad Hajmohammadian
Mai 2019

Oppgavens tittel: Livsløpsvurdering av betong <i>En undersøkelse av forbedringspotensialet for konstruksjoner i betong med ulik fasthetsklasse</i>	Dato: [19.05.19] Antall sider: [94] Sider vedlegg: [144]		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
Navn: Victoria Lilleland, Vilde Lilletvedt og Karoline Nilssen			
Veileder: Mohammad Hajmohammadian Baghban	Medveileder: Lizhen Huang		
Ekstern veileder: Christoffer Bakke i Con-Form Oslo AS			

Hensikten med bacheloroppgaven er å undersøke om fasthetsklasser og spennvidde spiller inn på miljøutslippet til en betongkonstruksjon. Oppdragsgiver er Con-Form Oslo AS, og formålet med undersøkelsen er å gi de en indikasjon på om valg av betong med høyere fasthet vil gi mindre miljøavtrykk.

Metoden som er benyttet til å belyse problemstillingen er en kombinasjon av egendimensjonerte konstruksjoner, gjennomføring av livsløpsvurderinger (LCA) og en litteraturstudie. Resultatene fra vurderingen ble brukt til å se på forskjellen i miljøavtrykket til de ulike betongfasthetsklassene B30 og B90 for spennvidder på 4 m og 8 m.

Resultatene viste at B90 har mindre miljøutslipp enn B30 i 10 av de 12 tilfellene som ble vurdert. I konstruksjonen med det største spennet kommer B90 best ut i alle tilfellene, men i det minste spennet er B30 best i 2 av 6 tilfeller. På bakgrunn av dette, konkluderes det med at ved økende spennvidde gir B90 mindre utslipp enn B30. Videre ble det undersøkt om betong med høy andel flyveaske vil gi en positiv utvikling på miljøutslippene sammenliknet med B30 og B90. Undersøkelsen viste at denne betongen er et mer miljøvennlig valg i alle tilfeller. I sammenlikning med massivtre er også denne betongsammensetningen mer miljøvennlig i noen av tilfellene.

Stikkord:

Livsløpsvurdering
Betong
Fasthetsklasse
Spennvidde

Abstract

This bachelor thesis aims to investigate whether compressive strength and span length play a part in the environmental emissions of a concrete construction. The employer is Con-Form Oslo AS, and the purpose of the study is to give them an indication of whether the choice of concrete with higher strength will give less environmental footprint.

The method, used in the thesis, is a combination of self-dimensioned constructions, implementation of life cycle assessments (LCA) and a literature study. The results of the assessment were used to see the difference in the environmental impact of the various compressive strength classifications, C30 and C90 with different lengths of span.

Based on the findings, the C90 shows less environmental emissions than C30 in 10 of the 12 considered cases. In the construction with the largest span length C90 show the best result in all the cases, but for the other construction C30 is the best choice in 2 of 6 cases. From these results it is concluded that with the increasing span length, C90 produces less emissions than C30. Furthermore, it was examined whether concrete with a high proportion of fly ash will give a positive development of the environmental emissions compared to C30 and C90. The study showed that this concrete is a more environmentally friendly choice in all the considered cases. In comparison to CLT (solid wood), the concrete with a high proportion of fly ash is also environmentally friendly in some of the cases.

Forord

Denne bacheloroppgaven er skrevet våren 2019 ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet i Gjøvik, og er vår avsluttende oppgave ved studieretningen ingeniørfag bygg, konstruksjonsteknikk.

Betongindustrien er en stor bidragsyter til miljøutslippene i byggenæringen, hvor sementproduksjon alene står for om lag 5% av verdens totale miljøgassutslipp. For at betongnæringen skal bidra til å redusere utslippene av blant annet CO₂, kreves det ytterligere forskning på hvordan betong kan bli mer miljøvennlig. På bakgrunn av dette mener gruppen at denne oppgaven både er aktuell og fremtidsrettet.

Vi vil begynne med å rette en særlig takk til våre veiledere ved NTNU i Gjøvik, Mohammad Hajmohammadian Baghban og Lizhen Huang. Takk for god veiledning og faglige diskusjoner. Dere har et smittende engasjement for faget, som har vært en viktig motivasjon for oss. Vi vil også takke Samsom Habtemichael, for grundig veiledning i dimensjoneringsprosessen.

Vi vil også rette en takk til Christoffer Bakke, som har vært vår veileder fra Con-Form Oslo AS, for inspirasjon til oppgaven og tilvirkningen av materialet som er benyttet i oppgaven. Videre vil vi takke sivilingeniør Ånund Skomedal, for god veiledning under lyddimensjonering.

Vi vil nevne at alle gruppe medlemmene i denne oppgaven har bidratt likt med utformingen og gjennomførelse av oppgaven.

Gjøvik 19. mai 2019

Victoria Lilleland

Victoria Lilleland

Vilde Lilletvedt

Vilde Lilletvedt

Kardine Nilssen

Karoline Nilssen

Innholdsfortegnelse

Abstract	ii
Forord	iii
Innholdsfortegnelse	iv
Figurliste	vii
Tabelliste	ix
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Begrensninger og forutsetninger	2
1.4 Terminologi	3
1.5 Disposisjon	6
2 Teoretisk grunnlag.....	7
2.1 Betong.....	7
2.1.1 Eksponeringsklasser	7
2.1.2 Fasthetsklasser.....	7
2.1.3 Sement.....	7
2.1.4 Armering	8
2.1.5 Betongresept.....	10
2.1.6 Noen miljøtiltak.....	10
2.2 Massivtre og limtre	12
2.2.1 Massivtreelementer	12
2.2.2 Limtre	13
2.3 Bæresystemer.....	13
2.3.1 Spennvidde og deformasjoner	14
2.4 Brann	14
2.4.1 Brannklassifisering.....	14
2.4.2 Brann og betong	15
2.4.3 Brann og tre.....	15
2.5 Lyd.....	16
2.5.1 Desibel.....	16

2.5.2	Lydklasser	16
2.5.3	Luftlyd.....	16
2.5.4	Trinnlyd.....	17
2.6	Livsløpsvurdering (LCA)	18
2.6.1	Sensitivitetstest.....	19
2.6.2	Miljøpåvirkning.....	19
2.6.3	EPD	22
2.6.4	SimaPro	23
2.6.5	INSUL	23
2.6.6	Microsoft Office Excel.....	23
2.6.7	Ove Sletten	23
2.6.8	Focus Konstruksjon 2019.....	23
3	Metode.....	24
3.1	Litteratursøk.....	24
3.1.1	Kildekritikk	24
3.2	Metodiske valg innen dimensjonering.....	25
3.2.1	Betongresepter.....	25
3.2.2	Laster.....	27
3.2.3	Focus Konstruksjon 2019.....	27
3.2.4	Overdekning	28
3.2.5	Ove Sletten	28
3.3	Metodiske valg for brann.....	30
3.3.1	Betong	30
3.3.2	Trevirke	30
3.4	Metodiske valg for lyd.....	32
3.4.1	Lydisolering betong.....	33
3.4.2	Lydisolering massivtredekke.....	33
3.5	Metodiske valg innen livsløpsvurdering.....	33
3.5.1	SimaPro	34
3.5.2	Excel.....	35
3.5.3	Materialvalg	36
3.5.4	Sensitivitetstest.....	37
3.6	Feilkilder.....	38

4	Resultat.....	39
4.1	Litteratursøk.....	39
4.2	Dimensjoner og tilleggskonstruksjoner	39
4.2.1	Generelle overholdte krav	39
4.2.2	Betong	40
4.2.3	Tre	42
4.3	Dimensjonering og livsløpsvurdering	45
4.3.1	Betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]	46
4.3.2	Betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	49
4.3.3	Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m].....	52
4.3.1	Miljøpåvirkninger for konstruksjonene, 4x4 [m].....	55
4.3.2	Betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]	58
4.3.3	Betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]	61
4.3.4	Massivtrekonstruksjon, 8x8 [m].....	64
4.3.5	Miljøpåvirkninger for konstruksjonene, 8x8 [m].....	67
4.3.6	1 m ³ B30.....	70
4.3.7	1 m ³ B90.....	70
4.3.8	1 m ³ Massivtre.....	70
4.3.9	1 m ³ Geopolymerbetong.....	71
4.3.10	Diagram: 1 m ³	71
5	Diskusjon.....	75
5.1	Diskusjon av metodevalg.....	75
5.2	Diskusjon av resultat	76
5.2.1	A1-A3: Spennviddens betydning for LCA.....	76
5.2.2	A4: Transport til byggeplass	79
5.2.3	Betong med ulike egenskaper for 1 m ³	80
5.3	Avsluttende kommentar.....	81
6	Konklusjon	82
7	Forslag til videre arbeid.....	83
	Litteraturliste	84
	Vedlegg	94

Figurliste

Figur 2.1 – Overdekning på et dekke	9
Figur 2.2 – Overdekning på en søyle	9
Figur 2.3 – Luftlydisoleringsevnen til et 200 mm betongdekke	17
Figur 2.4 – Luftlydisoleringsevnen til et 200 mm massivtredekke	17
Figur 2.5 – Trinnlydisoleringsevnen til et 200 mm betongdekke	18
Figur 2.6 – Trinnlydisoleringsevnen til et 200 mm massivtredekke	18
Figur 3.1 – Forkulling på fire sider	31
Figur 3.2 – Forkulling på tre sider	32
Figur 4.1 – Luftlydisoleringsevnen til massivtrekonstruksjonene	44
Figur 4.2 – Trinnlydisoleringsevnen til massivtrekonstruksjonene	44
Figur 4.3 – Skala for kapasitetsutnyttelse og forskyvningskontroll	45
Figur 4.4 – Betongkonstruksjon B30, 4x4 [m] med laster	46
Figur 4.5 – Kapasitetsutnyttelse på 93% til betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]	46
Figur 4.6 – Forskyvningskontroll på 38% til betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]	46
Figur 4.8 – Betongkonstruksjon B90, 4x4 [m] med laster	49
Figur 4.9 – Kapasitetsutnyttelse på 98% til betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	49
Figur 4.10 – Forskyvningskontroll på 13% til betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	49
Figur 4.11 – Fundament til betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	50
Figur 4.12 – Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m] med laster	52
Figur 4.13 – Kapasitetsutnyttelse på 58% til massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]	52
Figur 4.14 – Forskyvningskontroll på 89% til massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]	52
Figur 4.15 – Fundament til massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]	53
Figur 4.16 – GWP for konstruksjonene, 4x4 [m]	55
Figur 4.17 – ODP for konstruksjonene, 4x4 [m]	55
Figur 4.18 – AP for konstruksjonene, 4x4 [m]	56
Figur 4.19 – EP for konstruksjonene, 4x4 [m]	56
Figur 4.20 – ADPM for konstruksjonene, 4x4 [m]	57
Figur 4.21 – ADPE for konstruksjonene, 4x4 [m]	57
Figur 4.22 – Betongkonstruksjon B30, 8x8 [m] med laster	58
Figur 4.23 – Kapasitetsutnyttelse på 97% til betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]	58
Figur 4.24 – Forskyvningskontroll på 80% til betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]	58
Figur 4.25 – Fundamenter til betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]	59
Figur 4.26 – Betongkonstruksjon B90, 8x8 [m] med laster	61
Figur 4.27 – Kapasitetsutnyttelse på 89% for betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]	61
Figur 4.28 – Forskyvningskontroll på 99% for betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]	61
Figur 4.29 – fundament til betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]	62
Figur 4.30 – Massivtrekonstruksjon, 8x8 [m] med laster	64
Figur 4.31 – Kapasitetsutnyttelse på 91% til massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]	64
Figur 4.32 – Forskyvningskontroll på 95% til massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]	64
Figur 4.33 – Fundament til massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]	65

<i>Figur 4.34 – GWP for konstruksjonene, 8x8 [m]</i>	67
<i>Figur 4.35 – ODP for konstruksjonene, 8x8 [m]</i>	67
<i>Figur 4.36 – AP for konstruksjonene, 8x8 [m]</i>	68
<i>Figur 4.37 – EP for konstruksjonene, 8x8 [m]</i>	68
<i>Figur 4.38 – ADPM for konstruksjonene, 8x8 [m]</i>	69
<i>Figur 4.39 – ADPE for konstruksjonene, 8x8 [m]</i>	69
<i>Figur 4.40 – GWP for 1 m³</i>	71
<i>Figur 4.41 – ODP for 1 m³</i>	72
<i>Figur 4.42 – AP for 1 m³</i>	72
<i>Figur 4.43 – EP for 1 m³</i>	73
<i>Figur 4.44 – ADPM for 1 m³</i>	73
<i>Figur 4.45 – ADPE for 1 m³</i>	74

Tabelliste

1. Tabell 2.1 – Et eksempel på en betongresept	10
2. Tabell 2.2 – Definisjon på de forskjellige fasene i en livsløpsvurdering	19
3. Tabell 2.3 – Miljøpåvirkningene som vektlegges i en livsløpsvurdering	19
4. Tabell 3.1 – Kombinasjon av søkeord til litteraturstudiet	24
5. Tabell 3.2 – Betongresept på B30	26
6. Tabell 3.3 – Betongresept på B90	26
7. Tabell 3.4 – Betongresept på geopolymerbeton	26
8. Tabell 3.5 – Fremgangsmåte for beregning av lydisolering for betongkonstruksjonene	33
9. Tabell 3.6 – Informasjon om materialer	36
10. Tabell 4.1 – Overholdte krav	39
11. Tabell 4.2 – Dimensjoner for betongkonstruksjonene uten tilleggskonstruksjoner	40
12. Tabell 4.3 – Resultater av lyddimensjonering for betongkonstruksjonene B30	41
13. Tabell 4.4 – Resultater av lyddimensjonering for betongkonstruksjonene B90	41
14. Tabell 4.5 – Dimensjoner for massivtrekonstruksjonene uten tilleggskonstruksjoner	42
15. Tabell 4.6 - Oppbygging av sjikt for massivtrekonstruksjonene	42
16. Tabell 4.7 – Tverrsnitt for massivtrekonstruksjonene før og etter branndimensjonering	43
17. Tabell 4.8 – Resultater av lyddimensjonering for massivtrekonstruksjonene	43
18. Tabell 4.9 – Mengder fra betongkonstruksjon B30, 4x4 [m] inkl. fundamenter	48
19. Tabell 4.10 – Resultater fra livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]	48
20. Tabell 4.11 – Resultater fra livsløpsvurdering før og etter sensitivitetstest for betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]	48
21. Tabell 4.12 – Mengder fra betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	51
22. Tabell 4.13 – Resultater fra livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	51
23. Tabell 4.14 – Resultater fra livsløpsvurdering før og etter sensitivitetstest for betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	51
24. Tabell 4.15 – Mengder fra massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]	54
25. Tabell 4.16 – Resultater fra livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]	54
26. Tabell 4.17 – Resultater fra livsløpsvurdering før og etter sensitivitetstest for massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]	54
27. Tabell 4.18 – Mengder fra betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]	60
28. Tabell 4.19 – Resultater fra livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]	60
29. Tabell 4.20 – Resultater fra livsløpsvurdering før og etter sensitivitetstest for betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]	60
30. Tabell 4.21 – Mengder fra betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]	63
31. Tabell 4.22 – Resultater fra livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]	63

32. Tabell 4.23 – resultater fra livsløpsvurdering før og etter sensitivitetstest for betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]	63
33. Tabell 4.24 – Mengder fra massivtrekonstruksjonen, 8x8 [m]	66
34. Tabell 4.25 – Resultater livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]	66
35. Tabell 4.26 –Resultater før og etter sensitivitetstest for massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]	66
36. Tabell 4.27 – Resultater fra livsløpsvurdering, 1 m ³ B30	70
37. Tabell 4.28 – Resultater fra livsløpsvurdering, 1 m ³ B90	70
38. Tabell 4.29 – Resultater fra livsløpsvurdering, 1 m ³ massivtre	70
39. Tabell 4.30 – Resultater fra livsløpsvurdering, 1 m ³ geopolymertbetong	71

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

For å nå klimamålet i Parisavtalen, om å begrense global oppvarming til 2 grader, har Norge som målsetning å redusere klimagassutslippene med 40% innen 2030 (Miljødirektoratet, 2018). Byggenæringen er en betydelig bidragsyter til CO₂-utslippene, og utgjør 13,5% CO₂_{ekv} av Norges utslipp (Bernhard og Jørgensen, 2007). Dette har resultert i at etterspørselen etter miljøvennlige bygg har økt de siste årene (Bygg21, 2018).

Betongens sterke egenskaper gjør den til det mest brukte byggematerialet i verden (Thue, 2018). Samtidig fremmer tidligere artikler og studier ofte trevirke og dets positive miljøegenskaper, og det oppfordres til å bygge mer i tre (Løvik, 2017). Dette kan ha innvirkning på at betong har fått negativ oppmerksomhet for sitt skadelige miljøavtrykk. Tre kommer ofte bedre ut enn betong i et miljøperspektiv på grunn av betongens utslipp under produksjon. Det er likevel viktig å se på andre funksjonelle krav når en skal vurdere hvilket materiale som er best egnet. Betong har gode lyd- og brannegenskaper, og for at tre skal oppnå samme isoleringsevne kreves flere tilleggskonstruksjoner (Thue, 2019a).

I en fullstendig livsløpsvurdering (LCA - Life Cycle Assessment) blir produktets potensielle miljøpåvirkning vurdert fra “vugge til grav”. En slik vurdering gir rom for å finne den mest optimale miljøvennlige løsningen.

Con-Form er et firma som produserer komplette råbygg i betong. Con-Form Oslo AS mener at betong kommer vel så godt ut som tre i et miljøperspektiv. De hevder at tidligere livsløpsvurderinger er mangelfulle, fordi det er mange ulike parametere som inngår i en livsløpsvurdering. Den som gjennomfører en livsløpsvurdering kan styre parameterne til sin fordel, som kan resultere i at materialer sammenliknes på et urettferdig grunnlag. Ettersom betong er et nødvendig byggemateriale er det interessant å se nærmere på hvilke tiltak som kan iverksettes for å redusere CO₂-utslippene i produksjonsprosessen. Sammen med veileder Mohammad Hajmohammadian Baghban ble mulighetene for å redusere dekketykkelsen ved

større fasthetsklasse diskutert. Dette økte interessen for å videre undersøke om det finnes en sammenheng mellom varierende fasthetsklasse, spennvidde og miljøavtrykk.

1.2 Problemstilling

Betong har de siste årene fått et mer negativt omdømme på grunn av dens miljøpåvirkning. For Con-Form er det derfor viktig å undersøke muligheter for å ta mer miljøvennlige valg, derfor blir følgende problemstilling belyst:

Hvordan endres miljøpåvirkningen ved ulik fasthetsklasse og spennvidde?

I tillegg vil oppgaven undersøke om ulike betongsammensetninger på 1 m³ betong har potensiale til å bli mer miljøvennlig ved å sammenlikne B30 og B90 med geopolymerbetong.

1.3 Begrensninger og forutsetninger

Hovedfokuset i oppgaven er å vurdere betong med ulik fasthetsklasse i et miljøperspektiv. For å avgrense oppgaven fokuseres det på egendimensjonerte konstruksjoner. Hver enkelt konstruksjon består av fundamenter, søyler og etasjeskiller, samt bjelker der det er nødvendig. Påvirkning fra andre bygningsdeler, som vegger, dører, tak og vinduer tas ikke hensyn til i dimensjoneringen. Konstruksjonene dimensjoneres etter kravene til bolighus med to etasjer, pålitelighetsklasse 1 og byggested er Lerkendal i Trondheim. Det dimensjoneres konstruksjoner i betong, og konstruksjoner i en kombinasjon av massivtre og limtre. Flere studier, som for eksempel masteroppgaven til Strekerud (2017), viser at massivtre har mindre miljøpåvirkning enn betong. Massivtre vil derfor legges til grunn under sammenlikningen av fasthetsklasser og spennvidder for å vise hvor stort miljøpotensiale et byggemateriale kan oppnå. Andre bærende byggematerialer, som stål, ses bort ifra.

Konstruksjonene som vurderes er optimalisert best mulig med hensyn på miljø, og tar ikke hensyn til det økonomiske aspektet. Konstruksjonene er dimensjonert for lyd og brann, men ikke for vind-, snø- og seismiske laster.

Livsløpsvurderingen neglisjerer bidraget fra skruer, tape og spiker, fordi det antas å utgjøre mindre enn 1% av byggmassen. Den vil vurdere konstruksjonene fra “vugge til port” (A1-A4), som betyr fra uthenting av råmateriale til levering av materialer på byggeplass. Videre miljøpåvirkning fra “port til grav” (A5-D) blir ikke vurdert. POCP blir ikke vurdert i denne livsløpsvurderingen.

1.4 Terminologi

Forkortelser

Arm.	Armering
Bj.	Bjelker
BKL	Brannklasse
c/c	Senteravstand mellom armeringsjern
CO₂	Karbondioksid
CO_{2ekv}	Karbondioksidekvivalenter
Enh.	Enhet
EPD	Environmental Product Declaration (miljødeklarasjon)
Fund.	Fundament
Geo	Geopolymerbetong
GGS	Gulvgipsskive
GP	Gipsplater
Lam.	Laminat
LCA	Life Cycle Assessment (livsløpsvurdering)

LT	Limtre
MT	Massivtre
MU	Mineralull
NS	Norsk Standard
OK.	Overkant
Par.	Parkett
PU	Polyuretan
Sen. test	Sensitivitetstest
TEK17	Byggteknisk forskrift 2017
TLP	Trinnlydsplate
UK.	Underkant

Definisjoner	
CO₂ekv	Gasser som blir omregnet til CO ₂ -verdier, for å sammenlikne miljøpåvirkningene de gir (Olerud, 2016)
Drivhusgasser	Fellesbetegnelse på gasser som absorberer langbølget stråling, og som bidrar til økende gjennomsnittstemperatur på jorden (Olerud, 2018)
Etasjeskiller	Gjelder dekket og tilleggskonstruksjoner
Herde	Tidsperioden når betongen tørker, hvor det skjer en kjemisk reaksjon mellom vann og sement (Thue, 2018)
Korrosjon	Tæring på materialer etter reaksjon med omgivelser, for eksempel rust (Almar-Næss, 2018)
Normalbetong	Betong med densitet mellom 2000 og 2600 kg/ m ³ (Kontrollrådet, u.å)
Riss	Oppsprekking i betong (Fallsen, 2017)
Systemgrense	Sier noe om hva som inngår i et produktsystem, som er en modell av et livsløp (SINTEF Byggforsk, 2014b)
Veid, feltmålt lydreduksjonstall, R'_w (dB)	R' _w er entallsverdi for lydreduksjonstall, R, målt i bygning etter NS-EN ISO 16283-1. Angir en konstruksjons evne til å isolere mot luftlydoverføring i ferdig bygning inkludert flanketransmisjon (SINTEF Byggforsk, 2015a)
Veid, feltmålt, normalisert trinnlydnivå, L'_{n,w} (dB)	L' _{n,w} er entallsverdi for trinnlysnivå, L _n , målt i bygning etter ISO 16283-2. Angir en konstruksjons evne til å isolere mot lyd fra fottrinn og lignende i ferdig bygning inkludert flanketransmisjon (SINTEF Byggforsk, 2015a)

Veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall, R_w (dB)	R_w er en entallsverdi for lydreduksjonstall, R , målt i laboratorium etter NS-EN ISO 10140-2. Angir en konstruksjons evne til å isolere mot luftlydoverføring i laboratorium (SINTEF Byggforsk, 2015a)
Veid, laboratoriemålt, normalisert trinnlydnivå, $L_{n,w}$ (dB)	$L_{n,w}$ er entallsverdi for trinnlydnivå, L_n , målt i laboratorium etter NS-EN ISO 10140-3. Angir en konstruksjons evne til å isolere mot lyd fra fottrinn og liknende i laboratorium (SINTEF Byggforsk, 2015a)
\emptyset	Diameter på armeringsjern i millimeter (Fallsen, 2017)

1.5 Disposisjon

Kapittel 2	Presenterer teorigrunnlaget som legges til grunn for videre belysning av problemstillingen.
Kapittel 3	Beskriver valg av undersøkelsesobjekter, og fremgangsmåte for dimensjonering og livsløpsvurdering.
Kapittel 4	Resultatene fra dimensjonering og livsløpsvurdering presenteres grafisk og i tabeller. I dette kapitlet blir først resultatene fra dimensjonering presentert og deretter livsløpsvurdering.
Kapittel 5	Diskusjon av metodevalg, hvor svakheter belyses. Videre analyseres resultatene av livsløpsvurderingene.
Kapittel 6	Konklusjon av resultatene fra livsløpsvurderingene.
Kapittel 7	Kommenterer forslag til videre arbeid.

2 Teoretisk grunnlag

2.1 Betong

Betong lages ved å blande sement og vann, med tilslag av sand- og steinmaterialer, og er et svært fleksibelt og formbart byggemateriale (Thue, 2018). Det stilles krav til brukbarhet, stabilitet og styrke som enhver betongkonstruksjon skal oppfylle (Maage, 2015).

2.1.1 Eksponeringsklasser

Betongkonstruksjoner skal klassifiseres i eksponeringsklasser, hvor de plasseres med hensyn på hvilke potensielle miljøpåvirkninger de utsettes for. Eksponeringsklassene bestemmes ut fra fare for korrosjon på armering eller nedbrytning av betongen. Det defineres totalt 20 klasser, og en konstruksjon kan falle under en eller flere av disse. Faller konstruksjonen under flere eksponeringsklasser er det den strengeste klassen som legges til grunn. Valgt eksponeringsklasse må oppfylle minstekrav til bestandighetsklasse, som angir hvor tett betongen er (Maage, 2015).

2.1.2 Fasthetsklasser

Fasthetsklasse sier noe om kvaliteten til herdet betong. Den angis i N/mm^2 og måles 28 døgn etter støping. Dersom betongen etter 28 dager eksempelvis tåler en trykkbelastning på 30 N/mm^2 , betegnes betongen som B30. Fastheten avhenger hovedsakelig av forholdet mellom antall liter vann per kilo sement i blandingen (Thue, 2018). Ved høyere fasthetsklasse tåler betongen større trykkbelastning (SINTEF Byggforsk, 2013).

2.1.3 Sement

Sement er den viktigste ingrediensen i betong, og produksjon av sement står for om lag 85% av betongens miljøutslipp. Hovedårsakene til disse utslippene er spalting av kalkstein og oppvarming (Maage, 2015). Videre brukes fossilt brensel som energikilde til sementproduksjon (Norcem, 2014).

Kalsinerings- og karbonatiseringsprosessen

Sement produseres ved at kalkstein, som hovedsakelig består av kalsiumkarbonat (CaCO_3), brennes. Dette kalles kalsinering. Når kalksteinen brennes frigjøres karbondioksid (CO_2) mens kalsiumoksid (CaO) inkluderes i sementdannelsen (Norsk Betongforening, 2014). Dette gir reaksjonslikningen 2.1:



Gjennom livsløpet til betongkonstruksjoner bindes CO_2 fra luften til betongen, som videre reagerer med CaO . Dette danner CaCO_3 , som er det mineralet sementen ble laget av. Denne prosessen kalles karbonatisering, og gir reaksjonslikningen 2.2:



Det er usikkert hvor mye av utslippet fra kalsineringen som blir tatt opp gjennom karbonatisering, men det er beregnet til å ligge mellom 60-80%. Dette gjelder fra bruksfasen til bygget blir revet og betongen blir knust. Opptaket øker etter riving på grunn av betongens overflate blir større (Seehusen, 2013).

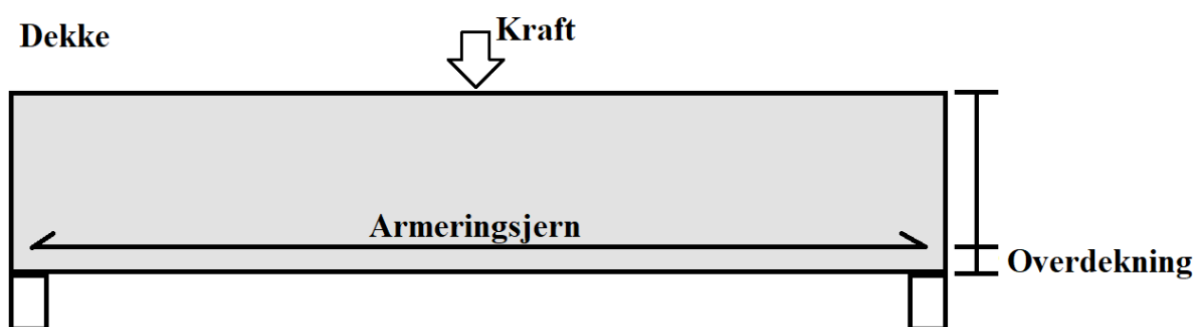
2.1.4 Armering

Armering er laget av stål, og gir betongkonstruksjoner strekkstyrke og formbarhet. Strekkfastheten i betong er ca. 8-10% av trykkfastheten, derfor må strekkraftene tas opp av armeringen. Produksjon av armering krever mye energi, og er dermed en bidragsyter til betongens totale karbonavtrykk. For å redusere utslippene kan det benyttes resirkulert stål (Maage, 2015).

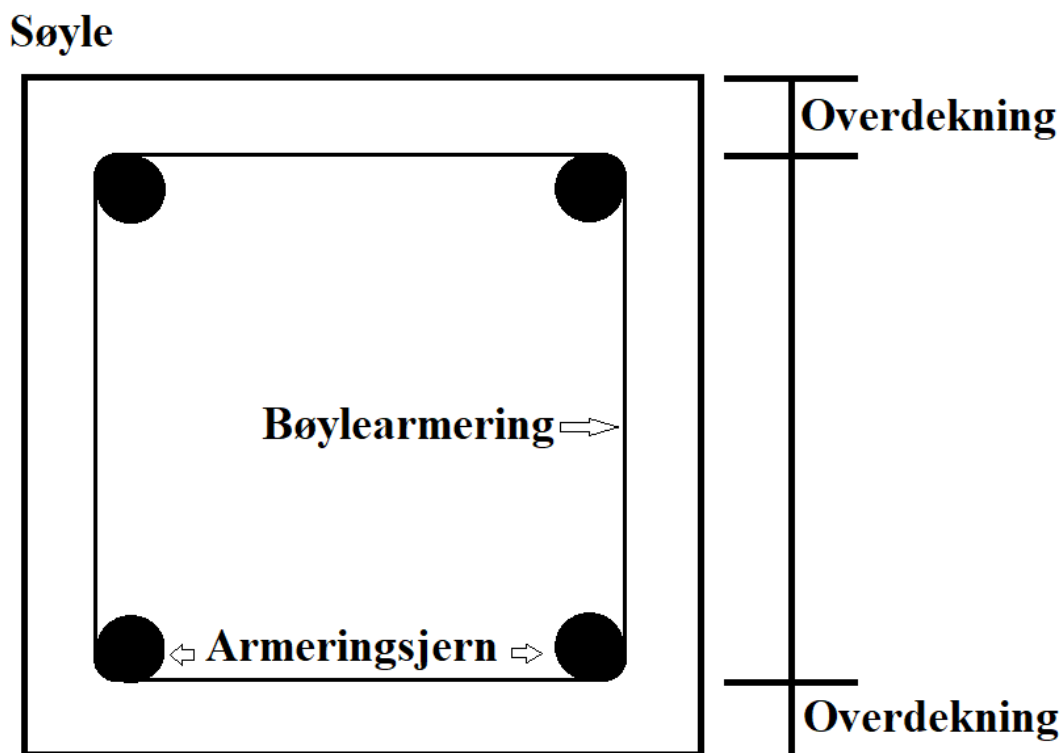
B500C er det mest brukte armeringsstålet. Tallet angir stålets flytegrense, altså hvor stor kraft stålet tåler før deformasjon. B forteller at armeringsstengene har "kammer", som vil si at armeringsjernnet har riller i seg. C angir stålets seighet, altså hvor lett stålet lar seg bøye (Fallsen, 2017). Armeringen bidrar til at konstruksjonselementet holder for skjærkrefter, moment og nedbøying. Det brukes i de aller fleste betongkonstruksjonsdeler, men plasseres forskjellig. I dekker bindes armeringsstenger sammen til nettformasjon, og i søyler står de vertikalt med armeringsbøyler rundt. Kombinasjonen av c/c og stålets diameter påvirker styrken til elementet. Diameterne som blir mest brukt er 8, 10, 12, 16, 20 og 25 (Fallsen, 2017).

Overdekning

Avstanden mellom betongoverflaten og nærmeste armeringslag kalles overdekning. Den har innvirkning på hvor lang tid det tar før en eventuell korrosjon igangsettes. Miljøpåvirkninger konstruksjonen utsettes for kan føre til korrosjon, derfor har eksponeringsklasser og bestandighetsklasser innvirkning på overdekningen (Maage, 2015). Brukstiden og potensiell brannfare spiller også inn (Fallsen, 2017). Figur 2.1 viser overdekning på et dekke, og figur 2.2 viser overdekning på en søyle.



Figur 2.1 – Overdekning på et dekke



Figur 2.2 – Overdekning på en søyle

Aluminiumsarmert betong

DARE2C er et prosjektsamarbeid, som går ut på å bytte ut stålarmering med aluminiumsarmering. Fordelen med aluminiumsarmert betong er at konstruksjonen kan bli slankere, fordi det er mindre behov for overdekning. Det gir også mulighet til å produsere mer porøs betong, som videre vil binde mer CO₂, uten at det går på bekostning av korrosjon på armeringen. For at dette skal være gjennomførbart må betongen oppnå en lavere pH-verdi enn den har i dag. Sammensetningen av betongen blir annerledes, da den blant annet inneholder en redusert mengde kalkstein (Kulmo, 2019).

2.1.5 Betongresept

En betongresept beskriver hva betongen består av, og mengden av hver ingrediens. Bestandighet og fasthet til betongen avhenger av materialsammensetningen. Resepten kan spesialtilpasses hvert prosjekt, slik at egenskapene til betongelementet tilpasses bruksområdet (Norcem, u.å. a). Tabell 2.1 viser et eksempel på en betongresept.

Tabell 2.1 – Et eksempel på en betongresept

B30	Mengde [kg]
Standard sement FA	292,07
0/8 Sand	994,43
8/16 Stein	951,81
Flyveaske	41,38
Silikastøv	10,31
Vann	168,92
SP	1,38

2.1.6 Noen miljøtiltak

Erstatningsmaterialer til sement

Kalsineringsprosessen i seg selv kan ikke redusere utslipp, men ved å minske produksjonen av sement, vil utslippene reduseres tilsvarende. Mulige erstatningsmaterialer er silikastøv og flyveaske. Disse erstatningsmaterialene kan dog ikke erstatte hele mengden sement (Maage, 2015).

Silikastøv

Silikastøv er et restprodukt fra produksjon av silisium- og ferrosilisiummetall, og er i dag den mest brukte sementerstatningen i Norge. Vanlig doseringsmengde er 3-5% av sementmengden. Det er mulig å erstatte store mengder sement med en liten mengde silikastøv. Betong med silikastøv vil utvikle samme fasthet etter 28 dager herding som normalbetong, men herdeprosessen går saktere. Silikastøv fører også til at betongen blir tettere. Videre bidrar silikastøv til å redusere korrosjonshastigheten, blant annet på grunn av økt elektrisk motstand (Maage, 2015).

Flyveaske

Flyveaske er et biprodukt av rensed røykgass fra kullfyrte varmekraftverk. Sement med flyveaske kalles gjerne "lavvarmesement", fordi med eksempelvis 20% flyveaske i sementen reduseres varmeproduksjonen med om lag 15%. Det minsker faren for oppsprekking i herdefasen. I tillegg gjør flyveaske betong mindre motstandsdyktig mot karbonatisering, som betyr at CO₂ bindes raskere. Dette kan føre til raskere korrosjon av armeringsjern, men miljøgevinsten er likevel større (Maage, 2015). Betong med flyveaske tåler et høyere innhold av alkalier før eventuelle skader oppstår, fordi flyveaske bidrar til å binde alkalier og redusere porevæskens pH. Det vil si at betongen har god motstand mot alkalireaksjoner. Alkalireaksjoner kan medføre riss i betongen, som oftest blir synlige etter 15-20 år. Denne type riss kan påvirke betongens strekkfasthet og permeabilitet (betongens evne til å transportere væske eller gass) (SINTEF Byggforsk, 2007).

Kull som energikilde er en relativt stor bidragsyter til CO₂-utslipp. Et tiltak for å minske miljøpåvirkningen er å erstatte denne energikilden med gassdrift (Hofstad og Rosvold, 2017). Å videreutvikle renseteknologien, for å redusere mengden klimagasser som slippes ut, er også en mulighet for å begrense utslipp.

Geopolymerbetong

Geopolymerbetong er et grønnere alternativ til tradisjonell betong. Den består hovedsakelig av biprodukter som flyveaske. Resten består av steinstøv, sand eller grus og vann (Myrdal, 2015). Geopolymerbindemiddel kan brukes helt eller delvis til å erstatte sement og gir både miljømessige og tekniske fordeler. Dette inkluderer 80-90% reduserte CO₂-utslipp. Det skyldes hovedsakelig at det ikke er behov for like høy temperatur i kalsineringsprosessen (Sabnis, 2016).

CO₂-rensplanlegg

Energi- og industrianlegg slipper ut store mengder CO₂. Derfor er fangst, transport og lagring av CO₂ essensielt for å nå klimamålene. Det finnes ingen grønn erstatning for kalkstein, så derfor må det utvikles løsninger som kan redusere utslipp fra prosessen. CO₂-rensplanlegg vil forhindre at CO₂ kommer ut igjen i atmosfæren, og vil dermed være et klimavennlig tiltak (Norcem, u.å. b).

2.2 Massivtre og limtre

Det har blitt et økende fokus på forskjellige typer trematerialer, som er behandlet eller satt sammen på ulike måter for å utnytte egenskapene best mulig (SINTEF Byggforsk, 2001). På grunn av gode egenskaper har massivtre hatt stor vekst de siste årene, og det er forventet at etterspørselen fortsetter å øke (Nyrud, 2018). Tre er i forhold til sin egen vekt like sterkt som stål, og har lang holdbarhet i tørr tilstand (Foslie, 2012). Regjeringen ønsker å øke forbruket ettersom tre er en fornybar ressurs som binder CO₂, og de mener at det kan erstatte ikke-fornybare materialer (Løvik, 2018). Når treet blir hugget eller dør blir derimot opplagret CO₂ frigjort (Christensen, 2008).

2.2.1 Massivtreelementer

Massivtreelementer er elementer som er satt sammen av lameller, altså, ved hjelp av for eksempel lim, stålbeslag, skruer, spiker eller tredybler. Avhengig av funksjon og bruksområde har elementene ulik tykkelse og antall sjikt. Standardelementer blir levert i tykkelser mellom 63 mm og 240 mm og har tre, fem, syv eller ni sjikt (SINTEF Byggforsk, 2008). Det kan brukes i alle typer bygg, som både bærende og ikke-bærende elementer i tak, vegger og gulv (Aarstad, Glasø og Bunkholt, 2011).

2.2.2 Limtre

I trekonstruksjoner brukes ofte massivtre i vegger og dekker, og limtre i bjelker og søyler (Trefokus, u.å.). Limtre er et treprodukt sammensatt av lameller ved hjelp av lim. Den består av minst to lameller, hvor lammeltykkelsen skal være mellom 6 mm og 45 mm og fiberretningen skal være langs komponentens lengderetning. Når to eller flere limtrekomponenter skal monteres sammen brukes gjerne bolter, spiker eller skruer. Normalt er påkjenningen størst i den ytre delen av tverrsnittet, derfor er det vanlig å bruke trevirke med høyere kvalitet her. Dette kalles kombinert limtre (Bell, Liven og Norske limtreprodusenters forening, 2015).

2.3 Bæresystemer

Et bæresystem består av horisontalt bærende deler, som bjelker og dekker, vertikalt bærende deler, som søyler og bærevegger, og avstivende deler, som skråstilte elementer og stive skivekonstruksjoner. Det bærende systemet fungerer ved at de horisontale delene overfører kreftene til de vertikale delene, som videre fører kreftene som trykkrefter via fundamentene ned til grunnen. Avstivende elementer sikrer konstruksjonen for sideveis stabilitet for å unngå velting eller forskyvning (Thue, 2019b). Det er avgjørende at enhver konstruksjon tåler sin egen vekt og annen påkjenning den blir utsatt for, for å unngå kollaps. Konstruksjoner utsettes for blant annet egenlast og nyttelast:

Egenlast Den lasten som konstruksjonen påfører seg selv ved sin egen vekt. Denne beregnes ved at konstruksjonens volum og tyngdetetthet [kN/m^3] multipliseres med tyngdeakselerasjon [$9,81 \text{ m/s}^2$] (Landgraff, 2017a).

Nyttelast Betegner de belastningene som skyldes bruken av konstruksjonen. Det deles inn i brukskategorier som bolig, sykehus og skole (Landgraff, 2017a).

Laster kan beregnes ut fra bruks-, brudd- og ulykkesgrensetilstand. Ved bruksgrensetilstand beregnes laster som påvirker utseende til konstruksjonen, for eksempel deformasjoner og vibrasjoner. Sikkerhetshensyn blir ivaretatt under bruddgrensetilstand, hvor blant annet store

deformasjoner og brudd skal beregnes. Ved ulykkesgrensetilstand dimensjoneres konstruksjonen blant annet for å motstå brann i en bestemt tidsperiode (Landgraff, 2017b). Konstruksjoner dimensjoneres med sikkerhetsfaktorer for både egen- og nyttelast. Faktorene bestemmes ut fra hvor stor sikkerhetsmargin som er nødvendig. De er definert i Standard Norge (1990, s. 38). Kapasitetsutnyttelse forteller hvor mye av kapasiteten til konstruksjonen som utnyttes.

2.3.1 Spennvidde og deformasjoner

Den horisontale avstanden mellom understøttelsene til en konstruksjon betegnes som spennvidde (Store Norske Leksikon, 2009). Flatevekten og dekketykkelsen øker med spennvidden samtidig som risikoen for nedbøyning øker. En økende spennvidde påvirker også lydegenskapene. Flankeoverføringsgraden reduseres med økende spennvidde og lydegenskapene bedres ved økt flatevekt (SINTEF Byggforsk, 2015a).

Nedbøyning til en konstruksjon påvirkes blant annet av hvor stivt materialet er og hvilke laster den utsettes for (Røhne og Vangestad, 2001). Det settes krav til hvor mye nedbøyning som tillates i enhver konstruksjon (SINTEF Byggforsk, 2013).

Når bjelker og dekker brukes i konstruksjoner er moment, skjær og nedbøyning sentralt, da dette kan føre til deformasjoner på konstruksjonen (Bell, Liven og Norske limtreprodusenters forening, 2015). Søylar er hovedsakelig utsatt for knekking og kan forekomme dersom søylen er for slank i forhold til momentet (Bell, Liven og Norske limtreprodusenters forening, 2015).

2.4 Brann

2.4.1 Brannklassifisering

Risikoklasser

Enhver bygning klassifiseres ut fra risiko for liv og helse. Det betyr at det kartlegges hvor stor fare mennesker utsettes for, ved brann i bygget. Risikoklassene deles i klasser fra 1 til 6, hvor klasse 6 har de strengeste kravene (Espedal, 2010).

Brannklasser

Brannklasse (BKL) bestemmes ut fra risikoklasse og antall etasjer. Det er tre ulike brannklasser, som klassifiseres fra 1 til 3, hvor klasse 3 har de strengeste kravene (Espedal, 2010).

Brannmotstand

Enhver bygningsdel må ha den nødvendige brannmotstanden for å oppfylle det aktuelle brannklassekravet. Brannmotstand karakteriseres i fire kategorier:

R	Bærende funksjon
E	Integritet, flamme- og røykskillende funksjon
I	Isolerende funksjon
M	Mekanisk motstandsevne: Evnen til å motstå horisontal mekanisk belastning under og etter brann.

Bokstavkodene til bygningsdelene velges ut fra hvilke egenskaper de må ha samt motstandstiden i minutter. For eksempel en søyle som skal ha bæreevne i 30 minutter, betegnes som R30 (Rimstad, Løvaas og Jensen, 2017).

2.4.2 Brann og betong

Betong brenner ikke, og tåler derfor brann godt. Armeringsstålet må imidlertid beskyttes mot brann, derfor avhenger de branntekniske egenskapene av overdekning (Espedal, 2010).

2.4.3 Brann og tre

Trevirke vil miste sine mekaniske og fysiske egenskaper når det utsettes for brann over tid (Bell, Liven og Norske limtreprodusenters forening, 2015). Ved brann i trebygninger blir bæreevnen svekket der materialet er forbrent. Forkullingshastigheten, altså hvor raskt trevirket brenner, er om lag 0,5-1 mm per minutt. Området som blir forbrent kalles

forkullingsdybde. Ved å branndimensjonere tverrsnittet eller bruke brannhemmende tilleggskonstruksjoner kan tiden fra brannen starter til bæreevnen svekkes forlenges (Espedal, 2010). I massivtrekonstruksjoner vil mellomliggende sjikt få en liten temperaturendring og dermed beholder massivtreet mye av fasthets- og stivhetsegenskapene. Det svake punktet i et massivtreelement er forbindelsesmidler, som for eksempel dybler (Aarstad, Glasø og Bunkholt, 2011).

2.5 Lyd

Thue (2016, s. 361) definerer lyd som “lydbølger i luft som oppfattes av det menneskelige øret”. NS 8175 “Lydforhold i bygninger” definerer konkrete krav om hvordan byggverk skal utføres for å skjerme mot uønsket lyd. Tunge konstruksjoner med stor masse vil isolere bedre mot lyd enn lette konstruksjoner (Hveem, 2018).

2.5.1 Desibel

Desibel [dB] er forholdet mellom to fysiske størrelser som beskriver lydstyrken til en lydkilde. Det er forholdet mellom en verdi og en referanseverdi. Desibel benyttes også til å definere lydisolasjon, som er det viktigste aspektet til lyd i bygninger (Holtebekk, Myren, og Ulseth, 2018).

2.5.2 Lydklasser

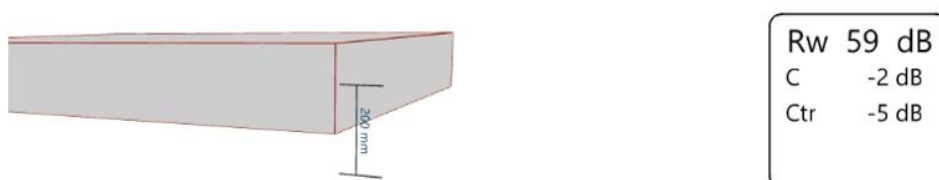
Bygninger deles inn i lydklasser, avhengig av hva bygget skal brukes til. De deles inn i klasse A, B, C og D, og beskriver hvor mye støy som tillates i et bygg. For eksempel faller bolighus under klasse C (Standard.no, 2018).

2.5.3 Luftlyd

Luftlydisolasjon beskriver konstruksjonens evne til å isolere mot luftlydoverføring. Luftlyd gir trykkbølger i luften, og kilden er for eksempel TV eller stemmer. Konstruksjoners lydisolerende evne angis i målestørrelsen veid, feltmålt lydreduksjonstall (R'_w), med enheten dB. Reduksjonstall er et mål for hvor mange dB lyden blir redusert når den går gjennom konstruksjonen. Kravet til feltmålt, veid lydreduksjonstall (R'_w) mellom boenheter er $R'_w \geq 55$ dB (Betongelementboken bind E, 2009).

Etasjeskillere og skillevegger av betong gir god luftlydisolering, uten at det er behov for tilleggskonstruksjoner. Den isolerende egenskapen øker i takt med tykkelsen på dekket (Bryne og Bjerke, 2018; Thue, 2019a). For dekker i massivtre gir økt tykkelse minimal effekt, og det er behov for tilleggskonstruksjoner for å tilfredsstillende lydkravet.

Figur 2.3 viser at et betongdekke på 200 mm tykkelse ligger på 59 dB. Tilsvarende tykkelse i massivtre ligger på 40 dB (figur 2.4). Det viser at betong isolerer bedre mot luftlyd enn massivtre. Beregningene er utført i programvaren INSUL, og viser laboratoriemålte verdier (R_w). På illustrasjonene refereres det til C- og C_{tr} -verdier, som beskriver lavfrekvensegenskapene, men disse ses bort fra her.



Figur 2.3 – Luftlydisoleringsevnen til et 200 mm betongdekke

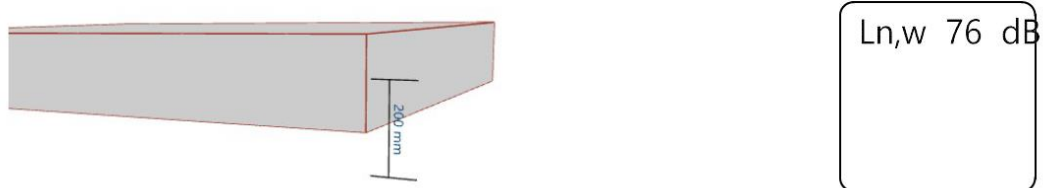


Figur 2.4 – Luftlydisoleringsevnen til et 200 mm massivtredekke

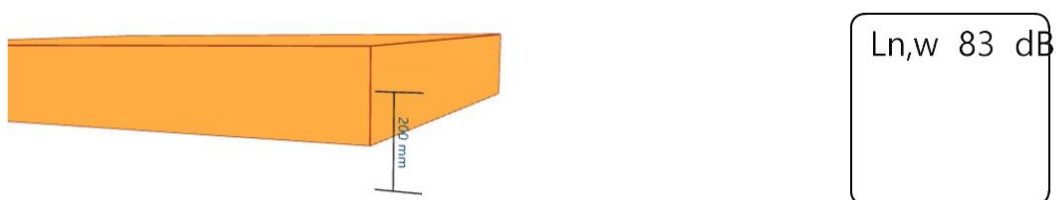
2.5.4 Trinnlyd

Trinnlyd oppstår hovedsakelig via trapper og gulv, ved for eksempel gange eller banking. Lyden går igjennom konstruksjonen og blir oppfattet som konsentrert lyd (Espedal, 2010). Trinnlyd er en av de største utfordringene for etasjeskillere i massivtre (Thue, 2019a). Kravet til feltmålt, veid trinnlydnivå ($L'_{n,w}$) mellom boenheter er $L'_{n,w} \leq 53$ dB (SINTEF Byggforsk, 2015a).

Ifølge beregninger fra INSUL når verken et 200 mm betongdekke eller 200 mm massivtredekke trinnlydskravet. Figurene 2.5 og 2.6 viser trinnlydisoleringsevnen til dekkene. Begge dekkene krever dermed tilleggskonstruksjoner. Ettersom det er et større avvik på massivtredekke, forventes et enda større behov for trinnlydisolering enn ved betongdekke. Beregningene viser laboratoriemålte verdier ($L_{n,w}$).



Figur 2.5 – Trinnlydisoleringsevnen til et 200 mm betongdekke



Figur 2.6 – Trinnlydisoleringsevnen til et 200 mm massivtredekke

2.6 Livsløpsvurdering (LCA)

Livsløpsvurdering er en metode som gir en oversikt over det potensielle miljøavtrykket til et produkt fra produksjon til resirkulering, altså fra “vugge til grav”. Ved hjelp av en slik vurdering kan bygg med forskjellige materialsammensetninger sammenliknes, og det kan ses på muligheter for å begrense miljøpåvirkningen til et byggeprosjekt. Det er dessuten mulig å se hvor stor påvirkning enhver fase i livsløpet gir (SINTEF Byggforsk, 2015b). Vurderingen kan gjennomføres både helt og delvis, som betyr at ikke alle periodene av byggets levetid må tas med i vurderingen. En livsløpsvurdering kan ifølge epd-norge (2014) deles inn i fasene vist i tabell 2.2.

Tabell 2.2 – Definisjon på de forskjellige fasene i en livsløpsvurdering

Faser	Beskrivelse
A1-A3	Råmateriale, transport og produksjon av delmaterialene til produktene
A4	Transport fra produksjonsstedet til byggested
A5	Montering
B1-B7	Bruksfase
C1-C4	Riving, avfallstransport og behandling av avfallet
D	Byggedelenes potensielle resirkulasjon

2.6.1 Sensitivitetstest

Sensitivitetstest vurderer kvaliteten og usikkerheten til dataene som legges til grunn i vurderingen, og brukes når kvalitetsnivåene har varierende usikkerhet. Dataene blir delt inn i ulike kvalitetsnivåer: høy (10% feilmargin), middels (30% feilmargin) og lav kvalitet (50% feilmargin). Med feilmargin menes hvor mye usikkerheter påvirker resultatet. Ved høy kvalitet på dataene er det derfor mindre feilmargin enn ved lav kvalitet (Huang *et al*, 2014).

2.6.2 Miljøpåvirkning

Miljøpåvirkningene som vektlegges i en livsløpsvurdering er vist i tabell 2.3.

Tabell 2.3 – Miljøpåvirkningene som vektlegges i en livsløpsvurdering

Miljøpåvirkning	Beskrivelse	Kilden fra byggevirkksomhet
Global warming potential (GWP) <i>Global oppvarming</i> [kg CO ₂ ekv]	Et mål på hvor mye de ulike drivhusgassene bidrar til å varme opp atmosfæren. Dette innebærer karbondioksid (CO ₂), lystgass (N ₂ O) og metan (CH ₄), som omregnes til CO ₂ ekv. Kilder til drivhusgasser er fossilt brensel, uthenting og bruk av naturgass, og biomassebrenning (Toldnæs, 2017).	Byggenæringen bidrar til GWP-utslipp ved forbrenning av fossilt brensel. Det brukes til utvinning av råmaterialer, materialproduksjon og transport. Kalsineringsprosessen er også en bidragsyter til utslippene (SINTEF Byggforsk, 2014a).

	<p>Stort utslipp av CO_{2ekv} bidrar til økende mengde drivhusgasser i atmosfæren. Dette medfører blant annet at gjennomsnittstemperaturen øker, som videre fører til at isbreer smelter og havnivået øker (Ung Energi, 2016).</p>	
<p>Depletion potential of stratospheric ozone layer (ODP) <i>Nedbrytning av ozonlaget</i> [kg KFK-11-ekv]</p>	<p>Et mål på hvor mye ulike klimagasser, som inneholder klor og brom, bryter ned ozonlaget. Dette fører til at kraftigere UV-stråler slipper gjennom til jordoverflaten. Økt UV-stråling kan være skadelig for både mennesker, dyr og planter (Holtet og Aksnes, 2019).</p>	<p>Bli brukt til kjølesystemer i bygg (SINTEF Byggforsk, 2014a).</p>
<p>Acidification potential of soil and water (AP) <i>Forsuring av jord og grunnvann</i> [kg SO_{2ekv}]</p>	<p>Et mål på hvordan syrer påvirker vannet og jorden etter at de er avgitt til atmosfæren (La Rosa, 2016). Svovel- og nitrogenforbindelser er de største bidragsyterne til forsuring og danner sur nedbør ved at gassene reagerer med vann i atmosfæren. Det kan føre til at havet får en lavere pH-verdi (forsuring), som har konsekvenser for fiskebestanden og plantelivet (Lauvset, 2015). Sur nedbør kan gi påvirkning langt unna forurensningskilden, og i Norge regnes det at 90% av sur nedbør</p>	<p>Industriprosesser, særlig framstilling av metalliske produkter, kraftverk og transport er dominerende kilder til utslipp som medfører sur nedbør. Prosessene har nær tilknytning til byggebransjen, i form av byggevareproduksjon, elektrisitet fra fossilt brensel og ved bruk av fossilt brensel til oppvarming (SINTEF Byggforsk, 2014a).</p>

	<p>med svovelinnhold og 80% av sur nedbør med nitrogeninnhold kommer fra land som Tyskland, Polen og Storbritannia (SINTEF Byggforsk, 2014a).</p>	
<p>Eutrophication potential (EP) <i>Overgjødsling</i> [kg (PO₄)³-ekv]</p>	<p>Et mål på hvordan overgjødsling av fosfor og nitrogen påvirker planter og alger (Milner, 2009). En korrekt mengde av næringsalter er essensielt for et velfungerende økosystem. Med næringsalter menes fosfater (fosforforbindelser) og nitrater (nitrogenforbindelser) og for høye verdier av disse i vann bidrar til overgjødsling. Dette kan føre til at algeveksten øker, nedslamming av bunnen, tilgroing og dårligere sikt i vannmasser. Det gjør at nedbrytingen av biologisk materiale øker, som kan gi oksygenmangel. Konsekvensene er et mindre biologisk mangfold og større vekst av giftige alger (SINTEF Byggforsk, 2014a).</p>	<p>Sentrale kilder til utslipp av fosforforbindelser er jordbruk, oppdrett og kommunalt avløp. Forbrenning av fossilt brensel gir utslipp av forurensende nitrater og kan forekomme i byggevareproduksjon, ved produksjon av elektrisitet og ved transport (SINTEF Byggforsk, 2014a).</p>
<p>Abiotic depletion potential (elements) (ADPM) <i>Utarming av ikke-fornybare materialer</i> [kg Sb-ekv]</p>	<p>Et mål for å se på forbruket av en ikke-fornybar ressurs i forhold til den estimerte globale tilgangen på det samme materialet. Med ikke-fornybar ressurs menes materialer som ikke gjenskapes eller at det tar meget lang tid før det skjer. Bruk av fossile ressurser bidrar til</p>	<p>I byggenæringen kan dette være forbruk av stein, sand og kull (Andersen, 2016).</p>

	CO ₂ -utslipp, som videre fører til blant annet høyere gjennomsnittstemperatur (SINTEF Byggforsk, 2014a).	
Abiotic depletion potential (fossil) (ADPE) <i>Utarming av ikke-fornybar energi</i> [MJ]	Et mål på hvor stort forbruk av fossile ressurser en bestemt prosess krever i forhold til den estimerte globale tilgangen på samme ressurs. Bruk av fossilt brensel bidrar til økt CO ₂ -utslipp, som påvirker blant annet gjennomsnittstemperaturen (SINTEF Byggforsk, 2014a).	Kull, olje og gass er kilder som har tilknytning til byggenæringen (SINTEF Byggforsk, 2014a).

2.6.3 EPD

Miljødeklarasjon (EPD) er et dokument som beskriver miljøprofilen til et produkt eller en tjeneste (epd-norge, u.å.). EPD er et verktøy som kan benyttes ved valg av materialer for å sikre et mest mulig miljøvennlig bygg eller for å finne riktig materiale som innfrir nasjonale eller internasjonale krav (Mellegård, u.å.). Produsenten av en EPD kan selv velge hvilken informasjon som skal inkluderes, men vanligvis gjelder en EPD fra ”vugge til grav” (epd-norge, u.å.). Utslippene oppgis som oftest per 1 m³.

2.6.4 SimaPro

SimaPro er et verktøy som brukes til å gjennomføre en livsløpsvurdering. Programmet kan brukes til å vurdere miljøavtrykket til produkter og prosesser, og det kan produseres egne EPD-er. Det gir mulighet til å bryte ned resultatdataene, for å se hvilke utslipp som bidrar mest til den aktuelle miljøpåvirkningen (Goedkoop *et al.*, 2016). Ved hjelp av SimaPro kan det settes opp forskjellige forutsetninger i vurderingen, og undersøkes hvilke kombinasjoner som er mest miljøvennlig. Dette er en fordel dersom dataene skal gjenbrukes eller hvis det er ønskelig å undersøke de miljøfiendtlige fallgruvene (Goedkoop *et al.*, 2016). Utslippene oppgis som oftest per 1 m³.

2.6.5 INSUL

INSUL er et programverktøy som brukes til å beregne lydisolasjon i gulv, vegger og tak. Programmet gir mulighet til å få rask evaluering av materialer, og baserer seg på elastisk plateteori (INSUL, u.å.).

2.6.6 Microsoft Office Excel

Microsoft Office Excel (Excel) er et regneark som brukes til beregninger, tabeller og diagrammer (Microsoft, u.å.).

2.6.7 Ove Sletten

Ove Sletten er en samling av programmer, som brukes til beregning av betongkonstruksjoner. BT-snitt er en av disse programmene, hvor søyler, støttemur, vegger og fundamenter dimensjoneres (Sletten bygghdata, u.å.).

2.6.8 Focus Konstruksjon 2019

Focus Konstruksjon 2019 er et analyseprogram, hvor elementmetoden benyttes til å beregne konstruksjoner. Programvaren er basert på norske standarder og gir en “total global analyse med flere materialtyper i en komplett modell” (Focus, u.å.). Focus Konstruksjon 2019 gjennomfører statiske analyser av bygningskonstruksjoner i både 2D og 3D, og utfører beregninger for massivtre, limtre, betong og stål i både bruks-, brudd-, og ulykkesgrensetilstand (Focus, u.å.).

3 Metode

3.1 Litteratursøk

For å finne relevant informasjon ble tidligere forskning samt bachelor- og masteroppgaver innen byggeteknikk undersøkt. Tidligere forskning ble identifisert ved hjelp av litteratursøk i ulike databaser: Scopus, ScienceDirect og Compendex. Følgende søkeord ble brukt: betong, concrete, limtre, massivtre, CLT, EPD, cross-laminated timber, miljø, miljøpåvirkning, LCA, livsløpsanalyse, livsløpsvurdering, environment. Søkeordene ble kombinert på ulike måter for å få et mest mulig presist søkeresultat, se tabell 3.1. I tillegg ble det søkt i Google Scholar og Brage bibsys etter relevante oppgaver. Pensumlitteratur ble også benyttet, i tillegg til informasjon gjort tilgjengelig fra Con-Form, Norske Standarder og SINTEF Byggforsk.

Tabell 3.1 – Kombinasjon av søkeord til litteraturstudiet

Søkeord	Kombinasjon	Søkeord	Kombinasjon	Søkeord
Betong	AND	Livsløpsvurdering	AND	Massivtre
Concrete	AND	LCA	NOT	CLT
Geopolymerbetong	AND	Betong	AND	Livsløpsvurdering
Miljø	AND	Betong		
Betong	AND	Kalsinering	AND	Karbonatisering
GWP	AND	ODP	NOT	POCP

3.1.1 Kildekritikk

Det har vært et mål å ikke ha kilder eldre enn 10 år, da det har vært stor utvikling på området de siste årene. Primærlitteratur, altså hovedkilder, er vektlagt i oppgaven. Det kan ha ført til at kildene er eldre. Ved bruk av sekundærlitteratur er det tatt i betraktning at forfatteren kan ha oversatt og fortolket materialet, slik at den originale teksten kan ha blitt feilsitert.

3.2 Metodiske valg innen dimensjonering

Det ble dimensjonert seks konstruksjoner, hvor fire består av betong og to består av massivtre og limtre. Konstruksjonene består av et kvadratisk dekke opplagt på fire søyler. De ble dimensjonert etter kravene til boligbygg med to etasjer og pålitelighetsklasse 1 (Standard Norge, 1990, NA:2008, s. 4). Søyler, bjelker og dekker ble dimensjonert i Focus Konstruksjon 2019, og fundamenter ble dimensjonert i Ove Sletten. Lydisolasjon ble dimensjonert ved hjelp av programvaren INSUL og anbefalinger fra SINTEF Byggforsk. Branndimensjonering følger anbefalinger fra SINTEF Byggforsk og Byggteknisk forskrift.

3.2.1 Betongresepter

Betongresepter for B30 ble levert fra Con-Form (tabell 3.2). Betongresept for B90 ble utarbeidet i forbindelse med en bacheloroppgave ved NTNU i Gjøvik (tabell 3.3). En masteroppgave fra 2018 av Frederic Aarnes Hermansen undersøker fire betongresepter for betong med høy flyveaskedosering. Hermansen refererer til "Resept B" (tabell 3.4), hvor betongen inneholder 60% flyveaske og har en fasthet på $52,6 \text{ N/mm}^2$. Denne ble lagt til grunn for vurderingen, hvor 1 m^3 ble sammenliknet med tilsvarende mengde i B30, B90 og massivtre i A1-A3. Utslippene til "Resept B" ble hentet fra EPD utarbeidet av Hermansen (2018). Videre vil denne betongtypen refereres til som geopolymertbetong (geo).

Tabellene 3.2-3.4 viser betongreseptene som ligger til grunn for livsløpsvurderingen.

Tabell 3.2 – Betongresept på B30

B30	Mengde [kg]
Standard sement FA	292,07
0/8 Sand	994,43
8/16 Stein	951,81
Flyveaske	41,38
Silikastøv	10,31
Vann	168,92
SP	1,38

Tabell 3.3 – Betongresept på B90

B90	Mengde [kg]
Aalborg rapid sement	257,3
Flyveaske	166,8
Silikastøv	52,4
Glenium Sky 899	8,0
0/8 Sand	957,3
8/16 Stein	435,5
16/22 Stein	434,7
Vann	93,7

Tabell 3.4 – Betongresept på geopolymertbetong

Geopolymerbetong	Prosent [%]
Cement (Sement)	5,56
Aggregate (Tilslag)	78,50
Water (Vann)	6,08
Chemicals	0,23
SCM	9,63

3.2.2 Laster

Egenlasten (E.L.) avhenger av materialets volum og densitet. Egenlasten ble beregnet etter formel 3.1.

$$E.L. = \rho \times V \times g \quad (3.1)$$

- ρ = densitet
- V = volum
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Nyttelast for bolighus er 2 kN/m^2 (Standard Norge 1990 s.42) På grunn av tilleggskonstruksjoner ble det lagt til $0,5 \text{ kN/m}^2$, som ble beregnet som egenlast.

3.2.3 Focus Konstruksjon 2019

Programmet ble brukt til å beregne bærekonstruksjonene med søyler, bjelker og dekker. Det ble dimensjonert to konstruksjoner i B30, to konstruksjoner i B90 og to konstruksjoner i en kombinasjon av massivtre og limtre, med spenn på fire og åtte meter. Alle søylene er kvadratiske og ble dimensjonert med en lengde på tre meter. Alle dekkene er toveisdekker. Dimensjoner på dekker, søyler og bjelker ble dimensjonert slik at alle konstruksjonene fikk en kapasitetsutnyttelse eller en forskyvningskontroll på mellom 90% og 99%. For 8x8-konstruksjonen i massivtre ble etasjeskilleren opplagt på bjelker for å tåle lasten og deformasjonene.

Konstruksjonene ble beregnet for bruks-, og bruddgrensetilstand, og lastkombinasjoner ble generert utfra disse. Krefter er beregnet i bruddgrensetilstand og deformasjoner er beregnet i bruksgrensetilstand. Resttverrsnittet for massivtrekonstruksjonene (kapittel 3.3.2) ble kontrollert for brann. Lastkombinasjoner som er benyttet i de ulike konstruksjonene finnes i vedlegg AA-AH, som også dokumenterer dimensjoneringen av alle konstruksjonene.

Nedbøyning og deformasjoner

Kravet for maks tillatt nedbøyning (δ) følger Standard Norge (1990, s.110; 1992, s. 126; 1995a, s.51) for alle konstruksjonene, og er vist i formel 3.2.

$$\delta = \frac{250}{L} \quad (3.2)$$

- L = lengden på det største spennet.

Andre deformasjoner, som søyleknekking, tas hensyn til i Focus Konstruksjon 2019.

Eksponeringsklasse og dimensjonerende brukstid

Det er valgt eksponeringsklasse XC3 og dimensjonerende brukstid 50 år. Valgt eksponeringsklasse beskriver miljøet som “moderat fuktighet” (Standard Norge, 2013, s.19).

3.2.4 Overdekning

Overdekning er bestemt ut fra eksponeringsklasse og brukstid, og er beregnet etter Standard Norge (1992, s. 47) ved formel 3.3.

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} \quad (3.3)$$

- c_{nom} = Nominell overdekning
- c_{min} = Minste nødvendige overdekning
- Δc_{dev} = Tillatt avvik

3.2.5 Ove Sletten

Ove Sletten ble brukt til å dimensjonere fundamentene. Det ble plassert et punktfundament under hver søyle. Størrelsen og armeringsmengden ble bestemt ut fra permanente og variable laster. Moment- og skjærkreftene ble hentet fra Focus Konstruksjon 2019, og egen- og nyttelast ble hentet fra beregninger i Excel (vedlegg AP-AU).

Fundamentene ble dimensjonert på likt grunnlag som bærekonstruksjonene. Det vil si at valgt pålitelighetsklasse, eksponeringsklasse og dimensjonerende brukstid samt verdiene for overdekning og lastkombinasjoner er like. Egenvekten til jord ble satt til 19 kN/m^3 , relativ fuktighet til 70% og grunntrykket til 250 kN/m^2 . Det er dimensjonert med betongfasthet B30 for konstruksjonene i B30, og B90 for konstruksjonene i B90. I massivtrekonstruksjonene ble fundamentene dimensjonert med B30. Armeringsdata, størrelse på fundamentet og lastdata fra Excel ble lagt inn. Se vedlegg AI-AN for dimensjonering av fundamenter.

Excel

Fra Focus Konstruksjon 2019 ble dimensjonene til hver av komponentene hentet (vedlegg AA-AC og AE-AG). Dette ble eksportert til Excel, hvor volumet ble beregnet etter formel 3.4.

$$V = h \times b \times l \quad (3.4)$$

- h = høyde
- b = bredde
- l = lengde

Videre ble formel 3.5 benyttet for å finne egenvekt ($E.V.$). Mengdene til hver av de seks konstruksjonene ble samlet i hver sin Excel-fil (vedlegg AP-AU).

$$E.V. = \rho \times V \quad (3.5)$$

- ρ = densitet. Densiteten til materialene finnes i vedlegg AO.

Årsaken til at mengdene ikke ble hentet direkte fra Focus Konstruksjon 2019-rapportene er at programmet genererer egne lastkombinasjoner. Det gjør også Ove Sletten. Ved å bruke egne mengdeberegninger av egenvekt unngås dermed at lastkombinasjonene blir beregnet to ganger. Regnearkene (vedlegg AP-AU) ble videre brukt til å beregne mengdene til betong, massivtre, fundamenter, armering og tilleggskonstruksjoner. Disse ble brukt til å gjennomføre livsløpsvurderingen for de ulike konstruksjonene.

For å beregne mengden til armeringen ble verdier i "Armeringstabell" fra Fallsen (2017) benyttet. Både volum og vekt til konstruksjonene ble videre brukt til de totale livsløpsvurderingene.

3.3 Metodiske valg for brann

Brannegenskapene som er lagt til grunn for konstruksjonene ble basert på anbefalinger fra SINTEF Byggforsk og Byggeteknisk forskrift. Ifølge Direktoratet for byggkvalitet (2017b; 2017c) skal et bolighus med to etasjer plasseres i risikoklasse 4 og brannklasse 1. Det vil si at bærende konstruksjon har brannkrav R30 (Direktoratet for byggkvalitet, 2017a). Tilleggskonstruksjonene ble ikke tatt hensyn til ved branndimensjonering.

3.3.1 Betong

Branndimensjonering av betongsøylene fulgte SINTEF Byggforsk (2009b). Formel 3.8 definerer minste tverrsnittsbredde (b_{min}) for konstruksjoner med brannkrav R30.

$$b_{min} = 150 \text{ mm} \quad (3.8)$$

Minste armeringsdybde (a_1) er definert i formel 3.9.

$$a_1 = 10 \text{ mm} \quad (3.9)$$

Branndimensjonering av betongdekkene fulgte SINTEF Byggforsk (2008). Minste tillatte tykkelse (d) på et fritt opplagt betongdekke med brannkrav REI30 er vist i formel 3.10.

$$d = 60 \text{ mm} \quad (3.10)$$

Minste armeringsdybde (a_2) følger formel 3.11.

$$a_2 = 10 \text{ mm} \quad (3.11)$$

3.3.2 Trevirke

For å kontrollere trekonstruksjonen for brann ble forkullingsdybden beregnet manuelt etter NS-EN 1995-1-2. Videre ble det gjenværende tverrsnittet kontrollert for brannpåkjenning i Focus Konstruksjon 2019 (vedlegg AD og AH).

Formel 3.12 er hentet fra Standard Norge (1995b, s. 30), og viser hvordan effektiv forkullingsdybde (d_{ef}) ble beregnet.

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \times d_0 \quad (3.12)$$

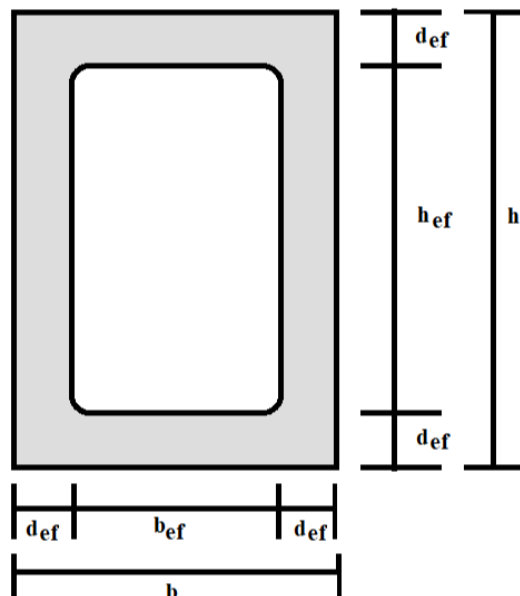
- $d_{char,n}$: $\beta_n \times t$
- k_0 : $t < 20 \text{ min} = t/20$ eller $t \geq 20 \text{ min} = 1,0$
- d_0 : 7mm

Utrekning av gjenværende bredde og høyde når søylen er utsatt for brann på alle fire sider følger pensumlitteratur (Landgraff, 2018), og ble beregnet etter henholdsvis formel 3.13 og formel 3.14.

$$b_{ef} = (b - 2 \times d_{ef}) \quad (3.13)$$

$$h_{ef,1} = (h - 2 \times d_{ef}) \quad (3.14)$$

Her vil b_{ef} og $h_{ef,1}$ gi henholdsvis bredden og høyden på det tverrsnittet søylen må ha for å tåle kreftene den utsettes for. Figur 3.1 viser det grå området som forkullingsdybde.

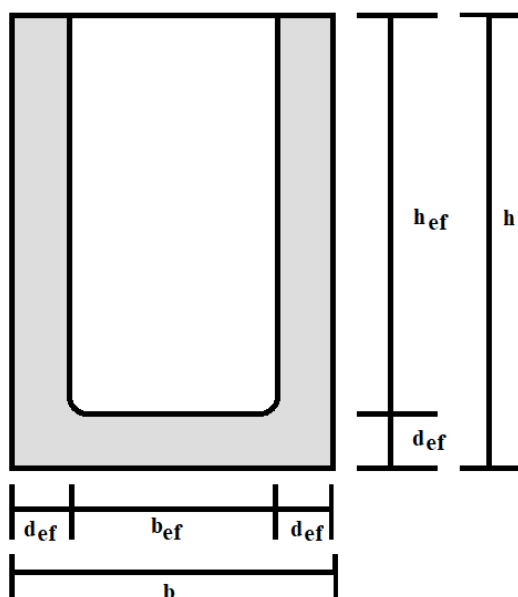


Figur 3.1 – Forkulling på fire sider

Bjelkene ble utsatt for brann på tre av sidene. Fremgangsmåten for utregning av bredde fulgte formel 3.13. Høyde ble beregnet med formel 3.15 fra pensumlitteratur (Landgraff, 2018), og viser utregning av høyden til en bjelke som utsettes for brann på en av sidene.

$$h_{ef,2} = (h - d_{ef}) \quad (3.15)$$

Her vil b_{ef} og $h_{ef,2}$ gi henholdsvis bredden og høyden på det tverrsnittet bjelken må ha for å tåle kreftene den utsettes for. Figur 3.2 viser hvor tverrsnittet blir forbrent.



Figur 3.2 – Forkulling på tre sider

I henhold til Standard Norge (1995b, s. 23) er forkullingshastigheten ($d_{ef,2}$) på massivtre 0,7 mm/min. Forkullingsdybden på undersiden av dekket fulgte formel 3.16.

$$d_{ef,2} = 0,70 \text{ mm}/\text{min} \times \text{antall min} \quad (3.16)$$

3.4 Metodiske valg for lyd

Kravene til luftlyd og trinnlyd mellom boenheter følger SINTEF Byggforsk (2015a) og er definert i henholdsvis formel 3.17 og formel 3.18.

$$R'_w \geq 55 \text{ dB} \quad (3.17)$$

$$L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB} \quad (3.18)$$

3.4.1 Lydisolering betong

Lydisolering av alle betongkonstruksjonene fulgte beregningsgang beskrevet i SINTEF Byggforsk (2015a). Tabell 3.5 viser grunnlaget for beregnet lydisolering for betongkonstruksjonene.

Tabell 3.5 – Fremgangsmåte for beregning av lydisolering for betongkonstruksjonene

Beregningsgang	
1	Valgt type bærekonstruksjon/dekke.
2	Bestemt flankeoverføringsgrad (liten, middels, eller stor) ut fra bæresystem og spennvidde.
3	Tatt ut basisverdi for luftlydisolasjon, R'_w og trinnlydnivå, $L'_{n,w}$, for valgt bærekonstruksjon etter tykkelse og flankeoverføringsgrad.
4	Bestemt tilleggskonstruksjoner på oversiden, og tilhørende trinnlydforbedringstall ($\Delta L'_{n,w}$) samt tilhørende endring i luftlydisolasjon ($\Delta R'_w$) ble hentet ut. Deretter ble summen av basisverdi og forbedringsverdier for de ulike tilleggskonstruksjonene beregnet ved formlene 3.19 og 3.20.

$$R'_w(basis) + \Delta R'_w \geq 55 \text{ dB} \quad (3.19)$$

$$L'_{n,w}(basis) - \Delta L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB} \quad (3.20)$$

3.4.2 Lydisolering massivtredekke

Oppbyggingen for massivtrekonstruksjonene er basert på anbefalinger fra SINTEF Byggforsk. Det er like tilleggskonstruksjoner for begge etasjeskillerne i massivtre. Lydisolasjon for massivtrekonstruksjonene ble beregnet i programmet INSUL ved hjelp av sivilingeniør Ånund Skomedal.

3.5 Metodiske valg innen livsløpsvurdering

Hver av delproduktene ble vurdert i SimaPro og/eller Excel. For å finne informasjon om miljøavtrykket til delproduktene ble det benyttet EPD-er.

3.5.1 SimaPro

SimaPro ble brukt til å produsere EPD-er for B30 og B90. Ut fra betongreseptene ble de ulike råmaterialene (M_r) lagt inn i programmet, som utgjør A1. For transport fra produksjonssted til byggeplass, som vil si A4, ble lastebil Euro 6 lagt til grunn for alle materialene. Formel 3.21 ble brukt til å estimere utslippene knyttet til transport (A2).

$$A2 = M_r \times km_1 \quad (3.21)$$

- km_1 = Antall kilometer fra uthenting av råmaterialer til produksjon

Energibruk (vedlegg AV) knyttet til produksjon (A3) ble også lagt inn. Mengdene ble simulert til EPD-er i 1 m^3 , som tallfestet de totale verdiene for miljøpåvirkningene i A1-A3 (vedlegg AW-AY). EPD for polyuretan ble også simulert i SimaPro med tilsvarende fremgangsmåte.

Videre ble EPD for armering produsert i SimaPro. Restprodukter (som flyveaske, silikastøv og resirkulert stål) påvirker ikke det totale miljøutslippet til betong, fordi de blir en del av miljøregnskapet til produktet de ble hentet fra. Dermed ble kun transport av restproduktene en del av vurderingen.

Systemgrenser

Livsløpsvurderingene til konstruksjonene går fra "vugge til port" (A1-A4). Vurderingene ser på utslippene: GWP, ODP, AP, EP, ADPM, og ADME. Det er ikke kjent hvor mye energi som kreves til å produsere B90, derfor ble det lagt til grunn tilsvarende energiforbruk som ved produksjon av B30. Ingrediensene til B30 og B90 hentes fra samme sted, som vil si at transportlengden er lik.

3.5.2 Excel

Miljøpåvirkningene (M_{A1-A3}) som fremgår i EPD-ene og resultatene fra SimaPro ble samlet i Excel (vedlegg AW-AY) og er oppgitt i enheten m^3 . Miljøpåvirkningen (M_m) til et materiale ble beregnet ved formel 3.22.

$$M_m = M_{A1-A3} \times V \quad (3.22)$$

Dette ble samlet i hver sin fil (vedlegg AZ-BE) for å få livsløpsvurderinger fra A1 til A3. Miljøpåvirkningen fra transport (M_t) ble også beregnet i Excel (vedlegg AZ-BE), ved formel 3.23.

$$M_t = km_2 \times EV \times M_{A4} \quad (3.23)$$

- km_2 = Antall kilometer fra produksjon til byggeplass
- M_{A4} = Miljøpåvirkninger for transportmiddelet

For å få den totale miljøpåvirkningen per konstruksjon ble formel 3.22 summert for hvert materiale, som ga A1-A3. Videre ble formel 3.23 summert for hvert materiale, som ga A4.

3.5.3 Materialvalg

Tabell 3.6 viser materialene som ble benyttet og hvor informasjonen om de ulike materialene er hentet.

Tabell 3.6 – Informasjon om materialer

Materialer			
Betong	Betongens utslippsfaktor avhenger av dens fasthet. Det er valgt fasthetsklasse B30 og B90. To ulike betongresepter er registrert i SimaPro, og en er hentet fra EPD.		
	B30 Hentet fra EPD utarbeidet i SimaPro. Se tabell 3.2 for betongresept	B90 Hentet fra EPD utarbeidet i SimaPro. Se tabell 3.3 for betongresept	Geopolymerbetong Hentet fra EPD utarbeidet av Hermansen (2018). Se tabell 3.4 for betongresept
Armering	Det er brukt Ø8, Ø10, Ø12 og Ø16 armering B500C. Utslipp knyttet til armering er simulert i SimaPro, hvor det er brukt resirkulert stål. Se vedlegg AW-AY for miljøpåvirkningene fra SimaPro.		
Treprodukter	Det er brukt massivtre i dekker, limtre i bjelker og søyler, og konstruksjonstre i tilleggskonstruksjoner. For disse materialene ligger EPD-er til grunn for vurderingen.		
	Massivtre Hentet fra EPD utarbeidet av Stora Enso (2017).	Limtre Hentet fra EPD utarbeidet av Moelven Limtre AS (2018).	Konstruksjonstre Hentet fra EPD tilhørende Treindustrien (2015).
Mineralull	Det er benyttet lett mineralull som isolasjonsmateriale. EPD ligger til grunn for vurderingen. Hentet fra EPD utarbeidet av Glava AS (2019).		
Gulvbelegg	Det er brukt både parkett og laminat som gulvbelegg. EPD-er ligger til grunn for vurdering av begge produktene.		

	Parkett EPD hentet fra Sika Deutschland GmbH (2014)	Laminat EPD hentet fra BerryAlloc (2015).
Gips	Gips er brukt som en del av lydisolasjonen. Mengden gips avhenger av om det er betong- eller massivtredekke. EPD ligger til grunn for analysen.	
	Gulvgips Hentet fra EPD tilhørende Gyproc AB (2016).	Gipsplater Hentet fra Saint-Globain Gyproc AS (2017).
Polyuretan	Polyuretan benyttes for å redusere trinnlyd i etasjeskillerne i massivtre. Det plasseres mellom konstruksjonstre og massivtredekket. Se vedlegg AY for miljøpåvirkning fra SimaPro.	
Trinnlydsplate Parkettunderlag	Trinnlydsplate bidrar til å redusere trinnlyd i etasjeskillere. Det er brukt 36 mm for trinnlydisolasjon og 12 mm for parkettunderlag. EPD hentet fra STEICO SE (2016).	
Transport	Distansen er estimert i Google maps. Transportmiddelet som har blitt brukt er lastebil, Euro 6. Se vedlegg AW-AY.	

3.5.4 Sensitivitetstest

Det ble utført en forenklet sensitivitetsanalyse for å vise kvaliteten på dataene som er benyttet. Betongreseptene for B30 og B90 kategoriseres som høykvalitetsdata, fordi forbruket av hver ingrediens er hentet direkte fra reseptene og det er laget egne EPD-er for disse. Dataene her ble dermed multiplisert med 10% feilmargin.

Alle benyttede EPD-er fra produsenter ble kategorisert som data med middels kvalitet, fordi det er kun sett på én EPD for hvert materiale. Dataene her ble derfor multiplisert med 30% feilmargin.

3.6 Feilkilder

Menneskelige feil kan forekomme, men ettersom det er gjennomført sidemannskontroll på input og formler, samt nøye opplæring og veiledning i de respektive programmene, anses sannsynligheten som liten.

Alle konstruksjonene ble dimensjonert i samme program med de samme forutsetningene. Det vil si at dersom det er feil, eller mangler ved konstruksjonene, vil disse feilene høyst sannsynlig gjelde alle konstruksjonene og dermed gi likt sammenlikningsgrunnlag.

Både EPD-er fra produsenter og egendefinerte EPD-er ble lagt til grunn for livsløpsvurderingene og det kan være forskjeller i nøyaktigheten til disse hjelpemidlene. En feilkilde kan være at det kun er blitt vurdert én EPD per materiale, fremfor å sammenlikne flere EPD-er. Videre kan ulike verktøy ha blitt brukt for å produsere EPD-ene samtidig som produsentene bak EPD-ene kan ha manipulert verdiene, noe som kan gi utslag.

4 Resultat

4.1 Litteratursøk

Kombinasjon av søkeord ga ulike resultater, og viste flere aktuelle bachelor- og masteroppgaver. Seks oppgaver ble brukt som inspirasjon til oppsett og innhold. Det var hovedsakelig én masteroppgave som skilte seg ut, fordi den ga mulighet til å sammenlikne betong som inneholdt høy andel flyveaske med B30 og B90.

4.2 Dimensjoner og tilleggskonstruksjoner

4.2.1 Generelle overholdte krav

Tabell 4.1 viser de generelle kravene som overholdes i konstruksjonene. Den første raden gjelder kun betongkonstruksjonene. De resterende radene gjelder alle konstruksjonene.

Tabell 4.1 – Overholdte krav

Betongkonstruksjonene:	I eksponeringsklasse XC3 med 50 års dimensjonerende brukstid er c_{\min} satt til 25 mm. Verdien for Δc_{dev} er satt til 10 mm (Standard Norge, 1992, s.50-51). Dermed er det nominell overdekning beregnet til 35 mm (Formel 3.3).
4x4-konstruksjonene	Maks tillatt nedbøyning (δ) = 16 mm (formel 3.2).
8x8-konstruksjonene	Maks tillatt nedbøyning (δ) = 32 mm (formel 3.2).

4.2.2 Betong

Dimensjoner

Tabell 4.2 viser dimensjonene for betongkonstruksjonene uten tilleggskonstruksjoner.

Tabell 4.2 – Dimensjoner for betongkonstruksjonene uten tilleggskonstruksjoner

Navn	Spenn [m]	Dekke [mm]	Fund. [mm]	Søyler [mm]	Hoved- armering	Skjær- armeri	Tilleggs- armerin
Betong- konstruksjon B30 4x4	4	190	550x 550x 200	150x150	OK. X-retning: Ø12c/c 120 OK. Y-retning: Ø12c/c 150 UK. X og Y retning Ø12c/c150		0,25 m ² Ø12c/c 120 i alle hjørner
Betong- konstruksjon B30 8x8	8	340	1180x 1180x 250	280x280	Ø16c/c 100	4xØ8, c/c 150 i alle hjørner	1m ² Ø12c/c 100 i alle hjørner
Betong- konstruksjon B90 4x4	4	190	550x 550x 200	150x150	Ø12c/c 250		
Betong- konstruksjon B90 8x8	8	270	1020x 1020x 250	220x220	OK. X-retning: Ø16c/c 100 OK. Y-retning: Ø16c/c 150 UK. Ø16c/c150	4xØ8 c/c 150 i alle hjørner	1m ² Ø12c/c 100 i alle hjørner

Brann

Betongsøylene tilfredsstillter brannkravene for tverrsnittsbredde (formel 3.8) og betongdekket tilfredsstillter brannkravene til dekketykkelse (formel 3.10). Ettersom det stilles større krav til overdekning enn armeringsdybde er formel 3.9 og formel 3.11 ivaretatt.

Lyd

Resultatene for lydisoleringen av konstruksjonene fremgår av tabellene under. Tabell 4.3 viser oppbygging av etasjeskillerne for B30 og tabell 4.4 viser oppbyggingen av etasjeskillerne for B90. Resultatene viser at luftlydsverdiene (formel 3.17) og trinnlydsverdiene (formel 3.18) som konstruksjonene oppnår.

Tabell 4.3 – Resultater av lyddimensjonering for betongkonstruksjonene B30

B30	Oppbygging av dekke med tilleggskonstruksjoner		Luftlyd [dB]		Trinnlyd [dB]	
			R' _w	ΔR' _w	L' _{n,w}	ΔL' _{n,w}
4x4 [m]	Dekke (stor flankeoverføring)	200 mm	53		77	
	Trinnlydsplate	36 mm		3		24
	Gipsplate	6 mm				
	Laminatgulv	7 mm				
Resultater			56		53	
8x8 [m]	Dekke (Liten flankeoverføring)	350 mm	60		64	
	Trinnlydsplate	12 mm		-1		13
	Laminatgulv	7 mm				
	Resultater			59		51

Tabell 4.4 – Resultater av lyddimensjonering for betongkonstruksjonene B90

B90	Oppbygging av dekke med tilleggskonstruksjoner		Luftlyd [dB]		Trinnlyd [dB]	
			R' _w	ΔR' _w	L' _{n,w}	ΔL' _{n,w}
4x4[m]	Dekke	190 mm	53		77	
	Trinnlydsplate	36 mm		3		24
	Gipsplate	6 mm				
	Laminatgulv	7 mm				
Resultater			56		53	
8x8[m]	Dekke	270 mm	60		66	
	Laminatgulv	7 mm		-1		13
	Trinnlydsplate	12 mm				
	Resultater			59		53

4.2.3 Tre

Dimensjoner

Tabell 4.5 viser dimensjonene for massivtrekonstruksjonene uten tilleggskonstruksjoner.

Tabell 4.5 – Dimensjoner for massivtrekonstruksjonene uten tilleggskonstruksjoner

Navn	Spenn [m]	Dekke [mm]	Fund. [mm]	Limtre (GL30C) Søylar [mm]	Limtre (GL30C) Bjelker [mm]
Massivtre konstruksjon 4x4	4	200	B30 530x530x200	130x130	
Massivtre- konstruksjon 8x8	8	350	B30 900x900x200	300x300	140x366

Tabell 4.6 viser oppbygging av sjikt for massivtredekkene

Tabell 4.6 - Oppbygging av sjikt for massivtrekonstruksjonene

	Antall sjikt	Tykkelse på sjikt [mm]	Fasthetsklasse for sjikt
Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]	5	40	Ytre sjikt, x-retning: C24 Indre sjikt, x -retning: C14 Y-retning: C14
Massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]	7	50	Ytre sjikt, x-retning: C24 Indre sjikt, x- retning: C14 Y-retning: C14

Brann

Resultatet av redusert tverrsnitt, som følge av forkulling og størrelse på sjikt, vises i tabell 4.7.

Tabell 4.7 – Tverrsnitt for massivtrekonstruksjonene før og etter branndimensjonering

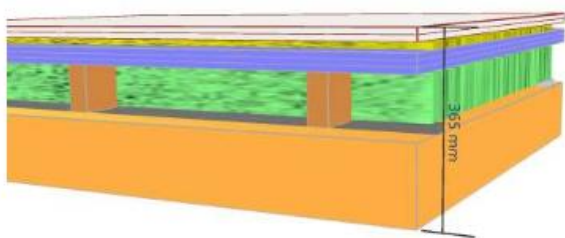
Opprinnelig tverrsnitt				Nytt tverrsnitt		
Spenn	Dekke	Søyle	Bjelke	Dekke	Søyle	Bjelke
4x4	200	130 x 130		160	74x74	
8x8	350	300 x 300	140 x 366	320	244x244	84x338

Lyd

Tabell 4.8 viser oppbyggingen av etasjeskillerne i massivtrekonstruksjonene. Figurene 4.1 og 4.2 viser resultatene fra INSUL for henholdsvis luftlyd og trinnlyd.

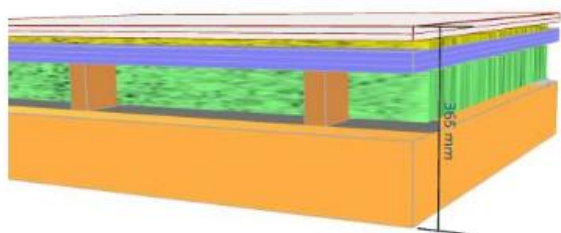
Tabell 4.8 – Resultater av lyddimensjonering for massivtrekonstruksjonene

Massivtre	Oppbygging av dekke med tilleggskonstruksjoner		Luftlyd [dB]		Trinnlyd [dB]	
			R' _w	ΔR' _w	L' _{n,w}	ΔL' _{n,w}
4x4 [m]	Dekke	200 mm				
	Parkett	12 mm				
	Gulvgips	13 mm				
	Trinnlydsplate	36 mm				
	Gipsplate	3x12,5 mm				
	Mineralull	100 mm				
	Tilfarer 48x98	c/c 600 mm				
	Elastisk polyuretan	25 mm				
Resultater			69		50	
8x8 [m]	Dekke	350 mm				
	Parkett	12 mm				
	Gulvgips	13 mm				
	Trinnlydsplate	36 mm				
	Gipsplate	3x12,5 mm				
	Mineralull	100 mm				
	Tilfarer 48x98	c/c 600 mm				
	Elastisk polyuretan	25 mm				
Resultater			69		50	



Rw	69 dB
C	-4 dB
Ctr	-11 dB

Figur 4.1 – Luftlydisoleringsevnen til massivtrekonstruksjonene



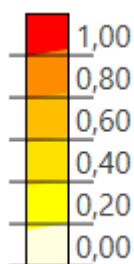
Ln,w	50 dB
------	-------

Figur 4.2 – Trinnydisoleringsevnen til massivtrekonstruksjonene

4.3 Dimensjonering og livsløpsvurdering

Resultatene under illustrerer konstruksjonene uten tilleggskonstruksjoner. Dette inkluderer kapasitets- og forskyvningskontroll samt dimensjonering av fundament. Videre fremstilles resultatene fra mengdeberegningene, livsløpsvurderingene og sensitivitetstestene, hvor tilleggskonstruksjonene også vurderes. Resultatene for 4x4-konstruksjonene vil legges frem før 8x8-konstruksjonene. Miljøpåvirkningene presenteres også i diagram, for å grafisk vise forskjellene i miljøutslippene. Til slutt presenteres resultatene fra 1 m³, hvor hver av de homogene materialene vurderes. Her er ikke tilleggskonstruksjoner en del av vurderingen. Disse formidles også i diagram, og vurderer A1-A3.

Kapasitets- og forskyvningskontroll er utført i Focus Konstruksjon 2019. Det benyttes fargekoder for å vise hvor stor utnyttelse konstruksjonene har. Figur 4.3 viser fargeskalaen som går fra lysegul til rød. Jo mørkere fargen blir, desto bedre utnyttelse av konstruksjonen. Likevel kan ikke konstruksjonene overskride 1,0 (rød), da det indikerer brudd.

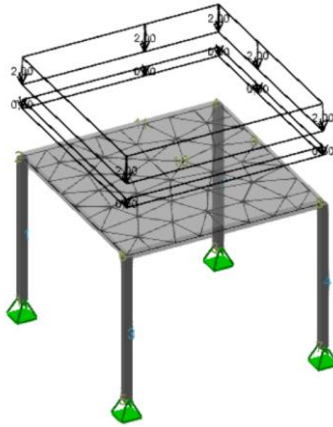


Figur 4.3 – Skala for kapasitetsutnyttelse og forskyvningskontroll

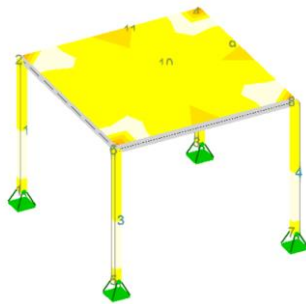
4.3.1 Betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]

Kapasitet og forskyvning

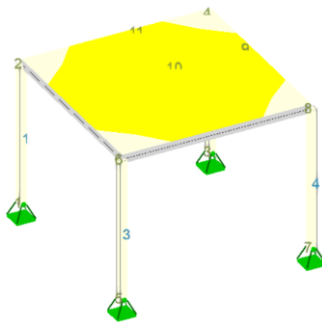
Figurene 4.4-4.6 viser henholdsvis lastene konstruksjonen utsettes for, kapasitetsutnyttelse og forskyvningskontroll.



Figur 4.4 – Betongkonstruksjon B30, 4x4 [m] med laster



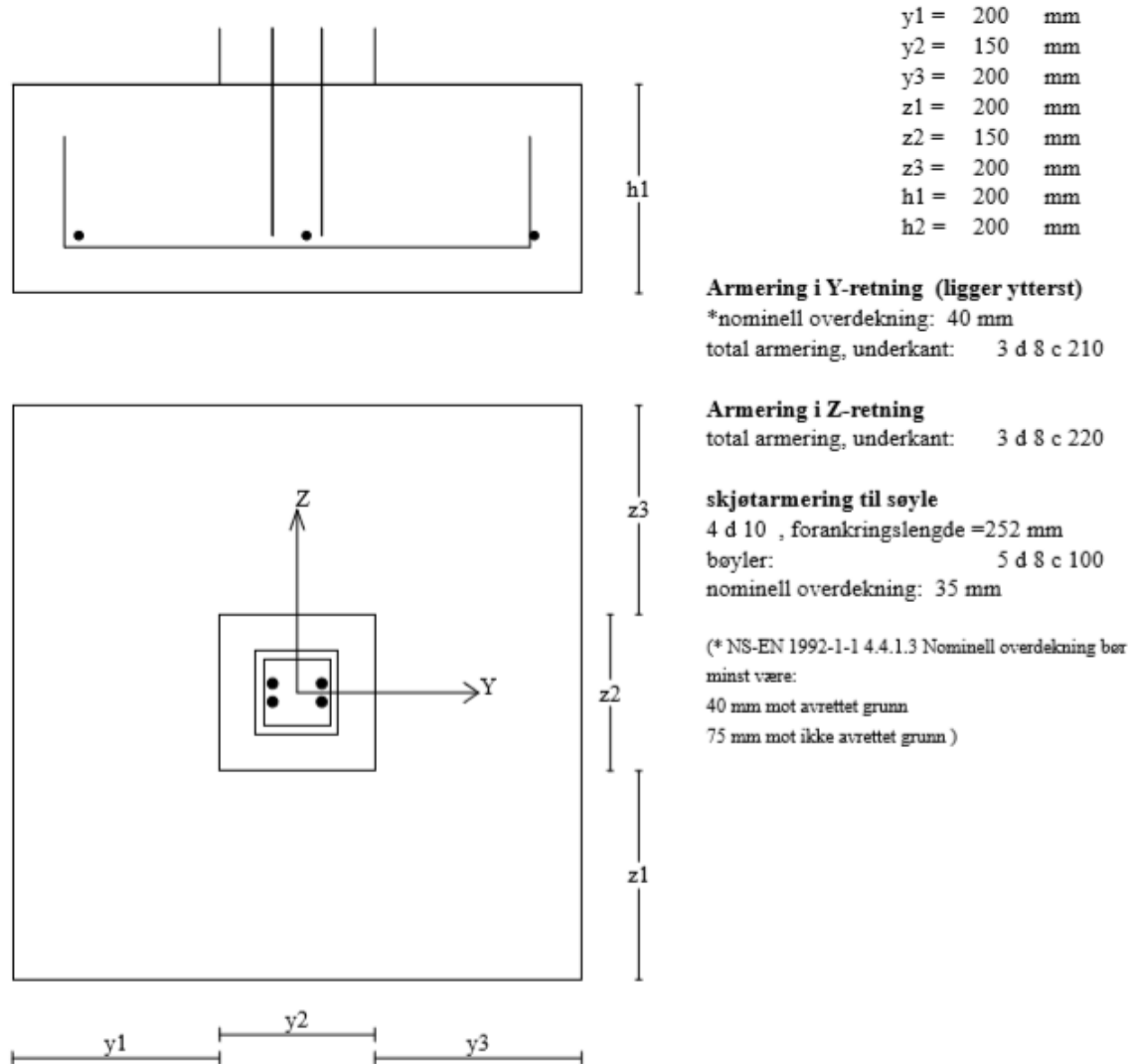
Figur 4.5 – Kapasitetsutnyttelse på 93% til betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]



Figur 4.6 – Forskyvningskontroll på 38% til betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]

Fundament

Figur 4.7 viser dimensjonering av fundament, hvor størrelser og armering presenteres.



Figur 4.7 – Fundament til betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]

Mengder

Tabell 4.9 viser resultatet av mengdene fra Excel, hentet fra vedlegg AP.

Tabell 4.9 – Mengder fra betongkonstruksjon B30, 4x4 [m] inkl. fundamenter

Enh.	B30	Lam.	GP	TLP	Arm.	Fund.
Tonn	7,944	0,104	0,077	0,058	1,042	0,581
m³	3,310	0,112	0,096	0,576	0,137	0,242

Livsløpsvurdering

Tabell 4.10 viser resultatet av livsløpsvurderingen for A1-A3 og A4, hentet fra vedlegg AZ.

Tabell 4.10 – Resultater fra livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]

	Enh.	Total A1-A3	A4
GWP	kg CO2-eq	8,20E+02	5,71E+01
ODP	kg CFC 11-eq	5,26E-05	1,13E-05
AP	kg SO2-eq	2,43E+00	1,56E-01
EP	kg PO43--eq	5,91E-01	3,20E-02
ADPM	kg Sb-eq	1,07E-03	1,12E-04
ADPE	MJ	5,89E+03	9,21E+02

Sensitivitetstest

Tabell 4.11 viser resultatet av livsløpsvurderingen før og etter sensitivitetstesten.

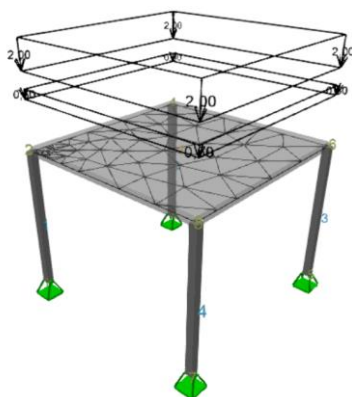
Tabell 4.11 – Resultater fra livsløpsvurdering før og etter sensitivitetstest for betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]

	Enh.	Før sen. test	Etter sen. test	%
GWP	kg CO2-eq	8,20E+02	8,82E+02	7,57
ODP	kg CFC 11-eq	5,26E-05	5,79E-05	10,17
AP	kg SO2-eq	2,43E+00	2,70E+00	11,49
EP	kg PO43--eq	5,91E-01	6,58E-01	11,40
ADPM	kg Sb-eq	1,07E-03	1,18E-03	10,40
ADPE	MJ	5,89E+03	6,58E+03	11,84

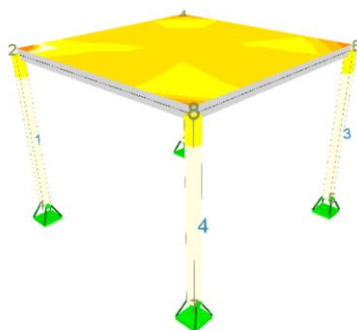
4.3.2 Betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

Kapasitet og forskyvning

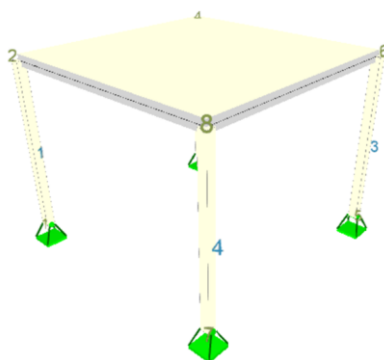
Figurene 4.8-4.10 viser henholdsvis lastene konstruksjonen utsettes for, kapasitetsutnyttelse og forskyvningskontroll.



Figur 4.8 – Betongkonstruksjon B90, 4x4 [m] med laster



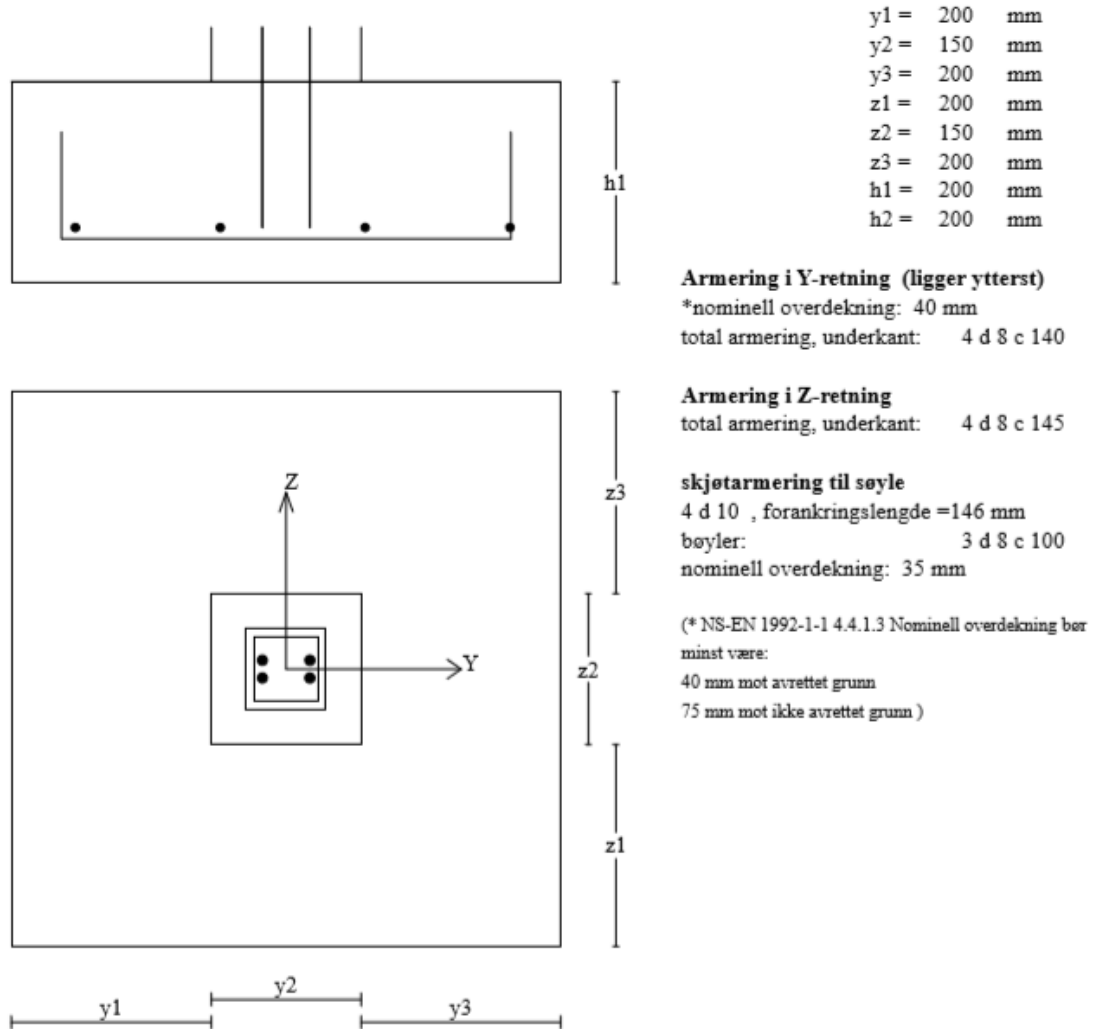
Figur 4.9 – Kapasitetsutnyttelse på 98% til betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]



Figur 4.10 – Forskyvningskontroll på 13% til betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

Fundamenter

Figur 4.11 viser dimensjonering av fundament, hvor størrelser og armering presenteres.



Figur 4.11 – Fundament til betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

Mengder

Tabell 4.12 viser resultatet av mengdene fra Excel, hentet fra vedlegg AQ.

Tabell 4.12 – Mengder fra betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

Enh.	B90	Lam.	Gips	TLP	Arm.	Fund.
Tonn	7,944	0,104	0,077	0,058	0,834	0,581
m³	3,310	0,112	0,096	0,576	0,110	0,242

Livsløpsvurdering

Tabell 4.13 viser resultatet av livsløpsvurderingen for A1-A3 og A4, hentet fra vedlegg BA.

Tabell 4.13 – Resultater fra livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

	Enh.	Total A1-A3	A4
GWP	kg CO2-eq	7,57E+02	5,68E+01
ODP	kg CFC 11-eq	5,43E-05	1,12E-05
AP	kg SO2-eq	2,33E+00	1,56E-01
EP	kg PO43--eq	5,61E-01	3,19E-02
ADPM	kg Sb-eq	1,05E-03	1,12E-04
ADPE	MJ	5,94E+03	9,18E+02

Sensitivitetstest

Tabell 4.14 viser resultatet av livsløpsvurderingen før og etter sensitivitetstesten.

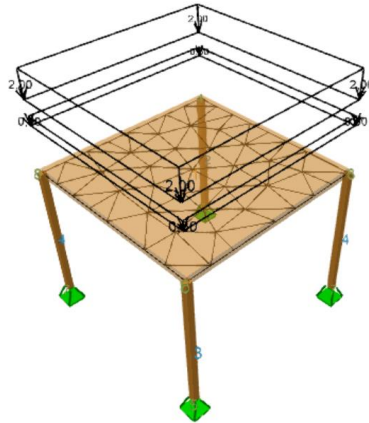
Tabell 4.14 – Resultater fra livsløpsvurdering før og etter sensitivitetstest for betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

	Enh.	Før sen. test	Etter sen. test	%
GWP	kg CO2-eq	7,57E+02	8,13E+02	7,36
ODP	kg CFC 11-eq	5,43E-05	5,99E-05	10,17
AP	kg SO2-eq	2,33E+00	2,60E+00	11,55
EP	kg PO43--eq	5,61E-01	6,25E-01	11,47
ADPM	kg Sb-eq	1,05E-03	1,16E-03	10,41
ADPE	MJ	5,94E+03	6,65E+03	11,82

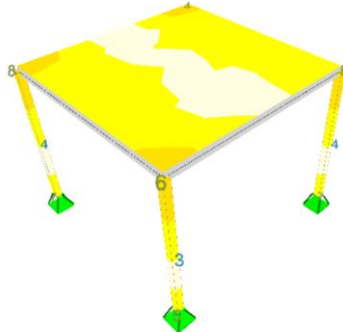
4.3.3 Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

Kapasitet og forskyvning

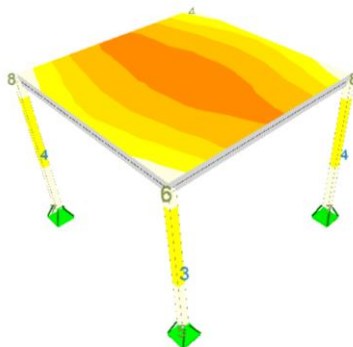
Figurene 4.12-4.14 viser henholdsvis lastene konstruksjonen utsettes for, kapasitetsutnyttelse og forskyvningskontroll.



Figur 4.12 – Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m] med laster



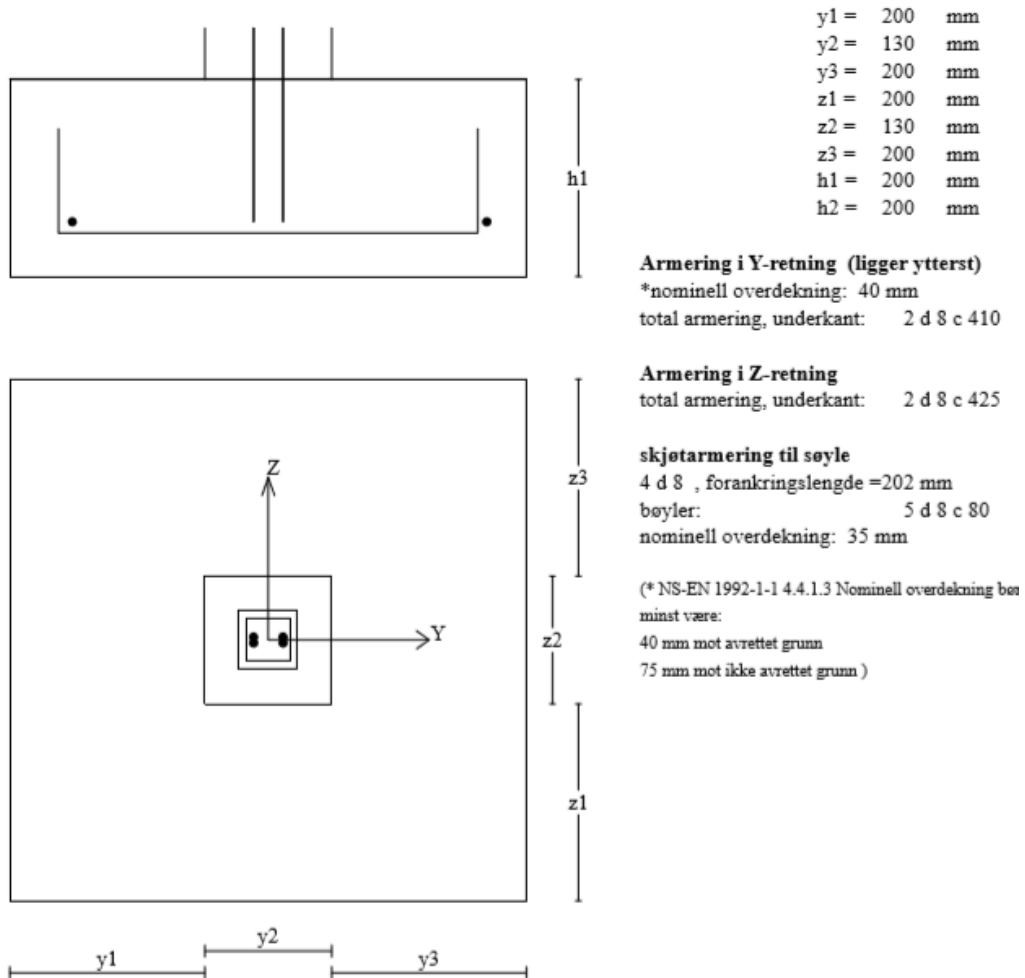
Figur 4.13 – Kapasitetsutnyttelse på 58% til massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]



Figur 4.14 – Forskyvningskontroll på 89% til massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

Fundamenter

Figur 4.15 viser dimensjonering av fundament, hvor størrelser og armering presenteres.



Figur 4.15 – Fundament til massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

Mengder

Tabell 4.15 viser resultatet av mengdene fra Excel, hentet fra vedlegg AR.

Tabell 4.15 – Mengder fra massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

Enh.	MT	LT	PU	MU	TLP	GP	Bj.	GGs	Par.	Fund.	Arm.
Tonn	1,440	0,091	0,012	0,028	0,058	0,160	0,050	0,233	0,192	0,539	0,015
m³	3,200	0,203	0,400	1,600	0,576	0,200	0,118	0,208	0,192	0,240	0,002

Livsløpsvurdering

Tabell 4.16 viser resultatet av livsløpsvurderingen for A1-A3 og A4, hentet fra vedlegg BB.

Tabell 4.16 – Resultater fra livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

	Enh.	Total A1-A3	A4
GWP	kg CO2-eq	-2,38E+03	3,92E+02
ODP	kg CFC 11-eq	3,31E-05	7,74E-05
AP	kg SO2-eq	1,27E+00	1,05E+00
EP	kg PO43--eq	1,20E+00	2,20E-01
ADPM	kg Sb-eq	2,77E-04	7,69E-04
ADPE	MJ	4,33E+03	6,32E+03

Sensitivitetstest

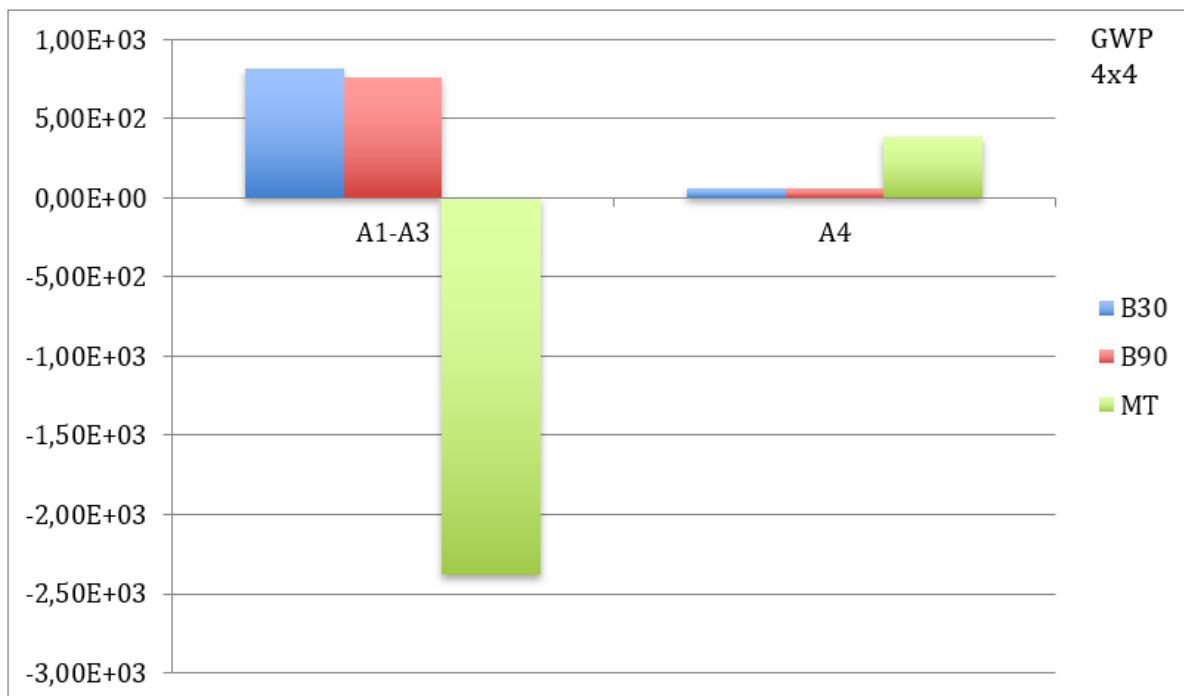
Tabell 4.17 viser resultatet av livsløpsvurderingen før og etter sensitivitetstesten.

Tabell 4.17 – Resultater fra livsløpsvurdering før og etter sensitivitetstest for massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

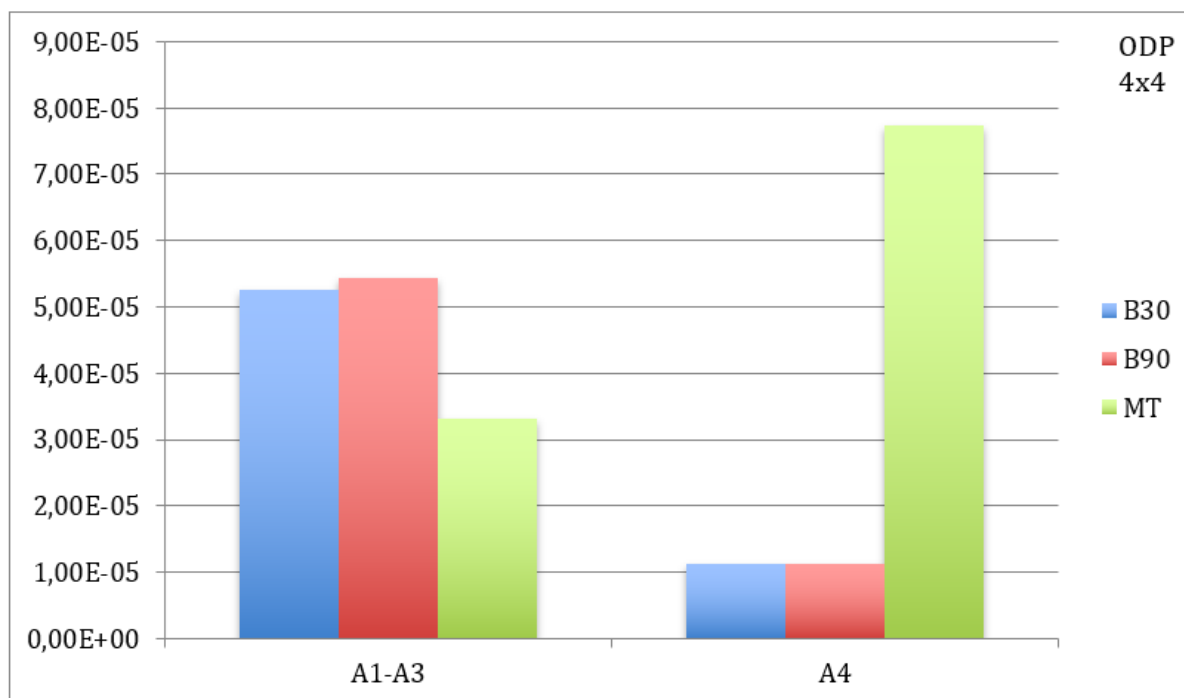
	Enh.	Før sen. test	Etter sen. test	%
GWP	kg CO2-eq	-2,38E+03	-3,10E+02	30,52
ODP	kg CFC 11-eq	3,31E-05	8,49E-06	27,87
AP	kg SO2-eq	1,27E+00	6,16E-01	27,60
EP	kg PO43--eq	1,20E+00	1,14E-01	29,38
ADPM	kg Sb-eq	2,77E-04	1,93E-04	24,90
ADPE	MJ	4,33E+03	1,57E+03	28,33

4.3.1 Miljøpåvirkninger for konstruksjonene, 4x4 [m]

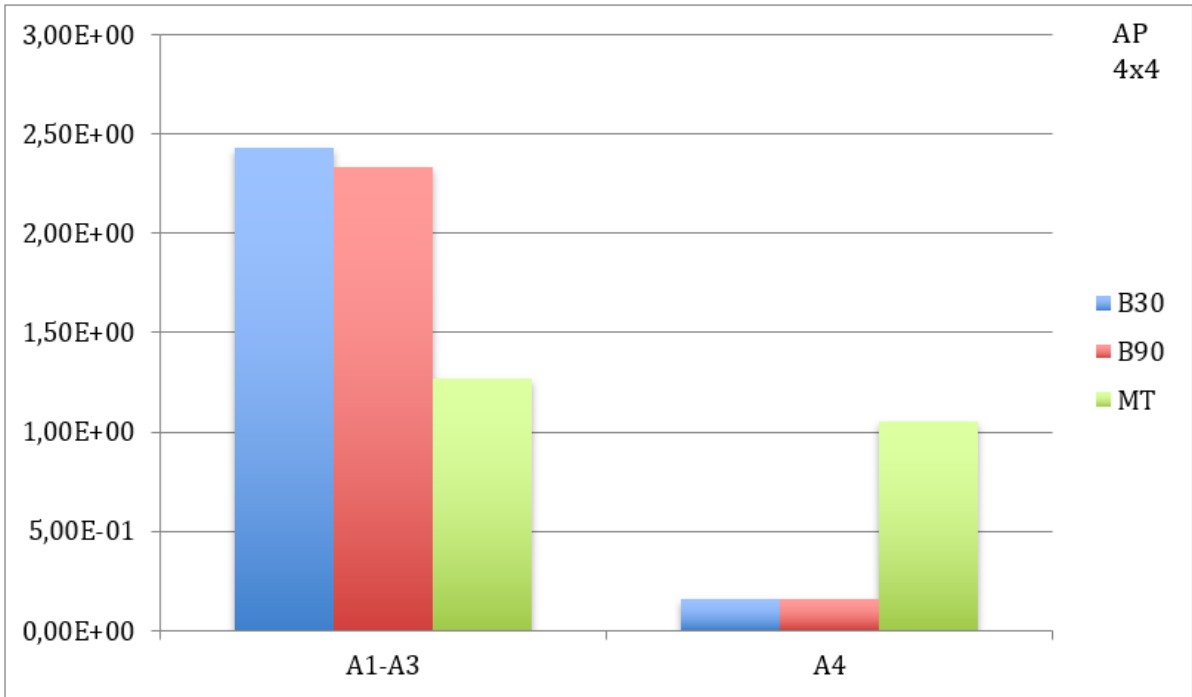
Diagrammene under fremkommer av tabellene 4.10, 4.13 og 4.16.



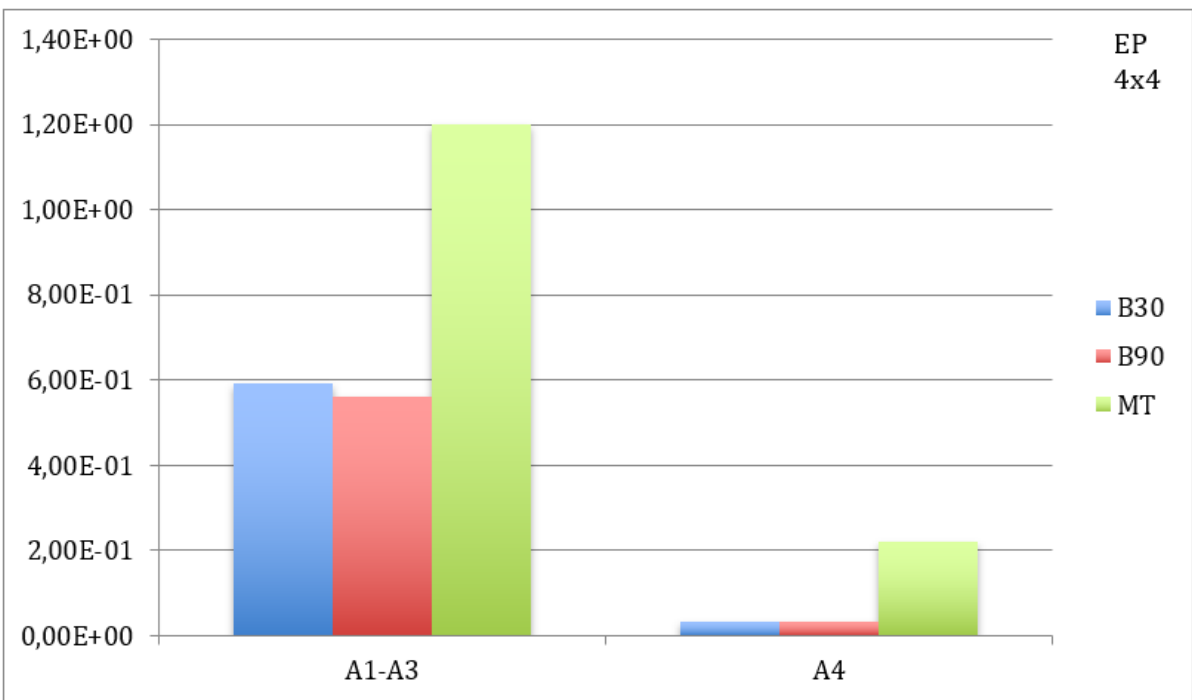
Figur 4.16 – GWP for konstruksjonene, 4x4 [m]



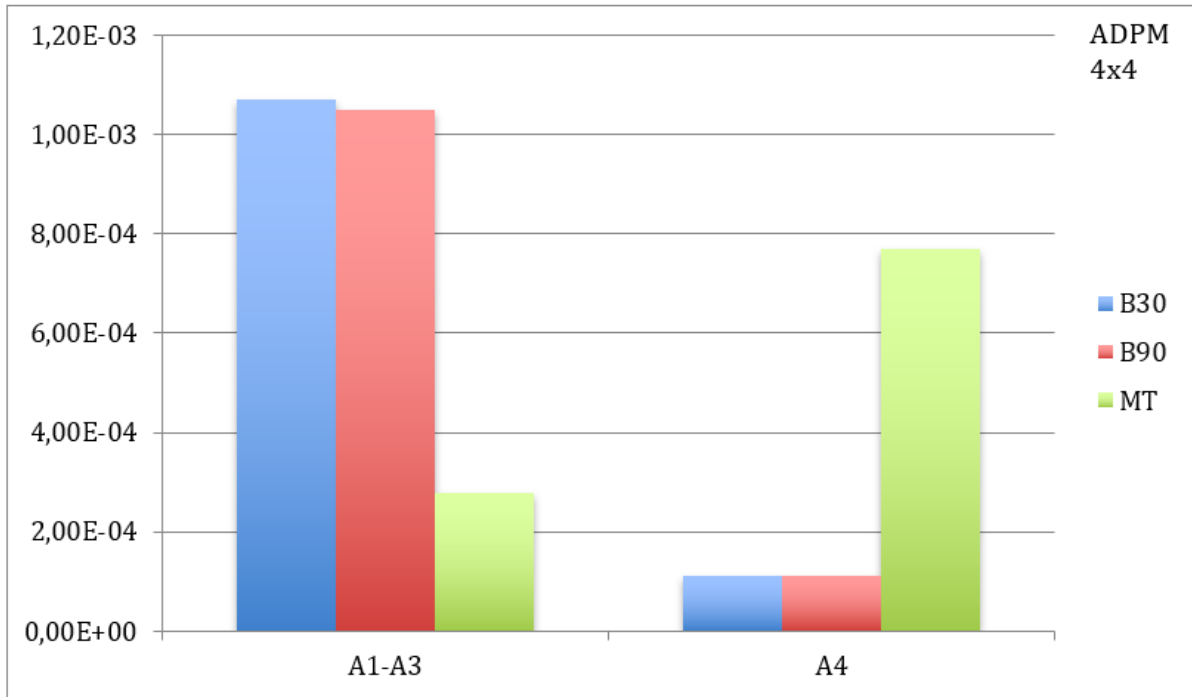
Figur 4.17 – ODP for konstruksjonene, 4x4 [m]



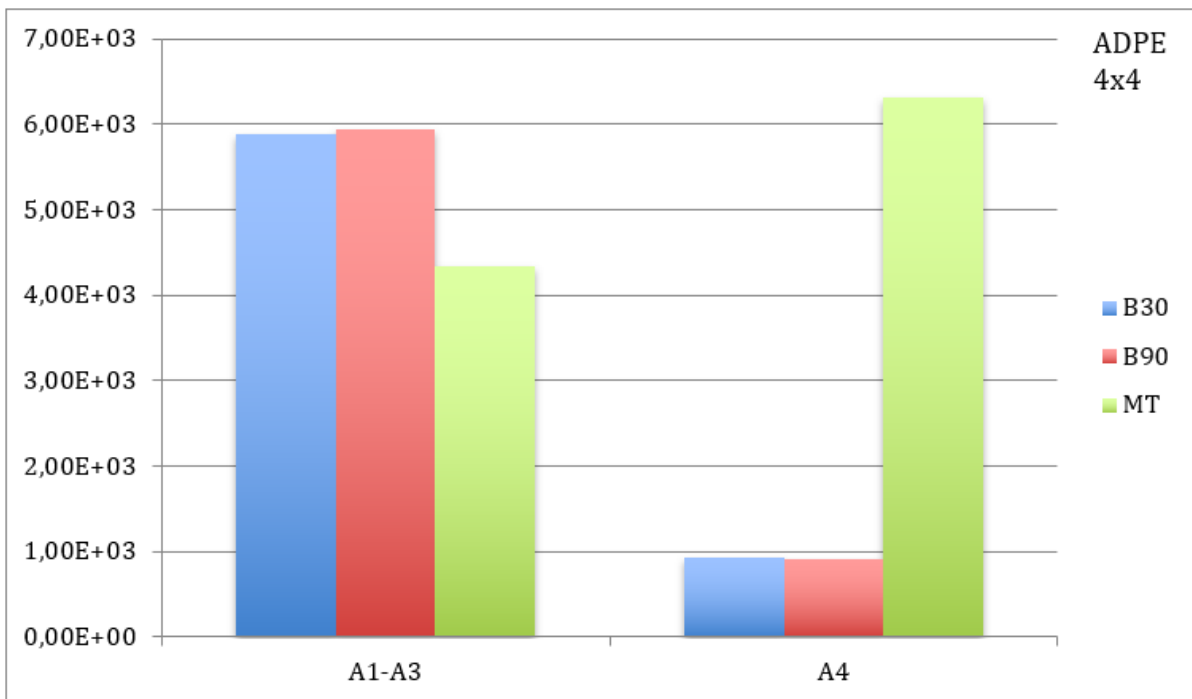
Figur 4.18 – AP for konstruksjonene, 4x4 [m]



Figur 4.19 – EP for konstruksjonene, 4x4 [m]



Figur 4.20 – ADPM for konstruksjonene, 4x4 [m]

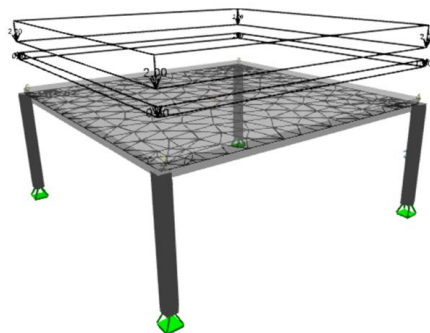


Figur 4.21 – ADPE for konstruksjonene, 4x4 [m]

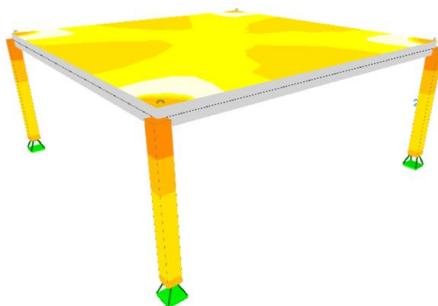
4.3.2 Betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

Kapasitet og forskyvning

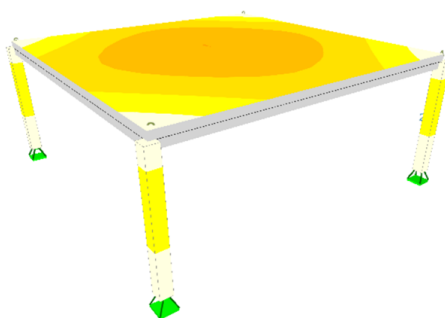
Figurene 4.22-4.24 viser henholdsvis lastene konstruksjonen utsettes for, kapasitetsutnyttelse og forskyvningskontroll.



Figur 4.22 – Betongkonstruksjon B30, 8x8 [m] med laster



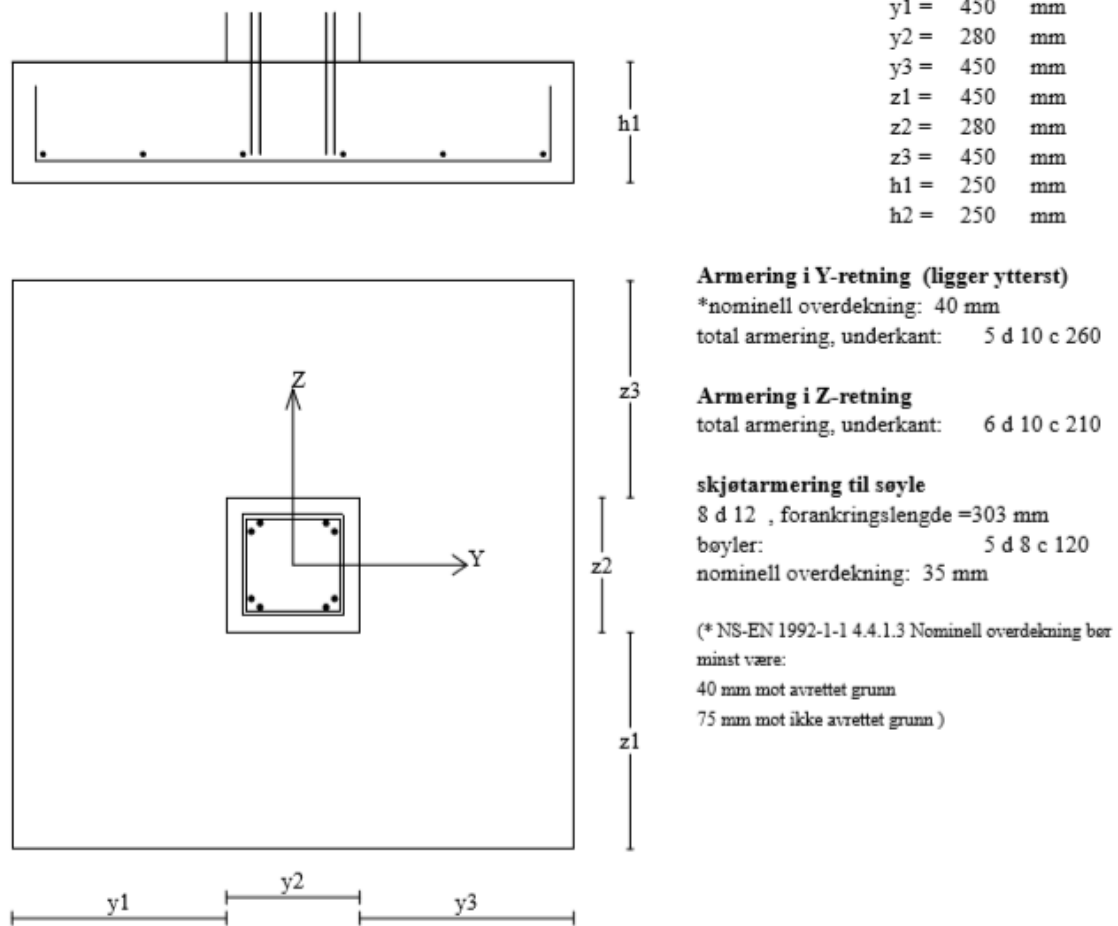
Figur 4.23 – Kapasitetsutnyttelse på 97% til betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]



Figur 4.24 – Forskyvningskontroll på 80% til betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

Fundament

Figur 4.25 viser dimensjonering av fundament, hvor størrelser og armering presenteres.



Figur 4.25 – Fundamenter til betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

Mengder

Tabell 4.18 viser resultatet av mengdene fra Excel, hentet fra vedlegg AS.

Tabell 4.18 – Mengder fra betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

Enh.	B30	Lam.	TLP	Arm.	Fund.
Tonn	54,482	0,417	0,230	7,965	3,342
m³	22,700	0,448	2,304	1,048	1,392

Livsløpsvurdering

Tabell 4.19 viser resultatet av livsløpsvurderingen for A1-A3 og A4.

Tabell 4.19 – Resultater fra livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

	Enh.	Total A1-A3	A4
GWP	kg CO2-eq	5,84E+03	3,00E+02
ODP	kg CFC 11-eq	3,55E-04	5,93E-05
AP	kg SO2-eq	1,59E+01	8,21E-01
EP	kg PO43--eq	3,89E+00	1,68E-01
ADPM	kg Sb-eq	7,18E-03	5,89E-04
ADPE	MJ	3,84E+04	4,84E+03

Sensitivitetstest

Tabell 4.20 viser resultatet av livsløpsvurderingen før og etter sensitivitetstesten.

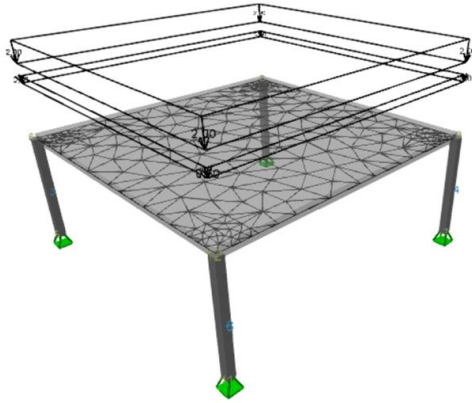
Tabell 4.20 – Resultater fra livsløpsvurdering før og etter sensitivitetstest for betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

	Enh.	Før sen. test	Etter sen. test	%
GWP	kg CO2-eq	5,84E+03	6,34E+03	8,63
ODP	kg CFC 11-	3,55E-04	3,91E-04	10,10
AP	kg SO2-eq	1,59E+01	1,77E+01	10,90
EP	kg PO43--eq	3,89E+00	4,32E+00	10,85
ADPM	kg Sb-eq	7,18E-03	7,92E-03	10,24
ADPE	MJ	3,84E+04	4,27E+04	11,12

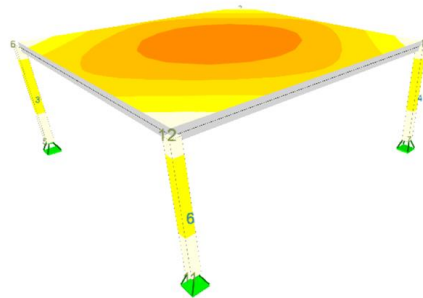
4.3.3 Betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

Kapasitet og forskyvning

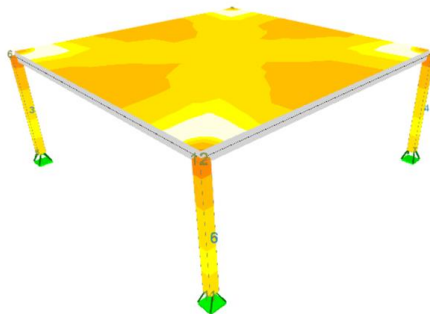
Figurene 4.26-4.28 viser henholdsvis lastene konstruksjonen utsettes for, kapasitetsutnyttelse og forskyvningskontroll.



Figur 4.26 – Betongkonstruksjon B90, 8x8 [m] med laster



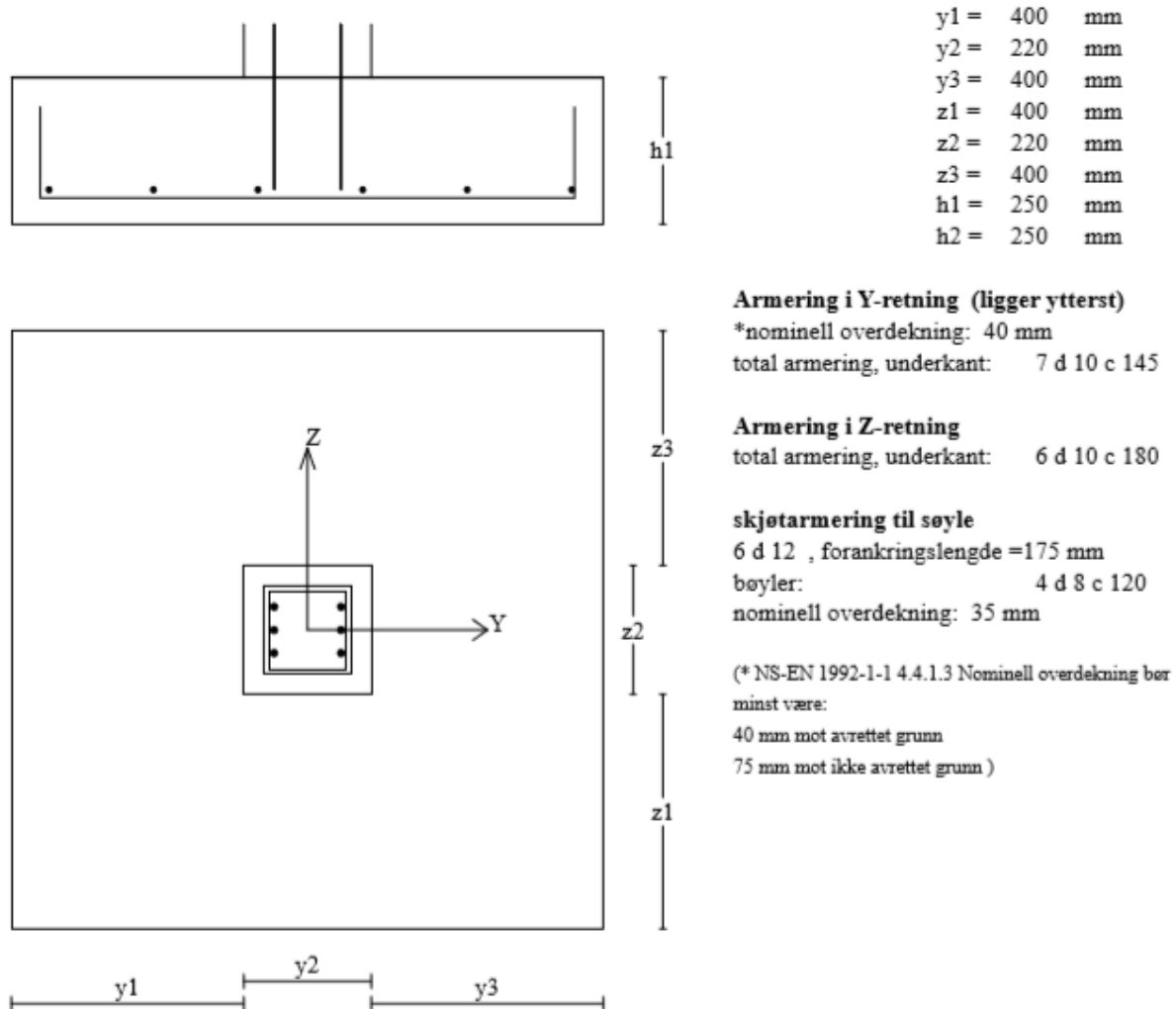
Figur 4.27 – Kapasitetsutnyttelse på 89% for betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]



Figur 4.28 – Forskyvningskontroll på 99% for betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

Fundament

Figur 4.29 viser dimensjonering av fundament, hvor størrelser og armering presenteres.



Figur 4.29 – fundament til betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

Mengder

Tabell 4.21 viser resultatet av mengdene fra Excel, hentet fra vedlegg AT.

Tabell 4.21 – Mengder fra betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

Enh.	B90	Laminat	TLP	Arm.	Fund.
Tonn	42,866	0,417	0,230	6,158	2,497
m³	17,861	0,448	2,304	0,810	1,040

Livsløpsvurdering

Tabell 4.22 viser resultatet av livsløpsvurderingen for A1-A3 og A4.

Tabell 4.22 – Resultater fra livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

	Enh.	Total A1-A3	A4
GWP	kg CO2-eq	4,16E+03	2,53E+02
ODP	kg CFC 11-eq	2,89E-04	4,99E-05
AP	kg SO2-eq	1,22E+01	6,91E-01
EP	kg PO43--eq	2,93E+00	1,42E-01
ADPM	kg Sb-eq	5,55E-03	4,96E-04
ADPE	MJ	3,09E+04	4,08E+03

Sensitivitetstest

Tabell 4.23 viser resultatet av livsløpsvurderingen før og etter sensitivitetstesten.

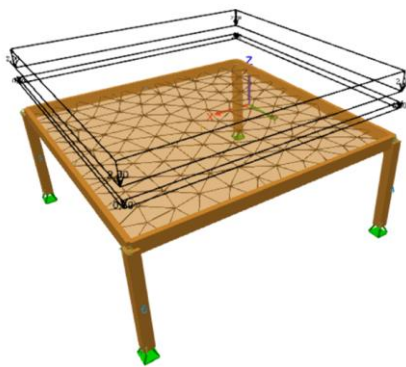
Tabell 4.23 – resultater fra livsløpsvurdering før og etter sensitivitetstest for betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

	Enh.	Før sen. test	Etter sen. test	%
GWP	kg CO2-eq	4,16E+03	4,49E+03	8,08
ODP	kg CFC 11-	2,89E-04	3,18E-04	10,13
AP	kg SO2-eq	1,22E+01	1,35E+01	11,18
EP	kg PO43--eq	2,93E+00	3,26E+00	11,12
ADPM	kg Sb-eq	5,55E-03	6,12E-03	10,31
ADPE	MJ	3,09E+04	3,44E+04	11,40

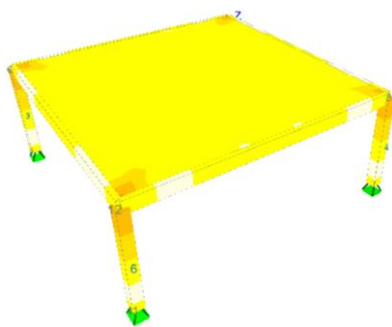
4.3.4 Massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]

Kapasitet og forskyvning

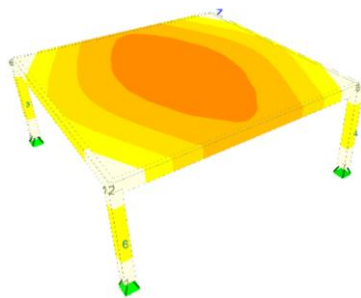
Figurene 4.30-4.32 viser henholdsvis lastene konstruksjonen utsettes for, kapasitetsutnyttelse og forskyvningskontroll.



Figur 4.30 – Massivtrekonstruksjon, 8x8 [m] med laster



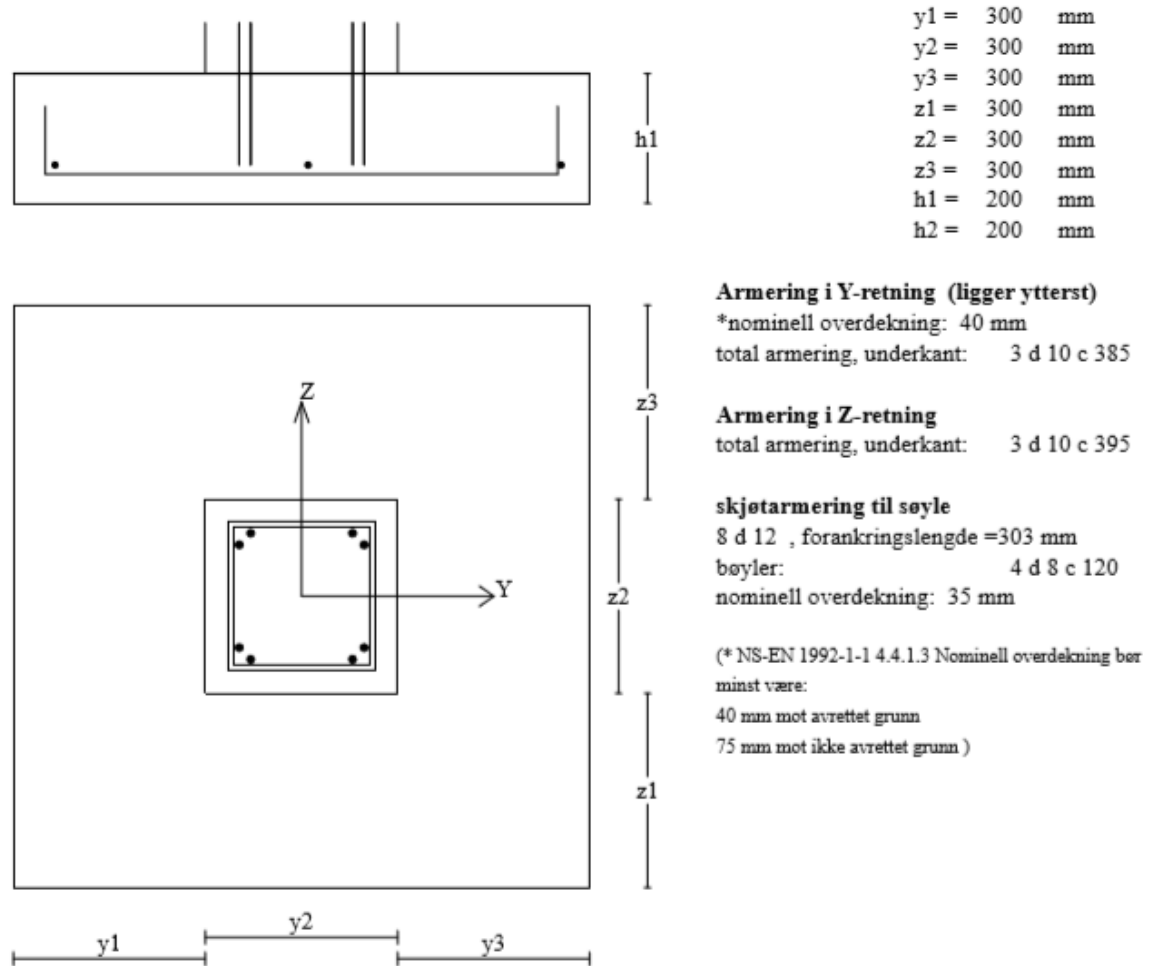
Figur 4.31 – Kapasitetsutnyttelse på 91% til massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]



Figur 4.32 – Forskyvningskontroll på 95% til massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]

Fundamenter

Figur 4.33 viser dimensjonering av fundament, hvor størrelser og armering presenteres.



Figur 4.33 – Fundament til massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]

Mengder

Resultat av mengdene fra Excel, hentet fra vedlegg AU.

Tabell 4.24 – Mengder fra massivtrekonstruksjonen, 8x8 [m]

Enh.	MT	LT	PU	MU	TLP	GP	Bj.	GGs	Par.	Fund.	Arm.
Tonn	10,080	1,224	0,048	0,112	0,230	0,640	0,200	0,990	0,768	1,555	0,050
m³	22,400	2,720	1,600	6,400	2,304	0,800	0,470	0,884	0,768	0,640	0,007

Livsløpsvurdering

Tabell 4.25 viser resultatet av livsløpsvurderingen for A1-A3 og A4.

Tabell 4.25 – Resultater livsløpsvurdering (A1-A3 og A4), massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]

	Enh.	Total A1-A3	A4
GWP	kg CO ₂ -eq	-1,63E+04	2,54E+03
ODP	kg CFC 11-eq	2,10E-04	5,01E-04
AP	kg SO ₂ -eq	7,37E+00	6,95E+00
EP	kg PO ₄₃ --eq	8,10E+00	1,42E+00
ADPM	kg Sb-eq	1,46E-03	4,99E-03
ADPE	MJ	2,65E+04	4,10E+04

Sensitivitetstest

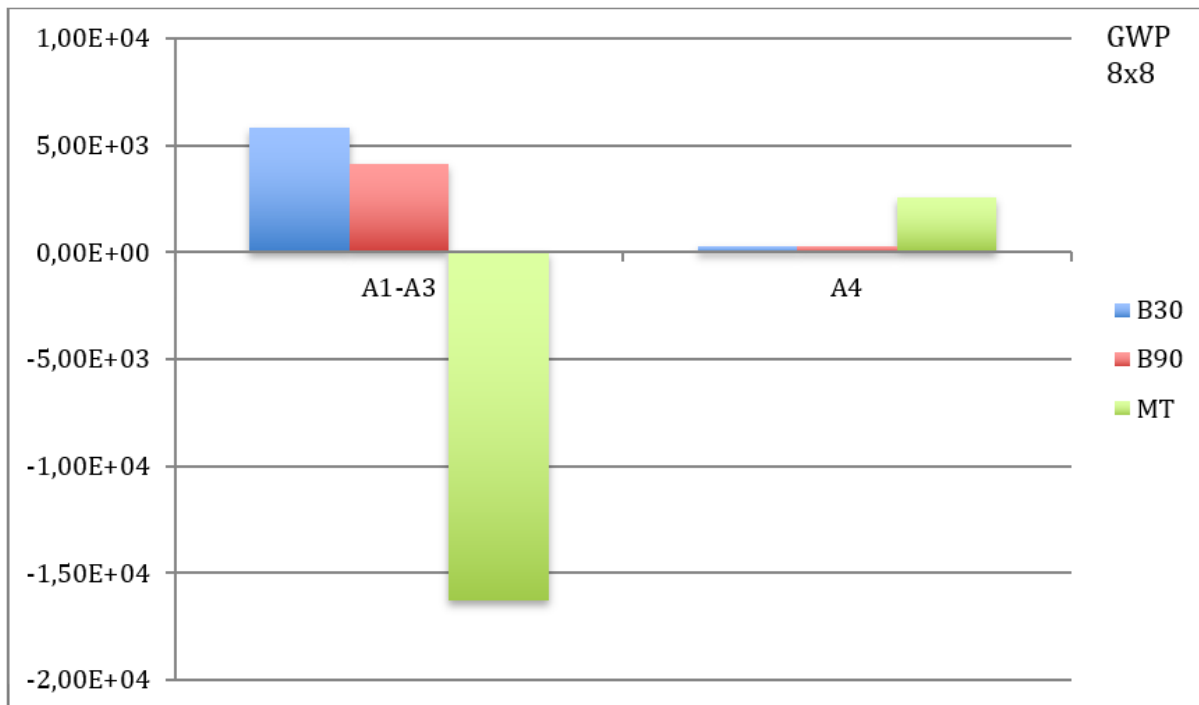
Tabell 4.26 viser resultatet av livsløpsvurderingen før og etter sensitivitetstesten.

Tabell 4.26 – Resultater før og etter sensitivitetstest for massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]

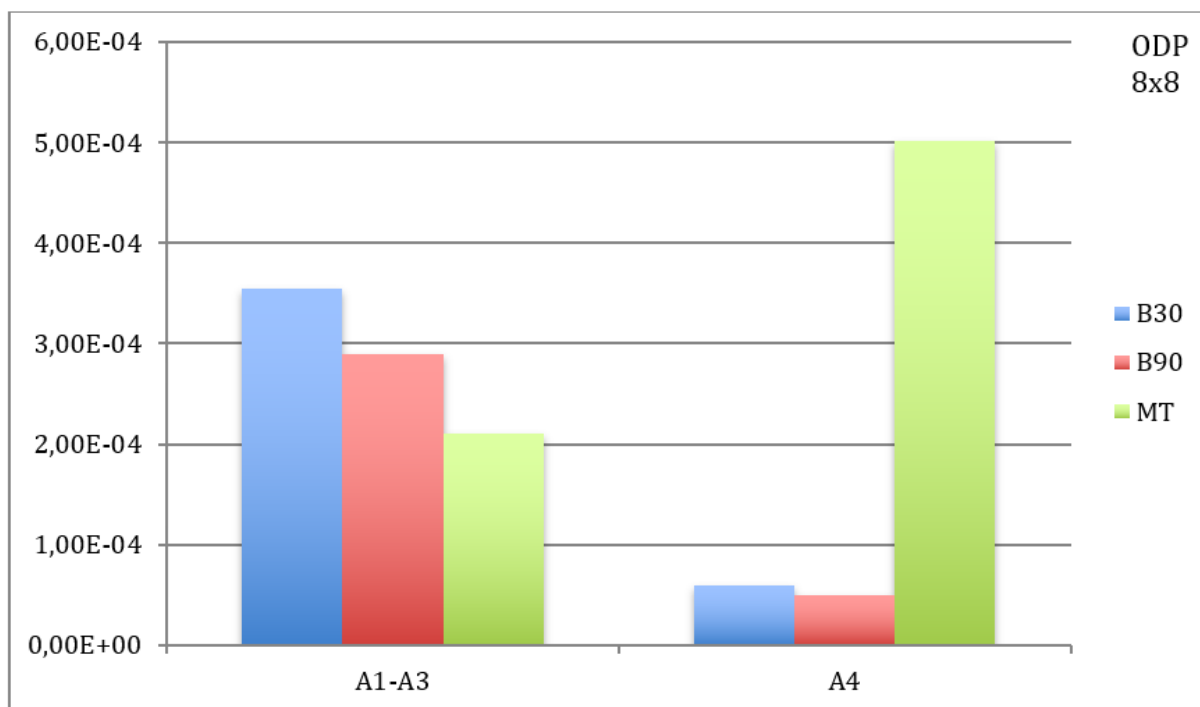
	Enh.	Før sen. test	Etter sen. test	%
GWP	kg CO ₂ -eq	-1,63E+04	-1,66E+03	30,20
ODP	kg CFC 11-	2,10E-04	3,46E-05	29,11
AP	kg SO ₂ -eq	7,37E+00	2,52E+00	28,90
EP	kg PO ₄₃ --eq	8,10E+00	4,05E-01	29,76
ADPM	kg Sb-eq	1,46E-03	7,86E-04	27,42
ADPE	MJ	2,65E+04	6,28E+03	29,27

4.3.5 Miljøpåvirkninger for konstruksjonene, 8x8 [m]

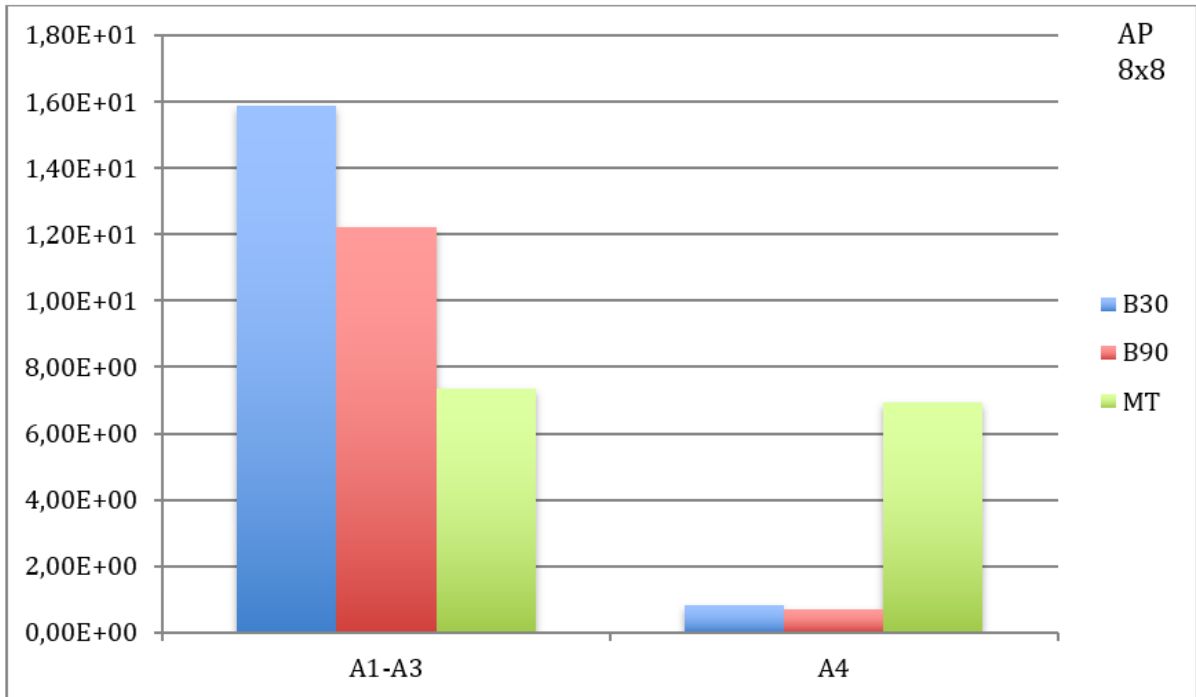
Diagrammene under fremkommer fra tabell 4.19, 4.22 og 4.25.



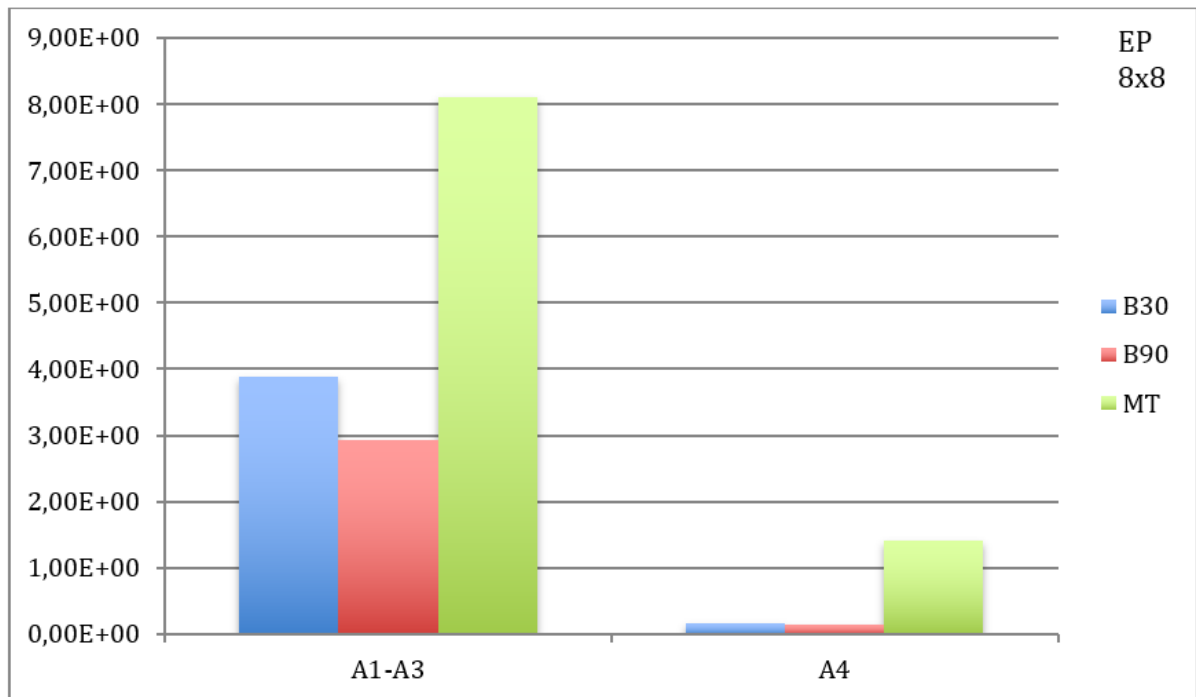
Figur 4.34 – GWP for konstruksjonene, 8x8 [m]



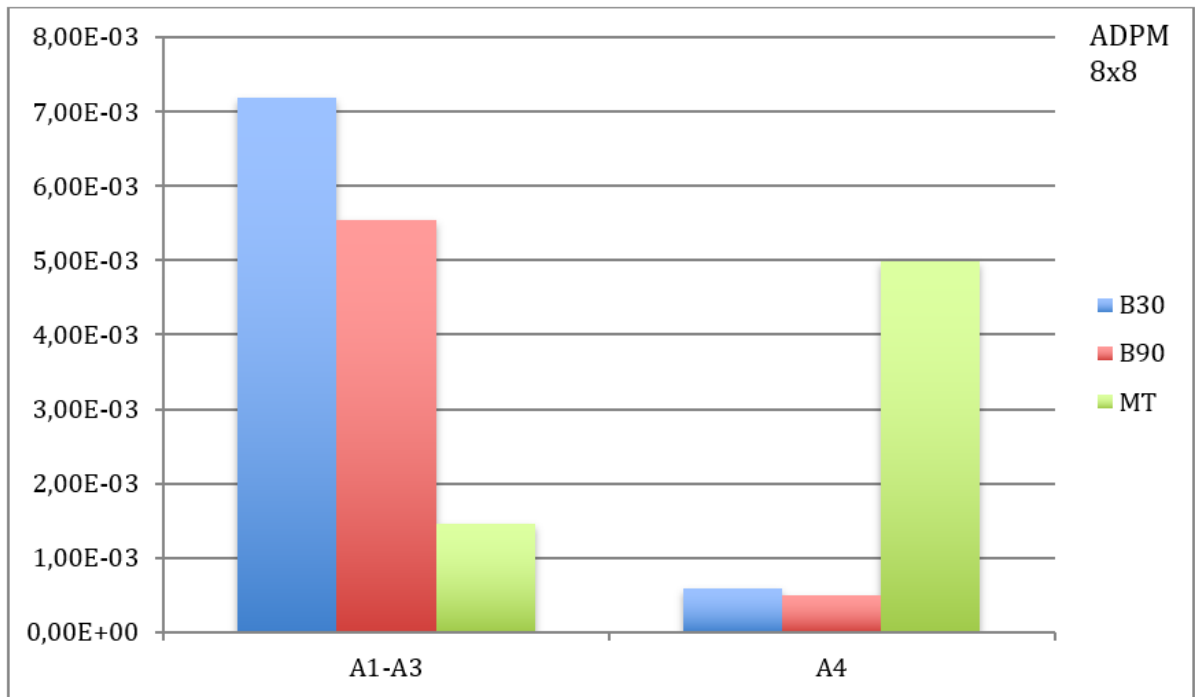
Figur 4.35 – ODP for konstruksjonene, 8x8 [m]



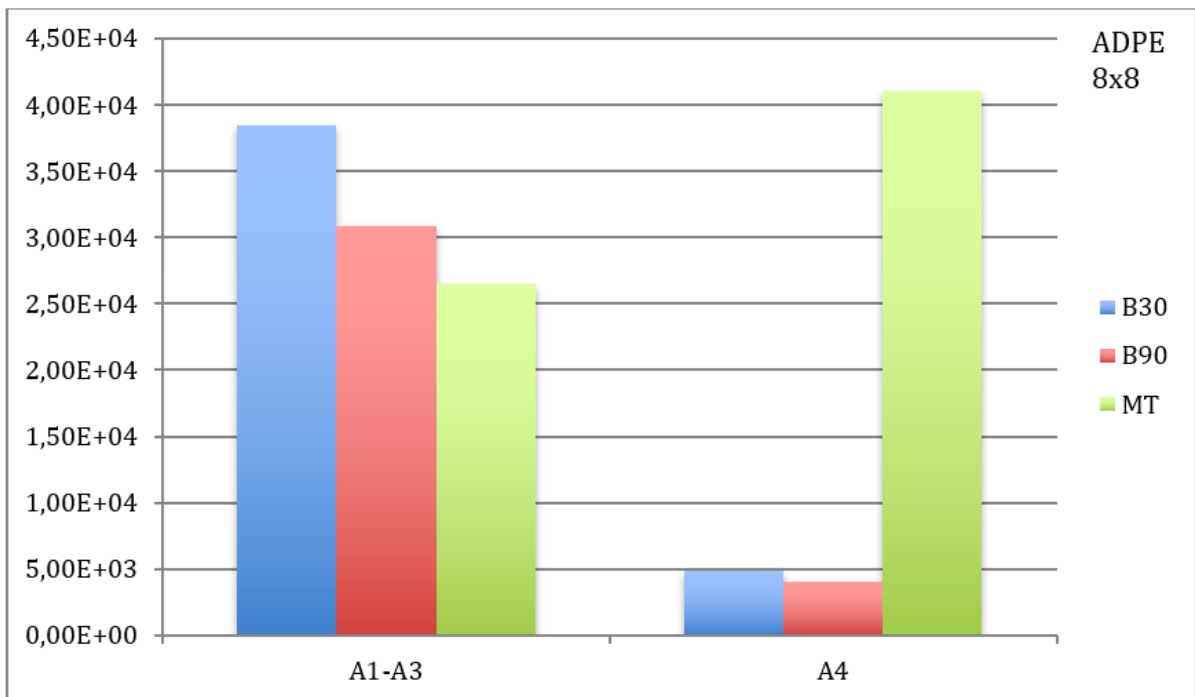
Figur 4.36 – AP for konstruksjonene, 8x8 [m]



Figur 4.37 – EP for konstruksjonene, 8x8 [m]



Figur 4.38 – ADPM for konstruksjonene, 8x8 [m]



Figur 4.39 – ADPE for konstruksjonene, 8x8 [m]

4.3.6 1 m³ B30

Tabell 4.27 viser resultatet fra B30 i A1-A3.

Tabell 4.27 – Resultater fra livsløpsvurdering, 1 m³ B30

	Enh.	A1-A3
GWP	kg CO2-eq	2,59E+02
ODP	kg CFC 11-eq	1,47E-05
AP	kg SO2-eq	6,32E-01
EP	kg PO43--eq	1,55E-01
ADPM	kg Sb-eq	2,95E-04
ADPE	MJ	1,50E+03

4.3.7 1 m³ B90

Tabell 4.28 viser resultatet fra B90 i A1-A3.

Tabell 4.28 – Resultater fra livsløpsvurdering, 1 m³ B90

	Enh.	A1-A3
GWP	kg CO2-eq	2,41E+02
ODP	kg CFC 11-eq	1,52E-05
AP	kg SO2-eq	6,05E-01
EP	kg PO43--eq	1,46E-01
ADPM	kg Sb-eq	2,89E-04
ADPE	MJ	1,52E+03

4.3.8 1 m³ Massivtre

Tabell 4.29 viser resultatet fra massivtre i A1-A3.

Tabell 4.29 – Resultater fra livsløpsvurdering, 1 m³ massivtre

	Enh.	A1-A3
GWP	kg CO2-eq	-6,71E+02
ODP	kg CFC 11-eq	8,14E-06
AP	kg SO2-eq	2,40E-01
EP	kg PO43--eq	3,47E-01
ADPM	kg Sb-eq	3,70E-05
ADPE	MJ	9,59E+02

4.3.9 1 m³ Geopolymerbetong

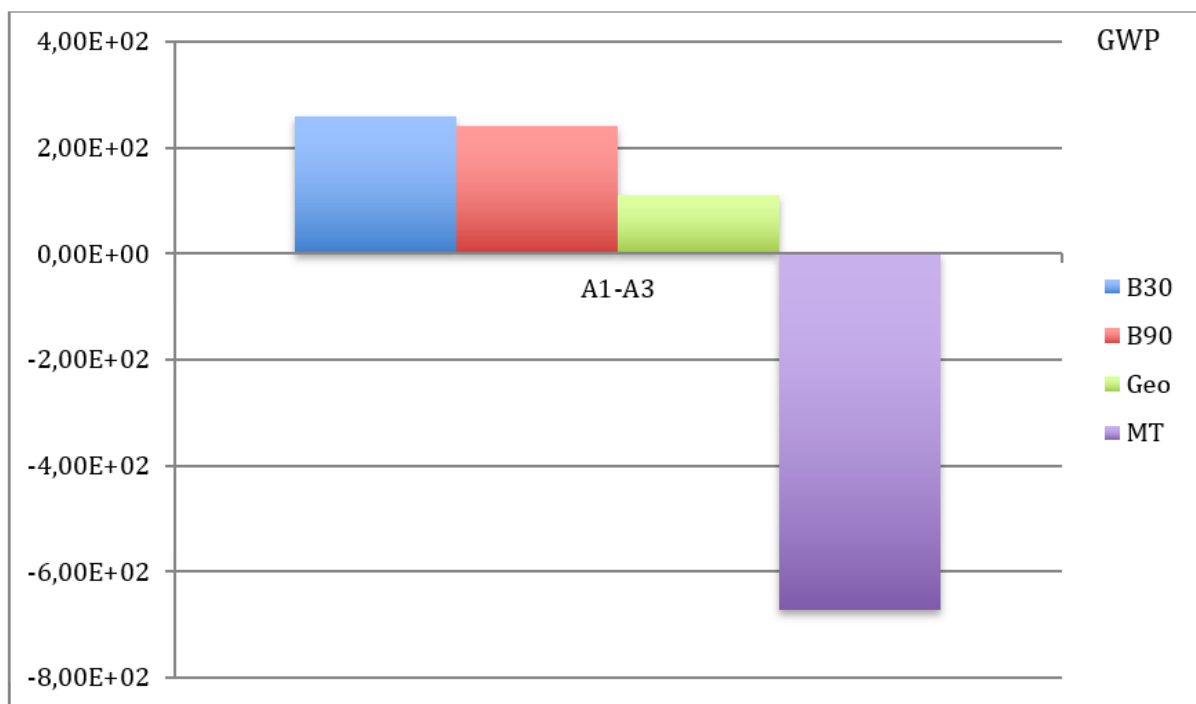
Tabell 4.30 viser resultatet fra geopolymerbetong i A1-A3.

Tabell 4.30 – Resultater fra livsløpsvurdering, 1 m³ geopolymerbetong

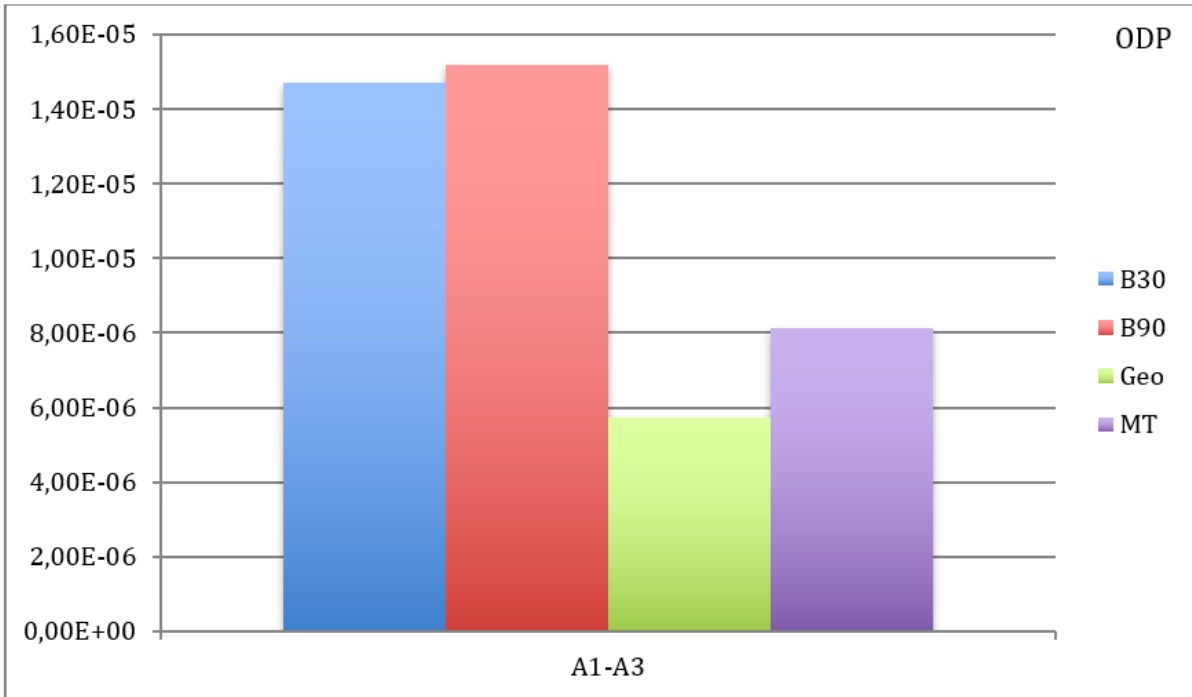
	Enh.	A1-A3
GWP	kg CO2-eq	1,10E+02
ODP	kg CFC 11-eq	5,74E-06
AP	kg SO2-eq	4,05E-01
EP	kg PO43--eq	6,70E-02
ADPM	kg Sb-eq	1,22E-04
ADPE	MJ	9,52E+02

4.3.10 Diagram: 1 m³

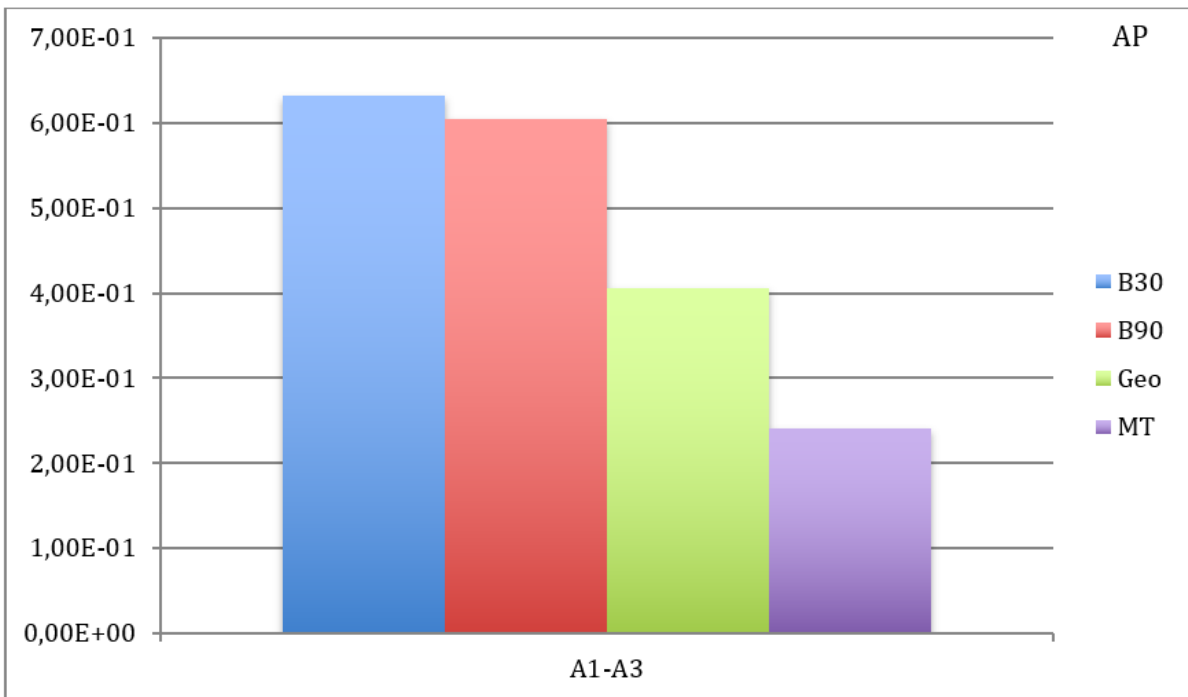
Diagrammene under fremkommer fra tabellene 4.27-4.30.



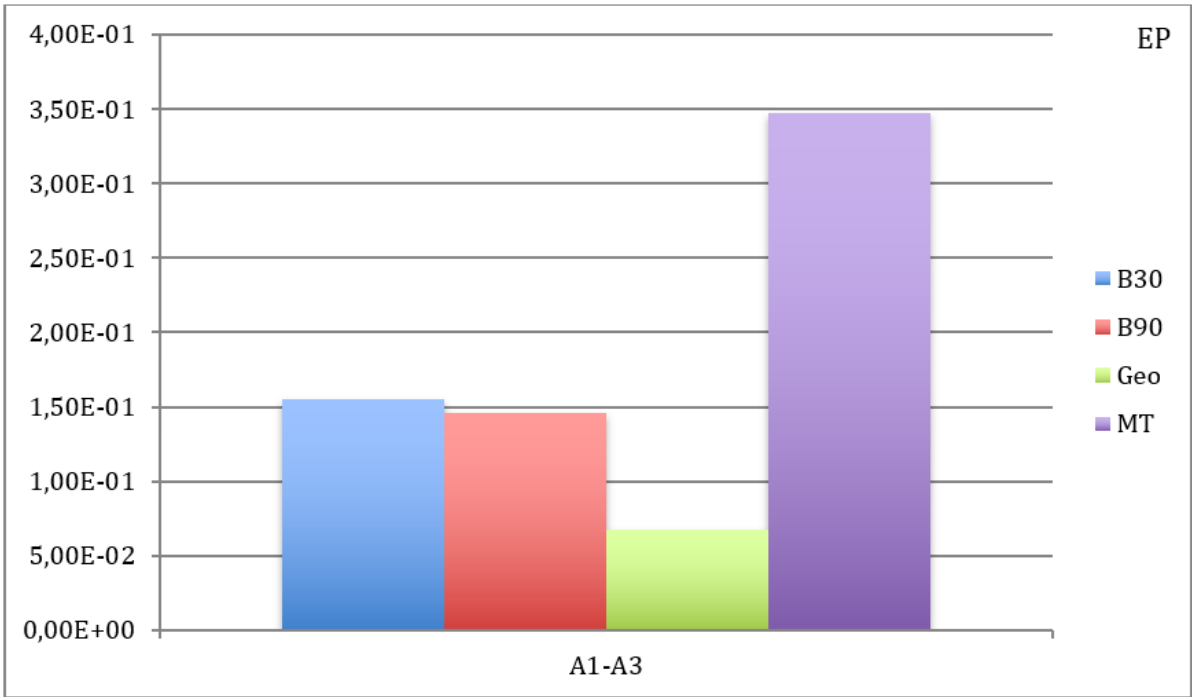
Figur 4.40 – GWP for 1 m³



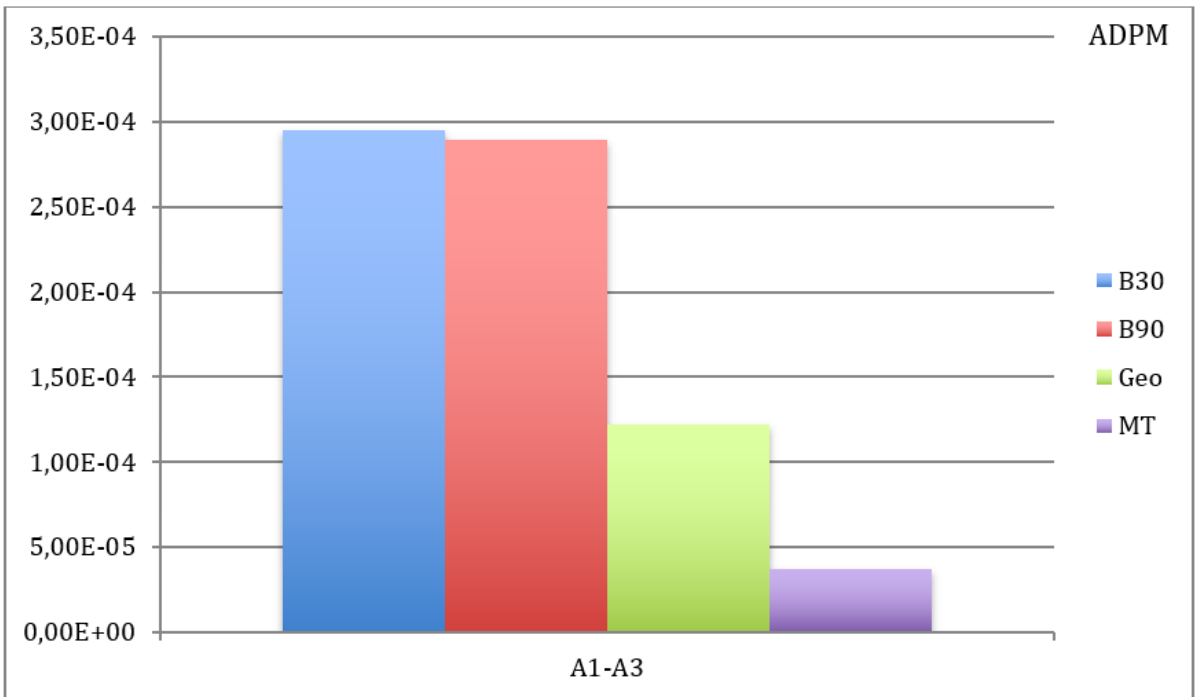
Figur 4.41 – ODP for 1 m³



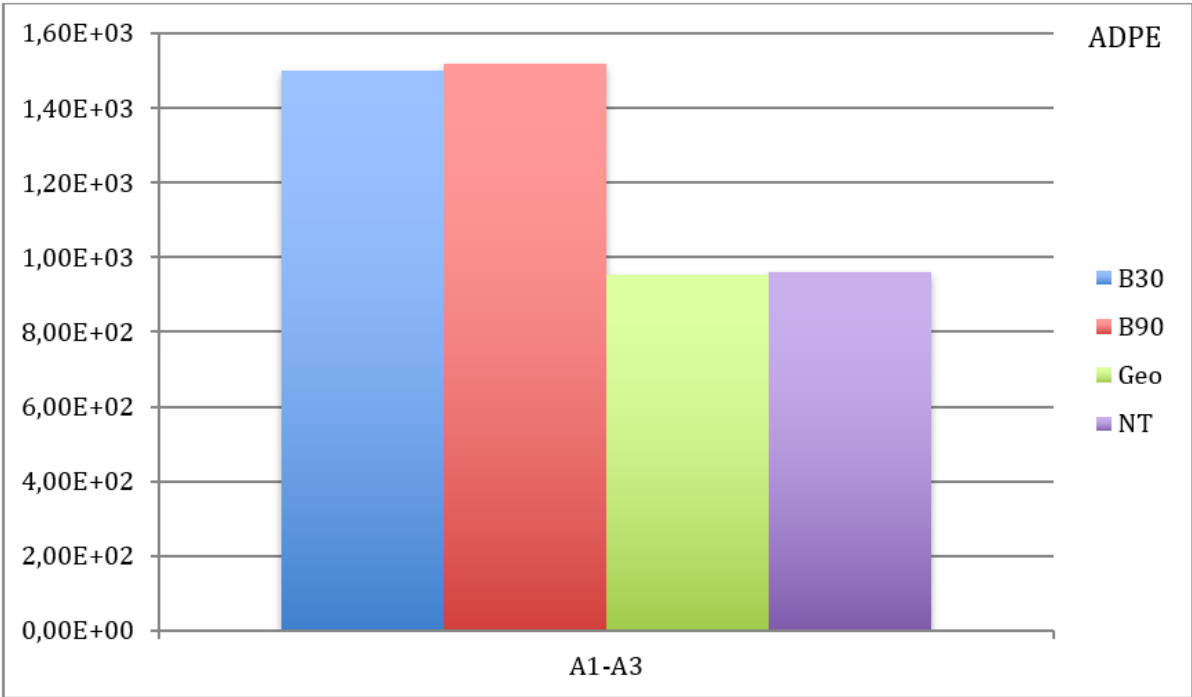
Figur 4.42 – AP for 1 m³



Figur 4.43 – EP for 1 m³



Figur 4.44 – ADPM for 1 m³



Figur 4.45 – ADPE for 1 m³

5 Diskusjon

5.1 Diskusjon av metodevalg

Det er valgt å vurdere B30 og B90, da disse fasthetene står i stor kontrast med hverandre. Det er ikke kjent hvor mye energi som kreves til å produsere B90, derfor ble det lagt til grunn tilsvarende energiforbruk som ved produksjon av B30. Gruppens hypotese er at ved produksjon av B90 kreves det mindre energi, fordi betongen inneholder en lavere andel sement. Dette ville gitt mindre miljøpåvirkning enn vurderingen viser.

I konstruksjonen hvor spennvidden er åtte meter er det behov for et tykkere dekke for B30 enn for B90. Der det var mulig ble det lagt inn mer armering i dekket fremfor å øke dekketykkelsen. Grunnen er at resirkulert stål regnes som avfallsmateriale, og vil derfor ikke påvirke resultatet i like stor grad, da det kun er transport som bidrar til utslippene. Samtidig medfører det et mindre forbruk av sement, som videre resulterer i mindre miljøpåvirkning. Det gjennomføres i dag forskning på bruk av aluminium istedenfor stål i armering. Det kunne blitt vurdert å benytte aluminiumsarmering fremfor stålarmoring, da dette hadde medført mindre behov for overdekning. Samtidig er det ikke sikkert at utslipp knyttet til produksjon av denne typen armering veier opp for den reduserte mengden betong.

I denne oppgaven ses det kun på *forskjellen* ved miljøpåvirkninger mellom to fasthetsklasser. Ettersom 4x4-konstruksjonene og 8x8-konstruksjonene har samme tilleggskonstruksjoner, vil dette gi lik påvirkning på utslippsverdiene. Resultatene i livsløpsvurderingen kommer fra både egenproduserte EPD-er og EPD-er gjort tilgjengelig fra produsenter. Egendefinerte EPD-er er av høyere kvalitet, derfor hadde det vært mer nøyaktig å produsere alle EPD-ene selv. På grunn av tidsbegrensning ble noen av EPD-ene hentet fra andre produsenter, noe som tas hensyn til i sensitivitetstesten. Likevel er det verdiene før sensitivitetstesten som vurderes.

Programvaren INSUL beregner laboratoriemålte verdier, og disse kravene er ikke like strenge som feltmålte verdier. Lydisoleringsevnen for massivtrekonstruksjonene er beregnet i dette programmet, og tilfredsstillende dermed laboratoriemålte verdier. Betongdekkene er lydisolert etter feltmålte krav, som betyr at kravene som er lagt til grunn for betongkonstruksjonene er noe strengere enn kravene til massivtrekonstruksjonene. Dette kan ha medført større utslipp

for betongkonstruksjonene, som videre ville gitt et mindre avvik mellom utslippene til tre- og betongkonstruksjonene.

Det var vanskeligere å tilfredsstillende lydkravene for massivtre enn for betong. Det var dermed et større behov for tilleggskonstruksjoner. Dette bidrar til et større miljøavtrykk for disse etasjeskillerne. Oppgaven fokuserer på å skille betong- og massivtrekonstruksjoner, og dermed ble det ikke vurdert å bruke betong som lydisolasjon i massivtredekket. Med denne løsningen kan det forventes at de positive CO₂-verdiene i massivtre kanselleres av utslippene i betongproduksjon.

I Focus Konstruksjon 2019 er ikke B52,6 tilgjengelig, som er fasthetsklassen til geopolymerbetongen. Derfor ble det heller fokusert på å sammenlikne 1 m³ av de ulike materialene. Sammenlikningsgrunnlaget hadde blitt mer reelt om denne betongtypen ble dimensjonert i tilsvarende konstruksjon som for B30 og B90. Dette gjør det vanskelig å trekke konklusjoner om at geopolymerbetong er et mer miljøvennlig valg, til tross for at denne vurderingen viser en tydelig forbedring.

5.2 Diskusjon av resultat

5.2.1 A1-A3: Spennviddens betydning for LCA

Massivtre kommer best ut i livsløpsvurderingen i begge konstruksjonene sammenliknet med B30 og B90, bortsett fra miljøpåvirkningen fra overgjødning (EP). Videre viser resultatene at B90 kommer best ut av betongtypene i 10 av de 12 tilfellene som vurderes. Betongmengden, erstatningsmaterialer og høyere fasthet er høyst sannsynlig årsaken til at B90 kommer bedre ut.

Kontrastene er små på 4x4-konstruksjonene, men kommer tydeligere frem i 8x8-konstruksjonene. En mulig årsak til dette kan være at det er like dimensjoner og tilleggskonstruksjonene for begge betongkonstruksjonene i 4x4. Gruppen forventet et tynnere dekke for B90. Det viste seg i 4x4-konstruksjonen at ikke var mulig på grunn av armeringens krav til c/c, diameter på jern og overdekning.

Det som skiller 4x4- og 8x8-konstruksjonene er betongmengden, betongsammensetningen og at det er lagt inn tilleggsarmering i konstruksjonene med B30. I 8x8-konstruksjonen er det mulig å ha mindre dekketykkelse ved bruk av B90, og dermed ses forskjellene mellom spennviddene tydeligere her. Det tyder på at det er mer lønnsomt å velge en høyere fasthetsklasse ved større spenn.

Videre vil hver av miljøpåvirkningene vurderes hver for seg. Først diskuteres A1-A3, og deretter A4. Ved å skille mellom utslipp under produksjon og utslipp under transport er det lettere å anslå hva som skyldes de ulike påvirkningene.

GWP

Massivtre skiller seg vesentlig ut når det gjelder global oppvarming. Trær tar opp CO₂ når de vokser, noe som gir en total negativ GWP-verdi i denne fasen (A1-A3). Ulikheten ses tydelig her, blant annet fordi betong ikke tar opp CO₂ i denne delen av livsløpet. Differansen mellom B30 og B90 er liten for 4x4-konstruksjonene, men for 8x8-konstruksjonen vises en betydelig forskjell mellom de to fasthetene, hvor B90 kommer best ut. Denne utviklingen vises i figurene 4.16 og 4.34. Gruppens hypotese er at de store utslippene kommer fra kalsineringsprosessen, transport og bruk av fossilt brensel. Tiltak, som å erstatte deler av sementen med flyveaske, avhenger av at det er nok tilgang på flyveaske. Ettersom det er et økende fokus på miljøvennlige alternativer til kullkraftverk, kan en forvente at tilgangen på flyveaske vil reduseres i fremtiden.

ODP

Det er minimale forskjeller mellom fasthetsklassene for 4x4-konstruksjonene, men B90 påvirker ozonlaget mest. Ettersom betongmengden er lik for begge betongtypene i 4x4-konstruksjonene, skyldes differansen betongsammensetningen. Det ses en tydelig endring ved å øke spennvidden, hvor B30 har størst miljøpåvirkning. Se figurene 4.17 og 4.35. Dette kan være fordi betongmengden i B30 er mye større enn i B90. Dermed lønner det seg å velge B90 for en større spennvidde. Betongsammensetningen spiller fortsatt en rolle, men betongmengden har større påvirkning.

Grunnen til ulikhetene i utslipp kan være økt dieselforbruk for B90, fordi det er større mengde flyveaske som transporteres. Det er lang transportvei, og dermed kan det være en avgjørende faktor. Det er også lagt inn mer armering i B30, som kan være utslagsgivende for 8x8-konstruksjonene på grunn av at større mengde armering må transporteres.

AP

Også for AP kommer B90 bedre ut enn B30, hvor det er en tydelig forskjell på 4x4-konstruksjonene og 8x8-konstruksjonene. Differansen mellom B30 og B90 øker med spennvidden, og dermed er det mer gunstig å benytte betong med høyere fasthetsklasse for større spenn. Det er mindre mengde sement i B90 i 8x8-konstruksjonen, noe som kan være årsaken til at B90 kommer bedre ut enn B30. Denne forskjellen kommer frem av figurene 4.18 og 4.36.

Hovedbidraget til sur nedbør i Norge kommer fra andre land, som Polen og Tyskland, der flere av tilleggsmaterialene produseres. Ettersom tilleggskonstruksjonene for begge betongtypene er like vil dette ha lik påvirkning på vurderingene, og er dermed ikke en utslagsgiver for forskjellene i miljøpåvirkningen.

En viktig kilde til denne typen miljøpåvirkning er framstilling av stålprodukter.

Konstruksjonene inneholder kun resirkulert stålarmoring, derfor er det lite sannsynlig at utslippene skyldes denne industrien. En annen kilde er transport. Det er en større mengde armering som transporteres i B30 for 8x8-konstruksjonen, som kan være årsaken til at B30 gir et større utslipp.

EP

Det er verdt å bemerke at massivtre har større utslipp av EP enn betong. Overgjødning er en bidragsyter til utslippene, og dette er et problem i Europa. Ved økt etterspørsel etter å bygge i tre, vil det være et økende behov for gjødsel. Samtidig er det en fordel at skog vokser raskt fordi CO₂ bindes. Overgjødning påvirker ikke betongproduksjon, men utslipp av EP kan også komme fra fossilt brensel. B90 har mindre utslipp i begge konstruksjonene. B30 inneholder mer sement, og det brukes fossilt brensel i sementproduksjon. Dette kan forklare forskjellen i utslippene til betongtypene. Ulikhetene øker med økende spennvidde, som samsvarer med at det er mer betong i B30. Figurene 4.19 og 4.37 viser utviklingen av utslippet ved økende spennvidde.

ADPM

Stein er en ikke-fornybar ressurs, og dermed bidrar betong til et økt utslipp. For 4x4-konstruksjonene har B30 noe mer utslipp enn B90, men forskjellen øker for 8x8-konstruksjonene, se figur 4.20 og figur 4.38. Ettersom betongmengden er like stor i den minste konstruksjonen er det betongsammensetningen som er avgjørende for ulikhetene. Ved å øke spennvidden er det behov for mindre betongmengde, derfor øker kontrastene i utslippene.

ADPE

Ved produksjon av betong, hovedsakelig sement, brukes fossilt brensel. Gruppens hypotese er at det kreves mindre energi ved å produsere B90 enn B30. Dersom dette stemmer, er de egentlige utslippene til B90 noe lavere enn det vurderingene viser. Dette fører trolig til at B90 hadde kommet bedre ut i 4x4-konstruksjonen enn B30.

Ettersom det i 4x4-konstruksjonene er benyttet like store mengder betong, er utslippene tilnærmet like. B30 er likevel noe bedre. Årsaken kan være at det er mer flyveaske som transporteres. Denne tendensen snur for 8x8-konstruksjonene, hvor B90 gir mindre utslipp. Utviklingen vises i figur 4.21 og 4.39 Dette kan komme av at ved større spenn er betongmengden mindre, i tillegg til at B90 inneholder mer restprodukter enn B30.

5.2.2 A4: Transport til byggeplass

A4 avhenger av transportlengden og mengden materiale. Massivtre har vesentlig større utslipp i A4-fasen enn betong. Dette skyldes at produksjon av massivtreelementer er i Østerrike, og dermed har en lang transportvei. I tillegg er de fleste tilleggsmaterialene produsert ulike steder i Europa, som også krever lang transport til byggeplass. Fordelen med betong er at det i stor grad kan produseres i nærheten av enhver byggeplass. I dette tilfellet er det 40 km mellom produksjonssted og byggeplass, og derfor vil ikke transport bidra til store utslipp. I 4x4-konstruksjonene er det brukt like mye betong, som videre betyr at utslippene er like store. I 8x8-konstruksjonen er det behov for mindre mengde betong i B90. Mindre betongmengde medfører mindre utslipp, på grunn av mindre materialmengde som transporteres. Dette bekreftes i 8x8-vurderingene, hvor alle miljøpåvirkningene er bedre for B90. Utviklingen av utslipp under transport kan ses i figurene 4.16 – 4.21 for 4x4-konstruksjonene, og i figurene 4.34 – 4.39 for 8x8-konstruksjonen.

5.2.3 Betong med ulike egenskaper for 1 m³

Utslippene til B30 og B90 har minimale forskjeller. B30 har mindre utslipp av ODP (figur 4.41) og ADPE (figur 4.45) sammenliknet med B90, men ellers kommer B90 bedre ut i alle miljøpåvirkninger (figur 4.40, 4.42, 4.43 og 4.44). Ettersom det er såpass små mengder som sammenliknes er det vanskeligere å se store kontraster. Likevel viser geopolymertbetong betydelig lavere utslipp enn B30 og B90. Geopolymertbetongen har en betongfasthet mellom B30 og B90, dermed ses det ingen sammenheng med at fastheten alene avgjør utslippsfaktorene. Det tolkes heller som at betongsammensetningen har stor innvirkning.

Geopolymertbetong kommer vesentlig bedre ut enn de andre betongtypene i alle miljøpåvirkningene som vurderes. For å undersøke om denne typen betong kan måles med massivtre, sammenliknes også 1 m³ av massivtre med geopolymertbetong. Her varierer det hvilket materiale som påvirker miljøet mest. Massivtre tar opp CO₂ når trærne vokser, noe som gir en negativ GWP-verdi. Det vil si at under produksjon slipper geopolymertbetongen ut mer CO_{2ekv} (GWP) enn massivtre, se figur 4.40. På en annen side har massivtre en større negativ innvirkning på ozonlaget (ODP) og det naturlige algesamfunnet (EP). Dette kommer frem i figurene 4.41 og 4.43. Samtidig viser figur 4.42 at geopolymertbetong forårsaker mer forsurening under produksjon (AP). Geopolymertbetong inneholder ikke-fornybare ressurser (ADPM), men massivtre benytter mer fossilt brensel under produksjon (ADPE). Disse resultatene ses i figurene 4.44 og 4.45. Dette kan komme av at geopolymertbetong inneholder sement, stein og sand, derfor er det naturlig at disse ikke-fornybare ressursene gir en større påvirkning. Trevirket blir hentet fra andre europeiske land og fraktet til Østerrike for produksjon av massivtre, som kan være årsaken til større utslipp av fossilt brensel.

5.3 Avsluttende kommentar

Til tross for at massivtre kommer best ut sammenliknet med betong i et miljøperspektiv, er det ikke nødvendigvis slik at en kan se bort fra bruk av betong i fremtiden. Høye trebygninger klarer ikke å stå imot vindlast alene, men ved hjelp av tyngre betongelementer kan dette løses. Mjøstårnet i Brumunddal er per dags dato verdens høyeste trehus, men i syv av etasjene er det benyttet etasjeskillere i betong (Daler, 2017). Dette kan tyde på at istedenfor at tre- og betongbransjen skal stå sterkt på sitt synspunkt, bør heller et samarbeid mellom aktørene vektlegges.

I dag benyttes kullfyrte varmegassverk, som gjør flyveaske tilgjengelig. Det er et økende fokus på å bruke mer fornybar energi, og dermed kan det i fremtiden forventes en mindre tilgang på flyveaske. Frem til denne energikilden ikke lenger brukes, er det viktig å fokusere på betong med høyt innhold av flyveaske. Samtidig må videre forskning på andre alternative metoder å redusere betongens utslipp på vektlegges, som for eksempel CO₂-renseanlegg.

6 Konklusjon

Hensikten med oppgaven har vært å undersøke hvordan betongens fasthet og konstruksjonens spennvidde spiller inn på miljøavtrykket. I dette tilfellet ses det en sammenheng mellom fasthetsklasse og spenn, hvor det er mer gunstig å velge en høyere fasthetsklasse ved økende spennvidde. Av resultatene kommer det frem at B90 er et mer miljøvennlig valg i fire av seks tilfeller for 4x4-konstruksjonene, og at det er mest gunstig i alle tilfellene for 8x8-konstruksjonene. Dermed konkluderes det med at ved økt spennvidde bør betong med høyere fasthetsklasse velges.

Sammenlikningen av 1 m³ av de ulike materialene viser at betong med høy andel flyveaske er mer miljøgunstig. Dermed lønner det seg å velge en grønnere betong, dersom en ønsker en bedre miljøprofil.

7 Forslag til videre arbeid

Det anbefales å undersøke videre hvordan valg av fasthetsklasse og bruk av geopolymertbetong påvirker livsløpsvurderingen i et større bygg.

Karbonatisering skjer hovedsakelig i betongens bruksfase og frem til betongkonstruksjonen blir revet og knust. Ved å vurdere konstruksjonen fra “vugge til grav” vil disse egenskapene påvirke resultatet i en positiv retning. Derfor ville det vært interessant å undersøke miljøavtrykket under hele livsløpet til konstruksjonene.

Til slutt anbefales videre forskning på hvordan byggenæringen kan motiveres til å velge mer miljøvennlig betong, som for eksempel betong med høyere fasthet eller geopolymertbetong, til tross for at dette kan være en mer kostbar løsning.

Litteraturliste

- Aarstad, J., Glasø, G. og Bunkholt, A. (2011) *Massivtre*. Tilgjengelig fra: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/20-Massivtre.pdf> (Hentet: 29. januar 2019).
- Almar-Næss, A. (2018). Korrosjon, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/korrosjon> (Hentet: 4. mars 2019).
- Andersen, G. (2016). Lagerressurser, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lagerressurser> (Hentet: 18. Januar 2019).
- Bell, K., Liven, H. og Norske limtreprodusenters forening (2015). *Limtreboka*. Bergen: Norske limtreprodusenters forening.
- Bernhard, P. og Jørgensen, P. F. (2007). *Byggesektorens klimagassutslipp*. Tilgjengelig fra: <http://www.byggemiljo.no/wp-content/uploads/2015/01/Notat-klimagassutslipp-fra-byggsektoren21des06rev190407.pdf> (Hentet: 4. februar 2019).
- BerryAlloc (2015) *Environmental product declaration: High pressure laminate floor covering (HPL floor covering)*. Tilgjengelig fra: <http://media.byggjeneste.no/media/dokument/678970> (Hentet: 12. februar 2019).
- Betongelementboken Bind E (2009) *Generelt om lyd i bygninger*. Tilgjengelig fra: http://betongelementboka.betongelement.no/betongapp/BindE/Del_2/E7/7_1_Generelt_om_lyd_i_bygninger.pdf (Hentet: 8. mars 2019).
- Bryne, K., og Bjerke, M. (2018) *Betong og miljø - lydegenskaper*. Tilgjengelig fra: <https://betong.net/wp-content/uploads/5-NBweb-Betong-og-miljø---lydegenskaper.pdf> (Hentet: 25. april 2019).
- Bygg21 (2018) *Bygg- og eiendomssektorens betydning for klimagassutslipp*. Tilgjengelig fra: https://www.bygg21.no/contentassets/e6d875b6fa1d457b9d6e2fd50cd02e91/33019_delrapport-3b_digitalt.compressed.pdf (Hentet: 07. februar 2019).

Christensen, T. B. (2008) *Klimaregnskapet feil: Overser store CO2- utslipp*. Tilgjengelig fra: <https://naturvernforbundet.no/naturogmiljo/import/klimaregnskapet-feil-overser-store-co2-utslipp-article9567-1009.html> (Hentet: 4. februar 2019).

Daler, R. (2017) *Her bygges verdens høyeste trehus*. Tilgjengelig fra: <https://anleggsmaskinen.no/2017/08/bygges-verdens-hoyeste-trehus/> (Hentet: 10. april 2019).

Direktoratet for byggkvalitet (2017a) §11-4 *Bæreevne og stabilitet*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/11/ii/11-4/> (Hentet: 10. april 2019).

Direktoratet for byggkvalitet (2017b) §11-3 *Brannklasser*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/11/i/11-3/> (Hentet: 10. april 2019).

Direktoratet for byggkvalitet (2017c) §11-2 *Risikoklasser*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/11/i/11-2/> (Hentet: 10. april 2019).

epd-norge (2014). *LCI/LCA Rapport*. Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/getfile.php/136674-1474357333/Dokumenter/LCA%20rapport%20maler%20og%20veiledning/Rapportmal%20LCA%20NORSK%20mai%202014.pdf?fbclid=IwAR0dZK7NJMmzaWit2bk-F4LBsUZqGAM4RZyiovTSTxaupqi2vcshZ9rsjQE> (Hentet: 7. mai 2019).

epd-norge (u.å.) Miljødeklarasjon EPD for gode miljøvalg. Tilgjengelig fra: <http://www.visbrosjyre.no/EPDNorge/WebView/> (Hentet: 21. februar 2019).

Espedal, K. J. (2010). *Bygningsfysikk*. 4.utg. Lillestrøm: Byggenæringens Forlag AS.

Fallsen, H. 2017. Dimensjonering av betongkonstruksjoner. *BYG3321 Betongkonstruksjoner*. Tilgjengelig fra: <https://ntnu.blackboard.com> (Hentet: 26. mars 2019).

Focus (u.å.) *Focus konstruksjon*. Tilgjengelig fra: <https://www.focus.no/focus-konstruksjon/> (Hentet: 25. april 2019).

Foslie, M. (2012) Tre - egenskaper, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/tre_-_egenskaper (Hentet: 19. februar 2019).

Glava AS (2019). *Environmental product declaration: Glava glassull*. Tilgjengelig fra: <https://www.epd-norge.no/getfile.php/139857->

[1548836091/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-1696-683_Glava-Glassull.pdf](#) (Hentet: 12. februar 2019).

Goedkoop, M. *et al.* (2016) *Introduction to LCA with SimaPro*. Tilgjengelig fra: <https://www.pre-sustainability.com/download/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf> (Hentet: 6. februar 2019).

Gyproc AB (2016) *Environmental product declaration: Gyproc Golvgips – Floor Board*. Tilgjengelig fra: <https://www.gyproc.no/sites/gypsum.nordic.master/files/gyproc-site/document-files/Environmental-SE/epd392%20Gyproc%20Golvgips%20-%20Floor%20Board.pdf> (Hentet: 12. februar 2019).

Hermansen, F. A. (2018) *Betong med høy flyveaskedosering*. Masteroppgave. Norges Tekniske- og naturvitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/2490359/18235_FULLTEXT.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Hentet: 1. mai 2019).

Hofstad, K og Rosvold, K. A. (2017) Kullkraftverk, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/kullkraftverk> (Hentet: 10. mai 2019).

Holtebekk, T., Myren, S.K. og Ulseth, T. (2018). Desibel, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/desibel> (Hentet: 5. mars 2019).

Holtet, J. A. og Aksnes, A. (2019). Ozonlaget, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/ozonlaget> (Hentet: 6. mai 2019).

Huang, L. *et al* (2014) *Life cycle assessment of Norwegian road tunnel*. Tilgjengelig fra: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11367-014-0823-1.pdf> (Hentet: 7. mai 2019).

Hveem, S. (2018) *Betong og miljø – lydegenskaper*. Tilgjengelig fra: <https://betong.net/wp-content/uploads/5-NBweb-Betong-og-milj%C3%B8-%E2%80%93-lydegenskaper.pdf> (Hentet: 26. februar 2019).

INSUL (u.å.) *Predict transmission, loss, impact sound, and rainnoise*. Tilgjengelig fra: <http://www.insul.co.nz/features/> (Hentet: 29. april 2019).

Kontrollrådet (u.å.) *Betongens ABC*. Tilgjengelig fra:

<http://www.kontrollbetong.no/betongens-abc/> (Hentet: 28. mars 2019).

Kulmo, M. W. (2019). *En vill idé har blitt miljøvennlig betong*. Tilgjengelig fra:

<https://gemini.no/2019/03/en-vill-ide-har-blitt-til-miljovennlig-betong/> (Hentet: 25. mars 2019).

La Rosa, A. D. (2016) *Acidification potential*. Tilgjengelig fra:

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/acidification-potential> (Hentet: 24. april 2019).

Landgraff, M. 2017a. Lasttype, lastplassering og lastareale og -bredde. *BYG2301*

Konstruksjonsteknikk. Tilgjengelig fra: <https://ntnu.blackboard.com> (Hentet: 25. mars 2019).

Landgraff, M. 2017b. Grunnlag for lastvirkningsanalyse. *BYG2301 Konstruksjonsteknikk*.

Tilgjengelig fra: <https://ntnu.blackboard.com> (Hentet: 25. mars 2019).

Landgraff, M. 2018. Brann – Trekonstruksjoner. *BYG 3311 Tre- og stålkonstruksjoner*.

Tilgjengelig fra: https://ntnu.blackboard.com/bbcswebdav/pid-225797-dt-content-rid-10563924_1/courses/194_BYG3311_1_2018_V_1/Tre/8%20Branndimensjonering_V2.pdf

(Hentet: 25. mars 2019).

Lauvset, S. (2015). Havforsuring, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra:

<https://snl.no/havforsuring> (Hentet: 7. mai 2019).

LCA.no (u.å) *Klimaregnskap*. Tilgjengelig fra: <https://lca.no/klimaregnskap/> (Hentet: 29.

januar 2019).

Løvik, O. (2017) *Markedet for massivtre er i sterk vekst*. Tilgjengelig fra:

<https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/markedet-for-massivtre-er-i-sterk-vekst/id2578870/>

(Hentet: 5. februar 2019).

Løvik, O. (2018) *Bruk av tre*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/mat-fiske-og-landbruk/skogbruk/innsikt/bruk-av-tre/id2009518/>

(Hentet: 4. februar 2019).

Maage, M. (red.) (2015) *Betong – Regelverk, teknologi og utførelse*. 1. utgave. Oslo:

Byggenæringens forlag AS.

Mellegård, S. E. (u.å.). *EPD – miljødeklarasjon av byggematerialer*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/epd-miljodeklarasjon-av-byggematerialer/> (Hentet: 21. februar 2019).

Microsoft (u.å.) *Microsoft Excel*. Tilgjengelig fra: <https://products.office.com/nb-no/excel> (Hentet 30. april 2019).

Miljødirektoratet (2018) *Globale utslipp av klimagasser*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljostatus.no/tema/klima/globale-utslipp-klimagasser/> (Hentet: 1. februar 2019).

Milner, H. R. (2009) *Eutrophication potential*. Tilgjengelig fra: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/eutrophication-potential> (Hentet: 24. april 2019).

Moelven Limtre AS. (2018). *Environmental product declaration: Prosjektlimtre*. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/139072-1530529273/EPDer/Byggevarer/Heltreprodukter/NEPD-1577-605_Projektlimtre.pdf (Hentet: 12. februar 2019).

Myrdal, M. (2015) *Betongkjemi: Bindemidler og tilsetningsstoffer til betong*. Tilgjengelig fra: <https://docplayer.me/16472152-Betongkjemi-bindemidler-og-tilsetningsstoffer-til-betong-roar-myrdal.html> (Hentet: 15. februar 2019).

Norcem (2014) *Rekordlevering fra Renor*. Tilgjengelig fra: <https://www.norcem.no/no/node/2948> (Hentet: 10. mai 2019).

Norcem (u.å. a) *God betong er bestandig*. Tilgjengelig fra: https://www.norcem.no/sites/default/files/assets/document/godbetongerbestandig_web.pdf (Hentet: 30. april 2019).

Norcem (u.å. b) *Norcem og CO₂-fangst*. Tilgjengelig fra: <https://www.norcem.no/no/CCS> (Hentet: 25. april 2019).

Norsk betongforening (2014) *Karbonopptak i betong*. Tilgjengelig fra: https://betong.net/wp-content/uploads/NB-Rapport-nr-4.-Karbonopptak-i-betong_Milj%C3%B8komiteen.pdf (Hentet: 5. februar 2019).

Nyrud, A. Q. (2018) *Forskeren forteller: Neste generasjons trebygg kommer nå*. Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/klima-arkitektur-bygningsmaterialer/forskeren-forteller-neste-generasjons-trebygg-kommer-na/272123> (Hentet: 20. februar 2019).

Olerud, K. (2016). CO2-ekvivalenter, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/CO2-ekvivalenter> (Hentet: 21. februar 2019).

Olerud, K. (2018). Drivhusgasser, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/drivhusgasser> (Hentet: 21. februar 2019).

Rimstad, N. Ø., Løvaas, R. Og Jensen, K. (2017). Brannklassifisering, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/brannklassifisering> (Hentet: 5. mars 2019).

Røhne, K., og Vangestad, K. (2001) *Betongkonstruksjoner: Prosjektering*. Oslo: Gyldendal

Sabnis, G. P. (2016) *Green building with concrete: Sustainable Design and Construction*. 2.utg. New York: CRC Press.

Saint-Gobain Gyproc AS (2017) *Environmental product declaration: Gyproc Normal – Standard Plasterboard*. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/137103-1488124980/EPDer/Byggevarer/Bygningsplater/NEPD-1260-406_Gyproc---Normal-----Standard-Plasterboard.pdf (Hentet: 12. februar 2019).

Seehusen, J. (2013) Betong spiser CO2. Tilgjengelig fra: <https://www.tu.no/artikler/betong-spiser-co2/234261> (Hentet: 26. februar 2019).

Sika Deutschland GmbH (2014). *Environmental product declaration: SikaBond Flooring adhesives*. Tilgjengelig fra: https://www.epd-norge.no/getfile.php/136363-1470161304/EPDer/Utenlandsk%20registrerte%20EPD/NEPD-343-232-EN_SikaBond-Flooring-adhesives-----pdf (Hentet: 12. februar 2019).

SINTEF Byggforsk (2001) *520.205 Massive trelementer. Typer og bruksområder*.

Tilgjengelig fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/3009/massive_trelementer_typer_og_bruksomraader (Hentet: 20. februar 2019).

SINTEF Byggforsk (2007) 520.063 *Alkalireaksjoner i betong. Skademekanisme og regelverk ved nybygging*. Tilgjengelig fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/299/alkalireaksjoner_i_betong_skademekanisme_og_regelverk_ved_nybygging#i22 (Hentet: 10. mai 2019).

SINTEF Byggforsk (2008) 520.321 *Branntmotstand for etasjeskillere*. Tilgjengelig fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/1538/520321_branntmotstand_for_etasjeskillere#i4 (Hentet 29. april 2019).

SINTEF Byggforsk (2009b) 520.323 *Branntmotstand for bjelker og søyler av betong, mur og tre*. Tilgjengelig fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/1540/branntmotstand_for_bjelker_og_soyler_av_betong_mur_og_tre (Hentet: 1. april 2019).

SINTEF Byggforsk (2013) 522.871 *Betongdekke understøttet av vegger. Dimensjonering*.

Tilgjengelig fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/344/betongdekke_understoettet_av_vegger_dimensjonering (Hentet: 25. mars 2019).

SINTEF Byggforsk (2014a) 470.101 *Livsløpsvurdering (LCA) av byggevarer og bygninger*.

Innføring og begreper. Tilgjengelig fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/205/livsløpsvurdering_lca_av_byggevarer_og_bygninger_innfoering_og_begreper (Hentet: 18. januar 2019).

SINTEF Byggforsk (2014b) 470.103 *Miljødeklarasjon (EPD) av byggevarer* Tilgjengelig fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/3006/miljoedeklarasjoner_epd_av_byggevarer (Hentet: 29. januar 2019).

SINTEF Byggforsk (2015a) 522.513 *Lydisolerende, tunge etasjeskillere*. Tilgjengelig fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/340/lydisolerende_tunge_etasjeskillere (Hentet: 7. mars 2019).

SINTEF Byggforsk (2015b) 470.102 *Metodiske valg og problemstillinger ved*

livsløpsvurdering (LCA). Tilgjengelig fra:

https://www.byggforsk.no/dokument/4144/metodiske_valg_og_problestillinger_ved_livsløpsvurdering_lca (Hentet: 5. februar 2019).

Sletten byggdata (u.å.) *Sletten Byggdata: Dimensjonering av betongkonstruksjoner – programutvikling*. Tilgjengelig fra: <http://www.ove-sletten.no> (Hentet: 30. april 2019).

Standard Norge (1990) *NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS-EN+1990&subscr=1> (Hentet: 29. august 2017).

Standard Norge (1992) *NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2018 Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner – Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS-EN+1992> (Hentet 10. april 2019).

Standard Norge (1995a) *NS-EN 1995-1-1:2004+A1:2008+NA:2010 Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS-EN+1995> (Hentet 8. april 2019).

Standard Norge (1995b) *NS-EN 1995-1-2:2004 +NA:2010 Eurokode 5: Prosjektering av trekonstruksjoner – del 1-2: Brannteknisk dimensjonering*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS-EN+1995-1-2> (Hentet: 29. april 2019).

Standard Norge (2013) *NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017 Betong – Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS-EN+206> (Hentet: 8. april 2019).

Standard.no (2018) *Lydklasser*. Tilgjengelig fra: <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/akustikk-og-stoy/lydklasser/> (Hentet: 8. april 2019).

STEICO SE (2016) *Environmental product declaration: Wood fibre insulation materials*. Tilgjengelig fra: https://www.tervemaja.ee/pdf/STEICO_EPD-STE-20150327-IBD1-EN.pdf (Hentet: 12. februar 2019).

Stora Enso (2017) *EPD: CLT by Stora Enso*. Tilgjengelig fra: <http://www.lilleheden.dk/Files/Files/Produkter/CLT/EPD%20-%20CLT%20by%20Stora%20Enso%202017.pdf> (Hentet: 12. februar 2019)

Store Norske Leksikon (2009) Spennvidde. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/spennvidde> (Hentet: 25. mars 2019).

Strekerud, I.M. (2017) *Forskjeller i miljøpåvirkninger gjennom livsløpet til Ullerud Helsebygg som følge av valg mellom bærende konstruksjon i massivtre eller stål og betong*. Masteroppgave. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2468074/Strekerud2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR3Da7baxcmb9VpCUvrep2q3x07IDVbQvLamj2mV5dE0X5xwQBvoL0T7I7k> (Hentet: 31. januar 2019).

Svartdal, F. (2018) Reliabilitet, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/reliabilitet> (Hentet: 15. februar 2019).

Thue, J. V. (2016) *Bygningsfysikk: Grunnlag*. Bergen: Fagbokforlaget

Thue, J. V. (2018) Betong, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/betong> (Hentet: 29. januar 2019).

Thue, J. V. (2019a) Lydisolering, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/lydisolering> (Hentet: 5. mars 2019).

Thue, J.V. (2019b) Hus, *Store Norske Leksikon*, Tilgjengelig fra: <https://snl.no/hus#-B%C3%A6resystemet> (Hentet: 24. april 2019).

Toldnæs, J. P. (2017). Globale oppvarmingspotensialer, *Store Norske Leksikon*. Tilgjengelig fra: https://snl.no/globale_oppvarmingspotensialer (Hentet: 21. februar 2019).

Trefokus (u.å.) *Limtre*. Tilgjengelig fra: <http://www.trefokus.no/proff/artikler/materialer/limtre> (Hentet: 21. mars 2019).

Treindustrien (2015) *Environmental product declaration: Konstruksjonsvirke av gran og furu*. Tilgjengelig fra: <https://www.moelven.com/globalassets/certificates-and-policies/epd/epd->

moelvenwood-k-virke-g-f-nepd-308-179-no-konstruksjonsvirke-av-gran-og-furu-gk.pdf

(Hentet: 12. februar 2019).

Ung Energi (2016) Drivhuseffekten. Tilgjengelig fra: <http://ungenergi.no/miljo-klimatekst/samfunn/miljo-klimatekst/drivhuseffekten/> (Hentet: 8. mai 2019).

Vedlegg

Vedlegg AA – Betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]	1
Vedlegg AB – Betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	18
Vedlegg AC – Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m].....	34
Vedlegg AD – Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m] - Branndimensjonering	45
Vedlegg AE – Betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]	56
Vedlegg AF – Betongkonstruksjon B90, 8x8 [m].....	73
Vedlegg AG– Massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]	90
Vedlegg AH – Massivtrekonstruksjon 8x8 [m] - Branndimensjonering	103
Vedlegg AI – Punktfundament, betongkonstruksjon B30, 4x4 [m].....	116
Vedlegg AJ – Punktfundament betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	118
Vedlegg AK – Punktfundament massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]	120
Vedlegg AL – Punktfundament betongkonstruksjon B30, 8x8 [m].....	122
Vedlegg AM – Punktfundament betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]	124
Vedlegg AN – Punktfundament massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]	126
Vedlegg AO – Densitet	128
Vedlegg AP – Mengdeberegning betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]	129
Vedlegg AQ – Mengdeberegning betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	130
Vedlegg AR – Mengdeberegning massivtrekonstruksjon, 4x4 [m].....	131
Vedlegg AS – Mengdeberegning betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]	132
Vedlegg AT – Mengdeberegning betongkonstruksjon B90, 8x8 [m].....	133
Vedlegg AU – Mengdeberegning massivtrekonstruksjon, 8x8 [m].....	134
Vedlegg AV – Energibruk - betongproduksjon i Orkanger	135
Vedlegg AW – Grunnlag for livsløpsvurdering betongkonstruksjon B30, 4x4 og 8x8 [m]..	136
Vedlegg AX – Grunnlag for livsløpsvurdering betongkonstruksjon B90, 4x4 og 8x8 [m]...	137
Vedlegg AY – Grunnlag for livsløpsvurdering massivtrekonstruksjon, 4x4 [m] og 8x8 [m]	138
Vedlegg AZ – Livsløpsvurdering betongkonstruksjon B30, 4x4 [m].....	139
Vedlegg BA – Livsløpsvurdering betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]	140
Vedlegg BB – Livsløpsvurdering massivtrekonstruksjon, 4x4 [m].....	141
Vedlegg BC – Livsløpsvurdering betongkonstruksjon B30, 8x8 [m].....	142
Vedlegg BD – Livsløpsvurdering betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]	143
Vedlegg BE – Livsløpsvurdering massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]	144

Vedlegg AA – Betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]

Betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]

Beregning utført: 11.05.2019 22.51.46

Focus Konstruksjon 2019

INNHALDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG	2
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER	3
1.1. TVERRSNITTSDATA	4
1.2. MATERIALDATA	4
1.3. SKALLDATA	5
1.3.2. Skalldata kontur	5
1.3.4. Skalldata EN 1992	5
1.4. ARMERING	5
1.4.1. Lengdearmring - segmenter	5
1.4.2.1. Arealarmring - skall - data	6
1.4.2.2. Arealarmring - skall - kontur	6
1.4.3. Skjærarmring - segmenter	7
1.4.5. Nødvendig armring - segmenter	7
1.4.6. Nødvendig arealarmring - skall	9
1.4.6. Nødvendig skjærarmring - skall	9
1.5. LASTTILFELLER	10
1.5.1. Lasttilfeller	10
1.5.2. Lasttilfeller flatelasters kontur	10
1.6. LASTKOMBINASJON	10
2. BEREGNINGER	11
2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER	11
2.1.1. Forskyvninger	11
2.2. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE	12
2.3. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON	12
3. KAPASITETSKONTROLL	13
3.1. EN 1992 UTNYTTTELSESGRAD, SEGMENTER	13
3.1. EN 1992 UTNYTTTELSESGRAD, SKALL	14
3.2. KAPASITETSKART	14
Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	16

Studentversjon

0. SAMMENDRAG

Modell

Antall segmenter: 4

Antall skall: 1

Antall knutepunkt: 11

Analyse

Antall lastkombinasjoner (krefter): 4

Antall lastkombinasjoner (forskyvninger): 1

Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 6,1 mm (Skallnr. 1)

Største N: -38,18 kN (Segmentnr. 3)

Største Vy: -1,13 kN (Segmentnr. 3)

Største Vz: -0,59 kN (Segmentnr. 2)

Største Mx: 0,00 kN·m (Segmentnr. 3)

Største My: 1,78 kN·m (Segmentnr. 2)

Største Mz: -2,28 kN·m (Segmentnr. 3)

Største Nx: -6,65 kN/m (Skallnr. 1)

Største Ny: -2,77 kN/m (Skallnr. 1)

Største Nxy: -1,50 kN/m (Skallnr. 1)

Største Mx: -21,01 kNm/m (Skallnr. 1)

Største My: -20,72 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Mxy: 9,31 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Vzx: -48,71 kN/m (Skallnr. 1)

Største Vzy: 45,27 kN/m (Skallnr. 1)

Verste lastkombinasjon

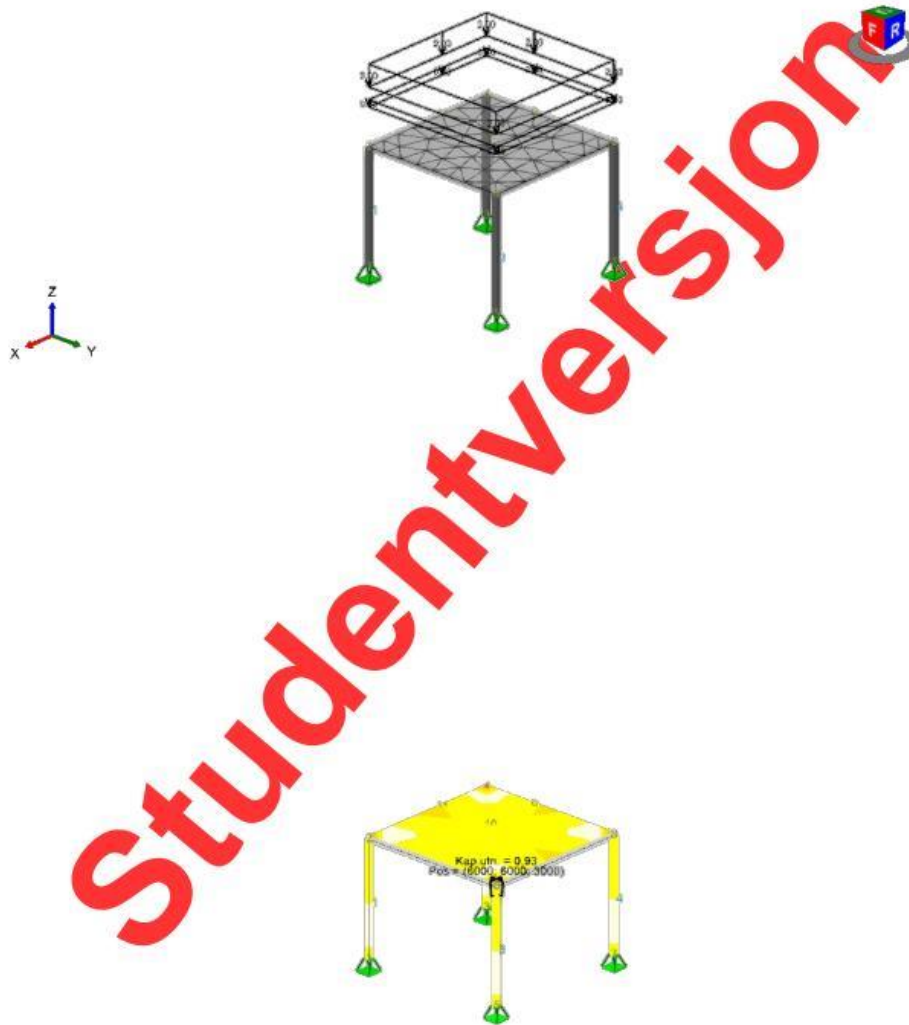
for forskyvning: (5) Bruks: $1,00 \cdot <kt> + 1,00 \cdot \text{Egenlast} + 1,00 \cdot \text{Nyttelast}$ for N: (4) Brudd: $1,35 \cdot <kt> + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Vz: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for Vy: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for My: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for Mz: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for Mx: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for Nx: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for Ny: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for Nxy: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for Mx: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for My: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for Mxy: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for Vzx: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$ for Vzy: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

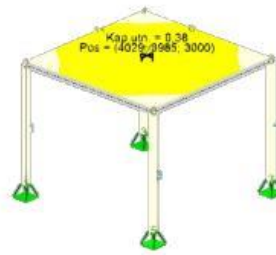
Kapasitet

Største kapasitetsutnyttelse: 92,65 %

Info: EN 1992-1-1 6.4.3; v_{Ed}/v_{Rdc}

1. KONSTRUKSJONSMODEL OG LASTER





Bildene viser: 1) Konstruksjonen med laster, 2) Kapasitetskontroll, 3) Forskyvningskontroll

1.1. TVERRSNITTSDATA

Nr.	Navn	Parametre	
1	Rekt 150x150	A [mm ²]	22500
		Ix [mm ⁴]	6,2438e+007
		Iy [mm ⁴]	4,2188e+007
		Iz [mm ⁴]	4,2188e+007
		Total vekt [kN]	6,75

1.2. MATERIALDATA

1 B30, Betong	Material: Betong
Varmeutv.koeff.: 1,00e-005 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 25,00 kN/m ³
Fasthetsklasse: B30	Relativ fuktighet [%]: 40,00
Fasthet lengdearmring: 500,00 N/mm ²	Alder [dager]: 25550
Fasthet skjærmring: 500,00 N/mm ²	Alder ved pålastning [dager]: 28
Beregn alltid i stadium 2? Nei	Alder da uttørring startet [dager]: 28
Ignorer svinn? Nei	Egendefinert maksimal rissvidde? Nei
Faktor k _{max} : 1,50	Dimensjonerende brukstid: 50 år
	Total vekt: 82,75 kN
Karakteristiske fasthetsparametre:	
f _{ck} = 30,00 N/mm ²	f _{ck,cube} = 37,00 N/mm ²

$f_{cm} = 38,00 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctk,0,05} = 2,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{ctk,0,95} = 3,80 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctm} = 2,90 \text{ N/mm}^2$

1.3. SKALLDATA

Skall Nr.	Tykkelse [mm]	Areal [m ²]	Material	Type	X-vektor	Z-vektor	Uendelig stivhet?
1	190	16,000	B30, Betong	Plate	[0,00; 1,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei

1.3.2. Skalldata kontur

Skall Nr.	Kn.pkt A	Kn.pkt B	LineType	Radius / Pilhøyde [mm]
1	2	6	Rett	
1	6	8	Rett	
1	8	9	Rett	
1	9	4	Rett	
1	4	11	Rett	
1	11	2	Rett	

1.3.4. Skalldata EN 1992

Skall nr.	GammaC	GammaS	Type	Eksp.kl.	Stivhetsparametre [N/mm ²]
1	1,50	1,15	Plate	XC3	E = 3,0705e+004 G = 1,2794e+004

1.4. ARMERING

1.4.1. Lengdearmering - segmenter

Seg Nr.	Pos	Ø [mm]	n/cc	x1 [mm]	x2 [mm]	z1 [mm]	z2 [mm]	lbd1 [mm]	lbd2 [mm]	f1 [mm]	f2 [mm]
1	OK	12,0	2	0	3000	101,0	101,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	2	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
2	OK	12,0	2	0	3000	101,0	101,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	2	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
3	OK	12,0	2	0	3000	101,0	101,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	2	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
4	OK	12,0	2	0	3000	101,0	101,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	2	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00

Kolonne: Forklaring:
 pos - OK = overkantarmering, UK = underkantarmering
 Ø - diameter
 n - antall stenger (hvis bjelke/søyle)
 cc - senteravstand (hvis plate/vegg)
 x1 - startpunkt for armering

x2	- endepunkt for armering
z1	- avstand fra underkant betong til senter jern i startpunkt
z2	- avstand fra underkant betong til senter jern i endepunkt
lbd1	- nødvendig forankringslengde i startpunkt
lbd2	- nødvendig forankringslengde i endepunkt
f1	- forankringsfaktor i ende 1
f2	- forankringsfaktor i ende 2

1.4.2.1. Arealarmering - skall - data

Skall Nr.	Pos	Ø [mm]	cc [mm]	z [mm]	Dir
1	UK	12	120	-54	[1; 0]
	UK	12	120	-42	[0; 1]
	OK	12	120	42	[0; 1]
	OK	12	120	54	[1; 0]
	UK	12	120	-54	[1; 0]
	UK	12	120	-42	[0; 1]
	OK	12	120	42	[0; 1]
	OK	12	120	54	[1; 0]
	UK	12	120	-54	[1; 0]
	UK	12	120	-42	[0; 1]
	OK	12	120	42	[0; 1]
	OK	12	120	54	[1; 0]
	UK	12	120	-54	[1; 0]
	UK	12	120	-42	[0; 1]
	OK	12	120	42	[0; 1]
	OK	12	120	54	[1; 0]
	UK	12	120	-54	[1; 0]
	UK	12	120	-42	[0; 1]
	OK	12	120	42	[0; 1]
	OK	12	120	54	[1; 0]
	UK	12	150	-59	[1; 0]
	UK	12	150	-47	[0; 1]
	OK	12	150	59	[1; 0]
	OK	12	125	47	[0; 1]

pos	- OK = overkantarmring, UK = underkantarmring
Ø	- diameter
cc	- senteravstand
z	- avstand fra midt i betong til senter jern
Dir	- retningsvektor

1.4.2.2. Arealarmering - skall - kontur

Skall Nr.	Punkt A			Punkt B			Linjetype	Radius / Påløyde [mm]
	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]		
1	6000	2000	3000	6000	2500	3000	Rett	
	6000	2500	3000	5500	2500	3000	Rett	
	5500	2500	3000	5500	2000	3000	Rett	
	5500	2000	3000	6000	2000	3000	Rett	

1	6000	6000	3000	6000	5500	3000	Rett
	6000	5500	3000	5500	5500	3000	Rett
	5500	5500	3000	5500	6000	3000	Rett
	5500	6000	3000	6000	6000	3000	Rett
1	2000	2000	3000	2000	2500	3000	Rett
	2000	2500	3000	2500	2500	3000	Rett
	2500	2500	3000	2500	2000	3000	Rett
	2500	2000	3000	2000	2000	3000	Rett
1	2000	6000	3000	2000	5500	3000	Rett
	2000	5500	3000	2500	5500	3000	Rett
	2500	5500	3000	2500	6000	3000	Rett
	2500	6000	3000	2000	6000	3000	Rett
1	6000	2000	3000	6000	6000	3000	Rett
	6000	6000	3000	2000	6000	3000	Rett
	2000	6000	3000	2000	3500	3000	Rett
	2000	3500	3000	2000	2000	3000	Rett
	2000	2000	3000	3500	2000	3000	Rett
	3500	2000	3000	6000	2000	3000	Rett

1.4.3. Skjærarmering - segmenter

Seg Nr.	Ø [mm]	cc [mm]	x1 [mm]	x2 [mm]
1	8,0	90	0	150
	8,0	150	150	2850
	8,0	90	2850	3000
2	8,0	90	0	150
	8,0	150	150	2850
	8,0	90	2850	3000
3	8,0	90	0	150
	8,0	150	150	2850
	8,0	90	2850	3000
4	8,0	90	0	150
	8,0	150	150	2850
	8,0	90	2850	3000

Kolonne:	Forklaring:
Ø	- diameter
cc	- senteravstand
x1	- startpunkt for armering
x2	- endepunkt for armering

1.4.5. Nødvendig armering - segmenter

Seg Nr.	x [mm]	ASU [mm ²]	ASO [mm ²]	AS [mm ²]	ASUn [mm ²]	ASOn [mm ²]	ASn [mm ²]	AB [mm ² /m]	ABn [mm ² /m]	Kap
1	0	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,24
	300	226	226	452	113	113	225	670	670	0,20
	600	226	226	452	113	113	225	670	670	0,16
	900	226	226	452	113	113	225	670	670	0,17
	1200	226	226	452	113	113	225	670	670	0,19
	1500	226	226	452	113	113	225	670	670	0,21
	1800	226	226	452	113	113	225	670	670	0,22
	2100	226	226	452	113	113	225	670	670	0,24

	2400	226	226	452	113	113	225	670	670	0,28
	2700	226	226	452	113	113	225	670	670	0,32
	3000	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,35
2	0	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,24
	300	226	226	452	113	113	225	670	670	0,20
	600	226	226	452	113	113	225	670	670	0,16
	900	226	226	452	113	113	225	670	670	0,17
	1200	226	226	452	113	113	225	670	670	0,19
	1500	226	226	452	113	113	225	670	670	0,21
	1800	226	226	452	113	113	225	670	670	0,23
	2100	226	226	452	113	113	225	670	670	0,24
	2400	226	226	452	113	113	225	670	670	0,28
	2700	226	226	452	113	113	225	670	670	0,32
	3000	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,35
3	0	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,24
	300	226	226	452	113	113	225	670	670	0,20
	600	226	226	452	113	113	225	670	670	0,16
	900	226	226	452	113	113	225	670	670	0,17
	1200	226	226	452	113	113	225	670	670	0,19
	1500	226	226	452	113	113	225	670	670	0,21
	1800	226	226	452	113	113	225	670	670	0,23
	2100	226	226	452	113	113	225	670	670	0,25
	2400	226	226	452	113	113	225	670	670	0,28
	2700	226	226	452	113	113	225	670	670	0,32
	3000	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,35
4	0	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,24
	300	226	226	452	113	113	225	670	670	0,20
	600	226	226	452	113	113	225	670	670	0,16
	900	226	226	452	113	113	225	670	670	0,17
	1200	226	226	452	113	113	225	670	670	0,19
	1500	226	226	452	113	113	225	670	670	0,21
	1800	226	226	452	113	113	225	670	670	0,22
	2100	226	226	452	113	113	225	670	670	0,24
	2400	226	226	452	113	113	225	670	670	0,28
	2700	226	226	452	113	113	225	670	670	0,31
	3000	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,35

Kolonne:	Forklaring:
x	- avstand fra segmentets startpunkt
ASU	- innlagt lengdearmring i underkant
ASO	- innlagt lengdearmring i overkant
AS	- innlagt lengdearmring totalt
ASUn	- nødvendig lengdearmring i underkant
ASOn	- nødvendig lengdearmring i overkant
ASn	- nødvendig lengdearmring totalt
AB	- innlagt bøylearmring

ABn - nødvendig bøylearmering

Kap - Kapasitetsutnyttelse

1.4.6. Nødvendig arealarmering - skall

Sk Nr.	PosX [mm ²]	PosY [mm ²]	ASUx [mm ²]	ASUy [mm ²]	ASOx [mm ²]	ASOy [mm ²]	ASx [mm ²]	ASy [mm ²]	ASUx [mm ²]	ASUy [mm ²]	ASOx [mm ²]	ASOy [mm ²]	ASnx [mm ²]	ASny [mm ²]	Kap
1	-1583	-2417	1696	1696	1696	1847	3393	3544	0	128	452	452	452	580	0,92
1	-1583	83	754	754	754	905	1508	1659	452	452	25	245	478	697	0,40
1	-1583	1583	1696	1696	1696	1847	3393	3544	0	0	452	452	452	452	0,93
1	-83	83	754	754	754	905	1508	1659	452	452	0	0	452	452	0,30
1	-83	1583	754	754	754	905	1508	1659	452	452	0	0	452	452	0,38
1	2417	-2417	1696	1696	1696	1847	3393	3544	0	0	452	452	452	452	0,93
1	2417	1583	1696	1696	1696	1847	3393	3544	0	126	452	452	452	578	0,92

Kolonne: Forklaring:

PosX - X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem

PosY - Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem

ASUx - innlagt lengdearmering i underkant i x-retning

ASUy - innlagt lengdearmering i underkant i y-retning

ASOx - innlagt lengdearmering i overkant i x-retning

ASOy - innlagt lengdearmering i overkant i y-retning

ASx - innlagt lengdearmeringsareal totalt i x-retningen

ASy - innlagt lengdearmeringsareal totalt i y-retningen

ASUx - nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i underkant

ASUy - nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i underkant

ASOx - nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i overkant

ASOy - nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i overkant

ASnx - nødvendig lengdearmeringsareal totalt i x-retningen

ASny - nødvendig lengdearmeringsareal totalt i y-retningen

Kap - Kapasitetsutnyttelse

1.4.6. Nødvendig skjærarmering - skall

Sk Nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	s_r [mm]	u_0 [mm]	u_1 [mm]	Avst. u_1 [mm]	u_out [mm]	Avst. u_out [mm]	V_Ed [kN]	Beta	Omkrets nr.	Avst. [mm]	A_swn [mm ²]
1	-1583,3	-2416,7	109	150	606	290	560	65	36,00	1,50			
1	2416,7	-2416,7	109	150	606	290	562	66	36,10	1,50			
1	2416,7	1583,3	109	150	606	290	560	65	36,01	1,50			
1	-1583,3	1583,3	109	150	606	290	562	66	36,10	1,50			

Kolonne: Forklaring:

PosX - X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem

PosY - Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem

s_r - maksimal radiell senteravstand mellom omkretsene av skjærarmeringsbein

u_0 - omkrets av lastflaten

u_1 - omkrets av kritisk kontrollsnitt

Avst. u_1	- avstand fra lastflaten til kritisk kontrollsnitt
u_out	- omkrets av ytre kontrollsnitt hvor skjærarmoring ikke lenger er påkrevd
Avst. u_out	- avstand fra lastflaten til ytre kontrollsnitt
V_Ed	- dimensjonerende skjærkraft
Beta	- multiplikasjonsfaktor for skjærkraft
Omkrets nr.	- nummer på den aktuelle omkretsen av skjærarmoringsbein
Avst.	- avstand fra lastflaten til den aktuelle omkretsen av skjærarmoringsbein
A_swn	- nødvendig skjærarmoringsareal rundt denne omkretsen, uten hensyn til minste tangentiell senteravstand eller minste tverrsnittsareal av skjærarmoringsbein.

1.5. LASTTILFELLER

1.5.1 Lasttilfeller

3 Nyttelast

Lasttype:	Nyttelast kat. A: Boliger
Lastvarighet:	Langtidslast
1 Flatelast	<p>P = 2,00 kN/m²</p> <p>X (origo) = 3583 mm Y (origo) = 3583 mm Z (origo) = 3000 mm</p> <p>Retning = [0; 0; -1]</p> <p>Virker på skall: 1</p> <p>Inkluder masse: Nei</p>

4 Egenlast

Lasttype:	Permanent last
Lastvarighet:	Permanent
1 Flatelast	<p>P = 0,50 kN/m²</p> <p>X (origo) = 3583 mm Y (origo) = 3583 mm Z (origo) = 3000 mm</p> <p>Retning = [0; 0; -1]</p> <p>Virker på skall: 1</p> <p>Inkluder masse: Nei</p>

1.5.2 Lasttilfeller flatelasters kontur

Skall Nr.	Punkt A			Punkt B			Linjetype	Radius / Pilhøyde [mm]
	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]		
1	6000	2000	3000	6000	6000	3000	Rett	
	6000	6000	3000	2000	6000	3000	Rett	
	2000	6000	3000	2000	3500	3000	Rett	
	2000	3500	3000	2000	2000	3000	Rett	
	2000	2000	3000	3500	2000	3000	Rett	
	3500	2000	3000	6000	2000	3000	Rett	
1	6000	2000	3000	6000	6000	3000	Rett	
	6000	6000	3000	2000	6000	3000	Rett	
	2000	6000	3000	2000	3500	3000	Rett	
	2000	3500	3000	2000	2000	3000	Rett	
	2000	2000	3000	3500	2000	3000	Rett	
	3500	2000	3000	6000	2000	3000	Rett	

1.6. LASTKOMBINASJON

Forskyvninger beregnet for lastkombinasjon

(5)	Bruks: 1,00 <-kt> + 1,00 Egenlast + 1,00 Nyttelast
Grensetilstand:	Bruks

Lasttilfeller: $1,00 \cdot \langle \text{Konstruksjonens tyngde} \rangle$
 $1,00 \cdot \text{Egenlast}$
 $1,00 \cdot \text{Nyttelast (Dominerende)}$

Snittkrefter beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

- (1) Brudd: $1,20 \cdot \langle \text{kt} \rangle +$
 $1,20 \cdot \text{Egenlast} +$
 $1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: $1,20 \cdot \langle \text{Konstruksjonens tyngde} \rangle$
 $1,20 \cdot \text{Egenlast}$
 $1,35 \cdot \text{Nyttelast (Dominerende)}$

- (2) Brudd: $1,00 \cdot \langle \text{kt} \rangle +$
 $1,00 \cdot \text{Egenlast} +$
 $1,17 \cdot \text{Nyttelast}$

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: $1,00 \cdot \langle \text{Konstruksjonens tyngde} \rangle$
 $1,00 \cdot \text{Egenlast}$
 $1,17 \cdot \text{Nyttelast (Dominerende)}$

- (3) Brudd: $1,00 \cdot \langle \text{kt} \rangle +$
 $1,00 \cdot \text{Egenlast}$

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: $1,00 \cdot \langle \text{Konstruksjonens tyngde} \rangle$
 $1,00 \cdot \text{Egenlast}$

- (4) Brudd: $1,35 \cdot \langle \text{kt} \rangle +$
 $1,35 \cdot \text{Egenlast} +$
 $0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: $1,35 \cdot \langle \text{Konstruksjonens tyngde} \rangle$
 $1,35 \cdot \text{Egenlast}$
 $0,95 \cdot \text{Nyttelast (Dominerende)}$

2. BEREGNINGER

2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER

2.1.1. Forskyvninger

Nr.	u [mm]	v [mm]	w [mm]	rotX [°]	rotY [°]	rotZ [°]
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
2	0,0	0,0	-0,4	-0,2	-0,2	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
4	0,0	0,0	-0,4	-0,2	0,2	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
6	0,0	0,0	-0,4	0,2	-0,2	0,0

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

7	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
8	0,0	0,0	-0,4	0,2	0,2	0,0
9	0,0	0,0	-4,0	-0,1	0,1	0,0
10	0,0	0,0	-5,8	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	-4,0	-0,1	0,1	0,0

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

2.2. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lasttilfelle	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	6000	6000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-0,31	-0,60	20,71	0,59	0,00	0,00
				3 Nyttelast	-0,13	-0,25	8,01	0,25	0,00	0,00
				4 Egenlast	-0,03	-0,06	2,00	0,06	0,00	0,00
2 (Seg)	2000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	0,31	0,59	20,71	-0,59	0,00	0,00
				3 Nyttelast	0,13	0,25	8,01	-0,25	0,00	0,00
				4 Egenlast	0,03	0,06	2,00	-0,06	0,00	0,00
1 (Seg)	6000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-0,31	0,59	20,66	-0,59	0,00	0,00
				3 Nyttelast	-0,13	0,25	7,99	-0,25	0,00	0,00
				4 Egenlast	-0,03	0,06	2,00	-0,06	0,00	0,00
4 (Seg)	2000	6000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	0,31	-0,59	20,66	0,59	0,00	0,00
				3 Nyttelast	0,13	-0,25	7,99	0,25	0,00	0,00
				4 Egenlast	0,03	-0,06	2,00	0,06	0,00	0,00

2.3. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lastkombinasjon	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	6000	6000	0	1 Brudd: 1,20·<kt> + 1,20·Egenlast + 1,35·Nyttelast	-0,59	-1,13	38,07	1,12	0,00	0,00
				2 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 1,17·Nyttelast	-0,50	-0,96	32,09	0,95	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast	-0,34	-0,66	22,71	0,66	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,35·<kt> + 1,35·Egenlast + 0,95·Nyttelast	-0,59	-1,13	38,23	1,12	0,00	0,00
2 (Seg)	2000	2000	0	1 Brudd: 1,20·<kt> + 1,20·Egenlast + 1,35·Nyttelast	0,59	1,13	38,07	-1,12	0,00	0,00
				2 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 1,17·Nyttelast	0,50	0,95	32,09	-0,95	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast	0,35	0,66	22,71	-0,65	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,35·<kt> + 1,35·Egenlast + 0,95·Nyttelast	0,59	1,12	38,23	-1,12	0,00	0,00
1 (Seg)	6000	2000	0	1 Brudd: 1,20·<kt> + 1,20·Egenlast + 1,35·Nyttelast	-0,59	1,13	37,98	-1,13	0,00	0,00

				2 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	-0,50	0,95	32,01	-0,95	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	-0,34	0,66	22,66	-0,66	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	-0,59	1,12	38,14	-1,12	0,00	0,00
4 (Seg)	2000	6000	0	1 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	0,58	-1,12	37,98	1,12	0,00	0,00
				2 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	0,49	-0,94	32,01	0,94	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	0,34	-0,65	22,66	0,65	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	0,58	-1,12	38,14	1,11	0,00	0,00

3. KAPASITETSKONTROLL

3.1. EN 1992 UTNYTTELSESGRAD, SEGMENTER

Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Riss	Info
1	0	0,24(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,20(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,16(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,17(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,19(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,21(1)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,22(1)	0,03(1)	0,04(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,24(1)	0,03(1)	0,06(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,28(1)	0,03(1)	0,08(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,32(1)	0,03(1)	0,11(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
3000	0,35(1)	0,03(1)	0,15(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
2	0	0,24(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,20(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,16(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,17(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,19(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,21(1)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,23(1)	0,03(1)	0,04(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,24(1)	0,03(1)	0,06(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2400	0,28(1)	0,03(1)	0,08(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,32(1)	0,03(1)	0,11(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
3000	0,35(1)	0,03(1)	0,15(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
3	0	0,24(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,20(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

	600	0,16(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,17(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,19(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,21(1)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,23(1)	0,03(1)	0,04(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,25(1)	0,03(1)	0,06(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,28(1)	0,03(1)	0,08(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,32(1)	0,03(1)	0,11(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,35(1)	0,03(1)	0,15(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
4	0	0,24(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,20(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,16(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,17(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,19(4)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,21(1)	0,03(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,22(1)	0,03(1)	0,04(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,24(1)	0,03(1)	0,06(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,28(1)	0,03(1)	0,08(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,31(1)	0,03(1)	0,11(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,35(1)	0,03(1)	0,15(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen

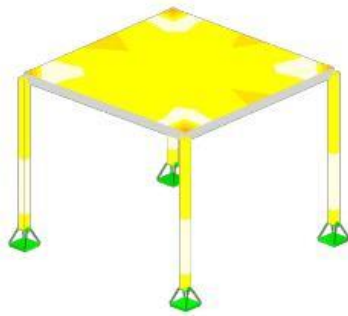
Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.1. EN 1992 UTNYTTELSESGRAD, SKALL

Skall nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Bøy/Aks	Skjær	Riss	Info
1	-1583	-2417	0,11(1)	0,92(1)	0,08(5)	
	-1583	83	0,40(1)		0,27(5)	
	-1583	1583	0,10(1)	0,93(1)		
	-83	83	0,30(1)			
	-83	1583	0,38(1)		0,25(5)	
	2417	-2417	0,10(1)	0,93(1)		
	2417	1583	0,11(1)	0,92(1)	0,08(5)	

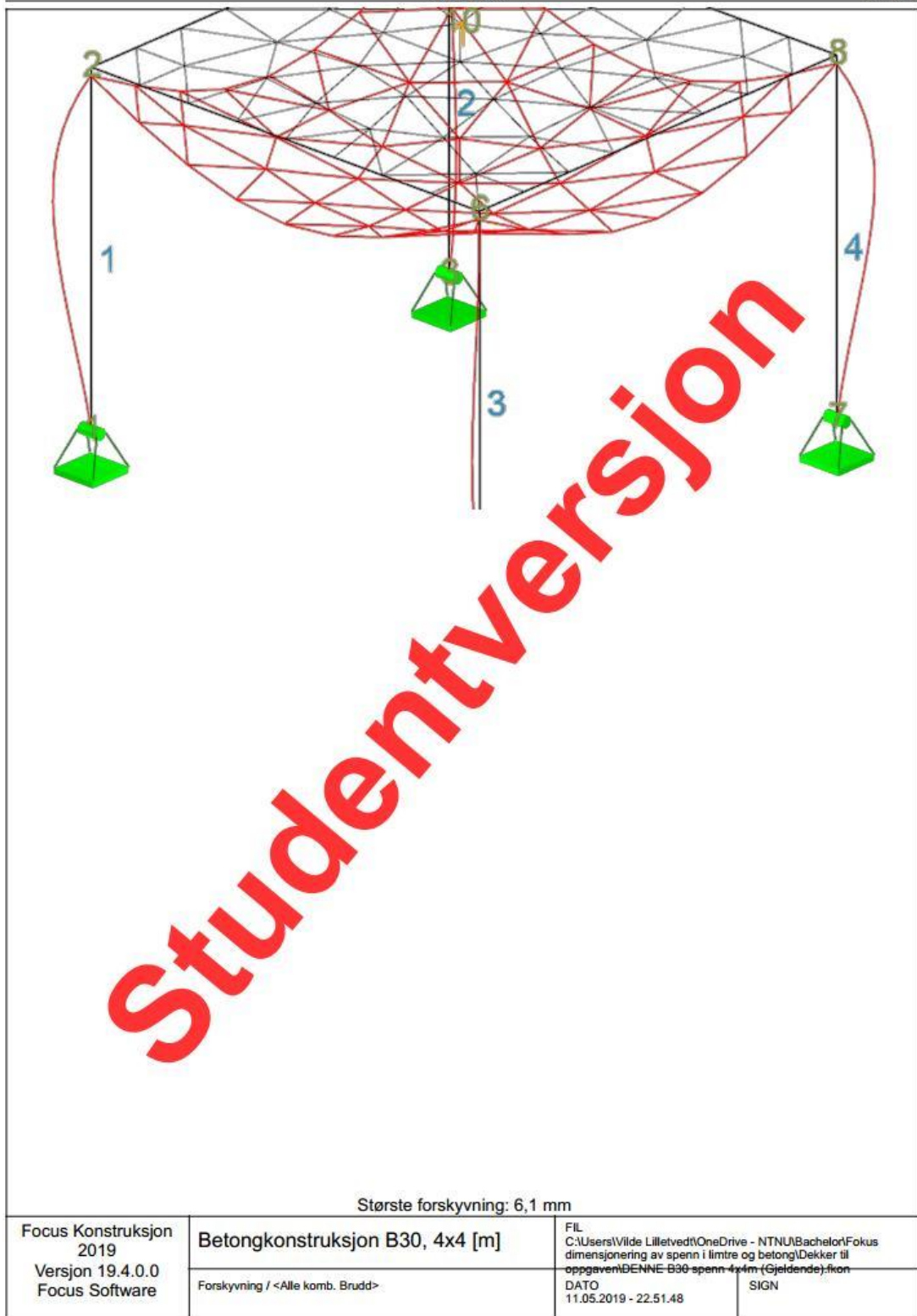
Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.2. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 92,65 % (EN 1992-1-1 6.4.3; v_{Ed}/v_{Rdc})

Studentversjon



Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

Vedlegg AB – Betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

Betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

Beregning utført: 11.05.2019 22.48.02

Focus Konstruksjon 2019

INNHALDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG	2
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER	3
1.1. TVERRSNITTSDATA	4
1.2. MATERIALDATA	4
1.3. SKALLDATA	5
1.3.2. Skalldata kontur	5
1.3.4. Skalldata EN 1992	5
1.4. LASTTILFELLER	5
1.4.1. Lasttilfeller	5
1.4.2. Lasttilfeller flatelasters kontur	5
1.5. ARMERING	6
1.5.1. Lengdearmring - segmenter	6
1.5.2.1. Arealarmring - skall - data	6
1.5.2.2. Arealarmring - skall - kontur	7
1.5.3. Skjærarmring - segmenter	7
1.5.5. Nødvendig armring - segmenter	7
1.5.6. Nødvendig arealarmring - skall	8
1.5.6. Nødvendig skjærarmring - skall	9
1.6. LASTKOMBINASJON	9
2. BEREGNINGER	10
2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER	10
2.1.1. Forskyvninger	10
2.2. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE	11
2.3. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON	11
3. KAPASITETSKONTROLL	12
3.1. EN 1992 UTNYTTTELSESGRAD, SEGMENTER	12
3.1. EN 1992 UTNYTTTELSESGRAD, SKALL	13
3.2. EN 1992 VERIFIKASJON AV ARMERING	13
3.3. KAPASITETSKART	14
Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	15

Studentversjon

0. SAMMENDRAG

Modell

Antall segmenter: 4

Antall skall: 1

Antall knutepunkt: 8

Analyse

Antall lastkombinasjoner (krefter): 4

Antall lastkombinasjoner (forskyvninger): 1

Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 2,6 mm (Skallnr. 1)

Største N: -38,15 kN (Segmentnr. 4)

Største Vy: -1,12 kN (Segmentnr. 3)

Største Vz: 0,59 kN (Segmentnr. 1)

Største Mx: 0,00 kN·m (Segmentnr. 1)

Største My: -1,77 kN·m (Segmentnr. 1)

Største Mz: -2,25 kN·m (Segmentnr. 3)

Største Nx: -23,39 kN/m (Skallnr. 1)

Største Ny: -9,19 kN/m (Skallnr. 1)

Største Nxy: -4,74 kN/m (Skallnr. 1)

Største Mx: 32,28 kNm/m (Skallnr. 1)

Største My: 36,18 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Mxy: 11,25 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Vz: 321,29 kN/m (Skallnr. 1)

Største Vz: 278,12 kN/m (Skallnr. 1)

Verste lastkombinasjon

for forskyvning: (5) Bruks: $1,00 \cdot <kt> + 1,00 \cdot \text{Egenlast} + 1,00 \cdot \text{Nyttelast}$

for N: (4) Brudd: $1,35 \cdot <kt> + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vz: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vy: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for My: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mz: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mx: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Nx: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Ny: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Nxy: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mx: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for My: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mxy: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vz: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vz: (1) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

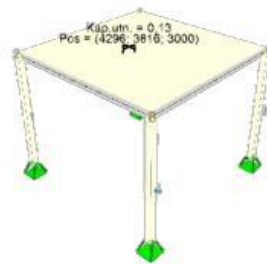
Kapasitet

Største kapasitetsutnyttelse: 98,46 %

Info: EN 1992-1-1 6.4.3; v_Ed/v_Rdc

1. KONSTRUKSJONSMODEL OG LASTER





Bildene viser: 1) Konstruksjonen med laster, 2) Kapasitetsutnyttelse, 3) Forskyvningskontroll

1.1. TVERRSNITTSDATA

Nr.	Navn	Parametre	
1	Rekt 150x150	A [mm ²]	22500
		Ix [mm ⁴]	6,2438e+007
		Iy [mm ⁴]	4,2188e+007
		Iz [mm ⁴]	4,2188e+007
		Total vekt [kN]	6,75

1.2. MATERIALDATA

1 B90, Betong	Material: Betong
Varmeutv.koeff.: 1,00e-005 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 25,00 kN/m ³
Fasthetsklasse: B90	Relativ fuktighet [%]: 40,00
Fasthet lengdearmring: 500,00 N/mm ²	Alder [dager]: 25550
Fasthet skjærearmering: 500,00 N/mm ²	Alder ved pålastning [dager]: 28
Beregn alltid i stadium 2? Nei	Alder da uttørring startet [dager]: 28
Ignorer svinn? Nei	Egendefinert maksimal rissvidde? Nei
Faktor k _{max} : 1,50	Dimensjonerende brukstid: 50 år
	Total vekt: 82,75 kN
Karakteristiske fasthetsparametre:	
f _{ck} = 90,00 N/mm ²	f _{ck,cube} = 105,00 N/mm ²

$f_{cm} = 98,00 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctk,0,05} = 3,50 \text{ N/mm}^2$
 $f_{ctk,0,95} = 6,60 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctm} = 5,00 \text{ N/mm}^2$

1.3. SKALLDATA

Skall Nr.	Tykkelse [mm]	Areal [m ²]	Material	Type	X-vektor	Z-vektor	Uendelig stivhet?
1	190	16,000	B90, Betong	Plate	[0,00; 1,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei

1.3.2. Skalldata kontur

Skall Nr.	Kn.pkt A	Kn.pkt B	LineType	Radius / Pilhøyde [mm]
1	2	8	Rett	
1	8	6	Rett	
1	6	4	Rett	
1	4	2	Rett	

1.3.4. Skalldata EN 1992

Skall nr.	GammaC	GammaS	Type	Eksp.kl.	Stivhetsparametre [N/mm ²]
1	1,50	1,15	Plate	XC3	E = 4,0939e+004 G = 1,7058e+004

1.4. LASTTILFELLER

1.4.1 Lasttilfeller

3 Nyttelast

Lasttype: Nyttelast kat. A: Boliger
 Lastvarighet: Langtidslast
 1 Flatelast P = 2,00 kN/m²
 X (origo) = 4000 mm Y (origo) = 4000 mm Z (origo) = 3000 mm
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

4 Egenlast

Lasttype: Permanent last
 Lastvarighet: Permanent
 1 Flatelast P = 0,50 kN/m²
 X (origo) = 4000 mm Y (origo) = 4000 mm Z (origo) = 3000 mm
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

1.4.2 Lasttilfeller flatelasters kontur

Skall Nr.	Pnkt. A X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Pnkt. B X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Linjetype	Radius / Pilhøyde [mm]
-----------	----------------	--------	--------	----------------	--------	--------	-----------	------------------------

1	6000	2000	3000	6000	6000	3000	Rett
	6000	6000	3000	2000	6000	3000	Rett
	2000	6000	3000	2000	2000	3000	Rett
	2000	2000	3000	6000	2000	3000	Rett
1	6000	2000	3000	6000	6000	3000	Rett
	6000	6000	3000	2000	6000	3000	Rett
	2000	6000	3000	2000	2000	3000	Rett
	2000	2000	3000	6000	2000	3000	Rett

1.5. ARMERING

1.5.1. Lengdearmering - segmenter

Seg Nr.	Pos	Ø [mm]	n/cc	x1 [mm]	x2 [mm]	z1 [mm]	z2 [mm]	lbd1 [mm]	lbd2 [mm]	f1 [mm]	f2 [mm]
1	UK	12,0	2	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	2	0	3000	101,0	101,0	120	120	1,00	1,00
2	UK	12,0	2	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	2	0	3000	101,0	101,0	120	120	1,00	1,00
3	UK	12,0	2	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	2	0	3000	101,0	101,0	120	120	1,00	1,00
4	UK	12,0	2	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
	OK	12,0	2	0	3000	101,0	101,0	120	120	1,00	1,00

Kolonne: Forklaring:

- pos - OK = overkantarmering, UK = underkantarmering
 Ø - diameter
 n - antall stenger (hvis bjelke/søyle)
 cc - senteravstand (hvis plate/vegg)
 x1 - startpunkt for armering
 x2 - endepunkt for armering
 z1 - avstand fra underkant betong til senter jern i startpunktet
 z2 - avstand fra underkant betong til senter jern i endepunktet
 lbd1 - nødvendig forankringslengde i startpunktet
 lbd2 - nødvendig forankringslengde i endepunktet
 f1 - forankringsfaktor i ende 1
 f2 - forankringsfaktor i ende 2

1.5.2.1. Arealarmering - skall - data

Sk Nr.	Pos	Ø [mm]	cc [mm]	z [mm]	Dir
1	UK	12	250	-59	[1; 0]
	UK	12	250	-47	[0; 1]
	OK	12	250	59	[1; 0]
	OK	12	250	47	[0; 1]

- pos - OK = overkantarmering, UK = underkantarmering
 Ø - diameter
 cc - senteravstand

- z - avstand fra midt i betong til senter jern
Dir - retningsvektor

1.5.2.2. Arealarmering - skall - kontur

Skall Nr.	Pnkt. A X [mm] Y [mm] Z [mm]			Pnkt. B X [mm] Y [mm] Z [mm]			Linjetype	Radius / Pålheyde [mm]
1	6000	2000	3000	6000	6000	3000	Rett	
	6000	6000	3000	2000	6000	3000	Rett	
	2000	6000	3000	2000	2000	3000	Rett	
	2000	2000	3000	6000	2000	3000	Rett	

1.5.3. Skjærarmering - segmenter

Seg Nr.	Ø [mm]	cc [mm]	x1 [mm]	x2 [mm]
1	8,0	90	0	3000
2	8,0	90	0	3000
3	8,0	90	0	3000
4	8,0	90	0	3000

- Kolonne: Forklaring:
Ø - diameter
cc - senteravstand
x1 - startpunkt for armering
x2 - endepunkt for armering

1.5.5. Nødvendig armering - segmenter

Seg Nr.	x [mm]	ASU [mm ²]	ASO [mm ²]	AS [mm ²]	ASUp [mm ²]	ASOn [mm ²]	ASn [mm ²]	AB [mm ² /m]	ABn [mm ² /m]	Kap
1	0	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,15
	300	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,12
	600	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,08
	900	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,09
	1200	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,11
	1500	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,12
	1800	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,14
	2100	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,15
	2400	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,18
	2700	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,21
2	3000	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,24
	0	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,15
	300	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,12
	600	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,08
	900	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,09
	1200	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,11
	1500	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,12
	1800	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,14
	2100	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,15

	2400	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,18
	2700	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,21
	3000	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,24
3	0	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,15
	300	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,12
	600	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,08
	900	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,09
	1200	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,11
	1500	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,12
	1800	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,13
	2100	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,15
	2400	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,18
	2700	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,21
	3000	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,24
4	0	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,14
	300	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,11
	600	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,08
	900	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,09
	1200	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,10
	1500	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,12
	1800	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,13
	2100	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,15
	2400	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,18
	2700	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,21
	3000	226	226	452	113	113	225	1117	1117	0,24

Kolonne:	Forklaring:
x	- avstand fra segmentets startpunkt
ASU	- innlagt lengdearmering i underkant
ASO	- innlagt lengdearmering i overkant
AS	- innlagt lengdearmering totalt
ASUn	- nødvendig lengdearmering i underkant
ASOn	- nødvendig lengdearmering i overkant
ASn	- nødvendig lengdearmering totalt
AB	- innlagt bøylearmering
ABn	- nødvendig bøylearmering
Kap	- Kapasitetsutnyttelse

1.5.6. Nødvendig arealarmering - skall

Sk Nr.	PosX [mm ²]	PosY [mm ²]	ASUx [mm ²]	ASUy [mm ²]	ASOx [mm ²]	ASOy [mm ²]	ASx [mm ²]	ASy [mm ²]	ASUnx [mm ²]	ASUny [mm ²]	ASOnx [mm ²]	ASOny [mm ²]	ASnx [mm ²]	ASny [mm ²]	Kap
1	-2000	-2000	452	452	452	452	905	905	0	415	581	495	581	910	0,98
1	-2000	2000	452	452	452	452	905	905	0	0	495	495	495	495	0,98
1	2000	-2000	452	452	452	452	905	905	0	0	495	495	495	495	0,98
1	2000	2000	452	452	452	452	905	905	0	0	495	495	495	495	0,98

Kolonne:	Forklaring:
PosX	- X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
PosY	- Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
ASUx	- innlagt lengdearmering i underkant i x-retning
ASUy	- innlagt lengdearmering i underkant i y-retning
ASOx	- innlagt lengdearmering i overkant i x-retning
ASOy	- innlagt lengdearmering i overkant i y-retning
ASx	- innlagt lengdearmeringsareal totalt i x-retningen
ASy	- innlagt lengdearmeringsareal totalt i y-retningen
ASU _x	- nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i underkant
ASU _y	- nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i underkant
ASO _x	- nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i overkant
ASO _y	- nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i overkant
AS _x	- nødvendig lengdearmeringsareal totalt i x-retningen
AS _y	- nødvendig lengdearmeringsareal totalt i y-retningen
Kap	- Kapasitetsutnyttelse

1.5.6. Nødvendig skjærarmering - skall

Sk Nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	s_r [mm]	u_0 [mm]	u_1 [mm]	Avst. u_1 [mm]	u_out [mm]	Avst. u_out [mm]	V_Ed [kN]	Beta	Omkrets nr.	Avst. [mm]	A_swn [mm ²]
1	-2000,0	-2000,0	111	150	615	296	605	72	36,03	1,50			
1	2000,0	-2000,0	111	150	615	296	605	72	36,07	1,50			
1	2000,0	2000,0	111	150	615	296	605	72	36,03	1,50			
1	-2000,0	2000,0	111	150	615	296	605	72	36,07	1,50			

Kolonne:	Forklaring:
PosX	- X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
PosY	- Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
s_r	- maksimal radiell senteravstand mellom omkretsene av skjærarmeringsbein
u_0	- omkrets av lastflaten
u_1	- omkrets av kritisk kontrollsnitt
Avst. u_1	- avstand fra lastflaten til kritisk kontrollsnitt
u_out	- omkrets av ytre kontrollsnitt hvor skjærarmering ikke lenger er påkrevd
Avst. u_out	- avstand fra lastflaten til ytre kontrollsnitt
V_Ed	- dimensjonerende skjærkraft
Beta	- multiplikasjonsfaktor for skjærkraft
Omkrets nr.	- nummer på den aktuelle omkretsen av skjærarmeringsbein
Avst.	- avstand fra lastflaten til den aktuelle omkretsen av skjærarmeringsbein
A_swn	- nødvendig skjærarmeringsareal rundt denne omkretsen, uten hensyn til minste tangentiell senteravstand eller minste tverrsnittsareal av skjærarmeringsbein.

1.6. LASTKOMBINASJON

Forskyvninger beregnet for lastkombinasjon

- (5) Bruks: 1,00 · $t > +$
 1,00 · Egenlast +
 1,00 · Nyttelast

Grensetilstand:	Bruks
Lasttilfeller:	1,00 * <Konstruksjonens tyngde> 1,00 * Egenlast 1,00 * Nyttelast (Dominerende)

Snittkrefter beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

- (1) Brudd: 1,20·<kt> +
1,20·Egenlast +
1,35·Nyttelast
- | | |
|-----------------|--|
| Grensetilstand: | Brudd |
| Lasttilfeller: | 1,20 * <Konstruksjonens tyngde>
1,20 * Egenlast
1,35 * Nyttelast (Dominerende) |
- (2) Brudd: 1,00·<kt> +
1,00·Egenlast +
1,17·Nyttelast
- | | |
|-----------------|--|
| Grensetilstand: | Brudd |
| Lasttilfeller: | 1,00 * <Konstruksjonens tyngde>
1,00 * Egenlast
1,17 * Nyttelast (Dominerende) |
- (3) Brudd: 1,00·<kt> +
1,00·Egenlast
- | | |
|-----------------|--|
| Grensetilstand: | Brudd |
| Lasttilfeller: | 1,00 * <Konstruksjonens tyngde>
1,00 * Egenlast |
- (4) Brudd: 1,35·<kt> +
1,35·Egenlast +
0,95·Nyttelast
- | | |
|-----------------|--|
| Grensetilstand: | Brudd |
| Lasttilfeller: | 1,35 * <Konstruksjonens tyngde>
1,35 * Egenlast
0,95 * Nyttelast (Dominerende) |

2. BEREGNINGER

2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER

2.1.1. Forskyvninger

Nr.	u [mm]	v [mm]	w [mm]	rotX [°]	rotY [°]	rotZ [°]
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,2	-0,1	-0,2	-0,1	0,1	0,0

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,3	-0,1	-0,1	0,1	0,1	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,3	-0,2	-0,2	0,1	-0,1	0,0

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

2.2. OPPLGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lasttilfelle	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
4 (Seg)	6000	6000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-0,30	-0,59	20,70	0,58	0,00	0,00
				3 Nyttelast	-0,13	-0,25	8,00	0,25	0,00	0,00
				4 Egenlast	-0,03	-0,06	2,00	0,06	0,00	0,00
1 (Seg)	6000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-0,31	0,59	20,68	-0,59	0,00	0,00
				3 Nyttelast	-0,13	0,25	8,00	-0,25	0,00	0,00
				4 Egenlast	-0,03	0,06	2,00	-0,06	0,00	0,00
2 (Seg)	2000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	0,31	0,59	20,70	-0,59	0,00	0,00
				3 Nyttelast	0,13	0,25	8,00	-0,25	0,00	0,00
				4 Egenlast	0,03	0,06	2,00	-0,06	0,00	0,00
3 (Seg)	2000	6000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	0,31	-0,59	20,68	0,59	0,00	0,00
				3 Nyttelast	0,13	-0,25	8,00	0,25	0,00	0,00
				4 Egenlast	0,03	-0,06	2,00	0,06	0,00	0,00

2.3. OPPLGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lastkombinasjon	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
4 (Seg)	6000	6000	0	1 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20 Egenlast + 1,35 Nyttelast	-0,57	-1,11	38,04	1,11	0,00	0,00
				2 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00 Egenlast + 1,17 Nyttelast	-0,48	-0,94	32,06	0,93	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00 Egenlast	-0,33	-0,65	22,70	0,65	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35 Egenlast + 0,95 Nyttelast	-0,57	-1,11	38,20	1,10	0,00	0,00
1 (Seg)	6000	2000	0	1 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20 Egenlast + 1,35 Nyttelast	-0,59	1,12	38,01	-1,12	0,00	0,00
				2 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00 Egenlast + 1,17 Nyttelast	-0,50	0,94	32,03	-0,94	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00 Egenlast	-0,34	0,65	22,68	-0,65	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35 Egenlast + 0,95 Nyttelast	-0,59	1,12	38,17	-1,11	0,00	0,00
2 (Seg)	2000	2000	0	1 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20 Egenlast + 1,35 Nyttelast	0,59	1,12	38,04	-1,11	0,00	0,00

				2 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	0,49	0,94	32,06	-0,94	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	0,34	0,65	22,70	-0,65	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	0,58	1,12	38,20	-1,11	0,00	0,00
3 (Seg)	2000	6000	0	1 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	0,58	-1,12	38,01	1,12	0,00	0,00
				2 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	0,49	-0,95	32,03	0,94	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	0,34	-0,66	22,68	0,65	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	0,58	-1,12	38,17	1,12	0,00	0,00

3. KAPASITETSKONTROLL

3.1. EN 1992 UTNYTTELSESGRAD, SEGMENTER

Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Riss	Info
1	0	0,15(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,12(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,08(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,09(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,11(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,12(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,14(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,15(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2400	0,18(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,21(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,24(1)	0,01(1)	0,04(5)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
2	0	0,15(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,12(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,08(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,09(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,11(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,12(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,14(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,15(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,18(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,21(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,24(1)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
3	0	0,15(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,12(4)	0,01(1)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

	600	0,08(4)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,09(4)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,11(4)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,12(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,13(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,15(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,18(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,21(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,24(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
4	0	0,14(4)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,11(4)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,08(4)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,09(4)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,10(4)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,12(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,13(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,15(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,18(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,21(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,24(1)	0,01(1)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.1. EN 1992 UTNYTTELSESGRAD, SKALL

Skall nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Bøy/Aks	Skjær	Riss	Info
1	-2000	-2000	0,97(1)	0,98(1)	0,88(5)	
	-2000	2000	0,11(1)	0,98(1)		
	2000	-2000	0,24(1)	0,98(1)		
	2000	2000	0,10(1)	0,98(1)		

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.2. EN 1992 VERIFIKASJON AV ARMERING

Alle segmenter oppfyller kravet om minimum overdekning for lengdearmring etter EN 1992-1-1 4.4.1.2 (2)

Alle segmenter oppfyller kravet om minimum overdekning for skjærarmring etter EN 1992-1-1 4.4.1.2 (2)

Alle skall oppfyller kravet om minimum overdekning for lengdearmring etter EN 1992-1-1 4.4.1.2 (2)

Følgende skall oppfyller ikke kravet om minimum overdekning for skjærarmring etter EN 1992-1-1 4.4.1.2 (2)

Alle segmenter oppfyller kravet om minste tillatte diameter for lengdearmring etter EN 1992-1-1 9.5.2 (1)

Alle segmenter oppfyller kravet om minste tillatte armeringsareal for lengdearmring etter EN 1992-1-1 9.5.2 (2)

Alle segmenter oppfyller kravet om største tillatte armeringsareal for lengdearmring etter EN 1992-1-1 9.5.2 (3)

Alle segmenter oppfyller kravet om minste tillatte antall armeringsstenger for lengdearmring etter EN 1992-1-1 9.5.2 (4)

Alle segmenter oppfyller kravet om minste tillatte diameter for skjærarmring etter EN 1992-1-1 9.5.3 (1)

Alle segmenter oppfyller kravet om største tillatte senteravstand for tverrarmring etter EN 1992-1-1 9.5.3 (3) og (4)

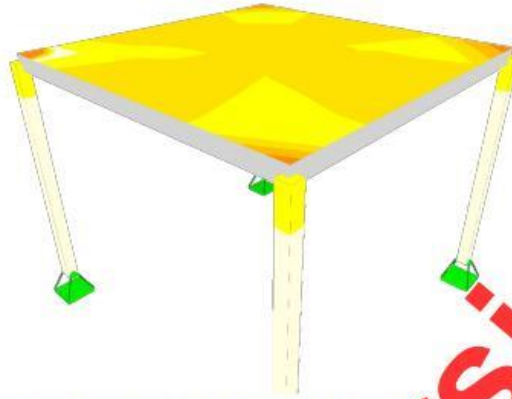
Alle skall oppfyller kravet om minimal senteravstand mellom bøybein langs omkretsen i skjærarmringen etter EN 1992-1-1 9.4.3 (1)

Alle skall oppfyller kravet om maksimalt og minimalt armeringsareal for lengdearmring etter EN 1992-1-1 9.3.1.1 (1)

Alle skall oppfyller kravet om største tillatte senteravstand for lengdearmring etter EN 1992-1-1 9.3.1.1 (3)

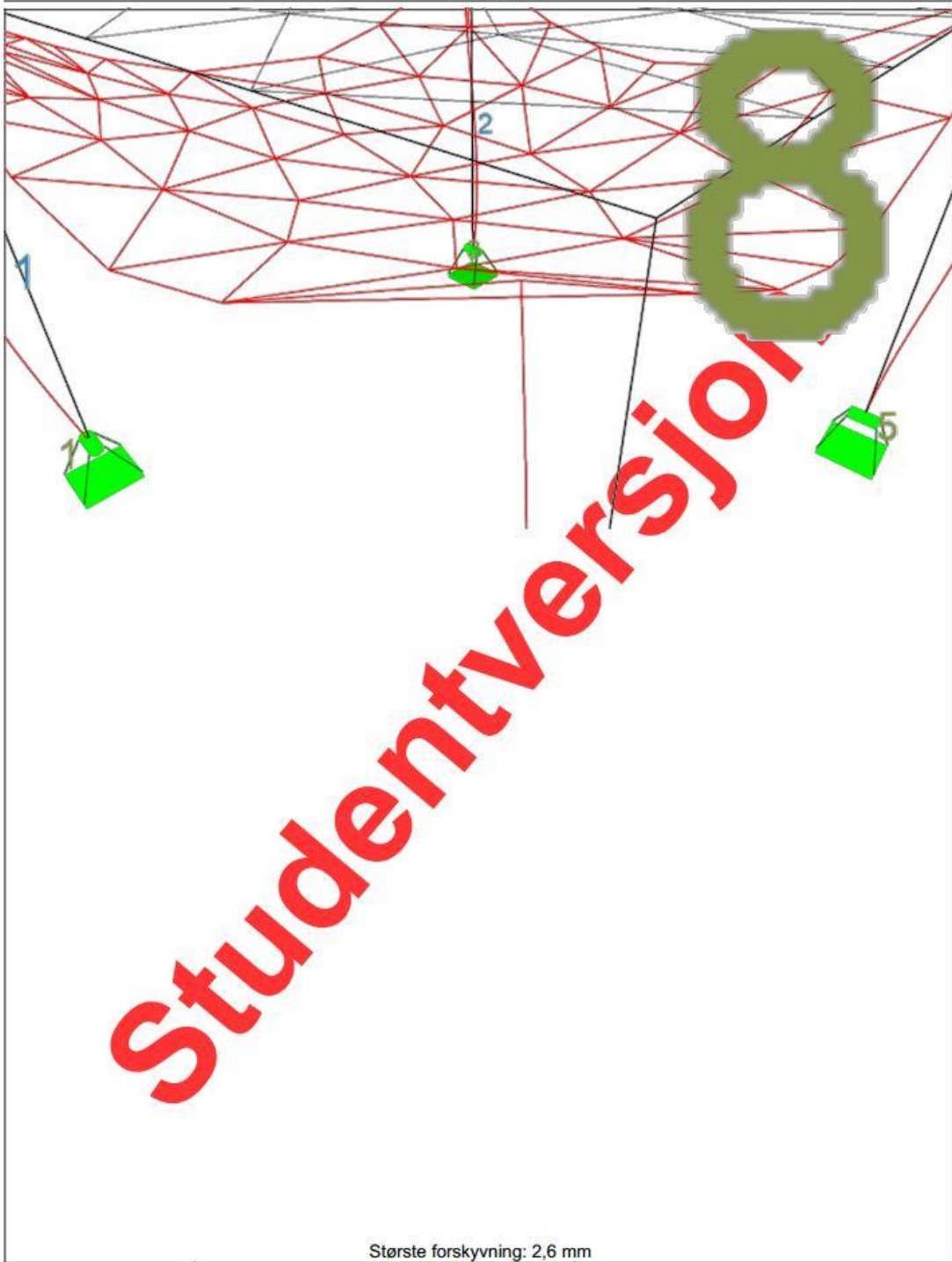
Alle skall oppfyller kravet om minste tillate tykkelse etter EN 1992-1-1 9.3.2 (1)

3.3. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 98,46 % (EN 1992-1-1 6.4.3, v_{Ed}/v_{Rdc})

Studentversjon



Største forskyvning: 2,6 mm

Focus Konstruksjon 2019 Versjon 19.4.0.0 Focus Software	Betongkonstruksjon B90, 4x4 [m] Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	FIL C:\Users\Wilde Lilletvedt\OneDrive - NTNU\Bachelor\Fokus dimensjonering av spenn i limtre og betong\Dekker til oppgaver\DENNE B90 spenn 4x4m (Gjeldende).flon	DATO 11.05.2019 - 22.48.05 SIGN
--	--	--	---

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

Vedlegg AC – Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

Beregning utført: 11.05.2019 23.02.50

Focus Konstruksjon 2019

INNHALDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG	2
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER	3
1.1. TVERRSNITTSDATA	4
1.2. MATERIALDATA	4
1.3. SEGMENTDATA	5
1.3.1. Segmentdata EN 1995	5
1.4. SKALLDATA	5
1.4.2. Skalldata kontur	5
1.4.4. Skalldata EN 1995	6
1.5. LASTTILFELLER	6
1.5.1 Lasttilfeller	6
1.5.2 Lasttilfeller flatelasters kontur	6
2. BEREGNINGER	6
2.1. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE	6
2.2. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON	7
3. KAPASITETSKONTROLL	7
3.1. EN 1995 UTNYTTTELSESGRAD	7
3.1. EN 1995 UTNYTTTELSESGRAD, SKALL	9
3.2. KAPASITETSKART	9
Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	10

Studentversjon

0. SAMMENDRAG

Modell

Antall segmenter: 4

Antall skall: 1

Antall knutepunkt: 8

Analyse

Antall lastkombinasjoner (krefter): 3

Antall lastkombinasjoner (forskyvninger): 1

Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 14,2 mm (Skallnr. 1)

Største N: -17,42 kN (Segmentnr. 4)

Største Vy: 0,80 kN (Segmentnr. 4)

Største Vz: -1,13 kN (Segmentnr. 4)

Største Mx: 0,00 kN·m (Segmentnr. 4)

Største My: 2,29 kN·m (Segmentnr. 4)

Største Mz: 1,63 kN·m (Segmentnr. 4)

Største Nx: -2,95 kN/m (Skallnr. 1)

Største Ny: -5,14 kN/m (Skallnr. 1)

Største Nxy: 0,89 kN/m (Skallnr. 1)

Største Mx: -9,99 kNm/m (Skallnr. 1)

Største My: -13,10 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Mxy: -2,96 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Vz: 42,18 kN/m (Skallnr. 1)

Største Vzy: 41,66 kN/m (Skallnr. 1)

Verste lastkombinasjon

for forskyvning: (4) Bruks: $1,00 \cdot <kt> + 1,00 \cdot \text{Egenlast} + 1,00 \cdot \text{Nyttelast}$

for N: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vz: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vy: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for My: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mz: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mx: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Nx: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Ny: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Nxy: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mx: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for My: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mxy: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vz: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vzy: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

Kapasitet

Største kapasitetsutnyttelse: 57,74 %

Info: EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)

1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER





Bildene viser: 1) Konstruksjonen med laster, 2) Kapasitetskontroll, 3) Forskyvningskontroll

1.1. TVERRSNITTSDATA

Nr.	Navn	Parametre	
1	Limtre 130x130	A [mm ²]	16900
		I _x [mm ⁴]	3,5225e+007
		I _y [mm ⁴]	2,3801e+007
		I _z [mm ⁴]	2,3801e+007
		Total vekt [kN]	0,86

1.2. MATERIALDATA

1 Massivtre_200

Varmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C⁻¹

Antall sjikt: 5

Sjikttykkelse X, indre: 40,0 mm
Fasthetsklasse X, indre: C14

Tyngdetetthet: 4,12 kN/m³

Sjikttykkelse X, ytre: 40,0 mm
Fasthetsklasse X, ytre: C24

Sjikttykkelse Y: 40,0 mm
Fasthetsklasse Y: C14

Total vekt: 13,18 kN

Karakteristiske fasthetsparametre:

f_{mk}, X, ytre = 24,00 N/mm²

f_{mk}, X, indre = 14,00 N/mm²

f_{mk}, Y = 14,00 N/mm²

f_{t0k}, X, ytre = 14,50 N/mm²

f_{t0k}, X, indre = 7,20 N/mm²

f_{t0k}, Y = 7,20 N/mm²

f_{vk}, X, ytre = 4,00 N/mm²

f_{vk}, X, indre = 3,00 N/mm²

f_{vk}, Y = 3,00 N/mm²

f_{c0k}, X, ytre = 21,00 N/mm²

f_{c0k}, X, indre = 16,00 N/mm²

f_{c0k}, Y = 16,00 N/mm²

2 GL30c, LimtreVarmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C⁻¹

Fasthetsklasse: GL30c

Sprekkfaktor k_{cr} : 0,80

Material: Limtre

Tyngdetetthet: 4,22 kN/m³

Lamellykkelse: 45,0 mm

Total vekt: 0,86 kN

Karakteristiske fasthetsparametre:

 $f_{mk} = 30,00 \text{ N/mm}^2$ $f_{t0k} = 19,50 \text{ N/mm}^2$ $f_{t90k} = 0,50 \text{ N/mm}^2$ $f_{vk} = 3,50 \text{ N/mm}^2$ $f_{c0k} = 24,50 \text{ N/mm}^2$ $f_{c90k} = 2,50 \text{ N/mm}^2$

1.3. SEGMENTDATA

Seg Nr.	Kn.pkt 1	Kn.pkt 2	Tvsn 1	Tvsn 2	Material	Type / Form	Rot. [°]	Uend. stiv?
2	3	4	Limtre 130x130	Limtre 130x130	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
3	5	6	Limtre 130x130	Limtre 130x130	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
4	7	8	Limtre 130x130	Limtre 130x130	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
4	7	8	Limtre 130x130	Limtre 130x130	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei

1.3.1. Segmentdata EN 1995

Seg. nr	Mat.faktor Gamma_M	Klima-klasse	k_{sys}	L_{ky} [mm]	L_{kz} [mm]	L_{ef} [mm]	Stivhetsparametre [N/mm ²]
2	1,15	2	1,00	3000	3000	3000	Nyttelast kat. A: E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002 Permanent: E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002
3	1,15	2	1,00	3000	3000	3000	Permanent: E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002 Nyttelast kat. A: E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002
4	1,15	2	1,00	3000	3000	3000	Nyttelast kat. A: E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002 Permanent: E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002
4	1,15	2	1,00	3000	3000	3000	Nyttelast kat. A: E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002 Permanent: E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002

1.4. SKALLDATA

Skall Nr.	Tykkelse [mm]	Areal [m ²]	Material	Type	X-vektor	Z-vektor	Uendelig stivhet?
1	200	16,000	Massivtre_200	Plate	[0,00; 1,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei

1.4.2. Skalldata kontur

Skall Nr.	Kn.pkt A	Kn.pkt B	LineType	Radius / Pilhøyde [mm]
-----------	----------	----------	----------	------------------------

1	8	6	Rett
1	6	8	Rett
1	8	4	Rett
1	4	8	Rett

1.4.4. Skalldata EN 1995

Skall nr.	Mat.faktor Gamma_M	Klima-klasse	k_sys
1	1,25	2	1,00

1.5. LASTTILFELLER

1.5.1 Lasttilfeller

3 Nyttelast

Lasttype: Nyttelast kat. A: Boliger
 Lastvarighet: Langtidslast
 1 Flatelast
 $P = 2,00 \text{ kN/m}^2$
 $X (\text{origo}) = 4000 \text{ mm}$ $Y (\text{origo}) = 6000 \text{ mm}$ $Z (\text{origo}) = 3000 \text{ mm}$
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

4 Egenlast

Lasttype: Permanent last
 Lastvarighet: Permanent
 1 Flatelast
 $P = 0,50 \text{ kN/m}^2$
 $X (\text{origo}) = 4000 \text{ mm}$ $Y (\text{origo}) = 6000 \text{ mm}$ $Z (\text{origo}) = 3000 \text{ mm}$
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

1.5.2 Lasttilfeller flatelasters kontur

Skall Nr.	Pnkt. A			Pnkt. B			Linjetype	Radius / Pilheyde [mm]
	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]		
1	6000	4000	3000	6000	8000	3000	Rett	
	6000	8000	3000	2000	8000	3000	Rett	
	2000	8000	3000	2000	4000	3000	Rett	
	2000	4000	3000	6000	4000	3000	Rett	
1	6000	4000	3000	6000	8000	3000	Rett	
	6000	8000	3000	2000	8000	3000	Rett	
	2000	8000	3000	2000	4000	3000	Rett	
	2000	4000	3000	6000	4000	3000	Rett	

2. BEREGNINGER

2.1. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lasttilfelle	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	6000	8000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-0,22	-0,15	3,51	0,15	-0,21	0,00
				3 Nyttelast	-0,52	-0,37	7,99	0,37	-0,51	0,00

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

4 (Seg)	2000	8000	0	4 Egenlast	-0,13	-0,09	2,00	0,09	-0,13	0,00
				1 <Konstruksjonens tyngde>	0,22	-0,15	3,51	0,15	0,21	0,00
				3 Nyttelast	0,53	-0,37	8,00	0,37	0,51	0,00
2 (Seg)	2000	4000	0	4 Egenlast	0,13	-0,09	2,00	0,09	0,13	0,00
				1 <Konstruksjonens tyngde>	0,21	0,15	3,51	-0,14	0,21	0,00
				3 Nyttelast	0,51	0,37	8,00	-0,35	0,50	0,00
4 (Seg)	6000	4000	0	4 Egenlast	0,13	0,09	2,00	-0,09	0,12	0,00
				1 <Konstruksjonens tyngde>	-0,21	0,15	3,51	-0,15	-0,21	0,00
				3 Nyttelast	-0,51	0,37	8,01	-0,36	-0,50	0,00
				4 Egenlast	-0,13	0,09	2,00	-0,09	-0,12	0,00

2.2. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lastkombinasjon	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN-m]	My [kN-m]	Mz [kN-m]
3 (Seg)	6000	8000	0	1 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	-0,35	-0,25	5,51	0,24	-0,34	0,00
				2 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	-1,12	-0,80	17,40	0,79	-1,10	0,00
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	-0,96	-0,68	14,86	0,67	-0,94	0,00
4 (Seg)	2000	8000	0	1 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	0,35	-0,24	5,51	0,24	0,34	0,00
				2 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	1,13	-0,79	17,42	0,79	1,10	0,00
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	0,97	-0,68	14,87	0,67	0,94	0,00
2 (Seg)	2000	4000	0	1 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	0,34	0,24	5,51	-0,23	0,33	0,00
				2 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	1,09	0,78	17,41	-0,75	1,07	0,00
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	0,93	0,67	14,87	-0,64	0,91	0,00
4 (Seg)	6000	4000	0	1 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	-0,34	0,25	5,51	-0,24	-0,33	0,00
				2 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	-1,10	0,80	17,42	-0,78	-1,07	0,00
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	-0,94	0,69	14,88	-0,67	-0,91	0,00

3. KAPASITETSKONTROLL

3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD

Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Tv.str	Info
2	0	0,33(2)	0,06(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

	300	0,27(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	600	0,20(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,13(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,17(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,23(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,30(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,37(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,43(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,50(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,57(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
3	0	0,34(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	300	0,27(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	600	0,20(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,14(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,17(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,23(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,30(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,37(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,44(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,51(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,58(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
4	0	0,34(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	300	0,27(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	600	0,20(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,13(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,17(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,24(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,30(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,37(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,44(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,51(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,58(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
4	0	0,34(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	300	0,27(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	600	0,20(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,13(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,17(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,24(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,30(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,37(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,44(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,51(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,57(2)	0,06(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)

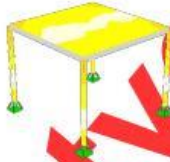
Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD, SKALL

Skall nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Bøy/Aks	Skjær	Info
1	-2000	-2000	0,46(2)	0,51(2)	Spenningskontroll
	-2000	2000	0,45(2)	0,51(2)	Spenningskontroll
	2000	-2000	0,46(2)	0,51(2)	Spenningskontroll
	2000	2000	0,24(2)	0,28(2)	Spenningskontroll
	-2000	1500	0,15(2)	0,54(2)	Spenningskontroll

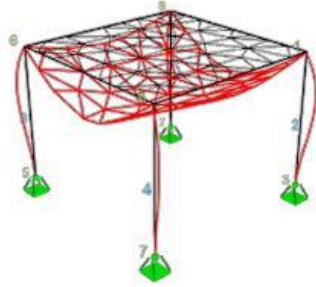
Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.2. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 57,74 % (EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23))

Studentversjon



Studentversjon

Største forskyvning: 14,2 mm

Focus Konstruksjon 2019 Versjon 19.4.0.0 Focus Software	Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]	FIL C:\Users\Wilde Lillevedt\OneDrive - NTNU\Bachelor\Fokus dimensjonering av spenn i limtre og betong\Dekker til oppgaver\DENNE-Massivtre 4x4 m spenn (Gjeldende).fkon	
	Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	DATO 11.05.2019 - 23.02.52	SIGN

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

Vedlegg AD – Massivtrekonstruksjon, 4x4 [m] - Branndimensjonering

Massivtrekonstruksjon 4x4 [m] - Branndimensjonering

Beregning utført: 11.05.2019 23.22.25

Focus Konstruksjon 2019

INNHALDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG	2
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER	2
1.1. TVERRSNITTSDATA	4
1.2. MATERIALDATA	4
1.3. SEGMENTDATA	5
1.3.1. Segmentdata EN 1995	5
1.4. SKALLDATA	5
1.4.2. Skalldata kontur	5
1.4.4. Skalldata EN 1995	5
1.5. LASTTILFELLER	6
1.5.1 Lasttilfeller	6
1.5.2 Lasttilfeller flatelasters kontur	6
2. BEREGNINGER	6
2.1. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE	6
2.2. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON	7
3. KAPASITETSKONTROLL	7
3.1. EN 1995 UTNYTTTELSESGRAD	7
3.1. EN 1995 UTNYTTTELSESGRAD, SKALL	8
3.2. KAPASITETSKART	8
Forskyvning / LC1 Brann	10

Studentversjon

0. SAMMENDRAG

Modell

Antall segmenter: 4

Antall skall: 1

Antall knutepunkt: 8

Analyse

Antall lastkombinasjoner: 1

Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 13,8 mm (Skallnr. 1)

Største N: -7,11 kN (Segmentnr. 4)

Største Vy: 0,10 kN (Segmentnr. 4)

Største Vz: -0,21 kN (Segmentnr. 4)

Største Mx: 0,00 kN·m (Segmentnr. 4)

Største My: 0,42 kN·m (Segmentnr. 4)

Største Mz: 0,20 kN·m (Segmentnr. 4)

Største Nx: -0,91 kN/m (Skallnr. 1)

Største Ny: -1,03 kN/m (Skallnr. 1)

Største Nxy: 0,18 kN/m (Skallnr. 1)

Største Mx: -4,02 kNm/m (Skallnr. 1)

Største My: -6,38 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Mxy: -1,55 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Vz: 16,49 kN/m (Skallnr. 1)

Største Vzy: 11,56 kN/m (Skallnr. 1)

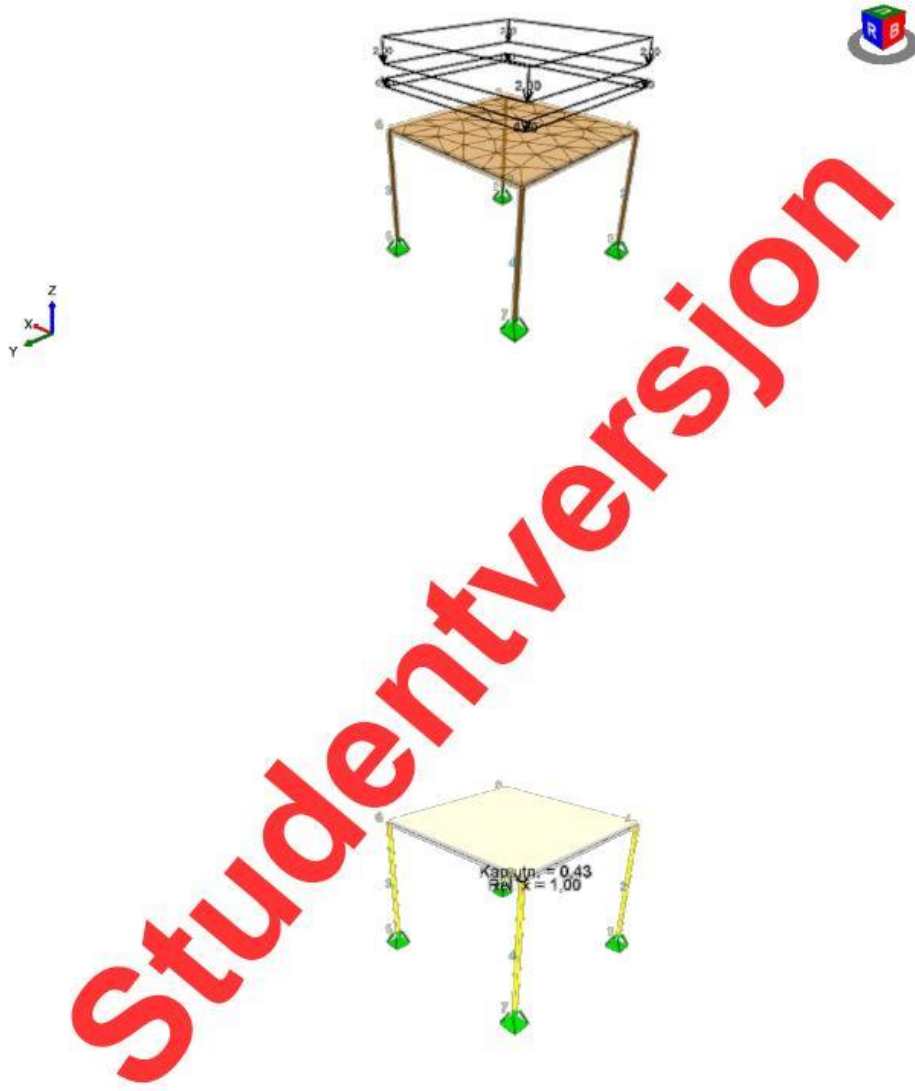
Kapasitet

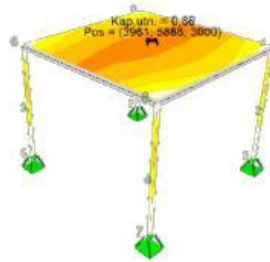
Største kapasitetsutnyttelse: 43,47 %

Info: EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)

1. KONSTRUKSJONSMODELLOG LASTER

Studentversjon





Bildene viser: 1) Konstruksjonen med laster, 2) Kapasitetskontroll, 3) Forskyvningskontroll

1.1. TVERRSNITTSDATA

Nr.	Navn	Parametre	
1	Limtre 74x74	A [mm ²]	5476
		I _x [mm ⁴]	3,6983e+006
		I _y [mm ⁴]	2,4989e+006
		I _z [mm ⁴]	2,4989e+006
		Total vekt [kN]	0,28

1.2. MATERIALDATA

1 GL30c, Limtre	Material: Limtre
Varmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 4,22 kN/m ³
Fasthetsklasse: GL30c	Lamelltykkelse: 45,0 mm
Sprekkfaktor k _{cr} : 0,80	Total vekt: 0,28 kN

Karakteristiske fasthetsparametre:

f _{mk} = 30,00 N/mm ²	f _{vk} = 3,50 N/mm ²
f _{t0k} = 19,50 N/mm ²	f _{c0k} = 24,50 N/mm ²
f _{t90k} = 0,50 N/mm ²	f _{c90k} = 2,50 N/mm ²

2 Massivtre_160

Varmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 4,12 kN/m ³
---	---------------------------------------

Antall sjikt: 5
 Sjiktykkelse X, indre: 40,0 mm
 Fasthetsklasse X, indre: C14

Sjiktykkelse X, ytre: 40,0 mm
 Fasthetsklasse X, ytre: C24
 Sjiktykkelse Y: 20,0 mm
 Fasthetsklasse Y: C14
 Total vekt: 10,55 kN

Karakteristiske fasthetsparametre:

f_{mk} , X, ytre = 24,00 N/mm²
 f_{mk} , X, indre = 14,00 N/mm²
 f_{mk} , Y = 14,00 N/mm²
 f_{t0k} , X, ytre = 14,50 N/mm²
 f_{t0k} , X, indre = 7,20 N/mm²
 f_{t0k} , Y = 7,20 N/mm²

f_{vk} , X, ytre = 4,00 N/mm²
 f_{vk} , X, indre = 3,00 N/mm²
 f_{vk} , Y = 3,00 N/mm²
 f_{c0k} , X, ytre = 21,00 N/mm²
 f_{c0k} , X, indre = 16,00 N/mm²
 f_{c0k} , Y = 16,00 N/mm²

1.3. SEGMENTDATA

Seg Nr.	Kn.pkt 1	Kn.pkt 2	Tvsn 1	Tvsn 2	Material	Type / Form	Rot. [°]	Uend. stiv?
2	3	4	Limtre 74x74	Limtre 74x74	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
3	5	6	Limtre 74x74	Limtre 74x74	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
4	7	8	Limtre 74x74	Limtre 74x74	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
4	7	8	Limtre 74x74	Limtre 74x74	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei

1.3.1. Segmentdata EN 1995

Seg. nr	Mat.faktor Gamma_M	Klima-klasse	k_{sys}	L_{ky} [mm]	L_{kz} [mm]	L_{ef} [mm]	Stivhetsparametre [N/mm ²]
2	1,00	2	1,00	3000	3000	3000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002
3	1,00	2	1,00	3000	3000	3000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002
4	1,00	2	1,00	3000	3000	3000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002
4	1,00	2	1,00	3000	3000	3000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002

1.4. SKALLDATA

Skall Nr.	Tykkelse [mm]	Areal [m ²]	Material	Type	X-vektor	Z-vektor	Uendelig stivhet?
1	160	16,000	Massivtre_160	Plate	[0,00; 1,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei

1.4.2. Skalldata kontur

Skall Nr.	Kn.pkt A	Kn.pkt B	LineType	Radius / Pilhøyde [mm]
1	8	6	Rett	
1	6	8	Rett	
1	8	4	Rett	
1	4	8	Rett	

1.4.4. Skalldata EN 1995

Skall nr.	Mat.faktor Gamma_M	Klima-klasse	k_{sys}
-----------	--------------------	--------------	-----------

1 1,00 2 1,00

1.5. LASTTILFELLER

1.5.1 Lasttilfeller

3 Nyttelast

Lasttype: Nyttelast kat. A: Boliger
 Lastvarighet: Langtidslast
 1 Flatelast P = 2,00 kN/m²
 X (origo) = 4000 mm Y (origo) = 6000 mm Z (origo) = 3000 mm
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

4 Egenlast

Lasttype: Permanent last
 Lastvarighet: Permanent
 1 Flatelast P = 0,50 kN/m²
 X (origo) = 4000 mm Y (origo) = 6000 mm Z (origo) = 3000 mm
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

1.5.2 Lasttilfeller flatelasters kontur

Skall Nr.	Pnkt. A X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Pnkt. B X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Linjetype	Radius / Pilhøyde [mm]
1	6000	4000	3000	6000	8000	3000	Rett	
	6000	8000	3000	2000	8000	3000	Rett	
	2000	8000	3000	2000	4000	3000	Rett	
	2000	4000	3000	6000	4000	3000	Rett	
1	6000	4000	3000	6000	8000	3000	Rett	
	6000	8000	3000	2000	8000	3000	Rett	
	2000	8000	3000	2000	4000	3000	Rett	
	2000	4000	3000	6000	4000	3000	Rett	

2. BEREGNINGER

2.1. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lasttilfelle	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	6000	8000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-0,08	-0,04	2,71	0,04	-0,08	0,00
				3 Nyttelast	-0,24	-0,11	8,00	0,11	-0,24	0,00
				4 Egenlast	-0,06	-0,03	2,00	0,03	-0,06	0,00
4 (Seg)	2000	8000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	0,08	-0,04	2,71	0,04	0,08	0,00
				3 Nyttelast	0,24	-0,11	8,00	0,11	0,24	0,00
				4 Egenlast	0,06	-0,03	2,00	0,03	0,06	0,00
2 (Seg)	2000	4000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	0,08	0,04	2,71	-0,03	0,08	0,00
				3 Nyttelast	0,23	0,11	8,00	-0,11	0,23	0,00
				4 Egenlast	0,06	0,03	2,00	-0,03	0,06	0,00
4 (Seg)	6000	4000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-0,08	0,04	2,71	-0,04	-0,08	0,00

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

3 Nyttelast	-0,23	0,11	8,00	-0,11	-0,23	0,00
4 Egenlast	-0,06	0,03	2,00	-0,03	-0,06	0,00

2.2. OPPLGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lastkombinasjon	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	6000	8000	0	1 LC1 Brann	-0,21	-0,10	7,10	0,10	-0,21	0,00
4 (Seg)	2000	8000	0	1 LC1 Brann	0,21	-0,10	7,11	0,10	0,21	0,00
2 (Seg)	2000	4000	0	1 LC1 Brann	0,20	0,10	7,10	-0,09	0,20	0,00
4 (Seg)	6000	4000	0	1 LC1 Brann	-0,20	0,10	7,11	-0,10	-0,20	0,00

3. KAPASITETSKONTROLL

3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD

Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Tv.str	Info
2	0	0,32	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	300	0,29	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	600	0,26	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,23	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,24	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,27	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,30	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,33	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,37	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,40	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,43	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
3	0	0,33	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	300	0,29	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	600	0,26	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,23	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,24	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,27	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,31	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,34	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,37	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,40	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,43	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
4	0	0,33	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	300	0,29	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	600	0,26	0,02		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)

900	0,23	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)	
1200	0,24	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)	
1500	0,27	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)	
1800	0,31	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)	
2100	0,34	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)	
2400	0,37	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)	
2700	0,40	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)	
3000	0,43	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)	
4	0	0,32	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	300	0,29	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	600	0,26	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,23	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,24	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,27	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,30	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,34	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,37	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,40	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,43	0,02	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)

3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD, SKALL

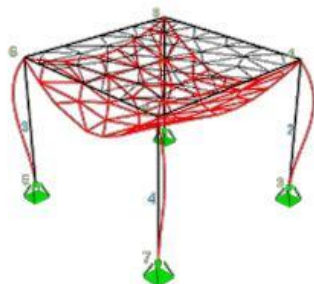
Skall nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Bøy/Aks	Skjær	Info
1	-2000	-2000	0,07	0,12	Spenningskontroll
	-2000	2000	0,07	0,12	Spenningskontroll
	2000	-2000	0,07	0,12	Spenningskontroll
	2000	2000	0,05	0,11	Spenningskontroll
	0	2000	0,16	0,00	Spenningskontroll

3.2. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 43,47 % (EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23))

Studentversjon



Studentversjon

Største forskyvning: 13,8 mm

Focus Konstruksjon 2019 Versjon 19.4.0.0 Focus Software	Massivtrekonstruksjon 4x4 [m] - Branndimensjonering	FIL C:\Users\Wilde\Lillevedt\OneDrive - NTNU\Bachelor\Fokus dimensjonering av spenn i limtre og betong\Dekker til oppgaven\DENNE NYTT TVERRSNITT Massivtre 4x4m spenn (Gjeldende).fkon	
	Forskyvning / LC1 Brann	DATO 11.05.2019 - 23.22.28	SIGN

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

Vedlegg AE – Betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

Betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

Beregning utført: 11.05.2019 22.38.09

Focus Konstruksjon 2019

INNHOLDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG	2
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER	3
1.1. TVERRSNITTSDATA	4
1.2. MATERIALDATA	4
1.3. SKALLDATA	5
1.3.2. Skalldata kontur	5
1.3.4. Skalldata EN 1992	5
1.4. LASTTILFELLER	5
1.4.1. Lasttilfeller	5
1.4.2. Lasttilfeller flatelasters kontur	5
1.5. ARMERING	6
1.5.1. Lengdearmring - segmenter	6
1.5.2.1. Arealarmring - skall - data	6
1.5.2.2. Arealarmring - skall - kontur	7
1.5.3. Skjærmring - segmenter	7
1.5.4.1. Skjærmring - skall - data	8
1.5.4.2. Skjærmring - skall - kontur	8
1.5.5. Nødvendig armring - segmenter	9
1.5.6. Nødvendig arealarmring - skall	10
1.5.6. Nødvendig skjærmring - skall	10
1.6. LASTKOMBINASJON	11
2. BEREGNINGER	12
2.1. KNUTEPUNKTSRESULTATER	12
2.1.1. Forskyvninger	12
2.2. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE	12
2.3. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON	13
3. KAPASITETSKONTROLL	13
3.1. EN 1992 UTNYTTTELSESGRAD, SEGMENTER	13
3.1. EN 1992 UTNYTTTELSESGRAD, SKALL	14
3.2. KAPASITETSKART	15
Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	16

Studentversjon

0. SAMMENDRAG

Modell

Antall segmenter: 4

Antall skall: 1

Antall knutepunkt: 8

Analyse

Antall lastkombinasjoner (krefter): 3

Antall lastkombinasjoner (forskyvninger): 1

Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 25,6 mm (Skallnr. 1)

Største N: -232,41 kN (Segmentnr. 2)

Største Vy: -24,82 kN (Segmentnr. 3)

Største Vz: -13,82 kN (Segmentnr. 3)

Største Mx: -0,07 kN·m (Segmentnr. 1)

Største My: 41,47 kN·m (Segmentnr. 3)

Største Mz: 50,02 kN·m (Segmentnr. 1)

Største Nx: -35,12 kN/m (Skallnr. 1)

Største Ny: -80,79 kN/m (Skallnr. 1)

Største Nxy: -34,54 kN/m (Skallnr. 1)

Største Mx: 230,87 kNm/m (Skallnr. 1)

Største My: 197,15 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Mxy: 56,23 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Vz: 353,34 kN/m (Skallnr. 1)

Største Vz: -364,69 kN/m (Skallnr. 1)

Verste lastkombinasjon

for forskyvning: (4) Bruks: $1,00 \cdot \langle kt \rangle + 1,00 \cdot \text{Egenlast} + 1,00 \cdot \text{Nyttelast}$

for N: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vz: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vy: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for My: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mz: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mx: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Nx: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Ny: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Nxy: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mx: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for My: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mxy: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vz: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vz: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

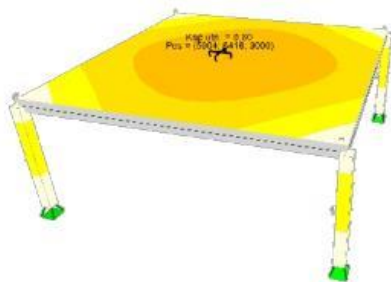
Kapasitet

Største kapasitetsutnyttelse: 97,22 %

Info: EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen

1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER





Bildene viser: 1) Konstruksjonen med laster, 2) Kapasitetskontroll, 3) Forskyvningskontroll

1.1. TVERRSNITTSDATA

Nr.	Navn	Parametre	
1	Rekt 280x280	A [mm ²]	78400
		Ix [mm ⁴]	7,5808e+008
		Iy [mm ⁴]	5,1221e+008
		Iz [mm ⁴]	5,1221e+008
		Total vekt [kN]	23,52

1.2. MATERIALDATA

1 B30, Betong	Material: Betong
Varmeutv.koeff.: 1,00e-005 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 25,00 kN/m ³
Fasthetsklasse: B30	Relativ fuktighet [%]: 40,00
Fasthet lengdearmring: 500,00 N/mm ²	Alder [dager]: 25550
Fasthet skjærmring: 500,00 N/mm ²	Alder ved pålastning [dager]: 28
Beregn alltid i stadium 2? Nei	Alder da uttørring startet [dager]: 28
Ignorer svinn? Nei	Egendefinert maksimal rissvidde? Nei
Faktor k _{max} : 1,50	Dimensjonerende brukstid: 50 år
	Total vekt: 567,52 kN
Karakteristiske fasthetsparametre:	
f _{ck} = 30,00 N/mm ²	f _{ck,cube} = 37,00 N/mm ²

$f_{cm} = 38,00 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctk,0,05} = 2,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{ctk,0,95} = 3,80 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctm} = 2,90 \text{ N/mm}^2$

1.3. SKALLDATA

Skall Nr.	Tykkelse [mm]	Areal [m ²]	Material	Type	X-vektor	Z-vektor	Uendelig stivhet?
1	340	64,000	B30, Betong	Plate	[-1,00; 0,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei

1.3.2. Skalldata kontur

Skall Nr.	Kn.pkt A	Kn.pkt B	LineType	Radius / Pilhøyde [mm]
1	4	2	Rett	
1	2	6	Rett	
1	6	8	Rett	
1	8	4	Rett	

1.3.4. Skalldata EN 1992

Skall nr.	GammaC	GammaS	Type	Eksp.kl.	Stivhetsparametre [N/mm ²]
1	1,50	1,15	Plate	XC3	E = 3,0705e+004 G = 1,2794e+004

1.4. LASTTILFELLER

1.4.1 Lasttilfeller

3 Nyttelast

Lasttype: Nyttelast kat. A: Boliger
 Lastvarighet: Langtidslast
 1 Flatelast P = 2,00 kN/m²
 X (origo) = 6000 mm Y (origo) = 6000 mm Z (origo) = 3000 mm
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

4 Egenlast

Lasttype: Permanent last
 Lastvarighet: Permanent
 1 Flatelast P = 0,50 kN/m²
 X (origo) = 6000 mm Y (origo) = 6000 mm Z (origo) = 3000 mm
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

1.4.2 Lasttilfeller flatelasters kontur

Skall Nr.	Pnkt. A X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Pnkt. B X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Linjetype	Radius / Pilhøyde [mm]
-----------	----------------	--------	--------	----------------	--------	--------	-----------	------------------------

1	10000	2000	3000	2000	2000	3000	Rett
	2000	2000	3000	2000	10000	3000	Rett
	2000	10000	3000	10000	10000	3000	Rett
	10000	10000	3000	10000	2000	3000	Rett
1	10000	2000	3000	2000	2000	3000	Rett
	2000	2000	3000	2000	10000	3000	Rett
	2000	10000	3000	10000	10000	3000	Rett
	10000	10000	3000	10000	2000	3000	Rett

1.5. ARMERING

1.5.1. Lengdearmering - segmenter

Seg Nr.	Pos	Ø [mm]	n/cc	x1 [mm]	x2 [mm]	z1 [mm]	z2 [mm]	lbd1 [mm]	lbd2 [mm]	f1 [mm]	f2 [mm]
1	OK	12,0	5	0	3000	231,0	231,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	5	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
2	OK	12,0	5	0	3000	231,0	231,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	5	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
4	OK	12,0	5	0	3000	231,0	231,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	5	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
3	OK	12,0	5	0	3000	231,0	231,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	5	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00

Kolonne: Forklaring:

pos	- OK = overkantarmering, UK = underkantarmering
Ø	- diameter
n	- antall stenger (hvis bjelke/søyle)
cc	- senteravstand (hvis plate/vegg)
x1	- startpunkt for armering
x2	- endepunkt for armering
z1	- avstand fra underkant betong til senter jern i startpunktet
z2	- avstand fra underkant betong til senter jern i endepunktet
lbd1	- nødvendig forankringslengde i startpunktet
lbd2	- nødvendig forankringslengde i endepunktet
f1	- forankringsfaktor i ende 1
f2	- forankringsfaktor i ende 2

1.5.2.1. Arealarmering - skall - data

Sk Nr.	Pos	Ø [mm]	cc [mm]	z [mm]	Dir
1	UK	16	100	-134	[1; 0]
	UK	16	100	-122	[0; 1]
	OK	16	100	134	[1; 0]
	OK	16	100	122	[0; 1]
	UK	12	100	-134	[1; 0]
	UK	12	100	-122	[0; 1]
	OK	12	100	122	[0; 1]
	OK	12	100	134	[1; 0]

UK	12	100	-134	[1; 0]
UK	12	100	-122	[0; 1]
OK	12	100	122	[0; 1]
OK	12	100	134	[1; 0]
UK	12	100	-134	[1; 0]
UK	12	100	-122	[0; 1]
OK	12	100	122	[0; 1]
OK	12	100	134	[1; 0]
UK	12	100	-134	[1; 0]
UK	12	100	-122	[0; 1]
OK	12	100	122	[0; 1]
OK	12	100	134	[1; 0]

pos - OK = overkantarmring, UK = underkantarmring

Ø - diameter

cc - senteravstand

z - avstand fra midt i betong til senter jern

Dir - retringsvektor

1.5.2.2. Arealarmring - skall - kontur

Skall Nr.	Pnkt. A X [mm] Y [mm] Z [mm]			Pnkt. B X [mm] Y [mm] Z [mm]			Linjetype	Radius / Pihøyde [mm]
1	10000	2000	3000	2000	2000	3000	Rett	
	2000	2000	3000	2000	10000	3000	Rett	
	2000	10000	3000	10000	10000	3000	Rett	
	10000	10000	3000	10000	2000	3000	Rett	
1	2000	10000	3000	3000	10000	3000	Rett	
	3000	10000	3000	3000	9000	3000	Rett	
	3000	9000	3000	2000	9000	3000	Rett	
	2000	9000	3000	2000	10000	3000	Rett	
1	10000	10000	3000	9000	10000	3000	Rett	
	9000	10000	3000	9000	9000	3000	Rett	
	9000	9000	3000	10000	9000	3000	Rett	
	10000	9000	3000	10000	10000	3000	Rett	
1	2000	2000	3000	3000	2000	3000	Rett	
	3000	2000	3000	3000	3000	3000	Rett	
	3000	3000	3000	2000	3000	3000	Rett	
	2000	3000	3000	2000	2000	3000	Rett	
1	10000	2000	3000	9000	2000	3000	Rett	
	9000	2000	3000	9000	3000	3000	Rett	
	9000	3000	3000	10000	3000	3000	Rett	
	10000	3000	3000	10000	2000	3000	Rett	

1.5.3. Skjærmring - segmenter

Seg Nr.	Ø [mm]	cc [mm]	x1 [mm]	x2 [mm]
1	8,0	108	0	300
	8,0	179	300	2700
	8,0	108	2700	3000
2	8,0	108	0	300
	8,0	179	300	2700
	8,0	108	2700	3000

4	8,0	108	0	300
	8,0	179	300	2700
	8,0	108	2700	3000
3	8,0	108	0	300
	8,0	179	300	2700
	8,0	108	2700	3000

Kolonne:	Forklaring:
Ø	- diameter
cc	- senteravstand
x1	- startpunkt for armering
x2	- endepunkt for armering

1.5.4.1. Skjærarmering - skall - data

Sk Nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Ø [mm]	Ant. omkretser	s_r [mm]	A_sw [mm ²]
1	-3673,6	3673,6	8,0	4	150	545
	3673,6	3673,6	8,0	4	150	545
	3673,6	-3673,6	8,0	4	150	545
	-3673,6	-3673,6	8,0	4	150	545

Kolonne:	Forklaring:
PosX	- X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
PosY	- Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
Ø	- diameter
Ant. omkretser	- antall omkretser med skjærarmeringsbein
s_r	- senteravstand mellom omkretsene
A_sw	- skjærarmeringsareal i hver av omkretsene

1.5.4.2. Skjærarmering - skall - kontur

Skall Nr.	Pnkt. A			Pnkt. B			Linjetype	Radius / Pilhøyde [mm]
	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]		
1	10000	2746	3000	9860	2746	3000	Rett	-606
	9860	2746	3000	9254	2140	3000	Sirkulær	
	9254	2140	3000	9254	2000	3000	Rett	
	10000	2000	3000	9254	2000	3000	Rett	
	10000	2746	3000	10000	2000	3000	Rett	
1	2746	2140	3000	2140	2746	3000	Sirkulær	-606
	2140	2746	3000	2000	2746	3000	Rett	
	2000	2000	3000	2000	2746	3000	Rett	
	2746	2000	3000	2000	2000	3000	Rett	
	2746	2000	3000	2746	2140	3000	Rett	
1	2000	9254	3000	2140	9254	3000	Rett	-606
	2140	9254	3000	2746	9860	3000	Sirkulær	
	2746	9860	3000	2746	10000	3000	Rett	
	2000	10000	3000	2746	10000	3000	Rett	
	2000	9254	3000	2000	10000	3000	Rett	
1	9254	10000	3000	9254	9860	3000	Rett	-606
	9254	9860	3000	9860	9254	3000	Sirkulær	
	9860	9254	3000	10000	9254	3000	Rett	
	10000	10000	3000	10000	9254	3000	Rett	
	9254	10000	3000	10000	10000	3000	Rett	

1.5.5. Nødvendig armering - segmenter

Seg Nr.	x [mm]	ASU [mm ²]	ASO [mm ²]	AS [mm ²]	ASUn [mm ²]	ASOn [mm ²]	ASn [mm ²]	AB [mm ² /m]	ABn [mm ² /m]	Kap
1	0	565	565	1131	392	392	784	931	931	0,65
	300	565	565	1131	392	392	784	931	559	0,55
	600	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,45
	900	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,42
	1200	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,42
	1500	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,49
	1800	565	565	1131	508	508	1015	562	559	0,59
	2100	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,69
	2400	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,79
	2700	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,88
	3000	565	565	1131	392	392	784	931	931	0,97
2	0	565	565	1131	392	392	784	931	931	0,65
	300	565	565	1131	392	392	784	931	559	0,55
	600	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,45
	900	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,42
	1200	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,42
	1500	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,49
	1800	565	565	1131	507	507	1015	562	559	0,59
	2100	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,69
	2400	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,79
	2700	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,88
	3000	565	565	1131	392	392	784	931	931	0,97
4	0	565	565	1131	392	392	784	931	931	0,65
	300	565	565	1131	392	392	784	931	559	0,55
	600	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,45
	900	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,42
	1200	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,42
	1500	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,49
	1800	565	565	1131	508	508	1015	562	559	0,59
	2100	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,69
	2400	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,79
	2700	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,88
	3000	565	565	1131	392	392	784	931	931	0,97
3	0	565	565	1131	392	392	784	931	931	0,65
	300	565	565	1131	392	392	784	931	559	0,55
	600	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,45
	900	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,42
	1200	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,42
	1500	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,49
	1800	565	565	1131	508	508	1015	562	559	0,59
	2100	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,69
	2400	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,79
	2700	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,88
	3000	565	565	1131	392	392	784	931	931	0,97

Studentversion - Ikke for kommersielt bruk

2700	565	565	1131	392	392	784	562	559	0,88
3000	565	565	1131	392	392	784	931	931	0,97

Kolonne:	Forklaring:
x	- avstand fra segmentets startpunkt
ASU	- innlagt lengdearmering i underkant
ASO	- innlagt lengdearmering i overkant
AS	- innlagt lengdearmering totalt
ASUn	- nødvendig lengdearmering i underkant
ASOn	- nødvendig lengdearmering i overkant
ASn	- nødvendig lengdearmering totalt
AB	- innlagt bøylearmering
ABn	- nødvendig bøylearmering
Kap	- Kapasitetsutnyttelse

1.5.6. Nødvendig arealarmering - skall

Sk Nr.	PosX [mm ²]	PosY [mm ²]	ASUx [mm ²]	ASUy [mm ²]	ASOx [mm ²]	ASOy [mm ²]	ASx [mm ²]	ASy [mm ²]	ASUnx [mm ²]	ASUny [mm ²]	ASOnx [mm ²]	ASOny [mm ²]	ASnx [mm ²]	ASny [mm ²]	Kap
1	-4000	-4000	3142	3142	3142	3142	6283	6283	0	0	1625	2049	1625	2049	0,69
1	-4000	4000	3142	3142	3142	3142	6283	6283	0	0	1622	2051	1622	2051	0,69
1	4000	-4000	3142	3142	3142	3142	6283	6283	0	0	1626	2050	1626	2050	0,69
1	4000	4000	3142	3142	3142	3142	6283	6283	0	0	1622	2053	1622	2053	0,69
1	-4000	3504	3142	3142	3142	3142	6283	6283	0	0	576	576	576	576	0,69

Kolonne:	Forklaring:
PosX	- X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
PosY	- Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
ASUx	- innlagt lengdearmering i underkant i x-retning
ASUy	- innlagt lengdearmering i underkant i y-retning
ASOx	- innlagt lengdearmering i overkant i x-retning
ASOy	- innlagt lengdearmering i overkant i y-retning
ASx	- innlagt lengdearmeringsareal totalt i x-retningen
ASy	- innlagt lengdearmeringsareal totalt i y-retningen
ASUnx	- nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i underkant
ASUny	- nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i underkant
ASOnx	- nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i overkant
ASOny	- nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i overkant
ASnx	- nødvendig lengdearmeringsareal totalt i x-retningen
ASny	- nødvendig lengdearmeringsareal totalt i y-retningen
Kap	- Kapasitetsutnyttelse

1.5.6. Nødvendig skjærarmering - skall

Sk Nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	s _r [mm]	u ₀ [mm]	u ₁ [mm]	Avst. u ₁ [mm]	u _{out} [mm]	Avst. u _{out} [mm]	V _{Ed} [kN]	Beta	Omkrets nr.	Avst. [mm]	A _{swn} [mm ²]
--------	-----------	-----------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------------	-----------------------	-----------------------------	----------------------	------	-------------	------------	-------------------------------------

1	-4000,0	4000,0	224	280	1216	596	1261	156	144,16	1,50	1	149	92
											2	156	83
											3	156	83
											4	156	83
1	4000,0	4000,0	224	280	1216	596	1261	156	144,14	1,50	1	149	92
											2	156	83
											3	156	83
											4	156	83
1	4000,0	-4000,0	224	280	1216	596	1261	156	144,16	1,50	1	149	92
											2	156	83
											3	156	83
											4	156	83
1	-4000,0	-4000,0	224	280	1216	596	1261	156	144,13	1,50	1	149	92
											2	156	83
											3	156	83
											4	156	83

Kolonne: Forklaring:

PosX - X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem

PosY - Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem

s_r - maksimal radiell senteravstand mellom omkretsene av skjærarmingsbein

u_0 - omkrets av lastflaten

u_1 - omkrets av kritisk kontrollsnitt

Avst. u_1 - avstand fra lastflaten til kritisk kontrollsnitt

u_out - omkrets av ytre kontrollsnitt hvor skjærarmoring ikke lenger er påkrevd

Avst. u_out - avstand fra lastflaten til ytre kontrollsnitt

V_Ed - dimensjonerende skjærkraft

Beta - multiplikasjonsfaktor for skjærkraft

Omkrets nr. - nummer på den aktuelle omkretsen av skjærarmingsbein

Avst. - avstand fra lastflaten til den aktuelle omkretsen av skjærarmingsbein

A_swn - nødvendig skjærarmingsareal rundt denne omkretsen, uten hensyn til minste tangentiell senteravstand eller minste tverrsnittsareal av skjærarmingsbein.

1.6. LASTKOMBINASJON

Forskyvninger beregnet for lastkombinasjon

- (4) Bruks: 1,00·<kt> +
1,00·Egenlast +
1,00·Nyttelast

Grensetilstand: Bruks

Lasttilfeller: 1,00 * <Konstruksjonens tyngde>
1,00 * Egenlast
1,00 * Nyttelast (Dominerende)

Snittkrefter beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

- (1) Brudd: 1,00·<kt> +
1,00·Egenlast

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,00 * <Konstruksjonens tyngde>
1,00 * Egenlast

- (2) Brudd: 1,35·<kt> +
1,35·Egenlast +
0,95·Nyttelast

Grensetilstand:	Brudd
Lasttilfeller:	1,35 * <Konstruksjonens tyngde> 1,35 * Egenlast 0,95 * Nyttelast (Dominerende)
(3) Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 1,17·Nyttelast	
Grensetilstand:	Brudd
Lasttilfeller:	1,00 * <Konstruksjonens tyngde> 1,00 * Egenlast 1,17 * Nyttelast (Dominerende)

2. BEREGNINGER

2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER

2.1.1. Forskyvninger

Nr.	u [mm]	v [mm]	w [mm]	rotX [°]	rotY [°]	rotZ [°]
1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
2	-0,1	0,0	-0,7	-0,3	0,3	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
4	0,0	0,0	-0,7	-0,3	-0,3	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
8	0,0	0,0	-0,7	0,3	-0,3	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
6	0,0	0,0	-0,7	0,3	0,3	0,0

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

2.2. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lasttilfelle	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
4 (Seg)	10000	10000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-8,37	-15,02	141,86	14,81	0,00	0,04
				3 Nyttelast	-1,97	-3,53	32,00	3,49	0,00	0,01
				4 Egenlast	-0,49	-0,88	8,00	0,87	0,00	0,00
2 (Seg)	10000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-8,35	15,02	141,90	-14,80	0,00	-0,04
				3 Nyttelast	-1,97	3,53	32,00	-3,48	0,00	-0,01
				4 Egenlast	-0,49	0,88	8,00	-0,87	0,00	0,00
1 (Seg)	2000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	8,35	15,02	141,87	-14,79	0,00	0,04
				3 Nyttelast	1,96	3,54	32,00	-3,48	0,00	0,01
				4 Egenlast	0,49	0,88	8,00	-0,87	0,00	0,00
3 (Seg)	2000	10000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	8,37	-15,03	141,89	14,83	0,00	-0,04
				3 Nyttelast	1,97	-3,54	32,00	3,49	0,00	-0,01

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

4 Egenlast 0,49 -0,88 8,00 0,87 0,00 0,00

2.3. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lastkombinasjon	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
4 (Seg)	10000	10000	0	1 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast	-8,86	-15,90	149,86	15,68	0,00	0,04
				2 Brudd: 1,35·<kt> + 1,35·Egenlast + 0,95·Nyttelast	-13,82	-24,81	232,55	24,47	0,00	0,07
				3 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 1,17·Nyttelast	-11,16	-20,04	187,30	19,76	0,00	0,05
2 (Seg)	10000	2000	0	1 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast	-8,84	15,90	149,90	-15,67	0,00	-0,04
				2 Brudd: 1,35·<kt> + 1,35·Egenlast + 0,95·Nyttelast	-13,80	24,81	232,60	-24,44	0,00	-0,06
				3 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 1,17·Nyttelast	-11,14	20,04	187,34	-19,74	0,00	-0,05
1 (Seg)	2000	2000	0	1 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast	8,84	15,91	149,87	-15,66	0,00	0,04
				2 Brudd: 1,35·<kt> + 1,35·Egenlast + 0,95·Nyttelast	13,79	24,82	232,56	-24,43	0,00	0,07
				3 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 1,17·Nyttelast	11,14	20,04	187,31	-19,73	0,00	0,05
3 (Seg)	2000	10000	0	1 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast	8,86	-15,91	149,89	15,70	0,00	-0,04
				2 Brudd: 1,35·<kt> + 1,35·Egenlast + 0,95·Nyttelast	13,82	-24,82	232,59	24,50	0,00	-0,06
				3 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast + 1,17·Nyttelast	11,16	-20,05	187,33	19,79	0,00	-0,05

3. KAPASITETSKONTROLL

3.1. EN 1992 UTNYTTELSESGRAD, SEGMENTER

Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Riss	Info
1	0	0,65(2)	0,26(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,55(2)	0,26(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,45(2)	0,42(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,35(2)	0,42(2)		EN 1992-1-1 6.2.2; V _{Ed} /V _{Rdc}
	1200	0,40(2)	0,42(2)	0,07(4)	EN 1992-1-1 6.2.2; V _{Ed} /V _{Rdc}
	1500	0,49(2)	0,42(2)	0,14(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	1800	0,59(2)	0,42(2)	0,24(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2100	0,69(2)	0,43(2)	0,35(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,79(2)	0,43(2)	0,47(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,88(2)	0,43(2)	0,58(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,97(2)	0,26(2)	0,70(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

2	0	0,65(2)	0,26(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	300	0,55(2)	0,26(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	600	0,45(2)	0,42(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	900	0,35(2)	0,42(2)		EN 1992-1-1 6.2.2; V_Ed/V_Rdc	
	1200	0,40(2)	0,42(2)	0,07(4)	EN 1992-1-1 6.2.2; V_Ed/V_Rdc	
	1500	0,49(2)	0,42(2)	0,14(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	1800	0,59(2)	0,42(2)	0,24(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	2100	0,69(2)	0,43(2)	0,35(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	2400	0,79(2)	0,43(2)	0,47(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	2700	0,88(2)	0,43(2)	0,58(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	3000	0,97(2)	0,26(2)	0,70(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	4	0	0,65(2)	0,26(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
		300	0,55(2)	0,26(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
600		0,45(2)	0,42(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
900		0,35(2)	0,42(2)		EN 1992-1-1 6.2.2; V_Ed/V_Rdc	
1200		0,40(2)	0,42(2)	0,07(4)	EN 1992-1-1 6.2.2; V_Ed/V_Rdc	
1500		0,49(2)	0,42(2)	0,14(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
1800		0,59(2)	0,42(2)	0,24(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
2100		0,69(2)	0,43(2)	0,35(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
2400		0,79(2)	0,43(2)	0,47(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
2700		0,88(2)	0,43(2)	0,58(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
3000		0,97(2)	0,26(2)	0,70(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
3		0	0,65(2)	0,26(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
		300	0,55(2)	0,26(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,45(2)	0,42(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	900	0,35(2)	0,42(2)		EN 1992-1-1 6.2.2; V_Ed/V_Rdc	
	1200	0,40(2)	0,42(2)	0,07(4)	EN 1992-1-1 6.2.2; V_Ed/V_Rdc	
	1500	0,49(2)	0,42(2)	0,14(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	1800	0,59(2)	0,42(2)	0,24(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	2100	0,69(2)	0,43(2)	0,35(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	2400	0,79(2)	0,43(2)	0,47(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	2700	0,88(2)	0,43(2)	0,58(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	
	3000	0,97(2)	0,26(2)	0,70(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen	

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.1. EN 1992 UTNYTTELSESGRAD, SKALL

Skall nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Bøy/Aks	Skjær	Riss	Info
1	-4000	-4000	0,65(2)	0,69(2)	0,64(4)	
	-4000	4000	0,65(2)	0,69(2)	0,64(4)	
	4000	-4000	0,65(2)	0,69(2)	0,64(4)	
	4000	4000	0,65(2)	0,69(2)	0,64(4)	
	-4000	3504	0,00(2)	0,69(2)		

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

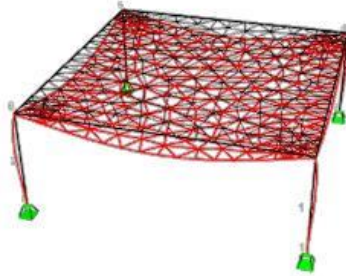
Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.2. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 97,22 % (EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen)

Studentversjon



Studentversjon

Største forskyvning: 25,6 mm

Focus Konstruksjon 2019 Versjon 19.4.0.0 Focus Software	Betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]	FIL C:\Users\Wilde Lille\OneDrive - NTNU\Bachelor\Fokus dimensjonering av spenn i limtre og betong\Dekker til oppgaver\DENNE B30 spenn 8x8m (Gjeldende).flon	
	Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	DATO 11.05.2019 - 22.38.12	SIGN

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

Vedlegg AF – Betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

Betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

Beregning utført: 11.05.2019 22.55.32

Focus Konstruksjon 2019

INNHOLDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG	2
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER	3
1.1. TVERRSNITTSDATA	4
1.2. MATERIALDATA	4
1.3. SKALLDATA	5
1.3.2. Skalldata kontur	5
1.3.4. Skalldata EN 1992	5
1.4. LASTTILFELLER	5
1.4.1. Lasttilfeller	5
1.4.2. Lasttilfeller flatelasters kontur	5
1.5. ARMERING	6
1.5.1. Lengdearmring - segmenter	6
1.5.2.1. Arealarmring - skall - data	6
1.5.2.2. Arealarmring - skall - kontur	7
1.5.3. Skjærmring - segmenter	7
1.5.4.1. Skjærmring - skall - data	8
1.5.4.2. Skjærmring - skall - kontur	8
1.5.5. Nødvendig armring - segmenter	8
1.5.6. Nødvendig arealarmring - skall	10
1.5.6. Nødvendig skjærmring - skall	10
1.6. LASTKOMBINASJON	11
2. BEREGNINGER	12
2.1. KNUTEPUNKTSRESULTATER	12
2.1.1. Forskyvninger	12
2.2. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE	12
2.3. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON	12
3. KAPASITETSKONTROLL	13
3.1. EN 1992 UTNYTTTELSESGRAD, SEGMENTER	13
3.1. EN 1992 UTNYTTTELSESGRAD, SKALL	14
3.2. KAPASITETSKART	14
Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	16

Studentversjon

0. SAMMENDRAG

Modell

Antall segmenter: 4

Antall skall: 1

Antall knutepunkt: 8

Analyse

Antall lastkombinasjoner (krefter): 3

Antall lastkombinasjoner (forskyvninger): 1

Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 31,7 mm (Skallnr. 1)

Største N: -191,62 kN (Segmentnr. 1)

Største Vy: 16,78 kN (Segmentnr. 3)

Største Vz: -9,15 kN (Segmentnr. 4)

Største Mx: -0,04 kN·m (Segmentnr. 6)

Største My: 27,46 kN·m (Segmentnr. 4)

Største Mz: -33,71 kN·m (Segmentnr. 6)

Største Nx: -72,35 kN/m (Skallnr. 1)

Største Ny: -30,32 kN/m (Skallnr. 1)

Største Nxy: -34,69 kN/m (Skallnr. 1)

Største Mx: 180,83 kNm/m (Skallnr. 1)

Største My: 208,11 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Mxy: 72,63 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Vzx: -401,04 kN/m (Skallnr. 1)

Største Vzy: -386,67 kN/m (Skallnr. 1)

Verste lastkombinasjon

for forskyvning: (4) Bruks: $1,00 \cdot \langle kt \rangle + 1,00 \cdot \text{Egenlast} + 1,00 \cdot \text{Nyttelast}$ for N: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Vz: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Vy: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for My: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Mz: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Mx: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Nx: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Ny: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Nxy: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Mx: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for My: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Mxy: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Vzx: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$ for Vzy: (2) Brudd: $1,35 \cdot \langle kt \rangle + 1,35 \cdot \text{Egenlast} + 0,95 \cdot \text{Nyttelast}$

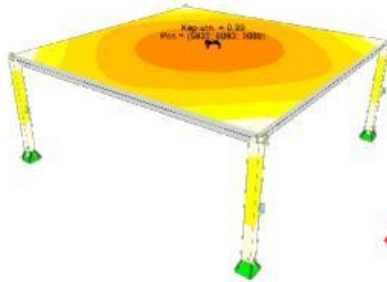
Kapasitet

Største kapasitetsutnyttelse: 88,90 %

Info: EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen

1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER





Bildene viser: 1) Konstruksjonen med laster, 2) Kapasitetskontroll, 3) Forskyvningskontroll

1.1. TVERRSNITTSDATA

Nr.	Navn	Parametre	
1	Rekt 220x220	A [mm ²]	48400
		Ix [mm ⁴]	2,8892e+008
		Iy [mm ⁴]	1,9521e+008
		Iz [mm ⁴]	1,9521e+008
		Total vekt [kN]	14,52

1.2. MATERIALDATA

1 B90, Betong	Material: Betong
Varmeutv.koeff.: 1,00e-005 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 25,00 kN/m ³
Fasthetsklasse: B90	Relativ fuktighet [%]: 40,00
Fasthet lengdearmoring: 500,00 N/mm ²	Alder [dager]: 25550
Fasthet skjærearmering: 500,00 N/mm ²	Alder ved pålastning [dager]: 28
Beregn alltid i stadium 2? Nei	Alder da uttørring startet [dager]: 28
Ignorer svinn? Nei	Egendefinert maksimal rissvidde? Nei
Faktor k _{max} : 1,50	Dimensjonerende brukstid: 50 år
	Total vekt: 446,52 kN
Karakteristiske fasthetsparametre:	
f _{ck} = 90,00 N/mm ²	f _{ck,cube} = 105,00 N/mm ²

$f_{cm} = 98,00 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctk,0,05} = 3,50 \text{ N/mm}^2$
 $f_{ctk,0,95} = 6,60 \text{ N/mm}^2$ $f_{ctm} = 5,00 \text{ N/mm}^2$

1.3. SKALLDATA

Skall Nr.	Tykkelse [mm]	Areal [m ²]	Material	Type	X-vektor	Z-vektor	Uendelig stivhet?
1	270	64,000	B90, Betong	Plate	[0,00; 1,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei

1.3.2. Skalldata kontur

Skall Nr.	Kn.pkt A	Kn.pkt B	LineType	Radius / Pilhøyde [mm]
1	6	12	Rett	
1	12	8	Rett	
1	8	2	Rett	
1	2	6	Rett	

1.3.4. Skalldata EN 1992

Skall nr.	GammaC	GammaS	Type	Eksp.kl.	Stivhetsparametre [N/mm ²]
1	1,50	1,15	Plate	XC3	E = 4,0939e+004 G = 1,7058e+004

1.4. LASTTILFELLER

1.4.1 Lasttilfeller

3 Nyttelast

Lasttype: Nyttelast kat. A: Boliger
 Lastvarighet: Langtidslast
 1 Flatelast P = 2,00 kN/m²
 X (origo) = 6000 mm Y (origo) = 6000 mm Z (origo) = 3000 mm
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

4 Egenlast

Lasttype: Permanent last
 Lastvarighet: Permanent
 1 Flatelast P = 0,50 kN/m²
 X (origo) = 6000 mm Y (origo) = 6000 mm Z (origo) = 3000 mm
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

1.4.2 Lasttilfeller flatelasters kontur

Skall Nr.	Pnkt. A X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Pnkt. B X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Linjetype	Radius / Pilhøyde [mm]
-----------	----------------	--------	--------	----------------	--------	--------	-----------	------------------------

1	10000	2000	3000	10000	10000	3000	Rett
	10000	10000	3000	2000	10000	3000	Rett
	2000	10000	3000	2000	2000	3000	Rett
	2000	2000	3000	10000	2000	3000	Rett
1	10000	2000	3000	10000	10000	3000	Rett
	10000	10000	3000	2000	10000	3000	Rett
	2000	10000	3000	2000	2000	3000	Rett
	2000	2000	3000	10000	2000	3000	Rett

1.5. ARMERING

1.5.1. Lengdearmering - segmenter

Seg Nr.	Pos	Ø [mm]	n/cc	x1 [mm]	x2 [mm]	z1 [mm]	z2 [mm]	lbd1 [mm]	lbd2 [mm]	f1 [mm]	f2 [mm]
1	OK	12,0	4	0	3000	171,0	171,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	4	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
3	OK	12,0	4	0	3000	171,0	171,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	4	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
4	OK	12,0	4	0	3000	171,0	171,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	4	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00
6	OK	12,0	4	0	3000	171,0	171,0	120	120	1,00	1,00
	UK	12,0	4	0	3000	49,0	49,0	120	120	1,00	1,00

Kolonne: Forklaring:

pos	- OK = overkantarmering, UK = underkantarmering
Ø	- diameter
n	- antall stenger (hvis bjelke/søyle)
cc	- senteravstand (hvis plate/vegg)
x1	- startpunkt for armering
x2	- endepunkt for armering
z1	- avstand fra underkant betong til senter jern i startpunktet
z2	- avstand fra underkant betong til senter jern i endepunktet
lbd1	- nødvendig forankringslengde i startpunktet
lbd2	- nødvendig forankringslengde i endepunktet
f1	- forankringsfaktor i ende 1
f2	- forankringsfaktor i ende 2

1.5.2.1. Arealarmering - skall - data

Sk Nr.	Pos	Ø [mm]	cc [mm]	z [mm]	Dir
1	UK	12	100	-99	[1; 0]
	UK	12	100	-87	[0; 1]
	OK	12	100	87	[0; 1]
	OK	12	100	99	[1; 0]
	UK	12	100	-99	[1; 0]
	UK	12	100	-87	[0; 1]
	OK	12	100	87	[0; 1]
	OK	12	100	99	[1; 0]

UK	12	100	-99	[1; 0]
UK	12	100	-87	[0; 1]
OK	12	100	87	[0; 1]
OK	12	100	99	[1; 0]
UK	12	100	-99	[1; 0]
UK	12	100	-87	[0; 1]
OK	12	100	87	[0; 1]
OK	12	100	99	[1; 0]
UK	16	150	-99	[1; 0]
UK	16	150	-87	[0; 1]
OK	16	150	99	[1; 0]
OK	16	100	87	[0; 1]

pos - OK = overkantarmring, UK = underkantarmring
 Ø - diameter
 cc - senteravstand
 z - avstand fra midt i betong til senter jern
 Dir - retringsvektor

1.5.2.2. Arealarmring - skall - kontur

Skall Nr.	Pnkt. A X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Pnkt. B X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Linjetype	Radius / Pihøyde [mm]
1	10000	2000	3000	10000	3000	3000	Rett	
	10000	3000	3000	9000	3000	3000	Rett	
	9000	3000	3000	9000	2000	3000	Rett	
	9000	2000	3000	10000	2000	3000	Rett	
1	2000	2000	3000	2000	3000	3000	Rett	
	2000	3000	3000	3000	3000	3000	Rett	
	3000	3000	3000	3000	2000	3000	Rett	
	3000	2000	3000	2000	2000	3000	Rett	
1	10000	10000	3000	10000	9000	3000	Rett	
	10000	9000	3000	9000	9000	3000	Rett	
	9000	9000	3000	9000	10000	3000	Rett	
	9000	10000	3000	10000	10000	3000	Rett	
1	2000	10000	3000	2000	9000	3000	Rett	
	2000	9000	3000	3000	9000	3000	Rett	
	3000	9000	3000	3000	10000	3000	Rett	
	3000	10000	3000	2000	10000	3000	Rett	
1	10000	2000	3000	10000	10000	3000	Rett	
	10000	10000	3000	2000	10000	3000	Rett	
	2000	10000	3000	2000	2000	3000	Rett	
	2000	2000	3000	10000	2000	3000	Rett	

1.5.3. Skjærmring - segmenter

Seg Nr.	Ø [mm]	cc [mm]	x1 [mm]	x2 [mm]
1	8,0	108	0	3000
3	8,0	108	0	3000
4	8,0	108	0	3000
6	8,0	108	0	3000

Kolonne: Forklaring:

Ø	- diameter
cc	- senteravstand
x1	- startpunkt for armering
x2	- endepunkt for armering

1.5.4.1. Skjærarmering - skall - data

Sk Nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Ø [mm]	Ant. omkretser	s_r [mm]	A_sw [mm ²]
1	-3747,6	-3747,6	8,0	4	150	548
	3747,6	-3747,6	8,0	4	150	548
	3747,6	3747,6	8,0	4	150	548
	-3747,6	3747,6	8,0	4	150	548

Kolonne:	Forklaring:
PosX	- X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
PosY	- Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
Ø	- diameter
Ant. omkretser	- antall omkretser med skjærarmeringsbein
s_r	- senteravstand mellom omkretsene
A_sw	- skjærarmeringsareal i hver av omkretsene

1.5.4.2. Skjærarmering - skall - kontur

Skall Nr.	Pnkt.A X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Pnkt.B X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Linjetype	Radius / Påløyde [mm]
1	10000	2576	3000	9890	2576	3000	Rett	-466
	9890	2576	3000	9424	2110	3000	Sirkulær	
	9424	2110	3000	9424	2000	3000	Rett	
	9424	2000	3000	10000	2000	3000	Rett	
	10000	2000	3000	10000	2576	3000	Rett	
1	9424	10000	3000	9424	9890	3000	Rett	-466
	9424	9890	3000	9890	9424	3000	Sirkulær	
	9890	9424	3000	10000	9424	3000	Rett	
	10000	9424	3000	10000	10000	3000	Rett	
	10000	10000	3000	9424	10000	3000	Rett	
1	2000	9424	3000	2110	9424	3000	Rett	-466
	2110	9424	3000	2576	9890	3000	Sirkulær	
	2576	9890	3000	2576	10000	3000	Rett	
	2576	10000	3000	2000	10000	3000	Rett	
	2000	10000	3000	2000	9424	3000	Rett	
1	2576	2110	3000	2110	2576	3000	Sirkulær	-466
	2110	2576	3000	2000	2576	3000	Rett	
	2000	2576	3000	2000	2000	3000	Rett	
	2000	2000	3000	2576	2000	3000	Rett	
	2576	2000	3000	2576	2110	3000	Rett	

1.5.5. Nødvendig armering - segmenter

Seg Nr.	x [mm]	ASU [mm ²]	ASO [mm ²]	AS [mm ²]	ASUn [mm ²]	ASOn [mm ²]	ASn [mm ²]	AB [mm ² /m]	ABn [mm ² /m]	Kap
1	0	452	452	905	242	242	484	931	931	0,58
	300	452	452	905	242	242	484	931	931	0,48
	600	452	452	905	242	242	484	931	931	0,38
	900	452	452	905	242	242	484	931	931	0,35

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

	1200	452	452	905	242	242	484	931	931	0,41
	1500	452	452	905	309	309	618	931	931	0,47
	1800	452	452	905	445	445	889	931	931	0,52
	2100	452	452	905	242	242	484	931	931	0,61
	2400	452	452	905	242	242	484	931	931	0,71
	2700	452	452	905	248	248	495	931	931	0,80
	3000	452	452	905	248	248	495	931	931	0,89
3	0	452	452	905	242	242	484	931	931	0,58
	300	452	452	905	242	242	484	931	931	0,48
	600	452	452	905	242	242	484	931	931	0,38
	900	452	452	905	242	242	484	931	931	0,35
	1200	452	452	905	242	242	484	931	931	0,41
	1500	452	452	905	309	309	618	931	931	0,47
	1800	452	452	905	445	445	889	931	931	0,52
	2100	452	452	905	242	242	484	931	931	0,61
	2400	452	452	905	242	242	484	931	931	0,71
	2700	452	452	905	248	248	496	931	931	0,80
	3000	452	452	905	248	248	496	931	931	0,89
4	0	452	452	905	242	242	484	931	931	0,58
	300	452	452	905	242	242	484	931	931	0,48
	600	452	452	905	242	242	484	931	931	0,38
	900	452	452	905	242	242	484	931	931	0,35
	1200	452	452	905	242	242	484	931	931	0,41
	1500	452	452	905	309	309	618	931	931	0,47
	1800	452	452	905	445	445	890	931	931	0,52
	2100	452	452	905	242	242	484	931	931	0,61
	2400	452	452	905	242	242	484	931	931	0,71
	2700	452	452	905	248	248	497	931	931	0,80
	3000	452	452	905	248	248	497	931	931	0,89
6	0	452	452	905	242	242	484	931	931	0,58
	300	452	452	905	242	242	484	931	931	0,48
	600	452	452	905	242	242	484	931	931	0,38
	900	452	452	905	242	242	484	931	931	0,35
	1200	452	452	905	242	242	484	931	931	0,41
	1500	452	452	905	309	309	619	931	931	0,47
	1800	452	452	905	445	445	890	931	931	0,52
	2100	452	452	905	242	242	484	931	931	0,61
	2400	452	452	905	242	242	484	931	931	0,71
	2700	452	452	905	248	248	496	931	931	0,80
	3000	452	452	905	248	248	496	931	931	0,89

Kolonne:	Forklaring:
x	- avstand fra segmentets startpunkt
ASU	- innlagt lengdearmring i underkant
ASO	- innlagt lengdearmring i overkant
AS	- innlagt lengdearmring totalt

ASUn	- nødvendig lengdearmering i underkant
ASOn	- nødvendig lengdearmering i overkant
ASn	- nødvendig lengdearmering totalt
AB	- innlagt bøylearmering
ABn	- nødvendig bøylearmering
Kap	- Kapasitetsutnyttelse

1.5.6. Nødvendig arealarmering - skall

Sk Nr.	PosX [mm ²]	PosY [mm ²]	ASUx [mm ²]	ASUy [mm ²]	ASOx [mm ²]	ASOy [mm ²]	ASx [mm ²]	ASy [mm ²]	ASUnx [mm ²]	ASUny [mm ²]	ASOnx [mm ²]	ASOny [mm ²]	ASnx [mm ²]	ASny [mm ²]	Kap
1	-4000	-4000	2471	2471	2471	3142	4943	5613	0	0	2193	1990	2193	1990	0,86
1	-4000	4000	2471	2471	2471	3142	4943	5613	0	0	2194	1987	2194	1987	0,86
1	4000	-4000	2471	2471	2471	3142	4943	5613	0	0	2195	1989	2195	1989	0,86
1	4000	4000	2471	2471	2471	3142	4943	5613	0	0	2193	1990	2193	1990	0,86
1	-4000	3674	2471	2471	2471	3142	4943	5613	761	78	33	761	794	839	0,59

Kolonne: Forklaring:

PosX	- X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
PosY	- Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
ASUx	- innlagt lengdearmering i underkant i x-retning
ASUy	- innlagt lengdearmering i underkant i y-retning
ASOx	- innlagt lengdearmering i overkant i x-retning
ASOy	- innlagt lengdearmering i overkant i y-retning
ASx	- innlagt lengdearmeringsareal totalt i x-retningen
ASy	- innlagt lengdearmeringsareal totalt i y-retningen
ASUnx	- nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i underkant
ASUny	- nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i underkant
ASOnx	- nødvendig lengdearmeringsareal i x-retningen i overkant
ASOny	- nødvendig lengdearmeringsareal i y-retningen i overkant
ASnx	- nødvendig lengdearmeringsareal totalt i x-retningen
ASny	- nødvendig lengdearmeringsareal totalt i y-retningen
Kap	- Kapasitetsutnyttelse

1.5.6. Nødvendig skjærarmering - skall

Sk Nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	s_r [mm]	u_0 [mm]	u_1 [mm]	Avst. u_1 [mm]	u_out [mm]	Avst. u_out [mm]	V_Ed [kN]	Beta	Omkrets nr.	Avst. [mm]	A_swn [mm ²]
1	-4000,0	-4000,0	171	220	936	456	823	96	116,09	1,50	1	96	71
											2	96	71
											3	96	71
											4	96	71
1	4000,0	-4000,0	171	220	936	456	823	96	116,09	1,50	1	96	71
											2	96	71
											3	96	71
											4	96	71
1	4000,0	4000,0	171	220	936	456	823	96	116,09	1,50	1	96	71
											2	96	71
											3	96	71
											4	96	71

1	-4000,0	4000,0	171	220	936	456	823	96	116,09	1,50	1	96	71
											2	96	71
											3	96	71
											4	96	71

Kolonne: Forklaring:

PosX	- X-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
PosY	- Y-koordinat i skallets lokale koordinatsystem
s_r	- maksimal radiell senteravstand mellom omkretsene av skjærarmeringsbein
u_0	- omkrets av lastflaten
u_1	- omkrets av kritisk kontrollsnitt
Avst. u_1	- avstand fra lastflaten til kritisk kontrollsnitt
u_out	- omkrets av ytre kontrollsnitt hvor skjærarmering ikke lenger er påkrevd
Avst. u_out	- avstand fra lastflaten til ytre kontrollsnitt
V_Ed	- dimensjonerende skjærkraft
Beta	- multiplikasjonsfaktor for skjærkraft
Omkrets nr.	- nummer på den aktuelle omkretsen av skjærarmeringsbein
Avst.	- avstand fra lastflaten til den aktuelle omkretsen av skjærarmeringsbein
A_swn	- nødvendig skjærarmeringsareal rundt denne omkretsen, uten hensyn til minste tangentiell senteravstand eller minste tverrsnittsareal av skjærarmeringsbein.

1.6. LASTKOMBINASJON

Forskyvninger beregnet for lastkombinasjon

- (4) Bruks: 1,00·<kt> +
1,00·Egenlast +
1,00·Nyttelast

Grensetilstand: Bruks

Lasttilfeller: 1,00 * <Konstruksjonens tyngde>
1,00 * Egenlast
1,00 * Nyttelast (Dominerende)

Snittkrefter beregnet for alle lastkombinasjoner bestående av:

- (1) Brudd: 1,00·<kt> +
1,00·Egenlast

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,00 * <Konstruksjonens tyngde>
1,00 * Egenlast

- (2) Brudd: 1,35·<kt> +
1,35·Egenlast +
0,95·Nyttelast

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,35 * <Konstruksjonens tyngde>
1,35 * Egenlast
0,95 * Nyttelast (Dominerende)

- (3) Brudd: 1,00·<kt> +
1,00·Egenlast +
1,17·Nyttelast

Grensetilstand: Brudd

Lasttilfeller: 1,00 * <Konstruksjonens tyngde>
1,00 * Egenlast
1,17 * Nyttelast (Dominerende)

2. BEREGNINGER

2.1. KNOTEPUNKTSRESULTATER

2.1.1. Forskyvninger

Nr.	u [mm]	v [mm]	w [mm]	rotX [°]	rotY [°]	rotZ [°]
1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
2	0,0	0,1	-0,5	-0,4	0,4	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
6	0,1	0,0	-0,5	-0,4	-0,4	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,0
8	0,1	0,0	-0,5	0,4	0,4	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
12	0,1	0,0	-0,5	0,4	-0,4	0,0

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

2.2. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lasttilfelle	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	10000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-5,29	9,70	111,63	-9,62	0,00	-0,02
				3 Nyttelast	-1,57	2,87	32,00	-2,85	0,00	-0,01
				4 Egenlast	-0,39	0,72	8,00	-0,71	0,00	0,00
1 (Seg)	2000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	5,28	9,69	111,63	-9,60	0,00	0,02
				3 Nyttelast	1,57	2,87	32,00	-2,84	0,00	0,01
				4 Egenlast	0,39	0,72	8,00	-0,71	0,00	0,00
4 (Seg)	2000	10000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	5,29	-9,70	111,63	9,62	0,00	-0,02
				3 Nyttelast	1,57	-2,87	32,00	2,85	0,00	-0,01
				4 Egenlast	0,39	-0,72	8,00	0,71	0,00	0,00
6 (Seg)	10000	10000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-5,29	-9,70	111,63	9,60	0,00	0,02
				3 Nyttelast	-1,57	-2,87	32,00	2,85	0,00	0,01
				4 Egenlast	-0,39	-0,72	8,00	0,71	0,00	0,00

2.3. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lastkombinasjon	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	10000	2000	0	1 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast	-5,68	10,42	119,63	-10,34	0,00	-0,02

				2 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	-9,15	16,78	191,73	-16,65	0,00	-0,03
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	-7,51	13,78	157,07	-13,67	0,00	-0,03
1 (Seg)	2000	2000	0	1 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	5,67	10,41	119,63	-10,31	0,00	0,02
				2 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	9,14	16,77	191,75	-16,61	0,00	0,04
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	7,50	13,77	157,08	-13,64	0,00	0,03
4 (Seg)	2000	10000	0	1 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	5,68	-10,41	119,63	10,33	0,00	-0,02
				2 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	9,15	-16,77	191,73	16,64	0,00	-0,03
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	7,52	-13,78	157,06	13,67	0,00	-0,03
6 (Seg)	10000	10000	0	1 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	-5,68	-10,41	119,63	10,32	0,00	0,02
				2 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	-9,14	-16,77	191,75	16,61	0,00	0,04
				3 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast + 1,17-Nyttelast	-7,51	-13,78	157,07	13,64	0,00	0,03

3. KAPASITETSKONTROLL

3.1. EN 1992 UTNYTTELSESGRAD, SEGMENTER

Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Riss	Info
1	0	0,58(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,48(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,38(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,35(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,41(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,47(2)	0,24(2)	0,06(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,52(2)	0,24(2)	0,11(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,61(2)	0,24(2)	0,17(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,71(2)	0,24(2)	0,24(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,80(2)	0,24(2)	0,33(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,89(2)	0,24(2)	0,43(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3	0	0,58(2)	0,24(2)	
300		0,48(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
600		0,38(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
900		0,35(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
1200		0,41(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
1500		0,47(2)	0,24(2)	0,06(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen

	1800	0,52(2)	0,24(2)	0,11(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,61(2)	0,24(2)	0,17(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,71(2)	0,24(2)	0,24(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,80(2)	0,24(2)	0,33(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,89(2)	0,24(2)	0,43(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
4	0	0,58(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,48(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,38(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,35(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,41(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,47(2)	0,24(2)	0,06(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,52(2)	0,24(2)	0,11(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,61(2)	0,24(2)	0,17(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,71(2)	0,24(2)	0,24(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,80(2)	0,24(2)	0,34(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,89(2)	0,24(2)	0,43(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
6	0	0,58(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	300	0,48(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	600	0,38(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	900	0,35(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1200	0,41(2)	0,24(2)		EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1500	0,47(2)	0,24(2)	0,06(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	1800	0,52(2)	0,24(2)	0,11(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om y-aksen
	2100	0,61(2)	0,24(2)	0,17(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2400	0,71(2)	0,24(2)	0,24(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	2700	0,80(2)	0,24(2)	0,33(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen
	3000	0,89(2)	0,24(2)	0,43(4)	EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.1. EN 1992 UTNYTTELSESGRAD, SKALL

Skall nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Bøy/Aks	Skjær	Riss	Info
1	-4000	-4000	0,86(2)	0,59(2)	0,62(4)	
	-4000	4000	0,86(2)	0,59(2)	0,62(4)	
	4000	-4000	0,86(2)	0,59(2)	0,62(4)	
	4000	4000	0,86(2)	0,59(2)	0,62(4)	

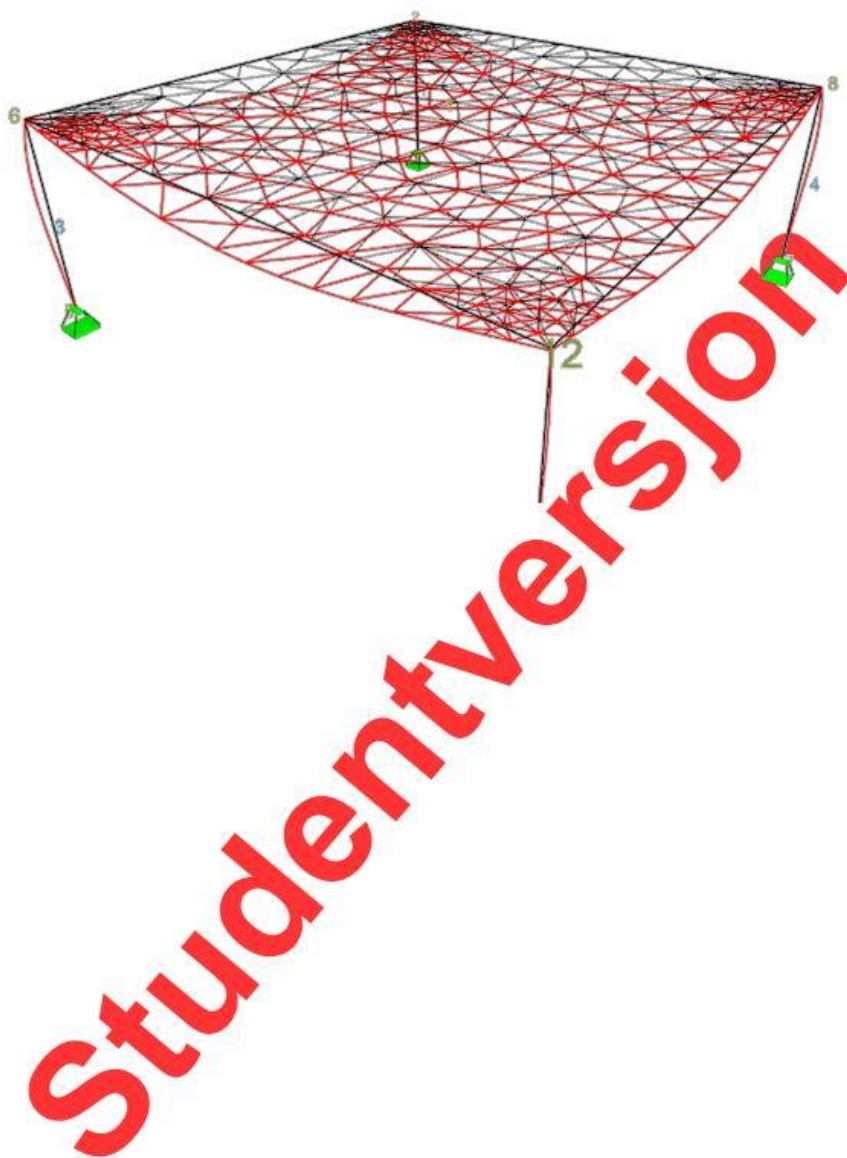
Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.2. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 88,90 % (EN 1992-1-1 6.1; MN-diagram, bøyning om z-aksen)

Studentversjon



Største forskyvning: 31,7 mm

Focus Konstruksjon 2019 Versjon 19.4.0.0 Focus Software	Betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]	FIL C:\Users\Wilde Lillevedt\OneDrive - NTNU\Bachelor\Fokus dimensjonering av spenn i limtre og betong\Dekker til oppgaver\DENNE B90 spenn 8x8m - (Gjeldene).fkon	
	Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	DATO 11.05.2019 - 22.55.34	SIGN

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

Vedlegg AG– Massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]

Massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]

Beregning utført: 11.05.2019 23.05.11

Focus Konstruksjon 2019

INNHALDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG	2
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER	3
1.1. TVERRSNITTSDATA	4
1.2. MATERIALDATA	4
1.3. SEGMENTDATA	5
1.3.1. Segmentdata EN 1995	5
1.4. SKALLDATA	6
1.4.2. Skalldata kontur	6
1.4.4. Skalldata EN 1995	6
1.5. LASTTILFELLER	6
1.5.1 Lasttilfeller	6
1.5.2 Lasttilfeller flatelasters kontur	7
2. BEREGNINGER	7
2.1. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE	7
2.2. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON	7
3. KAPASITETSKONTROLL	8
3.1. EN 1995 UTNYTTTELSESGRAD	8
3.1. EN 1995 UTNYTTTELSESGRAD, SKALL	10
3.2. KAPASITETSKART	11
Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	12

Studentversjon

0. SAMMENDRAG

Modell

Antall segmenter: 8

Antall skall: 1

Antall knutepunkt: 8

Analyse

Antall lastkombinasjoner (krefter): 5

Antall lastkombinasjoner (forskyvninger): 1

Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 30,4 mm (Skallnr. 1)

Største N: -83,90 kN (Segmentnr. 1)

Største Vy: -15,94 kN (Segmentnr. 6)

Største Vz: 12,87 kN (Segmentnr. 6)

Største Mx: -0,28 kN·m (Segmentnr. 5)

Største My: -38,61 kN·m (Segmentnr. 6)

Største Mz: -33,81 kN·m (Segmentnr. 6)

Største Nx: -15,54 kN/m (Skallnr. 1)

Største Ny: -9,02 kN/m (Skallnr. 1)

Største Nxy: -6,87 kN/m (Skallnr. 1)

Største Mx: 56,76 kNm/m (Skallnr. 1)

Største My: 63,05 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Mxy: -10,48 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Vz: -77,63 kN/m (Skallnr. 1)

Største Vzy: 68,90 kN/m (Skallnr. 1)

Verste lastkombinasjon

for forskyvning: (6) Bruks: $1,00 \cdot <kt> + 1,00 \cdot \text{Egenlast} + 1,00 \cdot \text{Nyttelast}$

for N: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vz: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vy: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for My: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mz: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mx: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Nx: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Ny: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Nxy: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mx: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for My: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Mxy: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vz: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

for Vzy: (2) Brudd: $1,20 \cdot <kt> + 1,20 \cdot \text{Egenlast} + 1,35 \cdot \text{Nyttelast}$

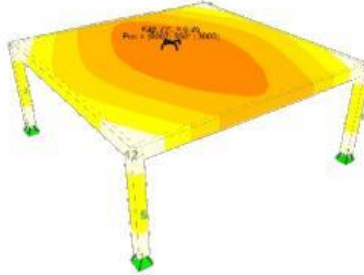
Kapasitet

Største kapasitetsutnyttelse: 90,52 %

Info: Bøyning/Aksial

1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER





Bildene viser: 1) Konstruksjon med laster, 2) Kapasitetskontroll, 3) Forskyvningskontroll

1.1. TVERRSNITTSDATA

Nr.	Navn	Parametre	
1	Limtre 140x366	A [mm ²]	51240
		I _x [mm ⁴]	2,5409e+008
		I _y [mm ⁴]	5,7199e+008
		I _z [mm ⁴]	8,3692e+007
		Total vekt [kN]	6,92
2	Limtre 300x300	A [mm ²]	90000
		I _x [mm ⁴]	9,9900e+008
		I _y [mm ⁴]	6,7500e+008
		I _z [mm ⁴]	6,7500e+008
		Total vekt [kN]	4,56

1.2. MATERIALDATA

1 GL30c, Limtre	Material: Limtre
Varmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 4,22 kN/m ³
Fasthetsklasse: GL30c	Lamellykkelse: 45,0 mm
Sprekkfaktor k _{cr} : 0,80	Total vekt: 11,47 kN

Karakteristiske fasthetsparametre:

f _{mk} = 30,00 N/mm ²	f _{vk} = 3,50 N/mm ²
f _{t0k} = 19,50 N/mm ²	f _{c0k} = 24,50 N/mm ²

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

f_{t90k} = 0,50 N/mm²f_{c90k} = 2,50 N/mm²**2 Massivtre_350**Varmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C⁻¹

Antall sjikt: 7

Sjikttykkelse X, indre: 50,0 mm
Fasthetsklasse X, indre: C14Tyngdetetthet: 4,12 kN/m³
Sjikttykkelse X, ytre: 50,0 mm
Fasthetsklasse X, ytre: C24
Sjikttykkelse Y: 50,0 mm
Fasthetsklasse Y: C14
Total vekt: 92,29 kN

Karakteristiske fasthetsparametre:

f_{mk}, X, ytre = 24,00 N/mm²
f_{mk}, X, indre = 14,00 N/mm²
f_{mk}, Y = 14,00 N/mm²
f_{t0k}, X, ytre = 14,50 N/mm²
f_{t0k}, X, indre = 7,20 N/mm²
f_{t0k}, Y = 7,20 N/mm²f_{vk}, X, ytre = 4,00 N/mm²
f_{vk}, X, indre = 3,00 N/mm²
f_{vk}, Y = 3,00 N/mm²
f_{c0k}, X, ytre = 21,00 N/mm²
f_{c0k}, X, indre = 16,00 N/mm²
f_{c0k}, Y = 16,00 N/mm²**1.3. SEGMENTDATA**

Seg Nr.	Kn.pkt 1	Kn.pkt 2	Tvsn 1	Tvsn 2	Material	Type / Form	Rot. [°]	Uend. stiv?
1	1	2	Limtre 300x300	Limtre 300x300	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
3	5	6	Limtre 300x300	Limtre 300x300	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
4	7	8	Limtre 300x300	Limtre 300x300	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
6	11	12	Limtre 300x300	Limtre 300x300	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
5	12	8	Limtre 140x366	Limtre 140x366	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
6	2	6	Limtre 140x366	Limtre 140x366	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
7	6	12	Limtre 140x366	Limtre 140x366	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
8	2	8	Limtre 140x366	Limtre 140x366	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei

1.3.1. Segmentdata EN 1995

Seg. nr	Mat.faktor Gamma_M	Klima-klasse	k _{sys}	L _{ky} [mm]	L _{kz} [mm]	L _{ef} [mm]	Stivhetsparametre [N/mm ²]
1	1,15	2	1,00	3000	3000	3000	Permanent: E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002 Nyttelast kat. A: E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002
3	1,15	2	1,00	3000	3000	3000	Nyttelast kat. A: E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002 Permanent: E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002
4	1,15	2	1,00	3000	3000	3000	Nyttelast kat. A: E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002 Permanent: E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002
6	1,15	2	1,00	3000	3000	3000	Permanent: E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002 Nyttelast kat. A: E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002

5	1,15	2	1,00	8000	8000	8000	Nyttelast kat. A:	E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002
							Permanent:	E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002
6	1,15	2	1,00	8000	8000	8000	Nyttelast kat. A:	E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002
							Permanent:	E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002
7	1,15	2	1,00	8000	8000	8000	Nyttelast kat. A:	E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002
							Permanent:	E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002
8	1,15	2	1,00	8000	8000	8000	Permanent:	E = 7,2222e+003 G = 3,6111e+002
							Nyttelast kat. A:	E = 1,0484e+004 G = 5,2419e+002

1.4. SKALLDATA

Skall Nr.	Tykkelse [mm]	Areal [m ²]	Material	Type	X-vektor	Z-vektor	Uendelig stivhet?
1	350	64,000	Massivtre_350	Plate	[0,00; 1,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei

1.4.2. Skalldata kontur

Skall Nr.	Kn.pkt A	Kn.pkt B	LineType	Radius / Pli høyde [mm]
1	2	8	Rett	
1	8	12	Rett	
1	12	6	Rett	
1	6	2	Rett	

1.4.4. Skalldata EN 1995

Skall nr.	Mat.faktor Gamma_M	Klima-klasse	k_sys
1	1,25	2	1,00

1.5. LASTTILFELLER

1.5.1 Lasttilfeller

3 Nyttelast

Lasttype: Nyttelast kat. A: Boliger
 Lastvarighet: Langtidslast
 1 Flatelast P = 2,00 kN/m²
 X (origo) = 6000 mm Y (origo) = 6000 mm Z (origo) = 3000 mm
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

4 Egenlast

Lasttype: Permanent last

Lastvarighet: Permanent
 1 Flatelast P = 0,50 kN/m²
 X (origo) = 6000 mm Y (origo) = 6000 mm Z (origo) = 3000 mm
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

1.5.2 Lasttilfeller flatelasters kontur

Skall Nr.	Pnkt. A X [mm] Y [mm] Z [mm]			Pnkt. B X [mm] Y [mm] Z [mm]			Linjetype	Radius / Pilhøyde [mm]
1	2000	2000	3000	2000	10000	3000	Rett	
	2000	10000	3000	10000	10000	3000	Rett	
	10000	10000	3000	10000	2000	3000	Rett	
	10000	2000	3000	2000	2000	3000	Rett	
1	2000	2000	3000	2000	10000	3000	Rett	
	2000	10000	3000	10000	10000	3000	Rett	
	10000	10000	3000	10000	2000	3000	Rett	
	10000	2000	3000	2000	2000	3000	Rett	

2. BEREGNINGER

2.1. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lasttilfelle	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	10000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-3,80	4,74	25,93	-4,14	0,00	0,00
				3 Nyttelast	-5,00	6,19	31,99	-5,41	0,00	0,00
				4 Egenlast	-1,25	1,55	8,00	-1,35	0,00	0,00
1 (Seg)	2000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	3,81	4,72	25,95	-4,12	0,00	0,00
				3 Nyttelast	5,02	6,16	32,01	-5,39	0,00	0,00
				4 Egenlast	1,26	1,54	8,00	-1,35	0,00	0,00
4 (Seg)	2000	10000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	3,80	-4,70	25,93	4,13	0,00	0,00
				3 Nyttelast	5,01	-6,15	31,99	5,40	0,00	0,00
				4 Egenlast	1,25	-1,54	8,00	1,35	0,00	0,00
6 (Seg)	10000	10000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-3,82	-4,75	25,95	4,18	0,00	0,00
				3 Nyttelast	-5,02	-6,21	32,01	5,46	0,00	0,00
				4 Egenlast	-1,26	-1,55	8,00	1,36	0,00	0,00

2.2. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lastkombinasjon	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	10000	2000	0	1 Brudd: 1,00·<kt> + 1,00·Egenlast	-5,05	6,28	33,93	-5,49	0,00	0,00
				2 Brudd: 1,20·<kt> + 1,20·Egenlast + 1,35·Nyttelast	-12,82	15,90	83,91	-13,90	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,35·<kt> + 1,00·Egenlast	-6,38	7,94	43,01	-6,94	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,00·<kt> + 1,20·Egenlast + 1,35·Nyttelast	-12,06	14,95	78,72	-13,07	0,00	0,00

				5 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	-11,55	14,33	76,04	-12,53	0,00	0,00
1 (Seg)	2000	2000	0	1 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	5,07	6,26	33,95	-5,47	0,00	0,00
				2 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	12,86	15,83	83,97	-13,84	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,35 <kt> + 1,00-Egenlast	6,40	7,91	43,04	-6,91	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,00 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	12,10	14,89	78,78	-13,01	0,00	0,00
				5 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	11,59	14,27	76,09	-12,48	0,00	0,00
4 (Seg)	2000	10000	0	1 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	5,06	-6,24	33,93	5,49	0,00	0,00
				2 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	12,83	-15,78	83,89	13,88	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,35 <kt> + 1,00-Egenlast	6,39	-7,89	43,00	6,93	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,00 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	12,07	-14,84	78,70	13,05	0,00	0,00
				5 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	11,56	-14,23	76,02	12,51	0,00	0,00
6 (Seg)	10000	10000	0	1 Brudd: 1,00 <kt> + 1,00-Egenlast	-5,07	-6,30	33,95	5,54	0,00	0,00
				2 Brudd: 1,20 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	-12,87	-15,94	83,95	14,01	0,00	0,00
				3 Brudd: 1,35 <kt> + 1,00-Egenlast	-6,41	-7,96	43,03	7,00	0,00	0,00
				4 Brudd: 1,00 <kt> + 1,20-Egenlast + 1,35-Nyttelast	-12,11	-14,99	78,76	13,18	0,00	0,00
				5 Brudd: 1,35 <kt> + 1,35-Egenlast + 0,95-Nyttelast	-11,60	-14,37	76,08	12,63	0,00	0,00

3. KAPASITETSKONTROLL

3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD

Seg. nr	Snitt (mm)	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Tv.str	Info
1	0	0,22(2)	0,15(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	300	0,20(2)	0,15(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,19(2)	0,15(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,20(2)	0,15(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,28(2)	0,15(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,36(2)	0,15(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,44(2)	0,15(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,52(2)	0,15(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,61(2)	0,15(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,69(2)	0,15(2)		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)

	3000	0,77(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
3	0	0,22(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	300	0,20(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,19(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,20(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,28(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,36(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,44(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,52(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,61(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,69(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,77(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
4	0	0,22(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	300	0,20(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,19(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,20(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,28(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,36(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,44(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,52(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,60(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,69(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,77(2)	0,15(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
6	0	0,22(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	300	0,20(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,19(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,20(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,28(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,36(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,44(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,53(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,61(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,69(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,77(2)	0,16(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
5	0	0,31(2)	0,20(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	800	0,17(2)	0,20(2)	EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V _z
	1600	0,13(2)	0,12(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	2400	0,25(2)	0,07(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3200	0,33(2)	0,04(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4000	0,37(2)	0,01(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4800	0,35(2)	0,01(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	5600	0,31(2)	0,04(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)

Studentversion - Ikke for kommersielt bruk

	6400	0,20(2)	0,07(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	7200	0,06(2)	0,13(2)	EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	8000	0,31(2)	0,19(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
6	0	0,31(2)	0,20(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	800	0,17(2)	0,20(2)	EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	1600	0,12(2)	0,12(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	2400	0,26(2)	0,07(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3200	0,33(2)	0,03(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4000	0,37(2)	0,01(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4800	0,36(2)	0,01(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	5600	0,31(2)	0,03(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	6400	0,19(2)	0,08(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	7200	0,05(2)	0,13(2)	EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	8000	0,31(2)	0,20(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
7	0	0,25(2)	0,12(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	800	0,18(2)	0,12(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1600	0,11(2)	0,08(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	2400	0,19(2)	0,05(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3200	0,26(2)	0,03(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4000	0,28(2)	0,01(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4800	0,27(2)	0,01(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	5600	0,23(2)	0,02(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	6400	0,15(2)	0,05(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	7200	0,07(2)	0,08(2)	EN 1995-1-1 6.1.7 (6.13); V_z
	8000	0,25(2)	0,12(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
8	0	0,25(2)	0,12(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	800	0,18(2)	0,12(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1600	0,11(2)	0,08(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	2400	0,19(2)	0,05(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3200	0,25(2)	0,03(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4000	0,28(2)	0,01(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	4800	0,27(2)	0,01(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	5600	0,23(2)	0,02(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	6400	0,16(2)	0,04(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	7200	0,07(2)	0,07(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	8000	0,26(2)	0,12(2)	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)

Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD, SKALL

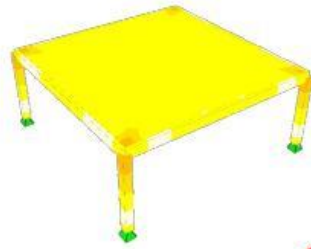
Skall nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Bøy/Aks	Skjær	Info
1	-4000	-4000	0,89(2)	0,83(2)	Spenningskontroll
	-4000	4000	0,87(2)	0,82(2)	Spenningskontroll

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

4000	-4000	0,91(2)	0,83(2)	Spenningskontroll
4000	4000	0,76(2)	0,76(2)	Spenningskontroll

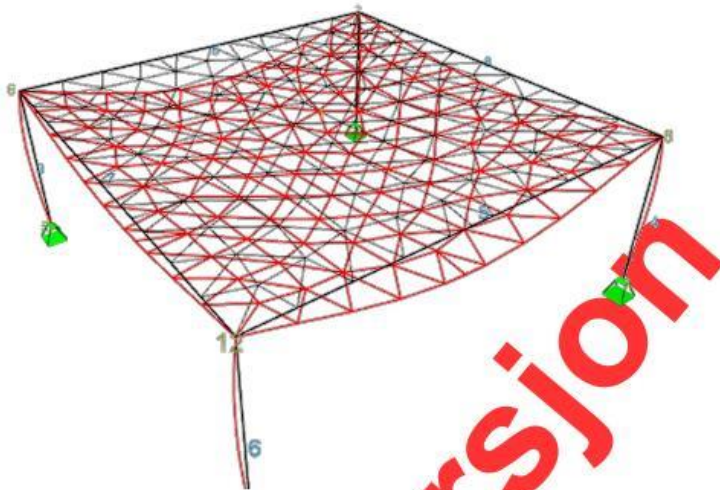
Tall i parentes er nummer på lastkombinasjonen som tilhørende verdi er hentet fra

3.2. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 90,52 % (Bøyning/Aksial)

Studentversjon



Studentversjon

Største forskyvning: 30,4 mm

Focus Konstruksjon 2019 Versjon 19.4.0.0 Focus Software	Massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]	FIL C:\Users\Wilde Lillevedt\OneDrive - NTNU\Bachelor\Fokus dimensjonering av spenn i limtre og betong\Dekker til oppgaver\DENNE-Massivtre 8x8m spenn (Gjeldende).fkon	
	Forskyvning / <Alle komb. Brudd>	DATO 11.05.2019 - 23.05.14	SIGN

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

Vedlegg AH – Massivtrekonstruksjon 8x8 [m] - Branndimensjonering

Massivtrekonstruksjon 8x8 [m] - Branndimensjonering

Beregning utført: 11.05.2019 23.20.35

Focus Konstruksjon 2019

INNHALDSFORTEGNELSE

0. SAMMENDRAG	2
1. KONSTRUKSJONSMODELL OG LASTER	2
1.1. TVERRSNITTSDATA	4
1.2. MATERIALDATA	4
1.3. SEGMENTDATA	5
1.3.1. Segmentdata EN 1995	5
1.4. SKALLDATA	5
1.4.2. Skalldata kontur	6
1.4.4. Skalldata EN 1995	6
1.5. LASTTILFELLER	6
1.5.1 Lasttilfeller	6
1.5.2 Lasttilfeller flatelasters kontur	6
2. BEREGNINGER	6
2.1. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE	6
2.2. OPPLÈGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON	7
3. KAPASITETSKONTROLL	7
3.1. EN 1995 UTNYTTTELSESGRAD	7
3.1. EN 1995 UTNYTTTELSESGRAD, SKALL	9
3.2. KAPASITETSKART	9
Forskyvning / LC1 Brann	11
Kapasitetskart / LC1 Brann	12

Studentversjon

0. SAMMENDRAG

Modell

Antall segmenter: 8

Antall skall: 1

Antall knutepunkt: 8

Analyse

Antall lastkombinasjoner: 1

Forskyvning / snittkrefter

Største forskyvning: 20,5 mm (Skallnr. 1)

Største N: -40,38 kN (Segmentnr. 3)

Største Vy: 6,74 kN (Segmentnr. 3)

Største Vz: -5,75 kN (Segmentnr. 4)

Største Mx: -0,06 kN·m (Segmentnr. 5)

Største My: 17,25 kN·m (Segmentnr. 4)

Største Mz: 14,05 kN·m (Segmentnr. 3)

Største Nx: -8,15 kN/m (Skallnr. 1)

Største Ny: -4,41 kN/m (Skallnr. 1)

Største Nxy: -3,39 kN/m (Skallnr. 1)

Største Mx: 26,09 kNm/m (Skallnr. 1)

Største My: 30,22 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Mxy: -4,67 kNm/m (Skallnr. 1)

Største Vzx: 37,13 kN/m (Skallnr. 1)

Største Vzy: 31,75 kN/m (Skallnr. 1)

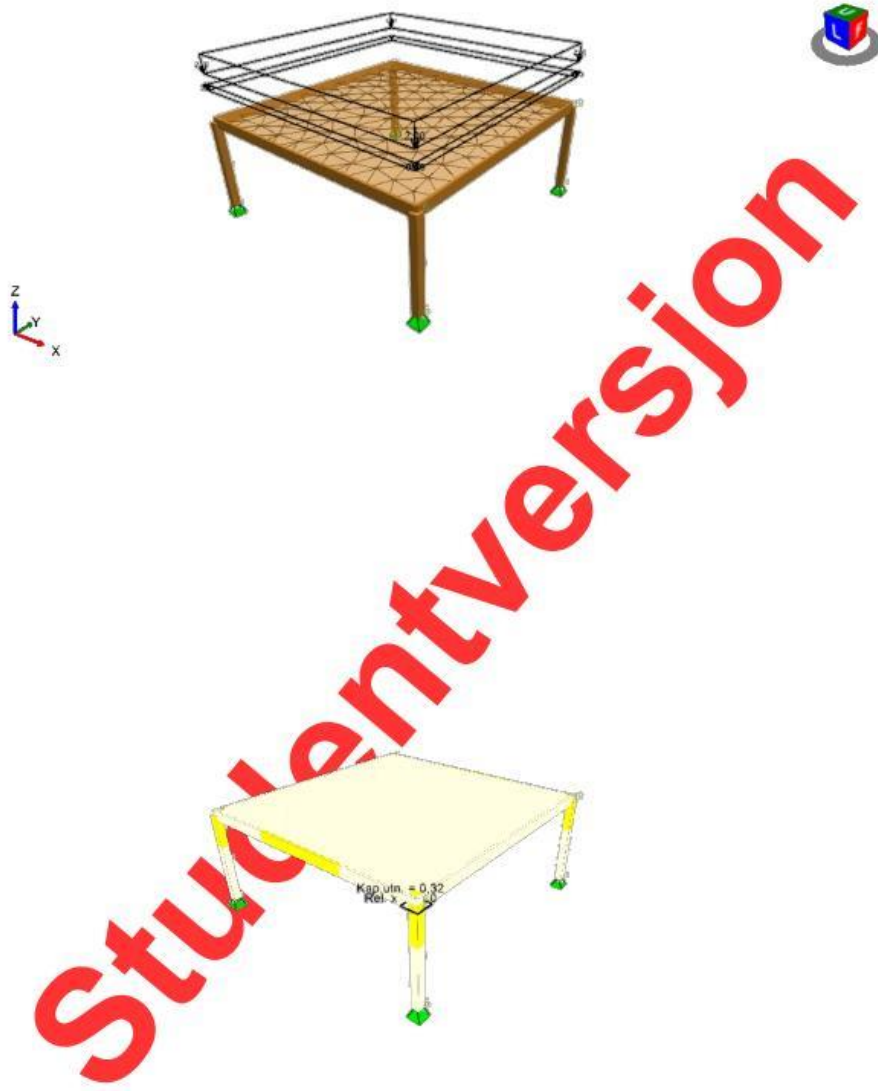
Kapasitet

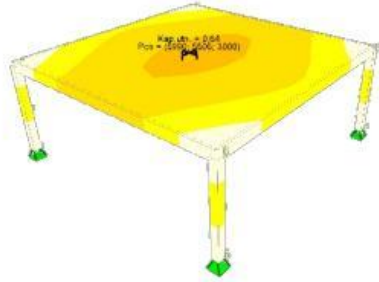
Største kapasitetsutnyttelse: 32,13 %

Info: EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)

1. KONSTRUKSJONSMODELLOG LASTER

Studentversjon





Bildene viser: 1) Konstruksjonen med laster, 2) Kapasitetskontroll, 3) Forskyvningskontroll

1.1. TVERRSNITTSDATA

Nr.	Navn	Parametre	
1	Limtre 84x338	A [mm ²]	28392
		I _x [mm ⁴]	5,6323e+007
		I _y [mm ⁴]	2,7030e+008
		I _z [mm ⁴]	1,6694e+007
		Total vekt [kN]	3,83
2	Limtre 244x244	A [mm ²]	59536
		I _x [mm ⁴]	4,3716e+008
		I _y [mm ⁴]	2,9538e+008
		I _z [mm ⁴]	2,9538e+008
		Total vekt [kN]	3,01

1.2. MATERIALDATA

1 GL30c, Limtre	Material: Limtre
Varmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C ⁻¹	Tyngdetetthet: 4,22 kN/m ³
Fasthetsklasse: GL30c	Lamelltykkelse: 45,0 mm
Sprekkfaktor k _{cr} : 0,80	Total vekt: 6,85 kN

Karakteristiske fasthetsparametre:

f _{mk} = 30,00 N/mm ²	f _{vk} = 3,50 N/mm ²
f _{t0k} = 19,50 N/mm ²	f _{c0k} = 24,50 N/mm ²

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

f_{t90k} = 0,50 N/mm²f_{c90k} = 2,50 N/mm²**2 Massivtre_320**Varmeutv.koeff.: 5,00e-006 °C⁻¹

Antall sjikt: 7

Sjikttykkelse X, indre: 50,0 mm
Fasthetsklasse X, indre: C14Tyngdetetthet: 4,12 kN/m³
Sjikttykkelse X, ytre: 50,0 mm
Fasthetsklasse X, ytre: C24
Sjikttykkelse Y: 40,0 mm
Fasthetsklasse Y: C14
Total vekt: 84,38 kN

Karakteristiske fasthetsparametre:

f_{mk}, X, ytre = 24,00 N/mm²
f_{mk}, X, indre = 14,00 N/mm²
f_{mk}, Y = 14,00 N/mm²
f_{t0k}, X, ytre = 14,50 N/mm²
f_{t0k}, X, indre = 7,20 N/mm²
f_{t0k}, Y = 7,20 N/mm²f_{vk}, X, ytre = 4,00 N/mm²
f_{vk}, X, indre = 3,00 N/mm²
f_{vk}, Y = 3,00 N/mm²
f_{c0k}, X, ytre = 21,00 N/mm²
f_{c0k}, X, indre = 16,00 N/mm²
f_{c0k}, Y = 16,00 N/mm²**1.3. SEGMENTDATA**

Seg Nr.	Kn.pkt 1	Kn.pkt 2	Tvsn 1	Tvsn 2	Material	Type / Form	Rot. [°]	Uend. stiv?
1	1	2	Limtre 244x244	Limtre 244x244	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
3	5	6	Limtre 244x244	Limtre 244x244	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
4	7	8	Limtre 244x244	Limtre 244x244	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
6	11	12	Limtre 244x244	Limtre 244x244	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
5	12	8	Limtre 84x338	Limtre 84x338	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
6	2	6	Limtre 84x338	Limtre 84x338	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
7	6	12	Limtre 84x338	Limtre 84x338	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei
8	2	8	Limtre 84x338	Limtre 84x338	GL30c, Limtre	Rett bjelke		Nei

1.3.1. Segmentdata EN 1995

Seg. nr	Mat.faktor Gamma_M	Klima-klasse	k _{sys}	L _{ky} [mm]	L _{kz} [mm]	L _{ef} [mm]	Stivhetsparametre [N/mm ²]
1	1,00	2	1,00	3000	3000	3000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002
3	1,00	2	1,00	3000	3000	3000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002
4	1,00	2	1,00	3000	3000	3000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002
6	1,00	2	1,00	3000	3000	3000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002
5	1,00	2	1,00	8000	8000	8000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002
6	1,00	2	1,00	8000	8000	8000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002
7	1,00	2	1,00	8000	8000	8000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002
8	1,00	2	1,00	8000	8000	8000	E = 1,2420e+004 G = 6,2100e+002

1.4. SKALLDATA

Skall Nr.	Tykkelse [mm]	Areal [m ²]	Material	Type	X-vektor	Z-vektor	Uendelig stivhet?
1	320	64,000	Massivtre_320	Plate	[0,00; 1,00; 0,00]	[0,00; 0,00; 1,00]	Nei

1.4.2. Skalldata kontur

Skall Nr.	Kn.pkt A	Kn.pkt B	LineType	Radius / Piihøyde [mm]
1	2	8	Rett	
1	8	12	Rett	
1	12	6	Rett	
1	6	2	Rett	

1.4.4. Skalldata EN 1995

Skall nr.	Mat.faktor Gamma_M	Klima-klasse	k_sys
1	1,00	2	1,00

1.5. LASTTILFELLER

1.5.1 Lasttilfeller

3 Nyttelast

Lasttype: Nyttelast kat. A: Boliger
 Lastvarighet: Langtidslast
 1 Flatelast
 $P = 2,00 \text{ kN/m}^2$
 $X \text{ (origo)} = 6000 \text{ mm}$ $Y \text{ (origo)} = 6000 \text{ mm}$ $Z \text{ (origo)} = 3000 \text{ mm}$
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

4 Egenlast

Lasttype: Permanent last
 Lastvarighet: Permanent
 1 Flatelast
 $P = 0,50 \text{ kN/m}^2$
 $X \text{ (origo)} = 6000 \text{ mm}$ $Y \text{ (origo)} = 6000 \text{ mm}$ $Z \text{ (origo)} = 3000 \text{ mm}$
 Retning = [0; 0; -1]
 Virker på skall: 1
 Inkluder masse: Nei

1.5.2 Lasttilfeller flatelasters kontur

Skall Nr.	Pnkt.A X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Pnkt.B X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Linjetype	Radius / Piihøyde [mm]
1	2000	2000	3000	2000	10000	3000	Rett	
	2000	10000	3000	10000	10000	3000	Rett	
	10000	10000	3000	10000	2000	3000	Rett	
	10000	2000	3000	2000	2000	3000	Rett	
1	2000	2000	3000	2000	10000	3000	Rett	
	2000	10000	3000	10000	10000	3000	Rett	
	10000	10000	3000	10000	2000	3000	Rett	
	10000	2000	3000	2000	2000	3000	Rett	

2. BEREGNINGER

2.1. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTTILFELLE

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lasttilfelle	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	10000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-3,18	3,74	22,81	-3,42	0,00	0,00
				3 Nyttelast	-4,67	5,46	32,01	-4,99	0,00	0,00
				4 Egenlast	-1,17	1,36	8,00	-1,25	0,00	0,00
1 (Seg)	2000	2000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	3,17	3,71	22,80	-3,40	0,00	0,00
				3 Nyttelast	4,67	5,42	32,00	-4,97	0,00	0,00
				4 Egenlast	1,17	1,36	8,00	-1,24	0,00	0,00
4 (Seg)	2000	10000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	3,18	-3,71	22,81	3,42	0,00	0,00
				3 Nyttelast	4,67	-5,43	32,00	4,99	0,00	0,00
				4 Egenlast	1,17	-1,36	8,00	1,25	0,00	0,00
6 (Seg)	10000	10000	0	1 <Konstruksjonens tyngde>	-3,18	-3,73	22,80	3,44	0,00	0,00
				3 Nyttelast	-4,67	-5,45	31,99	5,03	0,00	0,00
				4 Egenlast	-1,17	-1,36	8,00	1,26	0,00	0,00

2.2. OPPLEGGSKREFTER PR. LASTKOMBINASJON

Nr.	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Lastkombinasjon	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Mz [kN·m]
3 (Seg)	10000	2000	0	1 LC1 Brann	-5,75	6,74	-40,42	-6,16	0,00	0,00
1 (Seg)	2000	2000	0	1 LC1 Brann	5,74	6,69	40,40	-6,14	0,00	0,00
4 (Seg)	2000	10000	0	1 LC1 Brann	5,75	-6,70	40,41	6,16	0,00	0,00
6 (Seg)	10000	10000	0	1 LC1 Brann	-5,74	-6,73	40,39	6,21	0,00	0,00

3. KAPASITETSKONTROLL

3.1. EN 1995 UTNYTTELSESGRAD

Seg. nr	Snitt [mm]	Bøy/Aks	Skjær/Tor	Tv.str	Info
1	0	0,09	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	300	0,08	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,08	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,08	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,12	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,15	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,18	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,22	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,25	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,29	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,32	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
3	0	0,09	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	300	0,08	0,05		EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

	600	0,08	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,08	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,12	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,15	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,18	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,22	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,25	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,29	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,32	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
4	0	0,09	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	300	0,08	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,08	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,08	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,12	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,15	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,18	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,22	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,25	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,29	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,32	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
6	0	0,09	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	300	0,08	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	600	0,08	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	900	0,08	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1200	0,12	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1500	0,15	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	1800	0,18	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2100	0,22	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2400	0,25	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	2700	0,29	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
	3000	0,32	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23)
5	0	0,19	0,09	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	800	0,11	0,09	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1600	0,09	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	2400	0,18	0,03	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	3200	0,23	0,02	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	4000	0,25	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	4800	0,24	0,00	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	5600	0,21	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	6400	0,14	0,03	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	7200	0,06	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	8000	0,19	0,09	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)

6	0	0,19	0,09	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	800	0,11	0,09	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1600	0,09	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	2400	0,18	0,03	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	3200	0,22	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	4000	0,25	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	4800	0,24	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	5600	0,21	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	6400	0,13	0,03	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	7200	0,06	0,05	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	8000	0,19	0,09	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
7	0	0,14	0,04	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	800	0,11	0,04	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1600	0,08	0,03	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	2400	0,11	0,02	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	3200	0,15	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	4000	0,16	0,00	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	4800	0,16	0,00	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	5600	0,14	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	6400	0,09	0,02	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	7200	0,06	0,03	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	8000	0,14	0,04	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
8	0	0,14	0,04	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	800	0,11	0,04	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	1600	0,08	0,03	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	2400	0,11	0,02	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	3200	0,15	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	4000	0,17	0,00	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	4800	0,16	0,00	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	5600	0,14	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	6400	0,10	0,01	EN 1995-1-1 6.3.3 (6.33)
	7200	0,06	0,03	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)
	8000	0,14	0,04	EN 1995-1-1 6.3.2 (6.24)

3.1. EN 1995 UTNYTTSESGRAD, SKALL

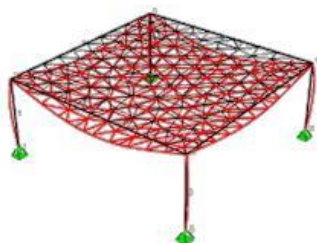
Skall nr.	PosX [mm]	PosY [mm]	Bøy/Aks	Skjær	Info
1	-4000	-4000	0,26	0,17	Spenningskontroll
	-4000	4000	0,24	0,17	Spenningskontroll
	4000	-4000	0,24	0,17	Spenningskontroll
	4000	4000	0,23	0,16	Spenningskontroll

3.2. KAPASITETSKART



Største kapasitetsutnyttelse: 32,13 % (EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23))

Studentversjon



Studentversjon

Største forskyvning: 20,5 mm

Focus Konstruksjon 2019 Versjon 19.4.0.0 Focus Software	Massivtrekonstruksjon 8x8 [m] - Branndimensjonering	FIL C:\Users\Vilde Lilletvedt\OneDrive - NTNU\Bachelor\Fokus dimensjonering av spenn i limtre og betong\Dekker til oppgaven\DENNE NYTT TVERRSNITT\Massivtre 8x8m spenn (Gjeldende).fkon	
	Forskyvning / LC1 Brann	DATO 11.05.2019 - 23.20.37	SIGN

Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk



Studentversjon

Største kapasitetsutnyttelse: 32,13 % (EN 1995-1-1 6.3.2 (6.23))

Focus Konstruksjon 2019 Versjon 19.4.0.0 Focus Software	Massivtrekonstruksjon 8x8 [m] - Branndimensjonering	FIL C:\Users\Vilde Lilletvedt\OneDrive - NTNU\Bachelor\Fokus dimensjonering av spenn i limtre og betong\Dekker til oppgaven\DENNE NYTT TVERRSNITT\Massivtre 8x8m spenn (Gjeldende).fkon	
	Kapasitetskart / LC1 Brann	DATO 11.05.2019 - 23.20.39	SIGN

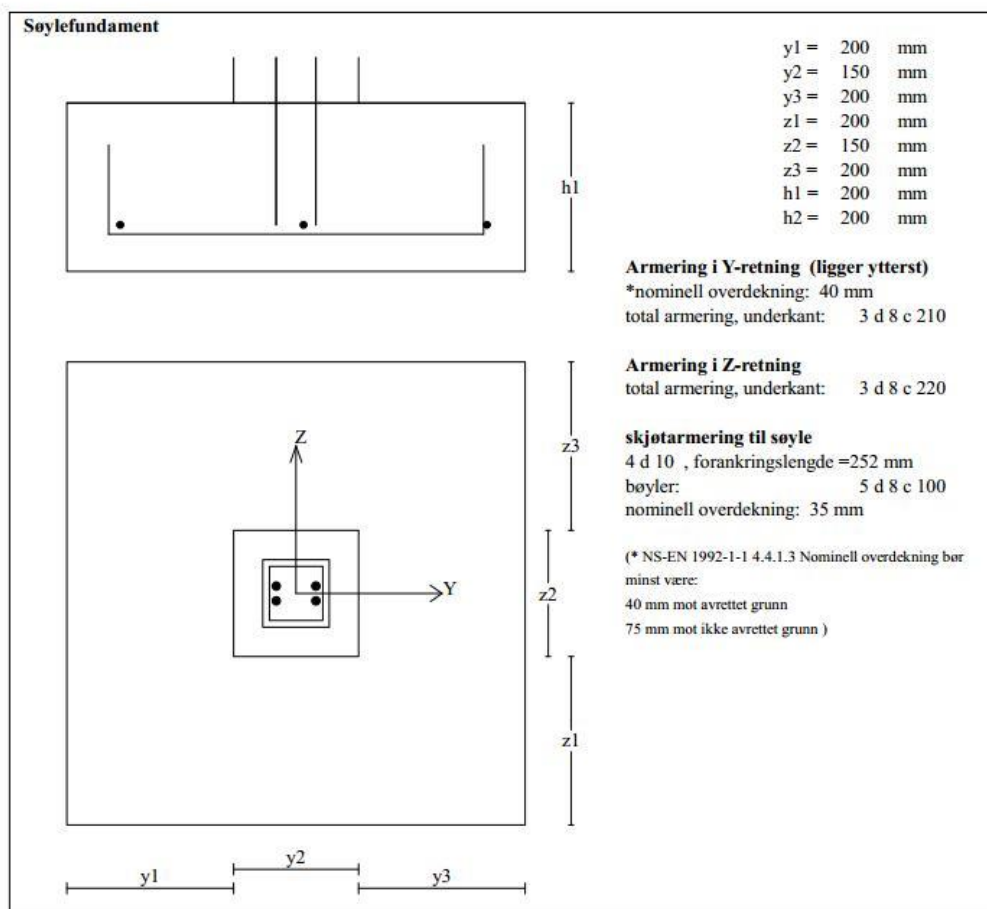
Studentversjon - Ikke for kommersielt bruk

Vedlegg AI – Punktfundament, betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]

Punktfundament søyle B30 4x4

Titel Punktfundament		Side 1
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign Dato 30-04-2019

Data er lagret på fil: C:\Users\victo\OneDrive\Documents\Vår 2019\Bachelor\OS\Punktfundament søyle B30 4x4, nyere.bts
Dataprogram: BTSNITT versjon 6.3.11 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008



Titel Punktfundament			Side 2
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign	Dato 30-04-2019

Materialdata og jord-data			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Fundamentnivå under marknivå	400 mm
Materialfaktor betong	1,50	Grunnvannsnivå over uk fundament	0 mm
Materialfaktor stål	1,15	Egenvekt av jord	19,0 kN/m ³
Betongkvalitet	B30 (C 30/37)		
Densitet kg/m ³	2400	Uten hensyn til fundamentdybde:	
Sement i fasthetsklasse	N	Netto bæreevne	250 kN/m ²
Armering flytegrense	500	Minimum overdekning:	
Skjærarmring flytegrense	500	(min.krav + toleranse) = (25 + 10) = 35 mm	
Eksponeringsklasse	XC3		
Lite korrosjonsømfintlig armering			
Levetid 50 år			
Relativ fuktighet	70%		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			

Pålitelighetsklasse: 2					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Grunnbrudd	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor:
Permanent last (G)	1,00	1,20	1,35	1,20	Kategori B - Kontor
Variabel last (P)	0,30	1,50	1,05	1,50	Krav maks.nedbøyning: Alminnelige bruks-/estetiske krav

Belasting i overkant av fundament. Lasttilfelle nr 1					
Permanent last		Variabel last		Kontroll av likevekt (velting)	Lastfaktorer
M _{g_y}	0,0 kNm	M _{p_y}	0,1 kNm	z-retning: Mvelt/Mstabil =0,01	f _g =1,2 f _p =1,5
M _{g_z}	0,0 kNm	M _{p_z}	1,0 kNm	y-retning: Mvelt/Mstabil =0,19	f _g =0,9 f _p =1,5
V _{g_y}	0,0 kN	V _{p_y}	1,1 kN	Vekt av fundament: lastfaktor = 0.9	
V _{g_z}	0,0 kN	V _{p_z}	0,6 kN	Vekt av overliggende jord er ikke medregnet	
N _g	-24,0 kN	N _p	-8,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv N_g og N_p peker oppover.

Moment -og skjærkontroll i bruddgrensetilstand				Kontroll av grunntrykk	
Y-retning: M _z =	-2,5 kNm	M _z /M _{d_z} =	0,26	Ugunstigste lasttilfelle:	1
Z-retning: M _y =	-2,1 kNm	M _y /M _{d_y} =	0,23	Bæreevne	258 kN/m ²
Kontroll av gjennomlokking i avstand d fra søylekant				tg Ø=0,00	rb =0,00 Nq =0,00 Ny =0,00
Trykkbruddkontroll langs søylekant: V/V _d =0,14				Overført grunntrykk	172 kN/m ²
Skjærkraftkapasitet uten skjærarmring V _{rd,c} =1,08 N/mm ²				Risskontroll	
Største skjærspenning Ved=0,07 N/mm ²				Y-retning: w/wd =0,00	
Det trengs ikke skjærarmring.				Z-retning: w/wd =0,00	

Kontrollsnitt er lagt innenfor søylekant: 0.25*søylebredde
Grenseverdi for maks strekkspenning i overkant uten armering : 0,80 f_{td}

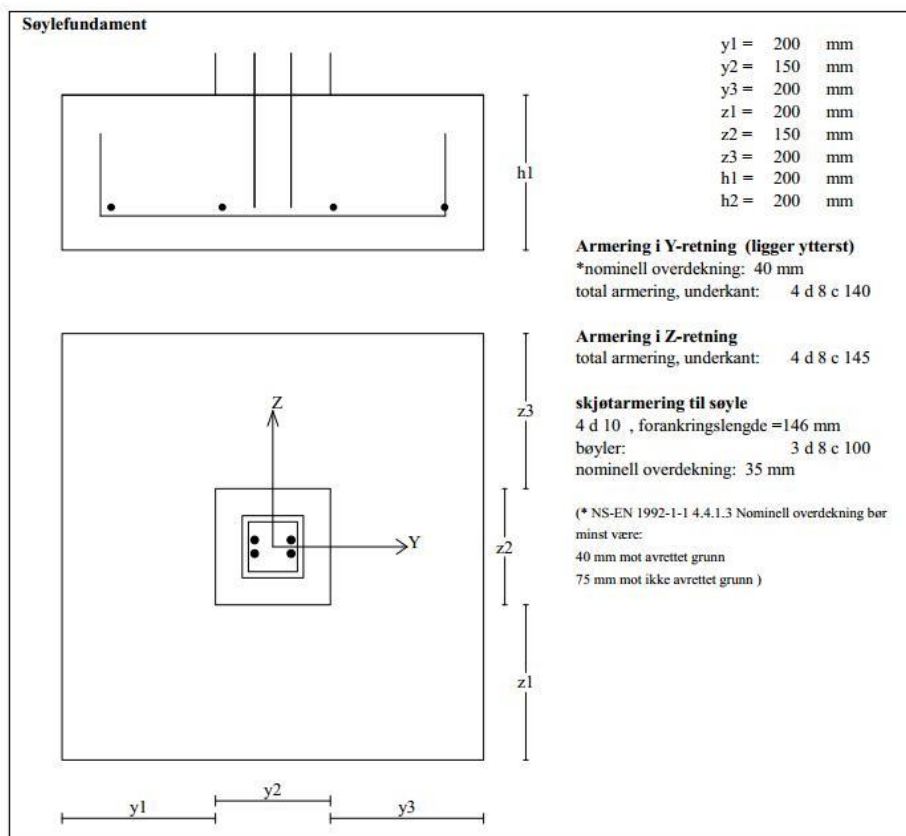
Vedlegg AJ – Punktfundament

betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

Punktfundament søyle B90 4x4

Titel Punktfundament		Side 1	
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign	Dato 30-04-2019

Data er lagret på fil: C:\Users\victo\OneDrive\Documents\Vår 2019\Bachelor\OS\Punktfundament søyle B90 4x4, nyere.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 6.3.11 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008



Titel Punktfundament			Side 2
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign	Dato 30-04-2019

Materialdata og jord-data			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Fundamentnivå under marknivå	400 mm
Materialfaktor betong	1,50	Grunnvannsnivå over uk fundament	0 mm
Materialfaktor stål	1,15	Egenvekt av jord	19,0 kN/m ³
Betongkvalitet	B90 (C 90/105)		
Densitet kg/m ³	2400	Uten hensyn til fundamentdybde:	
Sement i fasthetsklasse	N	Netto bæreevne	250 kN/m ²
Armering flytegrense	500	Minimum overdekning:	
Skjærarmering flytegrense	500	(min.krav + toleranse) = (25 + 10) = 35 mm	
Eksponeringsklasse	XC3		
Lite korrosjonsømfintlig armering			
Levetid 50 år			
Relativ fuktighet	70%		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			

Pålitelighetsklasse: 2					
Lastfaktorer	Brukgrense	Grunnbrudd	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor:
Permanent last (G)	1,00	1,20	1,35	1,20	Kategori B - Kontor
Variabel last (P)	0,30	1,50	1,05	1,50	Krav maks.nedbøyning: Alminnelige bruks-/estetiske krav

Belastning i overkant av fundament. Lasttilfelle nr 1					
Permanent last			Variabel last		
M _{g_y}	0,0 kNm	M _{p_y}	0,0 kNm	Kontroll av likevekt (velting) z-retning: Mvelt/Mstabil = 0,02 f _g =0,9 f _p =1,5 y-retning: Mvelt/Mstabil = 0,21 f _g =0,9 f _p =1,5 Vekt av fundament og overliggende jord: lastfaktor = 0.9 Vekt av overliggende jord er medregnet	
M _{g_z}	0,0 kNm	M _{p_z}	1,1 kNm		
V _{g_y}	0,0 kN	V _{p_y}	1,1 kN		
V _{g_z}	0,0 kN	V _{p_z}	0,6 kN		
N _g	-22,9 kN	N _p	-8,0 kN		

Positiv moment- og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv N_g og N_p peker oppover.

Moment - og skjærkontroll i bruddgrensetilstand				Kontroll av grunntrykk	
Y-retning: M _z =	-2,5 kNm	M _z /M _{d_z} =	0,19	Ugunstigste lasttilfelle:	1
Z-retning: M _y =	-2,0 kNm	M _y /M _{d_y} =	0,17	Bæreevne	258 kN/m ²
Kontroll av gjennomlorking i avstand d fra søylekant				tg Ø=0,00	rb =0,00
Trykkbruddkontroll langs søylekant: V/V _d =0,07				N _q =0,00	N _y =0,00
Skjærkraftkapasitet uten skjærarmering V _{rd,c} =1,88 N/mm ²				Overført grunntrykk	171 kN/m ²
Største skjærspenning Ved=0,07 N/mm ²				Risskontroll	
Det trengs ikke skjærarmering.				Y-retning: w/w _d =0,00	
				Z-retning: w/w _d =0,00	

Kontrollsnitt er lagt innenfor søylekant: 0.25*søylebredde

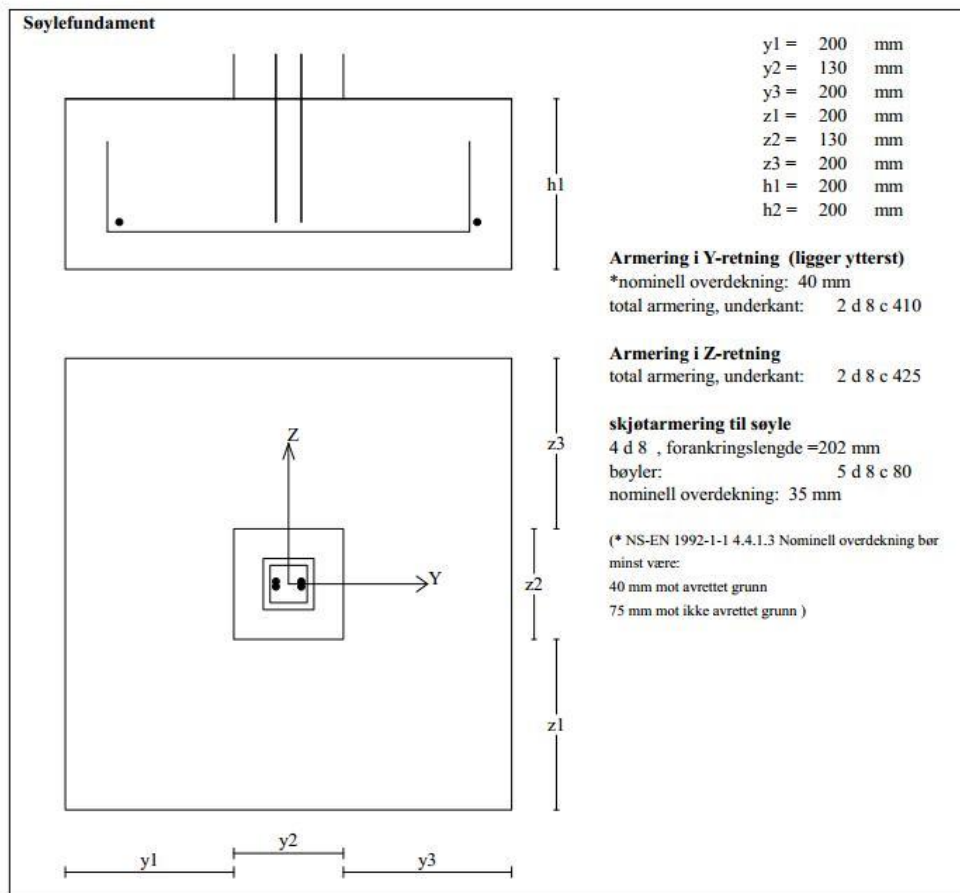
Grenseverdi for maks strekkspenning i overkant uten armering : 0,80 f_{td}

Vedlegg AK – Punktfundament massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

Punktfundament søyle B30 4x4, tre

Titel Punktfundament			Side 1
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign	Dato 30-04-2019

Data er lagret på fil: C:\Users\victo\OneDrive\Documents\Vår 2019\Bachelor\OS\Punktfundament søyle B30 4x4, tre, nyere.bts
Dataprogram: BTSNITT versjon 6.3.11 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008



Titel Punktfundament			Side 2
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign	Dato 30-04-2019

Materialdata og jord-data			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Fundamentnivå under marknivå	400 mm
Materialfaktor betong	1,50	Grunnvannsnivå over uk fundament	0 mm
Materialfaktor stål	1,15	Egenvekt av jord	19,0 kN/m ³
Betongkvalitet	B30 (C 30/37)		
Densitet kg/m ³	2400	Uten hensyn til fundamentydybde:	
Sement i fasthetsklasse	N	Netto bæreevne	250 kN/m ²
Armering flytegrense	500	Minimum overdekning:	
Skjærarmring flytegrense	500	(min.krav + toleranse) = (25 + 10) = 35 mm	
Eksporeringsklasse	XC3		
Lite korrosjonsømfintlig armering			
Levetid 50 år			
Relativ fuktighet	70%		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			

Pålitelighetsklasse: 2					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Grunnbrudd	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor:
Permanent last (G)	1,00	1,20	1,35	1,20	Kategori B - Kontor
Variabel last (P)	0,30	1,50	1,05	1,50	Krav maks.nedbøyning: Alminnelige bruks-/estetiske krav

Belasting i overkant av fundament. Lasttilfelle nr 1					
Permanent last			Variabel last		
Mg_y	0,0 kNm	Mp_y	1,1 kNm	Kontroll av likevekt (velting) z-retning: Mvelt/Mstabil =0,22 y-retning: Mvelt/Mstabil =0,49 Vekt av fundament og overliggende jord: lastfaktor = 0.9 Vekt av overliggende jord er medregnet	Lastfaktorer fg=0,9 fp=1,5 fg=0,9 fp=1,5
Mg_z	0,0 kNm	Mp_z	1,5 kNm		
Vg_y	0,0 kN	Vp_y	1,2 kN		
Vg_z	0,0 kN	Vp_z	1,6 kN		
Ng	-5,8 kN	Np	-8,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Ng og Np peker oppover.

Moment -og skjærkontroll i bruddgrensetilstand				Kontroll av grunntrykk				
Y-retning: Mz =	-1,8 kNm	Mz/Md_z =	0,28	Ugunstigste lasttilfelle:	1	Bæreevne	258 kN/m ²	
Z-retning: My =	-1,2 kNm	My/Md_y =	0,19	tg Ø=0,00	rb =0,00	Nq =0,00	Ny =0,00	
Kontroll av gjennomlokking i avstand d fra søylekant				Overført grunntrykk				173 kN/m ²
Trykkbruddkontroll langs søylekant: V/Vd =0,11				Risskontroll				
Skjærkraftkapasitet uten skjærarmring Vrd,c=1,08 N/mm ²				Y-retning: w/wd =0,00				
Største skjærspenning Ved=0,07 N/mm ²				Z-retning: w/wd =0,00				
Det trengs ikke skjærarmring.								

Kontrollsnitt er lagt innenfor søylekant: 0.25*søylebredde

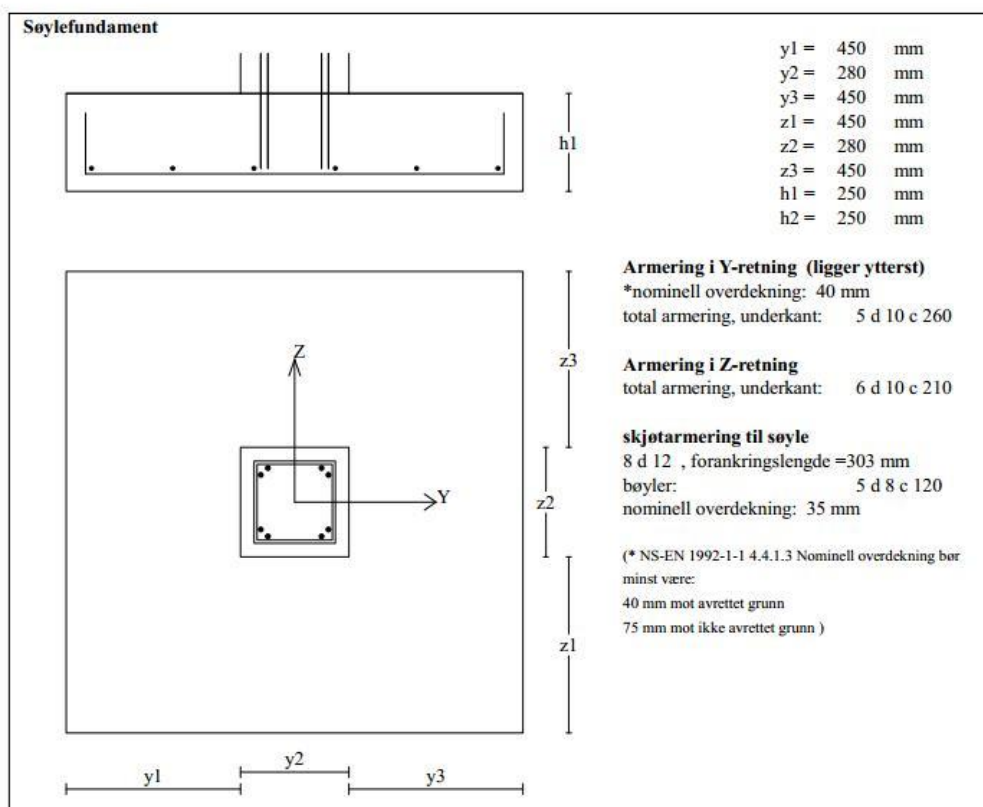
Grenseverdi for maks strekkspenning i overkant uten armering : 0,80 ftd

Vedlegg AL – Punktfundament betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

Punktfundament søyle B30 8x8

Titel Punktfundament		Side 1
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign Date 30-04-2019

Data er lagret på fil: C:\Users\victo\OneDrive\Documents\Vår 2019\Bachelor\OS\Punktfundament søyle B30 8x8, nyere.bts
Dataprogram: BTSNITT versjon 6.3.11 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008



Materialdata og jord-data			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Fundamentnivå under marknivå	400 mm
Materialfaktor betong	1,50	Grunnvannsnivå over uk fundament	0 mm
Materialfaktor stål	1,15	Egenvekt av jord	19,0 kN/m ³
Betongkvalitet	B30 (C 30/37)		
Densitet kg/m ³	2400	Uten hensyn til fundamentdybde:	
Sement i fasthetsklasse	N	Netto bæreevne	250 kN/m ²
Armering flytegrense	500	Minimum overdekning:	
Skjøtarmering flytegrense	500	(min.krav + toleranse) = (25 + 10) = 35 mm	
Eksponeringsklasse	XC3		
Lite korrosjonsømfintlig armering			
Levetid 50 år			
Relativ fuktighet	70%		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt (1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde. 3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			

Titel Punktfundament			Side 2
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign	Dato 30-04-2019

Pålitelighetsklasse: 2					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Grunnbrudd	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor:
Permanent last (G)	1,00	1,20	1,35	1,20	Kategori B - Kontor
Variabel last (P)	0,30	1,50	1,05	1,50	Krav maks.nedbøyning: Alminnelige bruks-/estetiske krav

Belastning i overkant av fundament. Lasttilfelle nr 1					
Permanent last		Variabel last		Kontroll av likevekt (velting)	Lastfaktorer
Mg_y	0,0 kNm	Mp_y	0,5 kNm	z-retning: Mvelt/Mstabil =0,05	fg=0,9 fp=1,5
Mg_z	0,0 kNm	Mp_z	-23,6 kNm	y-retning: Mvelt/Mstabil =0,22	fg=0,9 fp=1,5
Vg_y	0,0 kN	Vp_y	24,8 kN	Vekt av fundament og overliggende jord: lastfaktor = 0.9	
Vg_z	0,0 kN	Vp_z	-13,8 kN	Vekt av overliggende jord er medregnet	
Ng	-160,9 kN	Np	-32,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Ng og Np peker oppover.

Moment-og skjærkontroll i bruddgrensetilstand				Kontroll av grunntrykk		
Y-retning: Mz = -27,7 kNm		Mz/Md_z = 0,83		Ugunstigste lasttilfelle: 1		
Z-retning: My = -27,3 kNm		My/Md_y = 0,73		Bæreevne	258 kN/m2	
Kontroll av gjennomlokking i avstand d fra søylekant				tg Ø=0,00	rb =0,00 Nq =0,00 Ny =0,00	
Trykkbruddkontroll langs søylekant: V/Vd =0,40				Overført grunntrykk		231 kN/m2
Skjærkraftkapasitet uten skjærarming Vrd,c=1,08 N/mm2				Risskontroll		
Største skjærspenning Ved=0,44 N/mm2				Y-retning: w/wd =0,54		
Det trengs ikke skjærarming.				Z-retning: w/wd =0,81		

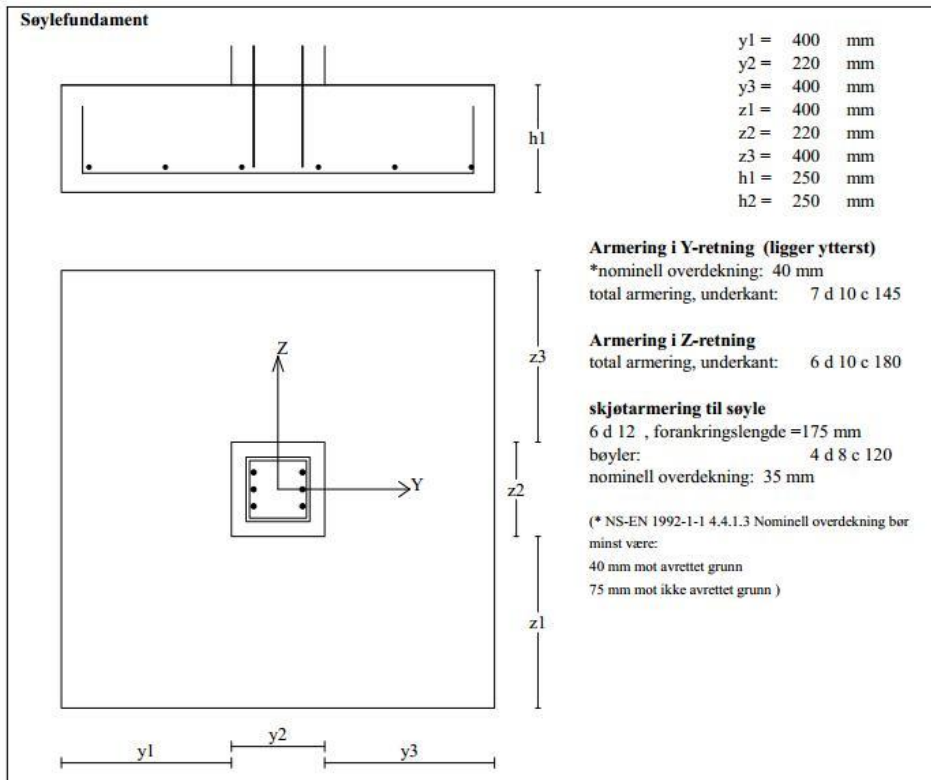
Kontrollsnitt er lagt innenfor søylekant: 0.25*søylebredde
Grenseverdi for maks strekkspenning i overkant uten armering : 0,80 ftd

Vedlegg AM – Punktfundament betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

Punktfundament søyle B90 8x8

Titel Punktfundament		Side 1
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign Dato 30-04-2019

Data er lagret på fil: C:\Users\victo\OneDrive\Documents\Vår 2019\Bachelor\OS\Punktfundament søyle B90 8x8, nyere.bts
Dataprogram: BTSNITT versjon 6.3.11 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008



Materialdata og jord-data			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Fundamentnivå under marknivå	400 mm
Materialfaktor betong	1,50	Grunnvannsnivå over uk fundament	0 mm
Materialfaktor stål	1,15	Egenvekt av jord	19,0 kN/m ³
Betongkvalitet	B90 (C 90/105)	Uten hensyn til fundamentdybde:	
Densitet kg/m ³	2400	Netto bæreevne	250 kN/m ²
Sement i fasthetsklasse	N	Minimum overdekning:	
Armering flytegrense	500	(min.krav + toleranse) = (25 + 10) = 35 mm	
Skjøtarmering flytegrense	500		
Eksponeeringsklasse	XC3		
Lite korrosjonsomfintlig armering			
Levetid 50 år			
Relativ fuktighet	70%		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			

Titel Punktfundament			Side 2
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign	Dato 30-04-2019

Pålitelighetsklasse: 2					
Lastfaktorer	Bruksgrense	Grunnbrudd	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	PSI-Faktor:
Permanent last (G)	1,00	1,20	1,35	1,20	Kategori B - Kontor
Variabel last (P)	0,30	1,50	1,05	1,50	Krav maks.nedbøyning: Alminnelige bruks-/estetiske krav

Belastning i overkant av fundament. Lasttilfelle nr 1					
Permanent last		Variabel last		Kontroll av likevekt (velting)	Lastfaktorer
Mg_y	0,0 kNm	Mp_y	-0,2 kNm	z-retning: Mvelt/Mstabil =0,04	fg=0,9 fp=1,5
Mg_z	0,0 kNm	Mp_z	-16,3 kNm	y-retning: Mvelt/Mstabil =0,21	fg=0,9 fp=1,5
Vg_y	0,0 kN	Vp_y	16,8 kN	Vekt av fundament og overliggende jord: lastfaktor = 0.9	
Vg_z	0,0 kN	Vp_z	9,2 kN	Vekt av overliggende jord er medregnet	
Ng	-127,8 kN	Np	-32,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Ng og Np peker oppover.

Moment-og skjærkontroll i bruddgrensetilstand				Kontroll av grunntrykk	
Y-retning: Mz =	-22,4 kNm	Mz/Md_z =	0,48	Ugunstigste lasttilfelle:	1
Z-retning: My =	-19,8 kNm	My/Md_y =	0,53	Bæreevne	258 kN/m2
Kontroll av gjennomlokking i avstand d fra søylekant				tg Ø=0,00	rb =0,00 Nq =0,00 Ny =0,00
Trykkbruddkontroll langs søylekant: V/Vd =0,20				Overført grunntrykk	254 kN/m2
Skjærkraftkapasitet uten skjærarming Vrd,c=1,88 N/mm2				Risskontroll	
Største skjærspenning Ved=0,38 N/mm2				Y-retning: w/wd =0,00	
Det trengs ikke skjærarming.				Z-retning: w/wd =0,00	

Kontrollsnitt er lagt innenfor søylekant: 0.25*søylebredde
Grenseverdi for maks strekkspenning i overkant uten armering : 0,80 ftd

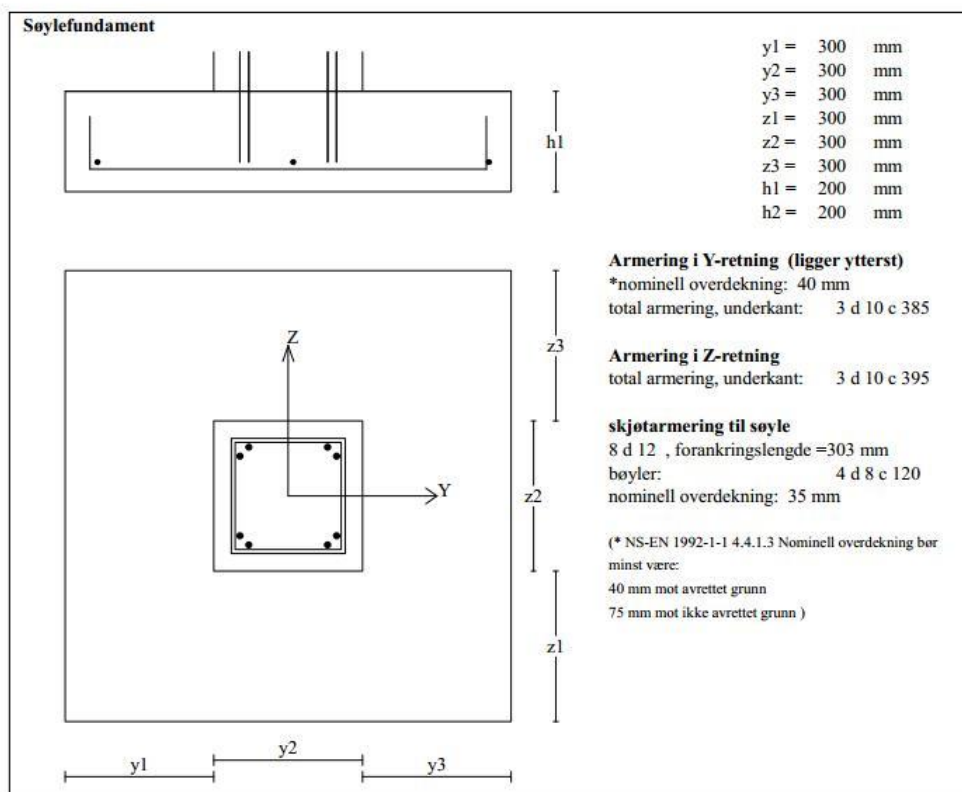
Vedlegg AN – Punktfundament

massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]

Punktfundament søyle B30 8x8, tre

Tittel Punktfundament			Side 1
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign	Dato 30-04-2019

Data er lagret på fil: C:\Users\victo\OneDrive\Documents\Vår 2019\Bachelor\OS\Punktfundament søyle B30 8x8, tre, nyere.bts
 Dataprogram: BTSNITT versjon 6.3.11 Laget av sivilingeniør Ove Sletten
 Beregningene er basert på NS-EN 1992-1-1 og NS-EN 1990:2002 + NA:2008



Materialdata og jord-data			
Korreksjonsfakt. for Emodul pga tilslag	1,00	Fundamentnivå under marknivå	400 mm
Materialfaktor betong	1,50	Grunnvannsnivå over uk fundament	0 mm
Materialfaktor stål	1,15	Egenvekt av jord	19,0 kN/m ³
Betongkvalitet	B30 (C 30/37)		
Densitet kg/m ³	2400	Uten hensyn til fundamentdybde:	
Sement i fasthetsklasse	N	Netto bæreevne	250 kN/m ²
Armering flytegrense	500	Minimum overdekning:	
Skjærarmering flytegrense	500	(min.krav + toleranse) = (25 + 10) = 35 mm	
Eksponeeringsklasse	XC3		
Lite korrosjonsømfintlig armering			
Levetid 50 år			
Relativ fuktighet	70%		
NA.6.2.2(1)Følgende krav til tilslag er oppfylt			
(1.Største tilslag etter NS-EN 12620 D>=16mm. 2.Det grove tilslaget>=50% av total tilslagsmengde.			
3.Grovt tilslag skal ikke være av kalkstein eller stein med tilsvarende lav fasthet)			

Titel Punktfundament			Side 2
Prosjekt Bachelor	Ordre	Sign	Dato 30-04-2019

Pålitelighetsklasse: 2					PSI-Faktor: Kategori B - Kontor Krav maks.nedbøyning: Alminnelige bruks-/estetiske krav
Lastfaktorer	Bruksgrense	Grunnbrudd	Bruddgrense B1	Bruddgrense B2	
Permanent last (G)	1,00	1,20	1,35	1,20	
Variabel last (P)	0,30	1,50	1,05	1,50	

Belastning i overkant av fundament. Lasttilfelle nr 1					
Permanent last		Variabel last		Kontroll av likevekt (velting)	Lastfaktorer
Mg_y	0,0 kNm	Mp_y	0,9 kNm	z-retning: Mvelt/Mstabil =0,07	fg=0,9 fp=1,5
Mg_z	0,0 kNm	Mp_z	12,8 kNm	y-retning: Mvelt/Mstabil =0,38	fg=0,9 fp=1,5
Vg_y	0,0 kN	Vp_y	-15,8 kN	Vekt av fundament og overliggende jord: lastfaktor = 0.9	
Vg_z	0,0 kN	Vp_z	12,8 kN	Vekt av overliggende jord er medregnet	
Ng	-33,9 kN	Np	-32,0 kN		

Positiv moment-og kraftvektorer i Y og Z-retning. Positiv Ng og Np peker oppover.

Moment-og skjærkontroll i bruddgrensetilstand			Kontroll av grunntrykk		
Y-retning: Mz = -7,4 kNm	Mz/Md_z = 0,49		Ugunstigste lasttilfelle: 1		
Z-retning: My = -6,7 kNm	My/Md_y = 0,48		Bæreevne 258 kN/m2		
Kontroll av gjennomlokking i avstand d fra søylekant			tg Ø=0,00 rb =0,00 Nq =0,00 Ny =0,00		
Trykkbruddkontroll langs søylekant: V/Vd =0,23			Overført grunntrykk 190 kN/m2		
Skjærkraftkapasitet uten skjærarming Vrd,c=1,08 N/mm2			Risskontroll		
Største skjærspenning Ved=0,24 N/mm2			Y-retning: w/wd =0,00		
Det trengs ikke skjærarming.			Z-retning: w/wd =0,00		

Kontrollsnitt er lagt innenfor søylekant: 0.25*søylebredde
Grenseverdi for maks strekkspenning i overkant uten armering : 0,80 ftd

Vedlegg AO – Densitet

Materiale	Densitet [kg/m³]
Betong	2400
Limtre	450
Massivtre	450
Gipsplate	800
Mineralull	17,5
Polyuretan	30
Trinnlydsplate	100
Laminat	930
Konstruksjonstre	425

Vedlegg AP – Mengdeberegning betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]

<u>4x4 dekke B30</u>								
Søyle betong 150x150	Høyde (mm)	Bredde (mm)	Høyde (m)	Antall	Volum (m³)	kg/m³		
B30	150,00	150,00	3,00	4,00	0,27	2400,00		
	6,35 kN							
Vekt fra søyle:	648,00 kg							
Armering søyle	Antall	Antall søyler	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Lengde (m)		
	4	4,00	12	113	0,888	3		
Skjærarmering	Antall	c/c (mm)	ø(mm)	Areal (mm)	kg/m	Lengde (m)		
	80	150	8	50	0,395	0,408		
	0,544433827 kN							
Vekt armering:	55,5168 kg							
Dekke betong 4x4	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Spenn (m)	Volum (m³)	kg/m³			
Dekke	190	4	4	3,04	2400			
	71,5493184 kN							
Vekt fra dekke:	7296 kg							
Armering dekke:	c/c (mm)	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Spenn (m)	Bredde (m)	Antall	Lag
Armering (x og y retning)	125	12	113	0,888	4	4	64	0,5
Armering (x og y retning)	150	12	113	0,888	4	4	53	1,5
Ekstra armering hjørner	120	12	113	0,888	0,5	0,5	33	1
	9,449635638 kN							
Vekt armering:	963,5946667 kg							
Kraft pr fundament	kN/m²	kN	Ned (kN):	My (kNm)	Mz (kNm)	Vy (kN)	Vz (kN)	
Nyttelast kN/m²	2	32	8					
Egenlast instalasjoner	0,5	8						
Egenlast konstruksjon	-	88	24					
			32	0,07	0,99	1,12	0,59	
Fundament B30	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Lengde (m)	Volum (m³)	kg/m³			
fundamentplate	200	0,55	0,55	0,0605	2400			
	5,69570232 kN							
Vekt tot fundament:	580,8 kg							
Armering dekke:	c/c (mm)	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Lengde (m)	Bredde (m)	Antall	Lag
Armering x retning	210	8	50	0,395	0,47	0,47	3	1
Armering y retning	220	8	50	0,395	0,47	0,47	3	1
Skjøtarmering	-	10	79	0,617	0,252	-	4	1
Bøyler	100	8	50	0,398	0,48	-	5	-
	0,023371944 kN							
Vekt armering:	23,371944 kg							

Vedlegg AQ – Mengdeberegning betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

4x4 dekke B90								
Søyle betong 150x150	Høyde (mm)	Bredde (mm)	Søyle (m)	Antall	Volum (m³)	kg/m³		
	150,00	150,00	3,00	4,00	0,27	2400,00		
Vekt fra søyle:	6,35	kN						
	648,00	kg						
Armering søyle	Antall jern pr søyle	Antall søyler	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Lengde (m)	Bredde	
	4,00	4,00	12,00	113,00	0,89	3,00	-	
Skjærarmering	Antall	c/c (mm)	l	Areal (mm)	kg/m	Tot lengde (m)	Bredde	
	133,33	90,00	8,00	50,00	0,40	0,41	-	
Vekt armering:	0,63	kN						
	64,11	kg						
Dekke betong 4x4	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Spenn (m)	Volum (m³)	kg/m³			
	190,00	4,00	4,00	3,04	2400,00			
	71,55	kN						
Vekt fra dekke:	7296,00	kg						
Armering dekke:	c/c (mm)	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Spenn (m)	Bredde (m)	Antall	Lag
Armering (x og y retning)	250,00	12,00	113,00	0,89	4,00	4,00	32,00	1,00
Armering (x og y retning)	250,00	12,00	113,00	0,89	4,00	4,00	32,00	1,00
	4,88	kN						
Vekt armering:	497,41	kg						

Kraft ned i fundament	kN/m²	kN	Ned (kN):	My (kNm)	Mz (kNm)	Vy (kN)	Vz (kN)	
Nyttelast kN/m ²	2,00	32,00	8,00					
Egenlast instalasjoner	0,50	8,00	22,85					
Egenlast konstruksjoner	-	83,41						
			30,85	0,01	1,09	1,12	0,59	
Fundament B90	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Lengde (m)	Volum (m³)	kN/m³			
fundamentplate	200,00	0,55	0,55	0,06	2400,00			
	5,70	kN						
Vekt tot fundament:	580,80	kg						
Armering fundament:	c/c (mm)	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Lengde (m)	Bredde (m)	Antall	Lag
Armering x retning	140,00	8,00	50,00	0,40	0,47	0,47	4,00	1,00
Armering y retning	145,00	8,00	50,00	0,40	0,47	0,47	4,00	1,00
Skjøtarmering	-	10,00	79,00	0,62	0,30	0,15	4,00	1,00
Bøyler	100,00	8,00	50,00	0,40	0,32	-	3,00	-
	0,27	kN						
Vekt armering:	27,27	kg						

Vedlegg AR – Mengdeberegning massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

4x4 dekke Tre							
Søyle limtre	Høyde (mm)	Bredde (mm)	Høyde (m)	Antall	Volum (m ³)	kg/m ³	
Søyle 130x130	130,00	130,00	3,00	4,00	0,20	450,00	
Vekt fra søyle:	0,89	kN					
	91,26	kg					
Dekke massivtre 4x4	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Spenn (m)	Volum (m ³)	kg/m ³		
Dekke	200,00	4,00	4,00	3,20	450,00		
Vekt fra dekke:	14,12	kN					
	1440,00	kg					
Kraft ned i fundament	kN/m ²	kN	Ned (kN):	My (kNm)	Mz (kNm)	Vy (kN)	Vz (kN)
Nyttelast kN/m ²	2,00	32,00	8,00				
Egenlast instalasjoner	0,50	8,00					
Egenlast konstruksjoner	15,02	15,02	5,75				
			13,75	1,07	1,46	1,17	1,57
Fundament B30	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Lengde (m)	Volum (m ³)	kg/m ³		
fundamentplate	200,00	0,53	0,53	0,06	2400,00		
Vekt fra fundamnet:	5,29	kN					
	539,33	kg					

Armering fundament	c/c (mm)	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Lengde (m)	Bredde (m)	Antall	Lag retning
Armering x retning	410,00	8,00	50,00	0,40	0,45	0,45	2,00	1,00
Armering y retning	425,00	8,00	50,00	0,40	0,45	0,45	2,00	1,00
Skjøtarmering	-	8,00	50,00	0,40	0,20	-	4,00	1,0
Bøyler	80,0	8,00	50,00	0,40	0,40	-	5,00	-
Vekt armering:	0,15	kN						
	15,49	kg						

Vedlegg AS – Mengdeberegning betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

8x8 dekke B30								
Søyle betong 280x280	Høyde (mm)	Bredde (mm)	Høyde (m)	Antall	Volum (m³)	kg/m³		
B30	280,00	280,00	3,00	4,00	0,94	2400,00		
Vekt fra søyle:	22,14	kN						
	2257,92	kg						
Armering søyle	Antall jern pr søyle	Antall søyler	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Lengde (m)		
	10,00	4,00	12,00	113,00	0,89	3,00		
Skjærarmring	Antall	c/c (mm)	ø(mm)	Areal (mm)	kg/m	Lengde (m)		
	67,04	179,00	8,00	50,00	0,40	0,41		
Vekt armering:	1,15	kN						
	117,36	kg						
Dekke betong 8x8	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Spenn (m)	Volum (m³)	kg/m³			
Dekke	340,00	8,00	8,00	21,76	2400,00			
Vekt fra dekke:	512,14	kN						
	52224,00	kg						
Armering dekke:	c/c (mm)	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Spenn (m)	Bredde (m)	Antall	Lag
Armering (x og y retning)	100,00	16,00	201,00	1,58	8,00	8,00	160,00	1,00
Armering (x og y retning)	100,00	16,00	201,00	1,58	8,00	8,00	160,00	1,00
Skjærarmring		8,00		0,40	-	0,87	16,00	1,00
Ekstra armering i hjørner	100,00	12,00	113,00	0,89	1,00	1,00	20,00	1,00
Vekt armering:	75,98	kN						
	7747,90	kg						
Kraft ned i fundament	kN/m²	kN	Ned (kN):	My (kNm)	Mz (kNm)	Vy (kN)	Vz (kN)	
Nyttelast kN/m²	2,00	128,00	32,00					
Egenlast instalasjoner	0,50	32,00	160,85					
Egenlast konstruksjoner	-	611,42						
			193	0,45	-23,62	24,82	-13,79	
Fundament B30	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Lengde (m)	Volum (m³)	kg/m³			
fundamentplate	250,00	1,18	1,18	0,35	2400,00			
	32,77	kN						
Vekt fra fundament:	3341,76	kg						
Armering dekke:	c/c (mm)	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Lengde (m)	Bredde (m)	Antall	Lag
Armering x retning	260,00	10,00	79,00	0,62	1,10	1,10	5,00	1,00
Armering y retning	210,00	10,00	79,00	0,62	1,10	1,10	6,00	1,00
Skjøtarmering	-	12,00	113,00	0,89	0,30	-	8,00	1
Bøyler	120,00	8,00	50,00	0,40	0,84	-	5,00	-
Vekt armering:	0,98	kN						
	99,94	kg						

Vedlegg AT – Mengdeberegning betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

8x8 dekke B90									
Søyle betong 220x220	Høyde (mm)	Bredde (mm)	Høyde (m)	Antall	Volum (m ³)	kg/m ³			
B90	220,00	220,00	3,00	4,00	0,58	2400,00			
Vekt fra søyle:	13,67	kN							
	1393,92	kg							
Armering søyle	Antall jern pr søyle	Antall søyler	ø (mm)	Areal (mm)	kg/m	Lengde (m)			
	8,00	4,00	12,00	113,00	0,89	3,00			
Skjærarmering	Antall	c/c	ø(mm)	Areal (mm)	kg/m	Tot lengde (m)			
	67,04	179,00	8,00	50,00	0,40	0,41			
Vekt armering:	0,10	kN							
	96,05	kg							
Dekke betong 8x8	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Spenn (m)	Volum (m ³)	kg/m ³				
Dekke	270,00	8,00	8,00	17,28	2400,00				
Vekt fra dekke:	406,70	kN							
	41472,00	kg							
Armering dekke:	c/c (mm)	ø (mm)	Areal (mm)	Vekt/m	Spenn (m)	Bredde (m)	Antall	Lag	
Armering (x og y retning)	150,00	16,00	201,00	1,58	8,00	8,00	106,67	1,50	
Armering (x og y retning)	100,00	16,00	201,00	1,58	8,00	8,00	160,00	0,50	
Skjærarmering		8,00		0,40	-		0,87	16,00	1,00
Ekstra armering i hjørner	100,00	12,00	113,00	0,89	1,00	1,00	20,00	1,00	
Vekt armering:	58,55	kN							
	5970,30	kg							

Kraft ned i fundament	kN/m ²	kN	Ned (kN):	My (kNm)	Mz (kNm)	Vy (kN)	Vz (kN)	
Nyttelast kN/m ²	2,00	128,00	32,00					
Egenlast instalasjoner	0,50	32,00	127,75					
Egenlast konstruksjoner	-	479,02						
			159,75	-0,18	-16,32	16,78	9,15	
Fundament B90	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Lengde (m)	Volum (m ³)	kg/m ³			
Fundamentplate	250,00	1,02	1,02	0,26	2400,00			
Vekt fra fundament:	24,49	kN						
	2496,96	kg						
Armering dekke:	c/c (mm)	ø (mm)	Areal (mm)	Vekt / m	Lengde (m)	Bredde (m)	Antall	Lag
Armering x retning	145,00	10,00	79,00	0,62	0,94	0,94	7,00	1,00
Armering y retning	180,00	10,00	79,00	0,62	0,94	0,94	6,00	1,00
Skjøtarmering	-	12,00	113,00	0,89	0,18	-	6,00	1,00
Bøyler	120,00	8,00	50,00	0,40	0,60	-	4,00	-
Vekt armering:	0,90	kN						
	91,32	kg						

Vedlegg AU – Mengdeberegning massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]

Mengder til 8x8 dekke Tre							
Søyle limtre	Høyde (mm)	Bredde (mm)	Høyde (m)	Antall	Volum (m ³)	kg/m ³	
Søyle 300x300	300,00	300,00	3,00	4,00	1,08	450,00	
	4,77	kN					
Vekt fra søyle:	486,00	kg					
Bjelke limtre	Høyde (mm)	Bredde (mm)	Lengde (m)	Antall	Volum (m ³)	kg/m ³	
Søyle 140x330	140,00	366,00	8,00	4,00	1,64	450,00	
	7,24	kN					
Vekt fra søyle:	737,86	kg					
Dekke massivtre 8x8	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Spenn (m)	Volum (m ³)	kg/m ³		
Dekke	350,00	8,00	8,00	22,40	450,00		
	98,85	kN					
Vekt fra dekke:	10080,00	kg					
Kraft ned i fundament	kN/m ²	kN	Ned pr søyle (kN):	My (kNm)	Mz (kNm)	Vy (kN)	Vz (kN)
Nyttelast kN/m ²	2,00	128,00	32,00				
Egenlast instalasjoner	0,50	32,00	33,90				
Egenlast konstruksjoner	103,62	103,62					
			65,90	12,79	0,88	-15,78	-12,83

Fundament B30	Tykkelse (mm)	Bredde (m)	Lengde (m)	Volum (m ³)	kg/m ³				
Fundamentplate	200,00	0,90	0,90	0,16	2400,00				
	15,25	kN							
Vekt fra dekke:	1555,20	kg							
Armering fundament:	c/c (mm)	ø (mm)	Areal (mm)	Vekt kg pr m	Lengde (m)	Bredde (m)	Antall	Lag retning	
Armering x retning	385,00	10,00	79,00	0,62	0,82	0,82	3,00	1,00	
Armering y retning	395,00	10,00	79,00	0,62	0,82	0,82	3,00	1,00	
Skjøtarmering	-	12,00	113,00	0,89	0,30	-	8,00	1,00	
Bøyler	120,00	8,00	50,00	0,40	0,92	-	4,00	-	
	0,49	kN							
Vekt armering:	49,93	kg							

Vedlegg AV – Energibruk - betongproduksjon i Orkanger

Årlig produksjon elementer	Tonn	m2	m3	% av prod	Egenvekt betong	Tykkelse	1m ² ,	1m ³ er ... m ²
Vegg	11 579	45 050	4906,36	0,31	2360	kg/m3	0,1089	0,1089 9,1820
Dekke	23 999	140 217	10169,07	0,63			0,0725	0,0725 13,7886
Balkonger	1 726	3 314	731,36	0,05			0,2207	0,2207 4,5313
Trapper og repos	31	71	13,14	0,00			0,1850	0,1850 5,4052
Søyler	231	311	97,88	0,01			0,3147	0,3147 3,1773
Bjelker	392	622	166,10	0,01			0,2670	0,2670 3,7447
Totalt	37 958	189 585	16083,90	1,00				

Fordelt på elementtyper /m3

Energiforbruk per år	Mengde	Enhet	Vegg	Dekke	Balkonger	Trapper og	Søyler	Bjelker
EL	1 330 259	kWh/år	82,71	82,71	82,71	82,71	82,71	82,71 kWh/m3
Lettt fyringsolje		l/år	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tung fyringsolje		l/år	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diesel	15 237	l/år	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95 l/m3
Fjernvarme		kWh/år	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totalt								

Fordelt på elementtyper/ m2

Vannforbruk	Mengde	m3/år	Vegg	Dekke	Balkonger	Trapper og	Søyler	Bjelker
Årlig forbruk	2678		816,92	1693,169345	121,7721692	2,187101533	16,29743401	27,65625165

Fordelt på elementtyper/ m3

Avfall	Mengde	kg/år	Vegg		Dekke		Balkonger		Trapper o		Søyler		Bjelker	
			kg/tonn	kg/m3	kg/tonn	kg/m3	kg/tonn	kg/m2	kg/tonn	kg/m2	kg/tonn	kg/m2	kg/tonn	kg/m2
Årlig mengde		kg/år												
Spesial avfall	140	kg/år	0,0037	0,0087	0,0037	0,0087	0,0037	0,0087	0,0037	0,0087	0,0037	0,0087	0,0037	0,0087
Avfall til gjenvinning	190 600	kg/år	5,0213	11,8504	5,0213	11,8504	5,0213	11,8504	5,0213	11,8504	5,0213	11,8504	5,0213	11,8504
- Avfall til gjenvinning	900	kg/år	0,0237	0,0560	0,0237	0,0560	0,0237	0,0560	0,0237	0,0560	0,0237	0,0560	0,0237	0,0560
- Armering/ stål til gjenvinning	189 700	kg/år	4,9976	11,7944	4,9976	11,7944	4,9976	11,7944	4,9976	11,7944	4,9976	11,7944	4,9976	11,7944
Avfall til forbrenning	60 000	kg/år	1,5807	3,7304	1,5807	3,7304	1,5807	3,7304	1,5807	3,7304	1,5807	3,7304	1,5807	3,7304
- Avfall til forbrenning	28 200	kg/år	0,7429	1,7533	0,7429	1,7533	0,7429	1,7533	0,7429	1,7533	0,7429	1,7533	0,7429	1,7533
- Tre brennbart	31 800	kg/år	0,8378	1,9771	0,8378	1,9771	0,8378	1,9771	0,8378	1,9771	0,8378	1,9771	0,8378	1,9771
Avfall til deponi	582 000	kg/år	15,3327	36,1853	15,3327	36,1853	15,3327	36,1853	15,3327	36,1853	15,3327	36,1853	15,3327	36,1853
Annet avfall		kg/år												
Totalt	832 740	kg/år	28,5405	67,3556	28,5405	67,3556	28,5405	67,3556	28,5405	67,3556	28,5405	67,3556	28,5405	67,3556

Vedlegg AW – Grunnlag for livsløpsvurdering betongkonstruksjon B30, 4x4 og 8x8 [m]

		A1- A3 (m ³)								
	B30	Laminat	Gipsplate	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	A4 transport (tkm)	Euro 6		
GWP	kg CO2-eq	2,59E+02	1,64E+00	1,70E+00	-1,73E+02	8,18E-02	2,59E+02	8,67E-02		
ODP	kg CFC 11-eq	1,47E-05	3,40E-09	5,80E-08	7,86E-07	1,41E-08	1,47E-05	1,71E-08		
AP	kg SO2-eq	6,32E-01	3,57E-02	3,20E-03	3,06E-01	7,55E-04	6,32E-01	2,37E-04		
EP	kg PO43--eq	1,55E-01	8,66E-03	9,30E-04	6,98E-02	1,41E-04	1,55E-01	4,86E-05		
ADPM	kg Sb-eq	2,95E-04	2,80E-06	4,50E-07	3,69E-05	4,05E-08	2,95E-04	1,70E-07		
ADPE	MJ	1,50E+03	1,41E+02	3,40E+01	9,08E+02	1,15E+00	1,50E+03	1,40E+00		
		<i>Fra SimaPro</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra SimaPro</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra SimaPro</i>	<i>Fra SimaPro</i>	<i>Fra SimaPro</i>		
Transport (km)		40	882	885	2011	40	40	40		
Transport		Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil		

Vedlegg AX – Grunnlag for livsløpsvurdering betongkonstruksjon B90, 4x4 og 8x8 [m]

	B90	A1- A3 (m ³)						Fundamenter	A4 transport (tkm) Euro 6
		Laminat	Gipsplate	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	A4 transport (tkm) Euro 6		
GWP	kg CO2-eq	2,41E+02	-1,64E+00	1,70E+00	-1,73E+02	8,18E-02	2,41E+02	8,67E-02	
ODP	kg CFC 11-eq	1,52E-05	3,40E-09	5,80E-08	7,86E-07	1,41E-08	1,52E-05	1,71E-08	
AP	kg SO2-eq	6,05E-01	3,57E-02	3,20E-03	3,06E-01	7,55E-04	6,05E-01	2,37E-04	
EP	kg PO43--eq	1,46E-01	8,66E-03	9,30E-04	6,98E-02	1,41E-04	1,46E-01	4,86E-05	
ADPM	kg Sb-eq	2,89E-04	2,80E-06	4,50E-07	3,69E-05	4,05E-08	2,89E-04	1,70E-07	
ADPE	MJ	1,52E+03	1,41E+02	3,40E+01	9,08E+02	1,15E+00	1,52E+03	1,40E+00	
		<i>Fra SimaPro</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra SimaPro</i>	<i>Fra SimaPro</i>	<i>Fra SimaPro</i>	
Transport (km)		40	882	885	2111	40	40		
Transport (Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil		

Vedlegg AY – Grunnlag for livsløpsvurdering massivtrekonstruksjon, 4x4 [m] og 8x8 [m]

Tre og tilleggskonstruksjoner	Enhet	A1- A3 (m ³)						
		Massivtre	Limtre	Polyuretan	Mineralull	Trinnlydsplate	Gipsplate	Bjelker
GWP	kg CO2-eq	-6,71E+02	-6,16E+02	4,67E+00	4,30E-01	-1,73E+02	1,70E+00	-6,07E+02
ODP	kg CFC 11-eq	8,14E-06	1,08E-05	5,73E-08	2,37E-08	7,86E-07	5,80E-08	6,60E-06
AP	kg SO2-eq	2,40E-01	5,13E-01	1,89E-02	1,38E-03	3,06E-01	3,20E-03	4,10E-01
EP	kg PO43--eq	3,47E-01	9,23E-03	3,69E-03	4,23E-04	6,98E-02	9,30E-04	8,99E-02
ADPM	kg Sb-eq	3,70E-05	2,23E-04	5,63E-06	7,25E-07	3,69E-05	4,50E-07	1,13E-04
ADPE	MJ	9,59E+02	1,01E+03	8,29E+01	4,42E+00	9,08E+02	3,40E+01	7,82E+02
		<i>Fra EPD</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra SimaPro</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra EPD</i>
Transport (km)		2551	200	493	540	2111	580	18
Transport		Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil

Tre og tilleggskonstruksjoner	Enhet	A1- A3 (m ³)					
		Gulvgipsskive	Parkett	Parkettunderlag	Fundamenter	Armering	A4 transport (tkm) Euro 6
GWP	kg CO2-eq	4,20E+00	4,66E+00	-1,73E+02	2,59E+02	8,18E-02	8,67E-02
ODP	kg CFC 11-eq	2,60E-07	3,40E-08	7,86E-07	1,47E-05	1,41E-08	1,71E-08
AP	kg SO2-eq	1,90E-02	1,43E-02	3,06E-01	6,32E-01	7,55E-04	2,37E-04
EP	kg PO43--eq	2,00E-03	2,67E-03	6,98E-02	1,55E-01	1,41E-04	4,86E-05
ADPM	kg Sb-eq	7,10E-07	2,55E-05	3,69E-05	2,95E-04	4,05E-08	1,70E-07
ADPE	MJ	7,70E+01	8,70E+01	9,08E+02	1,50E+03	1,15E+00	1,40E+00
		<i>Fra EPD</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra EPD</i>	<i>Fra Simapro</i>	<i>Fra SimaPro</i>	<i>Fra SimaPro</i>
Transport (km)		759	2044	2111	40	40	
Transport		Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	Lastebil	

Vedlegg AZ – Livsløpsvurdering betongkonstruksjon B30, 4x4 [m]

Mengder 4x4 dekke								
4x4 B30	Enhet	B30	Laminat	Gipsplate	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	
	Tonn	7,944	0,104	0,077	0,058	1,042	0,581	
	m ³	3,310	0,112	0,096	0,576	0,137	0,242	
Utslipp A1-A3								
	m ³	B30	Laminat	Gips	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	Total
GWP	kg CO2-eq	8,57E+02	-1,84E-01	1,63E-01	-9,97E+01	1,12E-02	6,26E+01	8,20E+02
ODP	kg CFC 11-eq	4,85E-05	3,81E-10	5,57E-09	4,53E-07	1,94E-09	3,55E-06	5,26E-05
AP	kg SO2-eq	2,09E+00	4,00E-03	3,07E-04	1,76E-01	1,04E-04	1,53E-01	2,43E+00
EP	kg PO43--eq	5,12E-01	9,70E-04	8,93E-05	4,02E-02	1,93E-05	3,75E-02	5,91E-01
ADPM	kg Sb-eq	9,75E-04	3,14E-07	4,32E-08	2,13E-05	5,56E-09	7,13E-05	1,07E-03
ADPE	MJ	4,98E+03	1,58E+01	3,26E+00	5,23E+02	1,58E-01	3,64E+02	5,89E+03
Utslipp A4								
	tonn	B30	Laminat	Gips	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	Total
GWP	kg CO2-eq	2,75E+01	7,96E+00	5,89E+00	1,00E+01	3,61E+00	2,01E+00	5,71E+01
ODP	kg CFC 11-eq	5,44E-06	1,57E-06	1,16E-06	1,98E-06	7,14E-07	3,98E-07	1,13E-05
AP	kg SO2-eq	7,54E-02	2,18E-02	1,61E-02	2,75E-02	9,89E-03	5,51E-03	1,56E-01
EP	kg PO43--eq	1,54E-02	4,46E-03	3,30E-03	5,63E-03	2,03E-03	1,13E-03	3,20E-02
ADPM	kg Sb-eq	5,41E-05	1,56E-05	1,16E-05	1,97E-05	7,10E-06	3,96E-06	1,12E-04
ADPE	MJ	4,45E+02	1,29E+02	9,51E+01	1,62E+02	5,83E+01	3,25E+01	9,21E+02

Vedlegg BA – Livsløpsvurdering betongkonstruksjon B90, 4x4 [m]

Mengder 4x4 dekke								
4x4 B90	Enhet	B90	Laminat	Gips	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	
	Tonn	7,944	0,104	0,077	0,058	0,834	0,581	
	m ³	3,310	0,112	0,096	0,576	0,110	0,242	
Utslipp A1-A3								
	m ³	B90	Laminat	Gips	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	Total
GWP	kg CO2-eq	7,98E+02	-1,84E-01	1,63E-01	-9,97E+01	8,98E-03	5,84E+01	7,57E+02
ODP	kg CFC 11-eq	5,02E-05	3,81E-10	5,57E-09	4,53E-07	1,55E-09	3,67E-06	5,43E-05
AP	kg SO2-eq	2,00E+00	4,00E-03	3,07E-04	1,76E-01	8,28E-05	1,46E-01	2,33E+00
EP	kg PO43--eq	4,84E-01	9,70E-04	8,93E-05	4,02E-02	1,55E-05	3,54E-02	5,61E-01
ADPM	kg Sb-eq	9,57E-04	3,14E-07	4,32E-08	2,13E-05	4,45E-09	7,00E-05	1,05E-03
ADPE	MJ	5,03E+03	1,58E+01	3,26E+00	5,23E+02	1,26E-01	3,68E+02	5,94E+03
Utslipp A4								
	tonn	B90	Laminat	Gips	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	Total
GWP	kg CO2-eq	2,75E+01	7,96E+00	5,89E+00	1,05E+01	2,89E+00	2,01E+00	5,68E+01
ODP	kg CFC 11-eq	5,44E-06	1,57E-06	1,16E-06	2,08E-06	5,71E-07	3,98E-07	1,12E-05
AP	kg SO2-eq	7,54E-02	2,18E-02	1,61E-02	2,88E-02	7,91E-03	5,51E-03	1,56E-01
EP	kg PO43--eq	1,54E-02	4,46E-03	3,30E-03	5,91E-03	1,62E-03	1,13E-03	3,19E-02
ADPM	kg Sb-eq	5,41E-05	1,56E-05	1,16E-05	2,07E-05	5,68E-06	3,96E-06	1,12E-04
ADPE	MJ	4,45E+02	1,29E+02	9,51E+01	1,70E+02	4,67E+01	3,25E+01	9,18E+02

Vedlegg BB – Livsløpsvurdering

massivtrekonstruksjon, 4x4 [m]

Mengder 4x4 dekke													
4x4 Tre	Enhet	Massivtre	Limtre	Polyuretan	Mineralull	Trinnhydsplate	Gipsplate	Bjelker	Culvgipsskive	Parkett	Fundamenter B30	Armeringsjern	
	Tonn	1,440	0,091	0,012	0,028	0,058	0,160	0,050	0,233	0,192	0,539	0,015	
	m ³	3,200	0,203	0,400	1,600	0,576	0,200	0,118	0,208	0,192	0,240	0,002	
Utslipp A1-A3													
	m ³	Massivtre	Limtre	Polyuretan	Mineralull	Trinnhydsplate	Gipsplate	Bjelker	Culvgipsskive	Parkett	Fundamenter B30	Armeringsjern	Total
GWP	kg CO2-eq	-2,15E+03	-1,25E+02	1,87E+00	6,88E+01	-9,97E+01	3,40E+01	-7,14E+01	8,74E+01	8,93E+01	6,21E+01	1,67E+04	-2,38E+03
ODP	kg CFC 11-eq	2,60E+05	2,19E+06	2,29E+08	3,79E+08	4,53E+07	1,16E+08	7,76E+07	5,41E+08	6,53E+09	3,52E+06	2,88E+11	3,31E+05
AP	kg SO2-eq	7,68E+01	1,04E+01	7,58E+03	2,21E+03	1,76E+01	6,40E+04	4,82E+02	3,95E+03	2,73E+03	1,52E+01	1,54E+06	1,27E+00
EP	kg PO43--eq	1,11E+00	1,87E+03	1,48E+03	6,77E+04	4,02E+02	1,86E+04	1,06E+02	4,16E+04	5,13E+04	3,71E+02	2,87E+07	1,20E+00
ADPM	kg Sb-eq	1,18E+04	4,52E+05	2,25E+06	1,16E+06	2,13E+05	9,00E+08	1,33E+05	1,48E+07	4,90E+06	7,07E+05	8,26E+11	2,77E+04
ADPE	MJ	3,07E+03	2,05E+02	3,32E+01	7,07E+00	5,23E+02	6,80E+00	9,20E+01	1,60E+01	1,67E+01	3,61E+02	2,34E+03	4,33E+03
Utslipp A4													
	tonn	Massivtre	Limtre	Polyuretan	Mineralull	Trinnhydsplate	Gipsplate	Bjelker	Culvgipsskive	Parkett	Fundamenter B30	Armeringsjern	Total
GWP	kg CO2-eq	3,18E+02	1,58E+00	5,13E+01	1,31E+00	1,05E+01	8,04E+00	7,80E+02	1,53E+01	3,40E+01	1,87E+00	5,37E+02	3,92E+02
ODP	kg CFC 11-eq	6,29E+05	3,12E+07	1,01E+07	2,59E+07	2,08E+06	1,54E+08	1,54E+08	3,03E+06	6,72E+06	3,69E+07	1,06E+08	7,74E+05
AP	kg SO2-eq	8,71E+01	4,33E+03	1,40E+03	3,59E+03	5,91E+03	2,20E+02	2,13E+04	4,19E+02	9,31E+02	5,12E+03	1,47E+04	1,05E+00
EP	kg PO43--eq	1,78E+01	8,87E+04	2,87E+04	7,34E+04	5,91E+03	4,51E+03	4,37E+05	8,59E+03	1,91E+02	1,05E+03	3,01E+05	2,20E+01
ADPM	kg Sb-eq	6,23E+04	3,11E+06	1,01E+06	2,57E+06	2,07E+05	1,58E+05	1,53E+07	3,01E+05	6,68E+05	3,67E+06	1,05E+07	7,69E+04
ADPE	MJ	5,14E+03	2,55E+01	8,28E+00	2,12E+01	1,70E+02	1,30E+02	1,26E+00	2,47E+02	5,49E+02	3,02E+01	8,67E+01	6,32E+03

Vedlegg BC – Livsløpsvurdering

betongkonstruksjon B30, 8x8 [m]

Mengder 8x8 dekke							
8x8 B30		B30	Laminat	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	
Mengde	Tonn	54,482	0,417	0,230	7,965	3,342	
	m ³	22,700	0,448	2,304	1,048	1,392	
Utslipp A1-A3							
	m ³	B30	Laminat	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	Total
GWP	kg CO2-eq	5,88E+03	-7,35E-01	-3,99E+02	8,58E-02	3,60E+02	5,84E+03
ODP	kg CFC 11-eq	3,33E-04	1,52E-09	1,81E-06	1,48E-08	2,04E-05	3,55E-04
AP	kg SO2-eq	1,43E+01	1,60E-02	7,04E-01	7,91E-04	8,80E-01	1,59E+01
EP	kg PO43--eq	3,51E+00	3,88E-03	1,61E-01	1,48E-04	2,16E-01	3,89E+00
ADPM	kg Sb-eq	6,69E-03	1,25E-06	8,50E-05	4,25E-08	4,10E-04	7,18E-03
ADPE	MJ	3,42E+04	6,32E+01	2,09E+03	1,20E+00	2,10E+03	3,84E+04
Utslipp A4							
	tonn	B30	Laminat	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	Total
GWP	kg CO2-eq	1,89E+02	3,18E+01	4,02E+01	2,76E+01	1,16E+01	3,00E+02
ODP	kg CFC 11-eq	3,73E-05	6,29E-06	7,93E-06	5,45E-06	2,29E-06	5,93E-05
AP	kg SO2-eq	5,17E-01	8,71E-02	1,10E-01	7,56E-02	3,17E-02	8,21E-01
EP	kg PO43--eq	1,06E-01	1,78E-02	2,25E-02	1,55E-02	6,49E-03	1,68E-01
ADPM	kg Sb-eq	3,71E-04	6,26E-05	7,89E-05	5,42E-05	2,28E-05	5,89E-04
ADPE	MJ	3,05E+03	5,14E+02	6,48E+02	4,46E+02	1,87E+02	4,84E+03

Vedlegg BD – Livsløpsvurdering betongkonstruksjon B90, 8x8 [m]

Mengder 8x8 dekke							
8x8 B90		B90	Laminat	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	
Mengde	Tonn	42,866	0,417	0,230	6,158	2,497	
	m ³	17,861	0,448	2,304	0,810	1,040	
Utslipp A1-A3							
	m ³	B90	Laminat	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	Total
GWP	kg CO2-eq	4,31E+03	-7,35E-01	-3,99E+02	6,63E-02	2,51E+02	4,16E+03
ODP	kg CFC 11-eq	2,71E-04	1,52E-09	1,81E-06	1,15E-08	1,58E-05	2,89E-04
AP	kg SO2-eq	1,08E+01	1,60E-02	7,04E-01	6,12E-04	6,30E-01	1,22E+01
EP	kg PO43--eq	2,61E+00	3,88E-03	1,61E-01	1,14E-04	1,52E-01	2,93E+00
ADPM	kg Sb-eq	5,16E-03	1,25E-06	8,50E-05	3,28E-08	3,01E-04	5,55E-03
ADPE	MJ	2,72E+04	6,32E+01	2,09E+03	9,31E-01	1,58E+03	3,09E+04
Utslipp A4							
	tonn	B90	Laminat	Trinnlydsplate	Armering	Fundamenter	Total
GWP	kg CO2-eq	1,49E+02	3,18E+01	4,22E+01	2,13E+01	8,66E+00	2,53E+02
ODP	kg CFC 11-eq	2,94E-05	6,29E-06	8,33E-06	4,22E-06	1,71E-06	4,99E-05
AP	kg SO2-eq	4,07E-01	8,71E-02	1,15E-01	5,84E-02	2,37E-02	6,91E-01
EP	kg PO43--eq	8,33E-02	1,78E-02	2,36E-02	1,20E-02	4,85E-03	1,42E-01
ADPM	kg Sb-eq	2,92E-04	6,26E-05	8,28E-05	4,19E-05	1,70E-05	4,96E-04
ADPE	MJ	2,40E+03	5,14E+02	6,81E+02	3,45E+02	1,40E+02	4,08E+03

Vedlegg BE – Livsløpsvurdering massivtrekonstruksjon, 8x8 [m]

Mengder 8x8 dekke													
8x8 Tre Mengde	Massivtre	Limtre	Polyuretan	Mineralull	Trinnlydsplate	Gipsplate	Bjelker	Gulvgipsskive	Parkett	Fundamenter B30	Armeringsjern		
Tonn	10,080	1,224	0,048	0,112	0,230	0,640	0,200	0,990	0,768	1,535	0,050		
m ³	22,400	2,720	1,600	6,400	2,304	0,800	0,470	0,884	0,768	0,640	0,007		
Utshipp A1-A3													
m ³	Massivtre	Limtre	Polyuretan	Mineralull	Trinnlydsplate	Gipsplate	Bjelker	Gulvgipsskive	Parkett	Fundamenter B30	Armeringsjern (tonn)	Total	
GWP	kg CO2-eq	-1,50E+04	7,47E+02	2,75E+00	-3,99E+02	1,36E+00	-2,86E+02	3,71E+00	3,38E+00	1,66E+02	5,38E-04	-1,63E+04	
ODP	kg CFC 11-eq	1,82E-04	1,32E-05	1,52E-07	1,81E-06	4,64E-08	3,10E-06	2,30E-07	2,61E-08	9,39E-06	9,29E-11	2,10E-04	
AP	kg SO2-eq	5,38E+00	6,28E-01	3,03E-02	7,04E-01	2,56E-03	1,93E-01	1,68E-02	1,10E-02	4,04E-01	4,96E-06	7,37E+00	
EP	kg PO43-eq	7,77E+00	1,13E-02	5,90E-03	1,61E-01	7,44E-04	4,23E-02	1,77E-03	2,05E-03	9,91E-02	9,25E-07	8,10E+00	
ADPM	kg Sb-eq	8,29E-04	2,73E-04	9,00E-06	8,50E-05	3,60E-07	5,32E-05	6,28E-07	1,96E-05	1,89E-04	2,66E-10	1,46E-03	
ADPE	MJ	2,15E+04	1,24E+03	2,83E+01	2,09E+03	2,72E+01	3,68E+02	6,81E+01	6,68E+01	9,63E+02	7,55E+03	2,65E+04	
Utshipp A4													
tonn	Massivtre	Limtre	Polyuretan	Mineralull	Trinnlydsplate	Gipsplate	Bjelker	Gulvgipsskive	Parkett	Fundamenter B30	Armeringsjern	Total	
GWP	kg CO2-eq	2,23E+03	2,12E+01	5,24E+00	4,22E+01	3,22E+01	3,12E-01	6,51E+01	1,36E+02	5,39E+00	1,73E-01	2,54E+03	
ODP	kg CFC 11-eq	4,40E-04	4,19E-06	1,04E-06	8,33E-06	6,33E-06	6,16E-08	1,29E-05	2,69E-05	1,06E-06	3,42E-08	5,01E-04	
AP	kg SO2-eq	6,10E+00	5,80E-02	1,43E-03	1,13E-01	8,80E-02	8,53E-04	1,78E-01	3,72E-01	1,48E-02	4,74E-04	6,95E+00	
EP	kg PO43-eq	1,25E+00	1,19E-02	2,94E-03	2,36E-02	1,80E-02	1,75E-04	3,65E-02	7,63E-02	3,02E-03	9,70E-05	1,42E+00	
ADPM	kg Sb-eq	4,38E-03	4,17E-05	1,03E-06	8,28E-05	6,32E-05	6,13E-07	1,28E-04	2,67E-04	1,06E-05	3,40E-07	4,99E-03	
ADPE	MJ	3,60E+04	3,43E+02	8,46E+01	6,81E+02	5,19E+02	5,04E+00	1,05E+03	2,20E+03	8,70E+01	2,79E+00	4,10E+04	

