




Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Konstruksjoner og materialer, fordypning i byggkonstruksjoner	Høstsemesteret, 2017 Åpen
Forfatter: Elisabet Sedberg Hjorteland	 (signatur forfatter)
Fagansvarlig: Samindi Samarakoon Veileder(e): Samindi Samarakoon (UiS) og Håkon Emil Helland Sæstad (Statens vegvesen)	
Tittel på masteroppgaven: Analyse av varierende spennlengde for ettspenns platebruer Engelsk tittel: The effect of varying span length on single span bridge deck	
Studiepoeng: 30	
Emneord: - Ettspenns platebruer - Slakkarmert - Betong - Plassprodusert	Sidetall: 122 + vedlegg: 69 Stavanger, 01.12.2017 dato/år

Forord

Denne masteroppgaven er min avsluttende oppgave for master i konstruksjoner og materialer ved Universitet i Stavanger. Den er skrevet i samarbeid med bruseksjonen ved Statens vegvesen i Stavanger.

Jeg vil starte med å takke Statens vegvesen som gav meg mulighet til å være med på å utarbeide grunnlaget for videre arbeid av ny håndbok for plassproduserte platebruer. Det har vært inspirerende og lærerik å få ta del i et prosjekt som vil være til videre nytte. Det har vært stor motivasjonsfaktor å ha kontor plass hos Statens vegvesen, som også har vært med på å gi et faglig og lærerikt miljø. Jeg vil derfor takke for gode lunsj- og kaffepauser med alle ansatte på bruseksjonen. En ekstra stor takk til veilederen min Håkon Emil Helland Sæstad ved Statens vegvesen, som alltid har vært tilgjengelig for spørsmål og god veiledning.

Etter å ha startet på masteroppgaven våren 2017, ble den på grunn av fødselspermisjon ikke ferdig før høsten 2017. Det føles derfor ekstra godt å endelig levere oppgaven etter en så lang prosess. Takk til Statens vegvesen og Universitetet i Stavanger som la til rette for at dette lot seg gjøre.

Jeg vil også takke veilederen min Samindi Samarakoon ved Universitetet i Stavanger. Hun har gitt nødvendig veiledning og vært behjelpelig med å svare på mail og spørsmål. Det må også rekkes en stor takk til medstudent Kristine Djuve som jeg har delt kontor plass med ved Statens vegvesen. Takk for gode samtaler og drøfting av faglige utfordringer. Det har bidratt til en trivelig hverdag på kontoret.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Innholdsfortegnelse	II
Figurliste.....	VI
Tabelliste	VIII
Sammendrag	X
Innledning.....	XI
Kapittel 1 - Gjennomgang av litteratur	
1.1 Platebru	1
1.2 Analysemetode.....	3
1.2.1 Elementmetoden.....	3
1.2.1.1 Skallelement	5
1.3 Materialegenskaper	6
1.3.1 Isotrop material	6
1.3.2 Ortotrop material	6
Kapittel 2 - Grunnlagsdata og dimensjoneringskriterier	
2.1 Dimensjonerende brukstid	7
2.2 Ettspenns bruer.....	7
2.3 Opplager til platebruer	8
2.4 Brudekket	9
2.5 Føringsbredde	9
2.6 Pålitelighetsklasse og eksponeringsklasse	10
2.7 Overdekningskrav	10
2.8 Rissvidde.....	11
2.9 Minimumsarmering.....	12
Kapittel 3 - Materialer	
3.1 Betong	15
3.1.1 Betongtype	15
3.1.2 Materialparametere for B45	15
3.2 Slakkarmering	16

3.2.1	Materialparametere for B500NC.....	16
3.3	Materialfaktorer	16
Kapittel 4 - Modelling av brudekket ved bruk av elementprogrammet Brigade		
4.1	Generelt om Brigade	17
4.2	Modelleringen av oppgaven i Brigade	17
4.3	Aksesystemer	18
4.4	Fremgangsmetode for modellene.....	20
4.4.1	Geometri.....	20
4.4.2	Materialparametere.....	22
4.4.3	Antall elementer	23
4.4.4	Trafikklinjer	23
Kapittel 5 - Beregning av laster.....		
5.1	Generelt.....	27
5.2	Permanente laster	27
5.2.1	Egenvekt.....	28
5.2.2	Belegningsvekt	28
5.2.3	Egendefinerte laster	29
5.2.3.1	Rekkverk og kantdrager.....	29
5.2.3.2	Overgangsplate	31
5.2.3.3	Jord over overgangsplate	32
5.2.3.4	Endetverrbjelke.....	33
5.2.3.5	Vinge	37
5.3	Variable laster	38
5.3.1	Trafikklaster	38
5.3.1.1	Vertikale trafikklaster	38
5.3.1.2	Horisontale trafikklaster	40
5.3.2	Naturlaster	42
5.3.2.1	Vindlast.....	42
5.3.2.2	Temperaturlast	44
5.3.2.3	Tillegg fra jordtrykk	45
5.3.2.4	Seismiske påvirkninger.....	46
5.3.3	Deformasjonslaster.....	48
5.3.3.1	Svinn og kryp.....	48

5.3.3.2	Faktorer i brigade.....	51
5.3.4	Ulykkeslaster.....	52
5.4	Lastkombinasjoner.....	53
Kapittel 6 - Resultater av analyse.....		
6.1	Resultat modeller.....	57
6.1.1	Bruddgrensetilstand vs. Ulykkestilstand.....	58
6.1.2	Konturbilder.....	61
6.1.2.1	Maks moment ULS.....	61
6.1.2.2	Minimum moment ULS.....	62
6.1.3	Bruddgrense.....	63
6.1.4	Bruksgrense.....	64
6.2	Manuelle kontroller.....	66
6.2.1	Egendefinerte laster.....	66
6.2.2	Bruddgrensetilstand.....	69
6.2.2.1	Egenvekt.....	70
6.2.2.2	Lastmodell 1.....	71
6.2.3	Momentkapasitet.....	73
6.3	Deformasjon.....	74
6.3.1	Nedbøyning.....	74
6.3.2	Overhøyde.....	75
6.4	Lager.....	76
6.4.1	Forskyvninger og rotasjoner.....	76
6.4.2	Lagerkrefter.....	77
Kapittel 7 - Armeringsmengde for ulike spennlengder.....		
7.1	Generelt.....	81
7.2	Spennlengde på 10 meter.....	82
7.2.1	Lengderetning.....	83
7.2.2	Tverretning.....	84
7.3	Spennlengde på 12 meter.....	85
7.3.1	Lengderetning.....	86
7.3.2	Tverretning.....	87
7.4	Spennlengde på 14 meter.....	88
7.4.1	Lengderetning.....	89
7.4.2	Tverretning.....	90

7.5	Spennlengde på 15 meter	91
7.5.1	Lengderetning.....	92
7.5.2	Tverretning	93
7.6	Spennlengde på 16 meter	94
7.6.1	Lengderetning.....	95
7.6.2	Tverretning	96
Kapittel 8 - Diskusjon og konklusjon.....		
8.1	Generelt.....	97
8.2	Vurdering for platetykkelse for ytterpunktene.....	98
8.3	Platetykkelser	100
8.4	Oppsummering armering	101
8.5	Overhøyde.....	101
8.6	Optimalisert platetykkelse.....	102
8.7	Konklusjon.....	105
Videre arbeid		106
Kilder.....		107

VEDLEGG

Vedlegg A	1
Vedlegg B	3
Vedlegg C	7
Vedlegg D	8
Vedlegg E	20
Vedlegg F	26
Vedlegg G	27
Vedlegg H	35
Vedlegg I	43
Vedlegg J	45
Vedlegg K	52
Vedlegg L	55
Vedlegg M.....	60
Vedlegg N	63

Figurliste

Figur 1.1 - Platebru.....	2
Figur 1.2 - Ribbeplatebru	2
Figur 1.3 – Skallelement med frihetsgrader	5
Figur 1.4 – Elastisitetsmodul isotropt material	6
Figur 1.5 – Elastisitetsmodul ortotropt material.....	6
Figur 2.1 – Ett spenn	7
Figur 2.2 – Illustrasjon lagere	8
Figur 2.3 – Tverrsnitt med konstante mål [mm]	9
Figur 4.1 – skallelement i Brigade	18
Figur 4.2 – Sammenheng mellom global og lokalt aksesystem.....	18
Figur 4.3 – Positiv retning for skallelement i Brigade	19
Figur 4.4 – Illustrasjon av influensteknikken brukt i Brigade.....	24
Figur 4.5 – Avstand mellom trafikklinjene i Brigade	24
Figur 4.6 – Illustrasjon over trafikklinjener i Brigade ved spennlengde 10 meter	25
Figur 5.1 – Dimensjoner på kantdrager.....	30
Figur 5.2 – Dimensjoner for overgangsplaten.....	31
Figur 5.3 – Dimensjoner på endetverrbjelken	33
Figur 5.4 – tverrbjelke og tverrbjelkenese	33
Figur 5.5 – Overlappet området	34
Figur 5.6 – Dimensjoner på vinge.....	37
Figur 5.7 – Illustrasjon over lastmodell 1	39
Figur 5.8 – Illustrasjon over lastmodell 2	39
Figur 6.1 - ULS vs. ALS. 10 meter	58
Figur 6.2 – ULS vs. ALS. 12 meter	59
Figur 6.3 – ULS vs. ALS. 14 meter	59
Figur 6.4 – ULS vs. ALS. 16 meter	60
Figur 6.5 – ULS vs. ALS. 15 meter	60
Figur 6.6 – Konturbilder av maks moment i ULS.....	61
Figur 6.7 – konturbilder av minimum moment i ULS	62
Figur 6.8 – Avstand til nøytralaksen	69
Figur 7.1 - Noder brumodell 10 meter	82

Figur 7.2 - Dimensjonerende momenter lengderetning 10 meter	83
Figur 7.3 – Innlagt lengdearmering 10 meter	83
Figur 7.4 - Dimensjonerende momenter i tverretning 10 meter	84
Figur 7.5 – Innlagt tverrarmering 10 meter	84
Figur 7.6 – Noder brumodell 12 meter	85
Figur 7.7 - Dimensjonerende momenter i lengderetning 12 meter	86
Figur 7.8 – Innlagt lengdearmering 12 meter	86
Figur 7.9 – Dimensjonerende momenter i tverretning 12 meter	87
Figur 7.10 – Innlagt tverrarmering 12 meter	87
Figur 7.11 – Noder brumodell 14 meter	88
Figur 7.12 - Dimensjonerende momenter i lengderetning 14 meter	89
Figur 7.13 – Innlagt lengdearmering 14 meter	89
Figur 7.14 - Dimensjonerende momenter i tverretning 14 meter	90
Figur 7.15 – Innlagt tverrarmering 14 meter	90
Figur 7.16 – Noder brumodell 15 meter	91
Figur 7.17 - Dimensjonerende momenter i lengderetning 15 meter	92
Figur 7.18 – Innlagt lengdearmering 15 meter	92
Figur 7.19 - Dimensjonerende momenter i tverretning 15 meter	93
Figur 7.20 – Innlagt tverrarmering 15 meter	93
Figur 7.21 – Noder brumodell 16 meter	94
Figur 7.22 - Dimensjonerende momenter i lengderetning 16 meter	95
Figur 7.23 – Innlagt lengdearmering 16 meter	95
Figur 7.24 - Dimensjonerende momenter i tverretning 16 meter	96
Figur 7.25 – Innlagt tverrarmering 16 meter	96
Figur 8.1 – Platetykkelse for utdatert håndbok	98
Figur 8.2 – Platetykkelse ettspenns bru	100
Figur 8.3 – Overhøyde ved ulik spennlengde	101
Figur 8.4 – Optimalisert platetykkelse ved ettspenns bru	103

Tabelliste

Tabell 2.1 – Minimumsarmering ved ulik spennlengde.....	13
Tabell 3.1 – Materialfaktorer	16
Tabell 4.1 – Antall FEM element i lengderetning.....	23
Tabell 4.2 – Trafikklinjer	25
Tabell 5.1 – Egenvekt per meter	28
Tabell 5.2 – Last fra jord over overgangspalte.....	32
Tabell 5.3 – Bremse og akselasjonskraft i lengderetning og tverretning.....	40
Tabell 5.4 – Skaleringsfaktorer for jevnt fordelt last av bremse og akselasjonskraft i lengde- og tverretning	41
Tabell 5.5 – Verdier og valg tatt for beregning av vindlast	43
Tabell 5.6 – Vindlastene lagt inn i Brigade.....	43
Tabell 5.7 – Verdier og valg tatt for beregning av temperaturlast	44
Tabell 5.8 – Temperaturer lagt inn i Brigade	44
Tabell 5.9 – Verdier og valg tatt for beregning av tillegg fra jordtrykk	45
Tabell 5.10 – Krefter lagt inn i Brigade ved ulik spennlengde	46
Tabell 5.11 – Verdier og valg tatt ved beregning av jordskjelvlaster	47
Tabell 5.12 – Horisontalt og vertikalt retrospektrum lagt inn i Brigade	47
Tabell 5.13 – Verdier og valg tatt ved beregning av svinn og kryp.....	49
Tabell 5.14 – Svinn og kryptall for ulike spennlengder	50
Tabell 5.15 – Skaleringsfaktorer i Brigade ved ulik spennlengde	51
Tabell 5.16 – Verdier og valg tatt ved beregning av påkjørselslast	52
Tabell 5.17 – Dimensjonerende verdier for laster (STR/GEO) (Sett B).....	53
Tabell 5.18 – Dimensjonerende verdier for laster for bruk i lastkombinasjoner	54
Tabell 5.19 – Dimensjonerende verdier for laster for bruk i kombinasjoner med ulykkeslaster og seismiske laster.....	55
Tabell 6.1 – Krefter ved akse 1 i bruddgrensetilstand.....	63
Tabell 6.2 – Krefter ved midtfelt i bruddgrensetilstand	63
Tabell 6.3 – Krefter ved akse 2 i bruddgrensetilstand.....	64
Tabell 6.4 – Krefter ved akse 1 i bruksgrensetilstand	64
Tabell 6.5 – Krefter ved midtfelt i bruksgrensetilstand	65
Tabell 6.6 – Krefter ved akse 2 i bruksgrensetilstand	65
Tabell 6.7 – Manuell kontroll av egendefinerte laster ved 10 meter.....	66

Tabell 6.8 - Manuell kontroll av egendefinerte laster ved 14 meter	67
Tabell 6.9 – Manuell kontroll av egendefinerte laster ved 12 meter.....	67
Tabell 6.10 - Manuell kontroll av egendefinerte laster ved 15 meter	67
Tabell 6.11 - Manuell kontroll av egendefinerte laster ved 16 meter	68
Tabell 6.12 – Manuell kontroll egenvekt	70
Tabell 6.13 – Manuell kontroll for jevnt fordelt last over tverrsnittet	71
Tabell 6.14 – Manuell kontroll for jevnt fordelt last i vegbane	72
Tabell 6.15 – Manuell kontroll for last fra kjøretøy.....	72
Tabell 6.16 – Manuell kontroll momentkapasitet	73
Tabell 6.17 – Nedbøyning ved ulik spennlengde	74
Tabell 6.18 – Overhøyde ved ulik spennlengde	75
Tabell 6.19 – Forskyvning og rotasjon lagere for 10 m og 16 m	76
Tabell 7.1 – Snitt 10 meter	82
Tabell 7.2 – Snitt 12 meter	85
Tabell 7.3 – Snitt 14 meter	88
Tabell 7.4 – Snitt 15 meter	91
Tabell 7.5 – Snitt 16 meter	94
Tabell 8.1 – Oppsummering armeringsmengde	101
Tabell 8.2 – Momentkapasitet ved optimalisert platetykkelse	104
Tabell 8.3 – Nedbøyning ved trafikk for optimalisert platetykkelse.....	104
Tabell 8.4 – Forslag på armeringsmengde ved optimalisert platetykkelse	104

Sammendrag

Statens vegvesen skal utvikle en ny håndbok for plassproduserte platebruer basert på Eurokoder og håndbøkene fra Statens vegvesen. For å utvikle den nye håndboken må det utarbeides et grunnlag og finne nødvendige begrensninger. Det var dette masteroppgaven skulle bidra med. Oppgaven var å undersøke flere ulike spennlengder på en slakkarmert platebru med ett spenn. I tillegg bestemme fornuftig tykkelse på tverrsnittet og nødvendig armeringsmengde.

Siden håndboken skulle gjelde for hele Norge, var det nødvendig å forholde seg til verdier som kunne gi de mest generelle tilfellene. Flere av lastene, særlig naturlastene, brukte konservative verdier. Brigade ble brukt som programvare for modellering. Med begrensningene som var bestemt i oppgaven og flere konstante dimensjoner var det spennlengdene på 10 meter, 12 meter, 14 meter, 15 meter og 16 meter som ble videre undersøkt.

I Brigade fant en kreftene i bruplata ved å ta snitt på de mest utsatt stedene. En fant momentkraft, skjærkraft og aksialkraft i hver ende av bruplata i tillegg til midten. Konkrete verdier ble funnet i forhold til nedbøyning og overhøyde. Flere manuelle kontroller ble gjort underveis for å kvalitetssikre arbeidet, spesielt i bruddgrensetilstand. Armeringsmengden ble beregnet med Concrete Designer Bridge som var et tilleggsprogram til Brigade. Dette programmet tilfredstilte både krav fra brudd- og bruksgrensetilstand.

Av resultatene ble det laget et lineære graf for forholdet mellom spennlengde og platetykkelse. En fant ut at det var mulig å optimalisere hver enkelt spennlengde enda mer. Dette resulterte i en graf lignet mer på en parabel. En måtte betrakte opp i platetykkelse etter hvert som spennlengden økte. Armeringsmengde i topp både for lengeretning og tverretning var lik for hver spennlengde. Enkelte spennlengder kunne hatt en annen armeringsmengde i topp, men ved å ha den samme mengden er det praktisk og oversiktlig. Som et resultat av at platetykkelsen økte ved hver spennlengde, økte også armeringsmengden i bunn.

Det var tydelig at dagens regelverk gir tykkere platetykkelse og mer armeringsmengde enn tidligere.

Innledning

Platebruer representerer en stor del av bruer som bli bygget i Norge. Ofte som motorvegoverganger eller vegkryss. Statens vegvesen Region vest har fått i oppgave fra vegdirektoratet å utarbeide ny håndbok for prosjektering av plassproduserte platebruer. Utgått håndbok 100-4 for plassproduserte platebruer følger ikke dagens krav. Det er nødvendig at ny håndbok blir utarbeidet på grunnlag av nåværende Eurokode og håndbøkene til Statens vegvesen.

Hensikten med oppgaven er å utarbeide et grunnlag og forutsetninger til ny håndbok. En må derfor undersøke flere ulike spennlengder på en slakkarmert platebru med ett spenn. I tillegg bestemme fornuftig tykkelse på tverrsnittet og nødvendig armeringsmengde.

Statens vegvesen ønsker en håndbok som presenterer resultatene på en oversiktlig måte. Målet med oppgaven er derfor å lage tabeller og grafer som kan brukes for å hente ut nødvendig informasjon om tykkelse på tverrsnittet og armeringsmengde. Dette vil føre til en standardisering av resultatene fra de ulike spennlengdene. Hensikten med dette er å spare tid ved fremtidig prosjektering av platebruer. Det vil også være hensiktsmessig å lage tabeller som viser variasjonen av kreftene på de mest påkjente stedene ved ulik lengde. Det vil bli tatt utgangspunkt i et tverrsnitt med 7.5 meter som føringsbredde. En vil lage brumodell for spennlengder på 10 meter, 12 meter, 14 meter, 15 meter og 16 meter.

Oppgaven er oppbygd i samme rekkefølge som det ble jobbet med oppgaven. Den består av hovedsakelig fire deler. Første del med relevant teori, grunnlagsdata, dimensjoneringskriterier og materialer. Del to vil være om dataprogrammet Brigade og om lastene som er brukt. Del tre er kreftene som virker på de ulike modellene, manuelle kontroller, deformasjon og armeringsmengde. Del fire er presentasjon av resultater og konklusjon.

Kapittel 1

Gjennomgang av litteratur

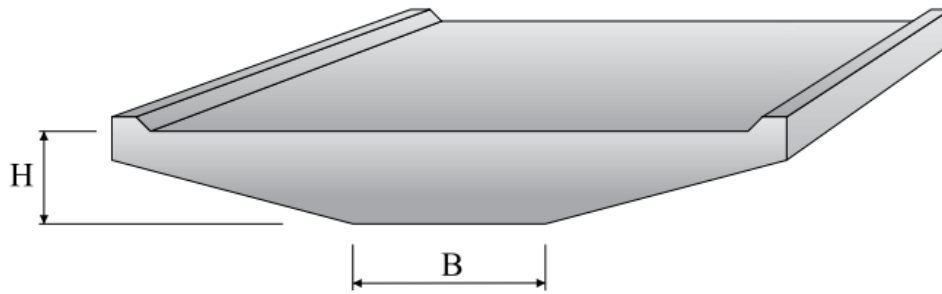
1.1 Platebru

Platebruer i betong er vanlig konstruksjon for kortere bruer. En platebru består av en plate og landkar. Hvis bruene har flere spenn vil det være søyler i tillegg. Kjentegnet til en platebru er at platen er det bærende systemet og platen vil fordele lasten videre til landkarene [1, pkt. 4.3.2].

Lastene vil fordele seg både i lengderetning og tverretning av bruplata, der hovedbæretningen er i bruens lengderetning. Bæringen i tverretningen vil variere med utformingen på tverrsnittet og plassering av lager [1, pkt. 5.5.4]. En vil derfor få bøyemoment i to retninger, M_x og M_y i tillegg til torsjonsmomentet M_{xy} [2, s. 327].

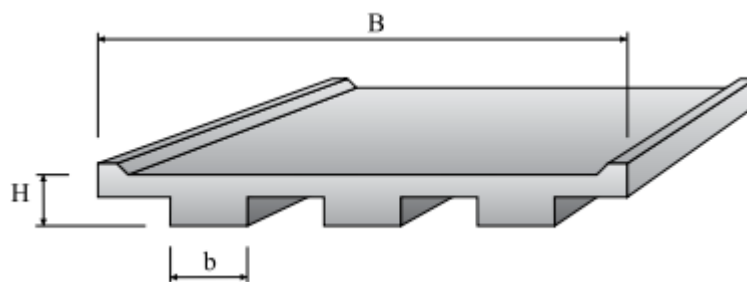
Platebruer kan ha ulik utforming på tverrsnittet. Det kan være massivt tverrsnitt eller med sparerør for å få mindre vekt. Tverrsnittet kan være rektangulært, ha skrå platekanter eller vinger [1, pkt. 4.3.2]. En skiller mellom platebru, bjelkeplatebru og ribbeplatebru alt etter dimensjoneringen av tverrsnittet.

Definisjonen på en platebru ifølge håndbok V440 er når forholdet mellom minste bredde i underkant av platen delt på platetykkelsen er større enn fem, $H/B > 5$. Dersom $1 < b/H \leq 5$ vil det defineres som bjelkeplatebru. Se figur 1.1 for illustrasjon.



Figur 1.1 - Platebru

For platebruer som har utsparinger på underkanten av platen og massiv overstøtte, vil det ved $b/H \geq 1$ regnes som ribbeplatebru. Se figur 1.2. Dette vil ikke bli tatt i bruk i denne oppgaven, men er tatt med for å vise de ulike typene.



Figur 1.2 - Ribbeplatebru

1.2 Analysemetode

I NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 punkt I.1.1 står det følgende: «Flatdekker bør beregnes ved hjelp av anerkjente beregningsmetoder, f.eks. ved hjelp av en bjelkeristmodell, en modell basert på elementmetoden, en flytelinjemodell eller en ekvivalent ramme.»

Ekvivalent rammemetode er ofte brukt i dimensjonering og analyse av brukonstruksjoner. Det finnes mange programvarer som bygger på denne metoden, også kalt rammeprogrammer.

En vanlig forenkling er at en ser bort i fra torsjonsmomentet M_{xy} . Kreftene vil dermed kun være avhengig av spennviddeforholdet. Dette vil gi høyere moment og konservativ armeringsmengde. Denne metoden kalles for stripemetoden [2, s. 328]. Hvis en ønsker å ha med torsjonsmomentet M_{xy} er det nødvendig med et elementprogram for den statiske beregningen.

1.2.1 Elementmetoden

Elementmetoden er en numerisk beregningsmetode som ble utviklet på midten av 50-tallet og den ble hovedsakelig brukt i luftfartsindustri [3, s. 168]. Tradisjonelt sett ble elementmetoder brukt for store og komplekse konstruksjoner, men på grunn av store teknologisk fremskritt de siste tiårene har programvarene hatt solid utvikling i brukervennlighet [3, s. 155]. Dette har ført til at elementmetoden kan blir brukt for enklere, men også mer avanserte tilfeller. Elementmetoden løser matematiske problemer ved hjelp av numerisk beregningsmetode som tar i bruk partielle differensialligninger eller integralligninger [4].

Elementmetode har fordeler som gjør denne metoden mer attraktiv enn de fleste andre analytiske metoder. Elementmetoden er allsidig. En kan beregne en mengde bruksområder innenfor ulike fagområder, for eksempel varmeoverføring eller spenning. Modellen kan ha ulike deler, den kan eksempelvis kombinere plate og bjelke. Det er ikke noe geometrisk begrensninger. Materialeegenskapene kan endres for hvert element. Materialet må ikke være isotopisk og randbetingelser kan plasseres hvor som helst.

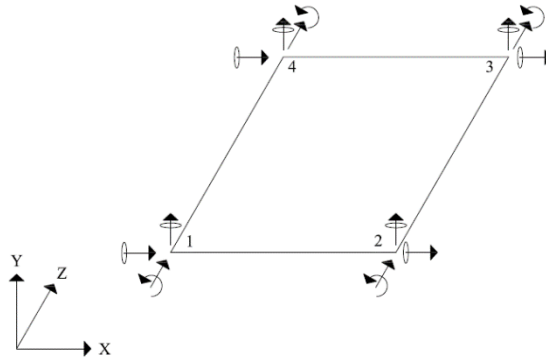
Det er mulig å bruke elementprogram selv om en har forholdsvis liten forståelse for numerisk modellering på grunn av brukervennligheten til programvarene. Selv om dette er mulig, er det ikke optimalt å gi fra seg all kontroll til dataprogrammet. Et program vil ha begrensninger og kan inneholde feil. Det er derfor brukeren, ikke produsent for programvaren, sitt ansvar å kunne gi resultater en kan stole på. En må vite om det er tilstrekkelig nøyaktighet i beregningene og kjennskap til elementmetodens og programvaren sine muligheter og begrensninger [5, s. 11].

Elementmetoden vil gi store mengder data, noe som kan være vanskelig å kontrollere. Til sammenligning vil rammemodell ofte gi resultater som er lettere å verifiseres. Det er færre krefter å forholde seg til i rammemodellen.

Eksempler på typiske feil ved bruk av et elementprogram kan være at skjellelement er brukt der det skulle vært kompaktelement. Lastene kan være feil plassert eller feil størrelse. Modellen kan være delt i for få element (mesh) eller randbetingelsen er feil plassert. Det er viktig å huske på å ha nok desimaler viss resultater skal brukes til videre beregninger [5, s. 364].

1.2.1.1 Skallelement

Konstruksjonen deles inn i elementer. Dette kan visualiseres som små deler av konstruksjonen. Disse elementene kan være skallelementer. Skallelementer har seks frihetsgrader. Translasjon og rotasjon i alle tre aksene, se figur 1.3.



Figur 1.3 – Skallelement med frihetsgrader

Skallelement brukes når den ene størrelsen er betydelig mindre enn de to andre og krumningsradien [6, s. 429]. Det skilles mellom tynne og tykke skall. Tynne skall er basert på Kirchoff sin teori, men tykke skall er basert på Mindlin sin teori. Felles for begge teoriene er at normalspenning i retningen til tykkelsen er satt lik null [5, s. 530].

Kirchoffs plateteori antar at en rett linje normal på midten til den udeformerte overflaten vil være rett og vinkelrett på midten av den deformerte overflaten. Plater kan antas å følge Kirchoffs teori på grunn av skallelementene er tynne nok til at transvers skjærdeformasjon er neglisjerbar. Transvers skjærdeformasjon er ikke neglisjerbar i Mindlins plateteori.

På grunn av begrensninger fra programvarene blir det ofte brukt skallelement istedenfor kompakt elementer. Skallelement vil gi færre ukjente og datamaskinen klarer å kjøre programvaren raskere og en sparer dermed tid.

1.3 Materialegenskaper

1.3.1 Isotrop material

Med et isotropt material menes det at materialegenskapene ikke er avhengig av retningen. Figur 1.4 viser elastisitetmatrisen i s-, a- og z-planet. Der E er elastisitetsmodulen, G er skjærmodul og ν er Poissonsverdien til betongen. ϵ er tøyningen, γ er spenningen og S er skjærspenningen i de ulike retningene [7].

$$\begin{bmatrix} \epsilon_s \\ \epsilon_a \\ \gamma_{as} \\ \gamma_{sz} \\ \gamma_{az} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/E & -\nu/E & 0 & 0 & 0 \\ -\nu/E & 1/E & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/G & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/G & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_s \\ S_a \\ S_{as} \\ S_{sz} \\ S_{az} \end{bmatrix}$$

Figur 1.4 – Elastisitetsmodul isotropt material

1.3.2 Ortotrop material

Ortotrop material er en undergruppe av anisotropiske materialer. I et anisotropisk material er materialegenskapene avhengig av retningen det blir målt i. For ortotrop material kan en ha forskjellige egenskaper i to eller tre vinkelrette akser [8]. Figur 1.5 viser elastisitetmatrisen i s-, a- og z-planet. Der E er elastisitetsmodulen og G er skjærmodul. De vil variere i de ulike retningene. Videre er ν Poissonsverdien til betongen. ϵ er tøyningen, γ er spenningen og S er skjærspenningen i de ulike retningene [7].

$$\begin{bmatrix} \epsilon_s \\ \epsilon_a \\ \gamma_{as} \\ \gamma_{sz} \\ \gamma_{az} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/E_s & -\nu/E_a & 0 & 0 & 0 \\ -\nu/E_s & 1/E_a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/G_{sa} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/G_{sz} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/G_{az} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_s \\ S_a \\ S_{as} \\ S_{sz} \\ S_{az} \end{bmatrix}$$

Figur 1.5 – Elastisitetsmodul ortotrop material

Kapittel 2

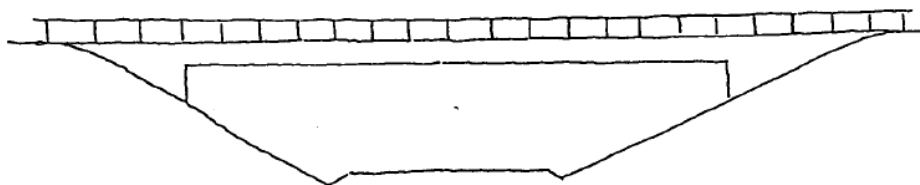
Grunnlagsdata og dimensjoneringskriterier

2.1 Dimensjonerende brukstid

Dimensjonerende brukstid defineres som den tiden en konstruksjon eller en del av den med vedlikehold har et tiltenkt formål uten at det skal være nødvendig med omfattende reparasjoner [9, pkt. 1.5.2.8]. Dimensjonerende brukstid er ofte 50 år eller 100 år. 100 år er for viktigere konstruksjoner som kan gi større konsekvenser ved svikt. Bruer dimensjoneres for 100 års levetid [10, pkt. 1.1.6.1].

2.2 Ettspenns bruer

Siden denne oppgaven er et grunnlag for utarbeidelse av ny håndbok, er det naturlig å starte med ett spenns platebru. Dette vil gi en plate med fire opplagere. Det skal undersøkes platebruer med spennlengder på 10 meter, 12 meter, 14 meter, 15 meter og 16 meter.

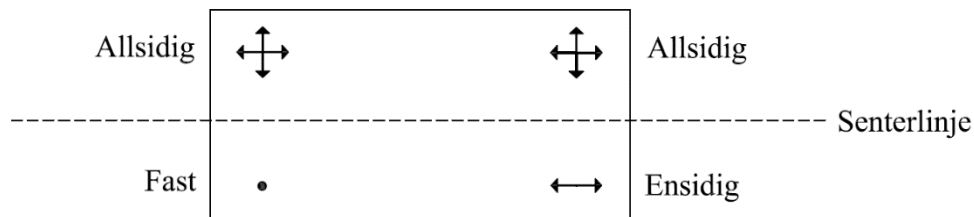


Figur 2.1 – Ett spenn

2.3 Opplager til platebruer

Lagerene må plasseres slik at det lar seg gjøre med vedlikehold og inspeksjoner. Hvis dette ikke er oppnåelig må lagerene ha samme dimensjonerende brukstid som konstruksjonen [10, pkt. 3.2]. Bruer som har en bredde på mindre enn 15 meter skal maksimalt ha 2 lager i hver akse [10, pkt. 3.3.2]. Lagertypen skal være i henhold til NS-EN 1337.

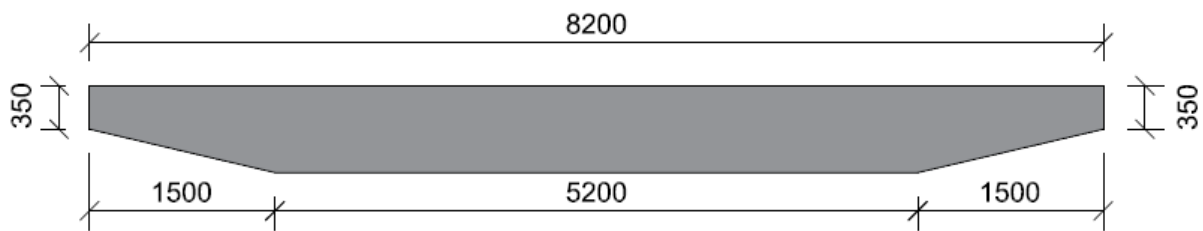
I denne oppgaven har en to lager i hver akse. I akse 1 er det et fastlager og et allsidig lager. I akse 2 er det et ensidig lager og et allsidig lager. De horisontale kreftene på brua vil tas opp gjennom fastlageret og det ensidige lageret. Lagerplasseringen er antatt å være konstant, plassert 2.5 meter fra senterlinjen til brua.



Figur 2.2 – Illustrasjon lagere

2.4 Brudekket

Tverrsnittet til en platebru kan som tidligere nevnt i kapittel 1.1 ha ulike former. I oppgaven blir det brukt et massivt rektangulært tverrsnitt med skrå platekanter. Dette er et tverrsnitt som ofte blir brukt i sammenheng med plassproduserte platebruer. Det vil være ikke være tverr-/takfall på brudekket. Det skal undersøkes hvilken platetykkelse som er nødvendig for hver spennlengde. Figur 2.3 viser hvilke mål som er konstante.



Figur 2.3 – Tverrsnitt med konstante mål [mm]

2.5 Føringsbredde

I høringsutgaven fra desember 2016 for håndbok N100 er det færre dimensjoneringsklasser for veger enn før. Der deles hovedvegnettet opp i nasjonale hovedveger (H) og øvrige hovedveger (Hø). I oppgaven er det tatt i bruk dimensjoneringsklasse for øvrige hovedveger, Hø1 og Hø2, fra tabell C.2 fra høringsutgaven. Dette gir en føringsbredde på 7.5 meter.

2.6 Pålitelighetsklasse og eksponeringsklasse

Konsekvensklassen og ønsket sikkerhet vil bety noe for pålitelighetsklassen. I NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 tabell NA.A1(901), finner en at pålitelighetsklassen for brukonstruksjonen skal være klasse 3.

I henhold til NS-EN 1992-2:2005+NA:2010 punkt NA.4.2(105) velges eksponeringsklasse XD1.

2.7 Overdekningskrav

Overdekningen er avstanden fra betongoverflaten til nærmeste konstruktiv armering. Minste overdekning av hensyn til bestandighet ($C_{\min, \text{dur}}$) defineres ut i fra håndbok N400 punkt 7.4. Minste overdekning av hensyn til heft ($C_{\min, \text{b}}$) bestemmes ut i fra NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 tabell NA.4.2. Formel for beregning av nominell overdekning er gitt i håndbok N400 punkt 7.4.4. Maks stangdiameter vil være 32 mm. Den samme overdekningen skal brukes på overkant og underkant av brua.

$$C_{\min, \text{dur}} := 60\text{mm}$$

$$C_{\min, \text{b}} := 32\text{mm}$$

NS-EN 1992-1-1 tabell NA.4.2

$$C_{\min} := \max(C_{\min, \text{b}}, C_{\min, \text{dur}})$$

$$\Delta C_{\text{dev}} := 15\text{mm}$$

$$C_{\text{nom}} := C_{\min} + \Delta C_{\text{dev}}$$

$$C_{\text{nom}} = 75\text{mm}$$

2.8 Rissvidde

Rissviddebegrensning må beregnes slik at konstruksjonen ikke får et uakseptabelt utseende eller at den gir skadet funksjon eller bestandighet [2, s. 113]. Grenseverdien på rissvidden w_{\max} er avhengig av miljøet konstruksjonen befinner seg i. Faktoren k_c vil ta hensyn til virkningen av overdekningen. Formelen er hentet fra NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 punkt NA.7.3.1 (NA.901).

$$k_c = C_{\text{nom}}/C_{\text{min,dur}} \leq 1.3$$

Selv om $C_{\text{min,dur}}$ er valgt til å være 60 mm i beregning for overdekningskrav, er det brukt $C_{\text{min,dur}}$ som 50 mm ved beregning av rissvidde. Denne verdien kommer i fra NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 tabell NA.4.4N for eksponeringsklasse XD1. Dette er en tolkning av regelverket da $C_{\text{min,dur}}$ fra tabell 7.2. i håndbok N400 består av $C_{\text{min,dur}} + \Delta C_{\text{dur},\gamma}$. $\Delta C_{\text{dur},\gamma}$ er fra NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 punkt NA.4.4.1.2(6).

For å ta hensyn til at nominell overdekning er større enn kraven til $C_{\text{min,dur}}$ benyttes korreksjonsfaktoren $k_c = 1.3$. En antar at eksponeringsklasse i denne oppgaven vil være innenfor klassene for slakkarmering som gir grenseverdi $0.3k_c$ for tilnærmet permanent lastkombinasjon.

$$w_{\max} = 0.3k_c = 0.39 \text{ mm}$$

2.9 Minimumsarmering

På grunn av at det er krav om begrensning av rissvidde, kreves det i henhold til NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 punkt 7.3.2 minimumsarmering for å begrense strekkrefter fra å oppstå. I henhold til håndbok N400 punkt 7.8.1 skal armering med diameter mindre enn 12 mm ikke benyttes. Vegvesenet vil også unngå å bruke armeringsstenger større enn 32 mm på grunn av at det må spesialbestilles.

Ved stort trykk, kan det være behov for trykkarmering, men normalt er det ikke aktuelt. Til tross for dette står det i håndbok N400 punkt 7.8.1 at alle tverrsnittsdeler skal være dobbeltarmert i begge retninger. Armeringsbunter skal heller ikke ha mer enn to stenger. Det er valgt og kun armere i ett lag i oppgaven.

Minste avstand mellom armeringsstengene angis ut i fra NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 punkt 8.2. For buntet armering må en også ta hensyn til punkt 8.9.1 og kamstålets faktiske byggemål i fra håndbok N400 tabell 7.3.

Minste avstand mellom armering:

Armeringsstenger:

$$\varnothing_{16} := 16\text{mm} \quad \varnothing_{32} := 32\text{mm}$$

Byggemål:

$$\varnothing_{b,16} := 20\text{mm} \quad \varnothing_{b,32} := 40\text{mm}$$

Håndbok N400,
tabell 7.3

$$d_g := 22\text{mm}$$

Enkeltstenger

$$b_{\text{mål}} := \varnothing_{32} = 32\text{-mm}$$

$$a_v := \max(2 \cdot b_{\text{mål}}, d_g + 5\text{mm}, 20\text{mm}) = 64\text{-mm}$$

NS-EN 1992-1-1,
punkt 8.2

$$cc := a_v + \varnothing_{32} = 96\text{-mm}$$

Stenger i bunt

$$b_{\text{mål},b} := \varnothing_{32} \cdot \sqrt{2} = 45.255\text{-mm}$$

NS-EN 1992-1-1,
punkt 8.9.1

$$a_{v,b} := \max(2 \cdot b_{\text{mål},b}, d_g + 5\text{mm}, 20\text{mm}) = 90.51\text{-mm}$$

$$cc_b := a_{v,b} + 2 \cdot \varnothing_{b,32} = 170.51\text{-mm}$$

Maks tillatt armeringsmengde for oppgaven er dermed $2\phi 32c170$. I henhold til håndbok N400 punkt 7.8.7 skal senteravstand for slakkarmering være mindre eller lik 200 mm. Dette betyr at minimumskravet for topparmering er $\phi 12c200$.

Minimumsarmeringen vil variere for hver spennlengde. Beregningen må oppdateres etter en har funnet nødvendig armeringsmengde. Beregning for minimumsarmering i lengderetning og tverretning ligger i vedlegg A. Tabell 2.1 viser en oppsummering for de ulike spennlengdene.

Spenn- lengde	Plate- tykkelse	Lengde- armering, topp	Lengde- armering, bunn	Tverr- armering, topp	Tverr- armering, bunn
10 m	700 mm	$\phi 12c200$	$\phi 16c170$	$\phi 12c400$	$\phi 16c170$
12 m	800 mm	$\phi 12c200$	$\phi 16c140$	$\phi 12c400$	$\phi 16c130$
14 m	1000 mm	$\phi 12c200$	$\phi 16c110$	$\phi 12c400$	$\phi 16c120$
15 m	1100 mm	$\phi 12c200$	$\phi 16c100$	$\phi 12c400$	$\phi 16c110$
16 m	1200 mm	$\phi 12c200$	$\phi 20c140$	$\phi 12c400$	$\phi 16c100$

Tabell 2.1 – Minimumsarmering ved ulik spennlengde

Kapittel 3

Materialer

3.1 Betong

3.1.1 Betongtype

Betong produseres i flere varianter. Ved å endre på blandingsforholdet til betongen endres materialegenskapene, som for eksempel styrke eller bestandighet. I oppgaven benyttes betong B45.

3.1.2 Materialparametere for B45

Verdiene er hentet i fra NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008

Fasthet og deformasjonsegenskaper for betong

Sylindertrykkfasthet	f_{ck}	45	MPa	Tabell 3.1
Elastisitetsmodul	E_{cm}	36	GPa	Tabell 3.1

Koeffisienter

α_{cc}	0.85		NA.3.1.6
---------------	------	--	----------

Dimensjonerende verdier, ULS

Betongtrykkfasthet	f_{cd}	25.5	MPa	Pkt. 3.1.6
--------------------	----------	------	-----	------------

Gjennomsnittlige verdier

Middelverdi trykkfasthet	f_{cm}	53	MPa	Tabell 3.1
Middelverdi strekkfasthet	f_{ctm}	3.8	MPa	Tabell 3.1

3.2 Slakkarmering

Armeringsstål består blant annet av stålklassene B500NA, B500NB og B500NC. Fra NS 3576-3:2012 kan en lese at det hovedsakelig er stålets duktilitet som skiller klassene [14, s. 2]. I håndbok R762 prosess 84.3 punkt b) angis det at kamstål klasse B500NC skal brukes. Det er denne som er den mest normale å bruke til armering i betongkonstruksjoner.

3.2.1 Materialparametere for B500NC

Parameterne er hentet i fra NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008.

Karakteristisk flytegrense	f_{yk}	500	MPa	3.2.2(3)
Dimensjonerende flytegrense	f_{yd}	434.8	MPa	3.2.7(2)
Elastisitetsmodul	E_s	200	GPa	3.2.7(4)

3.3 Materialfaktorer

Materialfaktorer for de ulike grensetilstandene er hentet fra NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 NA.2.4.2.4 tabell NA.2.1N.

	SLS	ULS Vedvarende og forbigående	ALS
Betong	$\gamma_c = 1.0$	$\gamma_c = 1.5$	$\gamma_c = 1.2$
Armering	$\gamma_s = 1.0$	$\gamma_s = 1.15$	$\gamma_s = 1.0$

Tabell 3.1 – Materialfaktorer

Kapittel 4

Modellering av brudekket ved bruk av elementprogrammet Brigade

4.1 Generelt om Brigade

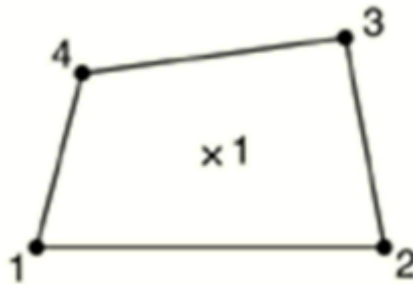
Brigade Standard versjon 4.3 er et elementprogram som brukes for analyser og dimensjonering. Det er Scanscot Technology som står bak Brigade, og ifølge nettsiden deres er Brigade en markedsledende programvare innen strukturell analyse og design av blant annet bruer. De reklamerer også for at programvaren er brukervennlig for nybegynnere, men at det også er produktivt for erfarne brukere [16].

Brigade Standard utfører et tredimensjonalt analysekonsept. Brigade er spesialisert på å designe 3D modeller og gjøre analyser for de mest brukte brutypene. En kan kombinere flere av de vanligste komponentene for bruer, f.eks. plater og bjelker. Brukeren kan enkelt justere antall elementer.

4.2 Modelleringen av oppgaven i Brigade

Modellene i denne oppgaven består av bjelke-, og plateelementer. En modell for hver av de ulike spennlengdene. Bjelkemodell for endetverrbjelken og platemodell for selve bruplata. Platemodellen bruker skallelement.

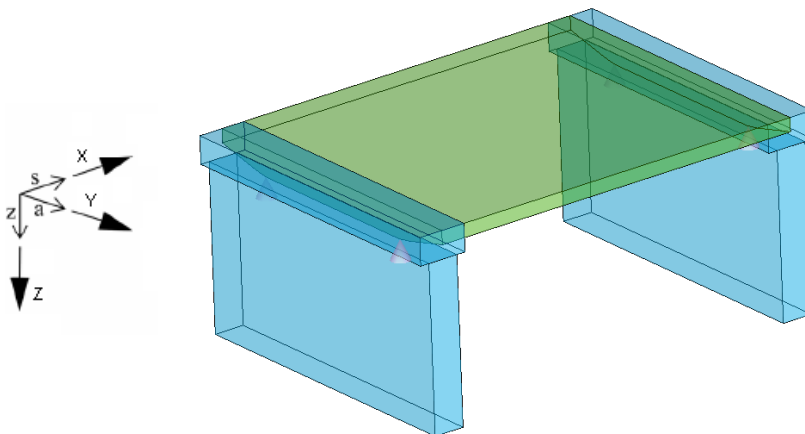
Brigade Standard bruker skallelement med fire noder og et integrasjonspunkt. Disse elementene tillater transvers skjærdeformasjon. Brigade bruker tykk skallteori dersom tykkelsen øker og tynn skallteori dersom tykkelsen minker. Det er forholdet mellom spennlengde og tykkelse som bestemmer hvilken teori som blir brukt.



Figur 4.1 – skallelement i Brigade

4.3 Aksesystemer

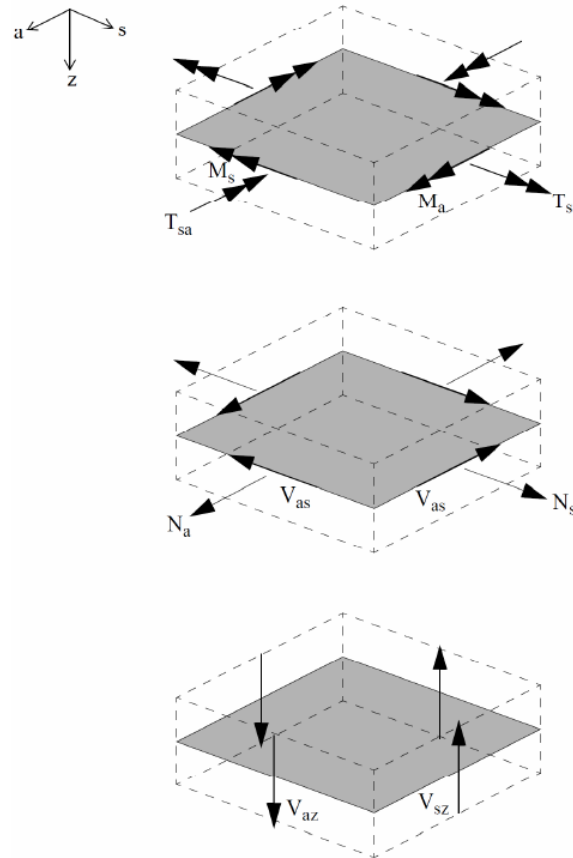
De globale aksesystemet til Brigade er bygget opp av en X-, Y- og Z – akse. Det lokale aksesystemet for hvert skallelement består av en s-, a- og z – akse, der s er i lengderetning og a er i tverretning. Se figur 4.2 for definisjon av positiv retning av disse aksene på bruplata.



Figur 4.2 – Sammenheng mellom global og lokalt aksesystem

Bøyemoment bruker forkortelsen M, normalkraft med forkortelsen N, skjærkraft med forkortelsen V og deformasjon har forkortelsen U.

I oppgaven er det hentet ut resultater basert på M_a , V_{sz} og N_s . M_a står for bøyemoment i lengderetning. V_{sz} står for skjærkrefter i sz-planet. N_s står for normalkrefter i lengderetning. $U_{z,\min}$ og $U_{z,\max}$ er maksimum og minimum deformasjon i z-retning.



Figur 4.3 – Positiv retning for skallelement i Brigade

4.4 Fremgangsmetode for modellene

Forklaringen og begrunnelse av hvilke laster som er brukt i oppgaven kan en lese om i kapittel 5. Her er det kort forklart hvordan modellene i Brigade er bygget opp. En har tatt utgangspunkt i modellen som har en spennlengde på 10 meter.

4.4.1 Geometri

Veilinjedefineres:

The 'Stake Out Line' dialog box is shown in two states. The left state shows the 'Vertical Alignment' tab with the following fields:

- Section S (m): 10
- Coordinate X (m): 0
- Coordinate Y (m): 0
- Radius R (m): 0
- Clothoid Type CT: None
- Clothoid Parameter CP: 220

The right state shows the same dialog with a table of data:

No	S	L	R
1	10	100	0
2	40	100	0

Beskriver bredden på brudekket og senteravstand mellom aksene. Senteravstanden må endres når spennlengden øker:

The 'Width and Banking' dialog box shows the following fields:

- Section S (m): 25
- Left Width LW (m): 4.1
- Right Width RW (m): 4.1
- Left Banking LB (%): 0
- Right Banking RB (%): 0

The 'Support Lines' dialog box shows the following fields:

- Section S (m): 20
- Angle F (gon): 100
- Connection to next deck span C: Monolithic

Both dialogs include a table of data:

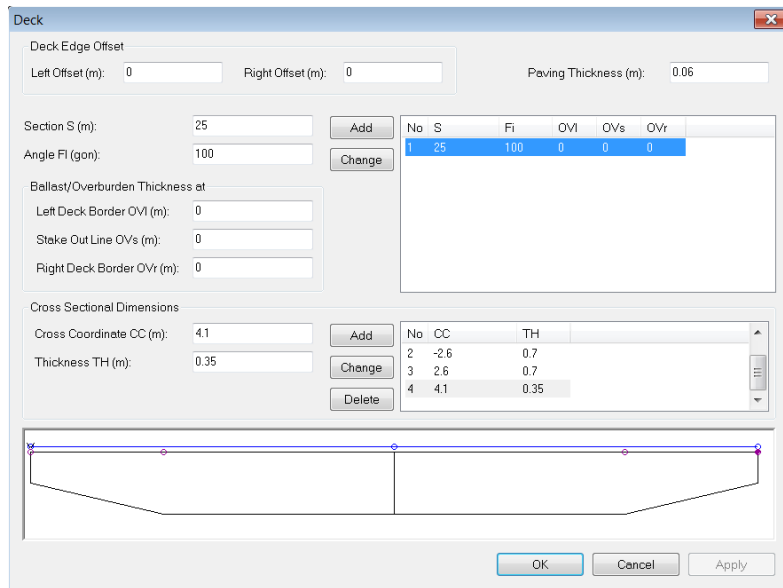
Width and Banking table:

No	S	LW	RW	LB	RB
1	25	4.1	4.1	0	0

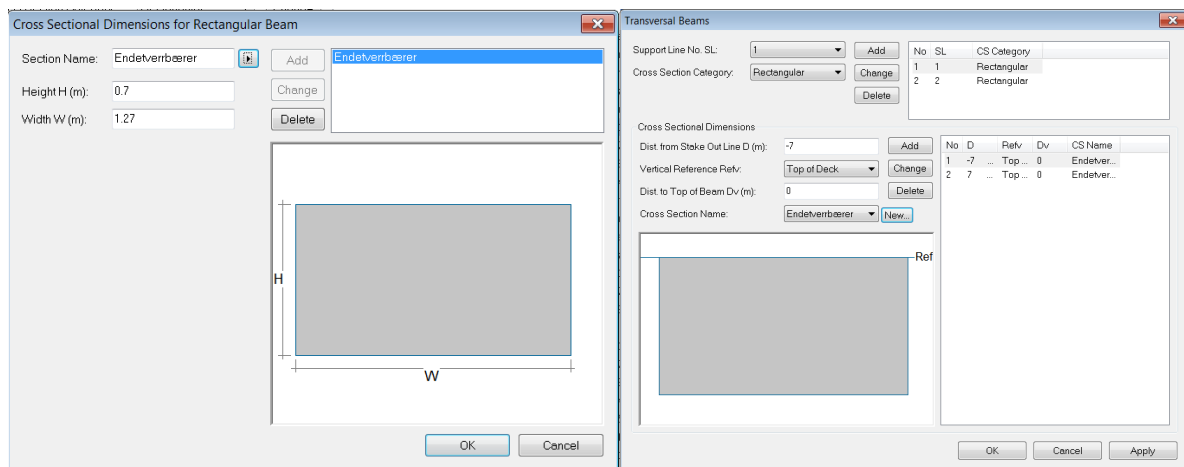
Support Lines table:

No	S	F	C
1	20	100	-
2	30	100	-

Hvordan en definerer dimensjonene til dekket. Her må platetykkelse endres etter hvert som spennelengden øker:



Endetverrbjelken er modellert som en forenklet firkant. Les mer i kapittel 5.2.3.4 for forklaring.



4.4.2 Materialparametere

Materialparametere for dekket og endetverrbjelkene er vist nedefor. Les om bakgrunnen for egenvekten for endetverrbjelken i kapittel 5.2.3.4. I Brigade kan en velge om materialene for de ulike konstruksjonsdelene skal være isotropisk eller ortotropisk. Det er valgt å ha isotropiske materialer.

Material Manager

Deck | Box Girder | Beams | Cables | Substructure | Wing Walls | Foundation Slabs

Material Type MT: Isotropic Weight (kN/m3): 25 Change

Young's Modulus Es (kPa): 36000000 Thermal Expansion (1/K): 1e-005

Young's Modulus Ea (kPa): 36000000 Damping: 0.05

Poisson's Ratio: 0

Shear Modulus Gsa (kPa): 18000000

Shear Modulus Gsz (kPa): 18000000

Shear Modulus Gaz (kPa): 18000000

Sp...	Ty...	Es	Ea	Po...	Gsa	Gsz	Gaz	Wei...	Ther...	Dam...	Comment
1	Iso...	3.6e+0...	3.6e+0...	0	1.8e+0...	1.8e+0...	1.8e+0...	25	1e-0...	0.05	

Constant

OK Avbryt

Material Manager

Deck | Box Girder | Beams | Cables | Substructure | Wing Walls | Foundation Slabs

Material Type MT: Isotropic Weight (kN/m3): 18 Change

Young's Modulus Es (kPa): 36000000 Thermal Expansion (1/K): 1e-005

Young's Modulus Ea (kPa): 36000000 Damping: 0.05

Poisson's Ratio: 0

Shear Modulus Gsa (kPa): 18000000

Shear Modulus Gsz (kPa): 18000000

Shear Modulus Gaz (kPa): 18000000

Beam	Ty...	Es	Ea	Po...	Gsa	Gsz	Gaz	Wei...	Ther...	Dam...	Comment
Transvers...	Iso...	3.6e+0...	3.6e+0...	0	1.8e+0...	1.8e+0...	1.8e+0...	18	1e-0...	0.05	Support line
Transvers...	Iso...	3.6e+0...	3.6e+0...	0	1.8e+0...	1.8e+0...	1.8e+0...	18	1e-0...	0.05	Support line

Constant

OK Avbryt

4.4.3 Antall elementer

Elementene kan ha ulike størrelser i alle retninger. Siden oppgaven tar utgangspunkt i en rett bru uten vinkler, vil det være mest hensiktsmessig å ha elementer bestående av fire like lange sider.

Brubredden er konstant på 8.2 meter og det ble det valgt 20 elementer i tverretning. Dette tilsvarer en elementbredde på 0.41 meter. For å oppnå samme elementbredde i lengderetning tok en brulengde delt på elementbredde for å finne antall elementer. Tabell 4.1 gir en oversikt over antall elementer i lengderetning for hver av spennlengdene.

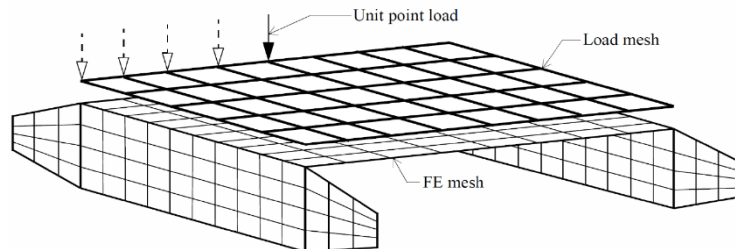
Spennlengde	Antall elementer
10 m	24
12 m	29
14 m	34
15 m	37
16 m	39

Tabell 4.1 – Antall FEM element i lengderetning

4.4.4 Trafikklinjer

Brigade tar hensyn til bevegelig trafikklaster ved å definere trafikklinjer som symboliserer senterlinjen til kjøretøyet. En kan definere opptil 30 slike linjer [17]. Hver linje deles opp i elementer. Hvis en øker antall elementer vil det gi et mer nøyaktig resultat, men programmet vil også bruke lengre tid på å fremstille resultatene. Til tross for at lengderetningen vil variere ved ulik spennlengde, har en valgt å ha antall elementer for trafikklinjer konstant. En antok at hundre elementer ville gi resultater som var realistiske nok.

Brigade er programmert for å beregne den mest kritiske plasseringen av trafikklasten. Dette gjør Brigade ved å bruke en influensteknikk [7, pkt. 4.2.8.1.2]. Fra teorien vet en at en influenslinje viser hvordan lastfordelingen er avhengig av lastplasseringen [18]. Influens teknikken til Brigade plasserer last i hver node og vil danne seg egen mesh av laster.

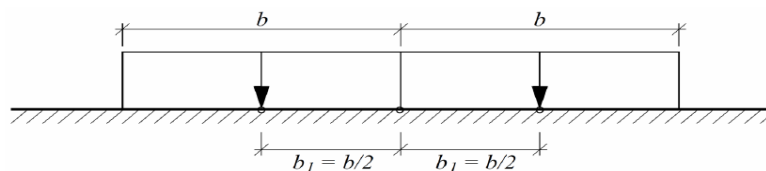


Figur 4.4 – Illustrasjon av influensteknikken brukt i Brigade

Det er to typer trafikklaster som vil bli tatt hensyn til. Trafikklast med bestemt avstand mellom lastene og trafikklaster med varierende avstand mellom lastene.

Bredden på en kjørebane må bli definert for å vite hvor mange plasseringer trafikklaster kan ha i tverretning. Brigade vil finne den mest kritiske kombinasjonen av vegbaner. Programmet vil ikke kunne velge kombinasjon av to vegbaner hvor bredden på vegbanen ikke blir opprettholdt. De to definerte kjørefeltene vil med andre ord variere plassering som følge av restarealet.

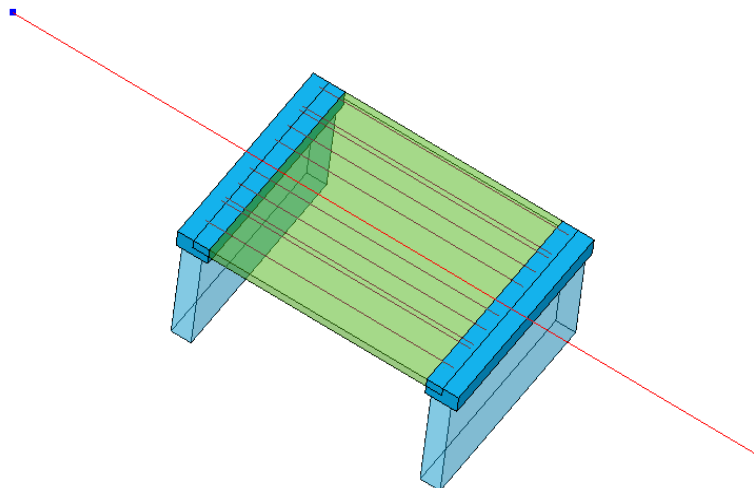
Valg av trafikklinjener er basert på avstander fra figur 4.3.2 og 4.3.3 fra NS-EN 1991-2:2003+NA:2010. For å ta hensyn til kantdrager er det brukt føringsbredden på 7.5 meter. Avstand mellom senterlinjene for kjørefeltene må være minst lik bredden på et kjørefelt, se figur 4.5.



Figur 4.5 – Avstand mellom trafikklinjene i Brigade

Trafikklinjer	Avstand fra senterlinjen
Lane 1	3.45 m
Lane 2	2.45 m
Lane 3	2.25 m
Lane 4	1.5 m
Lane 5	0.75 m
Lane 6	-0.75 m
Lane 7	-1.5 m
Lane 8	-2.25 m
Lane 9	-2.45 m
Lane 10	-3.45 m

Tabell 4.2 – Trafikklinjer



Figur 4.6 – Illustrasjon over trafikklinjer i Brigade ved spennlengde 10 meter

Kapittel 5

Beregning av laster

5.1 Generelt

Statens vegvesen ønsket at det ikke skulle brukes mer tid enn nødvendig for å beregne lastene. Vegvesenet har allerede god kunnskap om flere av lastene etter lang erfaring med mange prosjekter. Som et resultat av dette er noen av lastene beregnet ved hjelp av ferdige Mathcad-ark som Statens vegvesen har laget.

Kapittel 5 forklarer hver enkelt last, hvilken informasjon som er tatt i bruk og hvorfor. Det vil bli nevnt dersom regnearket er i fra vegvesenet sitt arkiv. I vedlegg B-F vil det ligge et regneeksempel for hver last, der de gule feltene er informasjon som vil endre seg ved ulik spennelengde. Lastene for hver spennelengde vil ligge i tabell under den gitte lasten.

5.2 Permanente laster

Permanente laster er laster som er konstant tilstede under levetiden til konstruksjonen. Dette vil være vekten av selve konstruksjonen, utstyr som vil befinne seg permanent på brua og tyngde av jord [10, pkt. 5.2.1]. I tillegg vil det være vanntrykk, men det er ikke aktuelt for oppgaven da brua har krav om at underkant brudekket skal ligge minimum 0.5 meter over vassdrag ved 200-års flom [10, pkt. 4.2.4].

5.2.1 Egenvekt

Tyngdetettheten av armert betong, γ_{betong} , skal være 25 kN/m³, gitt i håndbok N400 punkt 7.3.2. På grunn av endring i platetykkelse vil egenvekten av brudekket per meter variere med spennlengden. Tabell 5.1 gir oversikt over egenvekten per meter i de ulike tilfellene.

Spennlengde	Platetykkelse	Areal tverrsnitt, A_c	Egenvekt, $A_c * \gamma_{\text{betong}}$
10 m	700 mm	5.22 m ²	130.5 kN/m
12 m	800 mm	5.89 m ²	147.3 kN/m
14 m	1000 mm	7.23 m ²	180.8 kN/m
15 m	1100 mm	7.90 m ²	197.5 kN/m
16 m	1200 mm	8.57 m ²	214.3 kN/m

Tabell 5.1 – Egenvekt per meter

5.2.2 Belegningsvekt

Belegning er et lag som skal beskytte konstruksjonen mot nedbrytning og slitasje. Dette kan bestå av fuktisolering, avrettingslag, bindelag og asfaltslitelag. Belegningsvekt legges alltid til i egenvekten [10, pkt. 5.2.2.2]. Denne vekten er lagt over hele tverrsnittet som tilsvarer 8.2 meter.

Ved bruk av konservative lasteverdier, som for eksempel temperaturlast, vil en tynn belegningstykkelse være konservativt. En antar derfor at asfalt inkludert fuktisolering kan være 50 mm.

I henhold til håndbok N400 tabell 5.1 vil dimensjonerende belegningsvekt i oppgaven for spennvidde mindre enn 50 meter være 3.5 kN/m². Med en egenvekt på 25 kN/m³ vil dette gi en tykkelse på 140 mm. Dette vil være maks dimensjonerende tykkelse. Dette er ikke utenkelig og det er dermed tatt høyde for utførelsesfeil eller senere asfaltering.

5.2.3 Egendefinerte laster

Ikke alle delene av en brukonstruksjon er like lett å modellere i Brigade. Derfor er flere av lastene lagt inn som egendefinert last, enten som punktlast eller jevnt fordelt last. Geometrien til de fleste konstruksjonsdelene er utviklet i et samarbeid med vegvesenet. Gjennom erfaringen deres fra tidligere prosjekter er det prøvd å lage et så generelt utgangspunkt som mulig, slik at modellene skal gjelde flest mulig tilfeller.

I vedlegg B finner en Mathcad-ark der en har gjort beregningene for de ulike lastene. For jord over overgangsplade endres lastverdien for hver spennlengde. De andre egendefinerte lastene har konstant lastverdi, men noen av de må endre plassering i Brigade for hver spennlengde.

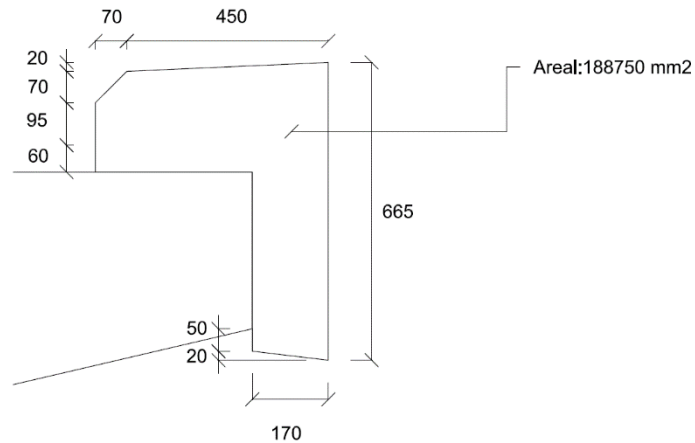
5.2.3.1 Rekkverk og kantdrager

Rekkverkstype skal velges på grunnlag av styrke, arbeidsbredde og skaderisiko. Økonomi, miljø og estetikk vil også påvirke valget [20, pkt. 3.2.1].

På en bru vil det være nødvendig med rekkverk i strykeklassen H2 eller L2, gitt i tabell 3.1 håndbok N101. Disse klassene vil ta høyde for en større risiko og begrenset deformasjonsrom.

For at ikke egenvekten på brua ikke skal bli høyere, har en i oppgaven brukt et deformerbart rekkverk. Det betyr at rekkverket vil være i stål og ikke betong. Egenvekten for stålrekkverk, 0.5 kN/m, er tatt i fra håndbok R412 punkt 4.1.1.

Kantdrager er nødvendig for å kontrollere vannavrenning og hindre gjenstander fra å falle ned. Det er ikke nødvendig med kantdrager dersom avrenningen kan gå under brua uten å skape problemer. Dimensjoneringen av kantdrager har tatt utgangspunkt i figur 4.4 i håndbok N400 som viser en standard utforming for kantdrager.



Figur 5.1 – Dimensjoner på kantdrager

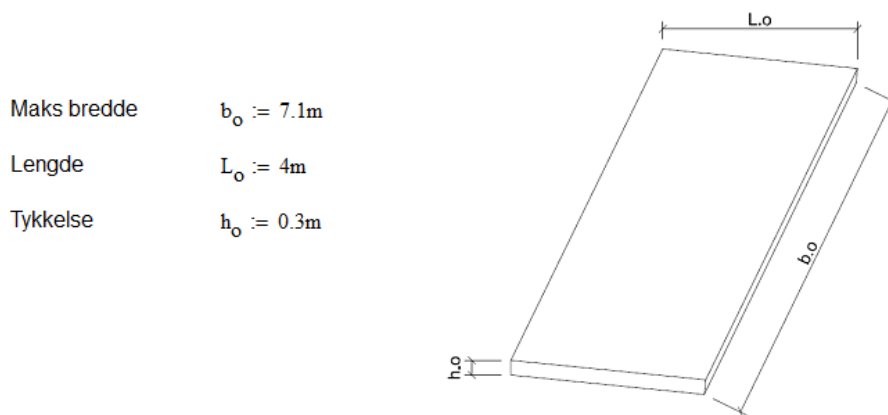
Lasten fra kantdrager sammen med lasten fra rekkverk legges inn som en jevnt fordelt last over elementbredden i Brigade. Lasten for rekkverk og kantdrager vil være konstant for alle spennlengdene.

Last i Brigade for rekkverk og kantdrager: $g_{\text{tot}} = 12.73 \text{ kN/m}^2$

5.2.3.2 Overgangsplate

Overgangsplate er en betongplate som er festet til endetverrbejelken. Hensikten er å redusere ulempene som kan komme fra setning i vegfylling.

En bru med fyllingshøyde inntil bruenden større enn 3 meter skal bruke overgangsplate. For planlagte fartsgrense større enn 50 km/t skal overgangsplaten ha en lengde på minimum 4 meter [10, pkt. 4.4.5.1]. På nettsiden til Statens vegvesen kan en finne tegninger på brudetaljer, blant annet for overgangsplate på 4 meter. For utformingen ligger brudetalj K07.9.6 a) til grunn [22]. Lasten for overgangsplaten vil være konstant, men plasseringen vil endre seg ved økt spennelengde.



Figur 5.2 – Dimensjoner for overgangsplaten

En finner lasten over reel lengde til bruplata, men for å få lasten per kvadratmeter deler en på brubredden. Dette er en forenkling som er gjort for å gjøre det lettere hvis en ved senere anledning skal bruke skjeve opplegg. En annen forenkling er at lasten i Brigade legges langt utover brubredden. Lasten vi uansett bare virke på brubredden som tilsvarer 8.2 meter. Lasten legges inn som jevnt fordelt last over elementbredden i Brigade.

Last i Brigade for jord over overgangsplate: $g_{o,p} = 28.51 \text{ kN/m}^2$

5.2.3.3 Jord over overgangsplate

Jordfyllingen som ligger over overgangsplaten vil være med å gi krefter til bruplaten. Tyngdetettheten for jord er tatt i fra håndbok V220 figur 2.39. Denne lasten vil endre seg når platetykkelsen endrer seg.

Høyden fra overkant overgangsplate til overkant konstruksjon, som i oppgaven er kalt h_j , skal være mellom 0.2 meter og 1 meter [10, pkt. 4.4.5.3].

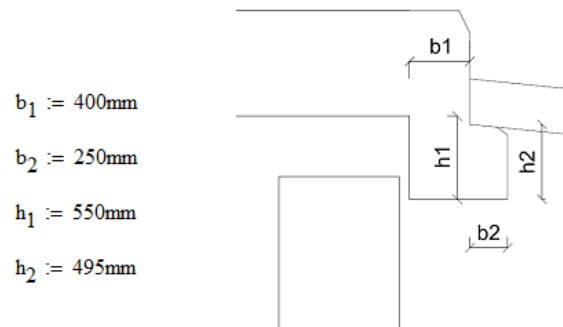
En finner lasten over reel lengde til bruplata, men for å få lasten per kvadratmeter deler en på brubredden. Dette er en forenkling som er gjort for å gjøre det lettere hvis en ved senere anledning skal bruke skjeve opplegg. En annen forenkling er at lasten i Brigade legges langt utover brubredden. Lasten vil uansett bare virke på brubredden som tilsvarer 8.2 meter. En trenger da bare å endre på lasten, ikke plasseringen. Lasten legges inn som en jevnt fordelt last over elementbredden i Brigade. Den vil endre plassering og verdi ved økt spennlengde, se tabell 5.2.

Spennlengde	Platetykkelse	Høyde, h_j	Last fra jord over overgp.
10 m	700 mm	0.4535 m	47.2 kN/m ²
12 m	800 mm	0.5535 m	54.5 kN/m ²
14 m	1000 mm	0.7535 m	68.8 kN/m ²
15 m	1100 mm	0.8535 m	76.1 kN/m ²
16 m	1200 mm	0.9535 m	83.3 kN/m ²

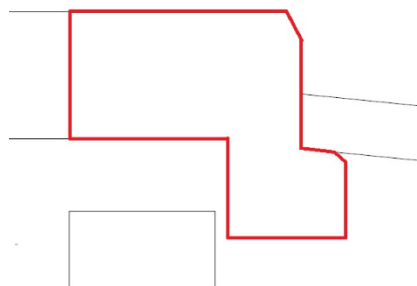
Tabell 5.2 – Last fra jord over overgangsplate

5.2.3.4 Endetverrbjelke

Dimensjonene på endetverrbjelken brukt i oppgaven ser en på figur 5.3. En kan si at endetverrbjelken består av en firkantet tverrbjelke og en tverrbjelkenese, se figur 5.4.



Figur 5.3 – Dimensjoner på endetverrbjelken



Figur 5.4 – tverrbjelke og tverrbjelkenese

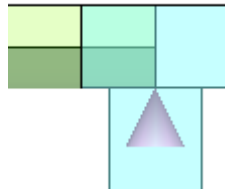
Siden geometrien er noe komplisert, er det valgt å gjøre en forenkling av modellen i Brigade. Den firkantede tverrbjelken er modellert i Brigade, mens det resterende arealet fra tverrbjelkenesen regnes ut til en last.

En last som legges inn som en jevnt fordelt last over elementbredden. Lasten legges langt utover brubredden. Den vil uansett bare virke på brubredden som tilsvarer 8.2 meter. Dette er en forenkling som er gjort for å gjøre det enklere hvis en ved senere anledning skal bruke skjeve opplegg. Linjelasten vil være konstant siden det vil være jorda over overgangsplate som vil endre seg når platetykkelsen øker.

Last i Brigade for endetverrbjelke

$$P_{,t} = 20.93 \text{ kN/m}^2$$

Når en modellerer tverrbjelken i Brigade vil plateelementer og bjelkeelementer overlappe hverandre, se figur 5.5. For å ta høyde for dette endrer en på tyngdetettheten til tverrbjelken. På grunn av tverrsnittshøyden vil variere er det beregnet en midlere verdi. Det ble antatt at tverrsnittshøyden vil ligge mellom 700 mm og 1200 mm. En rundet resultatet av til heltall.



Figur 5.5 – Overlappet området

JUSTERT TYNGDETETHET FOR TVERRBJELKE

Tyngdetetthet betong $\gamma_b := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Maks tykkelse tverrsnitt $H_{\text{max}} := 1200\text{mm}$

Min tykkelse tverrsnitt $H_{\text{min}} := 700\text{mm}$

Bredde langkarvegg $B := 800\text{mm}$

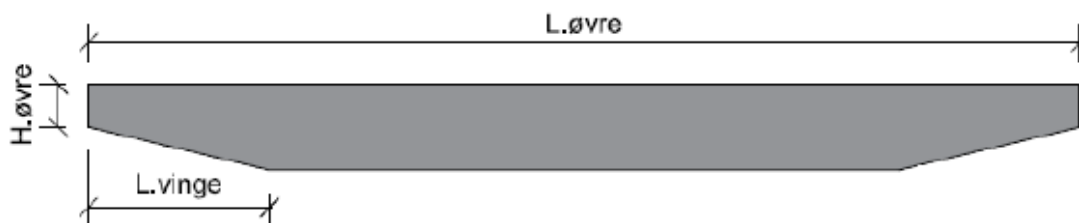
Bredde tverrbjelke lagt inn i Brigade $W := 1270\text{mm}$

Brubredde $L_{\text{øvre}} := 8.2\text{m}$

Bredde vinge $L_{\text{vinge}} := 1.5\text{m}$

Høyde ytterkant $H_{\text{øvre}} := 350\text{mm}$

Bredde overlappet området $b_o := \frac{B}{2}$



Maks tverrsnitt

Areal brutverrsnitt
$$\text{Areal}_{\text{maks}} := L_{\text{øvre}} \cdot H_{\text{øvre}} + \frac{L_{\text{øvre}} + (L_{\text{øvre}} - 2 \cdot L_{\text{vinge}})}{2} \cdot (H_{\text{max}} - H_{\text{øvre}})$$

$$\text{Areal}_{\text{maks}} = 8.6\text{m}^2$$

Volum tverrbjelke $V_{\text{t.maks}} := W \cdot H_{\text{max}} \cdot L_{\text{øvre}}$

Volum overlappet området $V_{\text{o.maks}} := b_o \cdot \text{Areal}_{\text{maks}}$

Justert tyngdetetthet
for tverrbjelke:

$$\gamma_{\text{b.maks}} := \frac{V_{\text{t.maks}} - V_{\text{o.maks}}}{V_{\text{t.maks}}} \cdot \gamma_b = 18.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Min. tverrsnitt

Areal brutverrsnitt
$$\text{Areal}_{\min} := L_{\text{øvre}} \cdot H_{\text{øvre}} + \frac{L_{\text{øvre}} + (L_{\text{øvre}} - 2 \cdot L_{\text{vinge}})}{2} \cdot (H_{\min} - H_{\text{øvre}})$$

$$\text{Areal}_{\min} = 5.2 \text{ m}^2$$

Volum tverrbjelke
$$V_{\text{t.min}} := W \cdot H_{\min} \cdot L_{\text{øvre}}$$

Volum overlappet området
$$V_{\text{o.min}} := b_0 \cdot \text{Areal}_{\min}$$

Justert tyngdetetthet
for tverrbjelke:

$$\gamma_{\text{b.min}} := \frac{V_{\text{t.min}} - V_{\text{o.min}}}{V_{\text{t.min}}} \cdot \gamma_{\text{b}} = 17.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

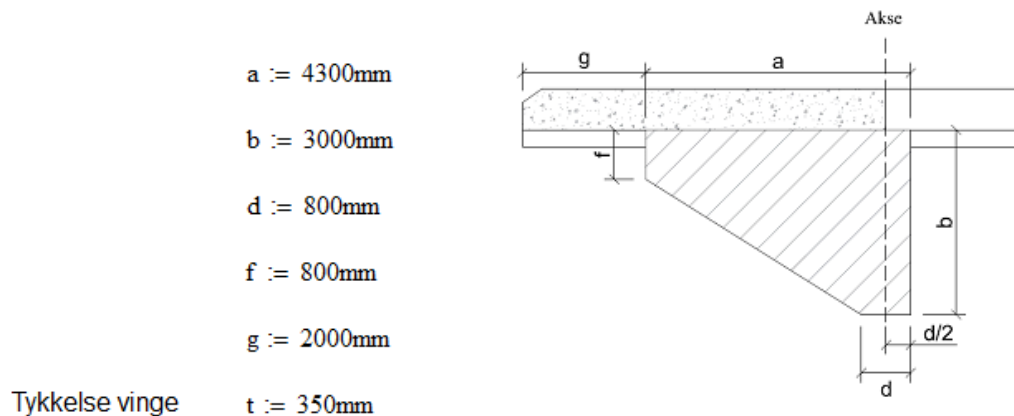
Midlere verdi for justert tyngdetetthet

Verdi lagt inn i Brigade

$$\gamma_{\text{b.t}} := \frac{\gamma_{\text{b.maks}} + \gamma_{\text{b.min}}}{2} = 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

5.2.3.5 Vinge

Vinge langs landkar er nødvendig for å motstå krefter fra jordtrykk. Dimensjonene er bestemt ut i fra erfaring til vegvesenet, se figur 5.6. Denne lasten er lagt inn som to punktlaster i hver akse. For å ta hensyn til hele bildet er både vinge langs landkar, kantdrageren som ligger på vingen og rekkverk tatt med.



Figur 5.6 – Dimensjoner på vinge

Punktlasten fra vingen er plassert 3.925 meter i fra senterlinjen til modellen. Dette er avstanden fra senterlinjen til bruplata til senter av tykkelsen på vingen. Plasseringen vil ikke endre seg ved økt spennlengde. Punktlasten er lagt inn slik at det også er tilfeller der lasten er satt lik 0. På denne måten finner en nødvendige ytterpunkter.

Last i Brigade for vinge: $P_{\text{tot}} = 109.98 \text{ kN}$

5.3 Variable laster

Variable laster er laster som vil variere med tiden. Dette er laster som trafikklaster, naturlaster, deformasjonslaster og ulykkeslaster.

5.3.1 Trafikklaster

Trafikklaster vil skape både vertikale og horisontale krefter. All informasjon som er nødvendig om trafikklaster er hentet i fra NS-EN 1991-2:2003+NA:2010. Ved å bruke tabell 4.1 og 7.5 meter som angitt føringsbredde, kan en beregne antall kjørebane og et restareal. Det vil være 2 kjørebane og et restareal på 1.5 meter i denne oppgaven.

Plassering og nummerering av lastfelt er definert i henhold til punkt 4.2.4. Feltet som gir den mest ugunstige effekten nummereres kjørebane 1, den nest mest ugunstige effekten nummereres kjørebane 2 og et restareal.

5.3.1.1 Vertikale trafikklaster

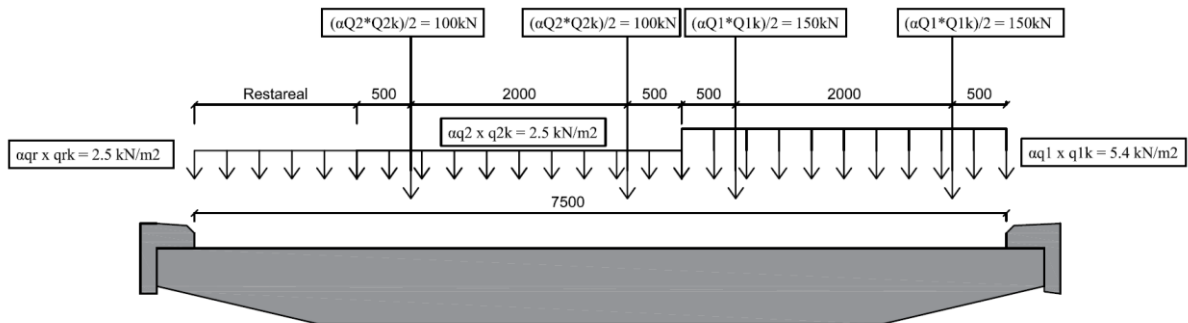
Vertikale trafikklaster vil bestå av lastmodell 1, lastmodell 2, lastmodell 3 og lastmodell 4. Lastmodell 3 og lastmodell 4 er neglisjert på grunn av de representerer laster som ikke er aktuelle i denne oppgaven.

Lastmodell 1 består av en dobbelakslet last og en jevnt fordelt last. Den dekker mesteparten av effekten som kommer fra trafikk av personbiler og lastebiler [19, pkt. 4.3.1(2)]. De karakteristiske verdiene er hentet ut i fra tabell 4.2. og har skaleringsfaktorer fra punkt NA.4.3.2(3).

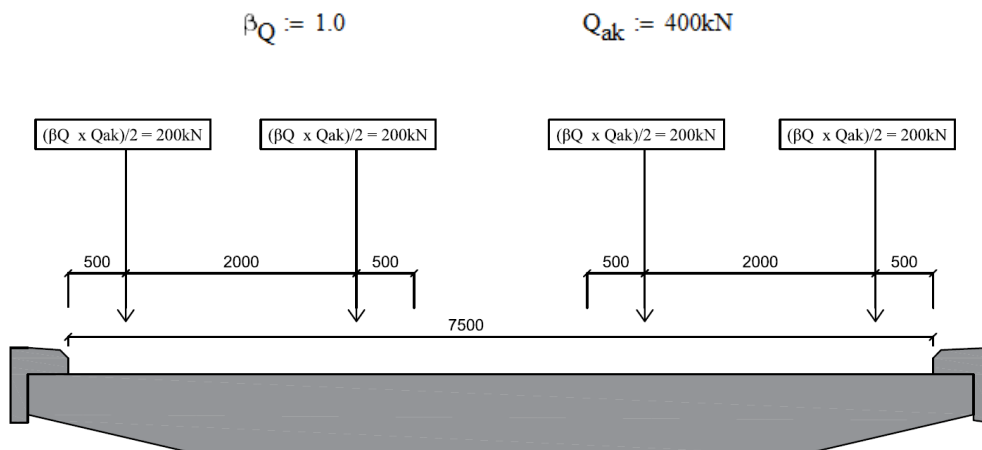
Lastmodell 2 består av en enakslet last som virker på mindre områder. Denne lasten beregner den dynamiske påkjenningen fra normal trafikk [19, pkt. 4.3.1(2)]. Fra punkt 4.3.3(1) brukes ikke bare den enakslete lasten, men også lasten 200 kN som kommer fra et hjul. Lasten fra et hjul er ikke illustrert på figuren, men lagt direkte inn i Brigade. Skaleringsfaktorene til lastmodell 2 er hentet fra punkt NA.4.3.3(2).

Fordelingen av trafikklastene er vist på figuren nedenfor i figur 5.7 og 5.8.

$\alpha_{Q1} := 1$	$Q_{1k} := 300\text{kN}$
$\alpha_{Q2} := 1$	$Q_{2k} := 200\text{kN}$
$\alpha_{q1} := 0.6$	$q_{1k} := 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
$\alpha_{q2} := 1$	$q_{2k} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
$\alpha_{qr} := 1$	$q_{rk} := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$



Figur 5.7 – Illustrasjon over lastmodell 1



Figur 5.8 – Illustrasjon over lastmodell 2

Lastmodell 1 og lastmodell 2 legges inn i Brigade ved å bruke ferdigetablerte lastfunksjoner. Lastmodell 1 er delt inn i lasten fra kjøretøyet, jevnt fordelt last og jevnt fordelt last i kjørebanelen. Lastmodell 2 er delt inn i en punktlast og en enakslet last.

5.3.1.2 Horisontale trafikklaster

De horisontale trafikklasterne er definert i henhold til punkt 4.4. Brua i oppgaven er en rett bru, det vil derfor bare være bremskraft, ikke sentrifugalkraft.

Bremskraften vil variere med spennlengden. Bremskraften vil i tverretning, også kalt sidekraften, være 25 % av brems- og akselerasjonskraften i lengderetning [19, pkt. 4.4.2(4)]. Se vedlegg C for beregningseksempel for brems- og akselerasjonskrefter. Tabell 5.3 viser en oversikt over resultatene fra ulike spennlengder.

Spennlengde	Bremse og akselerasjonskraft	Sidekraft
10 m	376.2 kN	94.1 kN
12 m	379.4 kN	94.9 kN
14 m	382.7 kN	95.7 kN
15 m	384.3 kN	96.1 kN
16 m	385.9 kN	96.5 kN

Tabell 5.3 – Bremse og akselerasjonskraft i lengderetning og tverretning

Bremsekraften beregnes ut ifra ligning 4.6. Den består av to ledd, henholdsvis boggilasten og den jevnt fordelte lasten. For å legge inn denne informasjonen på en oversiktlig måte i Brigade, har en valgt å legge inn en verdi på 100 kN for bremsekraften og sidekraften for alle spennlengder.

Deretter er det valgt å bruke skaleringsfaktorer for hver av leddene. Boggilasten fra ligning 4.6 vil være 360 kN. Denne lasten er konstant uansett spennlengde og skaleringsfaktoren i Brigade blir dermed 3.6. Faktoren for den jevnt fordelte lasten (det resterende leddet) vil variere med spennlengden.

Sidekraften er som tidligere nevnt 25 % bremsekraften. Dette betyr at sidekraften fra boggilasten er 90 kN. Denne lasten vil også være konstant ved alle spennlengdene på samme måte som for bremsekraften. Dette vil gi en skaleringsfaktor på 0.9. Faktoren for den jevnt fordelte lasten vil variere med spennlengden.

Se tabell 5.4 for hvilke faktorer som er brukt for den jevnt fordelte lasten ved ulike spennlengder.

Spennlengde	Jevnt fordelt bremse og akselerasjonskraft	Faktor Brigade for bremse og akselerasjonskraft	Faktor Brigade for sidekraft
10 m	16.2 kN	0.16	0.04
12 m	19.4 kN	0.19	0.05
14 m	22.7 kN	0.23	0.06
15 m	24.3 kN	0.24	0.06
16 m	25.9 kN	0.26	0.065

Tabell 5.4 – Skaleringsfaktorer for jevnt fordelt last av bremse og akselerasjonskraft i lengde- og tverretning

5.3.2 Naturlaster

Naturlaster er laster som kan skyldes på klima [10, pkt. 5.4.1]. Verdier som bli brukt i beregning for naturlaster vil variere ut i fra lokasjonen til brua. For å danne rammene rundt den nye håndboken er det brukt konservative verdier. Snølast vil ikke være med som en del av naturlaster, da snølast ikke kan opptre samtidig som trafikklaster [10, pkt. 5.4.2].

Se vedlegg D for beregningseksempler for naturlaster. Mathcad-arkene for vindlast, temperaturlast og seismiske påvirkninger er tatt i fra vegvesenet sitt arkiv. Mathcad-arket for tillegg fra jordtrykk er laget selv.

5.3.2.1 Vindlast

Vindlastklasse bestemmes ut i fra håndbok N400 punkt 5.4.3.1. Det er valgt vindklasse II siden spennvidden vil være mindre enn 300 meter og det er vind som ikke kan neglisjeres. Håndboken sammen med NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009 ligger til grunn for valg av vindlast.

Brigade håndterer to typer vindlaster. Vindlast på konstruksjon og vindlast på trafikk. Vind vil ikke utgjør mye i lastbildet. I tabell 5.5 kan en lese hvilke verdier som er tatt i bruk ved beregning av vindlasten i Mathcad-arket og begrunnelser for valg som er gjort.

Informasjon	MathCad	Begrunnelse	Referanse
Referansevindhastighet	$V_{b,0} = 31 \text{ m/s}$	Konservativt	NS-EN 1991-1-4 figur NA.4(901.1)
Returperiode	50 år	Anbefalt	Håndbok N400 pkt. 5.4.3.3
Terrengruhetsklasse	0	Åpent hav, konservativt	NS-EN 1991-1-4 tabell NA.4.1
Referansehøyde	$z = 5 \text{ m}$	Høyde på landkar. Antatt verdi.	NS-EN 1991-1-4 pkt. 8.3.1(6)
Rekkverk	$d_{\text{tot}} = d + 0.6 \text{ m}$	Rekkverk åpent begge sider	NS-EN 1991-1-4 tabell 8.1
Bredde bru inkl. kantdrager	$b_{\text{bru}} = 8.54 \text{ m}$		
Tverrsnitt inkl. slitelag	$d_{\text{bru}} = 1.315 \text{ m}$	Konservativt. Antar at tverrsnittet ikke blir tykkere enn 1.2 meter.	
Høyde fra slitelag til topp kantdrager	$d_{\text{kamt}} = 0.185 \text{ m}$		
Høyde rekkverk	$d_{\text{rek}} = 1.2 \text{ m}$	Normal høyde	

Tabell 5.5 – Verdier og valg tatt for beregning av vindlast

Lastene for vind lagt inn i Brigade er:

Vindlast på brubane u/trafikk og m/rekkverk	Vindlast på brubane m/trafikk
2.14 kN/m ²	1.35 kN/m ²

Tabell 5.6 – Vindlastene lagt inn i Brigade

5.3.2.2 Temperaturlast

Temperaturlast er innvendige krefter skapt av temperaturendring i betongen. Termisk påvirkning beregnes ut ifra håndbok N400 punkt 5.4.8 og NS-EN 1991-1-5:2003+NA:2008 punkt NA.6.1. Temperaturlasten vil være konstant uansett brulengde.

Betongbruer vil gi bruoverbygning type 3 [25, pkt. NA.6.1.1(1)]. Betongbruer type 3 kan både bruke metode 1 og metode 2 for vurdering av termisk påvirkning [25, pkt. NA.6.1.2].

I tabell 5.7 kan en lese hvilke verdier som er tatt i bruk ved beregning av temperaturlast i Mathcad-arket og begrunnelser for valg som er gjort.

Informasjon	MathCad	Begrunnelse	Referanse
Maks. temperatur	$T_{\max} = 36^{\circ}$	Konservativt	NS-EN 1991-1-5 figur NA.A1
Min. temperatur	$T_{\min} = - 50^{\circ}$	Konservativt	NS-EN 1991-1-5 figur NA.A2
Temperatur ved lagermontering	Ukjent		NS-EN 1991-1-5 pkt. 6.1.3.3(3)
Overflatetykkelse	50 mm	Konservativt å anta lavest verdi.	
Bruoverbygning	Platebru		NS-EN 1991-1-5 pkt. NA.6.1.1(1)

Tabell 5.7 – Verdier og valg tatt for beregning av temperaturlast

I Brigade er det lagt inn representativ lufttemperatur på brudekket og tverrbjelken. I tillegg til temperatur ved lager.

	Maksimum	Minimum
Lufttemperatur	33°	-42°
Temperatur ved lager	53°	-62°

Tabell 5.8 – Temperaturer lagt inn i Brigade

5.3.2.3 Tillegg fra jordtrykk

I henhold til håndbok N400 punkt 5.5.5 skal det beregnes et jordtrykk som oppstår når deformasjonen av konstruksjonen forskyves mot jorden. Kraften regnes ut som punktlast og legges inn midt på endetverrbejelken i akse 2. Denne punktlasten vil legges sammen med temperaturlasten i lastkombinasjoner. Der er på grunn av at det hovedsakelig kun er temperaturlasten som vil komprimere jorda. Siden brua er vinkelrett vil det bare være krefter langs senterlinjen, ikke vinkelrett på senterlinjen.

I tabell 5.9 kan en lese hvilke verdier som er tatt i bruk ved beregning av tillegg fra jordtrykk i Mathcad-arket og begrunnelser for valg som er gjort.

Informasjon	MathCad	Begrunnelse	Referanse
Partialfaktor	$\gamma_M = 1.4$		Håndbok V220 figur 0.3
Dim. tyngdetetthet	$\gamma_j = 19 \text{ kN/m}^3$	Antatt grus	Håndbok V220 figur 2.39
Friksjonsvinkel	$\Phi = 38^\circ$	Antatt grus	Håndbok V220 figur 2.39
Maks. bevegelse	$\delta = 7.5 \text{ mm}$	Konservativt	
Jordtrykkskoeffisient	$K_p = 2.8$		Håndbok V220 figur 5.4

Tabell 5.9 – Verdier og valg tatt for beregning av tillegg fra jordtrykk

Platetykkelsen og dermed jordtrykket vil variere for hver spennlengde. Se tabell 5.10 for oversikt over resultater ved de ulike tilfellene.

Spennlengde	Platetykkelse	Høyde endeskjørt	Krefter langs senterlinjen
10 m	700 mm	1250 mm	341 kN
12 m	800 mm	1350 mm	398 kN
14 m	1000 mm	1550 mm	509 kN
15 m	1100 mm	1650 mm	547 kN
16 m	1200 mm	1750 mm	586 kN

Tabell 5.10 – Krefter lagt inn i Brigade ved ulike spennlengde

5.3.2.4 Seismiske påvirkninger

Seismisk påvirkning betraktes som en unormal naturlast [10, pkt. 5.4.9]. Formålet med å beregne seismisk last er å beskytte menneskeliv, begrense skadeomfanget og ta vare på viktige byggverk [26, pkt. 1.1.1(1)].

For tilfeller der brua er over en vegbane som har større samfunnsmessig betydning enn selve brua skal vegen stå for grunnlaget av valg for seismisk klasse [10, pkt. 5.4.9.2].

Når en bruker maksimumsområdene for den seismiske sonen 1.0 m/s^2 , skal det legges til et tillegg på 0.05 m/s^2 [26, pkt. NA.3.2.1]. Det vil ikke stilles noen spesielle krav til valg av analysemetode siden den seismiske klasse II vil gi $a_g S = 1.05 \text{ m/s}^2$, men det skal fortsatt være en analyse [27, tab. NA.2(904)].

I tabell 5.11 kan en lese hvilke verdier som er tatt i bruk ved beregning av jordskjelvløst i Mathcad-arket og begrunnelse for valg som er gjort.

Informasjon	MathCad	Begrunnelse	Referanse
Konstruksjonstype	Slakkarmert		Kapittel 3.2
Seismisk klasse	Klasse II	Vegbru $L_{\max} = 17$ m	NS-EN 1998-2 tabell NA.2(901)
Grunntype	B	Antar sand eller grus	NS-EN 1998-1 tabell NA.3.1
Seismiske soner	$a_{g40\text{Hz}} = 1.05 \text{ m/s}^2$	Konservativt	NS-EN 1998-1 figur NA.3(901)

Tabell 5.11 – Verdier og valg tatt ved beregning av jordskjelvløst

I Brigade legger en inn bevegelser spesifisert av responspektra. For hver dempningsverdi må det gis frekvenser over hele området. Mathcad-arket bruker 5 % som spektrenes viskøse dempningsforhold.

Frekvens, Hz	Horisontalt elastisk retrospektrum, m/s^2	Vertikalt elastisk retrospektrum, m/s^2
0.1	0.04725	0.014515
0.2	0.04725	0.014515
0.3	0.106312	0.032659
1	0.7875	0.3024
5	2.625	1.512
10	2.625	1.512
20	1.8375	1.512
40	1.44375	1.008
100	1.2075	0.7056
200	1.12875	0.6048

Tabell 5.12 – Horisontalt og vertikalt retrospektrum lagt inn i Brigade

5.3.3 Deformasjonslaster

Deformasjonslaster er laster som enten kan knyttes til materialets egenskaper eller påført deformasjoner. Dette kan være laster som svinn og kryp. Deformasjonslaster er ofte tidsavhengige og karakteristisk last defineres som største forventet verdi [10, pkt. 5.5.1].

Se vedlegg E for beregningseksempel for deformasjonslaster. Mathcad-arkene er tatt i fra arkivet til vegvesenet.

5.3.3.1 Svinn og kryp

Effekten av betongens kryp og svinn må tas hensyn til. Betongens kryp og svinn er avhengig av omgivelsens fuktighet, tverrsnittets dimensjoner og betongens sammensetning. Kryp vil også påvirkes av modenheten til betongen når lasten påføres [13, pkt 3.1.4(1)].

Uttørkingen av betongen vil føre til at den krymper. Denne krympingen kalles svinn og er ikke avhengig av lastnivå. Svinntøyning består av to deler. Den ene delen er svinntøyning ved uttørking. Dette skjer langsomt, ettersom det er en funksjon av fukttransport gjennom den herdede betongen. Den andre delen er autogen svinntøyning. Dette skjer ved et tidlig stadium etter støping og utvikler seg med betongens fasthetsutvikling [2, s. 16].

En påført last vil fortsette å trykke konstruksjonen sammen utover den sammentrykningen som vil skje når lasten påføres. Denne tilleggsdeformasjonen kalles kryp og kan gi en permanent deformasjon ved økt nedøyning [2, s. 13]. Kryp-deformasjon består av en elastisk deformasjon og en viskøse deformasjon. Det er den viskøse deformasjonen som gjør at konstruksjonen ikke vil gå tilbake til sin opprinnelige form ved avlastning. Alle materialer har et visst kryp uansett belastning [28].

En må finne kryptallet for å ta hensyn til virkningen av denne nedbøyningen. Kryptallet er med på å angi størrelsen på krypningen. Det er forholdet mellom krypdeformasjon og momentan deformasjon. Per dags dato antas det at $\frac{3}{4}$ av krypningen er oppnådd etter at konstruksjonen er belastet i ett år [28].

I henhold til håndbok N400 punkt 7.2.3 skal det antas 70 % relativ luftfuktighet for bruoverbygning som parameter for svinn og kryp. Det er valgt å beregne svinn og kryp ut i fra bruas dimensjonerende brukstid, 100 år.

For beregning av svinn og kryptall brukes NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008. Kryptallet og utviklingen av svinn ved vilkårlig alder er gitt ved formler i punkt 3.1.4(6) og tillegg B. Det er tatt utgangspunkt i ferdig Mathcad-ark fra arkivet til vegvesenet, men har tilpasset det ved å legge til beregninger for arealet og omkretsen til tverrsnittet. Dette var for å gjøre det lettere når en endrer platetykkelsen. I tabell 5.13 kan en lese hvilke verdier som er brukt og begrunnelser for valg som er gjort.

Informasjon	MathCad	Begrunnelse	Referanse
Tykkelse tverrsnitt	Variierende	Variierende for hver brulengde	
f_{ck}	45 N/mm ²	Betongtypen i oppgaven	Kapittel 3.1.2
Konstruksjonsdel	Overbygning	Overbygning en ser på i denne oppgaven	
Betongens alder	t = 28 døgn	Alder når trafikk settes på	
Betongens alder	t = 100 år	Dimensjonerende brukstid	Håndbok N400 pkt. 1.1.6.1
Betongens alder ved uttørking	$t_s = 0$	Antatt at alt støpes på likt	
Betongens alder ved belastning	$t_0 = 7$	Antatt tidspunkt for rivning av reis	
Sementklasse	$\Psi =$ Sementklasse N		NS-EN 1992-1-1, pkt. 3.1.2(6)

Tabell 5.13 – Verdier og valg tatt ved beregning av svinn og kryp

Spennlengde	Platetykkelse	Kryptall	Total svinntøyning
10 m	700 mm	1.689	0.0003
12 m	800 mm	1.674	0.0003
14 m	1000 mm	1.653	0.0003
15 m	1100 mm	1.644	0.0003
16 m	1200 mm	1.636	0.0003

Tabell 5.14 – Svinn og kryptall for ulike spennlengder

En kunne ha lagt inn ulike svinntøyninger for hver konstruksjonsdel, men siden det er valgt å beregne svinn og kryp ut i fra 100 år er den totale svinntøyningen lagt inn på alle konstruksjonsdelene.

5.3.3.2 Faktorer i brigade

Brigade har ikke en egen funksjon for kryptallet. Programmet vil med andre ord ikke ta høyde for kryp i konstruksjonen ved beregning av krefter. For å allikevel ta hensyn til kryp, har en beregnet flere faktorer som en legger inn. Faktorene er funnet ved beregning av bøyestivhet for opprisset og urisset tverrsnitt med og uten hensyn til kryp fra laster fra *Betongkonstruksjoner* av Svein Ivar Sørheim [2].

I beregningene må en legge inn armeringsmengde som er valgt i lengde- og tverretning. I tillegg verdier som omkrets og areal av tverrsnittet for å kunne beregne kryptallet. Faktorene «displacement» og «force» i Brigade endrer seg for hver spennlengde for å ta hensyn til kryp.

Se tabell 5.15 for å lese av faktorene som er brukt ved de ulike spennlengdene.

Spennlengde	Displacement		Force	
	Langtidsdef.	Korttidsdef.	Langtidskrefter	Korttidskrefter
10 m	5.05	3.92	0.37	0.62
12 m	4.45	3.42	0.37	0.63
14 m	4.52	3.54	0.38	0.63
15 m	4.37	3.43	0.38	0.63
16 m	4.37	3.45	0.38	0.64

Tabell 5.15 – Skaleringsfaktorer i Brigade ved ulike spennlengde

5.3.4 Ulykkeslaster

Brukonstruksjonen må dimensjoneres for å tåle ulykkeslaster. Ulykkeslaster er laster som oppstår ved en unormal situasjon. Det ligger sannsynlighetsberegninger og risikovurderinger til grunn. I henhold til håndbok N400 punkt 5.6 kan det være hendelser som:

- Påkjøringslaster fra kjøretøy, skip eller jernbanetrafikk
- Last fra fallende gjenstander
- Brann med mulig påfølgende eksplosjon
- Eksplosjon med mulig påfølgende brann
- Laster forårsaket av skred og flom

I oppgaven vil det bare bli tatt hensyn til ulykkeslast på overbygning forårsaket av kjøretøy. For konservativt tilfelle antar en at ulykkeslasten vil treffe midt på spennlengden. Påkjøringslast vil ikke opptre samtidig som andre variable laster. Karakteristiske verdier er gitt i NS-EN 1991-1-7:2006+NA:2008. Se vedlegg F for beregningseksempel på ulykkeslast forårsaket av kjøretøy.

Informasjon	MathCad	Begrunnelse	Referanse
Høyde	$h = 5.0 \text{ m}$	Høyde landkar, tilnærmet verdi	
Vegtype	Høyere enn 80 km/t	Vil gi $F_{dx} = 500 \text{ kN}$	NS-EN 1991-1-7 tabell 4.2

Tabell 5.16 – Verdier og valg tatt ved beregning av påkjørselslast

5.4 Lastkombinasjoner

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 ligger til grunn når det kommer til grensetilstander og lastkombinasjoner. En skiller mellom bruksgrensetilstand, bruddgrensetilstand og ulykkesgrensetilstand.

Håndbok N400 og tillegg A2 i NS-EN 1990:2002 gir retningslinjer for hvilke kombinasjoner som skal brukes for prosjektering av vegbruer. Eksempler på dette kan være:

- Vindlast og temperaturpåvirkning skal regnes å kunne virke samtidig [9, pkt. NA.A2.2.2(6)].
- Den ferdige brukonstruksjonen skal kontrolleres for vindlast uten trafikklaster, men også kombinasjonen av vind- og trafikklaster [10, pkt. 5.4.3.3].

I NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008 punkt 5.2.3 står det tilleggsbestemmelser spesielt for bruer. Lastfaktorene for jord over overgangsplate er bestemt ut i fra dette punktet. Lastfaktoren er lagt til 10 % på dominerende variable last og trukket i fra 10 % på øvrig variable last.

Bruddgrensetilstanden har betydning for menneskets eller konstruksjonen sin sikkerhet [9, pkt. 3.3(1)]. En kombinerer verdiene for de lastene som forventes å kunne opptre samtidig og skape kritisk tilfelle.

For å finne dimensjonerende momenter i bruddgrensetilstand bruker en de tilhørende lastfaktorer tatt fra tabell NA.A2(B) i NS-EN 1990:2002.

Vedvarende og forbigående dimensjonerende situasjoner	Permanente laster		Forspenning	Dominerende variabel last (*)	Øvrige variable laster (*)
	Ugunstig	Gunstig			
(Ligning 6.10 a)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	γ_p^P	$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Ligning 6.10 b)	$\xi \gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	γ_p^P	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Tabell 5.17 – Dimensjonerende verdier for laster (STR/GEO) (Sett B)

Bruksgrensetilstand har betydning for konstruksjonens funksjon ved normal bruk, menneskets komfort og konstruksjonens utseende [9, pkt. 3.4(1)].

Rissvidder skal kontrolleres i bruksgrensetilstand i kombinasjon ofte forekommende og tilnærmet permanent [10, pkt. 7.7.1]. Videre i NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 punkt NA.7.3.1 står det at rissvidden er avhengig av konstruksjonens miljømessige eksponeringsbetingelser. Siden vi har eksponeringsklasse XD1 og armert konstruksjonsdeler, kan en lese av tabell NA.7.1N at en skal bruke lastkombinasjon tilnærmet permanent.

For å finne dimensjonerende momenter i bruksgrensetilstand brukes de tilhørende lastfaktorene fra tabell NA.A2.6 i NS-EN 1990:2002

Kombinasjon	Permanente laster G_d		For-spennning	Variable laster Q_d	
	Ugunstig	Gunstig		Dominerende last	Øvrige laster
Karakteristisk	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Sjeldent forekommende	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{1,inf} Q_{k,1}$	$\psi_{1,i} Q_{k,i}$
Ofte forekommende	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Tilnærmet permanent	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

Tabell 5.18 – Dimensjonerende verdier for laster for bruk i lastkombinasjoner

Lastkombinasjoner for dimensjonerende ulykkessituasjon velges i henhold til NS-EN 1990:2002 tabell NA.A2.5.

Dimensjonerende situasjon	Permanente laster		For-spennning	Dominerende ulykkeslast eller seismisk last	Øvrige variable laster (**)
	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$			
Ulykkessituasjon(*) (Ligning 6.11a/b)	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	A_d	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Seismisk situasjon(***) (Ligning 6.12a/b)	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$A_{Ed} = \gamma_1 A_{Ek}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

(*) For dimensjonerende ulykkessituasjon kan de øvrige variable laster regnes med sin tilnærmet permanente verdi.
(**) Variable laster er de som er oppført i tabell A2.1 til A2.3.
(***) For det enkelte prosjekt kan det være angitt spesielle dimensjonerende seismiske situasjoner. For jernbanebruer trenger kun ett spor regnes belastet, og det kan ses bort fra lastmodell SW/2.
MERKNAD For alle ikke-seismiske laster settes $\gamma = 1,0$.

Tabell 5.19 – Dimensjonerende verdier for laster for bruk i kombinasjoner med ulykkeslast og seismiske laster

Kapittel 6

Resultater av analyse

6.1 Resultat modeller

Brigade kan hente ut uendelig mange ulike resultater. I kapittel 6.1.1 har en vist at det vil være bruddgrensetilstanden som er dimensjonerende, ikke ulykkestilstanden. For å gi en rask oversikt over fordelingen til kreftene på en effektiv måte, er det valg å vise maksimum og minimum kontur over moment i bruddgrensetilstand i kapittel 6.1.2. Desto rødere farge, desto mer krefter.

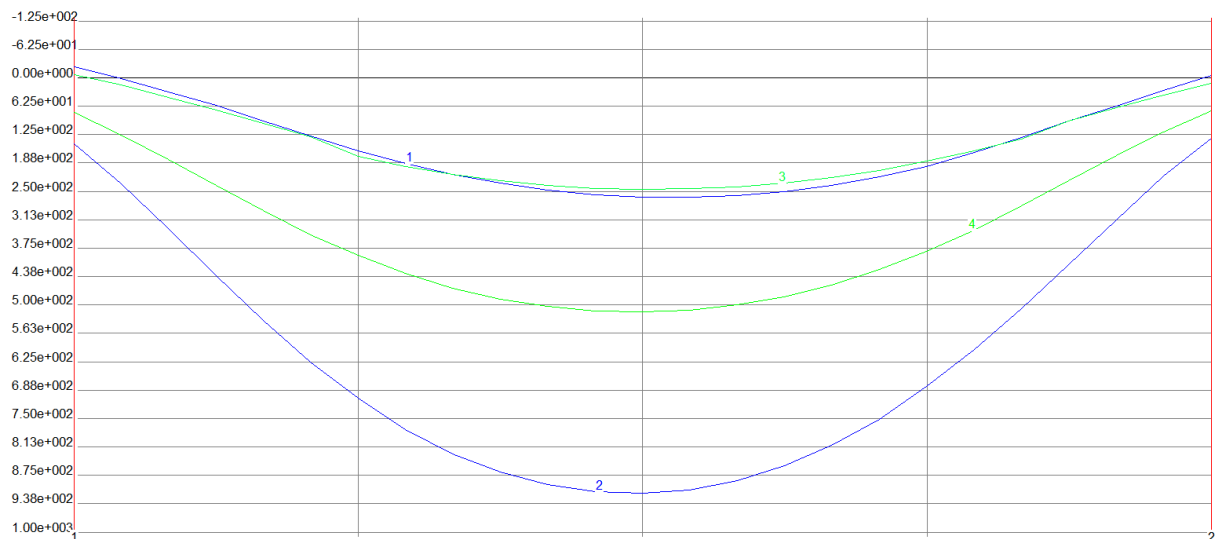
Resultatene fra modellene blir brukt for å dimensjonere armeringsmengden. Brigade bruker da et tilleggsprogram som heter Concrete Designer Brigade. Denne armeringsmodulen bruker snitt en selv velger for å dimensjonere armeringsmengde.

For å illustrere kreftene tilleggsprogrammet bruker, er det tatt snitt ved akse 1, akse 2 og midtfelt i tverretning både i brudd- og bruksgrensetilstand. På denne måten viser en kreftene over hele tverrsnittet til brua i de mest utsatt stedene. Krefter presenteres i tabeller i kapittel 6.1.3 og 6.1.4, med resultatsettene fra Brigade finner en i vedlegg G og H.

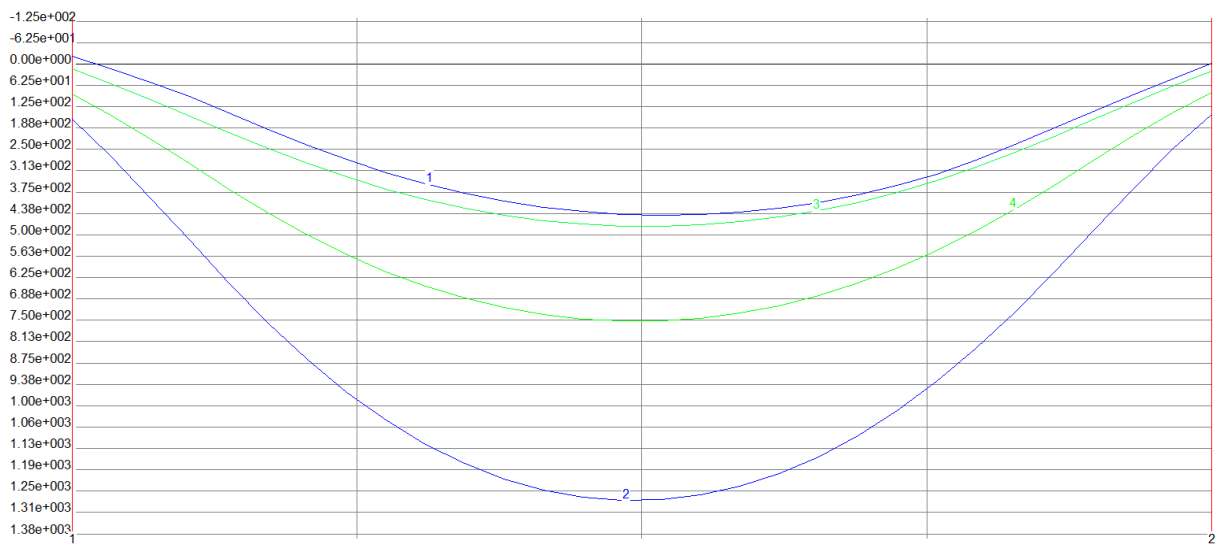
6.1.1 Bruddgrensetilstand vs. Ulykkestilstand

I dette delkapittelet er det vist at bruddgrensetilstand er dimensjonerende, ikke ulykkestilstand. Figur 6.1 – 6.6 viser kreftene til begge grensetilstandene ved de ulike spennlengdene. De blå linjene representerer bruddgrense og de grønne representerer ulykkestilstand.

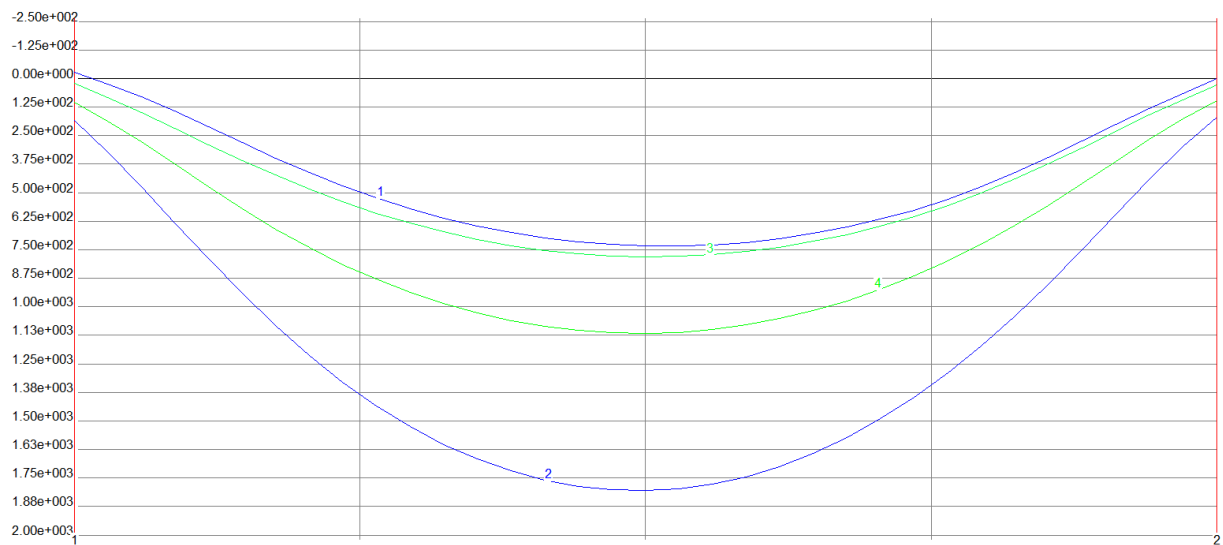
For spennlengde på 10 meter går den grønne linjen noe over den blå. Så lenge grafen er konveks, vil være trykk i overkant uansett. Ulykkestilstand vil bare gi mindre trykkspenning i overkant.



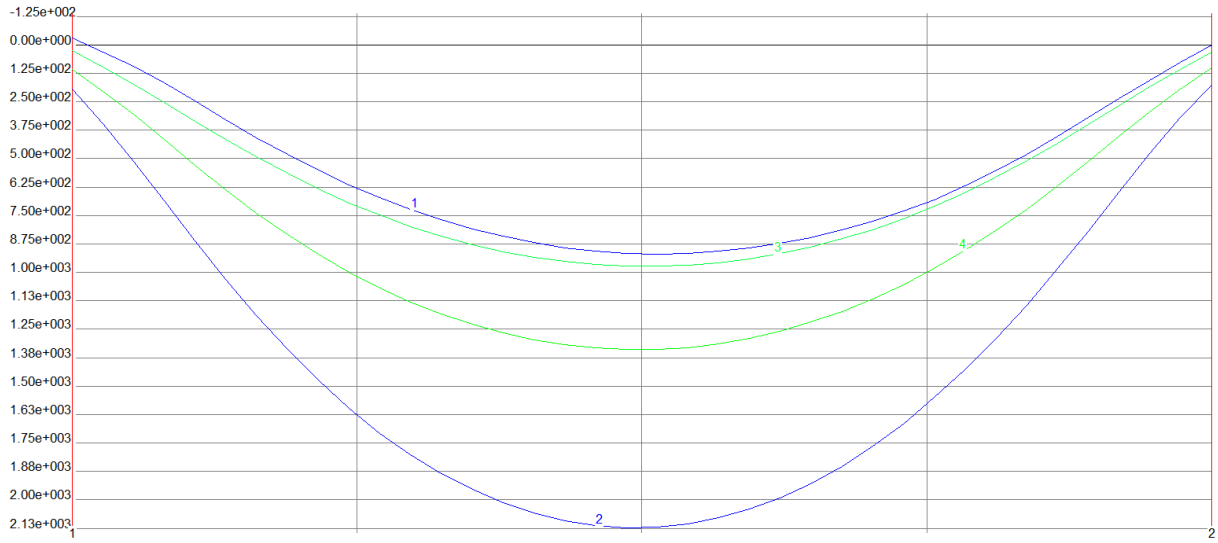
Figur 6.1 - ULS vs. ALS. 10 meter



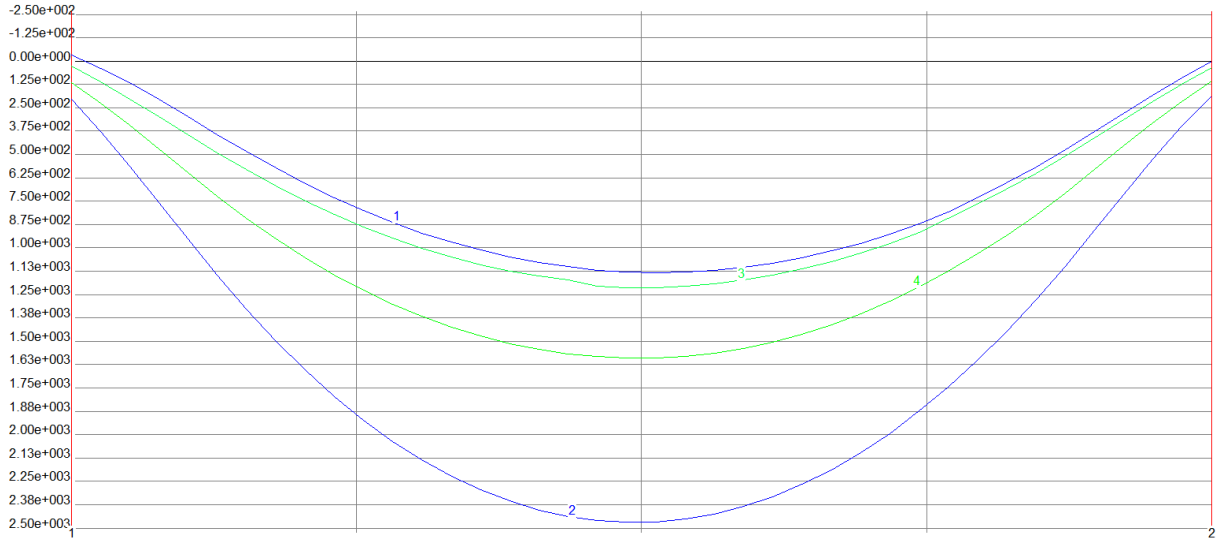
Figur 6.2 – ULS vs. ALS. 12 meter



Figur 6.3 – ULS vs. ALS. 14 meter



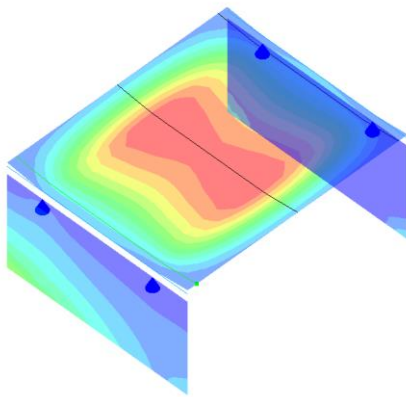
Figur 6.5 – ULS vs. ALS. 15 meter



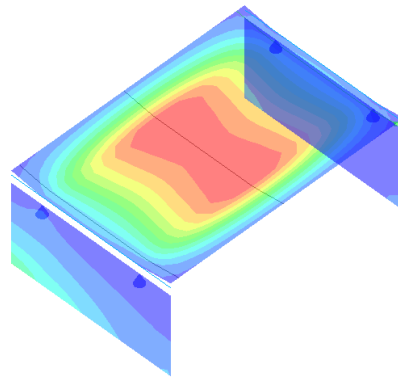
Figur 6.4 – ULS vs. ALS. 16 meter

6.1.2 Konturbilder

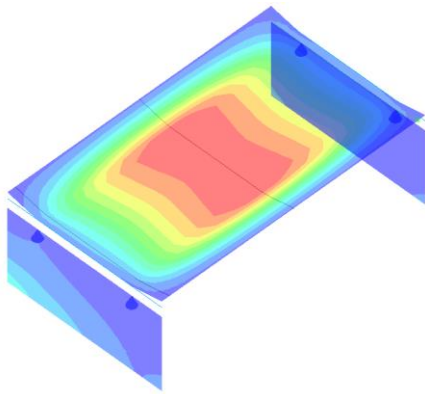
6.1.2.1 Maks moment ULS



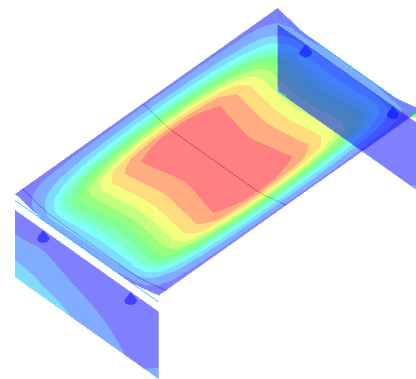
a) 10 meter



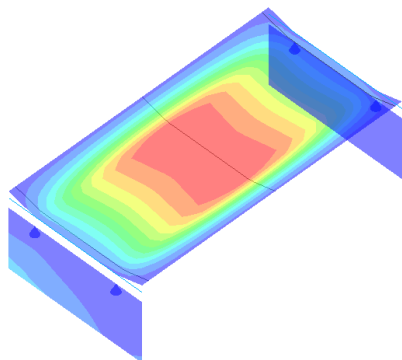
b) 12 meter



c) 14 meter



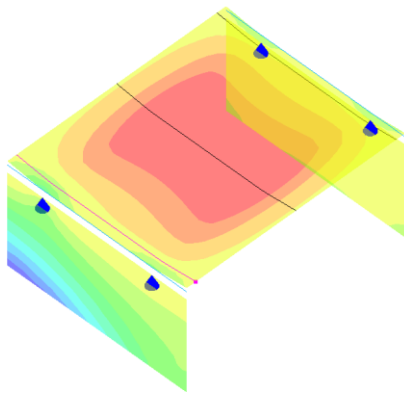
d) 15 meter



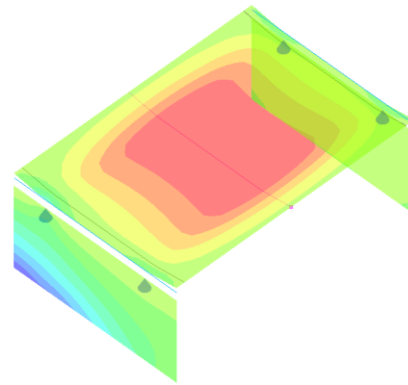
e) 16 meter

Figur 6.6 – Konturbilder av maks moment i ULS

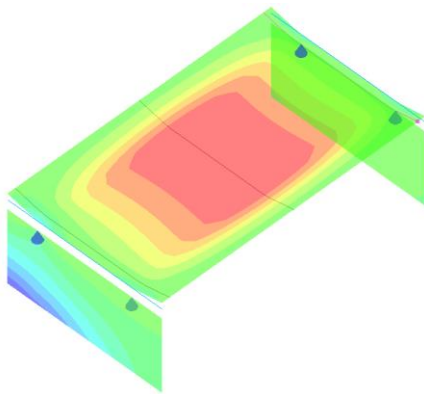
6.1.2.2 Minimum moment ULS



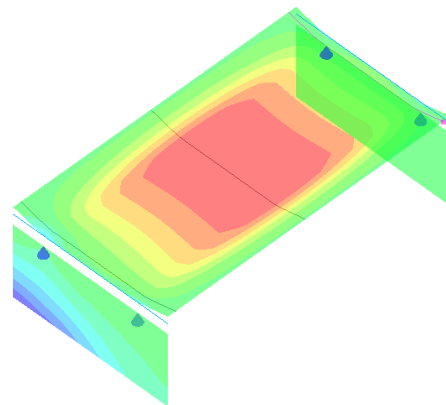
a) 10 meter



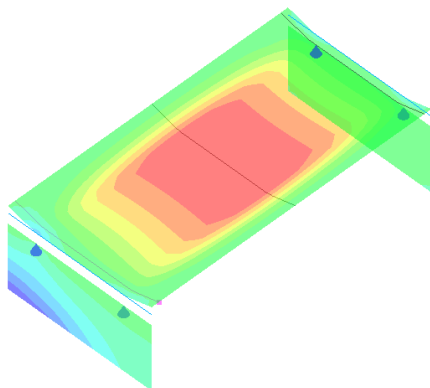
b) 12 meter



c) 14 meter



d) 15 meter



e) 16 meter

Figur 6.7 – konturbilder av minimum moment i ULS

6.1.3 Bruddgrense

For å hente ut resultater fra Brigade må en velge hvilke snittlinjer som ligger til grunn. Akse 1 vil være konstant, men midtfelt og akse 2 vil variere med spennlengden. For å få kreftene for moment, skjærkraft og aksialkraft for alle spennlengdene i bruddgrense er det hentet ut mange resultatsett fra Brigade. Det er derfor valgt å samle opp utvalgte resultat i tabell og presenterer selve resultatsettene i fra Brigade i vedlegg G.

Resultatene som hentes ut direkte i fra Brigade kommer ut med benevning KNm/m og kN/m i hver node. En må derfor summere opp kreftene i hvert tilfelle og gange med lengden/bredden på et element som tilsvarer 410 mm. På denne måten vises totalt kraft med benevningen KNm og kN.

Spenn- lengde	Maks moment, kNm	Min. moment, kNm	Maks skjærkraft, kN	Min skjærkraft, kN	Maks aksialkraft, kN	Min. aksialkraft, kN
10 m	1564	-280	-172	-3150	1374	-1661
12 m	1791	-283	-411	-3572	1478	-1816
14 m	2143	-331	-751	-4123	1633	-2067
15 m	2314	-350	-939	-4403	1699	-2165
16 m	2528	-352	-1145	-4732	1772	-2273

Tabell 6.1 – Krefter ved akse 1 i bruddgrensetilstand

Spenn- lengde	Maks moment, kNm	Min. moment, kNm	Maks skjærkraft, kN	Min skjærkraft, kN	Maks aksialkraft, kN	Min aksialkraft, kN
10 m	6420	1728	997	-1007	3125	-4023
12 m	8621	2796	947	-1104	3863	-5045
14 m	11724	4498	1051	-1066	4663	-5969
15 m	13611	5548	997	-1122	5033	-6365
16 m	15653	6795	1110	-1013	5374	-6706

Tabell 6.2 – Krefter ved midtfelt i bruddgrensetilstand

Spenn- lengde	Maks moment, kNm	Min. moment, kNm	Maks skjærkraft, kN	Min skjærkraft, kN	Maks aksialkraft, kN	Min. aksialkraft, kN
10 m	1384	-11	3121	183	1083	-1457
12 m	1584	45	3528	431	1175	-1614
14 m	1881	125	4061	783	1316	-1871
15 m	2026	164	4340	978	1374	-1967
16 m	2214	230	4652	1191	1443	-2075

Tabell 6.3 – Krefter ved akse 2 i bruddgrensetilstand

6.1.4 Bruksgrense

For å hente ut resultater fra Brigade må en velge hvilke snittlinjer som ligger til grunn. Akse 1 vil være konstant, men midtfelt og akse 2 vil variere med spennlengden. For å få kreftene for moment, skjærkraft og aksialkraft for alle spennlengdene i bruksgrense er det hentet ut mange resultatsett fra Brigade. Det er derfor valgt å samle opp utvalgte resultat i tabell og presenterer selve resultatsettene i fra Brigade i vedlegg H.

Resultatene som hentes ut kommer ut med benevning KNm/m og kN/m i hver node. En må derfor summere opp kreftene i hvert tilfelle og gange med lengden/bredden på et element som tilsvarer 410 mm. På denne måten vises totalt kraft med benevningen KNm og kN.

Spenn- lengde	Maks moment, kNm	Min moment, kNm	Maks skjærkraft, kN	Min skjærkraft, kN	Maks aksialkraft, kN	Min aksialkraft, kN
10 m	780	142	-501	-1667	443	-534
12 m	917	218	-753	-1955	467	-586
14 m	1128	328	-1120	-2369	511	-682
15 m	1235	359	-1326	-2587	536	-712
16 m	1369	410	-1547	-2831	565	-754

Tabell 6.4 – Krefter ved akse 1 i bruksgrensetilstand

Spenn- lengde	Maks moment, kNm	Min moment, kNm	Maks skjærkraft, kN	Min skjærkraft, kN	Maks aksialkraft, kN	Min aksialkraft, kN
10 m	3515	1938	386	-386	868	-1434
12 m	4945	3049	340	-436	1007	-1801
14 m	7092	4847	396	-397	1178	-2085
15 m	8403	5961	347	-440	1269	-2197
16 m	9868	7219	442	-344	1647	-2286

Tabell 6.5 – Krefter ved midtfelt i bruksgrensetilstand

Spenn- lengde	Maks moment, kNm	Min moment, kNm	Maks skjærkraft, kN	Min skjærkraft, kN	Maks aksialkraft, kN	Min aksialkraft, kN
10 m	713	208	1662	506	336	-477
12 m	843	296	1946	761	361	-538
14 m	1032	426	2358	1132	402	-632
15 m	1135	493	2577	1340	433	-662
16 m	1261	578	2816	1563	455	-695

Tabell 6.6 – Krefter ved akse 2 i bruksgrensetilstand

6.2 Manuelle kontroller

Manuelle kontroller er for å kvalitetssikre resultatene. Valg og begrunnelse for hvilke manuelle kontroller som er gjort og hvordan de er utført er beskrevet for hvert delkapittel.

6.2.1 Egendefinerte laster

De egendefinerte lastene endrer seg for hver spennlengde. Om ikke selve lastverdien endrer seg, gjør plasseringen av lasten det. Siden sannsynligheten for å gjøre en feil når en legger inn de egendefinerte lastene manuelt er forholdsvis stor, er det gjort manuell kontroll for hver spennlengde. Dette er enkel måte å kontrollere eget arbeid på.

Kontrollene utføres ved å summere opp opplagerkreftene i hver node for hver egendefinert last. Deretter kontrolleres lastene med beregnet laster fra Mathcad-arket i vedlegg B.

Karakteristisk last, kN	Akse 1, vs	Akse 1, hs	Akse 2, vs	Akse 2, hs	Sum	Beregnet verdi	Avvik
Rekkverk og kantbjelke vs.	33,68	-7,582	33,68	-7,582	52,2	52,2	0,0 %
Rekkverk og kantbjelke hs.	-7,582	33,68	-7,582	33,68	52,2	52,2	0,0 %
Overgangsplate akse 1	47,69	47,69	1,015	1,015	97,4	95,8	1,7 %
Overgangsplate akse 2	1,015	1,015	47,69	47,69	97,4	95,8	1,7 %
Jord over overgangsplate akse	78,95	78,95	1,68	1,68	161,3	158,7	1,6 %
Jord over overgangsplate akse	1,68	1,68	78,95	78,95	161,3	158,7	1,6 %
Tverrbjelke akse 1	35,06	35,06	0,746	0,746	71,6	70,5	1,6 %
Tverrbjelke akse 2	0,746	0,746	35,06	35,06	71,6	70,5	1,6 %
Vinge akse 1	110	110	-4,33E-13	-1,67E-13	220,0	220,0	0,0 %
Vinge akse 2	2,55E-12	-3,20E-12	110	110	220,0	220,0	0,0 %

Tabell 6.7 – Manuell kontroll av egendefinerte laster ved 10 meter

Karakteristisk last, kN	Akse 1, vs	Akse 1, hs	Akse 2, vs	Akse 2, hs	Sum	Beregnet verdi	Avvik
Rekkverk og kantbjelke vs.	40,6	-9,288	40,6	-9,288	62,6	62,6	0,0 %
Rekkverk og kantbjelke hs.	-9,288	40,6	-9,288	40,6	62,6	62,6	0,0 %
Overgangsplate akse 1	47,53	47,53	0,8339	0,8339	96,7	95,8	1,0 %
Overgangsplate akse 2	0,8339	0,8339	47,53	47,53	96,7	95,8	1,0 %
Jord over overgangsplate akse 1	90,73	90,73	1,592	1,592	184,6	183,0	0,9 %
Jord over overgangsplate akse 2	1,592	1,592	90,73	90,73	184,6	183,0	0,9 %
Tverrbjelke akse 1	34,95	34,95	0,6131	0,6131	71,1	70,5	0,9 %
Tverrbjelke akse 2	0,6131	0,6131	34,95	34,95	71,1	70,5	0,9 %
Vinge akse 1	110	110	4,15E-12	-1,63E-12	220,0	220,0	0,0 %
Vinge akse 2	-2,99E-10	3,02E-10	110	110	220,0	220,0	0,0 %

Tabell 6.9 – Manuell kontroll av egendefinerte laster ved 12 meter

Karakteristisk last, kN	Akse 1, vs	Akse 1, hs	Akse 2, vs	Akse 2, hs	Sum	Beregnet verdi	Avvik
Rekkverk og kantbjelke vs.	47,95	-11,41	47,95	-11,41	73,1	73,1	0,0 %
Rekkverk og kantbjelke hs.	-11,41	47,95	-11,41	47,95	73,1	73,1	0,0 %
Overgangsplate akse 1	47,42	47,42	0,7078	0,7078	96,3	95,8	0,5 %
Overgangsplate akse 2	0,7078	0,7078	47,42	47,42	96,3	95,8	0,5 %
Jord over overgangsplate akse 1	114,6	114,6	1,71	1,71	232,6	231,5	0,5 %
Jord over overgangsplate akse 2	1,71	1,71	114,6	114,6	232,6	231,5	0,5 %
Tverrbjelke akse 1	34,87	34,87	0,5204	0,5204	70,8	70,5	0,4 %
Tverrbjelke akse 2	0,5204	0,5204	34,87	34,87	70,8	70,5	0,4 %
Vinge akse 1	110	110	5,06E-13	-4,47E-12	220,0	220,0	0,0 %
Vinge akse 2	-9,30E-13	-2,90E-12	110	110	220,0	220,0	0,0 %

Tabell 6.8 - Manuell kontroll av egendefinerte laster ved 14 meter

Karakteristisk last, kN	Akse 1, vs	Akse 1, hs	Akse 2, vs	Akse 2, hs	Sum	Beregnet verdi	Avvik
Rekkverk og kantbjelke vs.	51,75	-12,61	51,75	-12,61	78,3	78,3	0,0 %
Rekkverk og kantbjelke hs.	-12,61	51,75	-12,61	51,75	78,3	78,3	0,0 %
Overgangsplate akse 1	46,75	46,75	0,6404	0,6404	94,8	95,8	1,1 %
Overgangsplate akse 2	0,6404	0,6404	46,75	46,75	94,8	95,8	1,1 %
Jord over overgangsplate akse 1	124,8	124,8	1,709	1,709	253,0	255,8	1,1 %
Jord over overgangsplate akse 2	1,709	1,709	124,8	124,8	253,0	255,8	1,1 %
Tverrbjelke akse 1	34,37	34,37	0,4708	0,4708	69,7	70,5	1,2 %
Tverrbjelke akse 2	0,4708	0,4708	34,37	34,37	69,7	70,5	1,2 %
Vinge akse 1	110	110	-9,31E-13	-1,27E-12	220,0	220,0	0,0 %
Vinge akse 2	-4,06E-12	1,74E-12	110	110	220,0	220,0	0,0 %

Tabell 6.10 - Manuell kontroll av egendefinerte laster ved 15 meter

Karakteristisk last, kN	Akse 1, vs	Akse 1, hs	Akse 2, vs	Akse 2, hs	Sum	Beregnet verdi	Avvik
Rekkverk og kantbjelke vs.	55,66	-13,9	55,66	-13,9	83,5	83,5	0,0 %
Rekkverk og kantbjelke hs.	-13,9	55,66	-13,9	55,66	83,5	83,5	0,0 %
Overgangsplate akse 1	47,34	47,34	0,6148	0,6148	95,9	95,8	0,1 %
Overgangsplate akse 2	0,6148	0,6148	47,34	47,34	95,9	95,8	0,1 %
Jord over overgangsplate akse 1	138,3	138,3	1,797	1,797	280,2	280,1	0,0 %
Jord over overgangsplate akse 2	1,797	1,797	138,3	138,3	280,2	280,1	0,0 %
Tverrbjelke akse 1	34,8	34,8	0,452	0,452	70,5	70,5	0,0 %
Tverrbjelke akse 2	0,452	0,452	34,8	34,8	70,5	70,5	0,0 %
Vinge akse 1	110	110	-7,33E-13	3,46E-12	220,0	220,0	0,0 %
Vinge akse 2	-4,06E-12	7,14E-12	110	110	220,0	220,0	0,0 %

Tabell 6.11 - Manuell kontroll av egendefinerte laster ved 16 meter

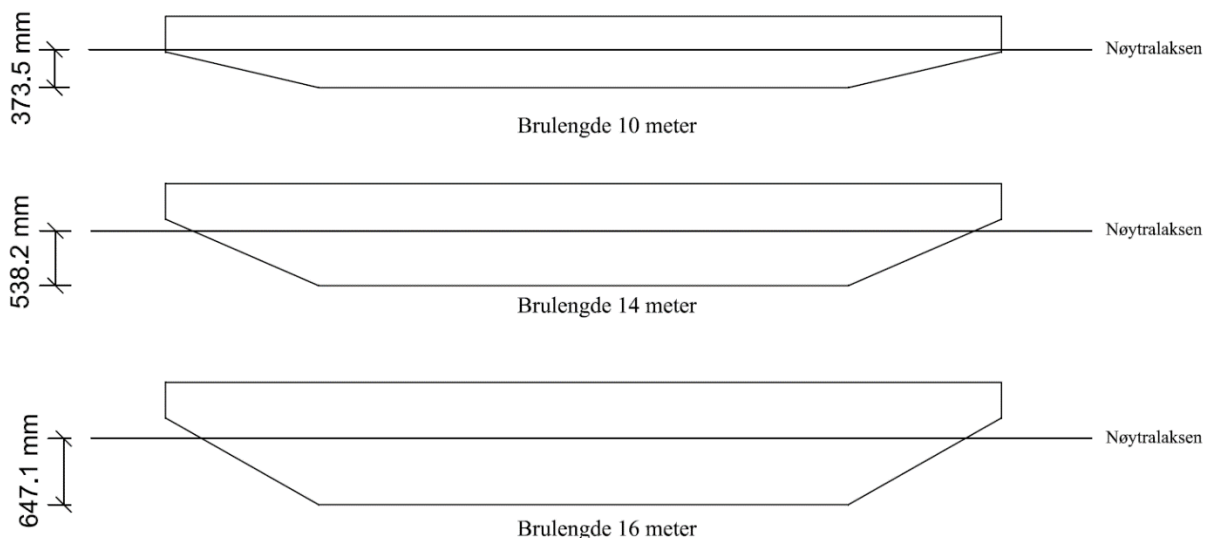
Det skjedde flere ganger at denne typen kontroll gidde utslag med store avvik. Når en hadde funnet feilen og kontrollerte en gang til fikk en resultatene som er vist her. 1.7 % er det høyeste avviket, noe som er nøyaktig nok.

6.2.2 Bruddgrensetilstand

Bruddgrensetilstanden er dimensjonerende, se kapittel 6.1.1. Det vil derfor være hensiktsmessig å kontrollere deler av denne grensetilstanden. Det er valgt å kontrollere egenvekt og lastmodell 1 med manuelle beregninger, da det er de to lastene som i hovedsak vil være dimensjonerende for brua. Egenvekten og lastmodell 1 er også de mest interessante lastene med tanke på momentfordeling.

Siden Brigade er et elementprogram, får en resultater per node. En må derfor behandle informasjonen fra Brigade for å kunne summere opp det totale momentet. Dette er noe omfattende og tidkrevende arbeid, det er derfor valgt å ikke gjøre disse kontrollene for alle spennlengden, men for spennlengdene på 10 m, 14 m og 16 m.

For hver node vil det være et moment og en aksialkraft. De aksiale kreftene vil gi et tilleggsmoment på grunn av deres eksentriske virkning i forhold til tverrsnittets nøytralakse. Avstanden fra noden sitt tyngdepunkt til tverrsnittets nøytralakse vil variere siden tverrsnittet ikke har en rektangulær form. For å finne den nøyaktige nøytralaksen er de ulike tverrsnittene tegnet i Autocad for deretter bruke en innebygd funksjon til å beregne avstanden fra underkanten av tverrsnittet til nøytralaksen, se figur 6.8.



Figur 6.8 – Avstand til nøytralaksen

Avstanden fra noden sitt tyngdepunkt til nøytralaksen er kalt for «distance z». Aksialkreftene ganges med denne avstanden og elementbredden for å få tilleggsmomentet i den aktuelle noden. Momentene ganges med elementbredden og summeres sammen med tilleggsmomentet for å finne det totale momentet.

Mathcad-arket som er brukt for å kontrollere bruddgrensetilstanden ligger i vedlegg I, og utfyllende resultatsett hentet ut i fra Brigade ligger i vedlegg J.

6.2.2.1 Egenvekt

Momentet midt på spennlengden skapt av egenvekt sammenlignes med maksimalt moment for en fritt opplagt bjelke. Dette kan beregnes ved bruk av formelen $qL^2/8$, der L er brulengden og q er egenvekten fra kapittel 5.2.1.

Spennlengde	Brigade	Manuell kontroll	Avvik
10 m	1617.2 kNm	1629.8 kNm	0.8 %
14 m	4409.3 kNm	4425.4 kNm	0.4 %
16 m	6843.0 kNm	6852.2 kNm	0.1 %

Tabell 6.12 – Manuell kontroll egenvekt

6.2.2.2 Lastmodell 1

Lastmodell 1 er delt opp i jevnt fordelt last på tverrsnittet, jevnt fordelt last på vegbane og last fra kjøretøy. Det er på denne måten lastene er delt inn i Brigade og det er derfor lettest å kontrollere hver last for seg.

Det er flere årsaker til at en kan forventer avvik fra flere av kontrollene. En sammenligner resultatene fra lastmodell 1 med beregninger basert på bjelketeori og formler for en fritt opplagt bjelke. Siden Brigade bruker en teknikk basert på plateteori, vil lastene kunne fordele seg på andre måter enn i bjelketeori.

En vil også kunne forventer avvik på jevnt fordelt last på vegbane og last fra kjøretøy. Årsaken til dette, alt etter hvilke trafikklinjer som gir mest ugunstige situasjoner, er at den manuelle beregningen ikke vil ta hensyn til at lasten kan ha ulik plassering i tverretning. Ved manuell beregning vil en dermed plassere den automatisk på midten av tverrsnittet. I tillegg er antall elementer i lengderetning oddetall ved spennlengde på 16 meter, og dermed er ikke nodene midt på brulengden. Det vil føre til større avvik.

Jevnt fordelt last tverrsnittet

Den jevnt fordelt lasten består av 2.5 kN/m^2 . Fra teorien i NS-EN 1991-2:2003 skal denne lasten fordeles på vegbredden som tilsvarer 7.5 meter, men på grunn av begrensninger i Brigade er den fordelt over hele brubredden som er 8.2 meter.

Spennlengde	Brigade	Manuell kontroll	Avvik
10 m	245.1 kNm	256.3 kNm	4.5 %
14 m	469.0 kNm	502.3 kNm	7.1 %
16 m	606.8 kNm	656.0 kNm	8.1 %

Tabell 6.13 – Manuell kontroll for jevnt fordelt last over tverrsnittet

Det er høyere avvik enn ønsket. Det kan forklares ved begrunnelsene nevnt i kapittel 6.2.2.2, men for å finne nøyaktig årsak bør en gjøre flere undersøkelser. På grunn av tidsbegrensning er ikke dette valgt å gjøre i oppgaven.

Jevnt fordelt last vegbane

Den jevnt fordelt lasten i vegbanen er totalt 5.4 kN/m^2 . Det inkludere lasten 2.5 kN/m^2 som er lagt over hele tverrsnittet. For å få selve lasten i vegbanen, er det derfor tatt og kontrollert differansen som er 2.9 kN/m^2 .

Spennlengde	Brigade	Manuell kontroll	Avvik
10 m	119.4 kNm	108.8 kNm	9.8 %
14 m	214.6 kNm	213.2 kNm	0.7 %
16 m	272.9 kNm	278.4 kNm	2.0 %

Tabell 6.14 – Manuell kontroll for jevnt fordelt last i vegbane

Det ble avvik som forventet. Det kan forklares ved begrunnelsene nevnt i kapittel 6.2.2.2, men for å finne nøyaktig årsak bør en gjør flere undersøkelser. På grunn av tidsbegrensning er ikke dette valgt å gjøre i oppgaven.

Last fra kjøretøy

Lasten fra kjøretøyet vil gi to punktlaster på 500 kN i lengderetning. Avstanden mellom de vil være 1.2 meter .

Spennlengde	Brigade	Manuell kontroll	Avvik
10 m	2327.6 kNm	2200 kNm	5.8 %
14 m	3196.8 kNm	3200 kNm	0.1 %
16 m	3626.3 kNm	3700 kNm	2.0 %

Tabell 6.15 – Manuell kontroll for last fra kjøretøy

Det ble avvik som forventet. Det kan forklares ved begrunnelsene nevnt i kapittel 6.2.2.2, men for å finne nøyaktig årsak bør en gjør flere undersøkelser. På grunn av tidsbegrensning er ikke dette valgt å gjøre i oppgaven.

6.2.3 Momentkapasitet

For å beregne momentkapasiteten er tverrsnittets form forenklet til et flensstverrsnitt. Grunnen til dette er at bøyning i bjelkebærerretningen vil gjøre det slik at en del av platen i bjelkefeltet vil virke som trykkflens [2, pkt. 4.2.4].

Den effektive flensbredden beregnes ut ifra NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 punkt 5.3.2.1(3). En finner den for å kunne beregne om nøytralaksen ligger i flensen eller steget. Resultatet av dette vil bestemme formelbruk for beregningen av selve momentkapasiteten. I alle tilfellene lå nøytralaksen i flensen. Den effektive flensbredden baserer seg på avstanden mellom momentnullpunktene. Siden denne oppgaven har bare et spenns-bru vil denne avstanden være lik spennlengden.

Det kontrolleres også for behovet for dobbeltarmering. Det er ikke nødvendig med armering i topp så lenge den er i trykk. Selv om kontrollen viser at det ikke er behov skal alle tverrsnittsdeler være dobbeltarmert i begge retninger [10, pkt. 7.8.1]. Dette betyr at tverrsnittet i praksis er dobbeltarmert, men det er allikevel brukt formler for enkeltarmert tverrsnitt for å kontrollere momentkapasiteten. Dette vil gi en konservativ kapasitet til sikker side.

Momentkapasitet som beregnes må være større enn gjeldene moment hentet fra Brigade. Resultatene fra Brigade er hentet fra bruddgrensetilstand i midtfelt av brubredden, se tabell 6.2 i kapittel 6.1.3. Momentkapasiteten er kontrollert for brulengdene 10 meter, 14 meter og 16 meter.

Mathcad-arket for utfyllende beregning av momentkapasiteten er lagt selv, se vedlegg K.

Spennlengde	Platetykkelse	Moment fra Brigade, M.a	Beregnet kapasitet. MR.ed	MR.ed > M.a
10 m	700 mm	6420 kNm	7802.5 kNm	Ok
14 m	1000 mm	11724 kNm	15466.8 kNm	Ok
16 m	1200 mm	15653 kNm	22287 kNm	Ok

Tabell 6.16 – Manuell kontroll momentkapasitet

6.3 Deformasjon

Det er nødvendig å kontrollere om konstruksjonen har nok stivhet til å motstå en voldsom nedbøyning. Deformasjonen av en konstruksjon skal ikke påvirke dens tiltenkte funksjon, eller utseende på en ugunstig måte [30, pkt. 7.4.1]. Brukonstruksjonen skal ikke ha noen lastplassering som gir større nedbøyning enn brulengde/350. Kontrollen skal også utføres med karakteristisk trafikklast alene [10, pkt. 3.6.1].

Nedbøyningen på grunn av permanente laster inkludert langtidseffekter skal kompenseres med overhøyde. Overhøyde skal beregnes i bruksgrensetilstand, kombinasjon tilnærmet permanent, der kombinasjonsfaktoren Ψ_2 for variable laster settes lik 0 [10, pkt. 3.6.1]. Med overhøyde menes det at forskalingen skal være x antall mm høyere i midten av brudekke enn på endene, for å kompensere for nedbøyning på grunn av permanente laster. Den vil dermed få ønsket form i ferdig tilstand.

Fra Brigade er det hentet ut $U_{z,max}$ og $U_{z,min}$ i de to ulike grensetilstandene som skal til for å finne overhøyde og nedbøyning. Det er tatt tre snitt. Et på hver ytterkant av bruplaten og et på senterlinjen. Se vedlegg L for Mathcad-ark som beregner nedbøyning og overhøyde.

6.3.1 Nedbøyning

For å finne nedbøyning fra trafikklast bruker en maks verdi av snittene. For å ta hensyn for nedbøyning ved endenodene er det tatt maks verdi av snitt minus gjennomsnittet av nedbøyning ved endene.

Spennlengde	Beregnet nedbøyning, δ_{cal}	Maks nedbøyning, δ_{max}	$\delta_{max} \geq \delta_{cal}$
10 m	14.9 mm	28.6 mm	Ok
12 m	15.5 mm	34.3 mm	Ok
14 m	13.2 mm	40.0 mm	Ok
15 m	12.0 mm	42.9 mm	Ok
16 m	11.34 mm	45.7 mm	Ok

Tabell 6.17 – Nedbøyning ved ulike spennlengde

En bru med konstant platetykkelse og lik armering vil ha økende deformasjon ved økende spennlengde. I dette tilfellet ser en at nedbøyningen minker når spennlengden øker. Det er flere grunner til at dette er realistisk. Skaleringsfaktorene som er brukt i Brigade tar hensyn til brukt armeringsmengde. Økt spennlengde øker armeringsmengde og tykkelsen på tverrsnittet. Skaleringsfaktorene blir dermed mindre og mindre etter hvert som brua blir lengre.

6.3.2 Overhøyde

Overhøyde er funnet på samme måte som nedbøyning. Eneste forskjellen er at en har beregnet overhøyde med utgangspunkt ved senterlinjen til brua. Spennlengden og armeringen vil påvirke overhøyden. I dette tilfellet fikk en overhøyde som økte med spennlengden, se tabell 6.18.

Spennlengde	Overhøyde
10 m	15.8 mm
12 m	21.5 mm
14 m	24.7 mm
15 m	25.7 mm
16 m	27.6 mm

Tabell 6.18 – Overhøyde ved ulike spennlengde

6.4 Lager

6.4.1 Forskyvninger og rotasjoner

Det er funnet maks bevegelse og rotasjon av opplagere ved spennlengde 10 meter og 16 meter. For å beregne lagerforskyvning skal det brukes bruksgrensetilstand, kombinasjon karakteristisk [10, pkt. 12.4.4]. Denne kombinasjonen er avhengig av den laveste og høyeste temperaturen som kan forventes av en bru, noe som i denne oppgaven består av konservative verdier. For opplager som ikke er fastholdt vil dette føre til endring av lengden [25, pkt. 6.1.3.1(1)]. Det skal legges til $\pm 20^\circ$ for lagrene når en ikke vet temperatur ved lagermontering [25, pkt. 6.1.3.3(3)].

Case 1: SLS, Characteristic - Lager, Max, Displacement U1 (m)
 Case 2: SLS, Characteristic - Lager, Max, Displacement U2 (m)
 Case 3: SLS, Characteristic - Lager, Max, Displacement Uz (m)
 Case 4: SLS, Characteristic - Lager, Max, Rotation FI1 (rad)
 Case 5: SLS, Characteristic - Lager, Max, Rotation FI2 (rad)
 Case 6: SLS, Characteristic - Lager, Max, Rotation FIz (rad)

Case 7: SLS, Characteristic - Lager, Min, Displacement U1 (m)
 Case 8: SLS, Characteristic - Lager, Min, Displacement U2 (m)
 Case 9: SLS, Characteristic - Lager, Min, Displacement Uz (m)
 Case 10: SLS, Characteristic - Lager, Min, Rotation FI1 (rad)
 Case 11: SLS, Characteristic - Lager, Min, Rotation FI2 (rad)
 Case 12: SLS, Characteristic - Lager, Min, Rotation FIz (rad)

Maks forskyvning - 10 m

Type lager	Node	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
		U1	U2	Uz	FI1	FI2	FIz
Akse 1, allsidig	591	0,002	0,001	-	0,001	-0,004	0,000
Akse 1, fast	592	-	-	-	0,001	-0,003	0,000
Akse 2, allsidig	893	0,013	0,001	-	0,001	0,010	0,000
Akse 2, ensidig	894	0,013	-	-	0,001	0,010	0,000

Min forskyvning - 10 m

Type lager	Node	Case7	Case8	Case9	Case10	Case11	Case12
		U1	U2	Uz	FI1	FI2	FIz
Akse 1, allsidig	591	-0,003	-0,001	-	-0,001	-0,011	0,000
Akse 1, fast	592	-	-	-	-0,001	-0,011	0,000
Akse 2, allsidig	893	-0,011	-0,001	-	-0,001	0,004	0,000
Akse 2, ensidig	894	-0,010	-	-	-0,001	0,004	0,000

Maks forskyvning - 16 m

Type lager	Node	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
		U1	U2	Uz	FI1	FI2	FIz
Akse 1, allsidig	906	0,001	0,000	-	0,001	-0,004	0,000
Akse 1, fast	907	-	-	-	0,000	-0,004	0,000
Akse 2, allsidig	1208	0,018	0,000	-	0,001	0,008	0,000
Akse 2, ensidig	1209	0,018	-	-	0,000	0,008	0,000

Min forskyvning - 16 m

Type lager	Node	Case7	Case8	Case9	Case10	Case11	Case12
		U1	U2	Uz	FI1	FI2	FIz
Akse 1, allsidig	906	-0,002	0,000	-	0,000	-0,009	0,000
Akse 1, fast	907	-	-	-	-0,001	-0,009	0,000
Akse 2, allsidig	1208	-0,014	0,000	-	0,000	0,005	0,000
Akse 2, ensidig	1209	-0,014	-	-	-0,001	0,005	0,000

Tabell 6.19 – Forskyvning og rotasjon lagere for 10 m og 16 m

Som en ser er det ikke særlig stor forskjell mellom de to spennlengdene. Det er noe større variasjon, altså bevegelse, for spennelengde på 16 meter kontra 10 meter. Det er som forventet. Det er valgt å bare ha med tre tall etter komma, for å illustrere hvor små bevegelser det er snakk om.

6.4.2 Lagerkrefter

Lagerkrefter er interessant å vite for videre beregning av landkar og fundament. Det er da nødvendig å vite hvilke krefter som blir overført via opplagrene. Kraftene kommer ut i vertikalretning, horisontalretning langs senterlinjen av brua og horisontalretning på tvers av senterlinjen med hensyn på hverandre. Kraftene er med andre ord fordelt i ulike retninger og en må summere opp ved hjelp av Pytagoras setning for å finne reel kraft som virker i hver opplager.

Se vedlegg M for resultatsett hentet ut i fra Brigade.

Akse 1: Fastlager - Spennlengde 10 meter

Brudd	$V_{\min} =$	1962 kN	m/tilhørende	$H_{Tverr} =$	231 kN
			m/tilhørende	$H_{Langs} =$	794 kN
				$H_{Total} =$	827 kN
	$V_{\max} =$	470 kN	m/tilhørende	$H_{Tverr} =$	159 kN
			m/tilhørende	$H_{Langs} =$	508 kN
				$H_{Total} =$	532 kN
	$H_{Lang \min} =$	508 kN	m/tilhørende	$H_{Tverr} =$	152 kN
			m/tilhørende	$V =$	834 kN
				$H_{Total} =$	530 kN
	$H_{Lang \max} =$	794 kN	m/tilhørende	$H_{Tverr} =$	224 kN
			m/tilhørende	$V =$	1458 kN
				$H_{Total} =$	825 kN
	$H_{Tverr \min} =$	359 kN	m/tilhørende	$H_{Langs} =$	794 kN
			m/tilhørende	$V =$	857 kN
				$H_{Total} =$	871 kN
	$H_{Tverr \max} =$	287 kN	m/tilhørende	$H_{Langs} =$	508 kN
			m/tilhørende	$V =$	1081 kN
				$H_{Total} =$	583 kN

Akse 1: Allsidig lager - Spennlengde 10 meterBrudd $V_{\min} = 1974 \text{ kN}$ $V_{\max} = 462 \text{ kN}$ **Akse 2: Ensidig lager - Spennlengde 10 meter**Brudd $V_{\min} = 1964 \text{ kN}$ m/tilhørende $H_{Tverr} = 159 \text{ kN}$ $V_{\max} = 468 \text{ kN}$ m/tilhørende $H_{Tverr} = 231 \text{ kN}$ $H_{Tverr \min} = 287 \text{ kN}$ m/tilhørende $V = 844 \text{ kN}$ $H_{Tverr \max} = 359 \text{ kN}$ m/tilhørende $V = 1365 \text{ kN}$ **Akse 2: Allsidig lager - Spennlengde 10 meter**Brudd $V_{\min} = 1972 \text{ kN}$ $V_{\max} = 455 \text{ kN}$ **Akse 1: Fastlager - Spennlengde 16 meter** $V_{\min} = 2899 \text{ kN}$ m/tilhørende $H_{Tverr} = 205 \text{ kN}$
m/tilhørende $H_{Langs} = 1013 \text{ kN}$
 $H_{Total} = 1034 \text{ kN}$ $V_{\max} = 1063 \text{ kN}$ m/tilhørende $H_{Tverr} = 128 \text{ kN}$
m/tilhørende $H_{Langs} = 521 \text{ kN}$
 $H_{Total} = 537 \text{ kN}$ $H_{Lang \min} = 521 \text{ kN}$ m/tilhørende $H_{Tverr} = 265 \text{ kN}$
m/tilhørende $V = 1968 \text{ kN}$
 $H_{Total} = 584 \text{ kN}$ $H_{Lang \max} = 1073 \text{ kN}$ m/tilhørende $H_{Tverr} = 288 \text{ kN}$
m/tilhørende $V = 1519 \text{ kN}$
 $H_{Total} = 1111 \text{ kN}$ $H_{Tverr \min} = 342 \text{ kN}$ m/tilhørende $H_{Langs} = 1013 \text{ kN}$
m/tilhørende $V = 1634 \text{ kN}$
 $H_{Total} = 1069 \text{ kN}$ $H_{Tverr \max} = 265 \text{ kN}$ m/tilhørende $H_{Langs} = 521 \text{ kN}$
m/tilhørende $V = 2301 \text{ kN}$
 $H_{Total} = 584 \text{ kN}$

Akse 1: Allsidig lager - Spennlengde 16 meter

$$V_{\min} = 2933 \text{ kN}$$

$$V_{\max} = 1046 \text{ kN}$$

Akse 2: Ensidig lager - Spennlengde 16 meter

$$V_{\min} = 2898 \text{ kN} \quad \text{m/tilhørende} \quad H_{T\text{verr}} = 128 \text{ kN}$$

$$V_{\max} = 1063 \text{ kN} \quad \text{m/tilhørende} \quad H_{T\text{verr}} = 205 \text{ kN}$$

$$H_{T\text{verr min}} = 265 \text{ kN} \quad \text{m/tilhørende} \quad V = 1620 \text{ kN}$$

$$H_{T\text{verr maks}} = 342 \text{ kN} \quad \text{m/tilhørende} \quad V = 2143 \text{ kN}$$

Akse 2: Allsidig lager - Spennlengde 16 meter

$$V_{\min} = 2916 \text{ kN}$$

$$V_{\max} = 1028 \text{ kN}$$

Som forventet ble de fleste kreftene høyere for en bru med spennlengde på 16 meter enn 10 meter. Det som var noe overraskende var at kreftene for fast lager og ensidig lager var større i horisontalretning på tvers av senterlinjen for en spennlengde på 10 meter enn i forhold til den på 16 meter. Etter å ha gjort en forenklet manuell kontroll over fordeling av en sidekraft som virker på brua, fant en ut at det er de statiske forholdet mellom lengden og bredden på brua som er årsaken.

Kapittel 7

Armeringsmengde for ulike spennlengder

7.1 Generelt

Concrete Designer Bridge dimensjonerer armeringsmengde som tilfredsstillende både krav fra brudd- og bruksgrensetilstand. Det kan velges opp til 10 snitt i lengderetning og tverretning som danner omhyllingskurver og beregnet behovet for armeringen.

Concrete Designer Bridge trenger informasjon om risskontrollfaktor, krypfaktor, betongtrykkvinkel og overdekning. Risskontrollfaktor er satt lik 0, krypfaktor er hentet fra lastkapittelet. Betongtrykkvinkelen velges til 2 [10, pkt. 7.6.2]. Overdekningen her er avstanden fra tverrsnittets ytterkant til armeringsjernet. Det vil med andre ord variere hvilken retning en ser på og størrelse på tverrliggende jern. Det er valgt to grensetilstander. ULS og SLS – risskontroll.

Siden det å finne armeringsmengde for hver modell er en vesentlig del av oppgaven, er det for hver spennlengde valgt å vise en tabell som viser hvilke snitt som er tatt i lengde- og tverretning, sammen med figur over nodene fra modellen. Videre vises de dimensjonerende momentene for lengderetning sammen med innlagt armeringsmengde. En kan da se hvor godt utnyttet kapasiteten blir med valgt armeringsmengde. Det samme gjelder for tverretning.

7.2 Spennlengde på 10 meter

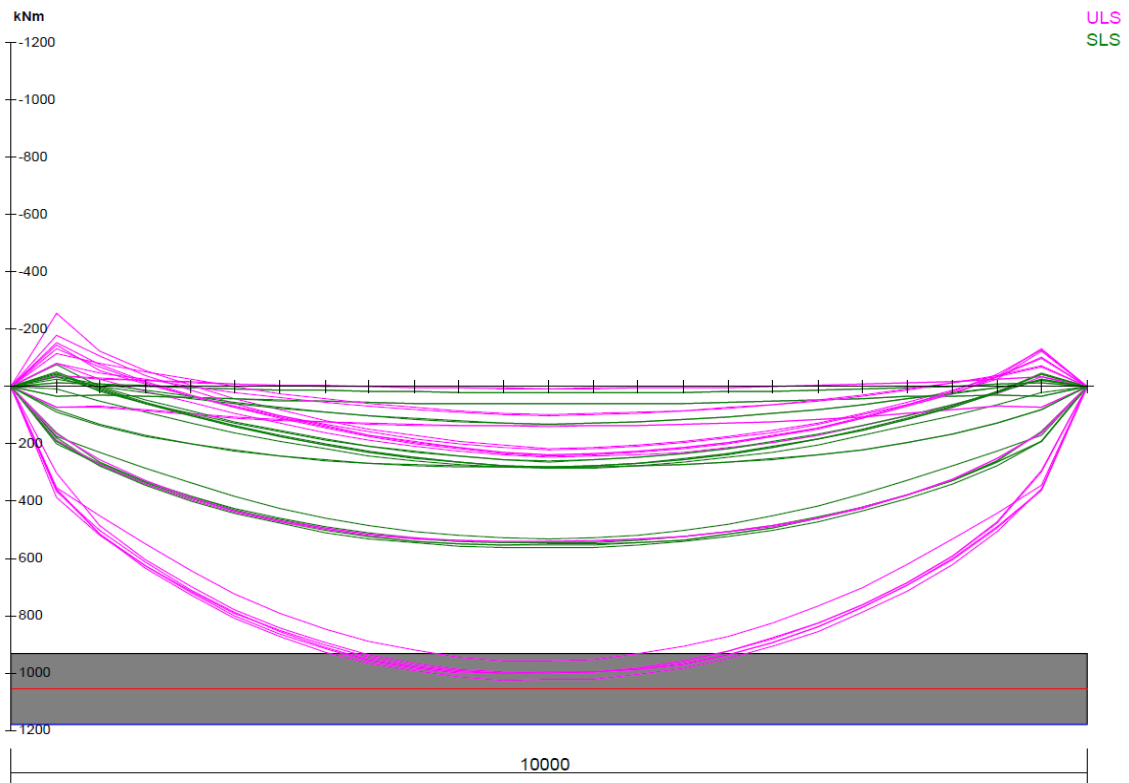
Lengderetning, startnode - stoppnode	Tverretning, startnode – stoppnode
1 - 505	22 - 42
3 - 507	85 - 105
5 - 509	148 - 168
7 - 511	211 - 231
8- 512	253 - 273
11 - 515	295 - 315
14 - 518	358 - 378
17 - 521	400 - 420
19 - 523	442 - 462
21 - 525	484 - 502

Tabell 7.1 – Snitt 10 meter

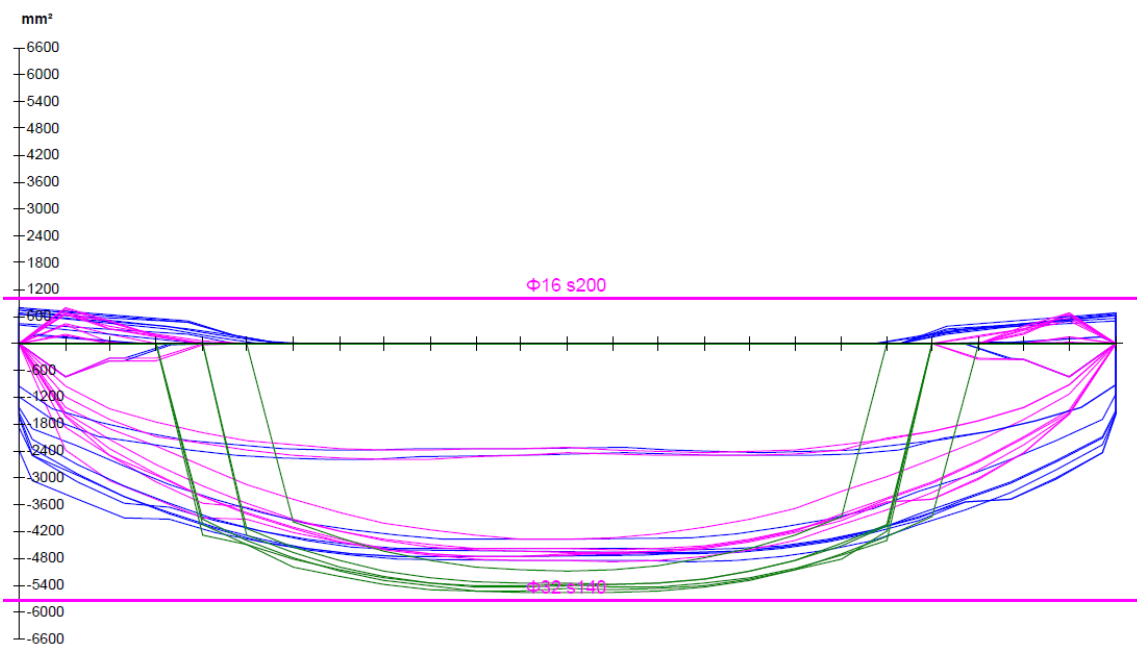
1	22	43	64	85	106	127	148	169	190	211	232	253	274	295	316	337	358	379	400	421	442	463	484	505
2	23	44	65	86	107	128	149	170	191	212	233	254	275	296	317	338	359	380	401	422	443	464	485	506
3	24	45	66	87	108	129	150	171	192	213	234	255	276	297	318	339	360	381	402	423	444	465	486	507
4	25	46	67	88	109	130	151	172	193	214	235	256	277	298	319	340	361	382	403	424	445	466	487	508
5	26	47	68	89	110	131	152	173	194	215	236	257	278	299	320	341	362	383	404	425	446	467	488	509
6	27	48	69	90	111	132	153	174	195	216	237	258	279	300	321	342	363	384	405	426	447	468	489	510
7	28	49	70	91	112	133	154	175	196	217	238	259	280	301	322	343	364	385	406	427	448	469	490	511
8	29	50	71	92	113	134	155	176	197	218	239	260	281	302	323	344	365	386	407	428	449	470	491	512
9	30	51	72	93	114	135	156	177	198	219	240	261	282	303	324	345	366	387	408	429	450	471	492	513
10	31	52	73	94	115	136	157	178	199	220	241	262	283	304	325	346	367	388	409	430	451	472	493	514
11	32	53	74	95	116	137	158	179	200	221	242	263	284	305	326	347	368	389	410	431	452	473	494	515
12	33	54	75	96	117	138	159	180	201	222	243	264	285	306	327	348	369	390	411	432	453	474	495	516
13	34	55	76	97	118	139	160	181	202	223	244	265	286	307	328	349	370	391	412	433	454	475	496	517
14	35	56	77	98	119	140	161	182	203	224	245	266	287	308	329	350	371	392	413	434	455	476	497	518
15	36	57	78	99	120	141	162	183	204	225	246	267	288	309	330	351	372	393	414	435	456	477	498	519
16	37	58	79	100	121	142	163	184	205	226	247	268	289	310	331	352	373	394	415	436	457	478	499	520
17	38	59	80	101	122	143	164	185	206	227	248	269	290	311	332	353	374	395	416	437	458	479	500	521
18	39	60	81	102	123	144	165	186	207	228	249	270	291	312	333	354	375	396	417	438	459	480	501	522
19	40	61	82	103	124	145	166	187	208	229	250	271	292	313	334	355	376	397	418	439	460	481	502	523
20	41	62	83	104	125	146	167	188	209	230	251	272	293	314	335	356	377	398	419	440	461	482	503	524
21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420	441	462	483	504	525

Figur 7.1 - Noder brumodell 10 meter

7.2.1 Lengderetning

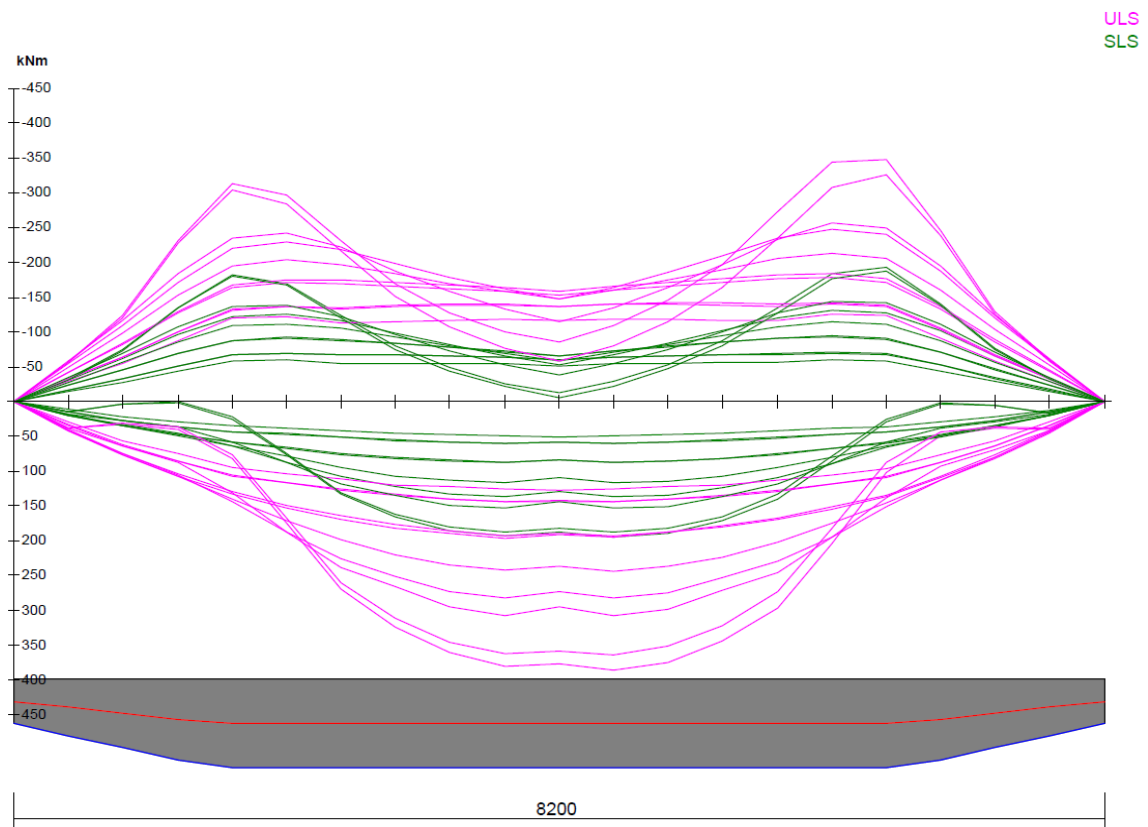


Figur 7.2 - Dimensjonerende momenter lengderetning 10 meter

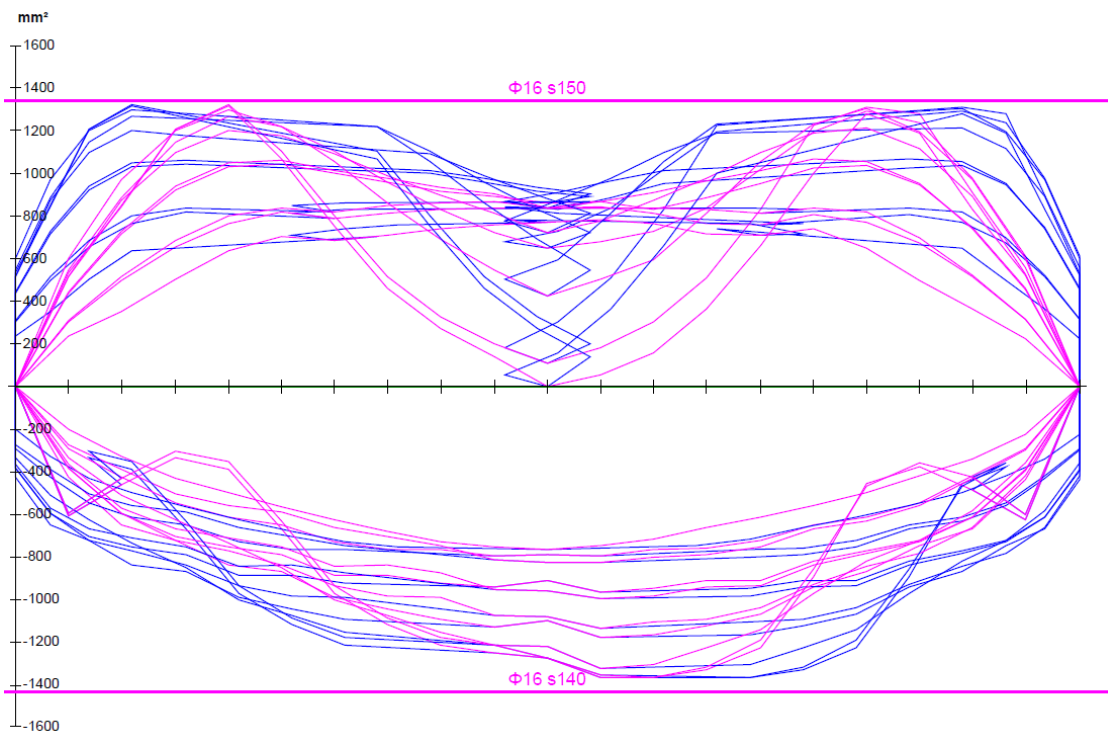


Figur 7.3 – Innlagt lengdearmering 10 meter

7.2.2 Tverretning



Figur 7.4 - Dimensjonerende momenter i tverretning 10 meter



Figur 7.5 – Innlagt tverrarmering 10 meter

7.3 Spennlengde på 12 meter

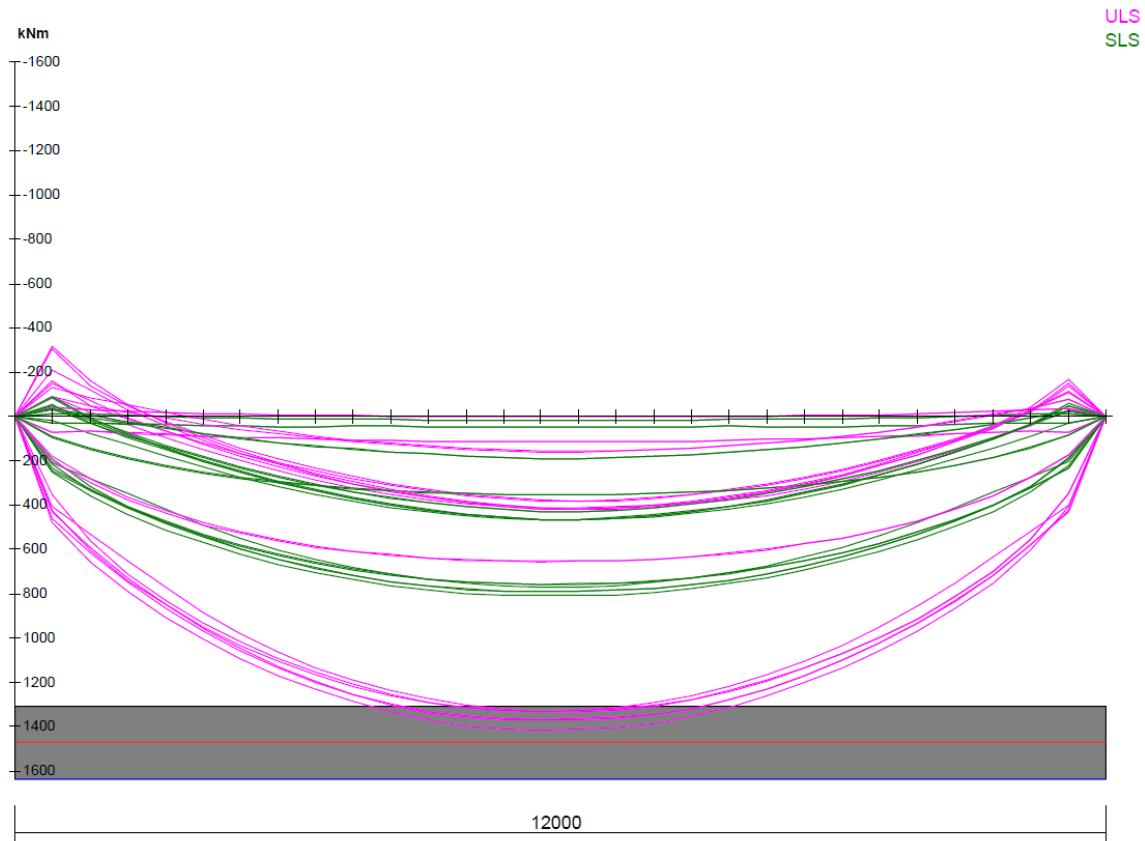
Lengderetning, startnode - stoppnode	Tverretning, startnode – stoppnode
1 – 310	22-42
3 – 612	85-105
5 – 614	148-168
8 - 617	211-231
11 – 620	295-315
14 – 623	358-378
16 – 625	421-441
17 – 626	484-504
19 – 628	547-567
21 – 630	589-609

Tabell 7.2 – Snitt 12 meter

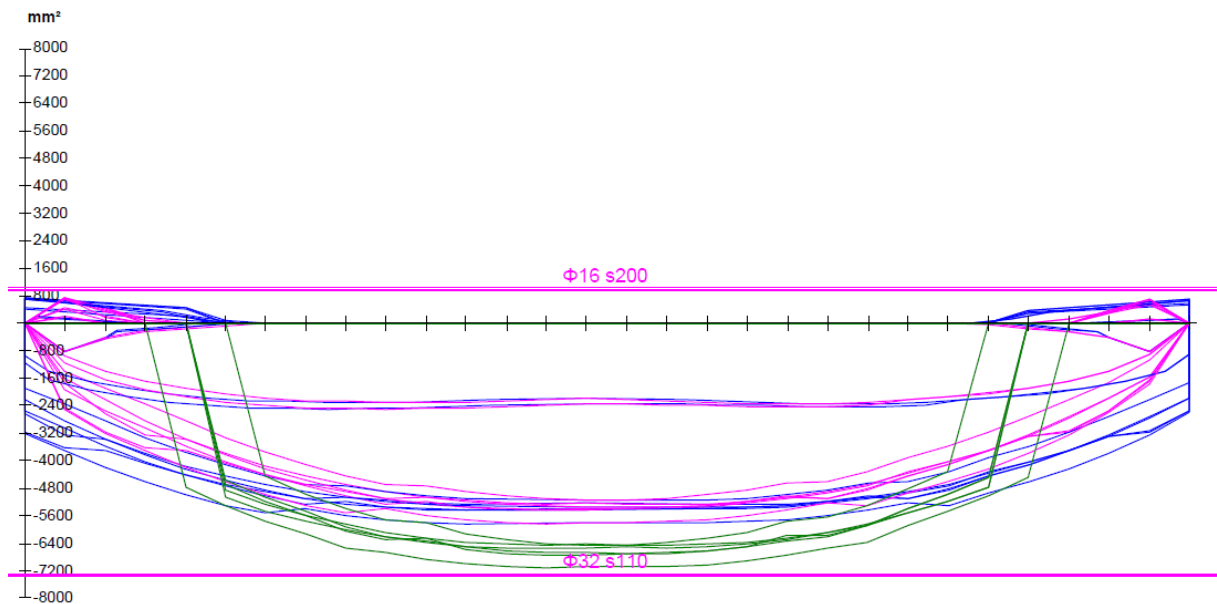
1	22	43	64	85	106	127	148	169	190	211	232	253	274	295	316	337	358	379	400	421	442	463	484	505	526	547	568	589	610
2	23	44	65	86	107	128	149	170	191	212	233	254	275	296	317	338	359	380	401	422	443	464	485	506	527	548	569	590	611
3	24	45	66	87	108	129	150	171	192	213	234	255	276	297	318	339	360	381	402	423	444	465	486	507	528	549	570	591	612
4	25	46	67	88	109	130	151	172	193	214	235	256	277	298	319	340	361	382	403	424	445	466	487	508	529	550	571	592	613
5	26	47	68	89	110	131	152	173	194	215	236	257	278	299	320	341	362	383	404	425	446	467	488	509	530	551	572	593	614
6	27	48	69	90	111	132	153	174	195	216	237	258	279	300	321	342	363	384	405	426	447	468	489	510	531	552	573	594	615
7	28	49	70	91	112	133	154	175	196	217	238	259	280	301	322	343	364	385	406	427	448	469	490	511	532	553	574	595	616
8	29	50	71	92	113	134	155	176	197	218	239	260	281	302	323	344	365	386	407	428	449	470	491	512	533	554	575	596	617
9	30	51	72	93	114	135	156	177	198	219	240	261	282	303	324	345	366	387	408	429	450	471	492	513	534	555	576	597	618
10	31	52	73	94	115	136	157	178	199	220	241	262	283	304	325	346	367	388	409	430	451	472	493	514	535	556	577	598	619
11	32	53	74	95	116	137	158	179	200	221	242	263	284	305	326	347	368	389	410	431	452	473	494	515	536	557	578	599	620
12	33	54	75	96	117	138	159	180	201	222	243	264	285	306	327	348	369	390	411	432	453	474	495	516	537	558	579	600	621
13	34	55	76	97	118	139	160	181	202	223	244	265	286	307	328	349	370	391	412	433	454	475	496	517	538	559	580	601	622
14	35	56	77	98	119	140	161	182	203	224	245	266	287	308	329	350	371	392	413	434	455	476	497	518	539	560	581	602	623
15	36	57	78	99	120	141	162	183	204	225	246	267	288	309	330	351	372	393	414	435	456	477	498	519	540	561	582	603	624
16	37	58	79	100	121	142	163	184	205	226	247	268	289	310	331	352	373	394	415	436	457	478	499	520	541	562	583	604	625
17	38	59	80	101	122	143	164	185	206	227	248	269	290	311	332	353	374	395	416	437	458	479	500	521	542	563	584	605	626
18	39	60	81	102	123	144	165	186	207	228	249	270	291	312	333	354	375	396	417	438	459	480	501	522	543	564	585	606	627
19	40	61	82	103	124	145	166	187	208	229	250	271	292	313	334	355	376	397	418	439	460	481	502	523	544	565	586	607	628
20	41	62	83	104	125	146	167	188	209	230	251	272	293	314	335	356	377	398	419	440	461	482	503	524	545	566	587	608	629
21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420	441	462	483	504	525	546	567	588	609	630

Figur 7.6 – Noder brummodell 12 meter

7.3.1 Lengderetning



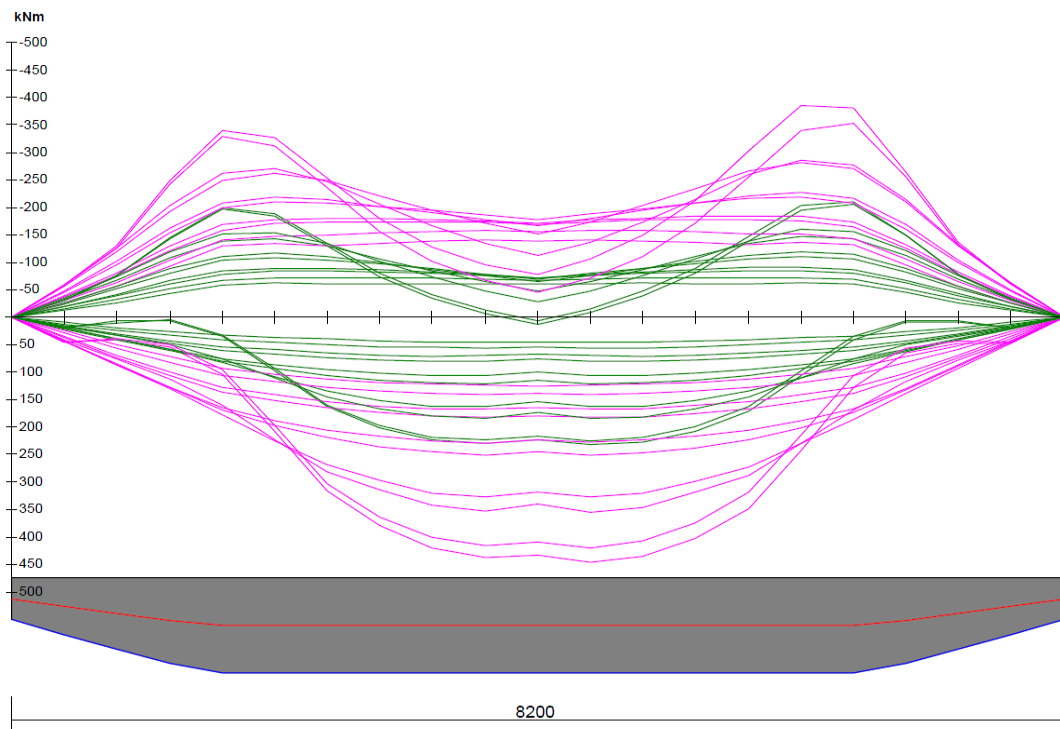
Figur 7.7 - Dimensjonerende momenter i lengderetning 12 meter



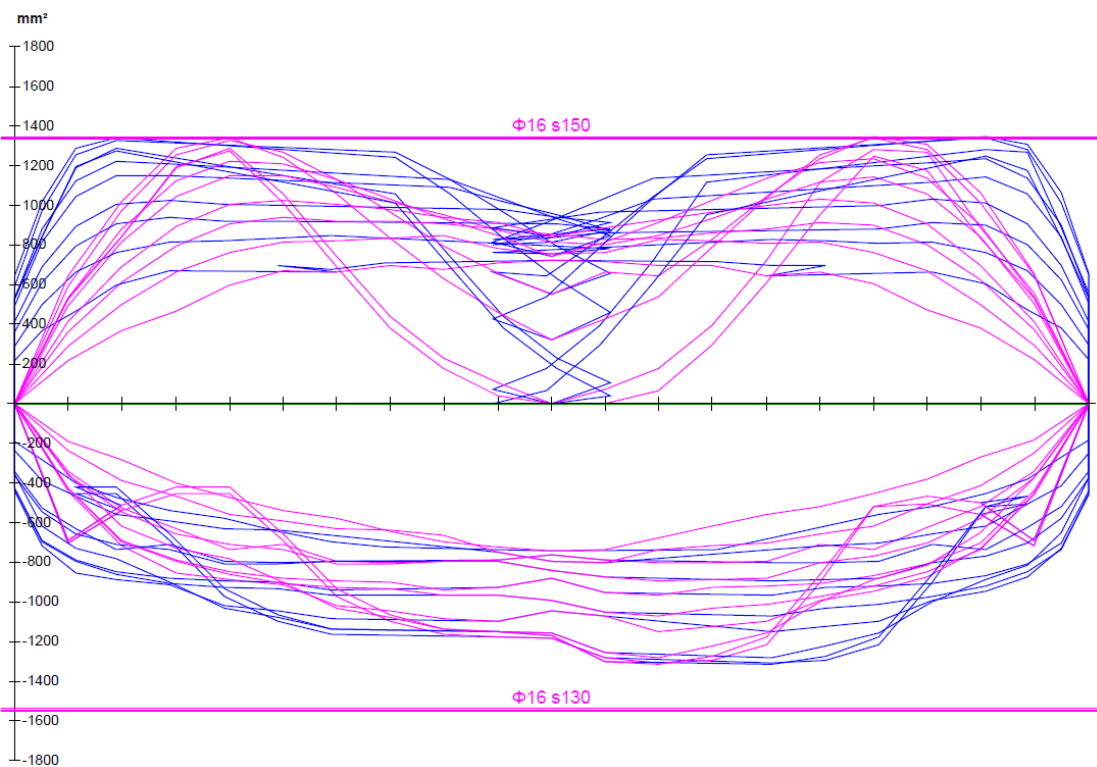
Figur 7.8 – Innlagt lengdearmering 12 meter

7.3.2 Tverretning

ULS
SLS



Figur 7.9 – Dimensjonerende momenter i tverretning 12 meter



Figur 7.10 – Innlagt tverrarmering 12 meter

7.4 Spennlengde på 14 meter

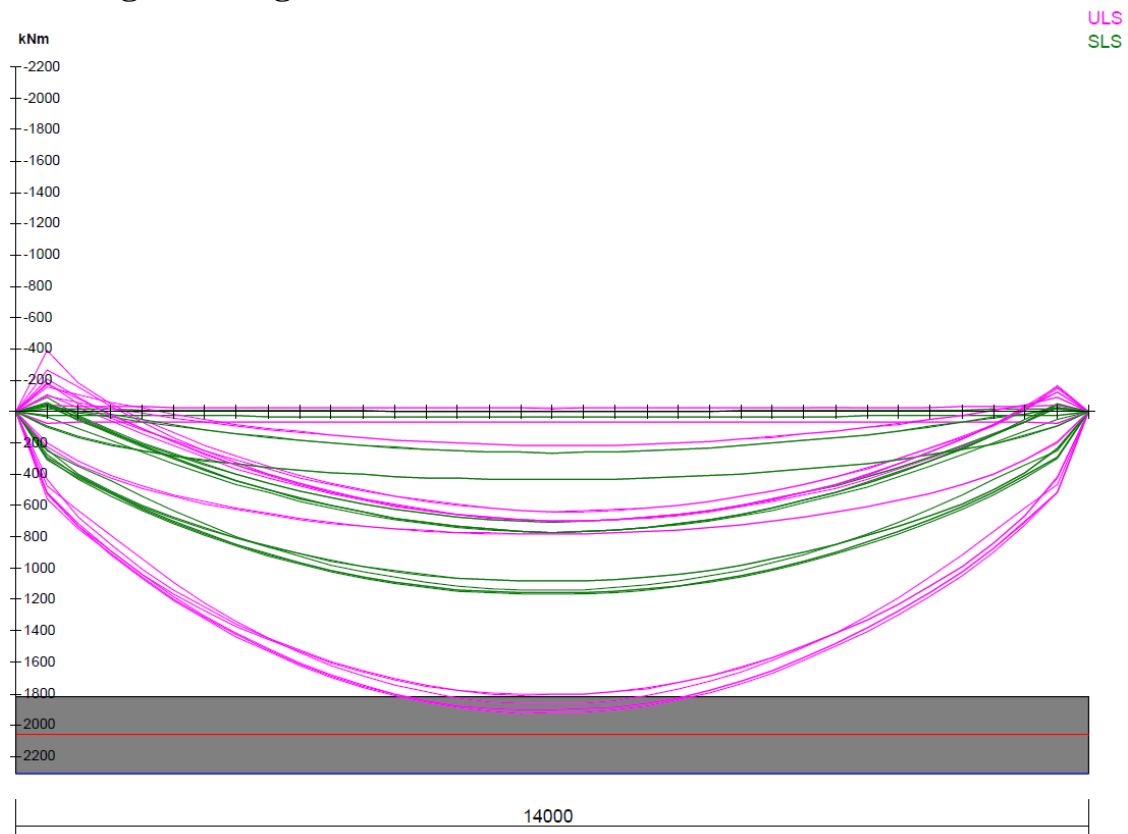
Lengderetning, startnode - stoppnode	Tverretning, startnode – stoppnode
1 – 715	22-42
3 – 717	85-105
5 – 719	169-189
7 – 721	253-273
8 - 722	385-378
11 – 725	400-420
14 – 728	463-483
17 – 731	547-567
19 – 733	631-651
21 – 735	694-714

Tabell 7.3 – Snitt 14 meter

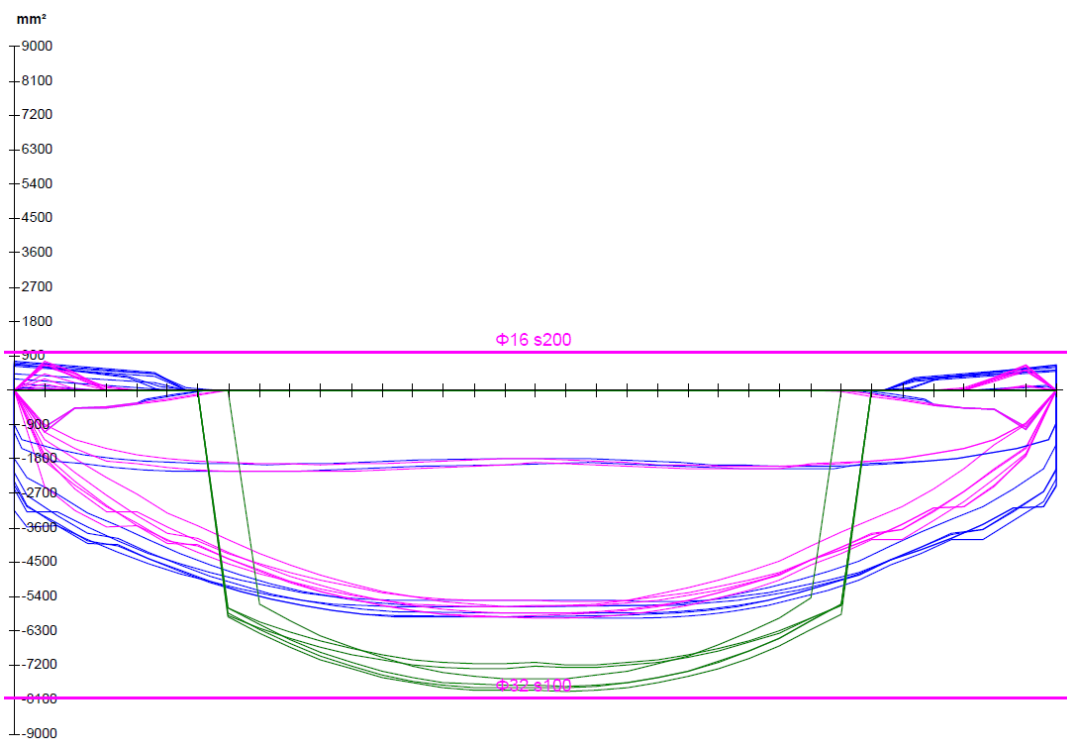
1	22	43	64	85	106	127	148	169	190	211	232	253	274	295	316	337	358	379	400	421	442	463	484	505	526	547	568	589	610	631	652	673	694	715
2	23	44	65	86	107	128	149	170	191	212	233	254	275	296	317	338	359	380	401	422	443	464	485	506	527	548	569	590	611	632	653	674	695	716
3	24	45	66	87	108	129	150	171	192	213	234	255	276	297	318	339	360	381	402	423	444	465	486	507	528	549	570	591	612	633	654	675	696	717
4	25	46	67	88	109	130	151	172	193	214	235	256	277	298	319	340	361	382	403	424	445	466	487	508	529	550	571	592	613	634	655	676	697	718
5	26	47	68	89	110	131	152	173	194	215	236	257	278	299	320	341	362	383	404	425	446	467	488	509	530	551	572	593	614	635	656	677	698	719
6	27	48	69	90	111	132	153	174	195	216	237	258	279	300	321	342	363	384	405	426	447	468	489	510	531	552	573	594	615	636	657	678	699	720
7	28	49	70	91	112	133	154	175	196	217	238	259	280	301	322	343	364	385	406	427	448	469	490	511	532	553	574	595	616	637	658	679	700	721
8	29	50	71	92	113	134	155	176	197	218	239	260	281	302	323	344	365	386	407	428	449	470	491	512	533	554	575	596	617	638	659	680	701	722
9	30	51	72	93	114	135	156	177	198	219	240	261	282	303	324	345	366	387	408	429	450	471	492	513	534	555	576	597	618	639	660	681	702	723
10	31	52	73	94	115	136	157	178	199	220	241	262	283	304	325	346	367	388	409	430	451	472	493	514	535	556	577	598	619	640	661	682	703	724
11	32	53	74	95	116	137	158	179	200	221	242	263	284	305	326	347	368	389	410	431	452	473	494	515	536	557	578	599	620	641	662	683	704	725
12	33	54	75	96	117	138	159	180	201	222	243	264	285	306	327	348	369	390	411	432	453	474	495	516	537	558	579	600	621	642	663	684	705	726
13	34	55	76	97	118	139	160	181	202	223	244	265	286	307	328	349	370	391	412	433	454	475	496	517	538	559	580	601	622	643	664	685	706	727
14	35	56	77	98	119	140	161	182	203	224	245	266	287	308	329	350	371	392	413	434	455	476	497	518	539	560	581	602	623	644	665	686	707	728
15	36	57	78	99	120	141	162	183	204	225	246	267	288	309	330	351	372	393	414	435	456	477	498	519	540	561	582	603	624	645	666	687	708	729
16	37	58	79	100	121	142	163	184	205	226	247	268	289	310	331	352	373	394	415	436	457	478	499	520	541	562	583	604	625	646	667	688	709	730
17	38	59	80	101	122	143	164	185	206	227	248	269	290	311	332	353	374	395	416	437	458	479	500	521	542	563	584	605	626	647	668	689	710	731
18	39	60	81	102	123	144	165	186	207	228	249	270	291	312	333	354	375	396	417	438	459	480	501	522	543	564	585	606	627	648	669	690	711	732
19	40	61	82	103	124	145	166	187	208	229	250	271	292	313	334	355	376	397	418	439	460	481	502	523	544	565	586	607	628	649	670	691	712	733
20	41	62	83	104	125	146	167	188	209	230	251	272	293	314	335	356	377	398	419	440	461	482	503	524	545	566	587	608	629	650	671	692	713	734
21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420	441	462	483	504	525	546	567	588	609	630	651	672	693	714	735

Figur 7.11 – Noder brumodell 14 meter

7.4.1 Lengderetning



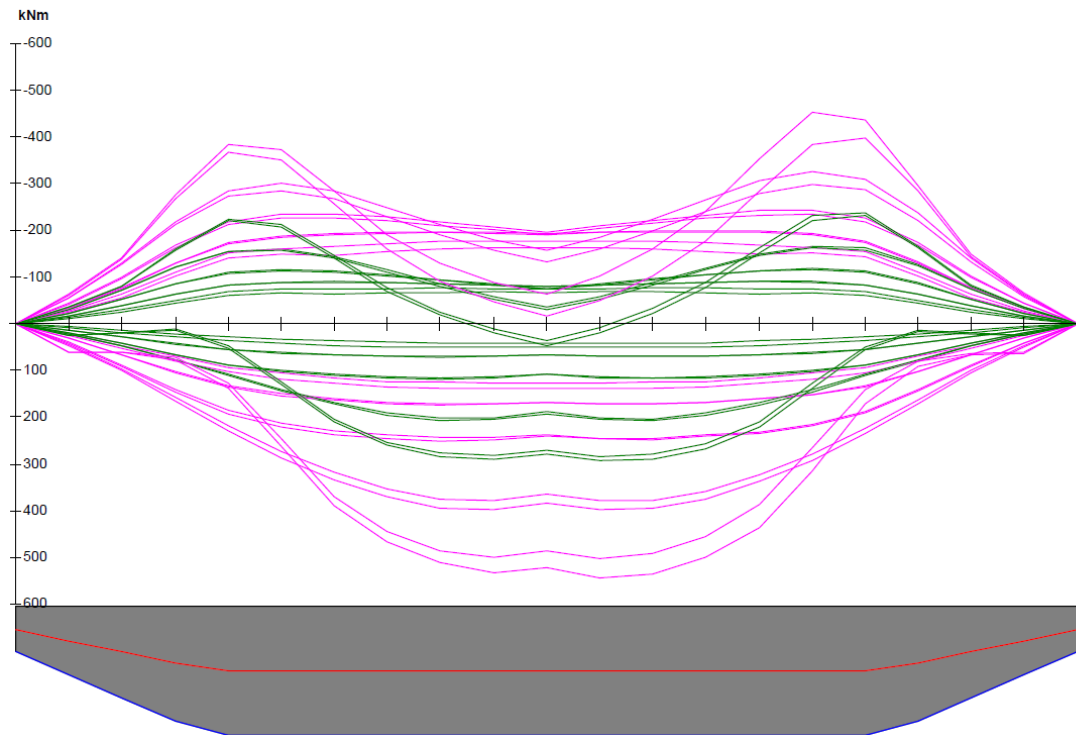
Figur 7.12 - Dimensjonerende momenter i lengderetning 14 meter



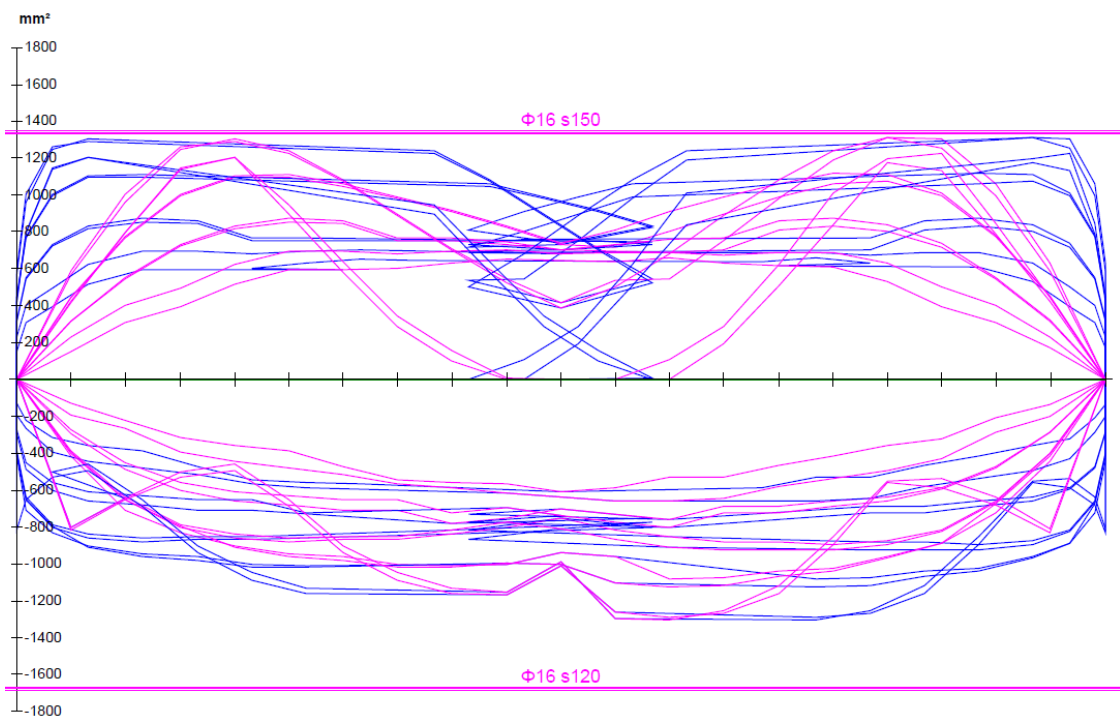
Figur 7.13 – Innlagt lengdearmering 14 meter

7.4.2 Tverretning

ULS
SLS



Figur 7.14 - Dimensjonerende momenter i tverretning 14 meter



Figur 7.15 – Innlagt tverrarmering 14 meter

7.5 Spennlengde på 15 meter

Lengderetning, startnode - stoppnode	Tverretning, startnode – stoppnode
1 – 778	22-42
3 – 780	127-147
5 – 782	211-231
7 – 784	295-315
8 - 785	397-399
11 – 788	421-441
14 – 791	505-525
17 – 794	589-609
19 – 796	673-693
21 – 798	757-777

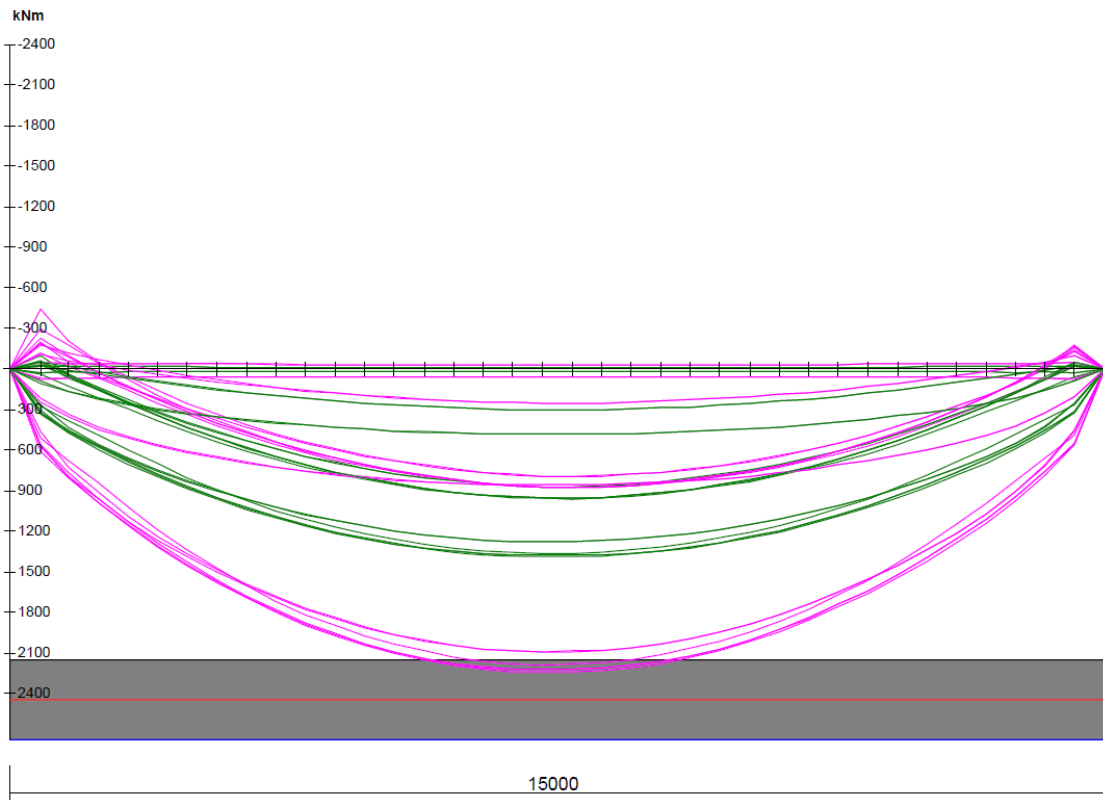
Tabell 7.4 – Snitt 15 meter

1	22	43	64	85	106	127	148	169	190	211	232	253	274	295	316	337	358	379	400	421	442	463	484	505	526	547	568	589	610	631	652	673	694	715	736	757	778
2	23	44	65	86	107	128	149	170	191	212	233	254	275	296	317	338	359	380	401	422	443	464	485	506	527	548	569	590	611	632	653	674	695	716	737	758	779
3	24	45	66	87	108	129	150	171	192	213	234	255	276	297	318	339	360	381	402	423	444	465	486	507	528	549	570	591	612	633	654	675	696	717	738	759	780
4	25	46	67	88	109	130	151	172	193	214	235	256	277	298	319	340	361	382	403	424	445	466	487	508	529	550	571	592	613	634	655	676	697	718	739	760	781
5	26	47	68	89	110	131	152	173	194	215	236	257	278	299	320	341	362	383	404	425	446	467	488	509	530	551	572	593	614	635	656	677	698	719	740	761	782
6	27	48	69	90	111	132	153	174	195	216	237	258	279	300	321	342	363	384	405	426	447	468	489	510	531	552	573	594	615	636	657	678	699	720	741	762	783
7	28	49	70	91	112	133	154	175	196	217	238	259	280	301	322	343	364	385	406	427	448	469	490	511	532	553	574	595	616	637	658	679	700	721	742	763	784
8	29	50	71	92	113	134	155	176	197	218	239	260	281	302	323	344	365	386	407	428	449	470	491	512	533	554	575	596	617	638	659	680	701	722	743	764	785
9	30	51	72	93	114	135	156	177	198	219	240	261	282	303	324	345	366	387	408	429	450	471	492	513	534	555	576	597	618	639	660	681	702	723	744	765	786
10	31	52	73	94	115	136	157	178	199	220	241	262	283	304	325	346	367	388	409	430	451	472	493	514	535	556	577	598	619	640	661	682	703	724	745	766	787
11	32	53	74	95	116	137	158	179	200	221	242	263	284	305	326	347	368	389	410	431	452	473	494	515	536	557	578	599	620	641	662	683	704	725	746	767	788
12	33	54	75	96	117	138	159	180	201	222	243	264	285	306	327	348	369	390	411	432	453	474	495	516	537	558	579	600	621	642	663	684	705	726	747	768	789
13	34	55	76	97	118	139	160	181	202	223	244	265	286	307	328	349	370	391	412	433	454	475	496	517	538	559	580	601	622	643	664	685	706	727	748	769	790
14	35	56	77	98	119	140	161	182	203	224	245	266	287	308	329	350	371	392	413	434	455	476	497	518	539	560	581	602	623	644	665	686	707	728	749	770	791
15	36	57	78	99	120	141	162	183	204	225	246	267	288	309	330	351	372	393	414	435	456	477	498	519	540	561	582	603	624	645	666	687	708	729	750	771	792
16	37	58	79	100	121	142	163	184	205	226	247	268	289	310	331	352	373	394	415	436	457	478	499	520	541	562	583	604	625	646	667	688	709	730	751	772	793
17	38	59	80	101	122	143	164	185	206	227	248	269	290	311	332	353	374	395	416	437	458	479	500	521	542	563	584	605	626	647	668	689	710	731	752	773	794
18	39	60	81	102	123	144	165	186	207	228	249	270	291	312	333	354	375	396	417	438	459	480	501	522	543	564	585	606	627	648	669	690	711	732	753	774	795
19	40	61	82	103	124	145	166	187	208	229	250	271	292	313	334	355	376	397	418	439	460	481	502	523	544	565	586	607	628	649	670	691	712	733	754	775	796
20	41	62	83	104	125	146	167	188	209	230	251	272	293	314	335	356	377	398	419	440	461	482	503	524	545	566	587	608	629	650	671	692	713	734	755	776	797
21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420	441	462	483	504	525	546	567	588	609	630	651	672	693	714	735	756	777	798

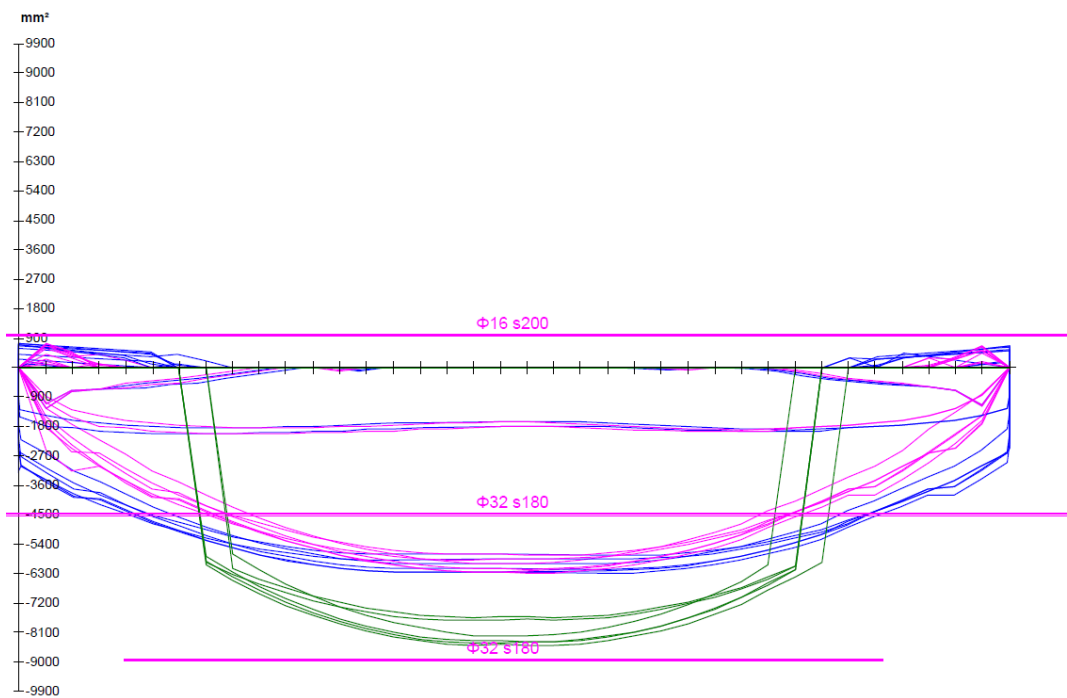
Figur 7.16 – Noder brumodell 15 meter

7.5.1 Lengderetning

ULS
SLS



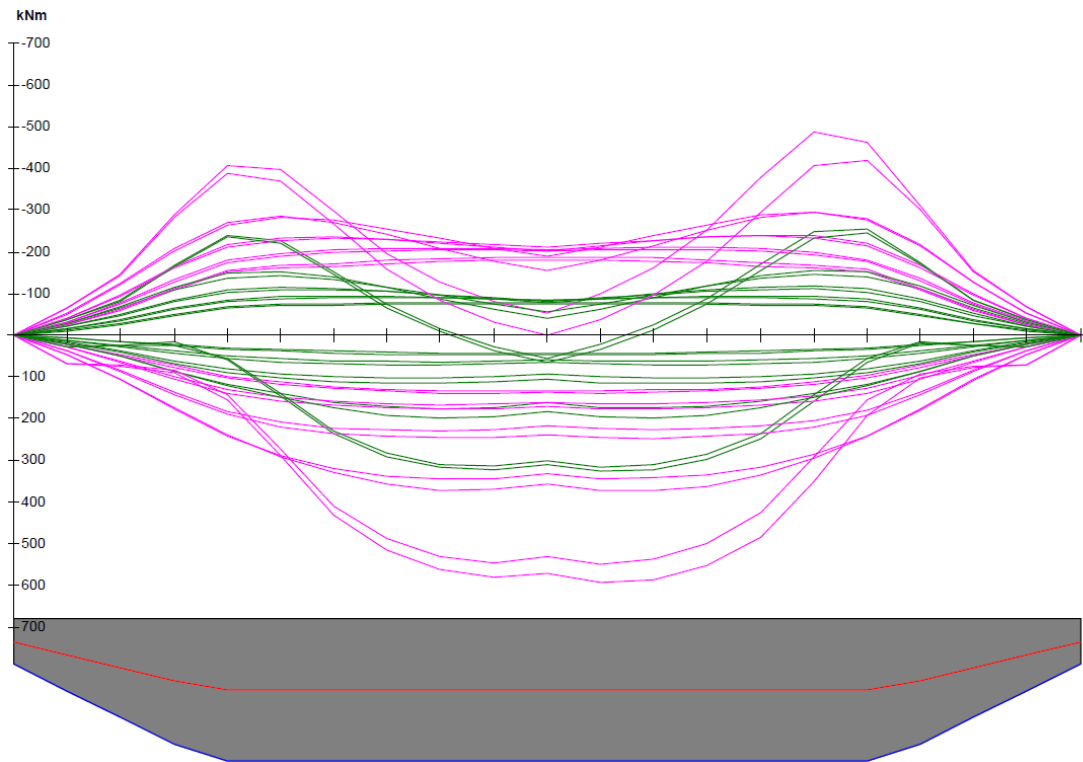
Figur 7.17 - Dimensjonerende momenter i lengderetning 15 meter



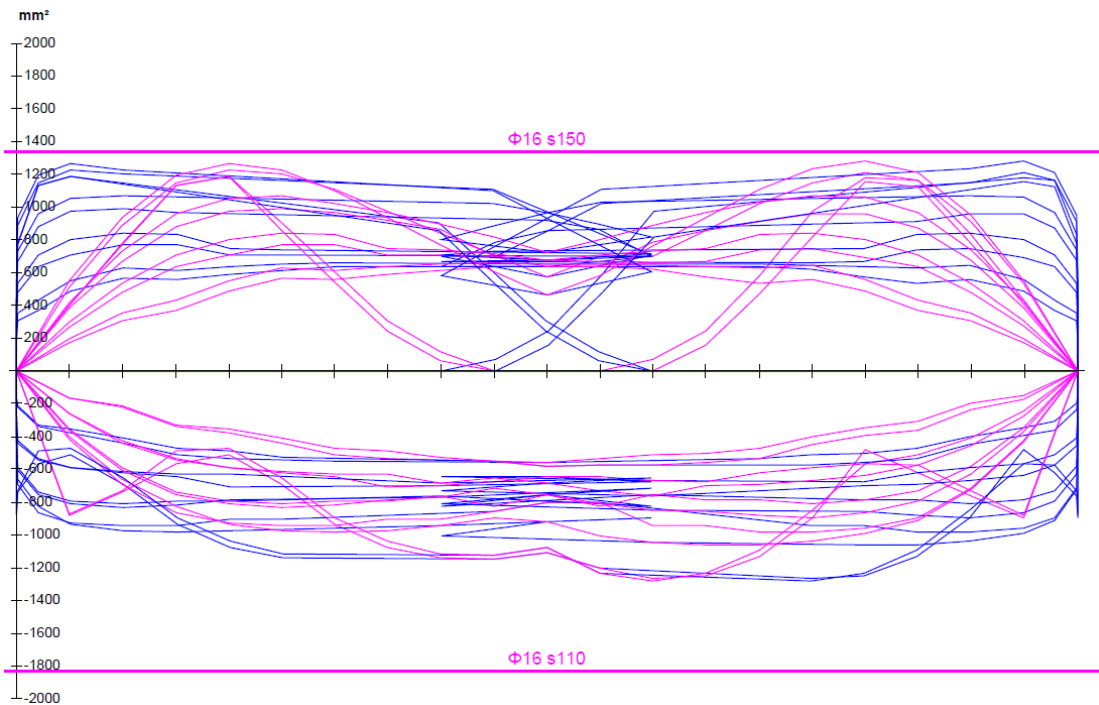
Figur 7.18 – Innlagt lengdearmoring 15 meter

7.5.2 Tverretning

ULS
SLS



Figur 7.19 - Dimensjonerende momenter i tverretning 15 meter



Figur 7.20 – Innlagt tverrarmering 15 meter

7.6 Spennlengde på 16 meter

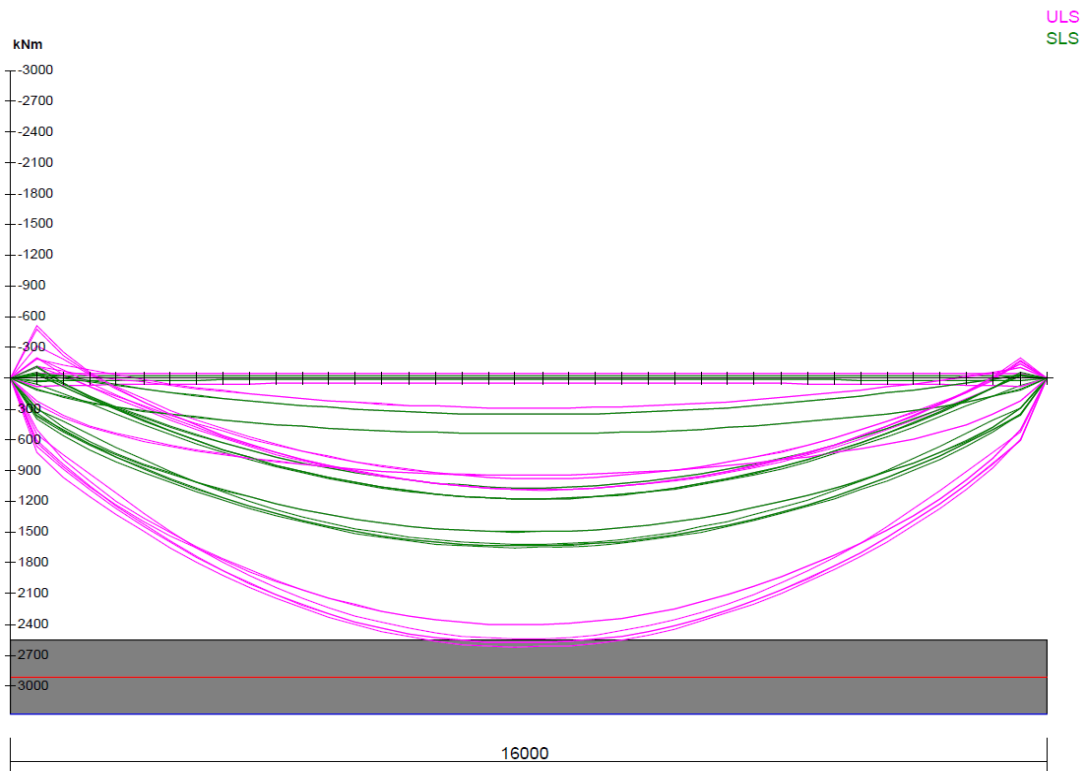
Lengderetning, startnode - stoppnode	Tverretning, startnode – stoppnode
1 – 820	22-42
3 – 822	85-105
5 – 824	190-210
8 - 827	295-315
11 – 830	400-420
14 – 833	463-483
16 - 835	547-567
17 – 836	652-672
19 – 838	736-756
21 – 840	799-819

Tabell 7.5 – Snitt 16 meter

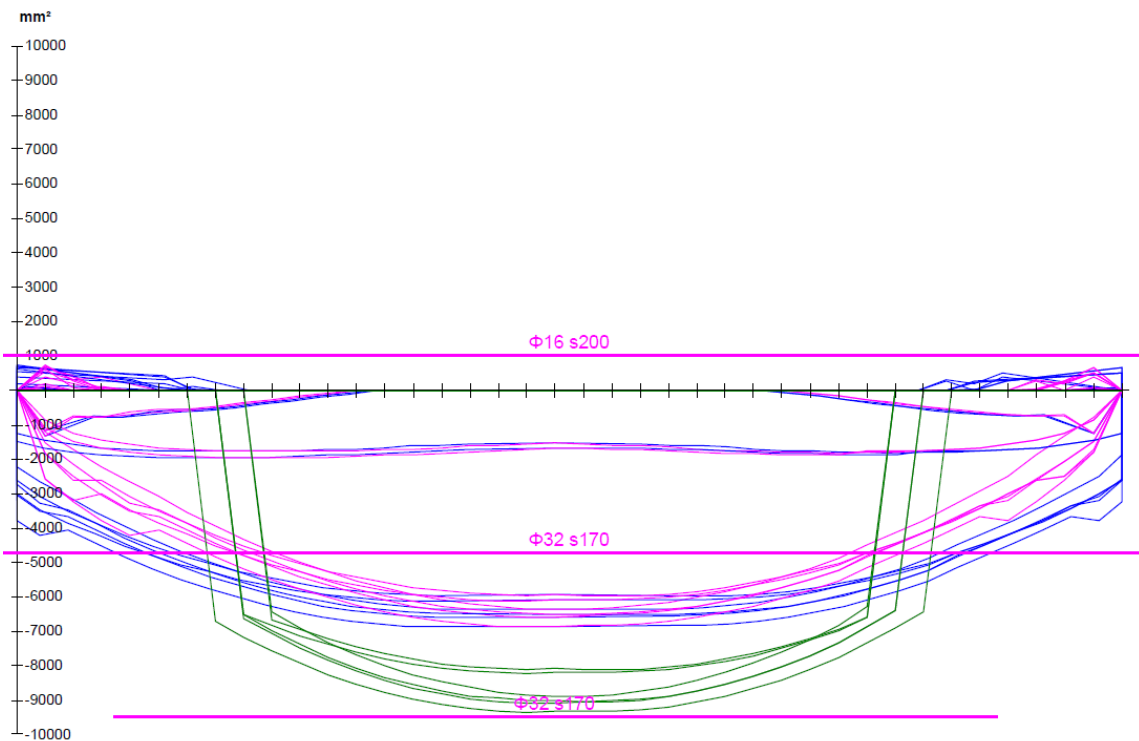
1	22	43	64	85	106	127	148	169	190	211	232	253	274	295	316	337	358	379	400	421	442	463	484	505	526	547	568	589	610	631	652	673	694	715	736	757	778	799	820
2	23	44	65	86	107	128	149	170	191	212	233	254	275	296	317	338	359	380	401	422	443	464	485	506	527	548	569	590	611	632	653	674	695	716	737	758	779	800	821
3	24	45	66	87	108	129	150	171	192	213	234	255	276	297	318	339	360	381	402	423	444	465	486	507	528	549	570	591	612	633	654	675	696	717	738	759	780	801	822
4	25	46	67	88	109	130	151	172	193	214	235	256	277	298	319	340	361	382	403	424	445	466	487	508	529	550	571	592	613	634	655	676	697	718	739	760	781	802	823
5	26	47	68	89	110	131	152	173	194	215	236	257	278	299	320	341	362	383	404	425	446	467	488	509	530	551	572	593	614	635	656	677	698	719	740	761	782	803	824
6	27	48	69	90	111	132	153	174	195	216	237	258	279	300	321	342	363	384	405	426	447	468	489	510	531	552	573	594	615	636	657	678	699	720	741	762	783	804	825
7	28	49	70	91	112	133	154	175	196	217	238	259	280	301	322	343	364	385	406	427	448	469	490	511	532	553	574	595	616	637	658	679	700	721	742	763	784	805	826
8	29	50	71	92	113	134	155	176	197	218	239	260	281	302	323	344	365	386	407	428	449	470	491	512	533	554	575	596	617	638	659	680	701	722	743	764	785	806	827
9	30	51	72	93	114	135	156	177	198	219	240	261	282	303	324	345	366	387	408	429	450	471	492	513	534	555	576	597	618	639	660	681	702	723	744	765	786	807	828
10	31	52	73	94	115	136	157	178	199	220	241	262	283	304	325	346	367	388	409	430	451	472	493	514	535	556	577	598	619	640	661	682	703	724	745	766	787	808	829
11	32	53	74	95	116	137	158	179	200	221	242	263	284	305	326	347	368	389	410	431	452	473	494	515	536	557	578	599	620	641	662	683	704	725	746	767	788	809	830
12	33	54	75	96	117	138	159	180	201	222	243	264	285	306	327	348	369	390	411	432	453	474	495	516	537	558	579	600	621	642	663	684	705	726	747	768	789	810	831
13	34	55	76	97	118	139	160	181	202	223	244	265	286	307	328	349	370	391	412	433	454	475	496	517	538	559	580	601	622	643	664	685	706	727	748	769	790	811	832
14	35	56	77	98	119	140	161	182	203	224	245	266	287	308	329	350	371	392	413	434	455	476	497	518	539	560	581	602	623	644	665	686	707	728	749	770	791	812	833
15	36	57	78	99	120	141	162	183	204	225	246	267	288	309	330	351	372	393	414	435	456	477	498	519	540	561	582	603	624	645	666	687	708	729	750	771	792	813	834
16	37	58	79	100	121	142	163	184	205	226	247	268	289	310	331	352	373	394	415	436	457	478	499	520	541	562	583	604	625	646	667	688	709	730	751	772	793	814	835
17	38	59	80	101	122	143	164	185	206	227	248	269	290	311	332	353	374	395	416	437	458	479	500	521	542	563	584	605	626	647	668	689	710	731	752	773	794	815	836
18	39	60	81	102	123	144	165	186	207	228	249	270	291	312	333	354	375	396	417	438	459	480	501	522	543	564	585	606	627	648	669	690	711	732	753	774	795	816	837
19	40	61	82	103	124	145	166	187	208	229	250	271	292	313	334	355	376	397	418	439	460	481	502	523	544	565	586	607	628	649	670	691	712	733	754	775	796	817	838
20	41	62	83	104	125	146	167	188	209	230	251	272	293	314	335	356	377	398	419	440	461	482	503	524	545	566	587	608	629	650	671	692	713	734	755	776	797	818	839
21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315	336	357	378	399	420	441	462	483	504	525	546	567	588	609	630	651	672	693	714	735	756	777	798	819	840

Figur 7.21 – Noder brummodell 16 meter

7.6.1 Lengderetning



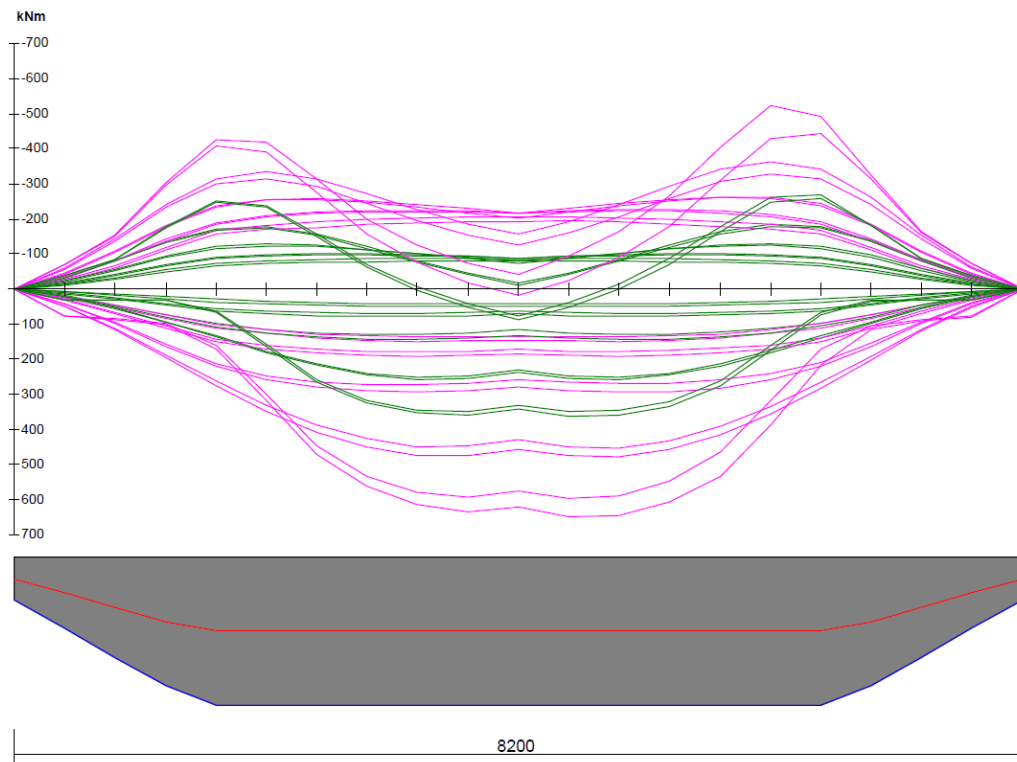
Figur 7.22 - Dimensjonerende momenter i lengderetning 16 meter



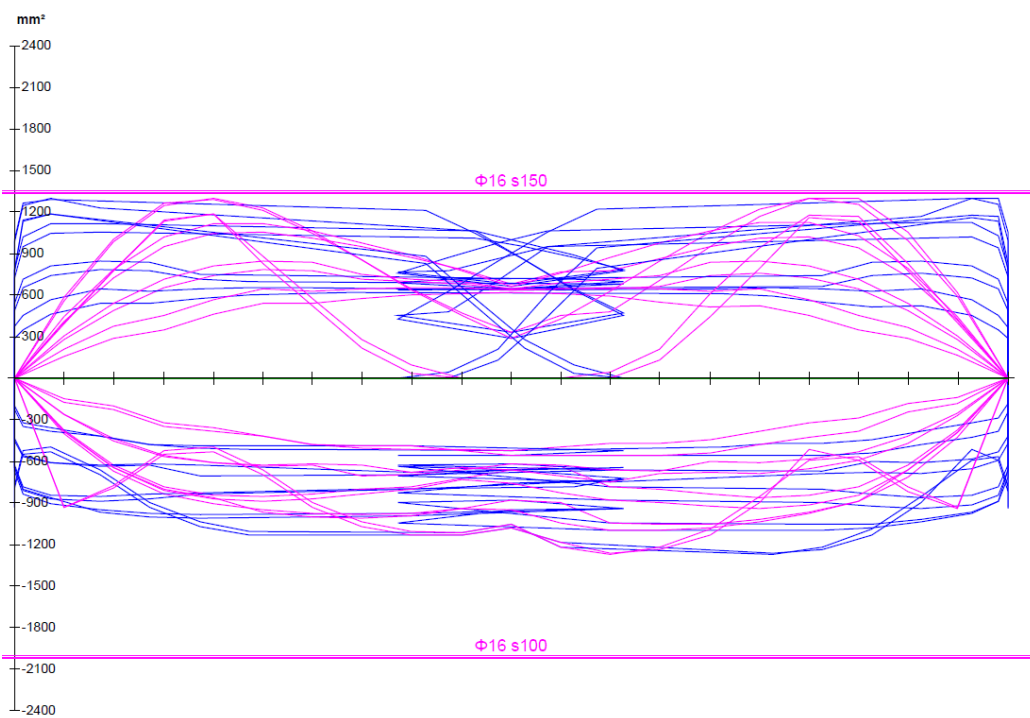
Figur 7.23 – Innlagt lengdearmering 16 meter

7.6.2 Tverretning

ULS
SLS



Figur 7.24 - Dimensjonerende momenter i tverretning 16 meter



Figur 7.25 – Innlagt tverrarmering 16 meter

Kapittel 8

Diskusjon og konklusjon

8.1 Generelt

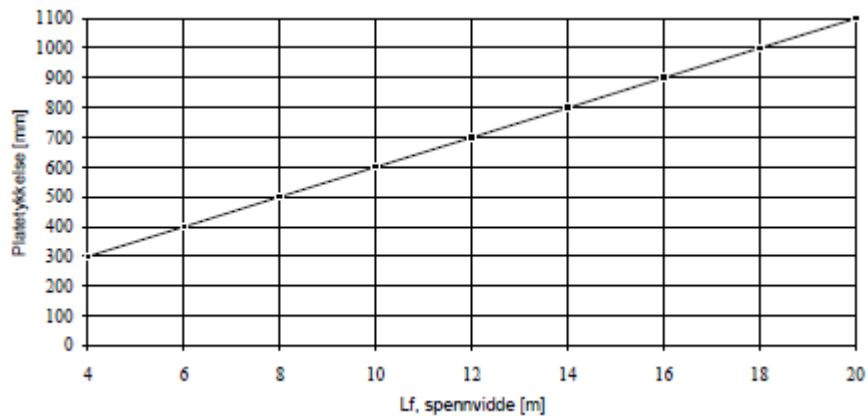
I dette kapitlet er de viktigste resultatene i oppgaven presentert. Hovedoppgaven var å finne fornuftig platetykkelse og armeringsmengde for de ulike spennlengdene. Flere av vurderingene og tankene av andre resultater er presentert underveis i oppgaven. Det er derfor bare presentert det viktigste og essensen av oppgaven her.

Alle lastene er laget ved hjelp av Mathcad-ark. Dette betyr at det enkelt kan skiftes ut verdier og informasjon for å oppdatere lastene. Siden oppgaven er et grunnlag for videre arbeid av utarbeidelse av ny håndbok er dette med på å forenkle prosessen hvis noe skulle endres på noe.

8.2 Vurdering for platetykkelse for ytterpunktene

I utgangspunktet var deler av oppgaven fra Statens vegvesen å undersøke spennlengder mellom 10 - 17 meter, og kontrollere om det var fornuftig maksimal lengde. Det ble tatt utgangspunkt i spennlengdene på 10 meter, 12 meter, 14 meter, 15 meter, 16 meter og 17 meter.

Første modell ut var spennlengde på 10 meter. En valgte platetykkelsen med utgangspunkt i grafen fra den utdaterte håndboken for plassproduserte platebruer, se figur 8.1. Fra tidligere erfaring visste en at Eurokode generelt har strengere krav enn det gamle Norsk Standard hadde, derfor la en til 100 mm på verdien fra grafen. Platetykkelse på 700 mm viste seg å være tilstrekkelig.



Figur 8.1 – Platetykkelse for utdatert håndbok

Siden denne modellen var først ut, ble den grundig kontrollert. Denne modellen skulle brukes som utgangspunkt for de andre spennlengdene, og det var dermed viktig å gjøre en grundig jobb. Det ble gjort flere endringer underveis for å få lastene mest mulig realistiske.

Etter at brumodellen på 10 meter var ferdig, undersøkte en om spennlengde på 17 meter var fornuftig maksimal spennlengden. Også i dette tilfellet la en seg 100 mm over den utdaterte håndboken, noe som tilsvarte en platetykkelse på 1050 mm. Med maksimal tillatt armering i ett lag viste det seg at platetykkelsen ikke var tilstrekkelig. En kunne ha gått over til armering i flere lag, men da burde det vært vurdert om det ville vært mer fornuftig å spennarmere konstruksjonen. Dette ble ikke undersøkt i oppgaven.

En måtte helt opp til 1550 mm som platetykkelse for at maksimal tillatt armeringsmengde, 2ø32c170, var tilstrekkelig. Dette var en platetykkelse som var høyere enn antatt maksimal platetykkelse for oppgaven. I tillegg ville en få problemer med denne platetykkelsen siden avstanden fra topp overgangsplate til overkant konstruksjon ville overstige 1 meter. Dette er ikke gyldig i henhold til håndbok N400 punkt 4.4.5.3. Viss en ønsket å få dette tverrsnittet til å være gyldig, måtte en ha endret på plasseringen på overgangsplaten eller tykkelsen på den. Dette hadde ikke vært noe problem å endre, men på grunn av at denne oppgaven skulle ha konstante mål for overgangsplate og tverrbjelkenesen ble spennlengden på 17 meter sett på som uegnet for ett spenns platebru, og spennlengden på 16 meter ble dermed maksimal lengde i oppgaven.

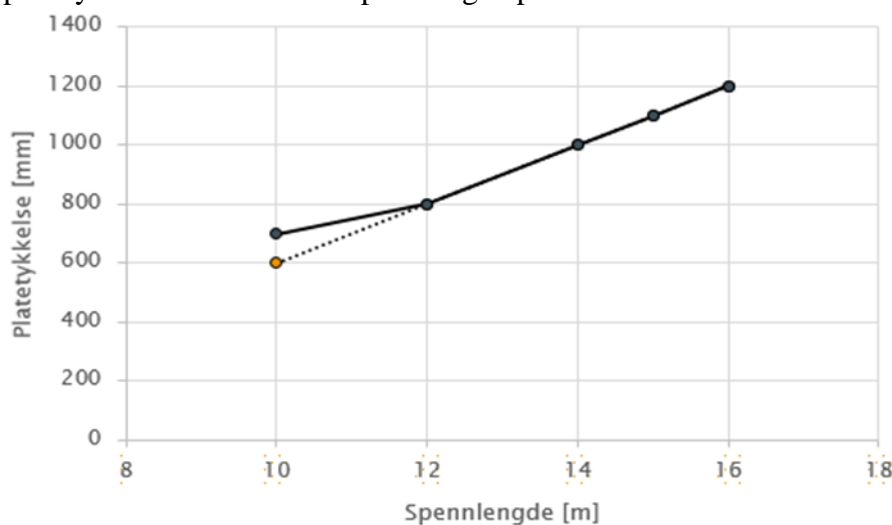
Siden avstanden fra topp overgangsplate til overkant konstruksjon ikke kunne overstige 1 meter, tilsvarte dette 1.2 meter som maksimal platetykkelse for oppgaven. Dette ble dermed utgangspunktet for undersøkelse av spennlengden på 16 meter. Dette viste seg å være tilstrekkelig platetykkelse. En hadde nå funnet de to ytterpunktene for oppgaven.

8.3 Platetykkelser

Platetykkelsene for de ulike spennlengdene skal presenteres som i graf fra den utdaterte håndboken for plassproduserte platebruer, se figur 8.1. Ved hjelp av en slik graf kan en enkelt finne informasjon om hvilken platetykkelse en må bruke ved de ulike spennlengdene. På denne måten sparer en tid og dermed penger i prosjekteringen.

Som en ser i figur 8.1 er den utdaterte grafen en lineær graf. En ville derfor prøve å lage en lineær graf for resultatene av oppgaven. Etter å ha funnet platetykkelsen ved spennlengdene på 10 meter og 16 meter hadde en de to ytterpunkter på grafen, 700 mm og 1200 mm. For å få en lineær graf mellom de punktene ville stigningstallet være 83.33 mm. Dette er ikke særlig ideelt i prosjekteringssammenheng. For å få stigningstall som ville fungere i praksis valgte enn 100 mm. Grafen er dermed lineær mellom brulengdene 12 meter og 16 meter, men 10 meter skiller seg noe ut og gir grafen et utseende som minner mer om en parabel.

For å kunne oppnå en helt lineær graf, var det nødvendig å undersøke om en platetykkelse på 600 mm var tilstrekkelig ved spennelengde på 10 meter, noe den viste seg å være. Ved å se tilbake på oppgaven i ettertid burde en i starten ha kontrollert flere platetykkelser ved spennelengde på 10 meter, men en var så opptatt med å komme i gang med oppgaven at det bare ble jobbet videre med platetykkelse på 700 mm. Figur 8.2 viser resultatene funnet i oppgaven i tillegg til informasjon ved stiplet linje om hvordan grafen hadde sett ut dersom en hadde brukt platetykkelse 600 mm ved spennelengde på 10 meter.



Figur 8.2 – Platetykkelse ettspenns bru

8.4 Oppsummering armering

Maks tillatt armeringsmengde fant en ut til å være 2ø32c170. Fra figur 7.23 i kapittel 7.6.1 som viser nødvendig armering i lengderetning for 16 meter, ser en at 2ø32c170 er akkurat tilstrekkelig. Det vil si at kapasiteten er ganske presset opp imot hva som er mulig.

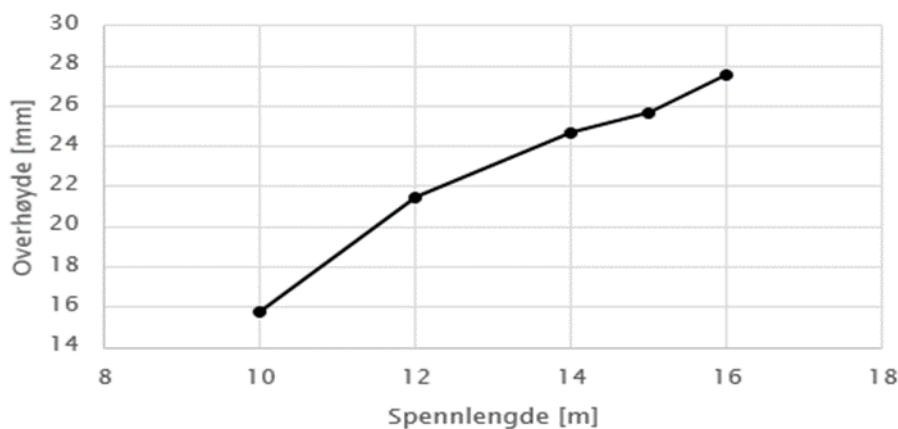
I tabell 8.1 finner en oppsummering av armeringen. En klarte å opprettholde samme armeringsmengde i topp både for lengderetning og tverretning. Enkelte spennlengder kunne hatt en annen armeringsmengde i topp, men ved å ha den samme mengden er det praktisk og oversiktlig.

Spenn- lengde	Plate- tykkelse	Lengde- armering, topp	Lengde- armering, bunn	Tverr- armering, topp	Tverr- armering, bunn
10 m	700 mm	ø16c200	ø32c140	ø16c150	ø16c140
12 m	800 mm	ø16c200	ø32c110	ø16c150	ø16c130
14 m	1000 mm	ø16c200	ø32c100	ø16c150	ø16c120
15 m	1100 mm	ø16c200	2ø32c180	ø16c150	ø16c110
16 m	1200 mm	ø16c200	2ø32c170	ø16c150	ø16c100

Tabell 8.1 – Oppsummering armeringsmengde

8.5 Overhøyde

Overhøyden ved ulike spennlengde kan enkelt presenteres i en graf.



Figur 8.3 – Overhøyde ved ulike spennlengde

8.6 Optimalisert platetykkelse

Hvis en sammenligner den lineære grafen i figur 8.2 med figur 8.1 som er fra den utdaterte håndbok ser en at platetykkelsen er mye høyere nå enn tidligere. Dette fikk en til å tenke at det kunne det være interessant å se på hvordan grafen hadde sett ut dersom platetykkelsen var optimalisert for de ulike spennlengdene. Med optimalisering menes det å finne den minste platetykkelsen som gjør tilfellet tilstrekkelig. En vil da kunne spare material ved å ikke overdimensjonere. For å finne dette ble det fokusert på tre punkt. En måtte forholde seg til maksimum og minimum tillatt armeringsmengde, kontroll av nedbøyning fra trafikk, og kontroll av momentkapasitet.

Lastene ble regnet ut på samme måte som i kapittel 5. Siden det ble tatt utgangspunkt i de samme modellene for de ulike spennlengdene, var det minimalt av informasjon som måtte byttes ut. Foruten selve geometrien var det tillegg fra jordtrykk, jord over overgangsplate, og svinn- og kryptallet som måtte endres. I tillegg måtte en også endre faktorene i Brigade. Se vedlegg N for lasttilfellene for de ulike spennlengdene.

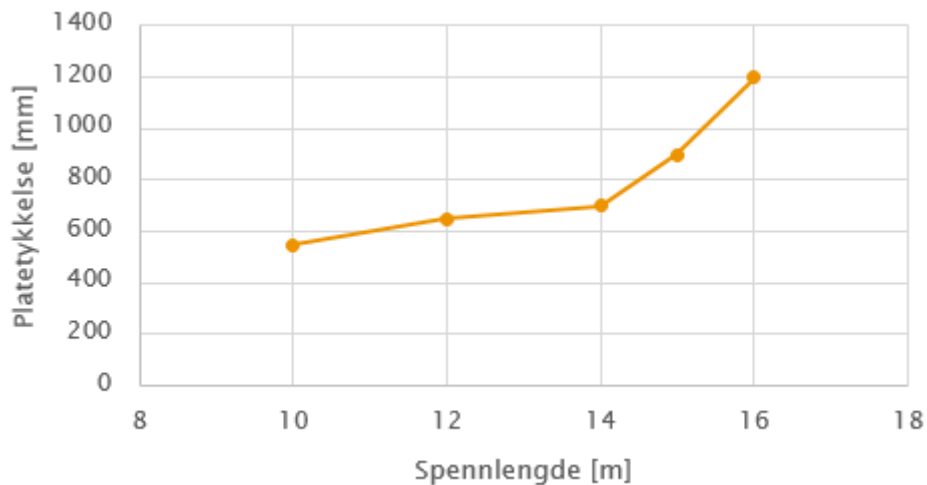
En har allerede argumenter for at spennelengde på 10 meter kunne ha platetykkelse på 600 mm, men en ville undersøke om det kunne bli enda lavere. Platetykkelsen 550 mm var tilstrekkelig, men da 500 mm ble kontrollert, fikk en større nedbøyning enn det som var tillatt.

For spennlengde på 12 meter fant en ut at en platetykkelse på 650 mm var den mest passende. Hvis en gikk for en lavere platetykkelse fikk en problemer med større nedbøyning enn tillatt.

Spennlengde på 14 meter med platetykkelse 800 mm var godkjent med god margin. En kunne presse platetykkelsen ned til 700 mm før en måtte ta i bruk maks tillatt armeringsmengde. Både kontroll for nedbøyning og momentkapasitet var tilstrekkelig.

Først på spennlengde på 15 meter startet en med platetykkelse på 1000 mm. Den tilfredsstilte alle krav, og en kunne presse platetykkelsen enda lengre ned. Etter flere forsøk fant en ut at ved platetykkelse 900 mm måtte en ta i bruk maks tillatt armering, men både momentkapasiteten og nedbøyningen var tilstrekkelig.

Fra tidligere observasjoner var det tydelig at spennelengden på 16 meter med platetykkelse på 1200 mm allerede var optimalisert. Nødvendig armeringsmengde for den var 2ø32c170, noe som er maks tillatt armering. En tok en rask kontroll ved å bruke 1150 mm som platetykkelse, men da oversteg en maks tillatt armeringsmengde. Resultatet for optimalisert platetykkelse for alle spennelengdene er vist i figur 8.4.



Figur 8.4 – Optimalisert platetykkelse ved ettspenns bru

I tabell 8.2 og 8.3 kan en se resultatet for kontroll av nedbøyning på grunn av trafikk og momentkapasiteten ved de ulike spennlengdene. I tabell 8.4 er det oversikt over forslag til armering for de ulike tilfellene, der tverrarmeringen for spennlengdene på 12 meter, 14 meter, 15 meter og 16 meter i bunn er styrt av minimumsarmering som er beregnet på samme måte som i vedlegg A.

Se vedlegg N for resultatene fra Brigade som viser nødvendig armeringsmengde for spennlengdene på 10 meter, 12 meter 14 meter og 15 meter. Resultatene for spennlengde på 16 meter finner en i kapittel 7.6.

Spennlengde	Platetykkelse	Moment fra Brigade, M.a	Beregnet kapasitet. MR.ed	MR.ed > M.a
10 m	550 mm	6154 kNm	6560 kNm	Ok
12 m	650 mm	8190 kNm	9669 kNm	Ok
14 m	700 mm	10432 kNm	11591 kNm	Ok
15 m	900 mm	12533 kNm	15869 kNm	Ok
16 m	1200 mm	15653 kNm	22287 kNm	Ok

Tabell 8.2 – Momentkapasitet ved optimalisert platetykkelse

Spennlengde	Beregnet nedbøyning, δ_{cal}	Maks nedbøyning, δ_{max}	$\delta_{max} \geq \delta_{cal}$
10 m	26.9 mm	28.6 mm	Ok
12 m	23.3 mm	34.3 mm	Ok
14 m	29.1 mm	40.0 mm	Ok
15 m	18.17 mm	42.9 mm	Ok
16 m	11.34 mm	45.7 mm	Ok

Tabell 8.3 – Nedbøyning ved trafikk for optimalisert platetykkelse

Spennlengde	Plate-tykkelse	Lengde-arming, topp	Lengde-arming, bunn	Tverr-arming, topp	Tverr-arming, bunn
10 m	550 mm	ø16c200	ø32c120	ø16c120	ø16c110
12 m	650 mm	ø16c200	ø32c100	ø16c130	ø16c120
14 m	700 mm	ø16c200	2ø32c170	ø16c120	ø16c100
15 m	900 mm	ø16c200	2ø32c170	ø16c140	ø16c100
16 m	1200 mm	ø16c200	2ø32c170	ø16c150	ø16c100

Tabell 8.4 – Forslag på armeringsmengde ved optimalisert platetykkelse

8.7 Konklusjon

Flere av lastene inneholder konservative verdier, og plassering av overgangsplaten og tverrbjelkenesen setter sine begrensninger. En hadde også valgt i oppgaven å armere kun i ett lag. I oppgaven ble 16 meter maksimal lengde, men ved å endre på betingelsene satt i oppgaven vil en mest sannsynlig kunne fått en lengre spennlengde som er tilstrekkelig.

Ved hjelp av manuelle kontroller fikk en kvalitetssikret arbeidet. Det var også med på å finne svakheter og forbedringspotensialet til oppgaven. Selv om dette ikke alltid ble fylt opp på grunn av tidsbegrensning lærte en hvor nyttig det er å kontrollere sitt eget arbeid.

Resultatene ble for det meste som forventet i denne oppgaven. Det var tydelig at en måtte øke platetykkelsen i forhold til den utdaterte håndboken for å tilfredsstille dagens krav. En måtte betraktelig opp i platetykkelse etter hvert som spennlengden økte. Dette førte igjen til en større armeringsmengde. Som et resultat av dette må en produsere kortere platebruer enn før.

Etter å ha funnet en lineær graf for platetykkelsene brukt i oppgaven, og en graf som viser platetykkelsene for optimalisert tverrsnitt, ble det tydelig at det bør vurderes hvor vidt det er fornuftig og fortsatt å ha resultatene basert på en lineær graf. Mye tyder på at en parabel passer bedre for dagens krav og regler.

Videre arbeid

Siden oppgaven er et grunnlag for videre arbeid av oppdatert håndbok, er det en del arbeid som gjenstår. Resultatene fra denne oppgaven kan kombineres med resultater med skjeve opplegg. Det må gjøres en vurdering på om plasseringen av overgangsplaten og tverrbjelken skal være slik som i oppgaven, eller endre plassering for muligens å få tillatt lengre spennlengde på brua.

Flere av lastene er konservative, særlig naturlaster. Dette er veldig lite realistisk, og det må tas en vurdering på om dette spiller en stor rolle inn på resultatene. Kanskje det må lages et resultatsett for Nord-Norge og et for Sør- Norge.

For armeringsmengden kan en maks bruke 10 snittlinjer. I oppgaven er de 10 linjene fordelt over hele tverrsnittet. Viss en hadde delt opp tverrsnittet i trau og utkragede vinger ville en fått en mer nøyaktig armeringsmengde.

Brigade gav de nødvendige resultatene, men det kunne vært interessant å kontrollere resultatene opp imot en annen programvare. En vil da få ekstra bekreftelse for valg en har gjort, eventuelt få innblikk i svakheter og valg Brigade gjør.

Videre må det også ses på 2- og 3-spennsbruer, og dermed dimensjonering av søyler, landkar og fundament.

Kilder

- [1] Statens vegvesen, "Bruregistrering," Håndbok V440, 2009.
- [2] S. I. Sørensen, *Betongkonstruksjoner : Beregning og dimensjonering etter Eurocode 2*, 2. utg. Trondheim: Akademika, 2013.
- [3] E. O'Brien, D. Keogh og A. O'Connor, *Bridge Deck Analysis, Second Edition*, 2. utg. Hoboken: Taylor & Francis Group, 2014.
- [4] K. Bell. 2009. *Elementmetoden* [Online]. Hentet fra: <https://snl.no/elementmetoden>.
- [5] R. D. Cook, D. S. Malkus, M. E. Plesha og R. J. Witt, *Concepts and applications of finite element analysis*, 4. utg. New York: John Wiley & Sons. Inc, 2002.
- [6] S. S. Bhavikatti, *Theory of Plates and Shells*. Daryaganj: Daryaganj : New Age International, 2011.
- [7] Scanscot Technology AB, "Brigade Standard Theory Manual ", 4.2 utg., 2010.
- [8] Wikipedia. 2017. *Orthotropic material* [Online]. Hentet fra: https://en.wikipedia.org/wiki/Orthotropic_material.
- [9] *Eurokode : Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016*, 2016.
- [10] Statens vegvesen, "Bruprosjektering," Håndbok N400, 2015.
- [11] Statens vegvesen, "Veg- og gateutforming " Høringsutgave Håndbok N100, 2016.
- [12] *Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. : Del 2: Bruer*, NS-EN 1992-2:2005+NA:2010, 2010.
- [13] *Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner: Del 1-1 : Allmenne regler og regler for bygninger*, NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008, 2008.
- [14] *Armeringsstål. Mål og egenskaper. Del 3: Kamstål B500NC*, NS 3576-3:2012, 2012.

- [15] Statens vegvesen, "Prosesskode 2: Standard arbeidsbeskrivelse for bruer og kaier: Hovedprosess 8," Håndbok R762, 2015.
- [16] Scanscot Technology. 2017. *Brigade* [Online]. Hentet fra: <https://scanscot.com/>.
- [17] Scanscot Technology AB, "Brigade Standard User's Manual. ," 4.2 utg., 2010.
- [18] J. V. Thue og K. Bell. 26.07.2009. *Influenslinje - statikk*. Hentet fra: https://snl.no/influenslinje_-_statikk.
- [19] *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 2: Trafikklast på bruer*, NS-EN 1991-2:2003+NA:2010, 2010.
- [20] Statens vegvesen, "Rekkverk og vegens sideområder," Håndbok N101, 2014.
- [21] Statens vegvesen, "Bruklassifisering : lastforskrifter for klassifisering av bruer og ferjekaier i det offentlige vegnett," Håndbok R412, 2014.
- [22] Statens vegvesen. 2016. *Brudetaljer: Overgangsplater med lengde 4 m*. [Online]. Hentet fra: https://www.vegvesen.no/attachment/535411/binary/1154986?fast_title=K07.9.6+a%29+Overgangsplater+med+lengde+4+m.pdf.
- [23] Statens vegvesen, "Geoteknikk i vegbygging," Håndbok V220, 2014.
- [24] *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-4 : Allmenne laster. Vindlaster*, NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, 2009.
- [25] *Eurokode 1 : Laster på konstruksjoner. Del 1-5. Allmenne laster. Termiske påvirkninger*, NS-EN 1991-1-5:2003+NA:2008, 2008.
- [26] *Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger.*, NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014, 2014.
- [27] *Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 2: Bruer*, NS-EN 1998-2:2005+A1:2009+A2:2011+NA:2014, 2014.
- [28] Store norske leksikon. 14.02.2009. *Kryp* [Online]. Hentet fra: <https://snl.no/kryp>.
- [29] *Eurokode 1 : Laster på konstruksjoner : Del 1-7 : Allmenne laster : Ulykkeslaster*, NS-EN 1991-1-7:2006+NA:2008, 2008.
- [30] *Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 1-1: Allmenne laster. Tetthet, egenvekt, nyttelast i bygninger* NS-EN 1991-1-1:2002+NA:2008, 2008.

Vedlegg A

Mathcad-ark for minimumsarmering

Platetykkelse	$t := 700\text{mm}$	
Bredde 1 meter	$b := 1000\text{mm}$	
Betongkvalitet	$f_{ck} := 45\text{MPa}$	Tabell 3.1. NS-EN 1992-1-1
Stålklass	$f_{yk} := 500\text{MPa}$	
Midlere strekkfasthet	$f_{ctm} := 3.8\text{MPa}$	Tabell 3.1. NS-EN 1992-1-1

Minimumsarmering lengderetning

$$A_c := t \cdot b = 0.7\text{m}^2$$

Lengdearmering	$\phi_L := 32\text{mm}$
----------------	-------------------------

Tverrarmering	$\phi_T := 16\text{mm}$
---------------	-------------------------

Nominell overdekning	$C_{nom} := 75\text{mm}$
----------------------	--------------------------

Effektiv høyde	$d := t - C_{nom} - \phi_T - \frac{\phi_L}{2}$
----------------	--

Maks. senteravstand	$S_{l,max} := 200\text{mm}$	Håndbok N400. 7.8.7
---------------------	-----------------------------	---------------------

$A_{smin} := \max\left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d, 0.0013 \cdot b \cdot d\right)$	NA.9.2.1.1(1) NS-EN 1992-1-1
--	---------------------------------

$$A_{smin} = 1172 \cdot \text{mm}^2$$

Valg av minimumarmering

$$A_s := \left[\frac{\pi \cdot (16\text{mm})^2}{4} \right] \cdot \left(\frac{1\text{m}}{0.170\text{m}} \right) \quad A_s = 1183 \cdot \text{mm}^2$$

Minimumsarmering for strekkarmering

Ø16c170

Minimumsarmering tverretning

Valgt lengdearmering topp

$$A_{s,t} := 1005 \text{mm}^2$$

Valgt lengdearmering bunn

$$A_{s,b} := 5745 \text{mm}^2$$

$$A_{s,\text{min.topp}} := 0.2 \cdot A_{s,t}$$

$$A_{s,\text{min.topp}} = 201 \cdot \text{mm}^2$$

9.3.1.1(2)
NS-EN 1992-1-1

$$A_{s,\text{min.bunn}} := 0.2 \cdot A_{s,b}$$

$$A_{s,\text{min.bunn}} = 1149 \cdot \text{mm}^2$$

9.3.1.1(2)
NS-EN 1992-1-1

Maks senteravstand

$$S_{t,\text{max}} := \min(3 \cdot t, 400\text{mm})$$

$$S_{t,\text{max}} = 400 \cdot \text{mm}$$

NA.9.3.1.1(3)
NS-EN 1992-1-1

Valg av minimumsarmering

$$A_{s,\text{topp}} := \left[\frac{\pi \cdot (12\text{mm})^2}{4} \right] \cdot \left(\frac{1\text{m}}{0.400\text{m}} \right)$$

$$A_{s,\text{topp}} = 283 \cdot \text{mm}^2$$

Ø12c400

$$A_{s,\text{bunn}} := \left[\frac{\pi \cdot (16\text{mm})^2}{4} \right] \cdot \left(\frac{1\text{m}}{0.170\text{m}} \right)$$

$$A_{s,\text{bunn}} = 1183 \cdot \text{mm}^2$$

Ø16c170

Vedlegg B

Mathcad-ark for egendefinerte laster

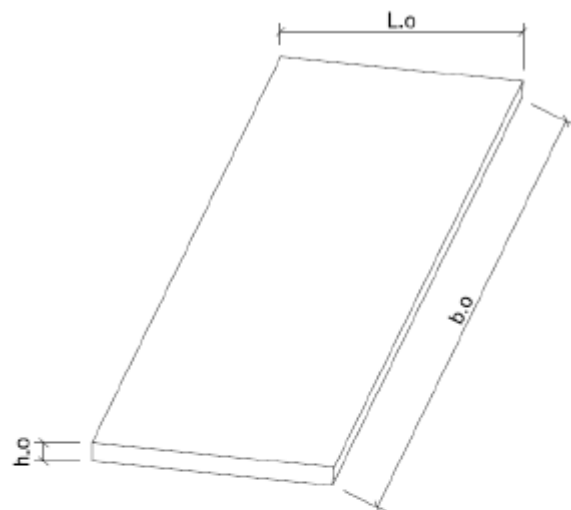
OVERGANGSPLATE

Maks bredde $b_o := 7.1\text{m}$

Lengde $L_o := 4\text{m}$

Tykkelse $h_o := 0.3\text{m}$

Brudredde $b_b := 8.2\text{m}$



Tyngdetetthet betong $\gamma_b := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Elementbredde Brigade $L_B := 0.41\text{m}$

Kraft overgangsplate $G_{o,p} := 0.5 \cdot 0.9 \cdot b_o \cdot h_o \cdot L_o \cdot \gamma_b$ $G_{o,p} = 95.8 \text{ kN}$

Last i Brigade $g_{o,p} := \frac{G_{o,p}}{b_b \cdot L_B}$ $g_{o,p} = 28.51 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

JORD OVER OVERGANGSPATE

Høyde

$$h_j := 0.4535\text{m}$$



Tyngdetetthet jord

$$\gamma_j := 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

HB V220
figur 2.39

Kraft overgansplate

$$G_{j.o.p} := 0.5 \cdot 0.9 \cdot L_o \cdot (h_j + 0.2\text{m}) \cdot b_o \cdot \gamma_j$$

$$G_{j.o.p} = 158.7 \cdot \text{kN}$$

Last i Brigade

$$g_{j.o.p} := \frac{G_{j.o.p}}{b_b \cdot L_B}$$

$$g_{j.o.p} = 47.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

VINGE LANGS LANDKAR

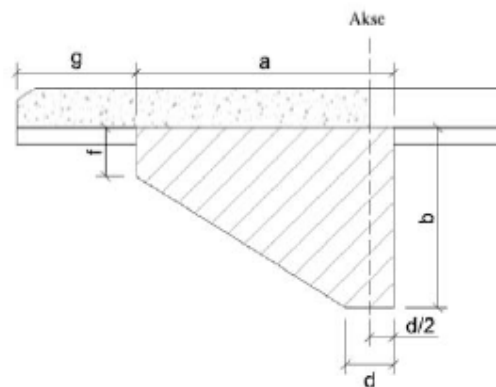
$$a := 4300\text{mm}$$

$$b := 3000\text{mm}$$

$$d := 800\text{mm}$$

$$f := 800\text{mm}$$

$$g := 2000\text{mm}$$



Lengde tverrbjelke $a_{\text{tot}} := a + g - \frac{d}{2}$ $a_{\text{tot}} = 5900\text{mm}$

Tykkelse vinge $t := 350\text{mm}$

Areal vinge $A_{\text{area}} := a \cdot f + (b - f) \cdot d + \frac{(a - d) \cdot (b - f)}{2}$ $A_{\text{area}} = 9.05\text{m}^2$

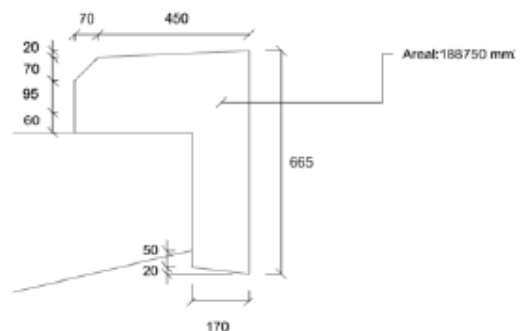
Kraft vinge $P_{\text{vinge}} := A_{\text{area}} \cdot t \cdot \gamma_b$ $P_{\text{vinge}} = 79.188\text{kN}$

KANTDRAGER PÅ VINGE

Areal kantdrager $L_k := 0.18875\text{m}^2$

Kraft kantdrager $P_k := L_k \cdot \gamma_b$

$$P_k = 4.719 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



REKKVERK

Kraft rekkverk $G_{\text{tot}} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

VINGE

$$\text{Last i Brigade: } P_{\text{tot}} := P_{\text{vinge}} + (P_k + G_{\text{tot}}) \cdot a_{\text{tot}} \quad P_{\text{tot}} = 109.98 \text{ kN}$$

$$\text{Kraft fra to vinger } P_2 := 2 \cdot P_{\text{tot}} \quad P_2 = 220 \text{ kN}$$

REKKVERK OG KANTDRAGER

$$\text{Last i Brigade: } g_{\text{tot}} := \frac{(G_{\text{tot}} + P_k)}{L_B} \quad g_{\text{tot}} = 12.73 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

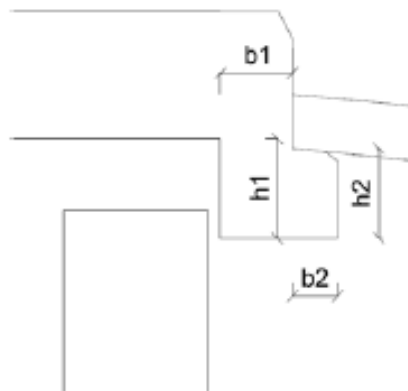
TVERRBJELKENESE

$$b_1 := 400 \text{ mm}$$

$$b_2 := 250 \text{ mm}$$

$$h_1 := 550 \text{ mm}$$

$$h_2 := 495 \text{ mm}$$



$$\text{Lengde tverrsnitt } L_t := 8.2 \text{ m}$$

$$\text{Kraft tverrbjelke nese } P_t := (b_1 \cdot h_1 \cdot L_t \cdot \gamma_b) + (b_2 \cdot h_2 \cdot L_t \cdot \gamma_b) \quad P_t = 70.5 \text{ kN}$$

$$\text{Last i Brigade: } p_t := \frac{P_t}{L_t \cdot L_B} \quad p_t = 20.96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Vedlegg C

Mathcad-ark for bremse og akselasjonskraft

BREMSEKRAFT

- Ligger til grunn: NS-EN 1991-2:2003+NA:2010 punkt 4.4

$$L := 10\text{m}$$

$$\alpha_{Q1} := 1.0 \quad \alpha_{q1} := 0.6 \quad w_1 := 3.0\text{m} \quad (\text{NA.4.3.2(3)})$$

$$Q_{1k} := 300\text{kN} \quad Q_{2k} := 200\text{kN} \quad q_{1k} := 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad (\text{Tabell 4.2})$$

Bremsekraft

$$Q_{lk} := 0.6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot 2 \cdot Q_{1k} + 0.10 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \quad (\text{Lign: 4.6})$$

$$Q_{lk} := \begin{cases} 180 \cdot \alpha_{Q1} \text{ kN} & \text{if } Q_{lk} < 180 \cdot \alpha_{Q1} \text{ kN} \\ (0.6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot 2 \cdot Q_{1k} + 0.10 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L) & \text{if } 180 \cdot \alpha_{Q1} \text{ kN} \leq Q_{lk} \leq 900 \text{ kN} \\ 900 \text{ kN} & \text{if } Q_{lk} > 900 \text{ kN} \end{cases}$$

$$Q_{lk} = 376.2 \text{ kN} \quad (\text{Punktlast})$$

Sidekraft

$$Q_{trk} := 0.25 \cdot Q_{lk} = 94 \text{ kN} \quad (\text{Punkt 4.4.2(4)})$$

Vedlegg D

Mathcad-ark for naturlaster

VINDLASTER

Variabler for vindlast (iht. NS-EN 1991-1-4):

Vindlastklasse I, iht. HB N400 pkt. 5.4.3:

Basisvindhastighet, v_b :

Fra NS-EN 1991-1-4, tab. NA.4(901.1):

$$v_{b0} := 31 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Konservativt} \quad \text{Returperiode} := \begin{array}{|l|} \hline 10\text{år (byggefase)} \\ \hline 50\text{år (ferdigtilstand)} \\ \hline \end{array}$$
$$c_{\text{dir}} := 1.0 \quad c_{\text{season}} := 1.0$$
$$c_{\text{alt}} := 1.0$$
$$c_{\text{prob}} := \left(\frac{1 - 0.2 \cdot \ln(-\ln(1 - p))}{1 - 0.2 \cdot \ln(-\ln(0.98))} \right)^{0.5} \quad c_{\text{prob}} = 1 \quad (4.2)$$

$$v_b := c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot c_{\text{alt}} \cdot c_{\text{prob}} \cdot v_{b0} \quad (\text{NA.4.1})$$

$$v_b = 31 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ruhetsfaktor, $C_r(z)$:

Velger terrengruhetsklasse, tab. NA.4.1:

$$\text{Terrengruhetsklasse} := \begin{array}{|l|} \hline 0 \\ \hline I \\ \hline II \\ \hline III \\ \hline IV \\ \hline \end{array}$$

$$k_T = 0.16 \quad z_0 = 0.003 \text{ m} \quad z_{\text{min}} = 2 \text{ m}$$

Topp bru (høyde målt fra laveste punkt i terreng til sentrum av brudekket, Jfr. NS-EN 1991-1-4 8.3.1 (6)):

$$z := 5 \text{ m}$$

$$c_r(z) := \begin{cases} k_T \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) & \text{if } z \geq z_0 \wedge z \leq 200 \text{ m} \\ c_r(z_{\text{min}}) & \text{if } z < z_0 \end{cases} \quad (4.4)$$

$$c_r(z) = 1.19$$

Stedsvindhastighet, $v_m(z)$:

$$c_0(z) := 1.0$$

$$v_m(z) := c_T(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b \quad (4.3)$$

$$v_m(z) = 36.8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Vindkasthastighetstrykket, q_p :

$$\text{Luftens densitet: } \rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$k_1 := 1.0$$

$$I_v(z) := \begin{cases} \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} & \text{if } z \geq z_{\min} \\ I_v(z_{\min}) & \text{if } z < z_{\min} \end{cases} \quad (4.7)$$

$$I_v(z) = 0.13$$

$$k_p := 3.5$$

$$q_p(z) := (1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z)) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 \quad (\text{NA.4.8})$$

$$q_p(z) = 1.64 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Vindkasthastighetstrykket på trafikk, $q_{p_trafikk}$:

HB N400, pkt. 5.4.3.3 gir en øvre grense for kastvindhastigheten på trafikk på 35 m/s.

$$v_{m_trafikk_max}(z) := \frac{35 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z)}}$$

$$v_{m_trafikk}(z) := \min(v_m(z), v_{m_trafikk_max}(z))$$

$$v_{m_trafikk}(z) = 25.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$q_{p_trafikk}(z) := (1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z)) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{m_trafikk}(z)^2$$

$$q_{p_trafikk}(z) = 0.77 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

A. Vindlast på brubane u/trafikk og m/rekkverk:

Rekkverk :=

- Åpent - Begge sider
- Åpent - En side
- Tett - Begge sider
- Tett - En side

Brurekkverk :=



Betongrekkverk :=



Kraffaktor i x-retning [8.3.1]:

$$b_{bru} := 8.54\text{m}$$

$$d_{bru} := 1.315\text{m}$$

$$d_{kant} := 0.185\text{m}$$

$$d_{rek} := 1.2\text{m}$$

Åpent rekkverk,
Jfr.Tab.8.1

$$d_{tot} = "d + 0,6 \text{ m}"$$

$$\frac{b_{bru}}{d_{tot}} = 4.07 \text{ gir}$$

$$C_{fx0} = 1.3$$

Fig. 8.3, a)

Kraft i x-retning:

$$q_{Bjelke_x_Brigade} := C_{fx0} \cdot q_p(z) = 2.14 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

NB: Y-retning i Brigade

Vindlaster i y-retning er 25% av x-retn. Jfr. 8.3.4:

$$q_{Bjelke_y_Brigade} := C_{fx0} \cdot q_p(z) \cdot 0.25 = 0.53 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{NB: X-retning i Brigade}$$

Kraft i z-retning:

$$C_{fz} := 0.9$$

$$q_{Bjelke_z} := C_{fz} \cdot q_p(z) \cdot b_{bru} = 12.64\text{m} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad e := \frac{b_{bru}}{4} = 2.13\text{m} \quad \text{Fig.8.6 (5)}$$

B. Vindlast på brubane m/trafikk:

Kraeffaktor i x-retning [8.3.1]:

$$b_{\text{bruT}} := b_{\text{bru}} \quad d_{\text{bruT}} := d_{\text{bru}} \quad d_{\text{kantT}} := d_{\text{kant}} \quad d_{\text{bilT}} := 2\text{m}$$

$$d_{\text{totT}} := "d + d1" \quad \frac{b_{\text{bruT}}}{d_{\text{totT}}} = 2.44 \quad \text{gir} \quad C_{\text{fx0T}} = 1.77 \quad \text{Fig. 8.3, b)}$$

Kraft i x-retning:

$$q_{\text{BjelkeT_x_Brigade}} := C_{\text{fx0T}} \cdot q_{\text{p_trafikk}}(z) = 1.35 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{NB: y-retning i Brigade}$$

Vindlaster i y-retning er 25% av x-retn. Jfr. 8.3.4

$$q_{\text{BjelkeT_y_Brigade}} := C_{\text{fx0T}} \cdot q_{\text{p_trafikk}}(z) \cdot 0.25 = 0.34 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{NB: x-retning i Brigade}$$

Kraft i z-retning:

$$C_{\text{fz}} := 0.9$$

$$q_{\text{BjelkeT_z}} := C_{\text{fz}} \cdot q_{\text{p_trafikk}}(z) \cdot b_{\text{bruT}} = 5.88 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad e := \frac{b_{\text{bruT}}}{4} = 2.13\text{m} \quad \text{Fig.8.6 (5)}$$

TEMPERATURLASTER

Variabler for temperatur innsatt (fra NS-EN 1991-1-5):

Tverrsnittsgruppe 3 (betongbru) (ref. [6.1.1]):

Maks. og min. temperatur, avlest fra fig. NA.A1 og NA.A2:

$$T_{\max} := 36 \quad T_{\min} := -50$$

Iht. pkt. 6.1.3.3(3), merknad 2 skal lagre og ekspansjonsfuger dimensjoneres for et større temperaturintervall. Det må derfor angis om temperaturen ved lagermontering er kjent eller ikke. Til sikker side er det her valgt at temperaturen er ukjent som default-verdi.

Temp_ved_lagermontering=

Kjent
Ukjent

$$\text{Temp_lager} := \begin{cases} 10 & \text{if Temp_ved_lagermontering} = 1 \\ 20 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Brigade:

Fra fig. NA.6.1, Representativ lufttemperatur:

$$T_{e_max} := T_{\max} - 3 = 33$$

$$T_{e_min} := T_{\min} + 8 = -42$$

Verdier for lagre (iht. pkt. 6.1.3.3(3), merknad 2):

$$T_{e_max_lagre} := T_{\max} - 3 + \text{Temp_lager} = 53$$

$$T_{e_min_lagre} := T_{\min} + 8 - \text{Temp_lager} = -62$$

Lineært varierende temperaturdifferanseandel, fra tab. NA.6.1 og tab. NA.6.2:

Overflatetykkelse :=

- 50 mm
- 100 mm
- 150 mm
- Uten belegg
- Med membran
- Ballast (750 mm)

Bruoverbygning :=

- Betongbjelke
- Platebru
- Betongbjelke med kassetverrsnitt

Type 3 Betongbruer - betongplate:

$$\Delta T_{M_heat} := \begin{cases} 15 & \text{if Bruoverbygning} = 1 \\ 15 & \text{if Bruoverbygning} = 2 \\ 10 & \text{if Bruoverbygning} = 3 \end{cases}$$

$$\Delta T_{M_cool} := \begin{cases} 8 & \text{if Bruoverbygning} = 1 \\ 8 & \text{if Bruoverbygning} = 2 \\ 5 & \text{if Bruoverbygning} = 3 \end{cases}$$

$$k_{sur_over} := \begin{cases} 1.0 & \text{if Overflatetykkelse} = 1 \\ 0.7 & \text{if Overflatetykkelse} = 2 \\ 0.5 & \text{if Overflatetykkelse} = 3 \\ 0.8 & \text{if Overflatetykkelse} = 4 \\ 1.5 & \text{if Overflatetykkelse} = 5 \\ 0.6 & \text{if Overflatetykkelse} = 6 \end{cases}$$

$$k_{sur_under} := \begin{cases} 1.0 & \text{if Overflatetykkelse} = 1 \\ 1.0 & \text{if Overflatetykkelse} = 2 \\ 1.0 & \text{if Overflatetykkelse} = 3 \\ 1.1 & \text{if Overflatetykkelse} = 4 \\ 1.0 & \text{if Overflatetykkelse} = 5 \\ 1.0 & \text{if Overflatetykkelse} = 6 \end{cases}$$

$$\Delta T_{M_heat} = 15 \quad k_{sur_over} = 1.0$$

$$\Delta T_{M_heat} := k_{sur_over} \cdot \Delta T_{M_heat} = 15$$

topp varmest. Regnes kun å virke sammen med ΔT_{N_exp} .

$$\Delta T_{M_cool} = 8 \quad k_{sur_under} = 1.0$$

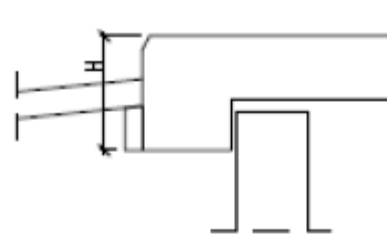
$$\Delta T_{M_cool} := k_{sur_under} \cdot \Delta T_{M_cool} = 8$$

bunn varmest. Regnes kun å virke sammen med ΔT_{N_con} .

TILLEGG FRA JORDTRYKK PÅ ENDESKJØRT

- Ligger til grunn: håndbok V220 og håndbok N400

Høyde $H := 1250\text{mm}$
Brubredde $L := 8200\text{mm}$



Partialfaktor $\gamma_M := 1.4$ (V220 figur 0.3)
Dimensjonerende tyngdetetthet for grus $\gamma_j := 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ (V220 figur 2.39)
Friksjonsvinkel for grus $\varphi := 38\text{deg}$ (V220 figur 2.39)

Bestemmer passivt jordtrykk ved å bruke V220 punkt 5.2.1

$$\tan\varphi_d := \frac{\tan(\varphi)}{\gamma_M} = 0.56$$

Ruhet $r := 0$ (V220 figur 9.1)

Koeffisient for passivt jordtrykk $k_p := 2.8$ (V220 figur 5.4)

Bestemmer hviletrykket ved å bruke V220 punkt 5.4.3

Koeffisient for hviletrykk $k_0 := 1 - \sin(\varphi) = 0.38$ Bruker forenklet beregning av hviletrykk

Bestemmer jordtrykkkoeffisienten k, ved N400 punkt 5.5.5

Forskyvning ved full mobilisering av passivt jordtrykk $\delta_p := \frac{H}{200}$ (N400 punkt 5.5.5)

Opptredende forskyvning $\delta := 7.5\text{mm}$ Til sikker side ved å velge høyere enn δ_p

$$k := \begin{cases} \left[k_0 + (k_p - k_0) \cdot \frac{\delta}{\delta_p} \right] & \text{if } 0 \leq \delta \leq \delta_p \\ k_p & \text{if } \delta > \delta_p \end{cases}$$

$k = 2.8$

Beregning av tilleggskrefter fra jord vinkelrett på brubredden

$$\sigma_1 := 0$$

$$\sigma_2 := k \cdot \gamma_j \cdot H \cdot L \quad \sigma_2 = 545.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\sigma_{\text{tot}} := \frac{(\sigma_1 + \sigma_2)}{2} \cdot H \quad \sigma_{\text{tot}} = 341 \text{ kN}$$



Illustrasjon over
fordeling av jordtrykket

Seismiske laster

Egensvingefrekvens:

Konstruksjonstype :=

Slakkarmert
Spennarmert

Systemets demping antas 5% relativ demping ved slakkarmerte konstruksjoner, og 2% ved spennarmerte konstruksjoner. Dette gir modifikasjonsfaktor:

$$\eta := \sqrt{\frac{10}{5 + \epsilon}} = 1 \quad (3.6)$$

Seismisk klasse og faktor:

NS-EN 1998-2, Tabell NA.2(901) gir brutypen seismisk klasse.

Tabell NA.2 (903) gir seismisk faktor (γ_1) for bruer:

S_klasse :=

Klasse I
Klasse II
Klasse III
Klasse IV

$$\gamma_1 = 1.0$$

Identifisering av grunntyper:

NS-EN 1998-1, NA.3.1.2 og Tabell NA.3.1:

Det fundamenteres på sprengsteinsfylling i alle akser → Grunntype B.

Grunntype:=

A
B
C
D
E

Seismiske soner:

NS-EN 1998-1 NA.3.2.1 og Fig. NA.3(901) gir seismiske soner:

Vang, Oppland

$$a_{g40\text{hz}} := 1.05 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Dette gir referansespissverdien for berggrunnens akselerasjon, a_{gR} :

$$a_{gR} := 0.8 \cdot a_{g40\text{hz}} = 0.84 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Verdier for parametre for elastisk responspektre (velges automatisk):

NS-EN 1998-1, Tabell NA.3.3 og Tabell NA.3.4:

$$S = 1.3 \quad T_B = 0.10s \quad T_C = 0.30s \quad T_D := 1.5s \quad T(f) := \frac{1}{f}$$

$$T_{vB} := 0.05s \quad T_{vC} := 0.20s \quad T_{vD} := 1.2s$$

$$\beta := 0.2 \quad (\text{NA.3.2.2.5})$$

$$a_g := \gamma_1 \cdot a_{gR}$$

$$a_{vg} := 0.6 \cdot a_g$$

$$f := \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.2 \\ 0.3 \\ 1 \\ 5 \\ 10 \\ 20 \\ 40 \\ 100 \\ 200 \end{pmatrix} \text{ Hz}$$

$$a_g = 0.84 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a_g \cdot S = 1.05 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a_{vg} = 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Spektrenes viskøse dempningsforhold:

$$\epsilon_d = 5\%$$

Horisontalt elastisk retrospektrum, NS-EN 1998-1, pkt. 3.2.2.2:

	"Frekvens (Hz)"	"Formel"	"Akselerasjon (m/s ²)"
Horisontalt =	0.1	"ag x S x η x 2,5 x ((TC x TD)/T ²)"	0.04725
	0.2	"ag x S x η x 2,5 x ((TC x TD)/T ²)"	0.04725
	0.3	"ag x S x η x 2,5 x ((TC x TD)/T ²)"	0.106312
	1	"ag x S x η x 2,5 x (TC/T)"	0.7875
	5	"ag x S x η x 2,5"	2.625
	10	"ag x S x (1 + T/TB x (η x 2,5 - 1))"	2.625
	20	"ag x S x (1 + T/TB x (η x 2,5 - 1))"	1.8375
	40	"ag x S x (1 + T/TB x (η x 2,5 - 1))"	1.44375
	100	"ag x S x (1 + T/TB x (η x 2,5 - 1))"	1.2075
	200	"ag x S x (1 + T/TB x (η x 2,5 - 1))"	1.12875

Vertikalt elastisk retrospektrum, NS-EN 1998-1, pkt. 3.2.2.3:

	"Frekvens (Hz)"	"Formel"	"Akselerasjon (m/s ²)"
Vertikalt =	0.1	"avg x η x 3,0 x ((TvC x TvD)/T ²)"	0.014515
	0.2	"avg x η x 3,0 x ((TvC x TvD)/T ²)"	0.014515
	0.3	"avg x η x 3,0 x ((TvC x TvD)/T ²)"	0.032659
	1	"avg x η x 3,0 x (TvC/T)"	0.3024
	5	"avg x η x 3,0"	1.512
	10	"avg x η x 3,0"	1.512
	20	"avg x (1 + T/TvB x (η x 3,0 - 1))"	1.512
	40	"avg x (1 + T/TvB x (η x 3,0 - 1))"	1.008
	100	"avg x (1 + T/TvB x (η x 3,0 - 1))"	0.7056
	200	"avg x (1 + T/TvB x (η x 3,0 - 1))"	0.6048

Vedlegg E

Mathcad-ark for deformasjonslaster

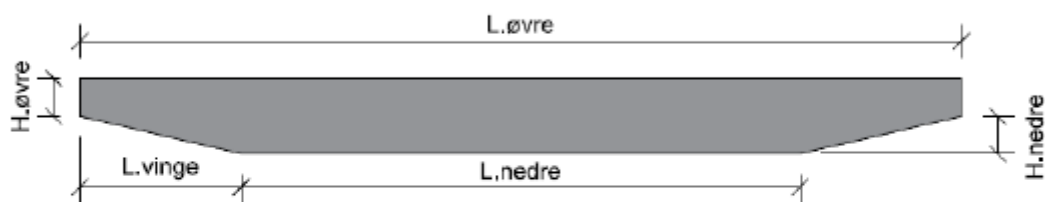
SVINNTØYNING OG KRYPTALL

iht. NS-EN 1992-1-1 3.1.4 og tillegg B

Input:

H := 700mm

Tykkelse tverrsnittet



L_{øvre} := 8200mm

H_{nedre} := H - 350mm

L_{nedre} := 5200mm

H_{øvre} := H - H_{nedre}

L_{vinge} := 1500mm

$$A_{\text{brudekke}} := (L_{\text{øvre}} \cdot H_{\text{øvre}}) + (L_{\text{nedre}} \cdot H_{\text{nedre}}) + (L_{\text{vinge}} \cdot H_{\text{nedre}}) = 5.22 \text{ m}^2$$

$$O_{\text{brudekke}} := L_{\text{øvre}} + 2 \cdot H_{\text{øvre}} + \left(2 \cdot \sqrt{L_{\text{vinge}}^2 + H_{\text{nedre}}^2} \right) + L_{\text{nedre}} = 17.18 \text{ m}$$

Betong:

$$f_{ck} := 45 \frac{N}{mm^2} \quad f_{cm} := f_{ck} + 8MPa \quad f_{cmo} := 10MPa$$

$$h_0 := \frac{2 \cdot A_{brudekke}}{O_{brudekke}} = 607.08 \text{ mm}$$

Konstruksjonsdel :=

Overbygning
Søyler og Landkar

RH= 70% på overbygning
RH=80% på søyler. Jfr. HB N400 pkt. 7.2.3

RH = 70

$$t := \left(\frac{28}{365 \cdot 100} \right)$$

Betongens alder (døgn).

$$t_s := 0$$

Betongens alder (døgn) når uttørringen starter.

$$t_0 := 7$$

Betongens alder (døgn) ved belastning.

$\psi :=$

Sementklasse N
Sementklasse R
Sementklasse S

Sementklasse etter 3.1.2 (6). Klasse N er Anlegg FA, mens klasse R er resten av sementene. Dersom sementtypen er uvisst, velg klasse N. Vi har ikke klasse S sementer i Norge.

Svinntøyning

1. Svinntøyning bestemt etter NS-EN 1992-1-1, 3.1.4:

$$\beta_{ds} := \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{\left(\frac{h_0}{mm}\right)^3}} = \left(\frac{0.04}{0.98} \right) \quad (3.10)$$

$$k_h := \begin{cases} 1.0 & \text{if } h_0 \leq 100\text{mm} \\ 0.85 - \left[\frac{0.85 - 1}{200 - 100} \cdot \left(200 - \frac{h_0}{mm} \right) \right] & \text{if } h_0 \leq 200\text{mm} \\ 0.75 - \left[\frac{0.75 - 0.85}{300 - 200} \cdot \left(300 - \frac{h_0}{mm} \right) \right] & \text{if } h_0 \leq 300\text{mm} \\ 0.7 - \left[\frac{0.7 - 0.75}{500 - 300} \cdot \left(500 - \frac{h_0}{mm} \right) \right] & \text{if } h_0 < 500\text{mm} \\ 0.7 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{Tab. 3.3})$$

$k_h = 0.7$

$$\alpha_{ds1} = 4 \quad \alpha_{ds2} = 0.12 \quad (\text{B.2})$$

$$\beta_{RH} := 1.55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{100} \right)^3 \right] \quad (\text{B.12})$$

$$\varepsilon_{cd0} := 0.85 \cdot \left[(220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot e^{\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cmo}} \right)} \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} \quad (\text{B.11})$$

$$\varepsilon_{cd0} = 0.302 \cdot \text{promille}$$

$$\varepsilon_{cd} := \beta_{ds} \cdot k_h \cdot \varepsilon_{cd0} = \begin{pmatrix} 0.009 \\ 0.208 \end{pmatrix} \cdot \text{promille} \quad (\text{3.9})$$

$$\beta_{as} := 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = \begin{pmatrix} 0.65 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (\text{3.13})$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) := 2.5 \cdot \left(\frac{f_{ck} \cdot \text{mm}^2}{N} - 10 \right) \cdot 10^{-6} \quad (\text{3.12})$$

$$\varepsilon_{.ca} := \beta_{as} \cdot \varepsilon_{ca}(\infty) = \begin{pmatrix} 0.06 \\ 0.09 \end{pmatrix} \cdot \text{promille} \quad (\text{3.11})$$

$$\varepsilon_{cs} := \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{.ca} = \begin{pmatrix} 0.07 \\ 0.3 \end{pmatrix} \cdot \text{promille} \quad (\text{3.8})$$

KRYPTALL

2. Kryptall bestemt etter NS-EN 1992-1-1, Tillegg B:

$$\alpha_1 := \left(\frac{35 \text{ MPa}}{f_{\text{cm}}} \right)^{0.7} \quad \alpha_2 := \left(\frac{35 \text{ MPa}}{f_{\text{cm}}} \right)^{0.2} \quad \alpha_3 := \left(\frac{35 \text{ MPa}}{f_{\text{cm}}} \right)^{0.5}$$

$$\beta_{t_0} := \frac{1}{0.1 + t_0^{0.20}} \quad \beta_{f_{\text{cm}}} := \frac{16.8}{\sqrt{\frac{f_{\text{cm}}}{\text{MPa}}}}$$

$$\beta_{\text{H}} := \begin{cases} \min \left[1.5 \left[1 + (0.012 \cdot \text{RH})^{18} \right] \cdot \frac{h_0}{\text{mm}} + 250, 1500 \right] & \text{if } f_{\text{cm}} \leq 35 \text{ MPa} \\ \min \left[1.5 \left[1 + (0.012 \cdot \text{RH})^{18} \right] \cdot \frac{h_0}{\text{mm}} + 250 \cdot \alpha_3, 1500 \alpha_3 \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\beta_{\text{c}} := \left(\frac{t - t_0}{\beta_{\text{H}} + t - t_0} \right)^{0.3}$$

$$\varphi_{\text{RH}} := \begin{cases} 1 + \frac{1 - \frac{\text{RH}}{100}}{3 \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} & \text{if } f_{\text{cm}} \leq 35 \text{ MPa} \\ \left(1 + \frac{1 - \frac{\text{RH}}{100}}{3 \sqrt[3]{\frac{h_0}{\text{mm}}}} \cdot \alpha_1 \right) \cdot \alpha_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varphi_0 := \varphi_{\text{RH}} \cdot \beta_{f_{\text{cm}}} \cdot \beta_{t_0}$$

$$\varphi(t, t_0) := \varphi_0 \cdot \beta_{\text{c}}$$

$$\varphi(t, t_0) = \begin{pmatrix} 0.50987 \\ 1.68915 \end{pmatrix}$$

Skaleringsfaktorer for Brigade

Tar utgangspunkt i eksempel 5.1 og 5.5 i Del 1, kap. 5 i *Betongkonstruksjoner* av Svein Ivar Sørensen. Beregner bøvestivhet for opprisset og urisset tverrsnitt med og uten hensyn til kryp fra laster.

Det forutsettes i disse beregningene at E_{cm} legges inn som E-modul i Brigade.

Geometri:

Betraktet en dekkestripe på $b_{snitt} := 1000\text{mm}$, og et bruttvernsnitt med tykkelse $t_{bru} := 700\text{mm}$

Materialer:

Antar lengdearmering $n_b := 1$ jern $\phi_1 := 32\text{mm}$ i bunt med senteravstand $cc := 140\text{mm}$

Antar tverrarmering $\phi_t := 16\text{mm}$.

Overdekning: $c_{nom} := 75\text{mm}$

Betongens karakteristiske sylindrefasthet $f_{ck} := 45\text{MPa}$

Kryptall:

For å finne kryptallet angis følgende verdier:

-Bruttvernsnittets omkrets $Om := 17.181\text{m}$ og areal $Ar := 5.215\text{m}^2$. Dette gir en $h_0 := \frac{2 \cdot Ar}{Om} = 607\text{mm}$

-Belastningstidspunkt og betongalder; $t_0 := 7$ dager og $t := 100\text{-}365$ dager (tilsvarer 100 år).

-Relativ fuktighet etter håndbok N400 (2015), pkt. 7.2.3; $RH := 70$.

Kryptallet etter NS-EN 1992-1-1 kan leses av fig. 3.1 eller beregnes etter Tillegg B.

Avlest $\varphi_{fig.3.1} := 2.0$

$\varphi_{TilleggB} :=$ Beregne

Bruker kryptall $\varphi = 1.69$

Beregnete verdier:

$$d := t_{bru} - c_{nom} - \phi_t - \frac{\phi_1}{2} = 593\text{mm} \quad A_s := n_b \cdot \left(\frac{\phi_1}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot \frac{b_{snitt}}{cc} = 5745\text{mm}^2$$

$$E_{cm} = 36283\text{MPa} \quad E_s := 200\text{GPa}$$

Urisse stivheter:

$$E_{cL} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi} = 13492\text{MPa} \quad I := \frac{b_{snitt} t_{bru}^3}{12}$$

$$\text{Uriset korttidsstivhet: } E_{cm} \cdot I = 10.37 \cdot 10^{14} \text{N} \cdot \text{mm}^2$$

$$\text{Uriset langtidsstivhet: } E_{cL} \cdot I = 3.86 \cdot 10^{14} \text{N} \cdot \text{mm}^2$$

Opprissede stivheter:

$$\rho := \frac{A_s}{b_{\text{snitt}} d} \quad \eta_K := \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} = 5.51 \quad \alpha_K := \sqrt{(\eta_K \cdot \rho)^2 + 2\eta_K \cdot \rho} - \eta_K \cdot \rho = 0.28$$

$$\eta_L := \frac{E_s}{E_{\text{cL}}} = 14.82 \quad \alpha_L := \sqrt{(\eta_L \cdot \rho)^2 + 2\eta_L \cdot \rho} - \eta_L \cdot \rho = 0.41$$

$$I_{\text{cK}} := \frac{1}{2} \cdot \alpha_K^2 \cdot \left(1 - \frac{\alpha_K}{3}\right) \cdot b_{\text{snitt}} d^3 = 7.3 \times 10^9 \cdot \text{mm}^4 \quad I_{\text{cL}} := \frac{1}{2} \cdot \alpha_L^2 \cdot \left(1 - \frac{\alpha_L}{3}\right) \cdot b_{\text{snitt}} d^3 = 1.52 \times 10^{10} \cdot \text{mm}^4$$

Opprisset korttidsstivhet: $E_{\text{cm}} \cdot I_{\text{cK}} = 2.65 \cdot 10^{14} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$

Opprisset langtidsstivhet: $E_{\text{cL}} \cdot I_{\text{cL}} = 2.05 \cdot 10^{14} \text{ N} \cdot \text{mm}^2$

Skaleringsfaktorer til bruk i BRIGADE:

Dersom brua er spennamert og har små strekkspenninger, kan vi ut i fra Sørensen kap. 6.2 regne tve urisset.

Urisset :=

For å ta hensyn til krypets effekt pqa. langtidslast, kan skaleringsfaktoren for temperaturlasten reduse Kryptallet settes til sikker side lik 0 dersom det ikke beregnes.

Eventuelt kan kryptallet beregnes etter NS-EN 1992-1-1, Tillegg B, med et antatt intervall mellom mal temperatur på $n_{\text{temp}} := 4$ måneder. Betongens alder ved pålastning må her ikke settes for lavt, da det Det antas her at konstruksjonen belastes ved $t_{0_temp} := 28$ dager.

$\varphi_{\text{temp_TilleggB}} :=$ Beregne

Bruker kryptall for temperatur $\varphi_{\text{temp}} = 0.60$

Skaleringsfaktorer for deformasjoner (Displacement) - ytre laster:

Faktorene for deformasjon som følge av ytre laster vil varierer avhengig av om det er en urisset eller opprisset konstruksjon.
Faktorene påføres kun de vertikale komponentene av nyttelastene.

Beregnet etter formel₁ = "(Ecm*I)/(EcL*IcL)" som gir en faktor for $\text{langtidsdeformasjoner} = 5.05$

Beregnet etter formel₂ = "(Ecm*I)/(Ecm*IcK)" som gir en faktor for $\text{korttidsdeformasjoner} = 3.92$

Skaleringsfaktorer for krefter (Force) - tvangskrefter:

Til sikker side ser vi bort fra arealtreghetsmomentet når det gjelder skaleringsfaktorer for tvangskrefter, og får følgende verdier:

Faktor for $\text{langtidskrefter} := \frac{1}{1 + \varphi} = 0.37$

Faktor for $\text{korttidskrefter} := \frac{1}{1 + \varphi_{\text{temp}}} = 0.62$

Vedlegg F

Mathcad-ark for ulykkeslast

STØT MOT OVERBYGNING

- Ligger til grunn: NS-EN 1991-1-7:2006+NA:2008

Motorveger og hovedveger $F_{dx} := 500 \text{ kN}$ (Tabell 4.2)

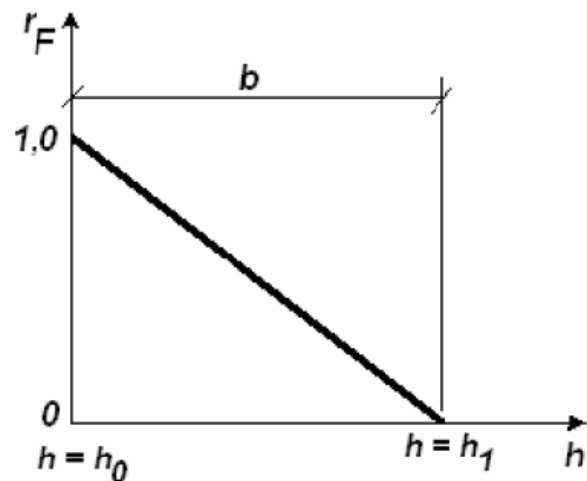
Høyde landkar $h := 5 \text{ m}$

$h_0 := 5 \text{ m}$ $h_1 := 6 \text{ m}$ (NA.4.3.2(1))

Reduksjonsfaktor ved hjelp av interpolasjon - punkt 4.3.2

$$r_F := \begin{cases} 1 & \text{if } h \leq h_0 \\ 0 & \text{if } h \geq h_1 \\ \left(1 - 1 \cdot \frac{h - h_0}{h_1 - h_0}\right) & \text{if } h_0 \leq h \leq h_1 \end{cases}$$

$$r_F = 1$$



Kraft fra støt langt inn i Brigade

$$F_{dx.stot} := F_{dx} \cdot r_F = 500 \text{ kN}$$

Vedlegg G

Resultater Brigade bruddgrensetilstand

Result Set Name: ULS akse 1 - Brulengde 10 meter

Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)

Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)

Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)

Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)

Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
22	0,42	0	0,35	133	114,4	55,77	-318,3	-182,4	-28,65
23	0,42	0,41	0,45	110,1	75,38	85,55	-287	-196,7	-37,27
24	0,42	0,82	0,54	72,09	16,09	117,9	-198,1	-342,6	-39,04
25	0,42	1,23	0,64	103,3	-121,3	150,6	-105	-533,3	-30,31
26	0,42	1,64	0,7	191,7	-169	183,4	-110,7	-664,5	-20,17
27	0,42	2,05	0,7	187,2	-143,2	201,3	-76,94	-555,2	-13,16
28	0,42	2,46	0,7	148,1	-58,3	208	-56,13	-386,9	-4,544
29	0,42	2,87	0,7	119,3	-23,03	216,5	-53,07	-309,2	1,576
30	0,42	3,28	0,7	108,6	5,24	224,6	-63,29	-244,3	4,878
31	0,42	3,69	0,7	101,7	24,73	230,3	-70,42	-232,2	5,246
32	0,42	4,1	0,7	85,15	27,8	233,6	-61,34	-212,3	2,684
33	0,42	4,51	0,7	83,91	26,66	235,8	-60,77	-234,2	-3,22
34	0,42	4,92	0,7	81,24	9,086	236,2	-55,48	-247,9	-13,15
35	0,42	5,33	0,7	125,2	-19,68	235,5	-97	-313,9	-28,19
36	0,42	5,74	0,7	216,3	-46,43	237,4	-189,4	-411,8	-50,56
37	0,42	6,15	0,7	373,1	-107,6	246,3	-384,9	-605,3	-83,62
38	0,42	6,56	0,7	460	-139,1	236,3	-529,2	-711,1	-102,8
39	0,42	6,97	0,64	294,5	-107,4	190,4	-418,4	-551,9	-91,98
40	0,42	7,38	0,54	126,7	18,38	138,2	-317,2	-347,9	-70
41	0,42	7,79	0,45	90,33	81,21	94,61	-271,1	-206,3	-49,4
42	0,42	8,2	0,35	140,9	117,1	56,99	-327,7	-192,5	-31,08
Sum krefter akse 1 (kNm/m, kN/m)				3352	-419	3815	-4051	-7682	-683
Ca. total kraft i akse 1 (kNm, kN)				1374	-172	1564	-1661	-3150	-280

Result Set Name: ULS akse 2 - Brulengde 10 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
484	9,58	0	0,35	127,3	180	54,97	-309,2	-114,8	-27,02
485	9,58	0,41	0,45	103,7	195,7	82,28	-276,5	-75,81	-33,07
486	9,58	0,82	0,54	62,94	342,3	113,2	-189,1	-16,64	-32,11
487	9,58	1,23	0,64	99,13	534,3	143,7	-100,7	119	-18,03
488	9,58	1,64	0,7	191	667,6	173,7	-111,7	163,2	-5,507
489	9,58	2,05	0,7	186,9	560	190,5	-81,08	136,8	2,094
490	9,58	2,46	0,7	147,2	392,8	196,7	-71,06	58,03	11,53
491	9,58	2,87	0,7	118,7	311,8	204,3	-88,48	21,21	18,91
492	9,58	3,28	0,7	109	246,6	211,4	-138,9	-5,771	24,06
493	9,58	3,69	0,7	104,7	233	215,5	-235	-24,14	26,99
494	9,58	4,1	0,7	93,32	213,5	216,7	-289,7	-26,76	27,96
495	9,58	4,51	0,7	101,9	235,4	215,5	-233,9	-27,08	26,95
496	9,58	4,92	0,7	107,1	252,1	211,4	-138,9	-12,54	24,05
497	9,58	5,33	0,7	119,2	321,7	204	-90,42	8,892	19,16
498	9,58	5,74	0,7	149,9	408,3	195,8	-76,05	41,12	12,26
499	9,58	6,15	0,7	191,5	573,2	188,5	-85,95	120,3	3,7
500	9,58	6,56	0,7	201,2	665,4	170,5	-120,6	166,6	-2,96
501	9,58	6,97	0,64	113,5	535,3	140,7	-117,2	121,6	-16,18
502	9,58	7,38	0,54	76,27	350,6	110,7	-204,3	-17,12	-30,32
503	9,58	7,79	0,45	108,1	203,6	80,44	-286	-75,98	-31,83
504	9,58	8,2	0,35	128,3	188,3	54,18	-310	-114,7	-26,77
Sum krefter akse 2 (kNm/m, kN/m)				2641	7612	3375	-3555	445	-26
Ca. total kraft i akse 2 (kNm, kN)				1083	3121	1384	-1457	183	-11

Result Set Name: ULS midtfelt - Brulengde 10 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
253	5	0	0,35	71,75	64,34	134,4	-1837	-66,24	8,396
254	5	0,41	0,45	70,7	79,02	304,2	-1405	-80,66	55,91
255	5	0,82	0,54	65,58	123,1	506,9	-831,3	-124,9	118
256	5	1,23	0,64	107,4	120,7	750,4	-134,4	-122,8	197,4
257	5	1,64	0,7	579,7	128,4	929,5	-28,44	-130,3	257,6
258	5	2,05	0,7	659,8	109,3	976,4	-39,9	-110,8	275,3
259	5	2,46	0,7	557,5	123,2	961	-52,91	-124,5	272,3
260	5	2,87	0,7	482,3	143,9	946,8	-62,42	-145,3	268,9
261	5	3,28	0,7	433	125,1	934,4	-75,67	-126,6	266,2
262	5	3,69	0,7	403,5	138,1	921,3	-89,53	-139,8	264,3
263	5	4,1	0,7	380,3	124,6	915,2	-92,73	-126,4	263,5
264	5	4,51	0,7	413,9	138,5	921,9	-109,1	-140,4	263,6
265	5	4,92	0,7	458,8	125,8	935,5	-117,8	-127,8	264,8
266	5	5,33	0,7	524,5	144,9	948,3	-123,8	-147	266,9
267	5	5,74	0,7	616,3	124,4	962,7	-128,1	-126,4	269,8
268	5	6,15	0,7	734,9	109,7	978,2	-128,1	-111,5	272,5
269	5	6,56	0,7	664,1	126,7	931,3	-135,7	-127,5	254,7
270	5	6,97	0,64	174,5	117,2	751,9	-252,7	-116,7	194,9
271	5	7,38	0,54	87,79	120	507,9	-895,2	-119	117
272	5	7,79	0,45	74,53	79,23	304,9	-1433	-77,75	55,25
273	5	8,2	0,35	60,01	66,54	134,7	-1840	-64,31	8,069
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				7621	2433	15658	-9813	-2457	4215
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				3125	997	6420	-4023	-1007	1728

Result Set Name: ULS akse 1 - Brulengde 12 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
 Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
22	0,41	0	0,35	149,1	95,38	52,91	-340,1	-190,8	-30,56
23	0,41	0,41	0,47	121,9	59,55	85,58	-319,6	-211,7	-41,1
24	0,41	0,82	0,6	70,06	2,145	127,5	-229,4	-379,4	-44
25	0,41	1,23	0,72	101,9	-156,6	170,8	-123,4	-600,3	-31,66
26	0,41	1,64	0,8	208	-221,7	213,7	-132,6	-752,1	-16,37
27	0,41	2,05	0,8	206,4	-191,2	236,5	-86,15	-634,2	-7,08
28	0,41	2,46	0,8	163,4	-92,93	243,5	-52,14	-449,1	3,597
29	0,41	2,87	0,8	131,8	-49,24	252	-47,06	-359,4	11,5
30	0,41	3,28	0,8	121,5	-16,35	260,5	-58,5	-285,9	15,91
31	0,41	3,69	0,8	114,6	5,273	266,7	-66,53	-271,4	16,43
32	0,41	4,1	0,8	97,8	7,921	270	-57,88	-251,1	13,27
33	0,41	4,51	0,8	96,57	8,281	273,2	-58	-273,9	5,788
34	0,41	4,92	0,8	93,23	-11,38	274,3	-53,16	-290,4	-6,774
35	0,41	5,33	0,8	137,5	-45,97	274,8	-95,89	-364	-26,11
36	0,41	5,74	0,8	233,3	-80,54	278,9	-205,6	-474	-54,82
37	0,41	6,15	0,8	398,9	-153,6	291,2	-430,7	-689,3	-97,57
38	0,41	6,56	0,8	485,6	-189,1	278,3	-598,4	-805,7	-122,9
39	0,41	6,97	0,72	296,2	-140,2	218,6	-473,4	-623,9	-109,9
40	0,41	7,38	0,6	119,8	4,542	150,8	-352,3	-383,8	-81,32
41	0,41	7,79	0,47	97,63	65,44	96,2	-296,1	-221,1	-54,33
42	0,41	8,2	0,35	160,9	98,26	53,5	-353,1	-200,4	-31,32
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				3606	-1002	4369	-4430	-8712	-689
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1478	-411	1791	-1816	-3572	-283

Result Set Name: ULS akse 2 - Brulengde 12 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
 Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
589	11,59	0	0,35	142,9	188,6	52,52	-330,2	-95,8	-29,37
590	11,59	0,41	0,47	114,6	209,9	83,51	-308,6	-60	-36,98
591	11,59	0,82	0,6	59,15	378,5	121,9	-219,8	-2,783	-36,74
592	11,59	1,23	0,72	97,57	600,5	163	-118,9	154,5	-17,62
593	11,59	1,64	0,8	207,4	755,4	202,8	-134	215,7	1,221
594	11,59	2,05	0,8	206,1	639,7	224,2	-91,75	184,2	11,17
595	11,59	2,46	0,8	162,5	453	230,7	-69,82	93,29	23,01
596	11,59	2,87	0,8	131	360,6	238,3	-88,3	49,37	32,31
597	11,59	3,28	0,8	121,8	285,7	245,5	-151,9	18,24	38,99
598	11,59	3,69	0,8	117,4	270,7	249,8	-264,1	-2,442	42,7
599	11,59	4,1	0,8	105,8	250,1	250,5	-328,8	-5,63	43,97
600	11,59	4,51	0,8	114,5	273,4	249,8	-262,9	-5,799	42,64
601	11,59	4,92	0,8	119,5	291,9	245,4	-151,8	10,64	38,97
602	11,59	5,33	0,8	130,9	371,3	238	-90,22	36,01	32,49
603	11,59	5,74	0,8	164,4	468,7	229,7	-71,95	75,82	23,7
604	11,59	6,15	0,8	210	652,3	222,2	-95,91	168,6	12,76
605	11,59	6,56	0,8	216,7	753	199,8	-142,5	219,7	3,588
606	11,59	6,97	0,72	110,8	601,1	160,2	-134,2	157,3	-15,75
607	11,59	7,38	0,6	71,75	387,3	119,8	-233,2	-3,355	-35,47
608	11,59	7,79	0,47	118,5	217,8	82,51	-316,9	-60,27	-36,25
609	11,59	8,2	0,35	143,4	196,5	52,12	-330,2	-95,78	-29,43
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				2867	8606	3862	-3936	1052	110
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1175	3528	1584	-1614	431	45

Result Set Name: ULS midtfelt - Brulengde 12 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
295	5,79	0	0,35	-74,11	52,01	111,1	-2340	-60,43	2,155
296	5,79	0,41	0,47	-40,39	70,66	338,4	-1891	-81,36	73,34
297	5,79	0,82	0,6	3,106	119,7	622,3	-1211	-134,9	170,9
298	5,79	1,23	0,72	77,08	118,4	982,6	-259,9	-139,6	307,6
299	5,79	1,64	0,8	698	124,8	1261	9,978	-147,5	414,8
300	5,79	2,05	0,8	856,2	105,1	1340	10,52	-128,1	449,7
301	5,79	2,46	0,8	761,3	118,5	1324	-11,33	-139,9	447,5
302	5,79	2,87	0,8	691,5	138,1	1310	-28,19	-159,3	444,9
303	5,79	3,28	0,8	645,6	118,3	1297	-42,72	-140,8	442,7
304	5,79	3,69	0,8	617,6	132,2	1284	-54,71	-153,4	441,3
305	5,79	4,1	0,8	593,9	119	1277	-59,32	-140,4	440,7
306	5,79	4,51	0,8	630,1	132,5	1284	-78,23	-153,9	440,8
307	5,79	4,92	0,8	674,7	118,8	1298	-87,53	-141,8	441,8
308	5,79	5,33	0,8	737,4	138,9	1311	-91,89	-160,6	443,5
309	5,79	5,74	0,8	824,1	119,1	1325	-93,33	-141,1	445,9
310	5,79	6,15	0,8	935,7	104,8	1341	-89,45	-127,7	448
311	5,79	6,56	0,8	782,6	122,5	1263	-114	-143,5	412,9
312	5,79	6,97	0,72	137,7	114,7	983,5	-381,4	-132,6	305,8
313	5,79	7,38	0,6	15,98	117,1	622,9	-1262	-129	170,2
314	5,79	7,79	0,47	-48,44	71,33	338,7	-1904	-78,18	72,98
315	5,79	8,2	0,35	-98,52	53,28	111,3	-2326	-58,21	2,019
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				9421	2310	21026	-12306	-2692	6819
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				3863	947	8621	-5045	-1104	2796

Result Set Name: ULS akse 1 - Brulengde 14 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
22	0,41	0	0,35	188,4	76,87	52,1	-344,5	-199	-33,5
23	0,41	0,41	0,53	157,7	43,16	95,6	-347,6	-226,6	-47,48
24	0,41	0,82	0,71	80,15	-21,74	143,6	-260,9	-419,5	-52,23
25	0,41	1,23	0,88	100,9	-202,6	202,3	-149,6	-686,8	-32,83
26	0,41	1,64	1	225,1	-296,4	258,6	-181,7	-868,8	-10,46
27	0,41	2,05	1	226,5	-261	288,9	-112,9	-742,6	-0,00134
28	0,41	2,46	1	177,4	-147,1	294,9	-50,01	-531,6	12,95
29	0,41	2,87	1	141,5	-89,84	303,5	-39,72	-426,2	23,16
30	0,41	3,28	1	134,1	-50,09	311,5	-54,64	-342,6	28,52
31	0,41	3,69	1	127,8	-24,2	318,1	-63,5	-324,3	28,89
32	0,41	4,1	1	111	-19,84	322,2	-55,71	-303,3	24,27
33	0,41	4,51	1	109,5	-20,2	326,5	-57,32	-327,5	13,66
34	0,41	4,92	1	105,1	-43,86	329,4	-56,42	-348,3	-4,081
35	0,41	5,33	1	147,7	-86,8	333,5	-107,6	-431,6	-31,39
36	0,41	5,74	1	250,8	-132,8	342	-244,9	-558,8	-72,87
37	0,41	6,15	1	429,3	-221,4	363,7	-532,6	-806,2	-136,7
38	0,41	6,56	1	515,6	-260,5	347,4	-744,2	-934,3	-172,5
39	0,41	6,97	0,88	298,1	-184,4	265,9	-570	-716	-148
40	0,41	7,38	0,71	117,2	-19,33	172,2	-384,9	-421,4	-101,9
41	0,41	7,79	0,53	132,1	49,46	102,9	-320,4	-235,5	-60,67
42	0,41	8,2	0,35	208,1	81,35	52,41	-363,5	-204,4	-33,2
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				3984	-1831	5227	-5043	-10055	-806
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1633	-751	2143	-2067	-4123	-331

Result Set Name: ULS akse 2 - Brulengde 14 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
 Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
694	13,59	0	0,35	181,6	196,1	51,93	-334,7	-77,65	-32,91
695	13,59	0,41	0,53	149,3	223,9	93,87	-336,1	-43,82	-43,94
696	13,59	0,82	0,71	71,69	417,4	137,8	-250,6	20,71	-44,11
697	13,59	1,23	0,88	95,24	685,4	192,4	-146,1	199,5	-15,5
698	13,59	1,64	1	224,3	872	245,4	-183,8	287,6	12,96
699	13,59	2,05	1	226,1	749,3	274,3	-120,2	251,7	24,09
700	13,59	2,46	1	176,3	535,2	279,5	-75,37	148	38,69
701	13,59	2,87	1	140,6	426,2	287	-98,16	92,45	50,99
702	13,59	3,28	1	134,2	340,9	293,3	-182,5	55,32	59,48
703	13,59	3,69	1	130,3	321,6	297,6	-325	30,88	64,33
704	13,59	4,1	1	118,7	300,3	298,1	-409,1	27,11	66,06
705	13,59	4,51	1	127,2	325	297,4	-323,9	26,6	64,39
706	13,59	4,92	1	131,7	348,3	293	-182,5	46	59,71
707	13,59	5,33	1	140	438,3	286,3	-100,1	77,25	51,41
708	13,59	5,74	1	177,6	550,7	277,9	-80,07	128,6	39,79
709	13,59	6,15	1	229,8	759	271,4	-124,7	239,9	26,23
710	13,59	6,56	1	233,7	867,5	241,4	-192,8	296	15,77
711	13,59	6,97	0,88	108,1	684,8	189,1	-158,8	205,2	-13,34
712	13,59	7,38	0,71	78,24	427,6	135,5	-262,6	20,48	-42,83
713	13,59	7,79	0,53	152,4	232,8	92,82	-342,5	-43,98	-43,87
714	13,59	8,2	0,35	181,5	202,8	52,06	-333	-77,25	-33,42
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				3209	9905	4588	-4563	1911	304
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1316	4061	1881	-1871	783	125

Result Set Name: ULS midtfelt - Brulengde 14 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
 Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
358	7	0	0,35	-174,7	45,43	67,8	-2629	-47,42	-20,55
359	7	0,41	0,53	-130,9	72,41	353,9	-2308	-74,81	79,13
360	7	0,82	0,71	-59,29	133,1	749,6	-1621	-136,5	230,2
361	7	1,23	0,88	55,74	137,8	1291	-427,7	-142	469,5
362	7	1,64	1	796,6	142,5	1734	33,66	-146,2	674,4
363	7	2,05	1	1052	121,5	1870	46,62	-124,4	741,4
364	7	2,46	1	967,6	134,5	1853	19,5	-136,9	739,6
365	7	2,87	1	905,5	153,6	1838	-1,859	-155,9	737,5
366	7	3,28	1	864,7	132,7	1825	-19,78	-135	735,8
367	7	3,69	1	839,3	146,8	1812	-32,05	-149,2	734,6
368	7	4,1	1	815	133,7	1804	-32,97	-136,2	734,1
369	7	4,51	1	853,2	147	1812	-55,77	-149,5	734,3
370	7	4,92	1	895,1	133	1825	-66,43	-135,6	735,1
371	7	5,33	1	952,4	153,8	1839	-71,08	-156,4	736,6
372	7	5,74	1	1031	134,1	1854	-72,07	-136,5	738,7
373	7	6,15	1	1132	119,8	1870	-67,29	-121,3	740,5
374	7	6,56	1	880,3	138,2	1734	-113,2	-138,2	673
375	7	6,97	0,88	102,1	133	1292	-555,8	-131,4	468
376	7	7,38	0,71	-53,5	131,5	749,9	-1662	-129,4	229,8
377	7	7,79	0,53	-146,6	73,33	354,1	-2314	-71,46	78,92
378	7	8,2	0,35	-205,2	46,67	67,81	-2608	-44,87	-20,57
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				11372	2564	28596	-14558	-2599	10970
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				4663	1051	11724	-5969	-1066	4498

Result Set Name: ULS akse 1 - Brulengde 15 meter

Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
22	0,41	0	0,35	207,1	74,11	52,38	-339,9	-209,7	-34,8
23	0,41	0,41	0,56	174,3	36,13	101,7	-355,2	-234	-52,86
24	0,41	0,82	0,76	86,12	-37,21	150,2	-272,2	-433,1	-56,86
25	0,41	1,23	0,97	100,3	-230,8	216,4	-165,6	-728,8	-33,1
26	0,41	1,64	1,1	229,4	-339,1	279,3	-206,5	-934,9	-6,571
27	0,41	2,05	1,1	233,9	-300,2	314,1	-125,7	-803,1	5,238
28	0,41	2,46	1,1	182,5	-177,4	319,7	-48,47	-573,1	18,88
29	0,41	2,87	1,1	144,8	-112,4	327,8	-35,73	-455,2	30,18
30	0,41	3,28	1,1	139,5	-69,11	335,4	-53,04	-370,9	35,87
31	0,41	3,69	1,1	133,5	-40,93	342	-62,18	-348,3	36,15
32	0,41	4,1	1,1	116,7	-35,75	346,5	-54,76	-328,1	30,81
33	0,41	4,51	1,1	115,2	-36,45	351,3	-56,87	-351,9	18,65
34	0,41	4,92	1,1	110,2	-62,26	355,4	-57,69	-377,2	-1,695
35	0,41	5,33	1,1	151	-109,4	361,4	-110	-461,1	-32,95
36	0,41	5,74	1,1	257,2	-162,7	372,9	-259	-600,5	-81,28
37	0,41	6,15	1,1	441,2	-259,8	400,2	-573,7	-870,3	-153,8
38	0,41	6,56	1,1	527,1	-301,2	381,9	-804,9	-1006	-194,5
39	0,41	6,97	0,97	298,2	-211,5	288,8	-607,4	-761,2	-168,3
40	0,41	7,38	0,76	115,3	-34,99	183,1	-399,3	-433,5	-110,5
41	0,41	7,79	0,55	150,4	42,15	109,2	-330,9	-242,5	-66,49
42	0,41	8,2	0,35	231,2	78,91	54,13	-362,4	-214,8	-35,6
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				4145	-2290	5644	-5281	-10738	-854
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1699	-939	2314	-2165	-4403	-350

Result Set Name: ULS akse 2 - Brulengde 15 meter

Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
757	14,59	0	0,35	200,3	206,8	52,48	-330,6	-74,93	-34,43
758	14,59	0,41	0,56	165,6	231,7	100,2	-344,1	-36,86	-49,52
759	14,59	0,82	0,76	78,06	431,6	146,5	-261,6	36,02	-48,5
760	14,59	1,23	0,97	94,3	728,6	206,3	-161,9	227,2	-14,76
761	14,59	1,64	1,1	228,7	938,2	265,4	-208,7	329,3	19,01
762	14,59	2,05	1,1	233,4	810,3	298,7	-133,7	289,9	31,46
763	14,59	2,46	1,1	181,3	577,9	303,3	-77,17	177,8	47,12
764	14,59	2,87	1,1	143,7	456	310,3	-99,85	116,4	60,8
765	14,59	3,28	1,1	139,4	369,7	316,1	-192,5	76,15	70,03
766	14,59	3,69	1,1	135,9	345,7	320	-346,6	49,7	75,41
767	14,59	4,1	1,1	124,2	325	320,5	-438,2	45,25	77,36
768	14,59	4,51	1,1	132,8	349,4	319,8	-345,5	45,04	75,51
769	14,59	4,92	1,1	136,9	377,6	315,6	-192,6	66,19	70,34
770	14,59	5,33	1,1	142,9	468,5	309,5	-102,1	100,7	61,29
771	14,59	5,74	1,1	182,4	593,1	301,5	-81,76	158,9	48,34
772	14,59	6,15	1,1	237	818,7	295,5	-138,2	280,2	33,7
773	14,59	6,56	1,1	235,4	932,9	261,2	-217,8	339,4	21,89
774	14,59	6,97	0,97	106,8	727,1	202,7	-174,4	234,6	-12,55
775	14,59	7,38	0,76	83,23	442,2	144,5	-272,8	35,95	-47,26
776	14,59	7,79	0,55	168,4	240,8	99,23	-349,6	-36,99	-49,64
777	14,59	8,2	0,35	200,2	213,4	52,67	-328,5	-74,49	-35,15
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				3351	10585	4942	-4798	2385	400
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1374	4340	2026	-1967	978	164

Result Set Name: ULS midtfelt - Brulengde 15 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
379	7,3	0	0,35	-231	40,27	55,78	-2756	-46,21	-32,93
380	7,3	0,41	0,56	-186	68,71	371,1	-2506	-75,55	83,55
381	7,3	0,82	0,76	-100,5	130	828,3	-1821	-138,4	264,9
382	7,3	1,23	0,97	46,24	133,3	1477	-512,5	-152,3	566,8
383	7,3	1,64	1,1	848,1	135,9	2017	47,52	-154,2	832,6
384	7,3	2,05	1,1	1149	114,1	2187	71,45	-138,2	922,7
385	7,3	2,46	1,1	1068	127	2171	42,72	-145,6	921
386	7,3	2,87	1,1	1009	146,2	2156	19,87	-162,2	919,1
387	7,3	3,28	1,1	970,7	124,3	2143	0,7065	-145,8	917,6
388	7,3	3,69	1,1	946,7	138,9	2129	-12,43	-156,7	916,5
389	7,3	4,1	1,1	922,7	125,9	2122	-11,7	-145,1	916
390	7,3	4,51	1,1	961,9	139	2130	-34,23	-157	916,1
391	7,3	4,92	1,1	1003	124,5	2143	-46,3	-146,2	916,9
392	7,3	5,33	1,1	1058	146,2	2157	-52,13	-162,4	918,3
393	7,3	5,74	1,1	1134	126,3	2172	-54,17	-144,5	920,2
394	7,3	6,15	1,1	1232	111,7	2188	-50,38	-133,8	921,9
395	7,3	6,56	1,1	932,4	131,1	2017	-110,5	-144,8	831,1
396	7,3	6,97	0,97	83,41	128,4	1477	-643,7	-140,7	565,1
397	7,3	7,38	0,76	-99,51	128,8	828,7	-1858	-130,8	264,3
398	7,3	7,79	0,55	-207	69,29	371,3	-2506	-71,49	83,32
399	7,3	8,2	0,35	-265,8	41,45	55,76	-2731	-43,6	-32,91
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				12275	2431	33197	-15524	-2736	13532
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				5033	997	13611	-6365	-1122	5548

Result Set Name: ULS akse 1 - Brulengde 16 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
22	0,41	0	0,35	220,7	72,4	53,47	-341,8	-219	-36,22
23	0,41	0,41	0,58	190,1	28,33	110,6	-368,4	-244,7	-58,15
24	0,41	0,82	0,81	94,35	-56,17	165,8	-286,8	-457,9	-58,57
25	0,41	1,23	1,05	98,98	-261,3	235,3	-180,7	-774,1	-29,24
26	0,41	1,64	1,2	241,8	-382,9	305,9	-231,2	-996,4	2,639
27	0,41	2,05	1,2	243,5	-341,8	346,8	-139,1	-862,2	15,72
28	0,41	2,46	1,2	189,7	-211	350,5	-47	-622,7	29,15
29	0,41	2,87	1,2	149,8	-138,1	357,6	-31,57	-500,8	40,55
30	0,41	3,28	1,2	146	-90,93	364,6	-50,62	-406,9	46,2
31	0,41	3,69	1,2	140	-60,37	371	-60,11	-384,5	46,15
32	0,41	4,1	1,2	123,2	-54,24	375,8	-52,86	-362,6	39,94
33	0,41	4,51	1,2	121,4	-55,52	381,3	-55,4	-388,4	26,24
34	0,41	4,92	1,2	116,9	-83,67	386,7	-59,5	-413,6	3,358
35	0,41	5,33	1,2	157	-135,3	394,9	-114,2	-506,8	-31,7
36	0,41	5,74	1,2	266,6	-195,7	410	-275,2	-650,3	-82,36
37	0,41	6,15	1,2	455	-300,9	444,5	-614,9	-932,5	-174,2
38	0,41	6,56	1,2	539,1	-343,3	422,5	-863	-1073	-222,2
39	0,41	6,97	1,05	297	-240,9	316,5	-644	-810,1	-182,9
40	0,41	7,38	0,81	114	-54,27	197,3	-417	-457,9	-122,5
41	0,41	7,79	0,58	167,6	33,89	117,5	-344,3	-252,7	-71,8
42	0,41	8,2	0,35	248,8	77,88	56,26	-367,3	-223,8	-37,97
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				4322	-2794	6165	-5545	-11541	-858
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1772	-1145	2528	-2273	-4732	-352

Result Set Name: ULS akse 2 - Brulengde 16 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
799	15,59	0	0,35	213,8	216	53,55	-332,6	-73,32	-36,11
800	15,59	0,41	0,58	181	241,5	109,4	-356,8	-29,12	-54,83
801	15,59	0,82	0,81	85,76	454,2	162,1	-276,1	54,84	-50,85
802	15,59	1,23	1,05	92,55	771,4	224,7	-176,9	257	-9,926
803	15,59	1,64	1,2	240,9	999,7	291,3	-233,7	372,3	30,46
804	15,59	2,05	1,2	242,9	869,9	330,5	-147,8	330,5	44,14
805	15,59	2,46	1,2	188,5	625,7	333,2	-79,86	210,5	60,09
806	15,59	2,87	1,2	148,8	499,5	339	-102,5	143,4	74,21
807	15,59	3,28	1,2	145,9	403,5	344	-202,6	99,78	83,85
808	15,59	3,69	1,2	142,4	379,9	347,4	-366,6	71,24	89,57
809	15,59	4,1	1,2	130,8	357,5	347,9	-464,2	65,95	91,66
810	15,59	4,51	1,2	139,2	383,9	347,2	-365,4	66,24	89,73
811	15,59	4,92	1,2	143,3	411,9	343,4	-202,6	89,27	84,25
812	15,59	5,33	1,2	147,7	512,4	338	-104,7	127,3	74,78
813	15,59	5,74	1,2	189,3	640,4	331,2	-84,76	192,4	61,36
814	15,59	6,15	1,2	246,4	876,9	327,2	-152,3	322,9	46,37
815	15,59	6,56	1,2	247,6	993,9	287,1	-242,9	383,8	33,28
816	15,59	6,97	1,05	105	768,9	221,1	-189,5	266,2	-7,764
817	15,59	7,38	0,81	90,25	465,1	160,1	-286,9	54,97	-50,47
818	15,59	7,79	0,58	183,6	250,8	108,4	-362	-29,22	-54,98
819	15,59	8,2	0,35	213,8	222,6	53,77	-330,5	-72,71	-36,93
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				3519	11346	5401	-5061	2904	562
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1443	4652	2214	-2075	1191	230

Result Set Name: ULS midtfelt - Brulengde 16 meter

- Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
421	8,21	0	0,35	-298,4	41,35	45,68	-2869	-39,83	-49,98
422	8,21	0,41	0,58	-255,7	71,17	390,3	-2693	-70,63	89,4
423	8,21	0,82	0,81	-156,2	134,7	911,9	-2015	-134,2	304,7
424	8,21	1,23	1,05	31,31	148,6	1674	-593,4	-140,1	680,4
425	8,21	1,64	1,2	896,8	151,4	2322	63,16	-141,3	1019
426	8,21	2,05	1,2	1248	136,8	2532	97,98	-119,9	1139
427	8,21	2,46	1,2	1171	144,4	2516	68,66	-130,4	1137
428	8,21	2,87	1,2	1115	161,7	2501	45,24	-148,4	1136
429	8,21	3,28	1,2	1078	144	2488	25,75	-127,6	1134
430	8,21	3,69	1,2	1055	155,5	2474	12,68	-141,5	1134
431	8,21	4,1	1,2	1030	142,8	2467	13,86	-128,6	1133
432	8,21	4,51	1,2	1070	155,5	2475	-5,453	-141,5	1133
433	8,21	4,92	1,2	1109	143,9	2488	-17,58	-127,6	1134
434	8,21	5,33	1,2	1162	161,3	2501	-23,19	-147,9	1135
435	8,21	5,74	1,2	1235	143,1	2516	-24,87	-128,2	1137
436	8,21	6,15	1,2	1328	133,6	2532	-20,77	-113,9	1138
437	8,21	6,56	1,2	979,8	146,3	2323	-96,86	-130,5	1018
438	8,21	6,97	1,05	66,87	143,9	1674	-725,1	-127,9	678,7
439	8,21	7,38	0,81	-154	133,7	912,2	-2054	-126,1	304,2
440	8,21	7,79	0,58	-274,7	71,88	390,4	-2697	-66,43	89,21
441	8,21	8,2	0,35	-330,2	42,51	45,69	-2847	-37,24	-49,99
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				13107	2708	38179	-16355	-2470	16574
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				5374	1110	15653	-6706	-1013	6795

Vedlegg H

Resultater Brigade bruksgrensetilstand

Result Set Name: SLS akse 1 - Brulengde 10 meter

Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)

Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)

Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)

Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)

Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
22	0,42	0	0,35	6,583	50,3	25,41	-137,4	-74,96	-8,553
23	0,42	0,41	0,45	0,4844	28,61	33,84	-125,7	-95,54	-5,23
24	0,42	0,82	0,54	-10,08	-32,75	51,92	-88,69	-171,8	-1,484
25	0,42	1,23	0,64	33,04	-137,7	73,47	-26,46	-289,3	8,541
26	0,42	1,64	0,7	75,45	-180,6	91,65	-20,37	-380,4	20,89
27	0,42	2,05	0,7	79,71	-151,7	102,1	-4,627	-318,4	27,2
28	0,42	2,46	0,7	66,31	-86,61	108,1	0,6683	-214	32,32
29	0,42	2,87	0,7	53,52	-55,05	114,7	-8,292	-161,5	37,12
30	0,42	3,28	0,7	45,28	-33,78	120,2	-15,64	-127,8	40,55
31	0,42	3,69	0,7	39,99	-21,56	123,9	-19,53	-118,9	42,25
32	0,42	4,1	0,7	33,04	-19,07	125,6	-15,72	-110,1	42,17
33	0,42	4,51	0,7	33,42	-20,95	125,9	-12,95	-119,5	40,23
34	0,42	4,92	0,7	35,16	-32,39	124,6	-5,514	-129,1	36,25
35	0,42	5,33	0,7	55,7	-53,3	121,8	-10,47	-163,4	30,04
36	0,42	5,74	0,7	91,53	-81,71	119,1	-45,79	-221,7	21,4
37	0,42	6,15	0,7	148,5	-138,3	118,8	-106,2	-331,7	10,51
38	0,42	6,56	0,7	174,9	-169,6	111,2	-157,2	-391,5	1,319
39	0,42	6,97	0,64	104	-132,5	88,21	-136,4	-294,4	-6,202
40	0,42	7,38	0,54	10,66	-32,29	59,45	-109,4	-174	-9,016
41	0,42	7,79	0,45	-4,51	28,88	37,2	-115	-99,37	-8,592
42	0,42	8,2	0,35	8,99	50,46	25,69	-140,9	-79,03	-6,362
Sum krefter akse 1 (kNm/m, kN/m)				1082	-1222	1903	-1302	-4066	345
Ca. total kraft i akse 1 (kNm, kN)				443	-501	780	-534	-1667	142

Result Set Name: SLS akse 2 - Brulengde 10 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
484	9,58	0	0,35	5,167	74,36	25,27	-134	-50,3	-8,096
485	9,58	0,41	0,45	-1,151	95,42	32,57	-121,8	-28,61	-3,964
486	9,58	0,82	0,54	-13,41	171,8	50,11	-85,37	32,75	0,5793
487	9,58	1,23	0,64	31,53	290	70,87	-24,87	137,2	11,53
488	9,58	1,64	0,7	75,2	381,7	88,02	-20,81	179,4	24,61
489	9,58	2,05	0,7	79,6	320,1	98,15	-6,398	149,9	31,23
490	9,58	2,46	0,7	65,98	216,2	104	0,9881	86,61	36,49
491	9,58	2,87	0,7	53,29	162,5	110,2	-8,056	54,19	41,58
492	9,58	3,28	0,7	45,46	128,7	115,4	-41,01	33,27	45,44
493	9,58	3,69	0,7	41,11	119,2	118,4	-79,71	21,4	47,74
494	9,58	4,1	0,7	36,06	110,5	119,3	-102	19,07	48,5
495	9,58	4,51	0,7	40,08	119,9	118,4	-79,5	20,5	47,72
496	9,58	4,92	0,7	44,73	130,7	115,4	-41,17	31,19	45,44
497	9,58	5,33	0,7	53,46	166,3	110,1	-8,228	50,43	41,69
498	9,58	5,74	0,7	66,96	222,1	103,6	0,01481	81,61	36,83
499	9,58	6,15	0,7	81,28	325,2	97,43	-7,7	144,8	31,95
500	9,58	6,56	0,7	79	380,9	86,89	-23,47	180,2	25,75
501	9,58	6,97	0,64	36,94	289,5	69,8	-30,28	137,7	12,6
502	9,58	7,38	0,54	-8,023	174,3	49,24	-90,76	32,29	1,446
503	9,58	7,79	0,45	0,03116	97,82	31,96	-125,4	-28,88	-3,344
504	9,58	8,2	0,35	5,605	76,99	25,09	-134,3	-50,46	-8,148
Sum krefter akse 1 (kNm/m, kN/m)				819	4054	1740	-1164	1234	508
Ca. total kraft i akse 1 (kNm, kN)				336	1662	713	-477	506	208

Result Set Name: SLS midtfelt - Brulengde 10 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
253	5	0	0,35	-306,6	27,02	59,06	-919,8	-27,05	22,64
254	5	0,41	0,45	-228,5	31,61	151,7	-702,2	-31,63	73,33
255	5	0,82	0,54	-125,7	47,38	264,8	-412,9	-47,39	137,2
256	5	1,23	0,64	27,05	46,34	404,9	-52,82	-46,36	221,1
257	5	1,64	0,7	284,4	48,2	510,7	85,19	-48,24	281,9
258	5	2,05	0,7	326,3	41,85	539,3	99,16	-41,86	301,1
259	5	2,46	0,7	275,1	47,55	532,6	77,61	-47,54	298,8
260	5	2,87	0,7	236,9	55,37	526,7	61,14	-55,38	296,2
261	5	3,28	0,7	211,4	48,51	521,5	47,25	-48,52	294,2
262	5	3,69	0,7	196,2	53,43	516,3	36,84	-53,43	292,9
263	5	4,1	0,7	186,1	48,44	513,9	33,21	-48,44	292,4
264	5	4,51	0,7	199,9	53,57	516,5	30,44	-53,58	292,7
265	5	4,92	0,7	220,9	48,79	521,9	33,51	-48,8	293,8
266	5	5,33	0,7	252,5	55,76	527,2	41,27	-55,77	295,7
267	5	5,74	0,7	296,7	47,98	533,3	53,63	-47,96	298,2
268	5	6,15	0,7	354,2	41,97	540	71,36	-41,98	300,4
269	5	6,56	0,7	315,8	47,57	511,3	50,66	-47,61	281,3
270	5	6,97	0,64	52,03	44,94	405,4	-77,8	-44,84	220,5
271	5	7,38	0,54	-120	45,93	265,2	-428	-45,84	136,9
272	5	7,79	0,45	-227,9	31,19	152	-708,3	-31,12	73,15
273	5	8,2	0,35	-310,2	27,08	59,18	-918,1	-26,98	22,55
Sum krefter akse 1 (kNm/m, kN/m)				2117	940	8573	-3499	-940	4727
Ca. total kraft i akse 1 (kNm, kN)				868	386	3515	-1434	-386	1938

Result Set Name: SLS akse 1 - Brulende 12 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
22	0,41	0	0,35	5,144	33,84	23,12	-148,7	-77,47	-10,69
23	0,41	0,41	0,47	-5,289	15,11	37,63	-143,7	-104,7	-5,762
24	0,41	0,82	0,6	-23,57	-50,45	53,9	-106,6	-196,9	-0,7451
25	0,41	1,23	0,72	28,38	-176,9	84,13	-32,84	-336,6	13,63
26	0,41	1,64	0,8	81,23	-235,3	110,3	-25,3	-443,8	31,52
27	0,41	2,05	0,8	89,53	-200,7	123,9	-2,849	-375	40,87
28	0,41	2,46	0,8	75,96	-122,4	130,8	8,593	-256,8	47,43
29	0,41	2,87	0,8	62,05	-82,84	138,1	-1,755	-195,6	53,56
30	0,41	3,28	0,8	52,81	-57,32	144,3	-9,964	-156,3	57,94
31	0,41	3,69	0,8	47,03	-43	148,4	-14,43	-145,5	60,09
32	0,41	4,1	0,8	39,83	-40,24	150,2	-10,72	-136,4	60,06
33	0,41	4,51	0,8	40,35	-42,04	150,8	-7,751	-146,4	57,68
34	0,41	4,92	0,8	42,34	-55,56	149,4	0,5071	-158,1	52,81
35	0,41	5,33	0,8	64,16	-80,99	146,6	-15,79	-197,4	45,08
36	0,41	5,74	0,8	101,8	-117	143,9	-47,31	-264,4	34,3
37	0,41	6,15	0,8	160,8	-186,5	144,2	-119,1	-389,2	20,59
38	0,41	6,56	0,8	184	-223,2	134,2	-181,3	-455,9	7,635
39	0,41	6,97	0,72	100,5	-170,8	101,8	-160,1	-342,7	-4,048
40	0,41	7,38	0,6	-4,457	-49,91	62,56	-125,8	-198,9	-9,401
41	0,41	7,79	0,47	-11,47	15,43	34,54	-130,7	-108,5	-9,366
42	0,41	8,2	0,35	8,777	34,02	23,29	-153,6	-81,33	-10,88
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				1140	-1837	2236	-1429	-4768	532
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				467	-753	917	-586	-1955	218

Result Set Name: SLS akse 2 - Brulengde 12 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
589	11,59	0	0,35	3,562	76,94	23,04	-145,1	-33,84	-10,34
590	11,59	0,41	0,47	-7,201	104,3	37,24	-139,6	-15,11	-4,552
591	11,59	0,82	0,6	-15,31	196,8	51,75	-103,1	50,45	1,401
592	11,59	1,23	0,72	26,88	337	81,13	-31,16	176,5	16,94
593	11,59	1,64	0,8	80,99	445,1	106,2	-25,92	234,1	35,74
594	11,59	2,05	0,8	89,42	377	119,4	-5,027	198,7	45,47
595	11,59	2,46	0,8	75,61	258,3	126,1	8,937	122,4	52,22
596	11,59	2,87	0,8	61,77	196	133	-13,63	82,42	58,62
597	11,59	3,28	0,8	52,93	156,3	138,7	-42,37	57,38	63,5
598	11,59	3,69	0,8	48,07	145,3	142,2	-87,6	43,3	66,36
599	11,59	4,1	0,8	42,79	136	143	-113,9	40,3	67,31
600	11,59	4,51	0,8	46,98	146,3	142,2	-87,36	42,26	66,33
601	11,59	4,92	0,8	52,08	158,6	138,7	-42,47	55,03	63,49
602	11,59	5,33	0,8	61,71	200,1	132,9	-14,37	78,3	58,71
603	11,59	5,74	0,8	76,25	264,3	125,7	-1,538	117,1	52,56
604	11,59	6,15	0,8	90,83	381,9	118,6	-6,225	193,8	46,19
605	11,59	6,56	0,8	84,49	444,3	105,1	-28,5	235	36,83
606	11,59	6,97	0,72	31,88	336,5	80,2	-36,15	177,1	17,87
607	11,59	7,38	0,6	-22,26	199,5	51,08	-108	49,91	2,073
608	11,59	7,79	0,47	-6,085	106,9	37	-142,8	-15,43	-4,134
609	11,59	8,2	0,35	3,914	79,47	22,94	-145,1	-34,02	-10,42
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				879	4747	2056	-1311	1856	722
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				361	1946	843	-538	761	296

Result Set Name: SLS midtfelt - Brulengde 12 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
295	5,79	0	0,35	-521,5	20,16	46,33	-1235	-24,25	17,85
296	5,79	0,41	0,47	-414	26,58	174,1	-996,8	-31,95	94,78
297	5,79	0,82	0,6	-253,2	43,96	337,8	-635,4	-52,14	196,1
298	5,79	1,23	0,72	-22,78	42,54	553,5	-120,9	-54,44	334,2
299	5,79	1,64	0,8	359,4	43,65	724,8	136,9	-57,32	447,2
300	5,79	2,05	0,8	446,8	36,57	775,8	176,8	-50,72	482,2
301	5,79	2,46	0,8	397,3	42,09	768,9	151,7	-55,59	480,3
302	5,79	2,87	0,8	360,3	49,57	762,9	132,3	-62,87	478,1
303	5,79	3,28	0,8	335,3	42,33	757,8	117,8	-56,04	476,5
304	5,79	3,69	0,8	320,1	47,57	752,6	108	-60,68	475,4
305	5,79	4,1	0,8	309,6	42,68	750,1	103,8	-55,84	475
306	5,79	4,51	0,8	324,6	47,68	752,7	100,2	-60,79	475,2
307	5,79	4,92	0,8	346	42,54	758,1	103,2	-56,25	476,2
308	5,79	5,33	0,8	377,2	49,85	763,3	111,7	-63,15	477,8
309	5,79	5,74	0,8	420,5	42,32	769,3	125,4	-55,82	479,9
310	5,79	6,15	0,8	476,3	36,47	776,2	144,8	-50,62	481,8
311	5,79	6,56	0,8	390,8	42,77	725,2	95,98	-56,44	446,8
312	5,79	6,97	0,72	-0,2653	40,97	553,8	-143,4	-52,78	333,6
313	5,79	7,38	0,6	-250,1	42,64	338	-645,5	-50,73	196
314	5,79	7,79	0,47	-416,8	26,36	174,2	-996,9	-31,39	94,69
315	5,79	8,2	0,35	-528,8	20,04	46,38	-1227	-24,05	17,81
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				2457	829	12062	-4392	-1064	7437
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1007	340	4945	-1801	-436	3049

Result Set Name: SLS akse 1 - Brulengde 14 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
22	0,41	0	0,35	16,88	24,67	20,51	-147,7	-93,73	-13,7
23	0,41	0,41	0,53	-0,3534	-2,496	41,01	-156,1	-113	-12,93
24	0,41	0,82	0,71	-17,65	-77,54	55	-123,8	-228,5	0,5735
25	0,41	1,23	0,88	20,59	-231,1	99,56	-55,63	-403,4	22,48
26	0,41	1,64	1	83,1	-316	139,4	-41,8	-533,7	49,09
27	0,41	2,05	1	97,61	-274,6	157,8	-7,507	-457,1	62,79
28	0,41	2,46	1	85,08	-178,6	165	17,5	-318,3	70,57
29	0,41	2,87	1	70,17	-126,9	173	5,57	-244,7	78,06
30	0,41	3,28	1	59,89	-94,92	179,6	-3,828	-198,1	83,31
31	0,41	3,69	1	53,55	-76,86	184,2	-8,894	-184,3	85,89
32	0,41	4,1	1	46,11	-72,87	186,4	-5,301	-174,4	85,78
33	0,41	4,51	1	46,74	-75,61	187,3	-2,086	-185,5	82,77
34	0,41	4,92	1	49,14	-92,69	186,2	-3,683	-200,4	76,66
35	0,41	5,33	1	72,43	-124,7	184,2	-15,94	-246,9	66,93
36	0,41	5,74	1	112,2	-172	182,5	-57,21	-326,2	53,12
37	0,41	6,15	1	172,7	-259,5	185,5	-152,4	-472,2	35,08
38	0,41	6,56	1	190,7	-302,7	172,3	-234,7	-547,1	16,21
39	0,41	6,97	0,88	93,97	-224,4	123,1	-202,7	-410,1	-1,075
40	0,41	7,38	0,71	-22,06	-76,98	65,63	-169,4	-229,8	-10,05
41	0,41	7,79	0,53	-7,051	-2,131	42,57	-143	-116,7	-16,95
42	0,41	8,2	0,35	23,02	26,54	20,64	-154,8	-94,65	-13,6
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				1247	-2731	2751	-1663	-5779	801
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				511	-1120	1128	-682	-2369	328

Result Set Name: SLS akse 2 - Brulengde 14 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
694	13,59	0	0,35	15,06	92,81	20,48	-144,1	-24,99	-13,51
695	13,59	0,41	0,53	-2,66	112,4	40,71	-151,8	2,496	-11,88
696	13,59	0,82	0,71	-19,77	228,2	52,74	-119,9	77,54	2,84
697	13,59	1,23	0,88	18,74	403,7	95,75	-54,9	230,8	26,29
698	13,59	1,64	1	82,8	535,2	134,4	-42,65	314,5	54,11
699	13,59	2,05	1	97,46	459,6	152,3	-10,38	272,1	68,27
700	13,59	2,46	1	84,67	319,6	159,3	2,07	178,6	76,27
701	13,59	2,87	1	69,82	244,7	166,9	-13,14	126,9	84,16
702	13,59	3,28	1	59,91	197,5	172,9	-50,08	95,56	90,02
703	13,59	3,69	1	54,48	183,3	176,6	-107,4	77,85	93,51
704	13,59	4,1	1	48,97	173,3	177,5	-141,4	73,99	94,7
705	13,59	4,51	1	53,33	184,6	176,6	-107,2	76,54	93,54
706	13,59	4,92	1	58,97	200,4	172,8	-50,23	92,7	90,13
707	13,59	5,33	1	69,56	249,4	166,7	-13,93	122,2	84,39
708	13,59	5,74	1	85,1	325,6	158,8	0,4525	172,6	76,84
709	13,59	6,15	1	98,83	463,4	151,3	-11,71	268,3	69,29
710	13,59	6,56	1	86,32	533,6	133	-45,48	316,1	55,45
711	13,59	6,97	0,88	23,6	402,4	94,66	-58,6	232,1	27,38
712	13,59	7,38	0,71	-18,34	230,9	52,02	-124,3	76,98	3,553
713	13,59	7,79	0,53	-1,718	115,1	40,44	-154,3	2,131	-12,01
714	13,59	8,2	0,35	15,28	94,71	20,51	-143,5	-24,83	-13,69
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				980	5750	2516	-1542	2760	1040
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				402	2358	1032	-632	1132	426

Result Set Name: SLS midtfelt - Brulengde 14 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
358	7	0	0,35	-702,4	17,56	29,95	-1453	-17,63	-3,162
359	7	0,41	0,53	-607,5	27,57	183,8	-1273	-27,66	108,6
360	7	0,82	0,71	-412,3	50,11	420,3	-890,6	-50,23	268,5
361	7	1,23	0,88	-66,39	51,88	761,4	-217,7	-52,01	509
362	7	1,64	1	428,3	53,32	1049	186,7	-53,41	714,5
363	7	2,05	1	574,8	45,63	1142	261,8	-45,68	787,9
364	7	2,46	1	528,8	50,82	1135	235,3	-50,84	786,2
365	7	2,87	1	494,5	58,08	1128	214,6	-58,09	784,3
366	7	3,28	1	471,2	50,41	1123	199,1	-50,42	782,9
367	7	3,69	1	456,8	55,67	1118	189,3	-55,68	781,9
368	7	4,1	1	446,1	50,82	1115	186,6	-50,83	781,6
369	7	4,51	1	461,9	55,73	1118	181,5	-55,74	781,8
370	7	4,92	1	482,4	50,51	1123	183,8	-50,51	782,7
371	7	5,33	1	511,8	58,15	1129	191,9	-58,16	784,1
372	7	5,74	1	552,3	50,7	1135	205,3	-50,71	786
373	7	6,15	1	604,4	44,98	1142	224,4	-45,03	787,7
374	7	6,56	1	459,3	51,72	1049	136,9	-51,72	714,1
375	7	6,97	0,88	-75,09	49,63	761,6	-238,2	-49,48	508,5
376	7	7,38	0,71	-411,4	48,89	420,4	-897,6	-48,75	268,4
377	7	7,79	0,53	-612,8	27,31	183,8	-1270	-27,2	108,5
378	7	8,2	0,35	-711,7	17,43	29,95	-1443	-17,34	-3,167
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				2873	967	17297	-5086	-967	11821
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1178	396	7092	-2085	-397	4847

Result Set Name: SLS akse 1 - Brulengde 15 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
 Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
22	0,41	0	0,35	24,32	21,06	19,85	-143,3	-100	-14,88
23	0,41	0,41	0,56	3,187	-10,99	43,17	-158,8	-117,2	-15,83
24	0,41	0,82	0,76	-19,13	-93,38	66,84	-130	-242,6	0,9783
25	0,41	1,23	0,97	16,42	-262,5	106,2	-63,94	-438	26,8
26	0,41	1,64	1,1	101,1	-361,7	153,3	-51,05	-584,7	58,23
27	0,41	2,05	1,1	100,2	-316,3	174,6	-10,34	-503,3	74,44
28	0,41	2,46	1,1	88,78	-210,1	181,9	21,49	-350,8	82,55
29	0,41	2,87	1,1	73,36	-151,6	189,9	8,902	-269	90,66
30	0,41	3,28	1,1	62,78	-116,2	196,6	-1,044	-220,3	96,26
31	0,41	3,69	1,1	56,19	-96,13	201,4	-6,421	-204	99,03
32	0,41	4,1	1,1	48,65	-91,51	203,8	-2,923	-194,2	98,88
33	0,41	4,51	1,1	49,38	-94,74	204,8	0,3912	-205,4	95,56
34	0,41	4,92	1,1	51,89	-113,7	204	-2,561	-222,8	88,84
35	0,41	5,33	1,1	75,77	-149,2	202,4	-14,86	-271,4	78,19
36	0,41	5,74	1,1	116,4	-203,1	201,6	-60,01	-358,7	62,84
37	0,41	6,15	1,1	176,9	-300,9	206,4	-165,7	-518,7	16,87
38	0,41	6,56	1,1	192	-347,7	191,3	-257,3	-598,7	-6,408
39	0,41	6,97	0,97	90,14	-255,4	133	-219,8	-445,1	0,01902
40	0,41	7,38	0,76	-29,71	-92,82	66,67	-179,5	-243,5	-23,27
41	0,41	7,79	0,55	-3,144	-10,6	44,79	-147	-120,8	-19,99
42	0,41	8,2	0,35	31,83	22,98	20,41	-151,7	-100,8	-15,06
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				1307	-3235	3013	-1735	-6310	875
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				536	-1326	1235	-712	-2587	359

Result Set Name: SLS akse 2 - Brulengde 15 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
 Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
 Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
 Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
757	14,59	0	0,35	22,48	99,05	19,89	-139,8	-21,4	-14,76
758	14,59	0,41	0,56	0,7757	116,8	42,91	-154,7	10,99	-14,78
759	14,59	0,82	0,76	-21,38	242,7	66,21	-126,1	93,38	3,267
760	14,59	1,23	0,97	14,5	439	102,2	-63,18	262,2	30,78
761	14,59	1,64	1,1	101	586,2	148	-51,99	360,2	63,53
762	14,59	2,05	1,1	100	506	168,8	-13,45	313,6	80,24
763	14,59	2,46	1,1	88,34	352,6	175,8	3,675	209,8	88,61
764	14,59	2,87	1,1	72,96	269,3	183,5	-11,8	151,9	97,14
765	14,59	3,28	1,1	62,74	219,9	189,4	-52,2	117,1	103,4
766	14,59	3,69	1,1	57,06	203,1	193,2	-114,2	97,49	107,2
767	14,59	4,1	1,1	51,42	193,1	194,2	-151,1	93,02	108,5
768	14,59	4,51	1,1	55,9	204,5	193,2	-113,9	96,06	107,2
769	14,59	4,92	1,1	61,78	222,9	189,3	-52,34	114,1	103,6
770	14,59	5,33	1,1	72,75	274,2	183,2	-12,56	147	97,43
771	14,59	5,74	1,1	88,67	358,5	175,1	2,071	203,9	89,25
772	14,59	6,15	1,1	101,3	509,3	167,7	-14,79	310,3	81,33
773	14,59	6,56	1,1	102,5	584,3	146,6	-54,85	362,1	64,92
774	14,59	6,97	0,97	19,25	437,3	101,1	-66,86	263,9	31,9
775	14,59	7,38	0,76	-20,07	245,4	65,64	-130,3	92,82	3,968
776	14,59	7,79	0,55	1,656	119,6	42,62	-156,8	10,6	-14,91
777	14,59	8,2	0,35	22,69	101	19,94	-139,1	-21,22	-14,98
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				1056	6285	2769	-1614	3268	1203
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				433	2577	1135	-662	1340	493

Result Set Name: SLS midtfelt - Brulengde 15 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
379	7,3	0	0,35	-791,4	14,85	19,86	-1553	-17,46	-13,68
380	7,3	0,41	0,56	-709,5	25,06	193,3	-1410	-28,51	117,5
381	7,3	0,82	0,76	-499,9	46,9	470,3	-1020	-52,3	310,9
382	7,3	1,23	0,97	-95,33	46,99	886,5	-268,9	-58,24	614,6
383	7,3	1,64	1,1	464,3	46,85	1246	213,1	-59,63	880,6
384	7,3	2,05	1,1	640,1	38,49	1365	308,8	-54,26	978,1
385	7,3	2,46	1,1	595,7	43,69	1358	282,2	-57,56	976,5
386	7,3	2,87	1,1	562,6	51,02	1352	261,2	-63,87	974,7
387	7,3	3,28	1,1	540,3	43,01	1346	245,5	-57,83	973,4
388	7,3	3,69	1,1	526,4	48,47	1341	235,7	-61,89	972,5
389	7,3	4,1	1,1	515,8	43,66	1338	233,6	-57,55	972,2
390	7,3	4,51	1,1	532	48,51	1341	228,6	-61,93	972,4
391	7,3	4,92	1,1	552,1	43,07	1346	230,2	-57,9	973,2
392	7,3	5,33	1,1	580,8	51,02	1352	237,6	-63,87	974,5
393	7,3	5,74	1,1	620,2	43,45	1358	250,3	-57,31	976,3
394	7,3	6,15	1,1	671	37,62	1365	268,7	-53,39	977,9
395	7,3	6,56	1,1	495,5	45,1	1246	159,1	-57,66	880,1
396	7,3	6,97	0,97	-87,36	44,61	886,7	-288,6	-55,55	614
397	7,3	7,38	0,76	-500,5	45,67	470,4	-1025	-50,8	310,8
398	7,3	7,79	0,55	-716,3	24,62	193,3	-1405	-27,89	117,4
399	7,3	8,2	0,35	-802,1	14,71	19,85	-1542	-17,17	-13,68
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				3094	847	20494	-5358	-1073	14540
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1269	347	8403	-2197	-440	5961

Result Set Name: SLS akse 1 - Brulengde 16 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
22	0,41	0	0,35	28,28	17,3	19,5	-143,2	-105,6	-15,95
23	0,41	0,41	0,58	5,294	-20,05	46,38	-164,6	-122,8	-18,13
24	0,41	0,82	0,81	-20,74	-110,8	74,4	-137,9	-261,5	-5,008
25	0,41	1,23	1,05	12,03	-294,8	116,1	-72,03	-474,6	34,59
26	0,41	1,64	1,2	107,3	-408,3	172,1	-59,86	-634,3	72,08
27	0,41	2,05	1,2	104	-360	197	-12,8	-550,1	90,96
28	0,41	2,46	1,2	93,58	-244,5	203,4	26,25	-388	98,66
29	0,41	2,87	1,2	77,53	-179,1	211,1	12,99	-301	106,7
30	0,41	3,28	1,2	66,57	-140,1	217,6	2,445	-246,7	112,4
31	0,41	3,69	1,2	59,61	-117,9	222,3	-3,149	-229,5	115,1
32	0,41	4,1	1,2	51,93	-112,6	224,9	0,2913	-218,8	114,9
33	0,41	4,51	1,2	52,67	-116,4	226,1	3,788	-231	111,3
34	0,41	4,92	1,2	55,78	-137,4	225,8	-1,083	-249,3	104,2
35	0,41	5,33	1,2	80,43	-176,6	224,9	-13,85	-303,5	92,9
36	0,41	5,74	1,2	122	-237	225,4	-63,07	-395,9	57,04
37	0,41	6,15	1,2	182,3	-344,3	233,2	-178,6	-565,8	21,41
38	0,41	6,56	1,2	193,9	-393,6	215,3	-278,6	-649	-6,332
39	0,41	6,97	1,05	85,87	-287,3	146,2	-236,3	-482,1	-20,3
40	0,41	7,38	0,81	-16,78	-110,2	69,58	-191,3	-262,5	-26,68
41	0,41	7,79	0,58	-0,7277	-19,66	48,07	-176,6	-126,4	-22,46
42	0,41	8,2	0,35	37,08	19,38	20,38	-152,7	-106,4	-16,39
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				1378	-3774	3340	-1840	-6905	1001
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				565	-1547	1369	-754	-2831	410

Result Set Name: SLS akse 2 - Brulengde 16 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
799	15,59	0	0,35	26,38	104,6	19,53	-139,8	-17,65	-15,91
800	15,59	0,41	0,58	2,737	122,1	46,15	-160,3	20,05	-17,07
801	15,59	0,82	0,81	-23,18	261	73,79	-134	110,8	-2,687
802	15,59	1,23	1,05	10,01	474,9	112	-71,22	294,5	38,76
803	15,59	1,64	1,2	107,1	636	166,5	-60,92	406,6	77,67
804	15,59	2,05	1,2	103,8	553	190,9	-16,2	357,1	97,09
805	15,59	2,46	1,2	93,12	389,2	196,9	5,513	243,8	105,1
806	15,59	2,87	1,2	77,14	300,5	204,2	-10,21	179,6	113,6
807	15,59	3,28	1,2	66,54	245,4	209,9	-53,85	141,3	120
808	15,59	3,69	1,2	60,48	227,8	213,6	-119,8	119,6	123,9
809	15,59	4,1	1,2	54,75	216,9	214,5	-159,2	114,4	125,2
810	15,59	4,51	1,2	59,29	229,4	213,5	-119,6	118,1	124
811	15,59	4,92	1,2	65,53	248,7	209,7	-53,99	138,1	120,2
812	15,59	5,33	1,2	77	305,6	203,9	-10,96	174,6	114
813	15,59	5,74	1,2	93,36	394,9	196,2	3,903	238	105,8
814	15,59	6,15	1,2	105	555,8	189,8	-17,54	354,3	98,21
815	15,59	6,56	1,2	108,7	633,8	165,1	-63,85	408,8	79,06
816	15,59	6,97	1,05	14,75	472,7	110,9	-74,97	296,7	39,85
817	15,59	7,38	0,81	-21,92	263,7	73,2	-138	110,2	-2,78
818	15,59	7,79	0,58	3,6	125	45,86	-162,3	19,66	-17,21
819	15,59	8,2	0,35	26,6	106,5	19,59	-139	-17,47	-16,15
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				1111	6868	3076	-1696	3811	1411
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				455	2816	1261	-695	1563	578

Result Set Name: SLS midtfelt - Brulengde 16 meter

- Case 1: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 2: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 3: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 4: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Membrane Force Ns (kN/m)
Case 5: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Transverse Shear Force Vsz (kN/m)
Case 6: SLS, Quasi-permanent - Risskontroll, Min, Bending Moment Ma (kNm/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
421	8,21	0	0,35	-883,8	16,12	9,974	-1650	-13,9	-25,38
422	8,21	0,41	0,58	-819,2	27,58	204,2	-1546	-24,69	127,8
423	8,21	0,82	0,81	-596,3	52,13	524,8	-1152	-46,76	358,7
424	8,21	1,23	1,05	-127,9	58,5	1024	-319,9	-47,39	735,4
425	8,21	1,64	1,2	500,5	60,32	1465	241,2	-46,77	1073
426	8,21	2,05	1,2	709,1	55,24	1615	359	-38,75	1191
427	8,21	2,46	1,2	666	58,36	1608	332,5	-43,22	1190
428	8,21	2,87	1,2	634	64,86	1601	311,6	-50,24	1188
429	8,21	3,28	1,2	612,2	58,34	1596	296	-42,66	1187
430	8,21	3,69	1,2	598,6	62,62	1591	286,3	-47,82	1186
431	8,21	4,1	1,2	587,8	57,93	1588	284,5	-43,05	1186
432	8,21	4,51	1,2	604,1	62,62	1591	280,6	-47,82	1186
433	8,21	4,92	1,2	623,8	58,31	1596	282	-42,63	1187
434	8,21	5,33	1,2	651,5	64,72	1602	289,2	-50,1	1188
435	8,21	5,74	1,2	689,7	57,91	1608	301,7	-42,76	1189
436	8,21	6,15	1,2	738,7	54,08	1615	319,8	-37,59	1191
437	8,21	6,56	1,2	531,2	58,34	1466	186,4	-44,49	1072
438	8,21	6,97	1,05	-120	56,1	1024	-339,4	-44,62	734,8
439	8,21	7,38	0,81	-596,5	50,92	524,9	-1157	-45,21	358,5
440	8,21	7,79	0,58	-825,6	27,16	204,2	-1542	-24,04	127,8
441	8,21	8,2	0,35	-893,7	15,98	9,977	-1639	-13,59	-25,39
Sum krefter midtfelt (kNm/m, kN/m)				3284	1078	24068	-5575	-838	17606
Ca. total kraft i midtfelt (kNm, kN)				1347	442	9868	-2286	-344	7219

Vedlegg I

Mathcad-ark for manuelle kontroller

Kontroll av egenvekt

Egenvekt	$q := 130.38 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$	
Brulengde	$L := 10\text{m}$	
Moment pga. egenvekt	$M_{\text{Ed.ev}} := \frac{q \cdot L^2}{8}$	$M_{\text{Ed.ev}} = 1629.75 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Moment fra brigade	$M_{\text{ev.brigade}} := 1617.2 \text{kN} \cdot \text{m}$	
Avvik	$\frac{M_{\text{Ed.ev}} - M_{\text{ev.brigade}}}{M_{\text{ev.brigade}}} = 0.8\%$	

Last fra kjøretøy

Punktlast	$P_1 := 300\text{kN}$ $P_2 := 200\text{kN}$	
Avstand mellom hjul	$L_1 := 1.2\text{m}$	
Moment pga. kjøretøy	$M_{\text{kt}} := \frac{(P_1 + P_2) \cdot (L - L_1)}{2}$	$M_{\text{kt}} = 2200 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$
Moment fra Brigade	$M_{\text{kt.brigade}} := 2327.6 \text{kN} \cdot \text{m}$	
Avvik	$\frac{M_{\text{kt.brigade}} - M_{\text{kt}}}{M_{\text{kt}}} = 5.8\%$	

Jevnt fordelt last over tverrsnittet

Jevnt fordelt last tverrsnitt $q_1 := 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Bredde brubane uten kantdrager $b := 8.2\text{m}$

Moment pga. last tverrsnitt $M_{ts} := \frac{q_1 \cdot b \cdot L^2}{8}$ $M_{ts} = 256.25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Moment fra Brigade $M_{ts,brigade} := 245.1 \text{kN} \cdot \text{m}$

Avvik $\frac{M_{ts} - M_{ts,brigade}}{M_{ts,brigade}} = 4.5\%$

Kontroll av jevnt fordelt last kjørebane

Jevnt fordelt last kjørebane $q_2 := 2.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Bredde kjørefelt $b_{felt} := 3\text{m}$

Moment pga. last kjørebane $M_{kb} := \frac{q_2 \cdot b_{felt} \cdot L^2}{8}$ $M_{kb} = 108.75 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$

Moment fra Brigade $M_{kb,brigade} := 119.4 \text{kN} \cdot \text{m}$

Avvik $\frac{M_{kb,brigade} - M_{kb}}{M_{kb}} = 9.8\%$

Vedlegg J

Resultater Brigade for manuelle kontroller

Result Set Name: Egenvekt manuell kontroll - Brulengde 10 meter

Case 1: Dead Weight, Bending Moment Ma (kNm/m)

Case 2: Dead Weight, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
253	5	0	0,35	24,76	-407,3	0,3735	-0,1515	12,6	5,1	17,7
254	5	0,41	0,45	65,15	-309,9	0,3735	-0,1015	12,9	26,7	39,6
255	5	0,82	0,54	114,7	-180	0,3735	-0,0565	4,2	47,0	51,2
256	5	1,23	0,64	176,4	-8,311	0,3735	-0,0065	0,0	72,3	72,3
257	5	1,64	0,7	223,9	116,5	0,3735	0,0235	1,1	91,8	92,9
258	5	2,05	0,7	238	138,9	0,3735	0,0235	1,3	97,6	98,9
259	5	2,46	0,7	236,2	117,3	0,3735	0,0235	1,1	96,8	98,0
260	5	2,87	0,7	234,6	100,5	0,3735	0,0235	1,0	96,2	97,2
261	5	3,28	0,7	233,4	88,39	0,3735	0,0235	0,9	95,7	96,5
262	5	3,69	0,7	232,7	81,15	0,3735	0,0235	0,8	95,4	96,2
263	5	4,1	0,7	232,4	78,73	0,3735	0,0235	0,8	95,3	96,0
264	5	4,51	0,7	232,7	81,15	0,3735	0,0235	0,8	95,4	96,2
265	5	4,92	0,7	233,4	88,39	0,3735	0,0235	0,9	95,7	96,5
266	5	5,33	0,7	234,6	100,5	0,3735	0,0235	1,0	96,2	97,2
267	5	5,74	0,7	236,2	117,3	0,3735	0,0235	1,1	96,8	98,0
268	5	6,15	0,7	238	138,9	0,3735	0,0235	1,3	97,6	98,9
269	5	6,56	0,7	223,9	116,5	0,3735	0,0235	1,1	91,8	92,9
270	5	6,97	0,64	176,4	-8,311	0,3735	-0,0065	0,0	72,3	72,3
271	5	7,38	0,54	114,7	-180	0,3735	-0,0565	4,2	47,0	51,2
272	5	7,79	0,45	65,15	-309,9	0,3735	-0,1015	12,9	26,7	39,6
273	5	8,2	0,35	24,76	-407,3	0,3735	-0,1515	12,6	5,1	17,7
Sum krefter (kNm)								72,6	1544,6	1617,2

Result Set Name: Lane surface load manuell kontroll - Brulengde 10 meter

Case 1: Load Model 1, Lane Surface Load, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
 Case 2: Load Model 1, Lane Surface Load, Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
253	5	0	0,35	2,215	0	0,3735	-0,1515	0,0	0,5	0,5
254	5	0,41	0,45	5,604	0	0,3735	-0,1015	0,0	2,3	2,3
255	5	0,82	0,54	9,674	0	0,3735	-0,0565	0,0	4,0	4,0
256	5	1,23	0,64	14,58	0,9333	0,3735	-0,0065	0,0	6,0	6,0
257	5	1,64	0,7	18,11	10,62	0,3735	0,0235	0,1	7,4	7,5
258	5	2,05	0,7	18,8	12,07	0,3735	0,0235	0,1	7,7	7,8
259	5	2,46	0,7	18,15	9,952	0,3735	0,0235	0,1	7,4	7,5
260	5	2,87	0,7	17,47	8,231	0,3735	0,0235	0,1	7,2	7,2
261	5	3,28	0,7	16,8	6,883	0,3735	0,0235	0,1	6,9	7,0
262	5	3,69	0,7	16,14	5,893	0,3735	0,0235	0,1	6,6	6,7
263	5	4,1	0,7	15,64	5,244	0,3735	0,0235	0,1	6,4	6,5
264	5	4,51	0,7	16,14	5,893	0,3735	0,0235	0,1	6,6	6,7
265	5	4,92	0,7	16,8	6,883	0,3735	0,0235	0,1	6,9	7,0
266	5	5,33	0,7	17,47	8,231	0,3735	0,0235	0,1	7,2	7,2
267	5	5,74	0,7	18,15	9,952	0,3735	0,0235	0,1	7,4	7,5
268	5	6,15	0,7	18,8	12,07	0,3735	0,0235	0,1	7,7	7,8
269	5	6,56	0,7	18,11	10,62	0,3735	0,0235	0,1	7,4	7,5
270	5	6,97	0,64	14,58	0,9333	0,3735	-0,0065	0,0	6,0	6,0
271	5	7,38	0,54	9,674	0	0,3735	-0,0565	0,0	4,0	4,0
272	5	7,79	0,45	5,604	0	0,3735	-0,1015	0,0	2,3	2,3
273	5	8,2	0,35	2,215	0	0,3735	-0,1515	0,0	0,5	0,5
Sum krefter (kNm)								1,1	118,3	119,4

Result Set Name: Manuell kontroll vehicle - Brulengde 10 meter

Case 1: Load Model 1, Vehicle, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
 Case 2: Load Model 1, Vehicle, Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centriod	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
253	5	0	0,35	42,96	0	0,3735	-0,1515	0,0	8,8	8,8
254	5	0,41	0,45	106,1	0	0,3735	-0,1015	0,0	43,5	43,5
255	5	0,82	0,54	182,7	0	0,3735	-0,0565	0,0	74,9	74,9
256	5	1,23	0,64	276,7	21,76	0,3735	-0,0065	-0,1	113,4	113,4
257	5	1,64	0,7	345,8	187,3	0,3735	0,0235	1,8	141,8	143,6
258	5	2,05	0,7	361,6	204,8	0,3735	0,0235	2,0	148,3	150,2
259	5	2,46	0,7	352,6	161,9	0,3735	0,0235	1,6	144,6	146,1
260	5	2,87	0,7	343,9	131,4	0,3735	0,0235	1,3	141,0	142,3
261	5	3,28	0,7	336,3	110	0,3735	0,0235	1,1	137,9	138,9
262	5	3,69	0,7	327,7	96,19	0,3735	0,0235	0,9	134,4	135,3
263	5	4,1	0,7	323,7	89,28	0,3735	0,0235	0,9	132,7	133,6
264	5	4,51	0,7	327,7	96,19	0,3735	0,0235	0,9	134,4	135,3
265	5	4,92	0,7	336,3	110	0,3735	0,0235	1,1	137,9	138,9
266	5	5,33	0,7	343,9	131,4	0,3735	0,0235	1,3	141,0	142,3
267	5	5,74	0,7	352,6	161,9	0,3735	0,0235	1,6	144,6	146,1
268	5	6,15	0,7	361,6	204,8	0,3735	0,0235	2,0	148,3	150,2
269	5	6,56	0,7	345,8	187,3	0,3735	0,0235	1,8	141,8	143,6
270	5	6,97	0,64	276,7	21,76	0,3735	-0,0065	-0,1	113,4	113,4
271	5	7,38	0,54	182,7	0	0,3735	-0,0565	0,0	74,9	74,9
272	5	7,79	0,45	106,1	0	0,3735	-0,1015	0,0	43,5	43,5
273	5	8,2	0,35	42,96	0	0,3735	-0,1515	0,0	8,8	8,8
Sum krefter (kNm)								17,9	2309,7	2327,6

Result Set Name: Surface load manuell kontroll - Brulengde 10 meter

Case 1: Load Model 1, Surface Load, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
 Case 2: Load Model 1, Surface Load, Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_in	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
253	5	0	0,35	3,897	0,0159	0,3735	-0,1515	0,0	0,8	0,8
254	5	0,41	0,45	10,25	0,01105	0,3735	-0,1015	0,0	4,2	4,2
255	5	0,82	0,54	18,04	0,004904	0,3735	-0,0565	0,0	7,4	7,4
256	5	1,23	0,64	27,74	0,9992	0,3735	-0,0065	0,0	11,4	11,4
257	5	1,64	0,7	35,2	18,32	0,3735	0,0235	0,2	14,4	14,6
258	5	2,05	0,7	37,42	21,83	0,3735	0,0235	0,2	15,3	15,6
259	5	2,46	0,7	37,15	18,42	0,3735	0,0235	0,2	15,2	15,4
260	5	2,87	0,7	36,92	15,77	0,3735	0,0235	0,2	15,1	15,3
261	5	3,28	0,7	36,75	13,87	0,3735	0,0235	0,1	15,1	15,2
262	5	3,69	0,7	36,64	12,73	0,3735	0,0235	0,1	15,0	15,1
263	5	4,1	0,7	36,6	12,35	0,3735	0,0235	0,1	15,0	15,1
264	5	4,51	0,7	36,64	12,73	0,3735	0,0235	0,1	15,0	15,1
265	5	4,92	0,7	36,75	13,87	0,3735	0,0235	0,1	15,1	15,2
266	5	5,33	0,7	36,92	15,77	0,3735	0,0235	0,2	15,1	15,3
267	5	5,74	0,7	37,15	18,42	0,3735	0,0235	0,2	15,2	15,4
268	5	6,15	0,7	37,42	21,83	0,3735	0,0235	0,2	15,3	15,6
269	5	6,56	0,7	35,2	18,32	0,3735	0,0235	0,2	14,4	14,6
270	5	6,97	0,64	27,74	0,9992	0,3735	-0,0065	0,0	11,4	11,4
271	5	7,38	0,54	18,04	0,004904	0,3735	-0,0565	0,0	7,4	7,4
272	5	7,79	0,45	10,25	0,01105	0,3735	-0,1015	0,0	4,2	4,2
273	5	8,2	0,35	3,897	0,0159	0,3735	-0,1515	0,0	0,8	0,8
Sum krefter (kNm)								2,1	243,0	245,1

Result Set Name: Egenvekt manuell kontroll - Brulengde 14 meter

Case 1: Dead Weight, Bending Moment Ma (kNm/m)
 Case 2: Dead Weight, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_in	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
358	7	0	0,35	6,404	-837,5	0,5382	-0,2868	49,2	1,3	50,6
359	7	0,41	0,53	103,9	-732,8	0,5382	-0,1968	59,1	42,6	101,7
360	7	0,82	0,71	238,9	-509,7	0,5382	-0,1068	22,3	97,9	120,3
361	7	1,23	0,88	435,4	-108,8	0,5382	-0,0218	1,0	178,5	179,5
362	7	1,64	1	602,4	227,1	0,5382	0,0382	3,6	247,0	250,5
363	7	2,05	1	658,2	320,7	0,5382	0,0382	5,0	269,9	274,9
364	7	2,46	1	656,6	298,4	0,5382	0,0382	4,7	269,2	273,9
365	7	2,87	1	655,2	280,8	0,5382	0,0382	4,4	268,6	273,0
366	7	3,28	1	654,1	268,1	0,5382	0,0382	4,2	268,2	272,4
367	7	3,69	1	653,4	260,4	0,5382	0,0382	4,1	267,9	272,0
368	7	4,1	1	653,2	257,8	0,5382	0,0382	4,0	267,8	271,8
369	7	4,51	1	653,4	260,4	0,5382	0,0382	4,1	267,9	272,0
370	7	4,92	1	654,1	268,1	0,5382	0,0382	4,2	268,2	272,4
371	7	5,33	1	655,2	280,8	0,5382	0,0382	4,4	268,6	273,0
372	7	5,74	1	656,6	298,4	0,5382	0,0382	4,7	269,2	273,9
373	7	6,15	1	658,2	320,7	0,5382	0,0382	5,0	269,9	274,9
374	7	6,56	1	602,4	227,1	0,5382	0,0382	3,6	247,0	250,5
375	7	6,97	0,88	435,4	-108,8	0,5382	-0,0218	1,0	178,5	179,5
376	7	7,38	0,71	238,9	-509,7	0,5382	-0,1068	22,3	97,9	120,3
377	7	7,79	0,53	103,9	-732,8	0,5382	-0,1968	59,1	42,6	101,7
378	7	8,2	0,35	6,404	-837,5	0,5382	-0,2868	49,2	1,3	50,6
Sum krefter (kNm)								319,2	4090,1	4409,3

Result Set Name: Lane surface load manuell kontroll - Brulengde 14 meter

Case 1: Load Model 1, Lane Surface Load, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 2: Load Model 1, Lane Surface Load, Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
358	7	0	0,35	0,4318	0	0,5382	-0,2868	0,0	0,1	0,1
359	7	0,41	0,53	5,834	0	0,5382	-0,1968	0,0	2,4	2,4
360	7	0,82	0,71	13,2	0	0,5382	-0,1068	0,0	5,4	5,4
361	7	1,23	0,88	23,71	0	0,5382	-0,0218	0,0	9,7	9,7
362	7	1,64	1	32,32	13,63	0,5382	0,0382	0,2	13,3	13,5
363	7	2,05	1	34,78	18,2	0,5382	0,0382	0,3	14,3	14,5
364	7	2,46	1	34,11	16,52	0,5382	0,0382	0,3	14,0	14,2
365	7	2,87	1	33,41	15,11	0,5382	0,0382	0,2	13,7	13,9
366	7	3,28	1	32,71	13,95	0,5382	0,0382	0,2	13,4	13,6
367	7	3,69	1	32,01	13,03	0,5382	0,0382	0,2	13,1	13,3
368	7	4,1	1	31,4	12,37	0,5382	0,0382	0,2	12,9	13,1
369	7	4,51	1	32,01	13,03	0,5382	0,0382	0,2	13,1	13,3
370	7	4,92	1	32,71	13,95	0,5382	0,0382	0,2	13,4	13,6
371	7	5,33	1	33,41	15,11	0,5382	0,0382	0,2	13,7	13,9
372	7	5,74	1	34,11	16,52	0,5382	0,0382	0,3	14,0	14,2
373	7	6,15	1	34,78	18,2	0,5382	0,0382	0,3	14,3	14,5
374	7	6,56	1	32,32	13,63	0,5382	0,0382	0,2	13,3	13,5
375	7	6,97	0,88	23,71	0	0,5382	-0,0218	0,0	9,7	9,7
376	7	7,38	0,71	13,2	0	0,5382	-0,1068	0,0	5,4	5,4
377	7	7,79	0,53	5,834	0	0,5382	-0,1968	0,0	2,4	2,4
378	7	8,2	0,35	0,4318	0	0,5382	-0,2868	0,0	0,1	0,1
Sum krefter (kNm)								3,0	211,6	214,6

Result Set Name: Manuell kontroll vehicle - Brulengde 14 meter

Case 1: Load Model 1, Vehicle, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)
Case 2: Load Model 1, Vehicle, Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
358	7	0	0,35	7,933	0	0,5382	-0,2868	0,0	1,6	1,6
359	7	0,41	0,53	87,98	0	0,5382	-0,1968	0,0	36,1	36,1
360	7	0,82	0,71	198,1	0	0,5382	-0,1068	0,0	81,2	81,2
361	7	1,23	0,88	352,3	0	0,5382	-0,0218	0,0	144,4	144,4
362	7	1,64	1	479,8	200,1	0,5382	0,0382	3,1	196,7	199,9
363	7	2,05	1	516	250,2	0,5382	0,0382	3,9	211,6	215,5
364	7	2,46	1	506,4	215,1	0,5382	0,0382	3,4	207,6	211,0
365	7	2,87	1	497,3	190,6	0,5382	0,0382	3,0	203,9	206,9
366	7	3,28	1	489,3	173,5	0,5382	0,0382	2,7	200,6	203,3
367	7	3,69	1	480,8	162,2	0,5382	0,0382	2,5	197,1	199,7
368	7	4,1	1	476,2	156,1	0,5382	0,0382	2,4	195,2	197,7
369	7	4,51	1	480,8	162,2	0,5382	0,0382	2,5	197,1	199,7
370	7	4,92	1	489,3	173,5	0,5382	0,0382	2,7	200,6	203,3
371	7	5,33	1	497,3	190,6	0,5382	0,0382	3,0	203,9	206,9
372	7	5,74	1	506,4	215,1	0,5382	0,0382	3,4	207,6	211,0
373	7	6,15	1	516	250,2	0,5382	0,0382	3,9	211,6	215,5
374	7	6,56	1	479,8	200,1	0,5382	0,0382	3,1	196,7	199,9
375	7	6,97	0,88	352,3	0	0,5382	-0,0218	0,0	144,4	144,4
376	7	7,38	0,71	198,1	0	0,5382	-0,1068	0,0	81,2	81,2
377	7	7,79	0,53	87,98	0	0,5382	-0,1968	0,0	36,1	36,1
378	7	8,2	0,35	7,933	0	0,5382	-0,2868	0,0	1,6	1,6
Sum krefter (kNm)								39,8	3157,0	3196,8

Result Set Name: Surface load manuell kontroll - Brulengde 14 meter

Case 1: Load Model 1, Surface Load, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)

Case 2: Load Model 1, Surface Load, Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
358	7	0	0,35	0,7484	0,008049	0,5382	-0,2868	0,0	0,2	0,2
359	7	0,41	0,53	11,75	0,006715	0,5382	-0,1968	0,0	4,8	4,8
360	7	0,82	0,71	27,02	0,004199	0,5382	-0,1068	0,0	11,1	11,1
361	7	1,23	0,88	49,25	0,04556	0,5382	-0,0218	0,0	20,2	20,2
362	7	1,64	1	68,14	25,7	0,5382	0,0382	0,4	27,9	28,3
363	7	2,05	1	74,44	36,27	0,5382	0,0382	0,6	30,5	31,1
364	7	2,46	1	74,26	33,75	0,5382	0,0382	0,5	30,4	31,0
365	7	2,87	1	74,11	31,76	0,5382	0,0382	0,5	30,4	30,9
366	7	3,28	1	73,99	30,31	0,5382	0,0382	0,5	30,3	30,8
367	7	3,69	1	73,92	29,44	0,5382	0,0382	0,5	30,3	30,8
368	7	4,1	1	73,89	29,15	0,5382	0,0382	0,5	30,3	30,8
369	7	4,51	1	73,92	29,44	0,5382	0,0382	0,5	30,3	30,8
370	7	4,92	1	73,99	30,31	0,5382	0,0382	0,5	30,3	30,8
371	7	5,33	1	74,11	31,76	0,5382	0,0382	0,5	30,4	30,9
372	7	5,74	1	74,26	33,75	0,5382	0,0382	0,5	30,4	31,0
373	7	6,15	1	74,44	36,27	0,5382	0,0382	0,6	30,5	31,1
374	7	6,56	1	68,14	25,7	0,5382	0,0382	0,4	27,9	28,3
375	7	6,97	0,88	49,25	0,04556	0,5382	-0,0218	0,0	20,2	20,2
376	7	7,38	0,71	27,02	0,004199	0,5382	-0,1068	0,0	11,1	11,1
377	7	7,79	0,53	11,75	0,006715	0,5382	-0,1968	0,0	4,8	4,8
378	7	8,2	0,35	0,7484	0,008049	0,5382	-0,2868	0,0	0,2	0,2
Sum krefter (kNm)								6,3	462,6	469,0

Result Set Name: Egenvekt manuell kontroll - Brulengde 16 meter

Case 1: Dead Weight, Bending Moment Ma (kNm/m)

Case 2: Dead Weight, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
421	8,21	0	0,35	-10,18	-1046	0,6471	-0,3779	81,0	-2,1	78,9
422	8,21	0,41	0,58	127,7	-979	0,6471	-0,2629	105,5	52,4	157,9
423	8,21	0,82	0,81	329,9	-725,7	0,6471	-0,1479	44,0	135,3	179,3
424	8,21	1,23	1,05	646,8	-184,3	0,6471	-0,0279	2,1	265,2	267,3
425	8,21	1,64	1,2	929	292,9	0,6471	0,0471	5,7	380,9	386,5
426	8,21	2,05	1,2	1027	436,2	0,6471	0,0471	8,4	421,1	429,5
427	8,21	2,46	1,2	1025	414,3	0,6471	0,0471	8,0	420,3	428,3
428	8,21	2,87	1,2	1024	397,2	0,6471	0,0471	7,7	419,8	427,5
429	8,21	3,28	1,2	1023	384,8	0,6471	0,0471	7,4	419,4	426,9
430	8,21	3,69	1,2	1022	377,3	0,6471	0,0471	7,3	419,0	426,3
431	8,21	4,1	1,2	1022	374,8	0,6471	0,0471	7,2	419,0	426,3
432	8,21	4,51	1,2	1022	377,3	0,6471	0,0471	7,3	419,0	426,3
433	8,21	4,92	1,2	1023	384,8	0,6471	0,0471	7,4	419,4	426,9
434	8,21	5,33	1,2	1024	397,2	0,6471	0,0471	7,7	419,8	427,5
435	8,21	5,74	1,2	1025	414,3	0,6471	0,0471	8,0	420,3	428,3
436	8,21	6,15	1,2	1027	436,2	0,6471	0,0471	8,4	421,1	429,5
437	8,21	6,56	1,2	929	292,9	0,6471	0,0471	5,7	380,9	386,5
438	8,21	6,97	1,05	646,8	-184,3	0,6471	-0,0279	2,1	265,2	267,3
439	8,21	7,38	0,81	329,9	-725,7	0,6471	-0,1479	44,0	135,3	179,3
440	8,21	7,79	0,58	127,7	-979	0,6471	-0,2629	105,5	52,4	157,9
441	8,21	8,2	0,35	-10,18	-1046	0,6471	-0,3779	81,0	-2,1	78,9
Sum krefter (kNm)								561,5	6281,5	6843,0

Result Set Name: Lane surface load manuell kontroll - Brulengde 16 meter

Case 1: Load Model 1, Lane Surface Load, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)

Case 2: Load Model 1, Lane Surface Load, Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
421	8,21	0	0,35	0,000104	0	0,6471	-0,3779	0,0	0,0	0,0
422	8,21	0,41	0,58	5,845	0	0,6471	-0,2629	0,0	2,4	2,4
423	8,21	0,82	0,81	14,89	0	0,6471	-0,1479	0,0	6,1	6,1
424	8,21	1,23	1,05	28,84	0	0,6471	-0,0279	0,0	11,8	11,8
425	8,21	1,64	1,2	40,91	14,27	0,6471	0,0471	0,3	16,8	17,0
426	8,21	2,05	1,2	44,67	20,15	0,6471	0,0471	0,4	18,3	18,7
427	8,21	2,46	1,2	44,02	18,72	0,6471	0,0471	0,4	18,0	18,4
428	8,21	2,87	1,2	43,32	17,52	0,6471	0,0471	0,3	17,8	18,1
429	8,21	3,28	1,2	42,62	16,51	0,6471	0,0471	0,3	17,5	17,8
430	8,21	3,69	1,2	41,91	15,71	0,6471	0,0471	0,3	17,2	17,5
431	8,21	4,1	1,2	41,26	15,11	0,6471	0,0471	0,3	16,9	17,2
432	8,21	4,51	1,2	41,91	15,71	0,6471	0,0471	0,3	17,2	17,5
433	8,21	4,92	1,2	42,62	16,51	0,6471	0,0471	0,3	17,5	17,8
434	8,21	5,33	1,2	43,32	17,52	0,6471	0,0471	0,3	17,8	18,1
435	8,21	5,74	1,2	44,02	18,72	0,6471	0,0471	0,4	18,0	18,4
436	8,21	6,15	1,2	44,67	20,15	0,6471	0,0471	0,4	18,3	18,7
437	8,21	6,56	1,2	40,91	14,27	0,6471	0,0471	0,3	16,8	17,0
438	8,21	6,97	1,05	28,84	0	0,6471	-0,0279	0,0	11,8	11,8
439	8,21	7,38	0,81	14,89	0	0,6471	-0,1479	0,0	6,1	6,1
440	8,21	7,79	0,58	5,845	0	0,6471	-0,2629	0,0	2,4	2,4
441	8,21	8,2	0,35	0,000104	0	0,6471	-0,3779	0,0	0,0	0,0
Sum krefter (kNm)								4,3	268,7	272,9

Result Set Name: Manuell kontroll vehicle - Brulengde 16 meter

Case 1: Load Model 1, Vehicle, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)

Case 2: Load Model 1, Vehicle, Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
421	8,21	0	0,35	0,02364	0	0,6471	-0,3779	0,0	0,0	0,0
422	8,21	0,41	0,58	79,98	0	0,6471	-0,2629	0,0	32,8	32,8
423	8,21	0,82	0,81	201,5	0	0,6471	-0,1479	0,0	82,6	82,6
424	8,21	1,23	1,05	385,3	0	0,6471	-0,0279	0,0	158,0	158,0
425	8,21	1,64	1,2	544,4	193,8	0,6471	0,0471	3,7	223,2	226,9
426	8,21	2,05	1,2	592,4	253,4	0,6471	0,0471	4,9	242,9	247,8
427	8,21	2,46	1,2	583,1	222,2	0,6471	0,0471	4,3	239,1	243,4
428	8,21	2,87	1,2	573,9	200,7	0,6471	0,0471	3,9	235,3	239,2
429	8,21	3,28	1,2	566	185,8	0,6471	0,0471	3,6	232,1	235,6
430	8,21	3,69	1,2	557,4	175,9	0,6471	0,0471	3,4	228,5	231,9
431	8,21	4,1	1,2	552,7	170,5	0,6471	0,0471	3,3	226,6	229,9
432	8,21	4,51	1,2	557,4	175,9	0,6471	0,0471	3,4	228,5	231,9
433	8,21	4,92	1,2	566	185,8	0,6471	0,0471	3,6	232,1	235,6
434	8,21	5,33	1,2	573,9	200,7	0,6471	0,0471	3,9	235,3	239,2
435	8,21	5,74	1,2	583,1	222,2	0,6471	0,0471	4,3	239,1	243,4
436	8,21	6,15	1,2	592,4	253,4	0,6471	0,0471	4,9	242,9	247,8
437	8,21	6,56	1,2	544,4	193,8	0,6471	0,0471	3,7	223,2	226,9
438	8,21	6,97	1,05	385,3	0	0,6471	-0,0279	0,0	158,0	158,0
439	8,21	7,38	0,81	201,5	0	0,6471	-0,1479	0,0	82,6	82,6
440	8,21	7,79	0,58	79,98	0	0,6471	-0,2629	0,0	32,8	32,8
441	8,21	8,2	0,35	0,02364	0	0,6471	-0,3779	0,0	0,0	0,0
Sum krefter (kNm)								50,9	3575,5	3626,3

Result Set Name: Surface load manuell kontroll - Brulengde 16 meter

Case 1: Load Model 1, Surface Load, Max, Bending Moment Ma (kNm/m)

Case 2: Load Model 1, Surface Load, Max, Membrane Force Ns (kN/m)

Node	Pos_In	Pos_tn	Thickness	Case1	Case2	Centroid	Distance z	Moment Ns	Moment Ma	Total moment
421	8,21	0	0,35	0,05859	0,004665	0,6471	-0,3779	0,0	0,0	0,0
422	8,21	0,41	0,58	12,14	0,004202	0,6471	-0,2629	0,0	5,0	5,0
423	8,21	0,82	0,81	31,37	0,002881	0,6471	-0,1479	0,0	12,9	12,9
424	8,21	1,23	1,05	61,49	0,005191	0,6471	-0,0279	0,0	25,2	25,2
425	8,21	1,64	1,2	88,32	27,85	0,6471	0,0471	0,5	36,2	36,7
426	8,21	2,05	1,2	97,61	41,47	0,6471	0,0471	0,8	40,0	40,8
427	8,21	2,46	1,2	97,48	39,39	0,6471	0,0471	0,8	40,0	40,7
428	8,21	2,87	1,2	97,36	37,75	0,6471	0,0471	0,7	39,9	40,6
429	8,21	3,28	1,2	97,27	36,57	0,6471	0,0471	0,7	39,9	40,6
430	8,21	3,69	1,2	97,21	35,86	0,6471	0,0471	0,7	39,9	40,5
431	8,21	4,1	1,2	97,19	35,62	0,6471	0,0471	0,7	39,8	40,5
432	8,21	4,51	1,2	97,21	35,86	0,6471	0,0471	0,7	39,9	40,5
433	8,21	4,92	1,2	97,27	36,57	0,6471	0,0471	0,7	39,9	40,6
434	8,21	5,33	1,2	97,36	37,75	0,6471	0,0471	0,7	39,9	40,6
435	8,21	5,74	1,2	97,48	39,39	0,6471	0,0471	0,8	40,0	40,7
436	8,21	6,15	1,2	97,61	41,47	0,6471	0,0471	0,8	40,0	40,8
437	8,21	6,56	1,2	88,32	27,85	0,6471	0,0471	0,5	36,2	36,7
438	8,21	6,97	1,05	61,49	0,005191	0,6471	-0,0279	0,0	25,2	25,2
439	8,21	7,38	0,81	31,37	0,002881	0,6471	-0,1479	0,0	12,9	12,9
440	8,21	7,79	0,58	12,14	0,004202	0,6471	-0,2629	0,0	5,0	5,0
441	8,21	8,2	0,35	0,05859	0,004665	0,6471	-0,3779	0,0	0,0	0,0
Sum krefter (kNm)								9,1	597,7	606,8

Vedlegg K

Mathcad-ark for momentkapasitet

MANUELL KONTROLL AV MOMENTKAPASITET

Litteratur som ligger til grunn:

- [1] Sørensen, Svein Ivar (2014) *Betongkonstruksjoner, beregning og dimensjonering etter Eurocode 2*. Fagbokforlaget
- [2] *Prosjektering av betongkonstruksjoner Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger*, NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008
- [3] Mosley, W. H, William Henry (2012) *Reinforced concrete design to Eurocode 2*. Palgrave MacMilan

Platetykkelse $H := 700\text{mm}$

Lengde bru $L := 10000\text{mm}$

Bredde tverrsnitt $B := 8200\text{mm}$

Betongkvalitet $f_{ck} := 45\text{MPa}$

Materialfaktor $\gamma_c := 1.5$

Koeffisient $\alpha_{cc} := 0.85$

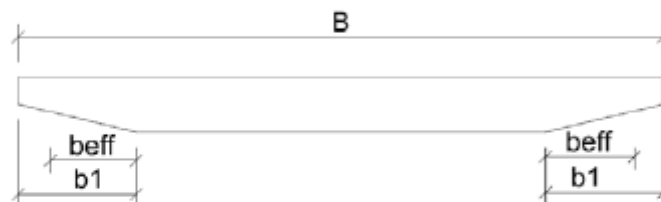
$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = 25.5 \cdot \text{MPa}$$

Stålklasser $f_{yk} := 500\text{MPa}$

Materialfaktor $\gamma_s := 1.15$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{yd} = 434.8 \cdot \text{MPa}$$

Nominell overdekning	$C_{\text{nom}} := 75\text{mm}$	
Kamstørrelse underkant lengderetning	$\phi_L := 32\text{mm}$	
Kamstørrelse underkant tverretning	$\phi_T := 16\text{mm}$	
Avstand mellom armeringsjem lengderetning	$cc := 140\text{mm}$	
Høyde flens	$h_f := 350\text{mm}$	
Moment fra Brigade	$M_a := 6420\text{kN}\cdot\text{m}$	
$d := H - C_{\text{nom}} - \phi_T - \frac{\phi_L}{2}$	$d = 593\text{mm}$	
Avstand mellom momentnullpunktene	$l_0 := L$	Ref: [2] - 5.3.2.1(2)



Flensbredde	$b_1 := 1500\text{mm}$	Ref: [2] - Figur 5.3
Effektiv flensbredde	$b_{\text{eff}} := \min(0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot l_0, 0.2 \cdot l_0, b_1)$ $b_{\text{eff}} = 1300\text{mm}$	Ref: [2] - Ligning 5.7a og 5.7b
Bredde trykksone	$b_t := B - 2 \cdot b_1 + 2 \cdot b_{\text{eff}}$	$b_t = 7800\text{mm}$
Bredde strekksone	$b_s := B - 2 \cdot b_{\text{eff}}$	$b_s = 5600\text{mm}$
Ameringsmengde i felt	$A_s := b_s \cdot \frac{\pi \cdot \left(\frac{\phi_L}{2}\right)^2}{cc}$	$A_s = 32169.9\text{mm}^2$

Må kontrollere om nøytralaksen for det forenklet tverrsnittet ligger i flensen eller steget:

$$M_f := f_{cd} \cdot h_f \cdot b_t \left(d - \frac{h_f}{2} \right) = 29099.1\text{ kN}\cdot\text{m} \quad \text{Ref: [3] - Ligning 4.22}$$

$$\text{Nøytralaksen} := \begin{cases} \text{"I flensen"} & \text{if } M_f \geq M_a \\ \text{"I steget"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Nøytralaksen = "I flensen"

Kontrollere om det er nødvendig med dobbelarmring:

$$K := \frac{M_a}{b_s \cdot d^2 \cdot f_{ck}}$$

Ref: [3] - Ligning 4.10

$$\text{Trykkarmring} := \begin{cases} \text{"Ikke nødvendig"} & \text{if } K < 0.167 \\ \text{"Nødvendig"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Trykkarmring = "Ikke nødvendig"

Siden nøytralaksen ligger i flensen og det ikke er behov for dobbeltarmring kan en bruke denne formelen for M_{R,ed}:

$$\lambda := 0.8$$

Ref: [2] - Ligning 3.19

$$\eta := 1.0$$

Ref: [2] - Ligning 3.21

$$\alpha := 0.412$$

Ref: [1] - Tabell 4.2

$$X := \frac{f_{yd} \cdot A_s}{0.8 \cdot b_f \cdot f_{cd}}$$

$$z := (d - 0.5 \cdot \lambda \cdot X)$$

Ref: [1] - Ligning 4.12

Momentkapasitet

$$M_{R,ed} := A_s \cdot f_{yd} \cdot z$$

Ref: [1] - Ligning 4.26

$$M_{R,ed} = 7802.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{Momentkapasitet} := \begin{cases} \text{"Ok"} & \text{if } M_a \leq M_{R,ed} \\ \text{"Ikke OK"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Momentkapasitet = "Ok"

Vedlegg L

Resultater Brigade for deformasjon

Nedbøyning - Brulengde 10 meter

Ln (senter)	v/venstre kant			v/CL-bru			v/høyre kant		
	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max
0	1	-0,0013	0,0026	11	0,0000	0,0024	21	-0,0014	0,0027
0,83	43	-0,0008	0,0057	53	-0,0001	0,0051	63	-0,0007	0,0056
1,67	85	-0,0007	0,0095	95	-0,0002	0,0083	105	-0,0006	0,0094
2,5	127	-0,0007	0,0128	137	-0,0002	0,0110	147	-0,0007	0,0128
3,33	169	-0,0006	0,0154	179	-0,0003	0,0132	189	-0,0007	0,0154
4,17	211	-0,0006	0,0170	221	-0,0003	0,0146	231	-0,0006	0,0171
5	253	-0,0005	0,0175	263	-0,0003	0,0150	273	-0,0006	0,0176
5,83	295	-0,0005	0,0169	305	-0,0002	0,0145	315	-0,0006	0,0171
6,67	337	-0,0005	0,0153	347	-0,0002	0,0131	357	-0,0007	0,0154
7,5	379	-0,0005	0,0127	389	-0,0002	0,0110	399	-0,0007	0,0128
8,33	421	-0,0006	0,0094	431	-0,0001	0,0082	441	-0,0007	0,0095
9,17	463	-0,0008	0,0056	473	-0,0001	0,0050	483	-0,0008	0,0057
10	505	-0,0013	0,0026	515	0,0000	0,0024	525	-0,0014	0,0027

Maks : 17,51 mm 15,01 mm 17,59 mm

Nedbøyning for trafikklast $17,59 - ((2,7 + 2,7)/2) * 1000$ 14,92 mm

Maks tillatt nedbøyning $L/350 =$ 28,6 mm

Overhøyde - Brulengde 10 meter

Ln (senter)	v/venstre kant			v/CL-bru			v/høyre kant		
	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max
0	1,0	0,0018	0,0048	11,0	0,0029	0,0047	21,0	0,0018	0,0048
0,83	43,0	0,0062	0,0090	53,0	0,0070	0,0089	63,0	0,0062	0,0091
1,67	85,0	0,0103	0,0130	95,0	0,0108	0,0127	105,0	0,0103	0,0130
2,5	127,0	0,0138	0,0164	137,0	0,0141	0,0159	147,0	0,0138	0,0164
3,33	169,0	0,0164	0,0190	179,0	0,0166	0,0184	189,0	0,0164	0,0190
4,17	211,0	0,0181	0,0206	221,0	0,0181	0,0199	231,0	0,0181	0,0206
5	253,0	0,0186	0,0211	263,0	0,0186	0,0205	273,0	0,0186	0,0211
5,83	295,0	0,0181	0,0206	305,0	0,0181	0,0199	315,0	0,0181	0,0206
6,67	337,0	0,0164	0,0190	347,0	0,0166	0,0184	357,0	0,0164	0,0190
7,5	379,0	0,0138	0,0164	389,0	0,0141	0,0159	399,0	0,0138	0,0164
8,33	421,0	0,0103	0,0130	431,0	0,0108	0,0127	441,0	0,0103	0,0130
9,17	463,0	0,0062	0,0090	473,0	0,0070	0,0089	483,0	0,0062	0,0091
10	505,0	0,0018	0,0048	515,0	0,0029	0,0047	525,0	0,0018	0,0048

Maks : 21,11 mm 20,46 mm 21,12 mm

Legger inn overhøyde med utgangspunkt ved senterlinje bru

Nødvendig overhøyde: 15,75 mm

Nedbøyning - Brulengde 12 meter

Ln (senter)	v/venstre kant			v/CL-bru			v/høyre kant		
	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max
0	1	-0,0011	0,0023	11	0,0000	0,0018	21	-0,0011	0,0023
0,83	43	-0,0007	0,0050	53	-0,0001	0,0043	63	-0,0006	0,0049
1,66	85	-0,0006	0,0083	95	-0,0002	0,0072	105	-0,0006	0,0082
2,48	127	-0,0006	0,0113	137	-0,0002	0,0098	147	-0,0006	0,0113
3,31	169	-0,0006	0,0139	179	-0,0003	0,0121	189	-0,0006	0,0139
4,14	211	-0,0006	0,0159	221	-0,0003	0,0138	231	-0,0006	0,0159
4,97	253	-0,0006	0,0172	263	-0,0003	0,0150	273	-0,0006	0,0173
5,79	295	-0,0005	0,0178	305	-0,0003	0,0155	315	-0,0006	0,0178
6,62	337	-0,0005	0,0176	347	-0,0003	0,0153	357	-0,0006	0,0176
7,45	379	-0,0005	0,0166	389	-0,0002	0,0144	399	-0,0006	0,0167
8,28	421	-0,0005	0,0149	431	-0,0002	0,0129	441	-0,0006	0,0150
9,1	463	-0,0005	0,0125	473	-0,0002	0,0109	483	-0,0006	0,0127
9,93	505	-0,0005	0,0097	515	-0,0001	0,0085	525	-0,0006	0,0098
10,76	547	-0,0005	0,0066	557	-0,0001	0,0057	567	-0,0006	0,0067
11,59	589	-0,0008	0,0034	599	0,0000	0,0028	609	-0,0009	0,0034
12	610	-0,0011	0,0023	620	0,0000	0,0018	630	-0,0012	0,0023

Maks : 17,78 mm 15,49 mm 17,84 mm

Nedbøyning for trafikklast $17,84 - ((2.3+2.3)/2)$ 15,51 mm

Maks tillatt nedbøyning $L/350 =$ 34,3 mm

Overhøyder - Brulengde 12 meter

Ln (senter)	v/venstre kant			v/CL-bru			v/høyre kant		
	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max
0	1	0,0019	0,0044	11	0,0030	0,0045	21	0,0018	0,0044
0,83	43	0,0068	0,0092	53	0,0077	0,0092	63	0,0067	0,0092
1,66	85	0,0114	0,0138	95	0,0121	0,0137	105	0,0114	0,0138
2,48	127	0,0156	0,0179	137	0,0160	0,0177	147	0,0156	0,0179
3,31	169	0,0191	0,0214	179	0,0193	0,0210	189	0,0191	0,0214
4,14	211	0,0218	0,0240	221	0,0219	0,0236	231	0,0218	0,0240
4,97	253	0,0236	0,0258	263	0,0236	0,0253	273	0,0236	0,0258
5,79	295	0,0243	0,0265	305	0,0243	0,0260	315	0,0243	0,0265
6,62	337	0,0241	0,0263	347	0,0241	0,0258	357	0,0241	0,0263
7,45	379	0,0228	0,0250	389	0,0228	0,0246	399	0,0228	0,0250
8,28	421	0,0206	0,0228	431	0,0207	0,0224	441	0,0206	0,0228
9,1	463	0,0175	0,0197	473	0,0178	0,0194	483	0,0175	0,0197
9,93	505	0,0136	0,0159	515	0,0141	0,0157	525	0,0136	0,0159
10,76	547	0,0091	0,0115	557	0,0099	0,0115	567	0,0091	0,0115
11,59	589	0,0043	0,0068	599	0,0053	0,0069	609	0,0043	0,0068
12	610	0,0019	0,0044	620	0,0030	0,0045	630	0,0018	0,0044

Maks : 26,53 mm 26,04 mm 26,53 mm

Legger inn overhøyde med utgangspunkt ved senterlinje bru

Nødvendig overhøyde: 21,50 mm

Nedbøyning - Brulengde 14 meter

Ln (senter)	v/venstre kant			v/CL-bru			v/høyre kant		
	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max
0	1	-0,0010	0,0023	11	0,0000	0,0016	21	-0,0010	0,0023
0,82	43	-0,0007	0,0042	53	-0,0001	0,0034	63	-0,0006	0,0042
1,65	85	-0,0005	0,0066	95	-0,0001	0,0056	105	-0,0005	0,0066
2,47	127	-0,0006	0,0089	137	-0,0002	0,0076	147	-0,0005	0,0089
3,29	169	-0,0006	0,0110	179	-0,0002	0,0095	189	-0,0006	0,0110
4,12	211	-0,0006	0,0127	221	-0,0002	0,0111	231	-0,0006	0,0127
4,94	253	-0,0005	0,0141	263	-0,0002	0,0123	273	-0,0006	0,0141
5,76	295	-0,0005	0,0151	305	-0,0003	0,0132	315	-0,0006	0,0151
6,59	337	-0,0005	0,0155	347	-0,0002	0,0136	357	-0,0005	0,0156
7,41	379	-0,0005	0,0155	389	-0,0002	0,0136	399	-0,0005	0,0156
8,24	421	-0,0005	0,0150	431	-0,0002	0,0131	441	-0,0005	0,0151
9,06	463	-0,0005	0,0140	473	-0,0002	0,0123	483	-0,0006	0,0141
9,88	505	-0,0005	0,0126	515	-0,0002	0,0110	525	-0,0006	0,0127
10,71	547	-0,0005	0,0109	557	-0,0002	0,0094	567	-0,0006	0,0110
11,53	589	-0,0004	0,0088	599	-0,0001	0,0076	609	-0,0005	0,0089
12,35	631	-0,0005	0,0065	641	-0,0001	0,0055	651	-0,0005	0,0066
13,18	673	-0,0007	0,0042	683	0,0000	0,0033	693	-0,0007	0,0042
14	715	-0,0010	0,0023	725	0,0000	0,0016	735	-0,0010	0,0023

Maks : 15,53 mm 13,59 mm 15,57 mm

Nedbøyning for trafikklast $15,57 - ((2,3+2,3)/2)$ 13,24 mm

Maks tillatt nedbøyning $L/350 =$ 40 mm

Overhøyde - Brulengde 14 meter

Ln (senter)	v/venstre kant			v/CL-bru			v/høyre kant		
	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max
0	1	0,0024	0,0047	11	0,0035	0,0050	21	0,0024	0,0047
0,82	43	0,0072	0,0095	53	0,0080	0,0096	63	0,0072	0,0095
1,65	85	0,0119	0,0140	95	0,0125	0,0140	105	0,0119	0,0140
2,47	127	0,0162	0,0183	137	0,0165	0,0182	147	0,0162	0,0183
3,29	169	0,0199	0,0220	179	0,0201	0,0218	189	0,0199	0,0220
4,12	211	0,0231	0,0252	221	0,0232	0,0249	231	0,0231	0,0252
4,94	253	0,0255	0,0276	263	0,0255	0,0273	273	0,0255	0,0276
5,76	295	0,0271	0,0292	305	0,0271	0,0289	315	0,0271	0,0292
6,59	337	0,0280	0,0301	347	0,0280	0,0297	357	0,0280	0,0301
7,41	379	0,0280	0,0301	389	0,0280	0,0297	399	0,0280	0,0301
8,24	421	0,0271	0,0292	431	0,0271	0,0289	441	0,0271	0,0292
9,06	463	0,0255	0,0276	473	0,0255	0,0273	483	0,0255	0,0276
9,88	505	0,0231	0,0252	515	0,0232	0,0249	525	0,0231	0,0252
10,71	547	0,0199	0,0220	557	0,0201	0,0218	567	0,0199	0,0220
11,53	589	0,0162	0,0183	599	0,0165	0,0182	609	0,0162	0,0183
12,35	631	0,0119	0,0140	641	0,0125	0,0140	651	0,0119	0,0140
13,18	673	0,0072	0,0095	683	0,0080	0,0096	693	0,0072	0,0095
14	715	0,0024	0,0047	725	0,0035	0,0050	735	0,0024	0,0047

Maks : 30,08 mm 29,7 mm 30,08 mm

Legger inn overhøyde med utgangspunkt ved senterlinje bru

Nødvendig overhøyde: 24,73 mm

Nedbøyning - Brulengde 15 meter

Ln (senter)	v/venstre kant			v/CL-bru			v/høyre kant		
	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max
0	1	-0,0009	0,0022	11	0,0000	0,0014	21	-0,0010	0,0022
0,81	43	-0,0007	0,0038	53	-0,0001	0,0029	63	-0,0006	0,0037
1,62	85	-0,0006	0,0058	95	-0,0001	0,0048	105	-0,0005	0,0057
2,43	127	-0,0005	0,0077	137	-0,0002	0,0066	147	-0,0005	0,0077
3,24	169	-0,0005	0,0095	179	-0,0002	0,0082	189	-0,0005	0,0095
4,05	211	-0,0005	0,0110	221	-0,0002	0,0096	231	-0,0005	0,0110
4,86	253	-0,0005	0,0123	263	-0,0002	0,0108	273	-0,0005	0,0123
5,68	295	-0,0005	0,0133	305	-0,0002	0,0117	315	-0,0005	0,0133
6,49	337	-0,0005	0,0140	347	-0,0002	0,0122	357	-0,0005	0,0140
7,3	379	-0,0005	0,0142	389	-0,0002	0,0125	399	-0,0005	0,0143
8,11	421	-0,0005	0,0141	431	-0,0002	0,0124	441	-0,0005	0,0142
8,92	463	-0,0005	0,0136	473	-0,0002	0,0120	483	-0,0005	0,0137
9,73	505	-0,0005	0,0128	515	-0,0002	0,0112	525	-0,0005	0,0129
10,54	547	-0,0004	0,0116	557	-0,0002	0,0102	567	-0,0005	0,0117
11,35	589	-0,0004	0,0102	599	-0,0001	0,0088	609	-0,0005	0,0103
12,16	631	-0,0004	0,0085	641	-0,0001	0,0073	651	-0,0005	0,0086
12,97	673	-0,0004	0,0067	683	-0,0001	0,0056	693	-0,0005	0,0068
13,78	715	-0,0006	0,0047	725	-0,0001	0,0038	735	-0,0006	0,0048
14,59	757	-0,0008	0,0028	767	0,0000	0,0020	777	-0,0008	0,0029
15	778	-0,0009	0,0022	788	0,0000	0,0014	798	-0,0010	0,0022

Maks : 14,21 mm 12,49 mm 14,25 mm

Nedbøyning for trafikklast $14,25 - ((2,2+2,2)/2)$ 12,00 mm

Maks tillatt nedbøyning $L/350 =$ 42,9 mm

Overhøyde - Brulengde 15 meter

Ln (senter)	v/venstre kant			v/CL-bru			v/høyre kant		
	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max	Node	Uz,min	Uz,max
0	1	0,0027	0,0048	11	0,0036	0,0051	21	0,0027	0,0048
0,81	43	0,0072	0,0093	53	0,0079	0,0095	63	0,0072	0,0093
1,62	85	0,0116	0,0137	95	0,0122	0,0137	105	0,0116	0,0137
2,43	127	0,0158	0,0178	137	0,0161	0,0177	147	0,0158	0,0178
3,24	169	0,0195	0,0215	179	0,0197	0,0214	189	0,0195	0,0215
4,05	211	0,0227	0,0247	221	0,0228	0,0245	231	0,0227	0,0247
4,86	253	0,0253	0,0273	263	0,0254	0,0270	273	0,0253	0,0274
5,68	295	0,0273	0,0293	305	0,0273	0,0290	315	0,0273	0,0293
6,49	337	0,0285	0,0306	347	0,0285	0,0302	357	0,0285	0,0306
7,3	379	0,0291	0,0311	389	0,0291	0,0308	399	0,0291	0,0311
8,11	421	0,0289	0,0309	431	0,0289	0,0306	441	0,0289	0,0309
8,92	463	0,0280	0,0300	473	0,0280	0,0297	483	0,0280	0,0300
9,73	505	0,0264	0,0284	515	0,0264	0,0281	525	0,0264	0,0284
10,54	547	0,0241	0,0261	557	0,0242	0,0258	567	0,0241	0,0261
11,35	589	0,0212	0,0232	599	0,0213	0,0230	609	0,0212	0,0232
12,16	631	0,0177	0,0198	641	0,0180	0,0196	651	0,0177	0,0198
12,97	673	0,0138	0,0158	683	0,0142	0,0158	693	0,0138	0,0158
13,78	715	0,0095	0,0116	725	0,0101	0,0116	735	0,0095	0,0116
14,59	757	0,0049	0,0071	767	0,0058	0,0073	777	0,0049	0,0071
15	778	0,0027	0,0048	788	0,0036	0,0051	798	0,0027	0,0048

Maks : 31,12 mm 30,76 mm 31,12 mm

Legger inn overhøyde med utgangspunkt ved senterlinje bru

Nødvendig overhøyde: 25,69 mm

Nedbøyning - Brulengde 16 meter

Ln (senter)	v/venstre kant			v/CL-bru			v/høyre kant		
	Node	Uz.min	Uz.max	Node	Uz.min	Uz.max	Node	Uz.min	Uz.max
0	1	-0,0009	0,0022	11	0,0000	0,0014	21	-0,0009	0,0023
0,82	43	-0,0007	0,0036	53	-0,0001	0,0027	63	-0,0006	0,0036
1,64	85	-0,0005	0,0054	95	-0,0001	0,0044	105	-0,0005	0,0054
2,46	127	-0,0005	0,0072	137	-0,0001	0,0060	147	-0,0005	0,0071
3,28	169	-0,0005	0,0088	179	-0,0002	0,0075	189	-0,0005	0,0088
4,1	211	-0,0005	0,0102	221	-0,0002	0,0089	231	-0,0005	0,0102
4,92	253	-0,0005	0,0115	263	-0,0002	0,0100	273	-0,0005	0,0115
5,74	295	-0,0005	0,0124	305	-0,0002	0,0109	315	-0,0005	0,0124
6,56	337	-0,0005	0,0131	347	-0,0002	0,0115	357	-0,0005	0,0131
7,38	379	-0,0005	0,0135	389	-0,0002	0,0119	399	-0,0005	0,0135
8,21	421	-0,0005	0,0136	431	-0,0002	0,0120	441	-0,0005	0,0136
9,03	463	-0,0005	0,0133	473	-0,0002	0,0117	483	-0,0005	0,0134
9,85	505	-0,0005	0,0128	515	-0,0002	0,0112	525	-0,0005	0,0128
10,67	547	-0,0004	0,0119	557	-0,0002	0,0104	567	-0,0005	0,0120
11,49	589	-0,0004	0,0108	599	-0,0002	0,0094	609	-0,0005	0,0109
12,31	631	-0,0004	0,0094	641	-0,0001	0,0082	651	-0,0005	0,0095
13,13	673	-0,0004	0,0079	683	-0,0001	0,0068	693	-0,0005	0,0080
13,95	715	-0,0004	0,0062	725	-0,0001	0,0052	735	-0,0005	0,0063
14,77	757	-0,0005	0,0045	767	-0,0001	0,0036	777	-0,0006	0,0045
15,59	799	-0,0007	0,0028	809	0,0000	0,0019	819	-0,0008	0,0028
16	820	-0,0009	0,0022	830	0,0000	0,0014	840	-0,0009	0,0023

Maks : 13,58 mm 11,97 mm 13,61 mm

Nedbøyning for trafikklaster $13,61 - ((2.3 + 2.3)/2)$ 11,34 mm

Maks tillatt nedbøyning $L/350 =$ 45,7 mm

Overhøyde - Brulengde 16 meter

Ln (senter)	v/venstre kant			v/CL-bru			v/høyre kant		
	Node	Uz.min	Uz.max	Node	Uz.min	Uz.max	Node	Uz.min	Uz.max
0	1	0,0030	0,0051	11	0,0038	0,0053	21	0,0030	0,0051
0,82	43	0,0076	0,0097	53	0,0083	0,0098	63	0,0076	0,0097
1,64	85	0,0121	0,0142	95	0,0126	0,0142	105	0,0121	0,0142
2,46	127	0,0164	0,0184	137	0,0167	0,0183	147	0,0164	0,0184
3,28	169	0,0202	0,0222	179	0,0204	0,0220	189	0,0202	0,0222
4,1	211	0,0236	0,0256	221	0,0237	0,0254	231	0,0236	0,0256
4,92	253	0,0264	0,0284	263	0,0265	0,0281	273	0,0264	0,0284
5,74	295	0,0286	0,0306	305	0,0286	0,0303	315	0,0286	0,0306
6,56	337	0,0302	0,0322	347	0,0302	0,0319	357	0,0302	0,0322
7,38	379	0,0310	0,0331	389	0,0310	0,0327	399	0,0310	0,0331
8,21	421	0,0312	0,0333	431	0,0312	0,0329	441	0,0312	0,0333
9,03	463	0,0307	0,0327	473	0,0307	0,0324	483	0,0307	0,0327
9,85	505	0,0295	0,0315	515	0,0295	0,0312	525	0,0295	0,0315
10,67	547	0,0276	0,0296	557	0,0276	0,0293	567	0,0276	0,0296
11,49	589	0,0251	0,0271	599	0,0252	0,0268	609	0,0251	0,0271
12,31	631	0,0220	0,0240	641	0,0221	0,0238	651	0,0220	0,0240
13,13	673	0,0183	0,0204	683	0,0186	0,0202	693	0,0183	0,0204
13,95	715	0,0143	0,0163	725	0,0147	0,0163	735	0,0143	0,0163
14,77	757	0,0099	0,0120	767	0,0105	0,0120	777	0,0099	0,0120
15,59	799	0,0053	0,0074	809	0,0061	0,0076	819	0,0053	0,0074
16	820	0,0030	0,0051	830	0,0038	0,0053	840	0,0030	0,0051

Maks : 33,25 mm 32,89 mm 33,25 mm

Legger inn overhøyde med utgangspunkt ved senterlinje bru

Nødvendig overhøyde: 27,55 mm

Vedlegg M

Resultater Brigade for lagerkrefter

Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BFz (kN)

Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF1 (kN) associated to Bearing Force BFz (kN)

Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF2 (kN) associated to Bearing Force BFz (kN)

Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BFz (kN)

Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BF1 (kN) associated to Bearing Force BFz (kN)

Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BF2 (kN) associated to Bearing Force BFz (kN)

Node	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
591	-462	0	0	-1974	0	0
592	-470	-508	159	-1962	794	-231
893	-455	0	0	-1972	0	0
894	-468	0	231	-1964	0	-159

Vertikalkraft – BFz – spennlengde 10 meter

Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF1 (kN)

Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF2 (kN) associated to Bearing Force BF1 (kN)

Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BFz (kN) associated to Bearing Force BF1 (kN)

Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BF1 (kN)

Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BF2 (kN) associated to Bearing Force BF1 (kN)

Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BFz (kN) associated to Bearing Force BF1 (kN)

Node	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
591	0	0	-709	0	0	-709
592	794	-224	-1458	-508	152	-834
893	0	0	-709	0	0	-709
894	0	0	-709	0	0	-709

Horisontalkraft langs senterlinje – BF1 – spennlengde 10 meter

Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF2 (kN)
 Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF1 (kN) associated to Bearing Force BF2 (kN)
 Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BFz (kN)
 Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF1 (kN) associated to Bearing Force BFz (kN)
 Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF2 (kN) associated to Bearing Force BFz (kN)
 Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BFz (kN)
 Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BF1 (kN) associated to Bearing Force BFz (kN)
 Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BF2 (kN) associated to Bearing Force BFz (kN)

Node	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
906	-1046	0	0	-2933	0	0
907	-1063	-521,1	128,1	-2899	1013	-205
1208	-1028	0	0	-2916	0	0
1209	-1063	0	205	-2898	0	-128,1

Vertikalkraft – BFz – spennlengde 16 meter

Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF1 (kN)
 Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF2 (kN) associated to Bearing Force BF1 (kN)
 Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BFz (kN) associated to Bearing Force BF1 (kN)
 Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BF1 (kN)
 Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BF2 (kN) associated to Bearing Force BF1 (kN)
 Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BFz (kN) associated to Bearing Force BF1 (kN)

Node	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
906	0	0	-1579	0	0	-1579
907	1073	-288,3	-1519	-521,1	264,7	-1968
1208	0	0	-1579	0	0	-1579
1209	0	0	-1579	0	0	-1579

Horisontalkraft langs senterlinje – BF1 – spennlengde 16 meter

Case 1: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF2 (kN)
 Case 2: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BF1 (kN) associated to Bearing Force BF2 (kN)
 Case 3: ULS STR/GEO (envelope), Max, Bearing Force BFz (kN) associated to Bearing Force BF2 (kN)
 Case 4: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BF2 (kN)
 Case 5: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BF1 (kN) associated to Bearing Force BF2 (kN)
 Case 6: ULS STR/GEO (envelope), Min, Bearing Force BFz (kN) associated to Bearing Force BF2 (kN)

Node	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6
906	0	0	-1579	0	0	-1579
907	264,7	-521,1	-2301	-341,6	1013	-1634
1208	0	0	-1579	0	0	-1579
1209	341,6	0	-2143	-264,7	0	-1620

Horisontalkraft på tvers av senterlinje – BF2 – spennlengde 16 meter

Vedlegg N

Laster for optimalisert platetykkelse

Last fra jord over overgangsplate

Spennlengde	Platetykkelse	Høyde, h _j	Last fra jord over overgp.
10 m	550 mm	0.3035 m	36.4 kN/m ²
12 m	650 mm	0.4035 m	43.6 kN/m ²
14 m	700 mm	0.4535 m	47.2 kN/m ²
15 m	900 mm	0.6535 m	61.6 kN/m ²
16 m	1200 mm	0.9535 m	83.3 kN/m ²

Faktorer i Brigade

Spennlengde	Displacement		Force	
	Langtidsdef.	Korttidsdef.	Langtidskrefter	Korttidskrefter
10 m	4.42	3.23	0.37	0.61
12 m	4	2.94	0.37	0.62
14 m	3.66	2.67	0.37	0.62
15 m	3.74	2.82	0.38	0.63
16 m	4.37	3.45	0.38	0.64

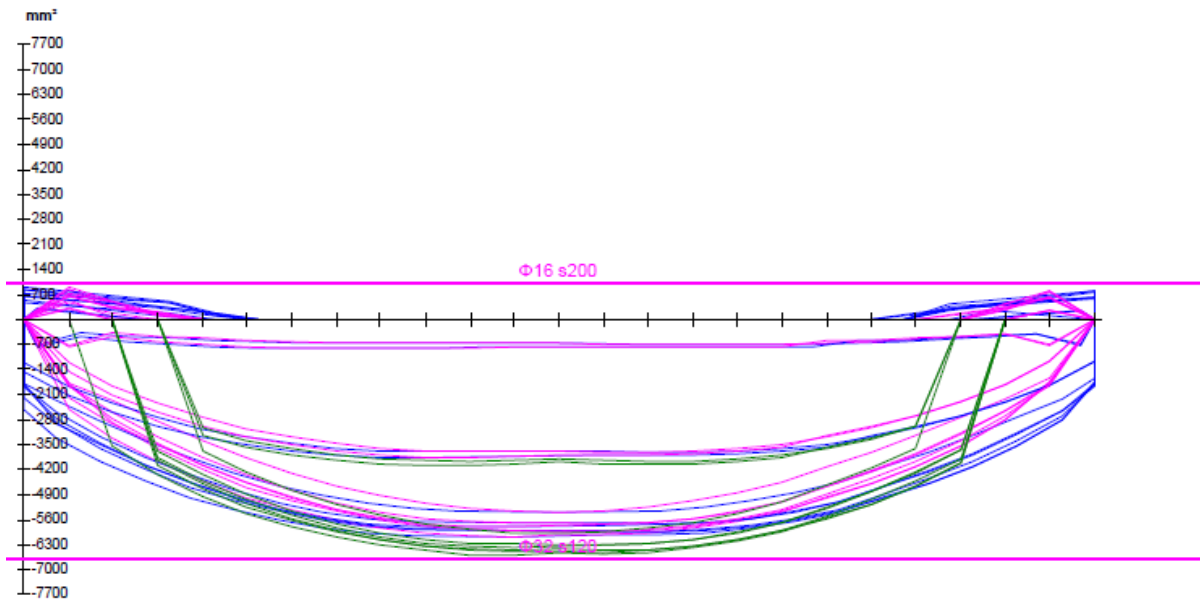
Svinntøyning og kryptall

Spennlengde	Platetykkelse	Kryptall	Total svinntøyning
10 m	550 mm	1.71	0.0003
12 m	650 mm	1.70	0.0003
14 m	700 mm	1.69	0.0003
15 m	900 mm	1.66	0.0003
16 m	1200 mm	1.64	0.0003

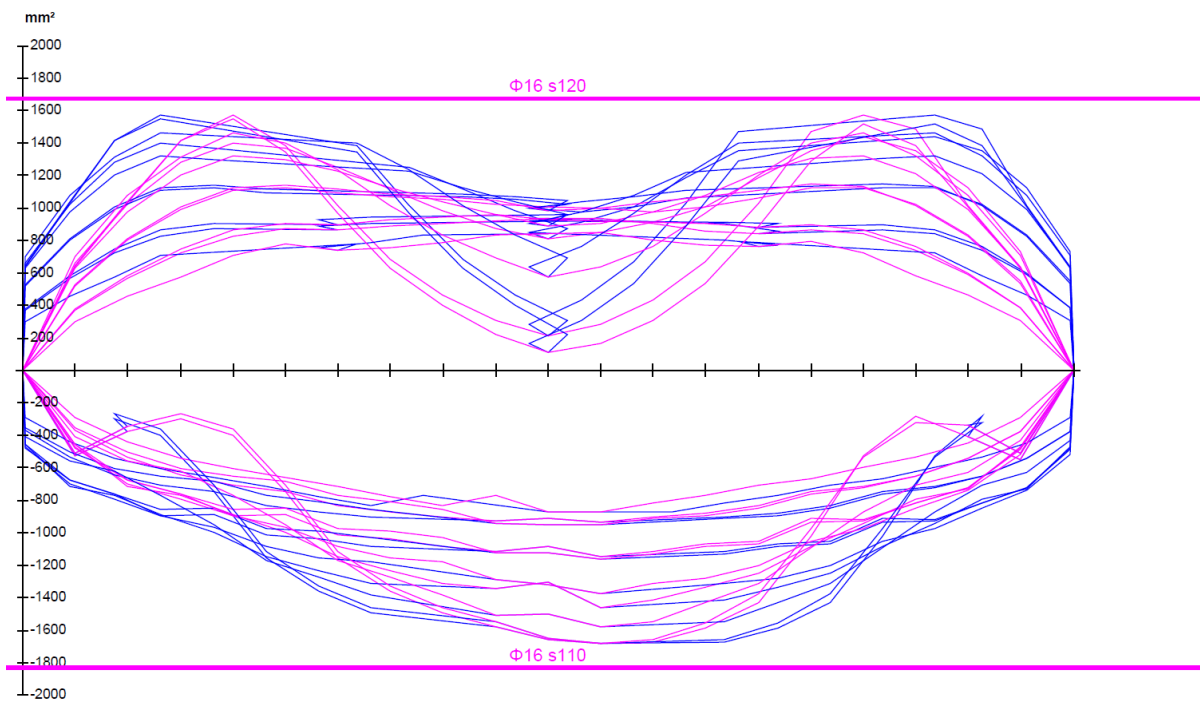
Last fra tillegg fra jordtrykk

Spennlengde	Platetykkelse	Krefter langs senterlinjen
10 m	550 mm	264 kN
12 m	650 mm	314 kN
14 m	700 mm	341 kN
15 m	900 mm	459 kN
16 m	1200 mm	586 kN

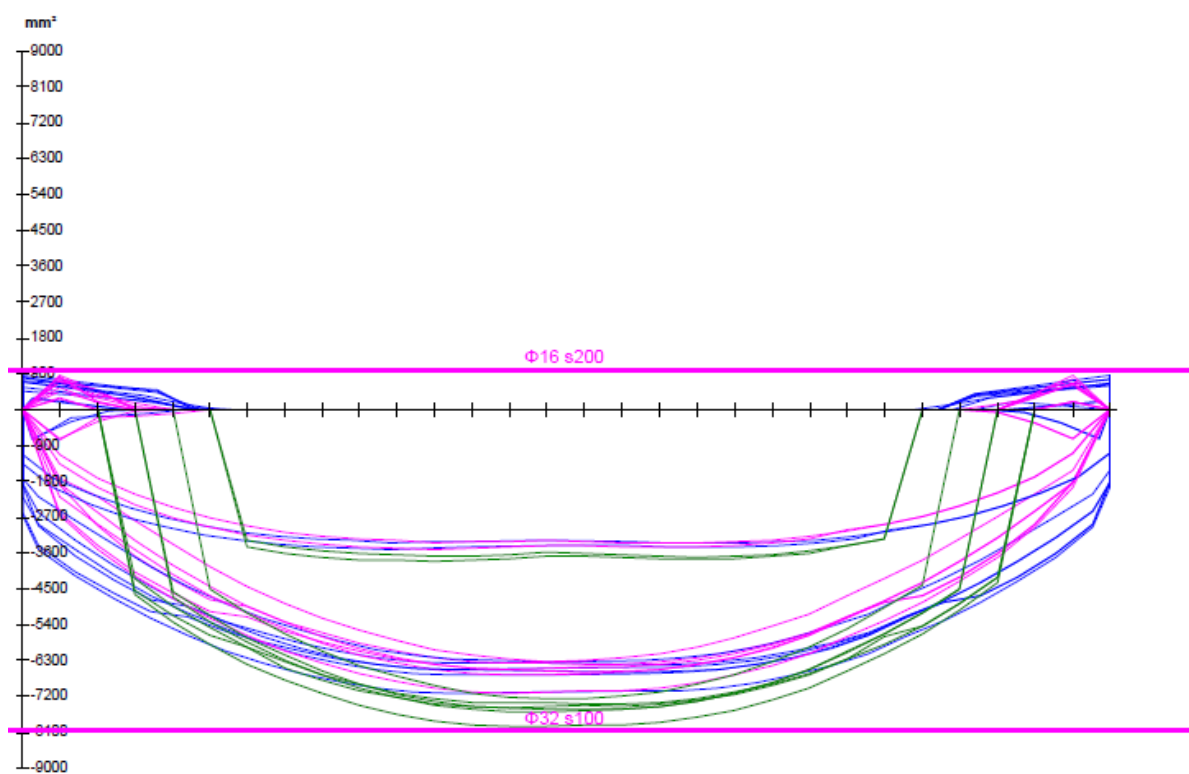
Lengdearmering spennlengde 10 meter, platetykkelse 550 mm



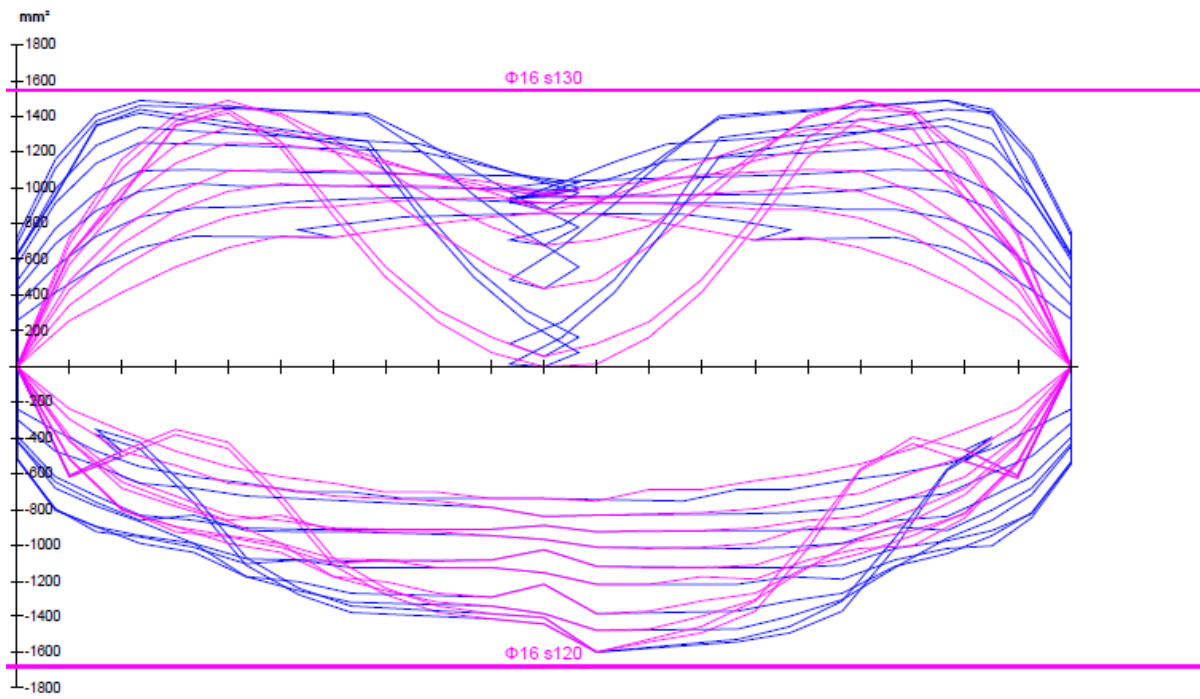
Tverrarmering spennlengde 10 meter, platetykkelse 550 mm



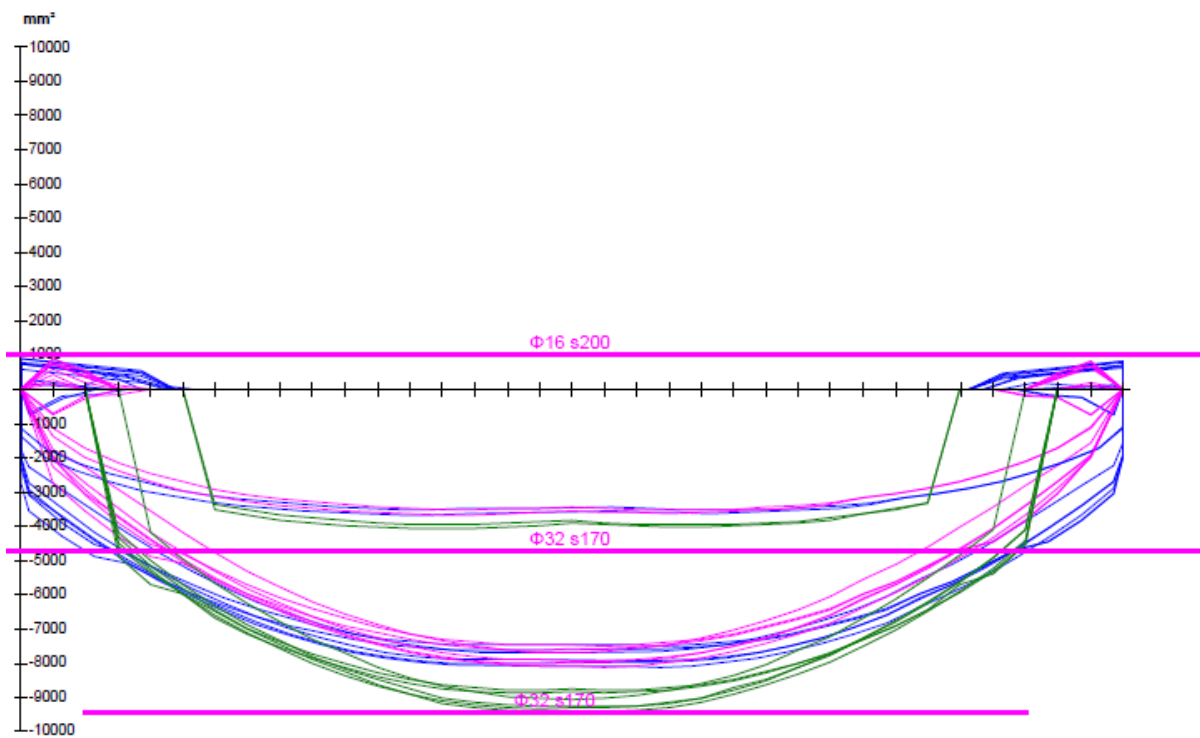
Lengdearmering spennlengde 12 meter, platetykkelse 650 mm



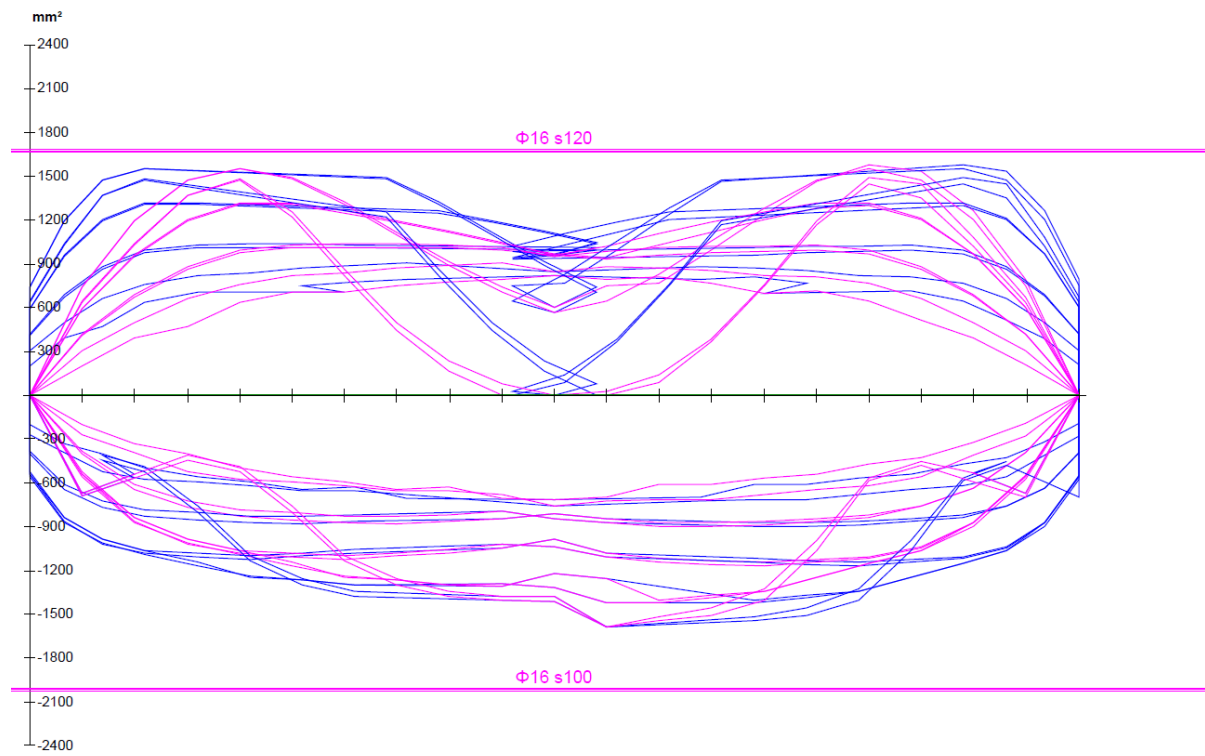
Tverrarmering spennlengde 12 meter, platetykkelse 650 mm



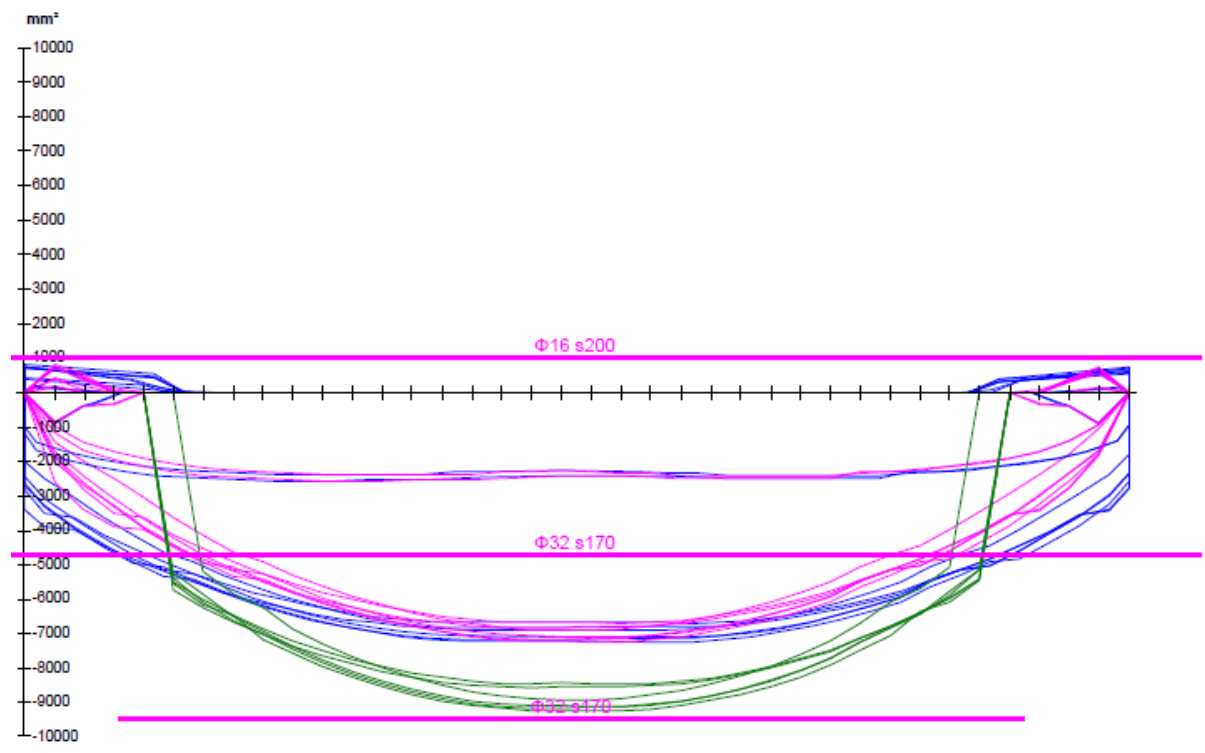
Lengdearmering spennlengde 14 meter, platetykkelse 700 mm



Tverrarmering spennlengde 14 meter, platetykkelse 700 mm



Lengdearmering spennlengde 15 meter, platetykkelse 900 mm



Tverrarmering spennlengde 15 meter, platetykkelse 900 mm

