



Universitetet  
i Stavanger

## DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

# MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:

Konstruksjoner og Materialer/Bygg  
konstruksjoner

Vår semesteret, 2012

Åpen

Forfatter: Iselin Mydland

.....  
(signatur forfatter)

Fagansvarlig: Jasna Bogunovic Jakobsen

Veileder: Roger Ebeltoft, Statens Vegvesen

Tittel på masteroppgaven:

Konstruksjonsanalyser av ei platebru med forskjellige elementmodeller.

Studiepoeng: 30

Emneord:

- Håndbok 185 – versjon 2010 -  
Bruprosjektering
- Nygårdsbekkenbrua
- Modellering
- Brigade
- NovaFrame

Sidetall: .....

+ vedlegg/annet: .....

Stavanger, .....  
dato/år



## FORORD

Denne oppgaven er en avsluttende del av et femårig masterprogram i bygg-konstruksjoner ved Universitetet i Stavanger.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med Universitetet i Stavanger og Statens vegvesen. Jeg leste i en tekst om tips til hvordan å skrive masteroppgave; *"En masteroppgave er som å begi seg ut på havet. Det er oftest flere veier å legge ut og mange steder å få fisk. I starten av oppgaven kan en lett bli grublende over hvilken vei som er best uten å tørre å legge i vei. Etter hvert som en kommer seg ut på åpent hav finnes det enda flere retninger enn inne i fjorden der en startet ut."*(1)

Det jeg leste gjorde inntrykk på meg, og jeg så meg selv igjen i det denne situasjonen flere ganger i løpet av semesteret. Det har vært mange utfordringer underveis, spesielt med analyseverktøyene da dette var noe jeg hadde svært lite kjennskap til fra før. Alt i alt sitter jeg igjen med at jeg har lært utrolig mye. Jeg håper også at Statens vegvesen kan dra nytte av det.

Jeg vil takke noen mennesker som gjorde det mulig for meg å gjøre denne oppgaven:

- Roger Guldvik Ebeltoft, veileder ved Statens Vegvesen for hjelp og støtte underveis.
- Ansatte i Statens Vegvesen for hjelp underveis.
- Jasna Bogunovic Jakobsen, fagansvarlig ved Universitetet i Stavanger for oppfølging når det trengtes.
- Erik Tveiten, medstudent med oppgave i Statens Vegvesen for råd underveis.
- Gunnar Gudmundsen, medstudent for hjelp underveis.
- Familien min, kjæresten min, vennene mine og andre medstudenter for all støtte underveis.

Universitetet i Stavanger, 14.06.2012



## SAMMENDRAG

I forbindelse med dimensjonering og prosjektering av bruer, finnes det forskjellige analyseverktøy å velge mellom. Det er alltid interessant å finne ut om det finnes enklere metoder for å kontrollere konstruksjoner på. For å bli kjent med analyseverktøyene er det vanlig å begynne med å sammenligne krefter.

Oppgaven går i hovedsak ut på å utføre konstruksjonsanalyser av ei platebru. Det er brukt to forskjellige analyseprogrammer, bjelkeprogrammet NovaFrame og plateprogrammet Brigade. I Brigade er det laget to forskjellige modeller av brua. En ren platemodell, og en samvirkende bjelke-, og platemodell. Resultater fra disse to modellene er blitt sammenlignet med resultater fra en ren bjelkemodell av samme brua i NovaFrame.

Det er gjennomført parameterstudier bl.a. for å finne sammenligningsgrunnlag for den rene platemodellen og den rene bjelkemodellen. Resultatene gir avvik i begge modellene i Brigade i forhold til NovaFrame. For egenlast samsvarer resultatene ganske bra, men det skifter mellom hvilket av programmene som gir høyest resultat. Alt etter hvilken modell i Brigade det er, hvilke krefter det er snakk om, og hvor langs brua man sammenligner kreftene.



# INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>FORORD</b> .....	<b>I</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>II</b>
<b>INNHOLDSFORTEGNELSE</b> .....	<b>III</b>
<b>APPENDIKS LISTE</b> .....	<b>V</b>
<b>FIGUR LISTE</b> .....	<b>VI</b>
<b>TABELL LISTE</b> .....	<b>IX</b>
<b>SYMBOL LISTE</b> .....	<b>X</b>
<b>BEGREPSAVKLARINGER OG FORKORTELSER</b> .....	<b>XI</b>
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>1</b>
1.1 PROBLEMSTILLING.....	1
1.2 BAKGRUNN.....	1
1.3 HENSIKTEN MED OPPGAVEN .....	2
1.4 AVGRENSNING AV OPPGAVEN.....	2
1.5 RAPPORTENS STRUKTUR.....	3
1.6 GENERELT OM PROSJEKTERING OG DIMENSJONERING .....	4
<b>2. NYGÅRDSBEKKENBRUA</b> .....	<b>5</b>
<b>3. RELEVANT TEORI</b> .....	<b>9</b>
3.1 ELEMENTMETODEN .....	9
3.1.1 BJELKEELEMENT .....	10
3.1.2 SKALLELEMENT .....	11
3.2 MATERIAL EGENSKAPER.....	12
3.2.1 ISOTROPT MATERIAL.....	12
3.2.2 ORTOTROPT MATERIAL .....	13
3.3 MODELLERING.....	14
3.3.1 ISOTROPISK .....	15
3.3.2 ORTOTROPISK .....	15
3.4 TRAFIKKLAST .....	17
<b>4. BRIGADE</b> .....	<b>20</b>
4.1 BRIGADE SOM ELEMENT PROGRAM.....	20
4.2 PARAMETERSTUDIE FOR BJELKEELEMENTER .....	20
4.2.1 REKTANGULÆRT - TVERRSNITT.....	21
4.2.2 T-TVERRSNITT .....	25
4.3 KREFTER PÅ SKALLELEMENT .....	28
4.3.1 BEREGNINGENE FOR Å FINNE BØYEMOMENT OG TORSJON.....	29
4.3.2 BEREGNINGER FOR Å FINNE SKJÆRKREFTER .....	33
4.4 PARAMETERSTUDIE FOR SKALL ELEMENTER.....	34
4.4.1 OPPLAGERE .....	34
4.4.2 MAKS BØYEMOMENT FOR EGENLAST .....	35
4.4.3 MAKS SKJÆRKRAFT MED 20 ELEMENTER .....	38
4.4.4 PUNKTLAST SOM SKAPER TORSJON MED 20 ELEMENTER:.....	39
<b>5. NOVAFRAME</b> .....	<b>46</b>
5.1 NOVAFRAME SOM 3D BJELKE ELEMENT PROGRAM.....	46



5.2	STATISK MODELL AV NYGÅRDSBEKKENBRUA .....	47
5.3	INPUTFIL NOVAFRAME .....	49
5.3.1	DEFINERING PÅ LANDKAR, LANDKARBJELKER OG SØYLER .....	49
5.3.2	DEFINERING AV BRUBJELKETVERRSNITT .....	52
5.4	LASTFIL NOVAFRAME .....	53
5.4.1	TRAFIKKLAST .....	53
5.5	RESULTATER FRA NOVAFRAME .....	55
<b>6.</b>	<b>MODELLERING I BRIGADE .....</b>	<b>58</b>
6.1	INFORMASJON SOM TRENGS FOR Å MODELLERE .....	58
6.2	FREMGANGSMÅTE FOR MODELLERING AV PLATEMODELL .....	60
6.2.1	GEOMETRI DEFINISJON .....	60
6.2.2	MATERIAL PARAMETERE: .....	71
6.2.3	TRAFIKKLINJER: .....	72
6.3	REN PLATEMODELL AV NYGÅRDSBEKKENBRUA .....	73
6.4	FREMGANGSMÅTE FOR MODELLERING AV SAMVIRKE AV BJELKE OG ORTOTROPPLATE MODELL .....	76
6.5	SAMVIRKENDE BJELKE OG ORTOTROPISK PLATEMODELL .....	82
<b>7.</b>	<b>RESULTATER .....</b>	<b>83</b>
7.1	BJELKEMODELL OG REN PLATEMODELL .....	83
7.1.1	RESULTATER FOR TVERSGÅENDE NODELINJER - BØYEMOMENT FOR EGENLAST .....	83
7.1.2	RESULTATER FOR LANGSGÅENDE NODELINJER – BØYEMOMENT FOR EGENLAST .....	86
7.1.3	RESULTATER FOR LANGSGÅENDE NODELINJER – SKJÆRKRAFT FOR EGENLAST .....	89
7.1.4	RESULTATER FOR LANGSGÅENDE NODELINJER – BØYEMOMENT FOR DIMENSJONERENDE TRAFIKKLAST .....	92
7.1.5	RESULTATER FOR LANGSGÅENDE NODELINJER – SKJÆRKRAFT FOR DIMENSJONERENDE TRAFIKKLAST .....	94
7.1.6	RESULTATER FOR TORSJONSMOMENT – DIM TRAFIKKLAST .....	95
7.2	BJELKEMODELL OG SAMVIRKENDE BJELKE OG ORTOTROP PLATEMODELL .....	96
7.2.1	RESULTATER FOR BØYEMOMENT EGENLAST .....	96
7.2.2	RESULTATER FOR SKJÆRKRAFT EGENLAST .....	97
7.2.3	RESULTATER FOR BØYEMOMENT DIM. TRAFIKKLAST .....	98
7.2.4	RESULTATER FOR SKJÆRKRAFTDIAGRAM DIM. TRAFIKKLAST .....	99
<b>8.</b>	<b>OPPSUMMERING OG DISKUSJON .....</b>	<b>100</b>
8.1	KONKLUSJON .....	102
8.2	VIDERE ARBEID .....	102
<b>9.</b>	<b>REFERANSER .....</b>	<b>104</b>



## APPENDIKS LISTE

<b>APPENDIKS I</b>	<b>Tegninger for prosjekt Skjoldavik-Solheim, bru.nr 11-2166.</b>	<b>s.1-10</b>
<b>APPENDIKS II</b>	<b>Beregning av tyngdepunkt for overbygningen.</b>	<b>s.11-12</b>
<b>APPENDIKS III</b>	<b>Utledning av stivhetsmatrisen for et bjelkeelement.</b>	<b>s.13-17</b>
<b>APPENDIKS IV</b>	<b>Formler for enkel bjelketeori.</b>	<b>s.18-19</b>
<b>APPENDIKS V</b>	<b>Tilleggsstoff fra parameterstudiet, inkludert noen resultater for nedbøyning.</b>	<b>s.20-23</b>
<b>APPENDIKS VI</b>	<b>Inputfil for NovaFrame.</b>	<b>s.24-30</b>
<b>APPENDIKS VII</b>	<b>Lastfil for NovaFrame</b>	<b>s.31-34</b>
<b>APPENDIKS VIII</b>	<b>Oversikt over oppintegreringsfil for tversgående nodelinjer.</b>	<b>s.35-43</b>
<b>APPENDIKS IX</b>	<b>Resultater som er hentet ut for bøyemoment egenvekt med beregningsfil i appendiks VIII.</b>	<b>s.44</b>
<b>APPENDIKS X</b>	<b>Resultater for egenvekt av den totale brubanen i NovaFrame.</b>	<b>s.45-46</b>
<b>APPENDIKS XI</b>	<b>Resultater for dimensjonerende trafikklast i NovaFrame.</b>	<b>s.47-49</b>
<b>APPENDIKS XII</b>	<b>Oversikt over oppintegreringsfil for langsgående nodelinje, kun for bøyemoment.</b>	<b>s.50-56</b>
<b>APPENDIKS XIII</b>	<b>Oversikt over resultater for bøyemoment for dimensjonerende trafikklast.</b>	<b>s.57-58</b>
<b>APPENDIKS XIV</b>	<b>E-post kommunikasjon.</b>	<b>s.59</b>

## FIGUR LISTE

Figur 1-1: Norgeskart som viser inndeling av regioner i vegvesenet. (2) .....	1
Figur 2-1: Plassering av Nygårdsbekkenbrua på et kart som er hentet fra gulesider 11.06.2012. ...	5
Figur 2-2: Bilde av deler av området hvor brua skal bygges. Bildet er tatt ved besøk i januar.....	6
Figur 2-3: Oppriss av brua. ....	6
Figur 2-4: Snitt som viser brudekkets tverrsnitt. ....	7
Figur 3-1: Lineært element (10).....	9
Figur 3-2: Plant element (10).....	10
Figur 3-3: Kubisk element (10).....	10
Figur 3-4: Bjelkeelement (10).....	10
Figur 3-5: Stivhetsmatrisen til et bjelkeelement. (10) .....	11
Figur 3-6: Formel matrise med stivhetsmatrisen inkludert. (10).....	11
Figur 3-7: Skallelement (10).....	12
Figur 3-8: Isotrop elastisitetmatrise (12).....	12
Figur 3-9: Ortotrop elastisitetmatrise (12).....	13
Figur 3-10: Eksempel på hvordan et ortotropt dekke kan se ut i praksis (14).....	13
Figur 3-11: Eksempler på bjelke og dekke-kombinasjoner. (12) .....	14
Figur 3-12: Eksempel på isotropisk modellering (11) .....	15
Figur 3-13: Eksempel på ortotropisk modellering (11) .....	15
Figur 3-14: Bestemmelse av antall og bredde på lastfelt. (15).....	17
Figur 3-15: Demonstrasjon av lastfelt. (15).....	18
Figur 3-16: Lastmodell 1 (15).....	18
Figur 3-17: Detaljer av lastmodell 1 (15) .....	19
Figur 3-18: Tandem hjul system (15) .....	19
Figur 4-1: Lokale positive krefter på et bjelkeelement (12) .....	20
Figur 4-2: Modell av en fritt opplagt bjelke (16).....	21
Figur 4-3: Konvergeringsgraf for moment for egenlast, overflatelast og punktlast. ....	23
Figur 4-4: Konvergeringsgraf for moment for egenlast.....	24
Figur 4-5: Diagram for skjærkraft, bøyemoment og nedbøyning for følgende: Egenlast, overflatelast og punktlast. ....	25
Figur 4-6: Fritt opplagt bjelke med et t-tverrsnitt. ....	26
Figur 4-7: Skjærkraft og bøyemomentdiagram for t-tverrsnittet. ....	27
Figur 4-8: Opplagerkrefter for t-tverrsnittet. ....	28
Figur 4-9: Krefter på skallelement. (12) .....	29
Figur 4-10: Forklaring på hvorfor første og siste element blir delt på to. ....	30
Figur 4-11: Forklaring på hvilke krefter som er tatt med i oppintegrering av bøyemoment. ....	31
Figur 4-12: Forklaring på hvilke krefter som er tatt med i oppintegreringen av torsjonsmoment. ....	32
Figur 4-13: Modellert tverrsnitt av Nygårdsbekkenbrua til parameterstudiet. ....	34
Figur 4-14: Opplagerfigur med to fastlager i A1, og to ensidige lager i A2.....	35
Figur 4-15: Aksialkraft $N_s$ .....	36
Figur 4-16: Bøyemoment $M_a$ .....	36
Figur 4-17: Resultat for bøyemoment for egenvekt med 32 elementer. ....	36
Figur 4-18: Opplagerfigur med et fastlager og et allsidig lager i A1, og et ensidig lager og et fastlager i A2.....	37
Figur 4-19: Resultat for bøyemoment med opplagerbetingelser som i Figur 4-18.....	37
Figur 4-20: Resultat med 20 elementer.....	38
Figur 4-21: Maks skjærkrefter med 20 elementer.....	38



Figur 4-22: Opplagerkrefter med 20 elementer .....	39
Figur 4-23: Opplager figur for torsjonsberegninger. ....	40
Figur 4-24: Skjærkraft $V_{as}$ .....	40
Figur 4-25: Skjærkraft $V_{sz}$ .....	41
Figur 4-26: Torsjonsmoment $T_{sa}$ .....	41
Figur 4-27: Resultat for torsjonsmoment med 20 elementer. ....	42
Figur 4-28: Resultat for torsjonsmoment med annerledes opplagerbetingelser. ....	42
Figur 4-29: Opplagerkrefter pga torsjonsmoment med 20 elementer.....	43
Figur 4-30: Resultat for torsjonsmoment med 32 elementer. ....	44
Figur 4-31: Opplagerkrefter med 32 elementer. ....	44
Figur 5-1: Lokalt aksesystem per bjelkeelement i NovaFrame (19).....	46
Figur 5-2: Statisk modell i NovaFrame .....	47
Figur 5-3: Visning av noder og elementer i den statiske modellen i NovaFrame .....	48
Figur 5-4: Fastinnspent lager i NovaFrame .....	48
Figur 5-5: Allsidig glidelager i NovaFrame.....	48
Figur 5-6: Forklaring av landkarplassering i NovaFrame.....	50
Figur 5-7: Forklaring av tverrsnittet`s plassering i NovaFrame. ....	50
Figur 5-8: Forklaring av søyla`s plassering i NovaFrame. ....	51
Figur 5-9: Brubjelketverrsnittet med punktplasseringer for å vise hvilke koordinater som skal inn for å definere tverrsnittet i inputfila i NovaFrame. ....	52
Figur 5-10: Trafikklastbilde på Nygårdsbekkenbrua. ....	53
Figur 5-11: Nytt trafikklastbilde som stemmer med håndberegninger i NovaFrame.....	54
Figur 5-12: Element størrelse mellom A1 og A2, og mellom A3 og A4 i NovaFrame.....	55
Figur 5-13: Element størrelse mellom A2 og A3i NovaFrame.....	56
Figur 5-14: Bøyemomentdiagram for egenlast i bjelkemodellen. ....	56
Figur 5-15: Skjærkraftdiagram for egenlast i bjelkemodellen.....	56
Figur 5-16: Bøyemomentdiagram for dimensjonerende trafikklast i bjelkemodellen.....	57
Figur 5-17: Skjærkraftdiagram for dimensjonerende trafikklast i bjelkemodellen. ....	57
Figur 6-1: Programvinduer for definering av horisontal og vertikal beliggenhet av veilinja.....	60
Figur 6-2: Brubjelketverrsnitt med mål som trengs for å modellere i Brigade.....	60
Figur 6-3: Programvinduer med definering av brubredde og støttelinjer. ....	61
Figur 6-4: Forholdsregning for en rettvinklet trekant. ....	61
Figur 6-5: Programvindu med definering av dekket.....	62
Figur 6-6: Tverrbjelke.....	63
Figur 6-7: Ekvivalent tverrbjelke.....	64
Figur 6-8: Programvinduer med definering av tverrbjelker.....	64
Figur 6-9: Kantbjelke.....	65
Figur 6-10: Ekvivalent kantbjelke. ....	65
Figur 6-11: Programvindu med definering av kantbjelker. ....	65
Figur 6-12: Landkar A1, snitt B.....	66
Figur 6-13: Landkar A1, plan A. ....	67
Figur 6-14: Landkar og lager i snitt C. ....	67
Figur 6-15: Programvinduer med definering av landkar i A1. ....	68
Figur 6-16: Landkar A4, snitt B.....	68
Figur 6-17: Programvindu med definering av landkar i A4. ....	69
Figur 6-18: Søyale i A2, Snitt B. ....	69
Figur 6-19: Programvinduer med definering av søyle 1, A2. ....	70
Figur 6-20: Søyale i A3, Snitt D.....	70
Figur 6-21: Programvindu med definering av søyle 2, A3. ....	71





Figur 6-22: Programvinduer med brukte material parametere. ....	71
Figur 6-23: Den rene platemodellen av Nygårdsbekkenbrua er fremstilt.....	73
Figur 6-24: En oversikt over hva som skjer i forhold til kalkulering ved støttelinjene. (12) .....	74
Figur 6-25: Brudekket med elementer sett ovenfra .....	75
Figur 6-26: Brubjelketverrsnittet er delt opp i arealer for beregninger .....	76
Figur 6-27: Beregning av middelværdi i areal 4, og areal 6 ref. Figur 6-26.....	77
Figur 6-28: Beregning av middelværdi i areal 7 og areal 8. ....	77
Figur 6-29: Nytt tverrsnitt for samvirkemodellen.....	78
Figur 6-30: Inndelingsgrunnlag for hvor stor del av dette t-tverrsnitt som skal modelleres som en bjelke i det samvirkende tverrsnittet. ....	79
Figur 6-31: Modell for beregning av avstanden mellom momentnullpunktene (3).....	79
Figur 6-32: Beregning av effektiv flensbredde (3) .....	79
Figur 6-33: T-bjelken som skal bli modellert .....	81
Figur 6-34: Samvirkende bjelke og ortotrop platemodell.....	82
Figur 6-35: Samvirkende bjelke og ortotrop platemodell, hvor tverrsnittet blir bedre fremstilt. ...	82
Figur 7-1: Grafen viser resultater fra NovaFrame og Brigade ut fra Tabell 7-2.....	84
Figur 7-2: Graf med resultater fra NovaFrame og Brigade fra Tabell 7-3. ....	85
Figur 7-3: Bøyemomentresultater for egenlast fra 21 nodelinjer i samme grafen i Brigade. ....	86
Figur 7-4: Sammenligning av bøyemoment for egenlast med tverrbjelke i Brigade.....	87
Figur 7-5: Sammenligning av bøyemoment for egenlast uten tverrbjelke i Brigade.....	88
Figur 7-6: Skjærkraft resultater for egenlast, fra 21 nodelinjer i samme grafen i Brigade.....	89
Figur 7-7: Sammenligning av skjærkrefter for egenlast med tverrbjelker i Brigade.....	90
Figur 7-8: Sammenligning av skjærkrefter for egenlast uten tverrbjelker i Brigade.....	91
Figur 7-9: Resultater for bøyemoment for dimensjonerende trafikklast for bjelkemodellen og den rene skallmodellen med tverrbjelker.....	92
Figur 7-10: Resultater for bøyemoment for dimensjonerende trafikklast for bjelkemodellen og den rene skallmodellen uten tverrbjelker.....	93
Figur 7-11: Resultater for skjærkrefter for dimensjonerende trafikklast for bjelkemodell og den rene platemodellen med tverrbjelker. ....	94
Figur 7-12: Resultater for torsjonsmoment for den rene skallmodellen og bjelkemodellen. ....	95
Figur 7-13: Resultater for bøyemoment for den samvirkende modellen og bjelkemodellen. ....	96
Figur 7-14: Resultater for skjærkraft for den samvirkende modellen og bjelkemodellen.....	97
Figur 7-15: Resultater for bøyemoment for dimensjonerende trafikklast for den samvirkende modellen og bjelkemodellen. ....	98
Figur 7-16: Resultater for bøyemoment for dimensjonerende trafikklast for den samvirkende modellen og bjelkemodellen. ....	99



## TABELL LISTE

Tabell 4-1: Informasjon om fritt opplagt bjelke .....	22
Tabell 4-2: Moment beregninger for fritt opplagt bjelke.....	23
Tabell 4-3: Skjærkraft for egenlast. ....	24
Tabell 4-4: Tabell som forklarer resultatlinjene i Figur 4-5. ....	25
Tabell 4-5: Informasjon om bjelken. ....	26
Tabell 4-6: Moment for egenlast av t-tverrsnitt. ....	26
Tabell 4-7: Skjærkraft for egenlast av t-tverrsnitt.....	27
Tabell 4-8: Symboler med definisjon .....	30
Tabell 4-9: Forklaringer på opplagere og de symbolene som er brukt i etterfølgende tegninger.(19) .....	34
Tabell 4-10: Opplagerkrefter med 20 elementer.....	39
Tabell 5-1: Utsnitt tatt ut fra inputfil for å forklare definering på landkar, landkarbjelker og søyler .....	49
Tabell 5-2: Utsnitt tatt ut fra inputfil for å forklare definering av tverrsnitt.....	52
Tabell 5-3: Utsnitt tatt ut fra inputfil for å forklare definering trafikklastinput.....	55
Tabell 6-1: Konstruksjonsbeskrivelse.....	58
Tabell 6-2: Horisontal beliggenhet av vei.....	58
Tabell 6-3: Vertikal beliggenhet av vei .....	58
Tabell 6-4: Forenklet horisontal beliggenhet av vei .....	59
Tabell 6-5: Forenklet vertikal beliggenhet av vei .....	59
Tabell 6-6: Material egenskaper .....	59
Tabell 6-7: Laster .....	59
Tabell 6-8: Støttelinjer .....	59
Tabell 6-9: Koordinater for brubjelketverrsnitt i Brigade.....	62
Tabell 6-10:Trafikklinje plassering.....	72
Tabell 7-1: Oversikt over avlesing av resultater tversgående i Brigade og NovaFrame. ....	83
Tabell 7-2: Resultater for bøyemoment egenlast fra NovaFrame og Brigade med tverrbjelke.....	84
Tabell 7-3: Resultater for bøyemoment egenlast fra NovaFrame, Brigade og G-prog uten tverrbjelke. ....	85

**SYMBOL LISTE**

K	Stivhet
$\theta$	Rotasjon
u	Defleksjon
E	Elastisitetsmodul
I	Treghetsmoment
L	Lengde
M	Bøyemoment
F	Reaksjonskrefter
$\varepsilon$	Tøyning i s-retning
$\gamma$	Skjærtøyning i as-planet
S	Skjærspenning
G	Skjærmodul
$\nu$	Poisson`s ratio
$\rho$	Densitet
w	Kjørebanebredde til brua
$n_l$	Antall lastfelt
$w_l$	Bredde på lastfelt
$Q_{ik}$	Aksel last
$q_{ik}$	Jevnt fordelt last
N	Aksialkraft i bjelkeaksen
T	Torsjonsmoment
P	Punktlast
$E_{min,maks}$	Maks og min eksentrisitet
$E_{cm}$	Elastisitetsmodulen etter 28 døgns fasthet
$f_{cm}$	middelverdi av betongtrykkfasthet etter 28 døgn
$A_{ekv}$	Ekvivalent areal
$l_o$	Avstand mellom momentnullpunkt
$b_{eff}$	Effektiv flensbredde
100 <sup>g</sup>	Gon vinkel tilsvarer 90°
Pos_tn	Posisjon for tversgående nodelinje
Pos_ln	Posisjon for langsgående nodelinje

**BEGREPSAVKLARINGER OG FORKORTELSER**

(..)	Kildehenvisning.
HB 185	Håndbok 185
A1,A2,A3 og A4	Akse 1,2,3 og 4
Monolittisk	Helstøpt
Platebru	Når plater er hovedbærer, kalles det plate bru.
Overbygning	Selve brukonstruksjonen som inkluderer brubanen, bæresystemet og avstivinger.
Underbygning	Fundament med landkar, pilarer og evt. forankringer.
Int	Av integer part, som betyr heltallsdelen.
Min	minimum
Maks	maksimum
Fastlager	En type lager som ikke er bevegelig i plan retningene.
Allsidig lager	En type lager som kan bevege seg i alle retninger i planet.
Ensidig lager	Også kalt glidelager, en type lager som blir styrt til å bevege seg i en retning.



## 1. INNLEDNING

### 1.1 PROBLEMSTILLING

Oppgaven går ut på å utføre konstruksjonsanalyser av ei platebru med forskjellige elementmodeller. Det skal lages to modeller i plateprogrammet Brigade av Nygårdsbekkenbrua. En ren platemodell, og en modell med samvirkende bjelke og ortotrop plate. Resultater fra disse to modellene skal videre sammenlignes med resultater fra bjelkeprogrammet NovaFrame.

### 1.2 BAKGRUNN

Bakgrunn for oppgaven var først og fremst ønsket om å lære mer om broer. Gjennom medstudenter fikk jeg høre at Statens vegvesen (SVV) i Stavanger hadde en bruseksjon. Derfor, tidlig i høst sendte jeg en epost til bruseksjonen og hørte om de var interessert. Jeg fikk et møte med dem og vi diskuterte oss frem til en problemstilling. Jeg nevnte at jeg ønsket en oppgave der jeg fikk sette meg inn i deres arbeidsfelt og som de kunne dra videre nytte av.

Statens vegvesen er en kompetansebedrift med ca. 6400 ansatte. Bedriften består av to forvaltningsnivåer; vegdirektoratet og fem regioner. De fem regionene er vist i figuren nedenfor. Region vest, kontor Stavanger har den største bruseksjonen i landet med 25 ansatte.



**Figur 1-1: Norgeskart som viser inndeling av regioner i vegvesenet. (2)**



SVV sin bakgrunn for oppgaven er ønsket om å kunne bruke Brigade modeller til å kontrollere beregninger for fremtidige prosjekter. NovaFrame er et eldre og kanskje et mindre brukervennlig modelleringsprogram i noen øyne enn hva Brigade er. Brigade er et relativt nytt modelleringsprogram, og det er derfor ikke så mye kjennskap til dette programmet i Statens vegvesen. Både den rene platemodellen og den samvirkende modellen med bjelke og ortotropisk plate er gunstig og viktig å få mer kjennskap til.

### **1.3 HENSIKTEN MED OPPGAVEN**

Hensikten med oppgaven er først og fremst å få utført relevante konstruksjonsanalyser samtidig som en får en innføring i elementprogrammene Brigade og NovaFrame. For å kunne ta utgangspunkt i en sammenligning av resultater i de to forskjellige elementprogrammene, må man finne ut hvordan man skal oppintegre resultater fra den rene platemodellen i Brigade. Basert på antagelsene som blir gjort finner man ut om det er sammenlignbart. Utover dette må kontrollberegninger bli gjort. Det å sette seg inn i deler av eurokode 2 (3) blir viktig fordi den ferdige modellen i NovaFrame er etter HB 185 versjon 2009 med NS 3473, og den skal endres etter Eurokode NS-EN 1992-1-1 via HB 185 versjon 2010. For å kunne klare å overføre denne informasjon må man sette seg inn i og forstå inputfila til NovaFrame, se appendiks VI. Bl.a. informasjon fra oversiktstegninger og informasjon fra inputfila i NovaFrame må bli brukt til å utarbeide de to forskjellige modellene i Brigade. Når disse modellene er ferdigstilt, er hensikten å se om resultatene fra de tre konstruksjonsanalysene basert på de antagelsene og avgrensningene som blir gjort samsvarer.

### **1.4 AVGRENSNING AV OPPGAVEN**

En mulig måte å løse oppgaven på er å se på resultatene for alle laster som påvirker en brukonstruksjon. I tillegg kunne det ha blitt testet flere måter å sammenstille den samvirkende modellen på. På grunn av tidsrammen innenfor en masteroppgave velger jeg å sammenligne krefter fra egenlast og vertikaltrafikklast. Det er ingen lastfaktorer med som forteller om det er bruks- eller bruddgrensetilstander. I tillegg er det brukt enkel bjelketeori som sammenligningsgrunnlag i parameterstudiene og for noen av resultatene i



hovedanalysene. Det er blitt satt opp én måte å modellere tverrsnittet til brubjelken på som samvirkende bjelke og ortotrop plate.

## 1.5 RAPPORTENS STRUKTUR

Rapportens oppbygning er som følgende; I kapittel 2 er det tatt med informasjon om brua som skal analyseres. Det er også tatt med en forklaring på de forskjellige konstruksjonsdelene som brua består av og en kort beskrivelse av generell fremgangsmåte for prosjektering og dimensjonering av bruer. I kapittel 3 er noe relevant teori inkludert om elementer, trafikklaster, material egenskaper og noe informasjon om modellering. I kapittel 4 er det tatt med relevante parameterstudier av bjelkeelementer og skallelementer som er utført i Brigade. I kapittel 5 er den statiske modellen av brua i bjelkeprogrammet NovaFrame fremstilt. Grunnen til at dette er tatt med først er fordi at det er denne modellen som er utgangspunktet for sammenligningen av kreftene. Det er også tatt med forklaringer på utvalgte deler av input og lastfila. Tilslutt i kapittelet er diagrammene for skjærkrefter og bøyemomenter inkludert, som er de diagrammene som blir sammenlignet til slutt i kapittel 7. I kapittel 6 er det tatt med mer informasjon om brua i forhold til det å modellere i Brigade fra bunn av. Fremgangsmåten for modellering av skallmodellen er tatt med ganske detaljert. Kapittel 7 består av resultater med sammenligning rundt grafene som er fremstilt. I det avsluttende kapitelet er det en oppsummering med diskusjon, en konklusjon og anbefalinger til videre arbeid.



## 1.6 GENERELT OM PROSJEKTERING OG DIMENSJONERING

For å få en rask innføring i hvordan prosessen foregår når en bru skal konstrueres, er det tatt med noen opplysninger. Mye av informasjonen nedenfor er hentet fra Håndbok 185 versjon 2010 – Bruprosjektering. Denne håndboken er utgangspunktet for de andre Eurokodene som er brukt i denne oppgaven.

Prosjektering av ei bru fører med seg arbeid som valget av brutypen, hvilke utstyr som trengs, tegninger, utviklingen av en teknisk del som blir med i konkurransegrunnlaget, beregninger og dimensjonering, den konstruktive utformingen, dokumentasjon, kontroll og godkjenning av prosjekteringen. De delene som ikke inngår i prosjekteringen er forundersøkelser, innsamling og sammenstilling av grunnlagsmateriale og planbehandlingen. (4)

Generelt for dimensjonering av bruer, er at det skal konstateres at konstruksjonen oppfyller dimensjoneringsreglens krav i forskjellige grensetilstander. Grensetilstandene er brudd-, bruks-, ulykkes- og i noen tilfeller også utmattingsgrensetilstanden. Grensetilstandene er definert i NS-EN 1990 /1/. (4)

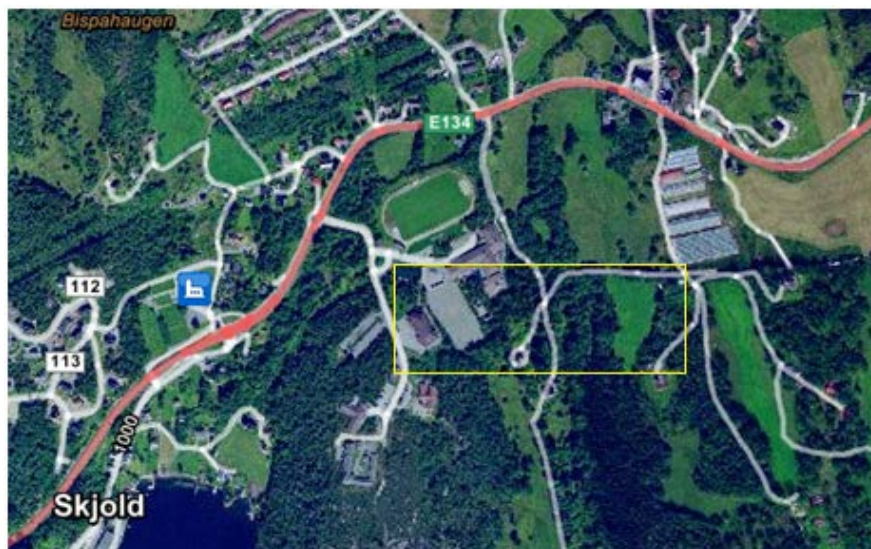
For en hver konstruksjon må det gjøres kapasitetskontroller for å finne ut om konstruksjonens motstand er større, enn på kjenningen den blir utsatt for. For å kunne finne ut av dette må man ha kjennskap til beregningene og tilgang til på NS-EN 1991 /2/, hvor det står om forskjellige karakteristiske laster, bl.a. for snø og vind. Disse karakteristiske lastene er basert på erfaringer og målinger, og derfor må det legges til en lastkoeffisient pga. usikkerheten i disse målingene. I tillegg må spenninger pga. ytre last sammenlignes med materialstyrken. Materialegenskapene er derfor essensielle for konstruksjonen. (5)

Alle konstruksjoner dimensjoneres for en brukstid. For bruer blir vanligvis den dimensjonerende brukstida på 100 år. Dette legges til grunn ved kontroll av utmattingsgrensetilstanden. Dersom brua inneholder komponenter som ikke har en levetid på 100 år, må disse konstruksjonsdelene kunne fornyes. (4)



## 2. NYGÅRDSBEKKENBRUA

Nygårdsbekkenbrua, med brunnr.11-2166 er ei tre spenns fritt frembygg platebru med spennvidder på 10m, 14m og 10m. Brua er en av syv bruer på prosjektet E134 Skjoldavik – Solheim. (6) Prosjektet er planlagt ferdigstilt om ca. tre år. Innenfor det gule rektangelet på kartet i Figur 2-1 nedenfor vises en ca. beliggenheten av den fremtidige brua.

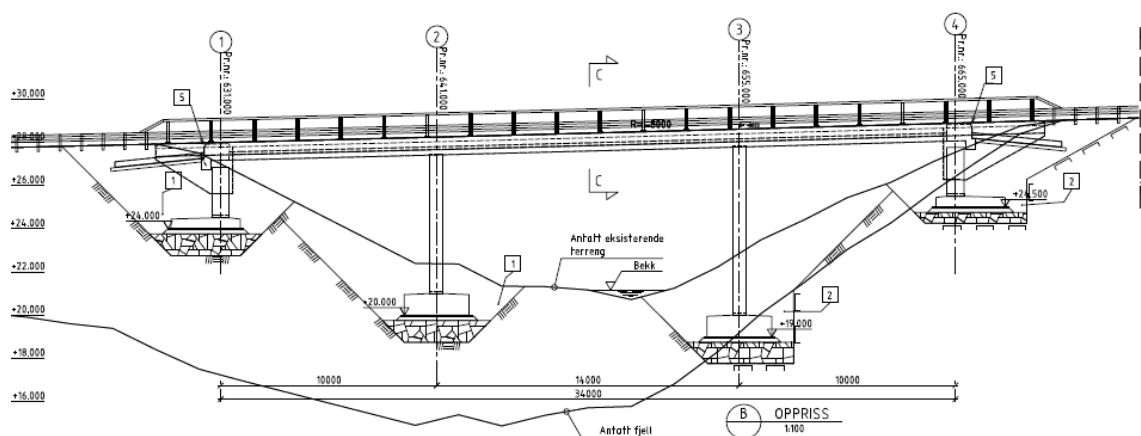


**Figur 2-1: Plassering av Nygårdsbekkenbrua på er kart som er hentet fra gulesider 11.06.2012.**



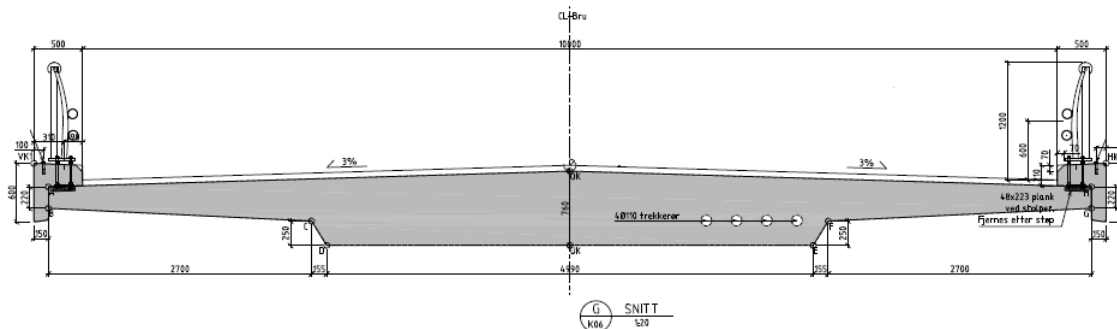
**Figur 2-2: Bilde av deler av området hvor brua skal bygges. Bildet er tatt ved besøk i januar.**

Brua har fire akser, se Figur 2-2. A1 og A2 skal bli plassert på venstre side av Nygårdsbekken i forhold til bildet ovenfor, mens A3 og A4 på høyre side av bekken. For mer detaljerte og litt større oversiktstegninger av brua, se appendiks I.



**Figur 2-3: Oppriss av brua.**

På neste side i Figur 2-4 er brubjelketverrsnittet til Nygårdsbekkenbrua vist.



**Figur 2-4: Snitt som viser brudekkets tverrsnitt.**

Brua består av:

- Et brudekke: Konstruksjonsoverflaten, der hvor belastningen av trafikklaster skjer først, før kreftene overføres til andre konstruksjonsdeler. Brua har et homogent tverrsnitt om alle tre spenn.
- To stk. kantdragere: En opphøyning langs kanten av brua som rekkverket blir festet til. Dens estetiske funksjon er å jevne ut nedbøyninger og ujevnheter.
- To stk. lengder med rekkverk: Dens funksjon er først og fremst sikkerhet. Samtidig har rekkverk en estetisk funksjon; man vil ivareta opplevelsen av det man passerer av natur.
- To stk. tverrbjelker: En godt armert bjelke som skal tåle belastningen av avslutningen av brudekket med trafikk.
- Fire stk. allsidige lager: Lagrene er festet til tverrbjelken øverst og landkar nederst ved A1 og A4. Lagrene kan bevege seg i alle retninger av horisontalplanet. Disse lagrene gjør at brua skal tåle belastningen den får.
- To stk. overgangsplater: Plater som ligger koblet til tverrbjelken for å gi en smidig overgang fra vegbane til bru. Disse forårsaker mindre horisontalkrefter på brua.
- To stk. landkar: Navnet kommer av at det ligger på land. Det er overgangssonen mellom terreng og bru. Landkaret overfører krefter fra tverrbjelken og ned til fundamentet. I tillegg fungerer landkar som en støttemur for terrenget.
- To stk. landkar vinger: Disse vingene har som funksjon at de holder massene på plass, med at de hindrer utrasing under avlastningsplaten og ut på sidene.
- To stk. søyler: Kraftene fra større deler av bruflaten blir overført gjennom søylene og ned til fundamentene.



- Fire stk. fundament: De skal være de stabile utgangspunktene for landkar og søyler. De er delene av konstruksjonen som fører all belastning ned til grunnen.
- Asfaltfuger: For å hindre oppsprekking av asfalt ved belastning av trafikklast. (7)

Ved A1 blir landkaret fundamentert på løsmasser, mens ved A4, blir landkaret fundamentert på fjell. Søylene ved A2 blir fundamentert på løsmasser, mens søyle ved A3 på fjell. (6) Søylen er støpt monolittisk inn i brudekket. Ellers har brua en radius på 8000m i horisontalplanet. For bedre oversiktstegninger, se i appendiks I.

### 3. RELEVANT TEORI

#### 3.1 ELEMENTMETODEN

For å analysere et system er det vanlig å utvikle en teoretisk modell for å synliggjøre hvordan kreftene opptas. Modellen kalles systemets statiske system og benyttes som modell for beregninger. (8)

Elementmetoden går ut på at man deler et system opp i mindre, overkommelige deler, kalt elementer. Elementene er koblet sammen med noder. Det er vanlig med antagelser om geometri, grensebetingelser og laster etc. i slike modeller for å forenkle beregningene.

Man kan beregne krefter med element metoden for hånd, men dette er ofte svært vanskelig og tidkrevende da differensialligningene er kompliserte for større konstruksjoner. For å gjøre beregningene mer effektivt og for å få resultater som er omtrentlig i samsvar med teoretiske verdier, er det blitt laget mange dataprogram med forskjellige numeriske løsninger. Element metoden er den mest brukte datasimuleringsmetoden innen ingeniørfeltet. (9) (10) (11)

Det finnes flere typer elementer:

- 1-D, lineært element med to noder, brukes for å simulere f.eks bjelke, rør, fjær og fagverk.



**Figur 3-1: Lineært element (10)**

- 2-D, Platt element med fire noder, brukes for å simulere plater og skall, også kalt skallelement.



**Figur 3-2: Plant element (10)**

- 3-D, kubisk element med 8 noder, brukes for å simulere temperatur, forskyvning og spenning.

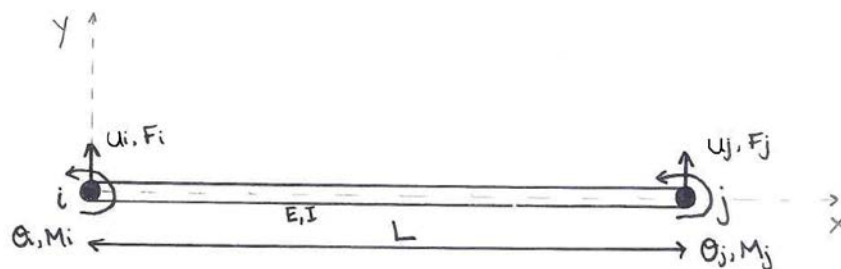


**Figur 3-3: Kubisk element (10)**

De relevante typer elementer for denne oppgaven er bjelkeelement og skallelement. Derfor er det skrevet litt ekstra teori om disse element typene.

### 3.1.1 BJELKEELEMENT

De fleste konstruksjonsanalysene kan bli behandlet som lineære, statiske problemer, så lenge antagelser som; små deformasjoner, elastisk materiale og statiske laster er gitt. Lineære analyser kan gi deg det meste av informasjon om oppførselen til en konstruksjon. Det er en god tilnærming for mange analyser. Figuren under viser hvordan et bjelkeelement ser ut, og hvilke krefter som virker på elementet. (9)



**Figur 3-4: Bjelkeelement (10)**

Stivhetsmatrisen for et bjelkeelement:

$$K = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} u_i & \theta_i & u_j & \theta_j \\ 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix}$$

**Figur 3-5: Stivhetsmatrisen til et bjelkeelement. (10)**

Hvor  $K$  er stivheten,  $\theta_{i,j}$  er rotasjon,  $u_{i,j}$  er defleksjon,  $E$  er elastisitetsmodulen,  $I$  er treghetsmomentet og  $L$  er lengden. For utledningen av stivhetsmatrisen, se appendiks III. For å beregne krefter på et bjelkeelement som i Figur 3-4 med element metoden, brukes formelmatriksen nedenfor.

$$\frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} u_i & \theta_i & u_j & \theta_j \\ 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_i \\ \theta_i \\ u_j \\ \theta_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{iy} \\ M_i \\ F_{jy} \\ M_j \end{bmatrix}$$

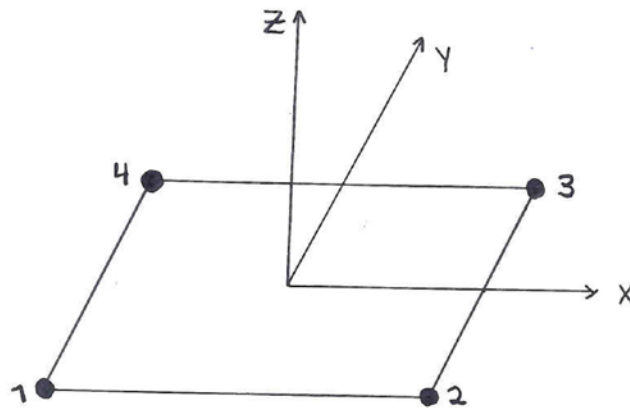
**Figur 3-6: Formel matrise med stivhetsmatrisen inkludert. (10)**

Hvor  $M_{i,j}$  er bøyemoment og  $F_{i,j}$  er reaksjonskrefter. I matrisen ovenfor setter man inn de kjente grensebetingelsene man har oppgitt. Hvis man ikke har noen må man anta som nevnt i begynnelsen av kapittelet. Når man f.eks har en bjelke med to elementer blir stivhetsmatrisen  $6 \times 6$ , og når det er snakk om store konstruksjoner som trenger mange elementer f.eks 68 stykk blir det fort for store matriser å håndberegne.

### 3.1.2 SKALLELEMENT

Et skall er definert som et krumt todimensjonalt konstruksjonselement hvor to dimensjoner er større enn den tredje, som er tykkelsen på elementet. (11). Skallteorien er det mest krevende og kompliserte til å formulere og analysere i mekanikken. (10) Det ene elementprogrammet, Brigade som er brukt i denne oppgaven bruker 4-noders elementer med et integrasjonspunkt i senter av hvert element og de ser ut slik figuren

nedenfor viser. (11) I neste kapittel som omhandler Brigade, vil det bli nøyere forklart hvordan kreftene virker på et fire noders element.



Figur 3-7: Skallelement (10)

## 3.2 MATERIAL EGENSKAPER

### 3.2.1 ISOTROPT MATERIAL

Et isotropt material har samme egenskaper i alle aksene. Figuren nedenfor viser elastisitetismatrisen til et isotropt material.

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

Figur 3-8: Isotrop elastisitetismatrise (12)

Hvor  $\varepsilon_s$  og  $\varepsilon_a$  er tøyning i s-, og a-retning.  $\gamma_{as}$ ,  $\gamma_{sz}$  og  $\gamma_{az}$  er skjærtøyning i as-, sz-, og az-planet.  $S_s$  og  $S_a$  er spenning i s-, og a-retning.  $S_{as}$ ,  $S_{sz}$  og  $S_{az}$  er skjærspenning i as-, sz-, og az-planet.  $G$  er skjærmodul,  $\nu$  er Poisson's ration og  $E$  er elastisitetismodulen til betongen. (12)



### 3.2.2 ORTOTROPT MATERIAL

Et ortotrop material har forskjellige egenskaper i to, eller tre vinkelrette akser. Et eksempel på et material med tre forskjellige egenskaper kan være tre. (13)

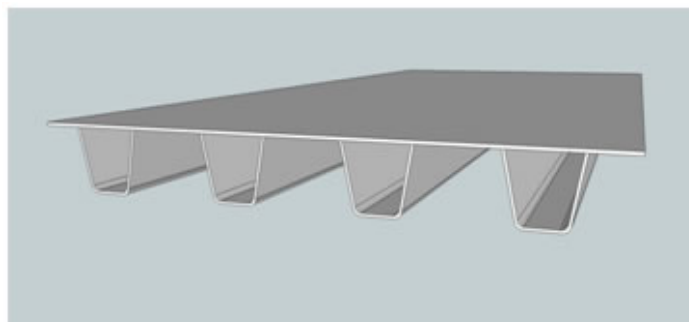
I Figur 3-9 under vises den lineære elastisitetmatrisen for et ortotrop material.

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

**Figur 3-9: Ortotrop elastisitetmatrise (12)**

Hvor  $\varepsilon_s$  og  $\varepsilon_a$  er tøyning i s-, og a-retning.  $\gamma_{as}$ ,  $\gamma_{sz}$  og  $\gamma_{az}$  er skjærtøyning i as-, sz-, og az-planet.  $S_s$  og  $S_a$  er spenning i s-, og a-retning.  $S_{as}$ ,  $S_{sz}$  og  $S_{az}$  er skjærspenning i as-, sz-, og az-planet.  $G_{sa}$ ,  $G_{sz}$  og  $G_{az}$  er skjærmodul i as-, sz-, og az-planet.  $E_s$  er elastisitetmodulen til betongen i langsgående, s-retning, mens  $E_a$  er elastisitetmodulen til betongen i tversgående, a-retning.

Det er blitt tatt med litt generell informasjon om ortotrope dekker i forhold til hvordan de kan bli utført i praksis. De kan være laget av f.eks stålplater som er sveist sammen, med ribber under som støtter opp. Å utføre dekket i stål i stedet for betong vil gjøre konstruksjonen lettere enn om det blir laget av betong. Det er mer effektivt å bruke ståldekker for bruer med lange spenn og for bevegelige bruer, eller for kortere spenn som trenger og ha lett vekt, eller for broer som krever stor torsjonsstivhet.



**Figur 3-10: Eksempel på hvordan et ortotrop dekke kan se ut i praksis (14)**

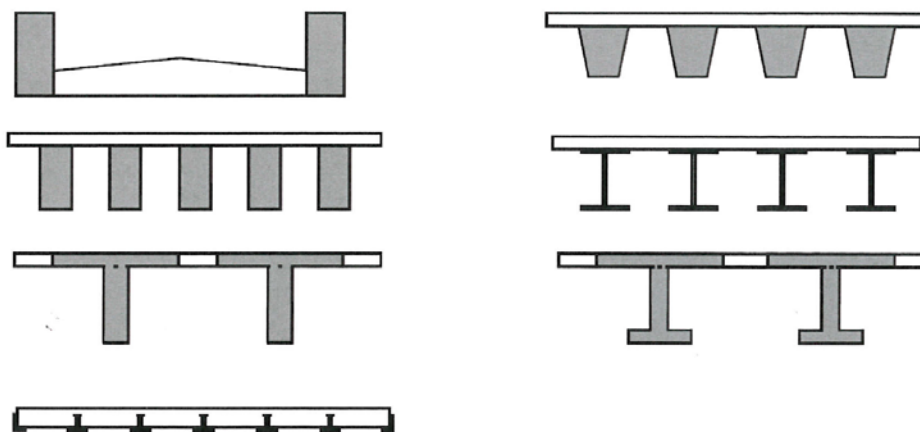
Ortotrope dekker blir også utført i betong. Det er et hav av muligheter for å få den konstruksjonsintegriteten som man ønsker for dekker siden det er så mye forskjellig å velge mellom av materialer, og form på bjelker, ribber og plater. (13). Se Figur 3-11 for noen eksempler.

### 3.3 MODELLERING

Når man skal modellere i Brigade, kan man velge om man vil modellere med ortotrop eller isotropt material. Dette skal være mulig for å kunne modellere forskjellige stivhetsegenskaper i lengderetning og i tversgående retning.

Man oppnår en ortotrop modellering med å oppgi to ulike verdier for stivheten i planet på dekket. Poenget med å modellere dekket slik er at dekket skal kunne bære belastning i lengderetning, og samtidig beholde bæreevnen i tversgående retning. (11) (12)

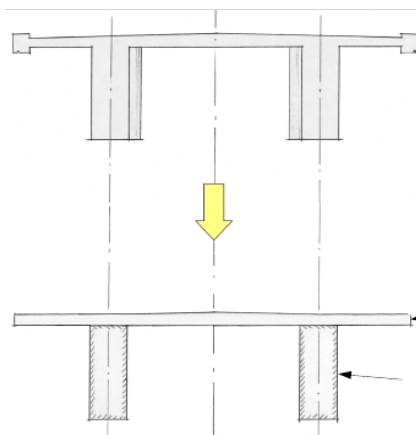
I figuren nedenfor vises eksempler på kombinasjoner med bjelke og dekke.



**Figur 3-11: Eksempler på bjelke og dekke-kombinasjoner. (12)**

Metoden som blir brukt til å modellere en overbygning på vil påvirke resultatene og etterbehandlingen. Det er flere måter å modellere en overbygning på. Figur 3-12 og Figur 3-13 nedenfor viser to forskjellige måter å modellere en overbygning på. (11) Hvorfor man modellerer med t-tverrsnitts bjelker og hvorfor man modellerer med isotropt vs. ortotrop material er viktige og forstå, og hvilke effekter dette har på resultatene.

### 3.3.1 Isotropisk



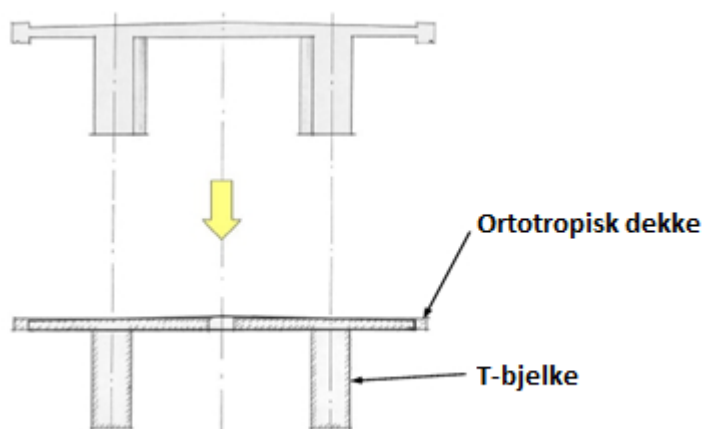
**Figur 3-12: Eksempel på isotropisk modellering (11)**

Overbygningen i Figur 3-12 er modellert med to rektangulært formede bjelker som strekker seg i den langsgående retningen av brua og er linket til et isotropisk dekke.

Når man modellerer på denne måten vil alle spenningene bli eksakt modellert. Men det som er ulempen er at for å finne de dimensjonerende kreftene i langsgående retning, må bidrag fra bjelken og dekket bli summert. (11)

### 3.3.2 Ortotropisk

Overbygningen er modellert med t- formede bjelker for stivhet i langsgående retning og er linket til et ortotropisk dekke for stivhet vinkelrett på veilinja.



**Figur 3-13: Eksempel på ortotropisk modellering (11)**



Stivhetsmodelleringen i lengderetningen består av bjelker, dekket har altså tilnærmet ingen evne til å bære belastninger i denne retningen. I stedet, dekket, siden det er ortotropt, brukes det til å modellere tversgående stivhet i konstruksjonen.

Stivhetsegenskaper i dekket i tversgående retning skal bli valgt for å matche den faktiske stivheten av dekket, slik at påvirkningen fra vertikal trafikklast når det blir plassert i de forskjellige tversgående retningene kan bli oppnådd.

Det har stor betydning å angi stivhetsparametrene for et ortotropt dekke på en forsvarlig måte, for å oppnå den ideelle analyse utgang.

Det bør sikres at ingen overføring av krefter oppstår i dekket i retningen av veilinja. På grunn av den valgte måten å modellere bjelke og dekke på vil det være en viss oppdiktet overlapping av arealkomponenter i de kjente konstruksjonsdelene, og derfor må egenlasten justeres. Bjelkedensiteten kan bli kalkulert i hht ligning:

$$\rho_{bjelke} = \frac{\text{tverrsnittsareal av bjelken-overlappende areal}}{\text{tverrsnittsareal av bjelken}} \times \rho_{betong} \quad (11)$$

### 3.4 TRAFIKKLAST

Trafikklast er en variabel last som påvirker brua i stor grad. Lastene gir vertikale, horisontale, statiske og dynamiske krefter på brua. De faktiske lastene på brua avhenger av hvilke typer kjøretøy som krysser brua, og om det er mange fotgjengere som skal bruke brua i tillegg. Biltrafikken varierer voldsomt på bruer, det kommer an på prosentandel med lastebiler og gjennomsnittlig antall biler per år. (15)

Modellene nedenfor beskriver ikke de faktiske laster på veier for 2012, men de beskriver et gjennomsnitt av faktiske laster på europeiske veier for år 2000. (15)

Brubane bredde  $w$  bør måles mellom kantbjelkene, evt fortauskantene. Den skal altså ikke måles mellom de sikkerhets oppmerkede linjene. Antall lastfelt  $n_l$  for brubane bredden bestemmes i hht Figur 3-14 for denne brua. (15)

Carriageway width $w$	Number of notional lanes	Width of a notional lane $w_l$	Width of the remaining area
$w < 5,4 \text{ m}$	$n_l = 1$	3 m	$w - 3 \text{ m}$
$5,4 \text{ m} \leq w < 6 \text{ m}$	$n_l = 2$	$\frac{w}{2}$	0
$6 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right)$	3 m	$w - 3 \times n_l$

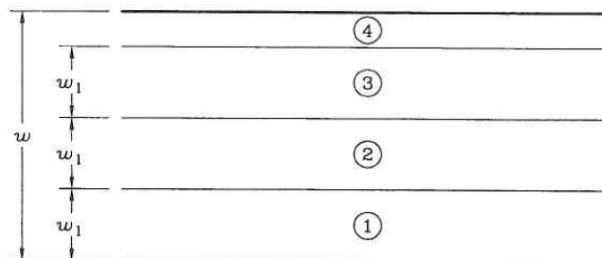
NOTE For example, for a carriageway width equal to 11m,  $n_l = \text{Int}\left(\frac{w}{3}\right) = 3$ , and the width of the remaining area is  $11 - 3 \times 3 = 2\text{m}$ .

**Figur 3-14: Bestemmelse av antall og bredde på lastfelt. (15)**

Antall lastfelt vil bli følgende:

- 1 der  $w < 5,4 \text{ m}$
- 2 der  $5,4 \text{ m} \leq w < 9 \text{ m}$
- 3 der  $9 \text{ m} \leq w < 12 \text{ m}$

$w_l$  er bredden per lastfelt, mens  $w$  er den totale kjørebanebredden. Figur 3-15 viser inndelingen av lastfeltene. Det lastfeltet som gir den mest ugunstige effekten er lastfelt 1, det nest ugunstige lastfeltet er 2 etc. Lastfelt 4 er et resterende areal.



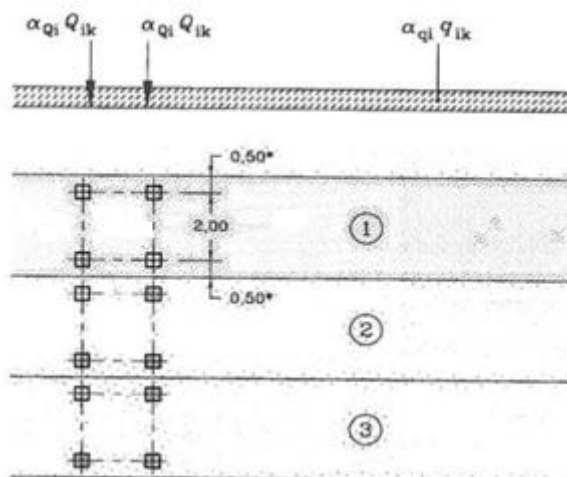
**Figur 3-15: Demonstrasjon av lastfelt. (15)**

Figur 3-16 viser en oversikt over maks aksellaster (punktlast) og maks jevnt fordelte laster i hvert av lastfeltene for lastmodell 1 og lastmodell 2.

Location	Tandem system <i>TS</i>	<i>UDL</i> system
	Axle loads $Q_{ik}$ (kN)	$q_{ik}$ (or $q_{ik}$ ) (kN/m <sup>2</sup> )
Lane Number 1	300	9
Lane Number 2	200	2,5
Lane Number 3	100	2,5
Other lanes	0	2,5
Remaining area ( $q_{ik}$ )	0	2,5

**Figur 3-16: Lastmodell 1 (15)**

Figur 3-17 er tatt med for å vise lastene sett fra siden og sett ovenfra. Man ser på figuren at avstanden mellom nærmeste aksler er 1m. Dette er ikke den mest ugunstige effekten av last. Det er et slikt lasttilfelle som Figur 3-18 viser, hvor minimum avstand mellom aksellastene er 0,5m. Brua skal bli dimensjonert for det mest ugunstige lasttilfellet. I trafikklast beregningene senere i oppgaven vil det bli brukt Figur 3-18.



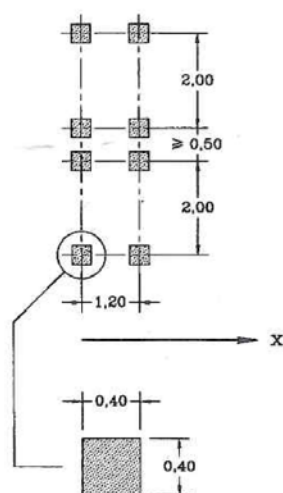
**Figur 3-17: Detaljer av lastmodell 1 (15)**

For lastfelt på 3m blir kreftene i felt 1-3 slik:

Lastfelt 1:  $Q_{1k} = 300kN$ ;  $q_{1k} = 9 kN/m^2$

Lastfelt 2:  $Q_{1k} = 200kN$ ;  $q_{1k} = 2,5 kN/m^2$

Lastfelt 3:  $Q_{1k} = 300kN$ ;  $q_{1k} = 2,5 kN/m^2$



**Figur 3-18: Tandem hjul system (15)**

## 4. BRIGADE

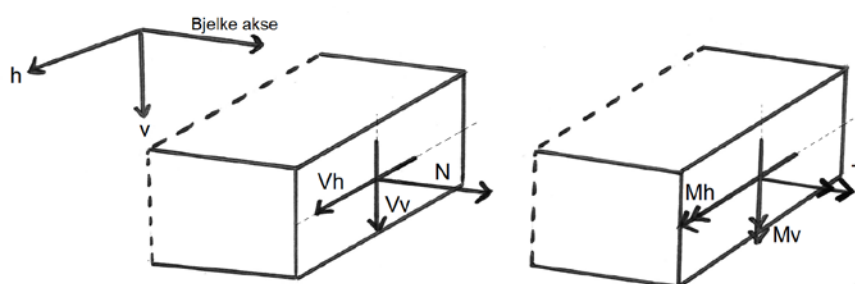
### 4.1 BRIGADE SOM ELEMENT PROGRAM

Brigade Standard versjon 4.2 (16) er et element program som brukes for å analysere og dimensjonere bl.a. brukonstruksjoner. Programmet utfører et tredimensjonalt analysekonsept hvor brukeren enkelt kan justere antall elementer. Programmet er brukervennlig og det er mulig og få ut mange typer resultater da det går an å bruke både skall og bjelke elementer i programmet. Programmet opererer som nevnt tidligere med 4 noders elementer med et integrasjonspunkt.(12)

Når man skal ha ut resultater fra Brigade må man velge ut hvilke nodelinjer man ønsker resultater fra med å trykke direkte på dem. Når man har valgt ut nodelinjer kan man trykke resultatene direkte ut i et excelark med et tastetrykk. I excelarket blir nodelinjene oppgitt som Pos\_ln eller Pos\_tn, alt etter om man har tatt ut resultatene langsgående eller tversgående av brudekket. I oppgaven er det forklart og vist mer om programmet underveis.

### 4.2 PARAMETERSTUDIE FOR BJELKEELEMENTER

I dette delkapittelet er det dokumentert en liten del av det å bli kjent med bjelkeelementer i Brigade. I Figur 4-1 under vises aksesystemet for et bjelkeelement i Brigade med kreftene på. Når resultater tas ut for et bjelkeelement er det kun en nodelinje som ligger i retning bjelkeaksen. Og resultatene kommer direkte ut i kNm for moment, og i kN for skjærkraft.



Figur 4-1: Lokale positive krefter på et bjelkeelement (12)



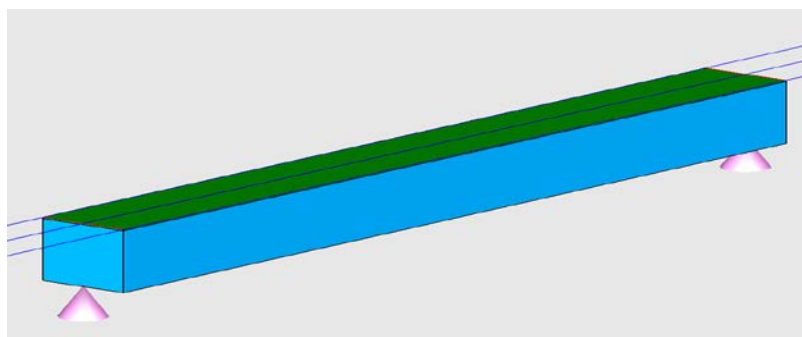
Hvor  $V$  er skjærkraft,  $M$  er moment og  $T$  er torsjon. Videre er det satt opp enkle modeller med kjente opplager betingelser for å sammenligne med håndberegninger fra enkel bjelketeori.

Det er valgt ut to bjelker. For å få et innblikk i hvordan dette ser ut i Brigade, er det tatt med bilder og grafer som viser konvergering mot det teoretisk riktige svaret. Hver av bjelkene er på 10m som er valgt ut på grunnlag av at Nygårdsbekkenbrua har to spenn på 10m.

Antall elementer er valgt for å se på hvordan resultatene påvirkes med få og mange antall elementer. Et dekke må bli modellert oppå bjelker i programmet for å kunne sette på elementer. For å få bjelken til å stemme med håndberegningene er dekket modellert ortotrop med begge stivhetsverdiene  $E_a$  og  $E_s$  satt til 1kPa, slik at stivheten til dekket ikke påvirker bjelken.

Bjelkene er modellerte som fritt opplagte bjelker, altså med et fastlager og et ensidig lager. Les mer om opplagere s.25. Bjelkeelementene som Brigade opererer med har et integrasjonspunkt og brukes til å modellere søyler, langsgående bjelker, tversgående bjelker og kantbjelker. (18)

#### 4.2.1 REKTANGULÆRT - TVERRSNITT



**Figur 4-2: Modell av en fritt opplagt bjelke (16)**

**Tabell 4-1: Informasjon om fritt opplagt bjelke**

Egenlast betong [kN/m <sup>3</sup> ]	25
Areal bjelketverrsnitt [m <sup>2</sup> ]	1
Areal på dekkets tverrsnitt [m <sup>2</sup> ]	0,02
Lengde på bjelke [m]	10
Total egenlast fra bjelke og dekket, q [kN/m]	25,5
Punktlast [kN]	500
Overflatelast [kN/m <sup>2</sup> ]	20

Formlene og resultatene for enkle bjelketeori i forhold til denne bjelken er satt opp under.

**Maks moment for egenlast:**

$$M_{teoretisk} = \frac{qL^2}{8} = \frac{25,5 \text{ kN/m} \times (10\text{m})^2}{8} = 318,75 \text{ kNm}$$

**Maks moment for overflatelast:**

$$M_{teoretisk} = \frac{qL^2}{8} = \frac{20\text{kN/m} \times (10\text{m})^2}{8} = 250 \text{ kNm}$$

**Maks moment for punktlast:**

$$M_{teoretisk} = \frac{PL}{4} = \frac{500\text{kN} \times 10\text{m}}{4} = 1250 \text{ kNm}$$

**Skjærkrefter for egenlast:**

$$V_{teoretisk} = \frac{qL}{2} = \frac{25,5\text{kN/m} \times 10\text{m}}{2} = 127,5 \text{ kN}$$

**Skjærkrefter for punktlast:**

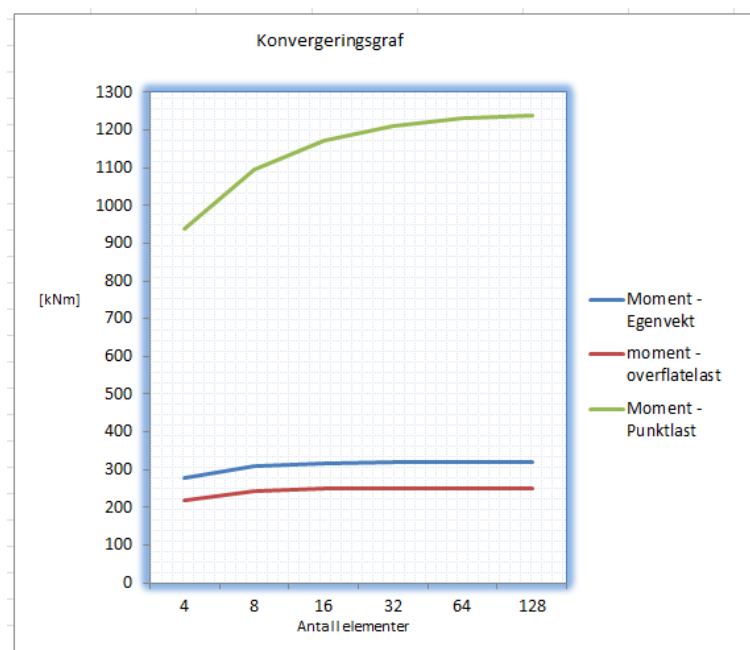
$$V_a = V_b = \frac{P}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ kN}$$

I Tabell 4-2 under vises maks momenter og prosentavvik for egen-, overflate-, - og punktlast på bjelken. Antall langsgående elementene er oppgitt i tabellen, da disse er de vesentlige for resultatene til bjelkeelementet.

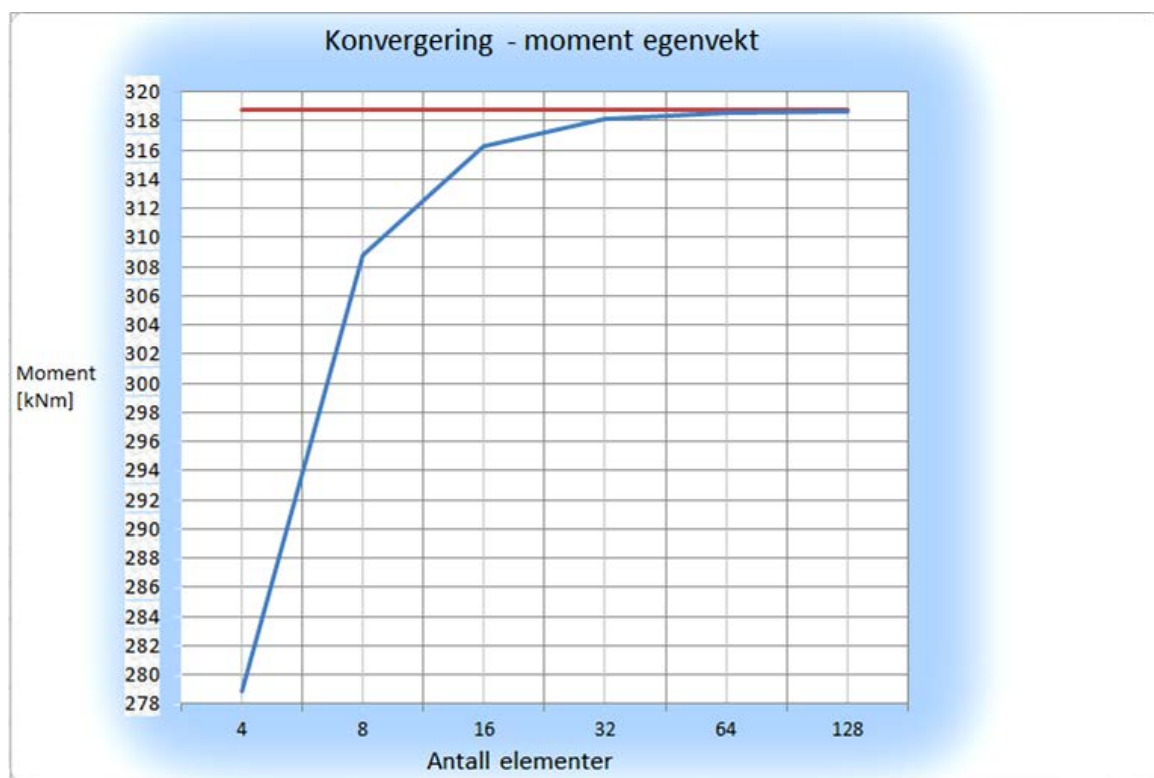
**Tabell 4-2: Moment beregninger for fritt opplagt bjelke**

Moment - egenlast			
Antall elementer	Moment	Mteoretisk	% avvik
4	278.9	318.8	12.5
8	308.8	318.8	3.1
16	316.3	318.8	0.8
32	318.1	318.8	0.2
64	318.6	318.8	0.0
128	318.7	318.8	0.0
Moment - overflatelast			
Antall elementer	Moment	Mteoretisk	% avvik
4	218.9	250	12.4
8	242.4	250	3.0
16	248.2	250	0.7
32	249.7	250	0.1
64	250.0	250	0.0
128	250.1	250	0.0
Moment - punktlast			
Antall elementer	Moment	Mteoretisk	% avvik
4	937.5	1250	25.0
8	1094.0	1250	12.5
16	1172.0	1250	6.2
32	1211.0	1250	3.1
64	1230.0	1250	1.6
128	1240.0	1250	0.8

Grafen i Figur 4-3 under viser hvordan momentet påvirkes av hvor mange elementer som blir brukt. Elementer med flere integrasjonspunkt ville konvergere raskere, enn disse elementene med et integrasjonspunkt. (12)


**Figur 4-3: Konvergeringsgraf for moment for egenlast, overflatelast og punktlast.**

I denne grafen er kun konvergering for moment av egenlast uthevet for å se litt tydeligere hvor skillet går.



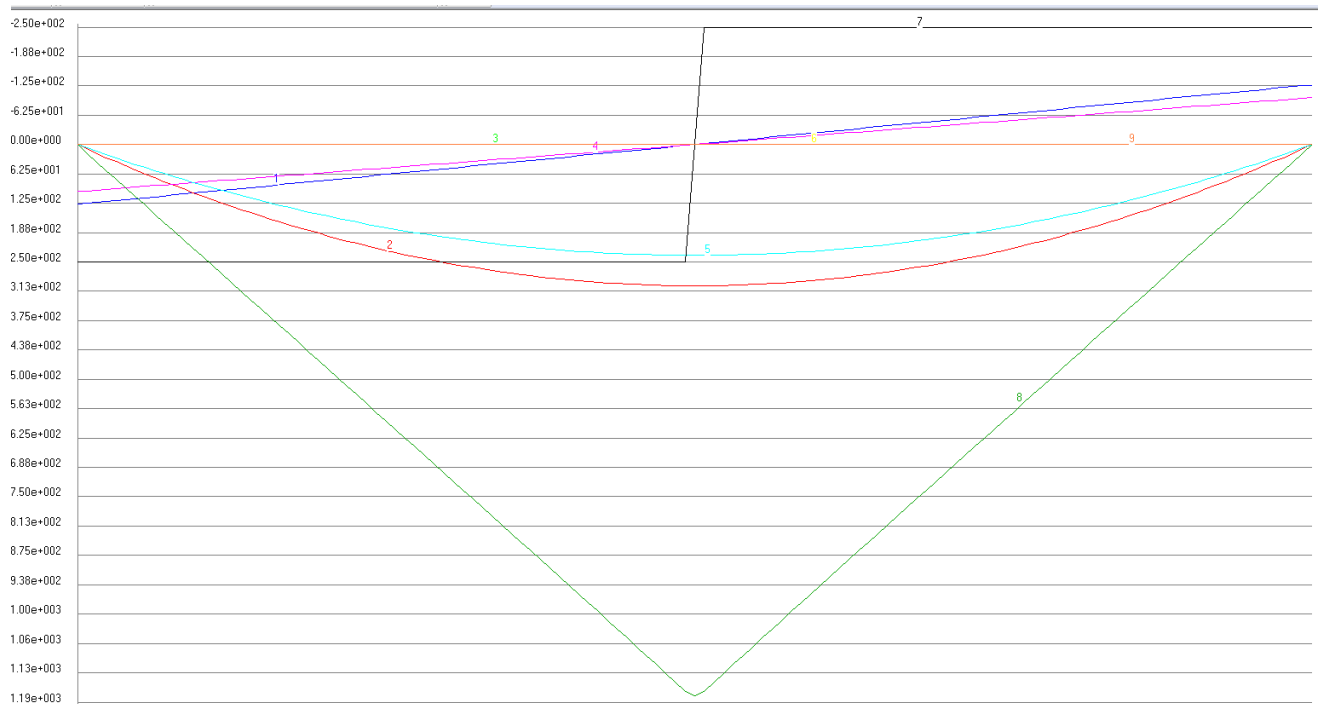
**Figur 4-4: Konvergeringsgraf for moment for egenlast.**

Tabell 4-3 nedenfor viser hva maks skjærkraft med de forskjellige antall elementer.

**Tabell 4-3: Skjærkraft for egenlast.**

Antall elementer	Skjærkraft	Vteoretisk	% avvik
4	95.63	127.5	24.9961
8	111.6	127.5	12.4706
16	119.5	127.5	6.2745
32	123.5	127.5	3.1373
64	125.5	127.5	1.5686
128	126.5	127.5	0.7843

I grafen i Figur 4-5 ser man diagrammer for nedbøyning, skjærkraft og bøyemoment for hhv; egen-, punkt-, og overflatelast med 128 elementer. For å se hva de forskjellige linjene viser, se Tabell 4-4. For å se noen tester på nedbøyning for denne bjelken, se appendiks V.



**Figur 4-5: Diagram for skjærkraft, bøyemoment og nedbøyning for følgende: Egenlast, overflatelast og punktlast.**

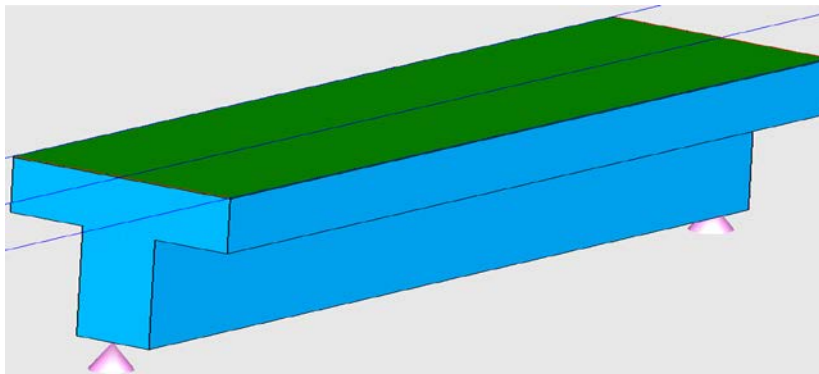
**Tabell 4-4: Tabell som forklarer resultatlinjene i Figur 4-5.**

	Egenlast	Overflatelast	Punktlast
$V_v$ - Skjærkraft	1	4	7
$M_h$ - Bøyemoment	2	5	8
$U_z$ - Nedbøyning	3	6	9

Sammenligning med bjelketeori gir meget godt samsvar og godt grunnlag for videre sammenligning av mer komplisert bjelke og plate.

#### 4.2.2 T-TVERRSNITT

Dette tverrsnittet er tatt med fordi det senere i oppgaven blir brukt et t-tverrsnitt i den samvirkende modellen.



**Figur 4-6: Fritt opplagt bjelke med et t-tverrsnitt.**

**Tabell 4-5: Informasjon om bjelken.**

Egenlast betong [kN/m <sup>3</sup> ]	25
Areal bjelketverrsnitt [m <sup>2</sup> ]	5
Areal på dekket [m <sup>2</sup> ]	0,06
Lengde på bjelke [m]	10
Total egenlast, q [kN/m]	126,5

**Maks moment for egenlast:**

$$M_{teoretisk} = \frac{qL^2}{8} = \frac{126,5 \text{ kN/m} \times (10\text{m})^2}{8} = 1581,25 \text{ kNm}$$

**Skjærkrefter for egenlast:**

$$V_{teoretisk} = \frac{qL}{2} = \frac{126,5 \text{ kN/m} \times 10\text{m}}{2} = 632,5 \text{ kN}$$

I Tabell 4-6 og Tabell 4-7 under vises resultater for moment og skjærkraft som er tatt ut fra Brigade med forskjellige antall elementer.

**Tabell 4-6: Moment for egenlast av t-tverrsnitt.**

Antall elementer	Moment	Mteoretisk	% avvik
4	1384	1581.25	12.4743
8	1532	1581.25	3.1146
16	1569	1581.25	0.7747
32	1578	1581.25	0.2055
64	1581	1581.25	0.0158
128	1581	1581.25	0.0158

**Tabell 4-7: Skjærkraft for egenlast av t-tverrsnitt.**

Antall elementer	Skjærkraft	V <sub>teoretisk</sub>	% avvik
4	474.5	632.5	24.9802
8	553.6	632.5	12.4743
16	593.2	632.5	6.2134
32	613.1	632.5	3.0672
64	623	632.5	1.5020
128	628	632.5	0.7115

Grafene i Figur 4-7 under viser hvordan momentet og skjærkraften virker over spennet på 10 m med 128 elementer. Jo flere elementer man setter inn i programmet, jo lenger tid bruker det på beregning, og det kan gjøre modellene mykere med for mange elementer. Som man ser ut fra tabellene ovenfor, er det ikke store forskjellen på resultatene med 32 og 128 elementer. Tidsmessig er det ikke ideelt med for mange elementer, men samtidig ikke for få. Man må forholde seg til et akseptabelt avvik.

**Figur 4-7: Skjærkraft og bøyemomentdiagram for t-tverrsnittet.**

Når man går inn på reaksjonskrefter i programmet, se Figur 4-8, så stemmer disse kreftene med maks skjærkraft i bjelken i forhold til bjelketeorien. Da ser man tydelig at kreftene ikke forsvinner hen andre steder i programmet for bjelkeelement i Brigade gitt at  $E_s = E_a = 1$  kPa på dekket.

```
-----  
BRIGADE/Standard version 4.2.10  
Project File Name: T- tverrsnitt  
-----  
Boundary no 1 (node 16904 x:100.000 y:0.000 z:3.000 )  
Load Case: Dead weight  
Reaction RF1 RF2 RFZ RM1 RM2 RMZ  
value 2.053e-008 2.509e-010 -632.5 -0 0 -0  
Boundary no 2 (node 17038 x:110.000 y:0.000 z:3.000 )  
Load Case: Dead weight  
Reaction RF1 RF2 RFZ RM1 RM2 RMZ  
value 0 7.362e-011 -632.5 -0 0 -0  
-----
```

**Figur 4-8: Opplagerkrefter for t-tverrsnittet.**

### 4.3 KREFTER PÅ SKALLELEMENT

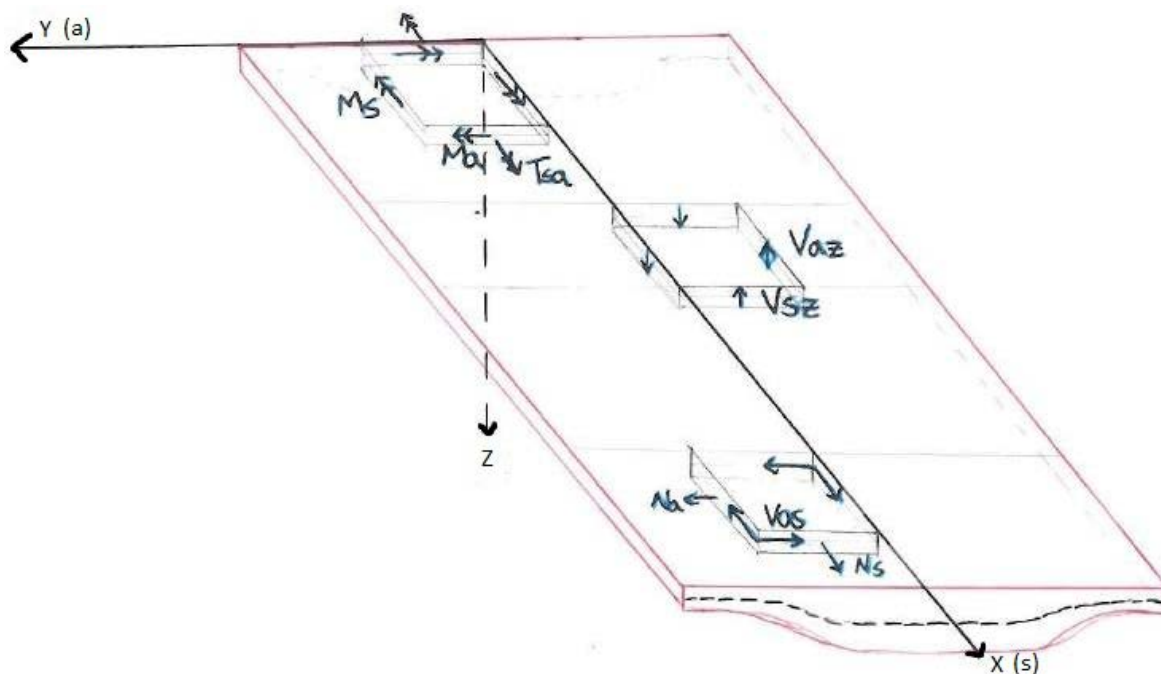
I Brigade er det globale aksesystemet bygget opp av en x-, y- og z-akse. Det lokale aksesystemet for hvert enkelt skallelement er bygget opp av en s-, a- og z-akse. Se Figur 4-9. Skall elementene blir brukt til å modellere dekket til overbygningen, landkar, landkar vinger og fundament. (18)

I Figur 4-9 under vises det et brudekke med forstørrede elementer for å vise hvordan kreftene virker inn på hvert av elementene. På hvert av elementene som blir satt inn i modellen virker alle disse kreftene.

Brigade gir ut resultater i [kNm/m] og [kN/m] for skallelementer. For å kunne sammenligne resultater fra bjelkemodellen i NovaFrame og skallmodellen i Brigade, er det blitt laget beregningsfiler via excel hvor resultater blir oppintegret til [kNm] og [kN] se appendiks VIII.

I delkapitlene som følger er det vist hvilke krefter i elementene som er antatt å medvirke til å skape tilnærmede totale krefter for skjærkrefter, bøyemoment og torsjonsmoment over tverrsnittet til Nygårdsbekkenbrua.





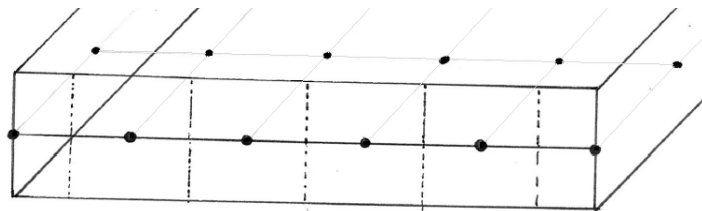
Figur 4-9: Krefter på skallelement. (12)

#### 4.3.1 BEREGNINGENE FOR Å FINNE BØYEMOMENT OG TORSJON.

I Tabell 4-8 under er noen av symbolene egendefinerte for å forklare formlene som er blitt brukt for å oppintegre bøyemoment og torsjon.

Formlene regner ut arm og krefter per element, slik at beregningsfila blir brukt til å oppintegre kreftene til alle elementene som blir satt inn. Formlene gjelder for konstruksjoner med ulikt tyngdepunkt per element.

Figur 4-10 viser et dekke med likt tyngdepunkt i hvert element. Prinsippet for oppintegrering av krefter når bredden på elementet er involvert blir det samme for alle typer tverrsnitt. Bredden på første og siste element blir delt på to. Dette er inkludert i beregningsfila, og vist i formlene ut i dette kapittelet.

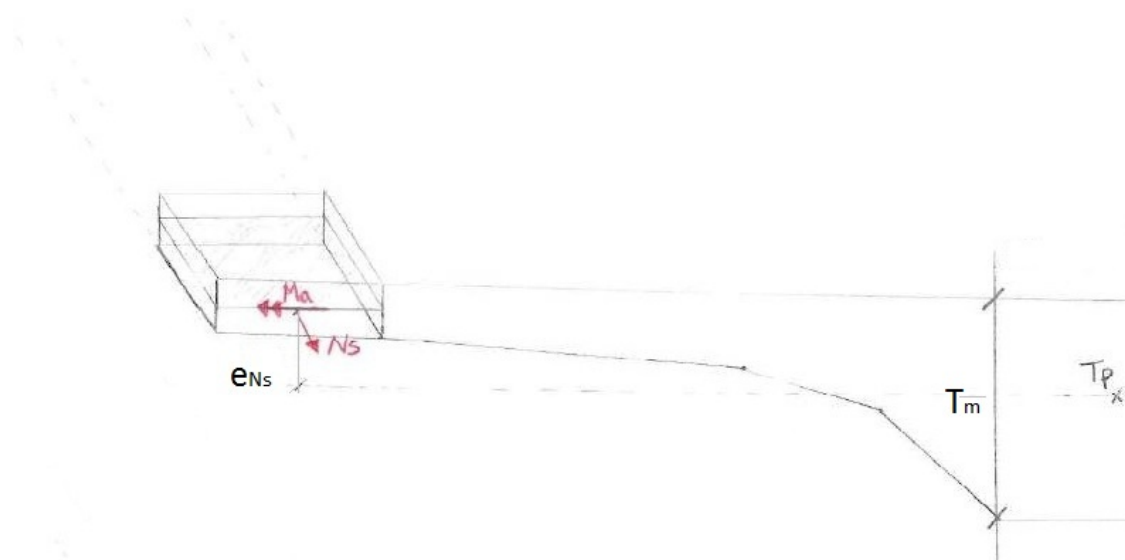


**Figur 4-10: Forklaring på hvorfor første og siste element blir delt på to.**

For å få bedre oversikt over beregningsfiler se appendiks VIII og XII.

**Tabell 4-8: Symboler med definisjon**

Symbol	Definisjon
$T_m$	Maks tykkelse på bjelketverrsnitt [m]
$T_p$	Tyngdepunkt [m]
$T_e$	Tykkelse per element [m]
$B_t$	Bredde tverrsnitt [m]
$B_e$	Bredde per element [m]
$X$	Antall elementer [stk]
$N_s$	Aksial kraft per element [kN/m]
$M_{Ns}$	Momentbidrag av aksialkraft [kNm]
$M_a$	Moment per element om akse-a [kNm/m]
$M_{ae}$	Moment $M_a$ for et element [kNm]
$V_{as}$	Skjærkraft per element [kN/m]
$T_{vas}$	Torsjonsmoment bidrag fra kraften $V_{as}$ [kNm]
$V_{sz}$	Skjærkraft per element [kN/m]
$T_{vsz}$	Torsjonsmoment bidrag fra kraften $V_{sz}$ [kNm]
$E_{Ns}$	Arm aksialkraft [m]
$E_{vas}$	Arm skjærkraft [m]
$E_{vsz}$	Arm skjærkraft [m]
$T_{sa}$	Torsjonsmoment per element om planet [kNm/m]
$T_{sae}$	Torsjonsmoment for et element [kNm]
$V_{sze}$	Skjærkraft for et element



**Figur 4-11: Forklaring på hvilke krefter som er tatt med i oppintegrering av bøyemoment.**

Formler for oppintegrering av bøyemoment om akse – a. Se Figur 4-9 for bedre forståelse.

Aksialkraften for hvert enkelt element bidrar til å skape moment. Dermed må armen fra aksialkrafta  $N_s$  og ned til tyngdepunktet bli funnet:

$$e_{Ns} = -T_m + T_p + \frac{T_e}{2}$$

Momentet til elementet pga aksialkraft:

$$M_{N_s} = N_s \times e_{Ns} \times B_e$$

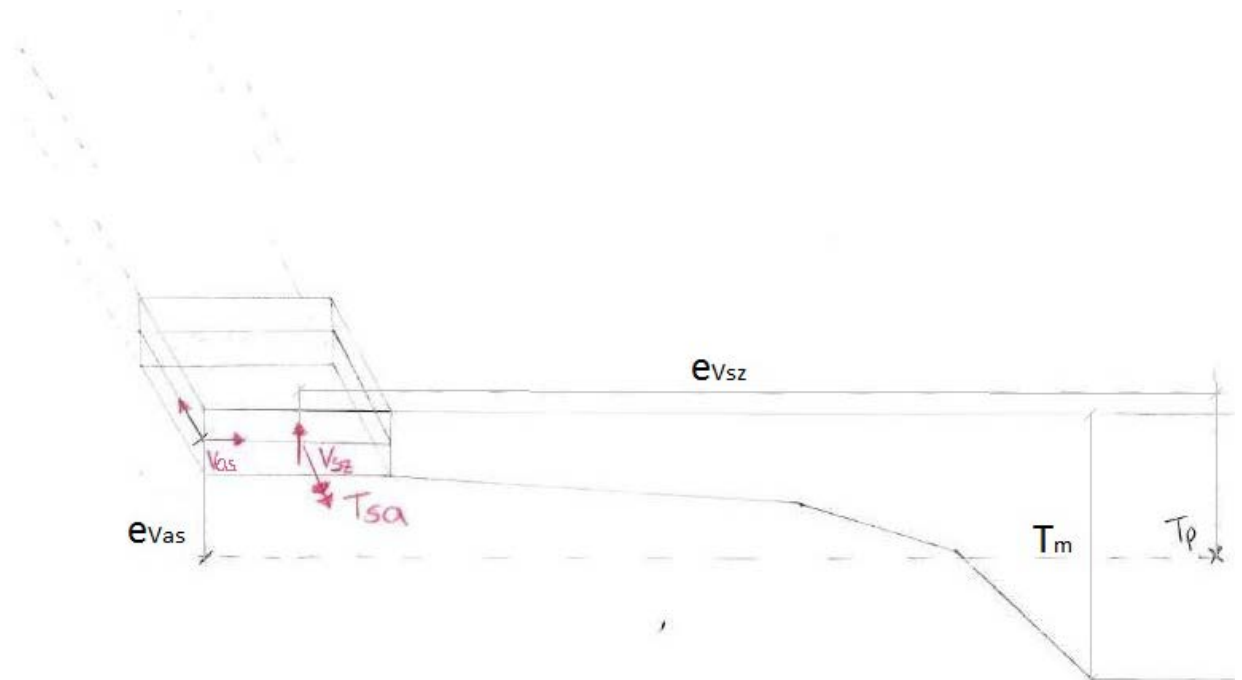
Momentet om akse – a for et element:

$$M_{a_e} = M_a \times B_e$$

$$M_{tot} = \left[ \frac{(N_{s(1)} \times e_{N_{s(1)}} \times B_{e(1)})}{2} + \frac{(N_{s(m)} \times e_{N_{s(m)}} \times B_{e(m)})}{2} + \sum_{n=2}^{m-1} (N_{s(n)} \times e_{N_{s(n)}} \times B_{e(n)}) \right] +$$

$$\left[ \frac{(M_{a(n)} \times B_{e(1)})}{2} + \frac{(M_{a(n)} \times B_{e(m)})}{2} + \sum_{n=2}^{m-1} (M_{a(n)} \times B_{e(n)}) \right]$$

Hvor 1 er element nr én, m er maks antall elementer og n er hvert element som blir summert opp til  $n = m-1$ .



**Figur 4-12: Forklaring på hvilke krefter som er tatt med i oppintegreringen av torsjonsmoment.**

Formler for oppintegrering av torsjonsmoment om akse – a. Se også her Figur 4-9 for bedre forståelse.

Skjærkrafta  $V_{as}$  er en av de forutsatte kreftene som er med på å bidra til torsjon for konstruksjonen. Derfor beregnes armen fra tyngdepunkt og opp til denne skjærkrafta:

$$e_{V_{as}} = -T_m + T_p + \frac{T_e}{2}$$

Torsjonsmomentbidrag fra kraften  $V_{as}$ :

$$T_{V_{as}} = V_{as} \times e_{V_{as}} \times T_e$$

Skjærkrafta  $V_{sz}$  er også forutsatt at er med på å bidra til torsjon for konstruksjonen. Armen til krafta blir:

$$e_{V_{sz}} = B_t - B_e \times X$$

Torsjonsmomentbidrag fra kraften  $V_{sz}$ :

$$T_{V_{sz}} = V_{sz} \times e_{V_{sz}} \times B_e$$

Torsjonsmomentet for et element:

$$T_{sa_e} = T_{sa} \times B_e$$

$$T_{tot} = \left[ \sum_{n=1}^m (V_{as(n)} \times e_{V_{as(n)}} \times T_{e(n)}) \right] \\ + \left[ \frac{(V_{sz(1)} \times e_{V_{sz(1)}} \times B_{e(1)})}{2} + \frac{(V_{sz(m)} \times e_{V_{sz(m)}} \times B_{e(m)})}{2} + \sum_{n=2}^{m-1} (V_{sz(n)} \times e_{V_{sz(n)}} \times B_{e(n)}) \right] \\ + \left[ \frac{(T_{sa_{e(1)}} \times B_{e(1)})}{2} + \frac{(T_{sa_{e(m)}} \times B_{e(m)})}{2} + \sum_{n=2}^{m-1} (T_{sa_{e(n)}} \times B_{e(n)}) \right]$$

Hvor 1 er det første elementet, m er maks antall elementer, og n er hvert av elementene som blir summert opp til  $n = m-1$ .

#### 4.3.2 BEREGNINGER FOR Å FINNE SKJÆRKREFTER

Skjærkraft for et element:

$$V_{sze} = V_{sz} \times B_e$$

Skjærkrafta blir summert for alle elementene langs nodelinja.

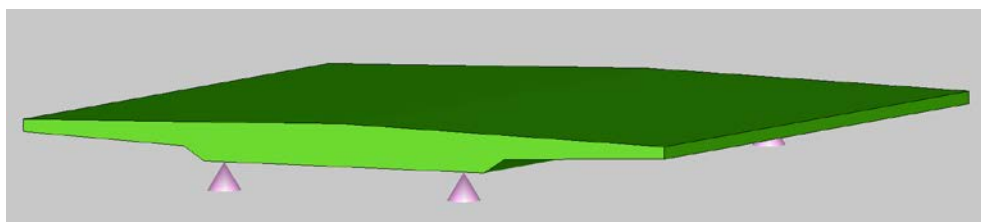
$$V_{tot} = \left[ \frac{(V_{sz(1)} \times B_{e(1)})}{2} + \frac{(V_{sz(m)} \times B_{e(m)})}{2} + \sum_{n=2}^{m-1} (V_{sz(n)} \times B_{e(n)}) \right]$$

Hvor også her er 1 det første elementet, m er maks antall elementer, og n er hvert av elementene som blir summert opp til  $n = m-1$ .

## 4.4 PARAMETERSTUDIE FOR SKALL ELEMENTER

I dette kapitlet er noen av testene som ble utført for å komme frem til formlene i kap. 4.3.1 og 4.3.2 fremstilt. På grunnlag av resultatene fra disse parameterstudiene ble det antatt at formlene det var et bra sammenligningsgrunnlag. Parameterstudiene er sammenlignet med enkel bjelketeori. Tverrsnittet til Nygårdsbekkenbrua med kjente opplagerkrefter i forhold til en fritt opplagt bjelke er brukt.

Det er klarhet over at det ikke blir helt ideelt å sammenligne brudekker med enkelbjelke teori, men dette er gjort for å forenkle.



Figur 4-13: Modellert tverrsnitt av Nygårdsbekkenbrua til parameterstudiet.

### 4.4.1 OPPLAGERE

Tabell 4-9: Forklaringer på opplagere og de symbolene som er brukt i etterfølgende tegninger.(19)

Lager tegn:	Tegnforklaring:	Egendefinerte lager tegn:
●	Fastlager også kalt knivlager, ingen bevegelse i planet.	
	Allsidig lager; en type lager som kan bevege seg i alle retninger i planet.	
	Ensidig lager også kalt glidelager; en type lager som blir styrt til å bevege seg i en retning.	

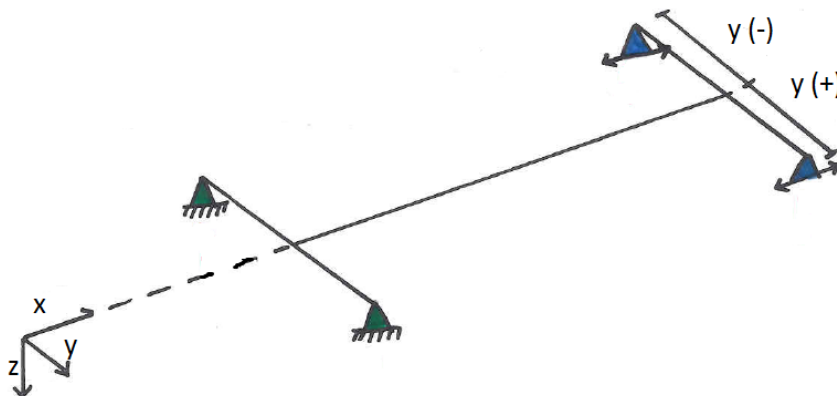
Opplagerbetingelsene i de følgende parameterstudiene er satt opp på to forskjellige måter for få et overblikk over at det har en innvirkning på hvordan man setter dem opp når man sammenligner et brudekke med enkel bjelketeori. I Brigade ser alle typer opplagere utad som i modellen i Figur 4-13.

Avstanden fra senterlinje bru ut til hvert lager er satt til 2m. Grunnen til at de er plassert slik er fordi resultatene hadde lite avvik med denne avstanden, i tillegg til at Nygårdsbekkenbrua har lagrene plassert med denne avstanden. Se Figur 6-14.

For å gi et eksempel på innvirkningen på antall og plassering av opplagere, så ble avvikene større dersom to opplagere ble plassert på ytterkanten av steget, enn med 2m avstand fra senterlinje bru. Og for eksempel, så gav 2 opplagere på hver side bedre resultater enn 11 opplagere på hver side.

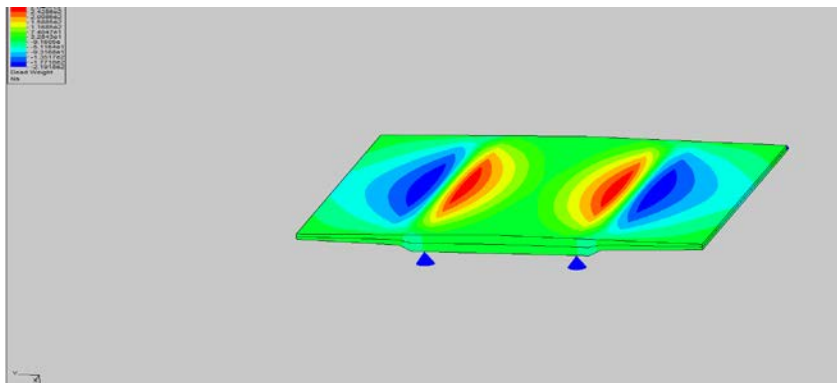
#### 4.4.2 MAKS BØYEMOMENT FOR EGENLAST

Siden brudekket er idealisert modellert som en fritt opplagt bjelke, vil nodelinjene som blir valgt ut være tversgående. De tversgående antall elementer blir de vesentlige her. Antall elementer er valgt til 32stk på grunnlag av parameterstudiet for bjelkeelement i første omgang. Figur 4-14 skal gjenspeile Figur 4-13 med to fastlager ved støtte A1, og to ensidige lager ved støtte A2. På dette 10 meters spennet blir tre nodelinjer ved Pos\_In valgt ut å hente resultater fra. Over støttene, ved 0m og 10m, og midt i feltet ved 5m. Dette for å sammenligne resultatene som om det var en fritt opplagt bjelke.



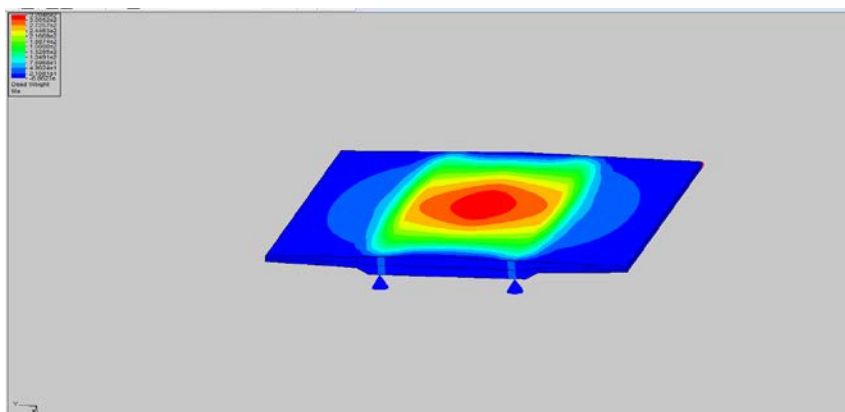
**Figur 4-14: Opplagerfigur med to fastlager i A1, og to ensidige lager i A2.**

De forskjellige fargene på Figur 4-15 viser hvordan aksialkraften  $N_s$  oppstår i konstruksjonen. Rød farge viser største kraft, mens blå farge viser minste kraft. Man kan ellers se at fargene imellom på den lille tabellen øverst i hjørne til venstre i figurene indikerer verdier mellom maks og min.



**Figur 4-15: Aksialkraft  $N_s$**

Figur 4-16 viser hvordan bøyemomentet  $M_a$  oppstår i konstruksjonen. Størst moment i midten.



**Figur 4-16: Bøyemoment  $M_a$**

Oppintegret sum for bøyemoment med egenlast via beregningsfil i appendiks VIII er sammenlignet med håndberegninger, se resultater i Figur 4-17.

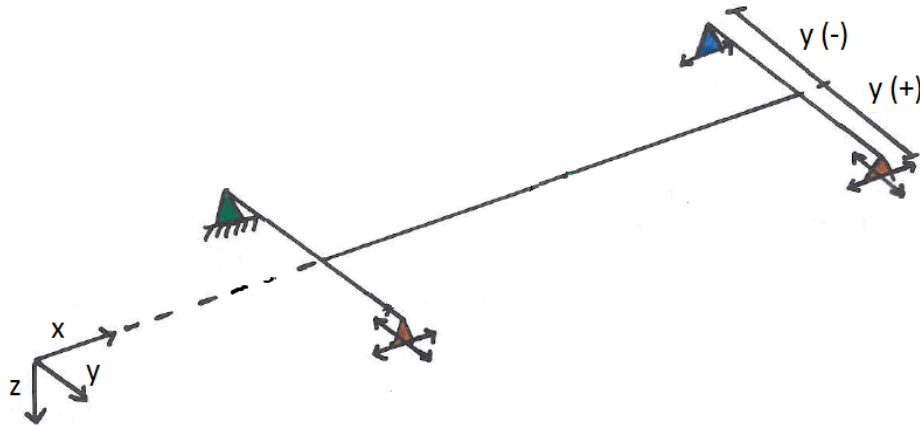
Resultater						Håndberegninger				
				totalt	1760.2	[kNm]	Egenlast	Areal	5.5363	[m <sup>2</sup> ]
Støtte A1	Bøyemoment	5.7 [kNm]		avvik	30.1	[kNm]		egenvekt betong	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]		% avvik	1.7			Lengde spenn	10	[m]
Felt A1 - A2	Bøyemoment	1765.9 [kNm]						Moment	1730.1	[kNm]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]								
Støtte A2	Bøyemoment	5.7 [kNm]								

**Figur 4-17: Resultat for bøyemoment for egenvekt med 32 elementer.**

Maks sammenlagt moment for felt blir 1760,2 kNm. Som er et avvik på 1,7 %.



Den samme modellen er testet ut, men med opplagerbetingelser slik at det blir en bedre tilnærming en fritt opplagt bjelke. Opplagerene er nå et fastlager og et allsidig opplager ved A1, og et ensidig og et allsidig opplager ved A2. Se appendiks IV, tabell 3.1 for å se den fritt opplagte bjelken.



**Figur 4-18: Opplagerfigur med et fastlager og et allsidig lager i A1, og et ensidig lager og et fastlager i A2.**

Det gir følgende resultater:

Resultater						Håndberegninger	Areal	5.5363	[m <sup>2</sup> ]	
				totalt	1757.1	[kNm]	Egenlast			
Støtte A1	Bøyemoment	5.5 [kNm]		avvik	27.0	[kNm]		egenvekt betong	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]		% avvik	1.6			Lengde spenn	10	[m]
Felt A1 - A2	Bøyemoment	1762.5 [kNm]						Moment	1730.1	[kNm]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]								
Støtte A2	Bøyemoment	5.5 [kNm]								

**Figur 4-19: Resultat for bøyemoment med opplagerbetingelser som i Figur 4-18.**

Her ser man at avviket blir enda litt bedre, med noe mindre avvik; 1,6 %. Gjennom testing med 20 elementer i samme modellen ble resultatet følgende:

Resultater						Håndberegninger	Areal	5.5363	[m <sup>2</sup> ]
				totalt	1731.9	[kNm]	Egenlast		
Støtte A1	Bøyemoment	7.9 [kNm]					egenvekt betong	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
				avvik	1.8	[kNm]			
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]					Lengde spenn	10	[m]
				% avvik	0.1				
Felt A1 - A2	Bøyemoment	1739.8 [kNm]					Moment	1730.1	[kNm]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]							
Støtte A2	Bøyemoment	7.9 [kNm]							

**Figur 4-20: Resultat med 20 elementer.**

Ut fra antagelsene om sammenligningsgrunnlaget, og resultatene for oppintegreringen som beregningsfila har gitt er 20 elementer en god tilnærming, altså minst 20 elementer bør brukes. Elementbredden er på 0,535m i tversgående. Bøyemomentet er dimensjonerende.

#### 4.4.3 MAKS SKJÆRKRAFT MED 20 ELEMENTER

Siden 20 elementer gav et veldig lite avvik i bøyemoment, blir det sett på hvor mye avviket blir for maks skjærkraft med antagelsene i kap 4.3.2 med 20 elementer. Samme opplagerkrefter som i Figur 4-18 er brukt. Resultater er tatt ut ved A1, og ved A2.

Resultater						Håndberegninger	Areal	5.5363	[m <sup>2</sup> ]
						Egenlast			
Støtte A1	Reaksjonskrefter	-630.8 [kN]					Egenvekt betong	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
Støtte A2	Reaksjonskrefter	630.8 [kN]					Lengde spenn	10	[m]
							Opplager kraft	692.0	[kN]
Avvik opplager kraft i %		8.9							

**Figur 4-21: Maks skjærkrefter med 20 elementer**

Figur 4-21 ovenfor viser på 8,9 %. Velger derfor også å sjekke reaksjonskreftene i opplagene, og se avviket her siden avviket ble noe høyt. Fra teorien skal maks skjærkraft være lik opplagerkrafta for fritt opplagt bjelke i hht egenvekt.

```

-----
BRIGADE/Standard version 4.2.10
Project File Name:      Tverrsnitt Nygårdsbekken brua - Kun dekket
-----
Boundary no 1 (node 471 x:100.000   y:-2.000   z:0.760   )
  Load Case: Dead weight
  Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ      MZ
  -----
  Value      -8.883e-011  -6.753e-012  -341.5    -0        0        -0       -0
Boundary no 2 (node 472 x:100.000   y:2.000    z:0.760   )
  Load Case: Dead weight
  Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ      MZ
  -----
  Value         -0         0        -341.5    -0        0        -0       -0
Boundary no 3 (node 502 x:110.000   y:-2.000   z:0.760   )
  Load Case: Dead weight
  Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ      MZ
  -----
  Value         0    3.479e-011  -341.5    -0        0        -0       -0
Boundary no 4 (node 503 x:110.000   y:2.000    z:0.760   )
  Load Case: Dead weight
  Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ      MZ
  -----
  Value         -0         0        -341.5    -0        0        -0       -0
  
```

**Figur 4-22: Opplagerkrefter med 20 elementer**

**Tabell 4-10: Opplagerkrefter med 20 elementer**

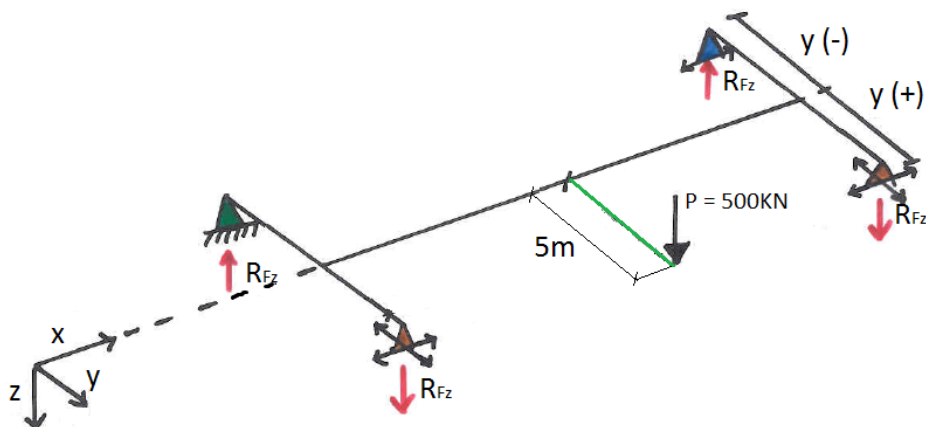
RFZ	341.5
Antall opplager	4
Opplagerkraft	683
Håndberegnet	692
Avvik i %	1.3

I tabellen over ser man at avviket er hele 7,5 % mindre når man sjekker for reaksjonskreftene i opplagrene. Det vil altså si at kreftene forsvinner ikke, men de går hen andre steder.

#### 4.4.4 PUNKTLAST SOM SKAPER TORSJON MED 20 ELEMENTER:

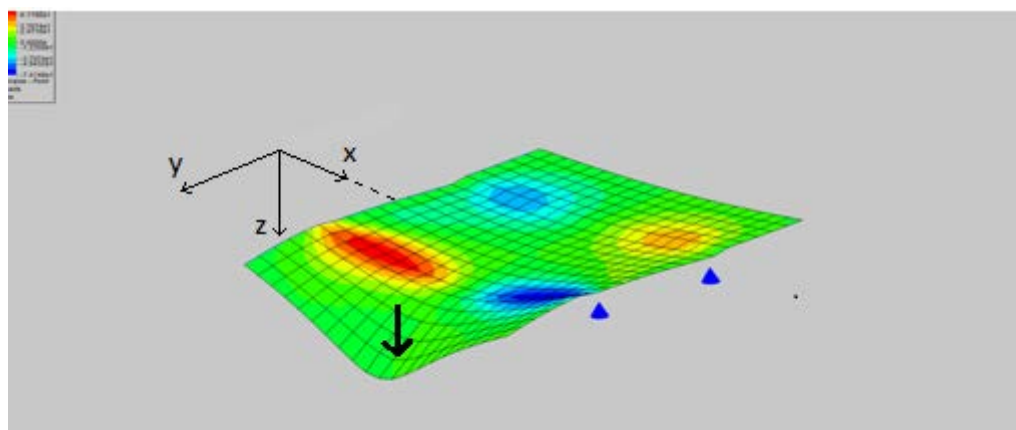
I Figur 4-23 er det satt på en punktlast 5m ut fra referanselinja midt på spennet. Modellen har 20 elementer. Torsjonsmomentet blir:

$$T = F \times arm = 500 \text{ kN} \times 5m = 2500 \text{ kNm}$$



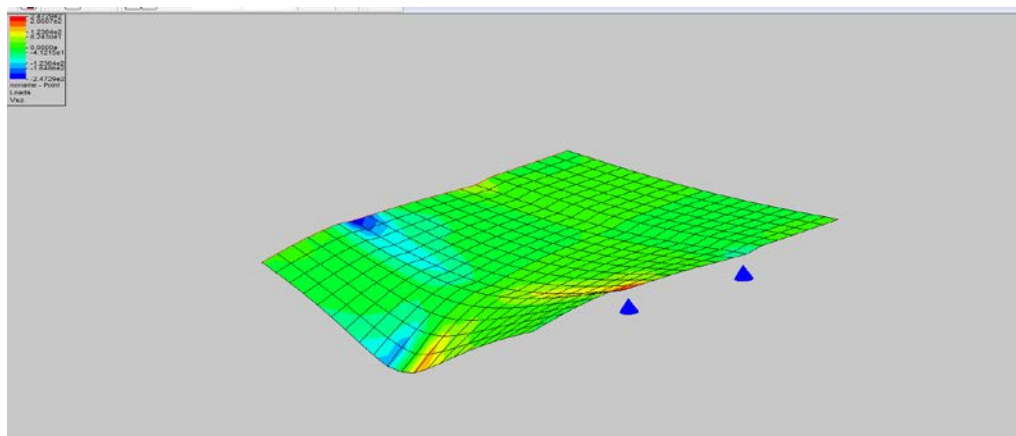
**Figur 4-23: Opplager figur for torsjonsberegninger.**

I Figur 4-24 nedenfor viser fargene i modellen hvordan skjærkrafta  $V_{as}$  oppstår i konstruksjonen når punktlasten inntreffer. Rød og blå viser de mest kritiske stedene i modellen.



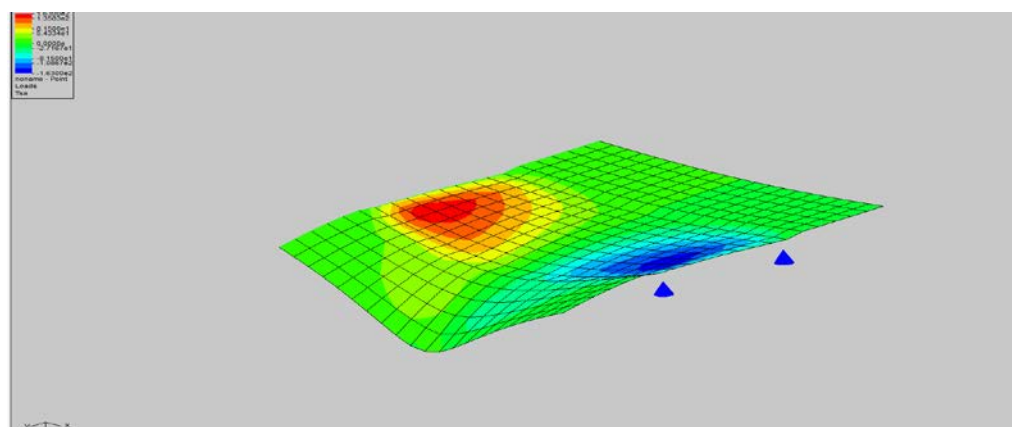
**Figur 4-24: Skjærkraft  $V_{as}$**

I Figur 4-25 vises det hvordan skjærkrafta  $V_{sz}$  oppstår i konstruksjonen med punktlasten. Det er samme aksesystem i denne figuren som i Figur 4-24.



**Figur 4-25: Skjærkraft  $V_{sz}$**

Figur 4-26 viser hvordan torsjonsmomentet  $T_{sa}$  oppstår i konstruksjonen med denne punktlasten. Det er samme aksesystem i denne modellen som i Figur 4-24.



**Figur 4-26: Torsjonsmoment  $T_{sa}$**

Resultatene er hentet ut ved støtte A1, midtfelt mellom A1 og A2, og ved støtte A2. Resultatene vises i Figur 4-27.

Resultater			
Støtte A1	Bøyemoment	0 [kNm]	
	Torsjonsmoment	1002.2 [kNm]	
Felt A1 - A2	Bøyemoment	0 [kNm]	
	Torsjonsmoment	0 [kNm]	
Støtte A2	Bøyemoment	0 [kNm]	
	Torsjonsmoment	-1002.2 [kNm]	
Felt A2 - A3	Bøyemoment	0 [kNm]	
	Torsjonsmoment	0 [kNm]	
Sum torsjon	2004.5		
Håndberegnet	2500		
Avvik torsjonsmoment i %	19.8		

**Figur 4-27: Resultat for torsjonsmoment med 20 elementer.**

Avviket ble noe høyt, derfor ble det prøvd å ta ut resultatene på en nodelinje innenfor begge støttene, altså ved 0,5m og 9,5m Pos\_In og i midtfelt på 5m Pos\_In.

Resultater			
Støtte A1	Bøye moment	0 [kNm]	
	Torsjonsmoment	1162.9 [kNm]	
Felt A1 - A2	Bøye moment	0 [kNm]	
	Torsjonsmoment	0 [kNm]	
Støtte A2	Bøye moment	0 [kNm]	
	Torsjonsmoment	-1162.9 [kNm]	
Felt A2 - A3	Bøye moment	0 [kNm]	
	Torsjonsmoment	0 [kNm]	
Sum torsjon	2325.8		
Håndberegnet	2500		
Avvik torsjonsmoment i %	7.0		

**Figur 4-28: Resultat for torsjonsmoment med annerledes opplagerbetingelser.**

Dette avviket er på 7%. Poenget er at kreftene går mot opplagerne. Og dette kan vises vha å gå inn på reaksjonskrefter i Brigade som er vist under i Figur 4-29. Sjekker

reaksjonskreftene igjen og ser hvordan kreftene opptas i opplagerene. Se Figur 4-23 for å se retningen på opplagerkreftene.

```

-----
IRIGADE/Standard version 4.2.10
Project File Name: Tverrsnitt Nygårdsbekken brua - Kun dekket
-----
boundary no 1 (node 471 x:100.000 y:-2.000 z:0.760 )
Load Case: noname - Point Loads
Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ
-----
Value      -3.054e-011 -8.868e-012 175.9      -0        0        -0
boundary no 2 (node 472 x:100.000 y:2.000 z:0.760 )
Load Case: noname - Point Loads
Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ
-----
Value      -0        0      -425.9      -0        0        -0
boundary no 3 (node 502 x:110.000 y:-2.000 z:0.760 )
Load Case: noname - Point Loads
Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ
-----
Value      0 4.607e-012 175.9      -0        0        -0
boundary no 4 (node 503 x:110.000 y:2.000 z:0.760 )
Load Case: noname - Point Loads
Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ
-----
Value      -0        0      -425.9      -0        0        -0

```

Figur 4-29: Opplagerkrefter pga torsjonsmoment med 20 elementer.

$$R_i := \begin{pmatrix} 175.9 \text{ kN} \\ -425.9 \text{ kN} \\ 175.9 \text{ kN} \\ -425.9 \text{ kN} \end{pmatrix} \quad y_i := \begin{pmatrix} -2 \text{ m} \\ 2 \text{ m} \\ -2 \text{ m} \\ 2 \text{ m} \end{pmatrix}$$

$$\text{torsjon} := \sum_{i=1}^1 (R_i y_i) \quad \text{torsjon} = -2.407 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Reaksjonskreftene avviker en del fra håndberegningen. Dette viser at kreftene går hen andre steder. Nedenfor er det prøvd ut med 32 elementer på samme modell. Dermed blir Pos\_In 0,42m og 9,58m nær støtte og 5m for midtfelt.

Resultater		
Støtte A1	Bøymoment	0 [kNm]
	Torsjonsmoment	1218.1 [kNm]
Felt A1- A2	Bøymoment	0 [kNm]
	Torsjonsmoment	0 [kNm]
Støtte A2	Bøymoment	0 [kNm]
	Torsjonsmoment	-1218.1 [kNm]
Felt A2- A3	Bøymoment	0 [kNm]
	Torsjonsmoment	0 [kNm]
Sum torsjon		2436.2
Håndberegnet		2500
Avvik torsjonsmoment i %		2.6

**Figur 4-30: Resultat for torsjonsmoment med 32 elementer.**

Avviket ligger på 2,6 % med 32 elementer. Sjekk også for reaksjonskreftene igjen i opplagrene, Figur 4-31:

```

-----
BRIGADE/standard version 4.2.10
Project File Name:      Tverrsnitt Nygårdsbekken brua - Kun dekket
-----
Boundary no 1 (node 867  x:100.000      y:-2.000      z:0.760      )
  Load Case: noname - Point Loads
  Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ
  Value         -2.134e-011 -5.759e-011  188.5      -0       0       -0
Boundary no 2 (node 868  x:100.000      y:2.000      z:0.760      )
  Load Case: noname - Point Loads
  Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ
  Value         -0       0       -438.5     -0       0       -0
Boundary no 3 (node 910  x:110.000      y:-2.000      z:0.760      )
  Load Case: noname - Point Loads
  Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ
  Value         0 -4.076e-011  188.5      -0       0       -0
Boundary no 4 (node 911  x:110.000      y:2.000      z:0.760      )
  Load Case: noname - Point Loads
  Reaction      RF1      RF2      RFZ      RM1      RM2      RMZ
  Value         -0       0       -438.5     -0       0       -0
  
```

**Figur 4-31: Opplagerkrefter med 32 elementer.**





$$R_i := \begin{pmatrix} 188.5\text{kN} \\ -438.5\text{kN} \\ 188.5\text{kN} \\ -438.5\text{kN} \end{pmatrix} \quad y_i := \begin{pmatrix} -2\text{m} \\ 2\text{m} \\ -2\text{m} \\ 2\text{m} \end{pmatrix}$$

$$\text{torsjon} := \sum_{i=1}^1 (R_i \cdot y_i) \quad \text{torsjon} = -2.508 \times 10^3 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Reaksjonskreftene viser 2508 kNm. Ut fra antakelsene som er gjort, blir det mer sammenlignbare resultater med teorien med 32 elementer enn med 20 elementer.

Bruk av elementer i modellene av Nygårdsbekkenbrua ut fra dette parameterstudiet med disse antagelsene blir at minst 20 elementer må brukes. Da resultatene for bøyemoment gav lite avvik med 20 elementer, og fordi bøyemomentet er dimensjonerende er det blitt valgt å bruke 20 elementer videre i oppgaven.

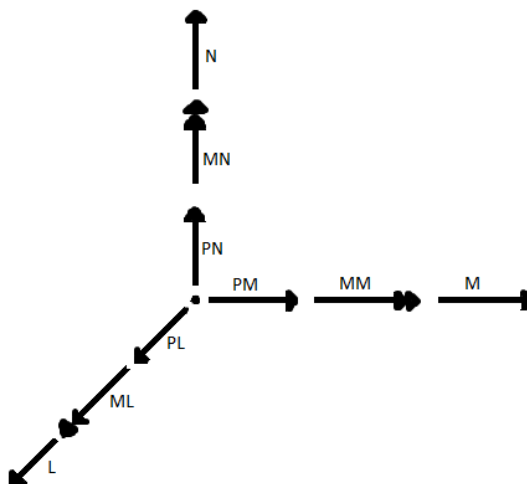
## 5. NOVAFRAME

### 5.1 NOVAFRAME SOM 3D BJELKE ELEMENT PROGRAM

NovaFrame som er utviklet av AAS-JAKOBSEN (20) er et 3D-bjelkeelementprogram. Programmet er brukt til å beregne globale snittkrefter for noen laster og lastkombinasjoner i denne oppgaven. Programmet kan kalkulere med et høyt antall med elementer. I NovaFrame kan man velge om man vil plote inn informasjon manuelt i programmet i de forskjellige vinduene, eller så kan man bruke excel filer med ferdig oppsett hvor man fyller inn ny data for hvert enkelt prosjekt, se appendiks VI og VII.

Det tar tid å sette seg inn i disse excel filene, men det er denne metoden man vanligvis bruker siden det er mer oversiktlig og ha alt på en side. Filene inneholder mange forskjellige koder. Betydningen av disse kodene står beskrevet i "ascii comand input" (21).

I NovaFrame er det globale aksesystemet bygget opp av en x-, y-, og en z-akse mens det lokale aksesystemet per element er en L-, M-, og N-akse. Kraftene gis ut er oppkalt heretter: PM, PN, PL, MM, MN og ML. Hvor P står for skjærkraft og M står for moment. Se figur 5-1. (20)



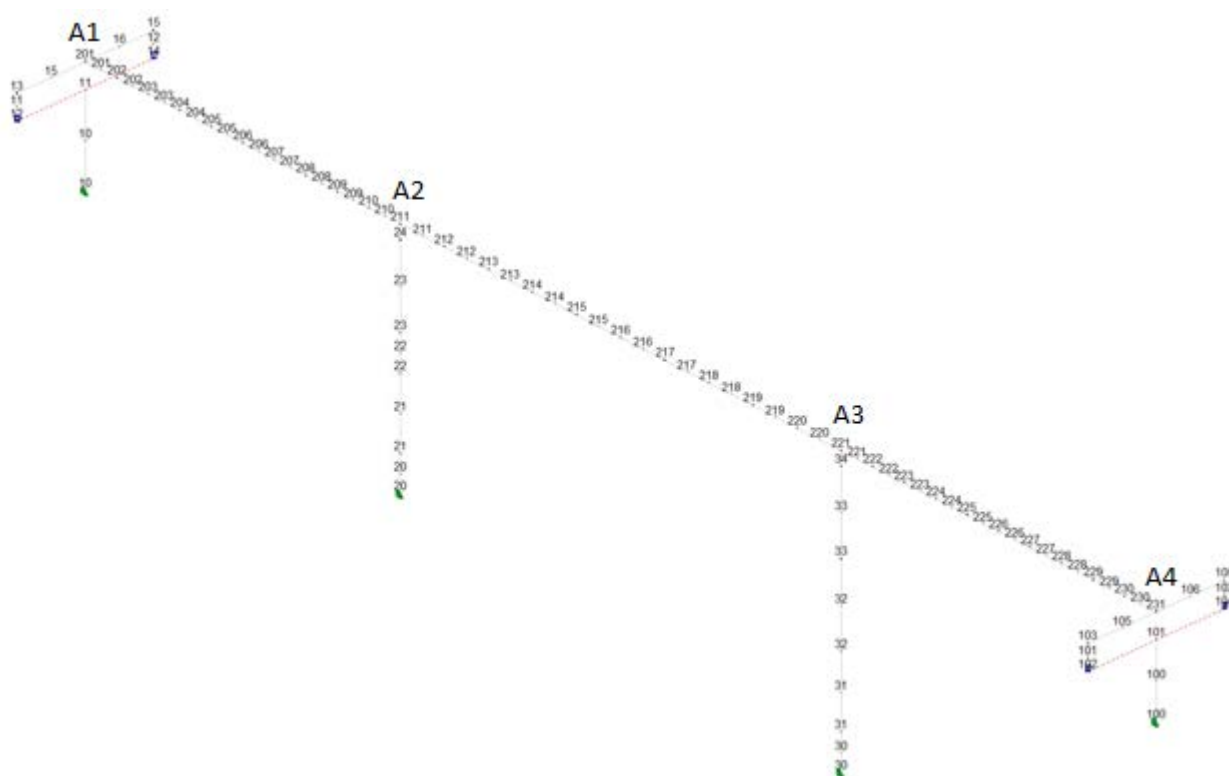
**Figur 5-1: Lokalt aksesystem per bjelkeelement i NovaFrame (19)**

I denne oppgaven er kun relevant informasjon fra både inputfila og lastfila tatt med i forhold til det skal analyseres for egenlast og vertikale trafikklaster. I inputfila og lastfila er all informasjon endret fra Norsk Standard NS 3473 til Eurokode NS-EN 1992-1-1.

I de neste del-kapitlene er det forklart detaljert noen utvalgte deler fra input og lastfila som er brukt i oppgaven. Se tilbake i appendiks VI og VII for å få et overblikk over hvordan disse filene ser ut. For mer detaljert informasjon om brua se i kapittel.6. Der er det tatt med et oversiktlig oppsett fordi der begynte modelleringen fra bunn av.

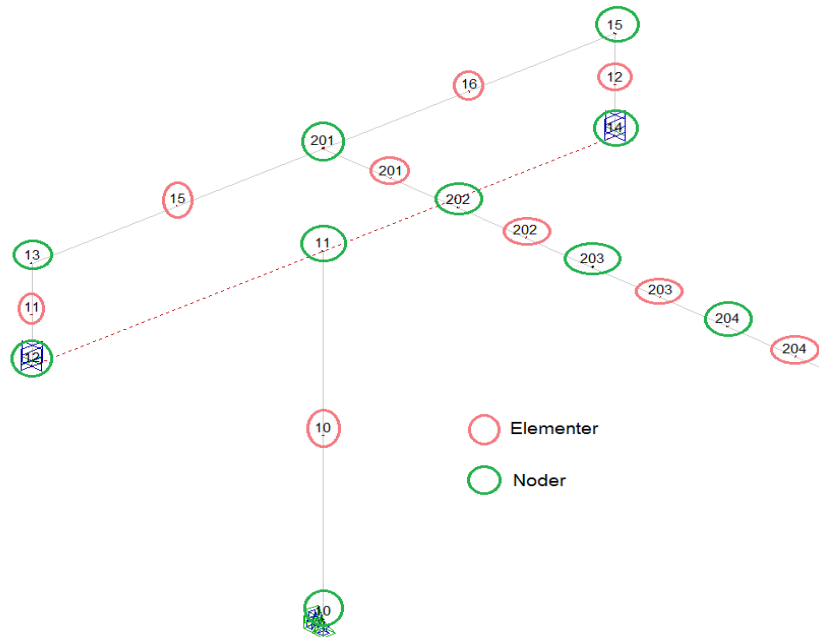
## 5.2 STATISK MODELL AV NYGÅRDSBEKKENBRUA

I Figur 5-2 nedenfor er den statiske modellen av Nygårdsbekkenbrua vist. Alle nummereringene som vises i figuren er noder og elementer. For bedre oversikt over hva som er noder og hva som er elementer, ta en titt på Figur 5-3. I søyle A2, ser man en ujevn fordeling av elementer. For en forklaring på dette, se kap.5.3.1 I denne oppgaven har dette ikke noe å si da det ikke blir analysert krefter i søylene.



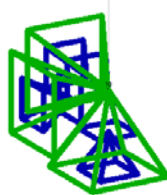
Figur 5-2: Statisk modell i NovaFrame

Figur 5-3 nedenfor viser et nærbilde av noder og elementer ved landkar A1.



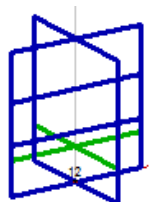
**Figur 5-3: Visning av noder og elementer i den statiske modellen i NovaFrame**

I figuren over vises også et opplager ved node 10 og et ved node 12. Opplager ved node 10 ser ut som Figur 5-4 under viser. Denne figuren betyr fastinnspent.



**Figur 5-4: Fastinnspent lager i NovaFrame**

Figur 5-5 under med node 12 viser hvordan et allsidig glidelager ser ut i NovaFrame.



**Figur 5-5: Allsidig glidelager i NovaFrame.**

## 5.3 INPUTFIL NOVAFRAME

### 5.3.1 DEFINERING PÅ LANDKAR, LANDKARBJELKER OG SØYLER

Tabell 5-1 nedenfor er tatt ut fra inputfila i NovaFrame.

Landkar, landkarbjelker og søyler								
%	FromNode	ToNode	NodeIncr	RefLineNo	FromAsisNo	ToAsisNo	RelFromAsis	RelToAsis
%	10	11	1	10	1	2	0,000	-1,120
AXISNODE	12	13	1	11	2	2	-1,120	-0,421
AXISNODE	14	15	1	12	2	2	-1,120	-0,421
%								
AXISNODE	20	21	1	21	1	1	0,000	1,000
AXISNODE	22	23	1	21	1	2	3,000	-3,120
AXISNODE	24	24	1	21	2	2	-0,820	-0,820
%								
AXISNODE	30	31	1	31	1	1	0,000	1,000
AXISNODE	32	33	1	31	1	2	3,000	-3,120
AXISNODE	34	34	1	31	2	2	-0,820	-0,820
%								
AXISNODE	100	101	1	100	1	2	0,000	-1,120
AXISNODE	102	103	1	101	2	2	-1,120	-0,421
AXISNODE	104	105	1	102	2	2	-1,120	-0,421

**Tabell 5-1: Utsnitt tatt ut fra inputfil for å forklare definering på landkar, landkarbjelker og søyler**

”From AsisNo” og ”ToAsisNo” kan være 1 eller 2. Disse to tallene forteller hvor det refereres fra. 1 betyr at det refereres fra bunnen, mens 2 betyr at det refereres fra toppen og ned. Figur 5.6-8 er forenkla figurer for å vise hvordan elementene for landkar og søyler er definert i forhold til referanselinjene.

For å forklare litt mer detaljert, så går landkaret i A 1, fra node 10 til node 11 se Figur 5-3 for å se hva som er landkar i modellen. Tallene i tabell 5-1 ovenfor henger sammen for å forklare plasseringen av noden. I Rad 1 i tabell 5-1 står det følgende; ”From Node” = 10, ”From AsisNo” = 1, ”RelFrom Asis” = 0,000. Dette forteller at node 10 ligger i punkt 0m fra bunnen og opp. ”ToNode” = 11, ”ToAsisNo” = 2 og ”RelToAsis” = -1,120. Dette forteller at node 11 ligger fra toppen og ned, 1,120m.

#### Informasjon som trengs for å lese Figur 5-6 til Figur 5-8:

Brubane høyde: 0,76m

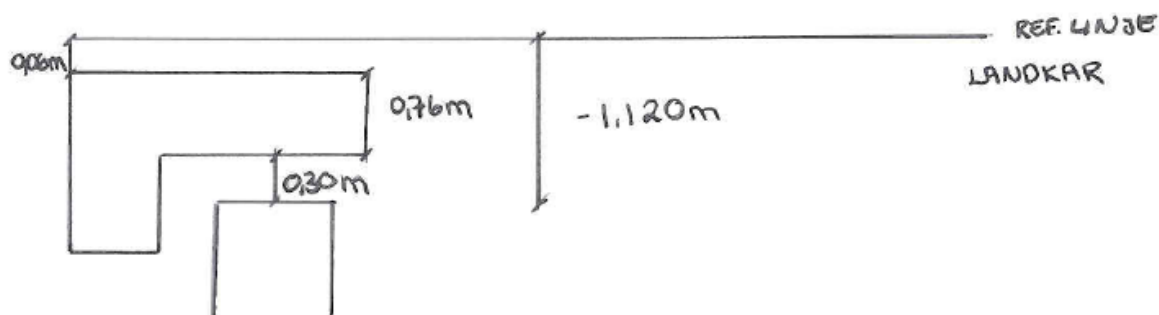
Lagerhylle: 0,30m

Referanselinje: 0,06m (over betongen)

Tyngdepunkt: 0,399m (underkant bru)

Hvordan plasseringen av node 11 og 101 for landkar er definert i programmet, er vist ved hjelp av figur 5-6 nedenfor.

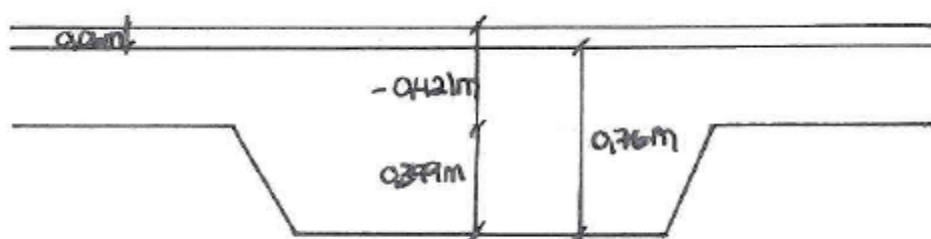
$$-0,06m - 0,76m - 0,3m = -1,120m$$



**Figur 5-6: Forklaring av landkarplassering i NovaFrame.**

Hvordan plassering av tyngdepunktet i brutversnittet er definert i programmet er vist vha figur 5-7.

$$-0,76m - 0,06m + 0,399m = -0,421m$$



**Figur 5-7: Forklaring av tvversnittet's plassering i NovaFrame.**

Definering av plasseringen av nodene for søylene på brua er forklart vha figur 5-8.

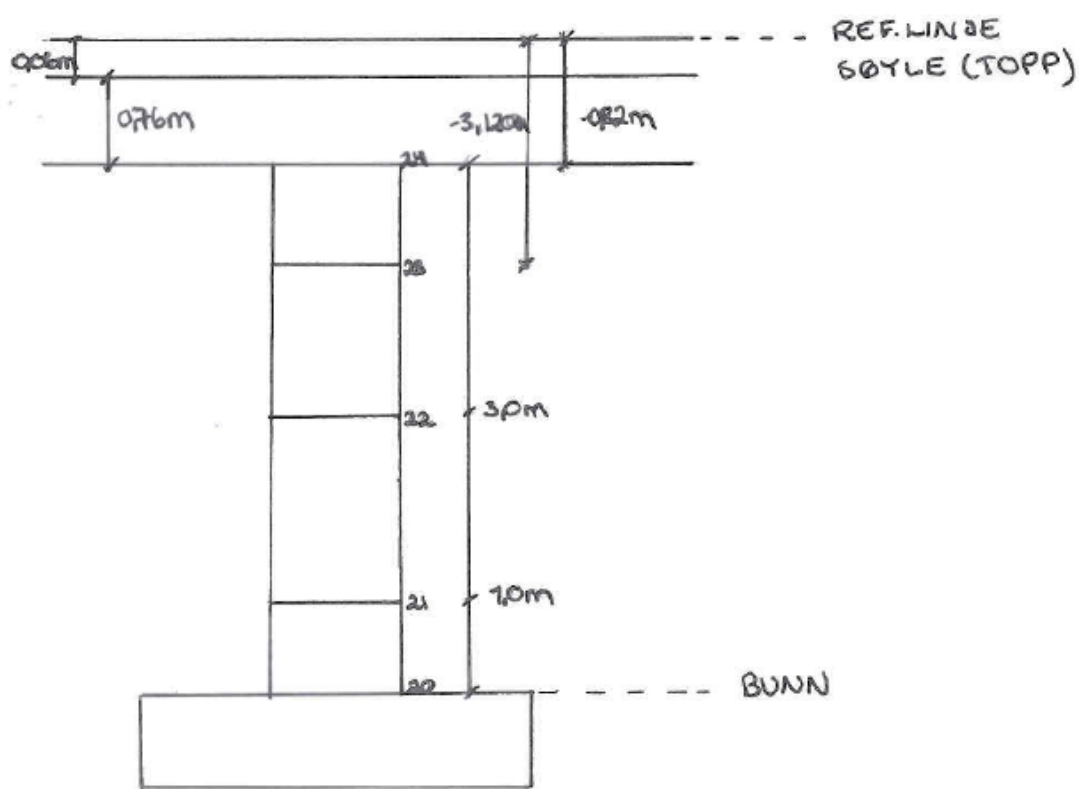
Plassering av node 20, 21 og 22 som er for søyle 1i A2 er definert med referansetall 1. Node 30, 31 og 32 for søyle 2 i A3 er også definert via referansetall 1. Begge nodesettene gir følgende plasseringer; 0m, 1m og 3m. Se Tabell 5-1.

Plassering av node 23 for søyle 1 i A2, og node 33 for søyle 2 i A3 blir bestemt via referansetall 2, se Figur 5-8.

$$-0,06m - 0,76m - 0,3m - 2m = -3,120m$$

Plassering av node 24 for søyle 1, og node 34 for søyle 2 blir bestemt via referansetall 2.

$$-0,06m - 0,76m = -0,82m$$



Figur 5-8: Forklaring av søyla `s plassering i NovaFrame.

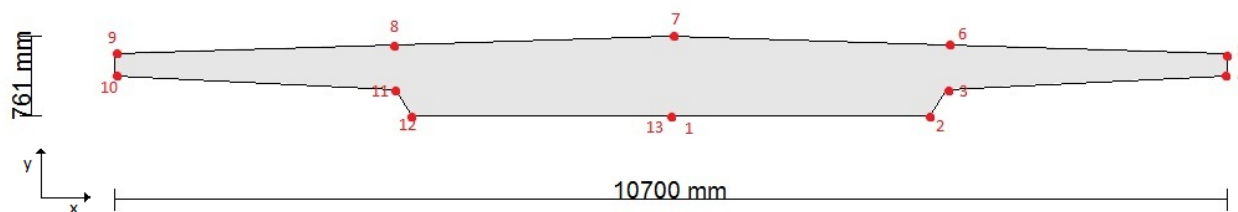
### 5.3.2 DEFINERING AV BRUBJELKETVERRSNITT

I Tabell 5-2 nedenfor vises x-, og y koordinatene for brutverrsnittet. Siden tverrsnittet er homogent over hele lengden, er kun definering ved A 1 tatt med i forklaringen.

SECTION POINT INPUT										
%	RFL		PRO	ID		TYPE		X-coord		Y-coord
PT,	1	,	A1,	1	,	ABS	,	0	,	0
PT,	1	,	A1,	2	,	ABS	,	2495	,	0
PT,	1	,	A1,	3	,	ABS	,	2650	,	250
PT,	1	,	A1,	4	,	ABS	,	5350	,	380
PT,	1	,	A1,	5	,	ABS	,	5350	,	600
PT,	1	,	A1,	6	,	ABS	,	2650	,	681
PT,	1	,	A1,	7	,	ABS	,	0	,	761
PT,	1	,	A1,	8	,	ABS	,	-2650	,	681
PT,	1	,	A1,	9	,	ABS	,	-5350	,	600
PT,	1	,	A1,	10	,	ABS	,	-5350	,	380
PT,	1	,	A1,	11	,	ABS	,	-2650	,	250
PT,	1	,	A1,	12	,	ABS	,	-2495	,	0
PT,	1	,	A1,	13	,	ABS	,	0	,	0

**Tabell 5-2: Utsnitt tatt ut fra inputfil for å forklare definering av tverrsnitt**

Figur 5-9 under viser hva hvert av punktene er kalt, slik at man kan referere tabellen ovenfor å se hvilke punkt som har de tilhørende koordinatene.



**Figur 5-9: Brubjelketverrsnittet med punktplasseringer for å vise hvilke koordinater som skal inn for å definere tverrsnittet i inputfila i NovaFrame.**

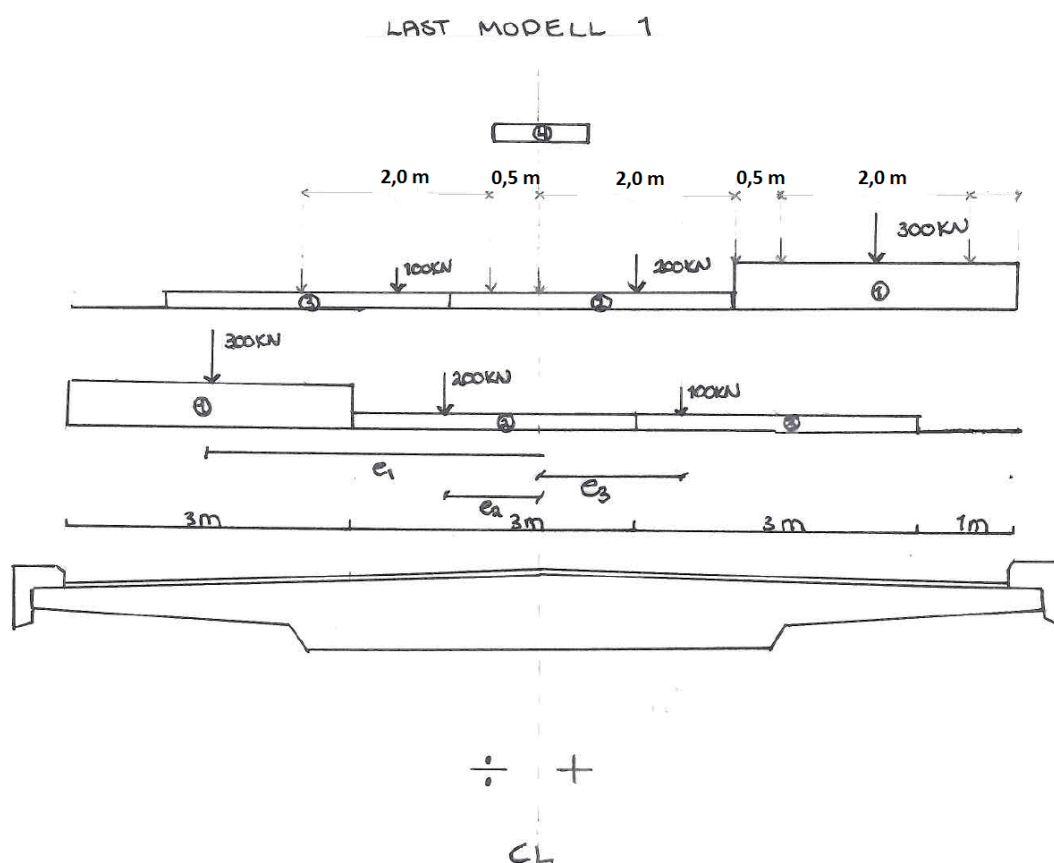


## 5.4 LASTFIL NOVAFRAME

### 5.4.1 TRAFIKKLAST

Med utgangspunkt i trafikklast teorien i kap.3.4 og tidligere erfaringer fra folk i SVV blir trafikklastbildet seende slik ut for NovaFrame. Antall lastfelt er beregnet ut fra Figur 3-14.

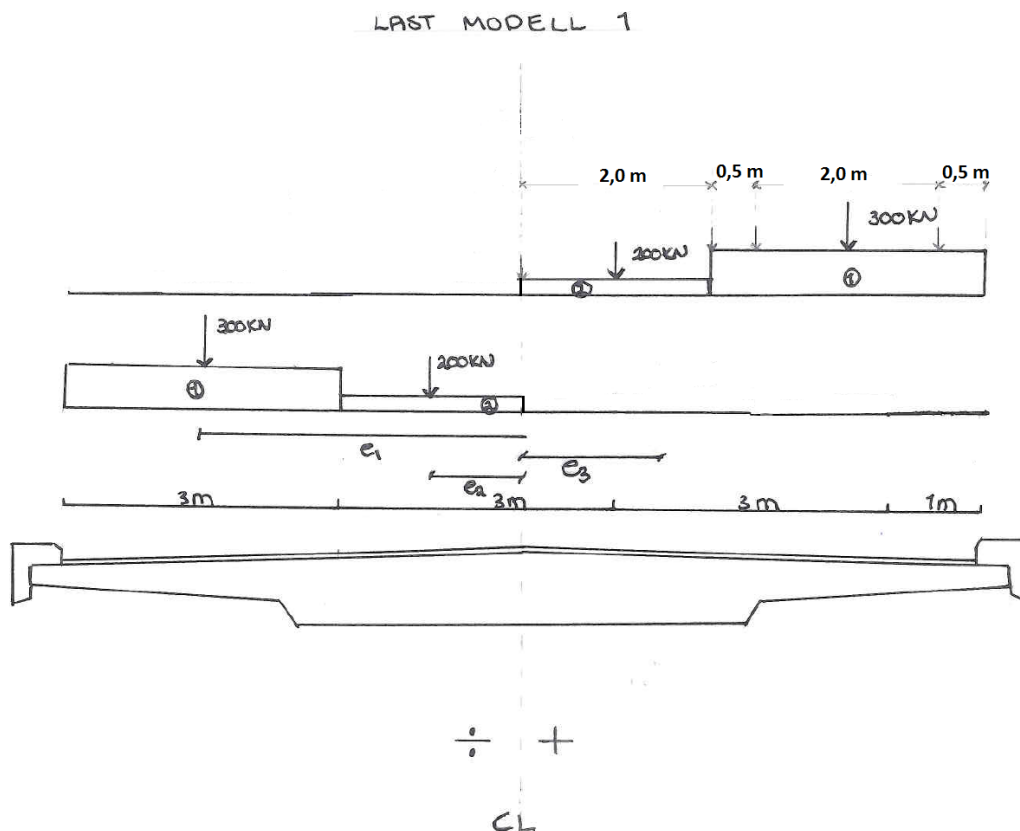
$$n_l = \text{Int} \left( \frac{w}{3} \right) = \text{Int} \left( \frac{10,7}{3} \right) = 3, \text{ med } 3\text{m på hvert lastfelt.}$$



**Figur 5-10: Trafikklastbilde på Nygårdsbekkenbrua.**

Figur 5-10 viser hvordan det mest kritiske lastbildet ser ut, i forhold til informasjonen Eurokode 1 (15) og SVV. Det med at det resterende lastfeltet blir tenkt satt i senterlinje av brua for NovaFrame, er informasjonen som ble gitt i første omgang. Senere ble det opplyst om at når alle disse trafikklastene blir satt inn i lastfila i NovaFrame, blir

resultatene ikke i hht teorien. Figur 5-11 nedenfor viser hvordan lasten blir plassert riktig inn forhold til håndberegninger i lastfila.



**Figur 5-11: Nytt trafikklastbilde som stemmer med håndberegninger i NovaFrame.**

I Tabell 5-3 nedenfor er det satt inn % tegn foran mange av trafikklinjene. Dette tegnet betyr at rekkene er kommentert ut. Det er altså lastene på hver side av senterlinje bru som må bli tatt med i kalkulasjonene til programmet for at det skal samsvare. Eksentrisiteten for lastene i Figur 5-11 er følgende;  $E_{min} = -3,5m$  og  $E_{maks} = 3,5m$  for lastfelt 1, og  $E_{min} = -1m$  og  $E_{maks} = 1m$  for lastfelt 2.

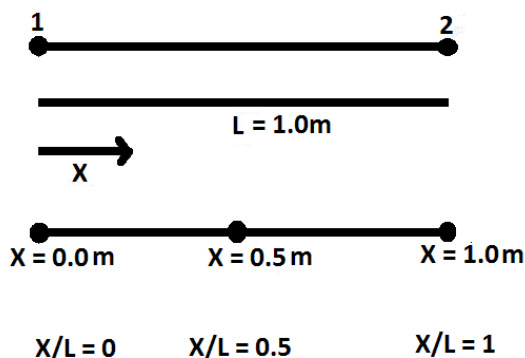
TRAFFIC LOAD INPUT (Se tegning nederst på arket)  
 Trafikklast vertikale ferdigtilstand (221-581) Se 201 - 210 over på LOADINS

	LoadNo	TrackNo	TrafLinNo	Type	E-min	E-max	Q	P1	P2	P3	A-dist
TRAFLOAD	221	1	1	1	-3.50	3.50	16.2	300.0	300.0	0.0	1.2
%TRAFLOAD	241	1	2	1	-3.50	3.50	16.2	300.0	300.0	0.0	1.2
TRAFLOAD	261	1	1	1	-1.00	1.00	7.5	200.0	200.0	0.0	1.2
%TRAFLOAD	281	1	2	1	-1.00	1.00	7.5	200.0	200.0	0.0	1.2
TRAFLOAD	301	1	1	1	0.00	0.00	7.5	100.0	100.0	0.0	1.2
%TRAFLOAD	321	1	2	1	0.00	0.00	7.5	100.0	100.0	0.0	1.2
TRAFLOAD	341	1	1	1	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
%TRAFLOAD	361	1	2	1	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
%TRAFLOAD	381	1	1	1	-3.50	3.50	0.0	400.0	0.0	0.0	0.0
%TRAFLOAD	401	1	2	1	-3.50	3.50	0.0	400.0	0.0	0.0	0.0
%TRAFLOAD	421	1	1	1	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
%TRAFLOAD	441	1	2	1	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
%TRAFLOAD	461	1	1	1	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
%TRAFLOAD	481	1	2	1	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabell 5-3: Utsnitt tatt ut fra inputfil for å forklare definering trafikklastinput

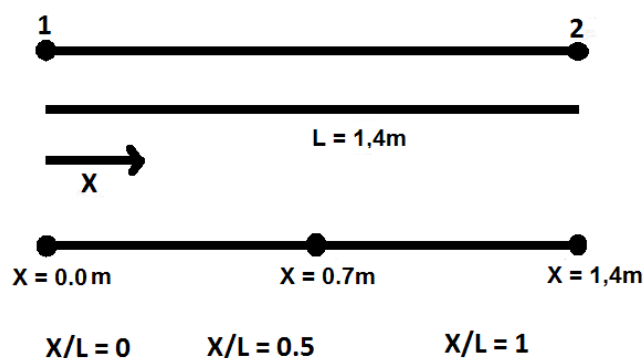
## 5.5 RESULTATER FRA NOVAFRAME

Resultatene i NovaFrame kommer direkte ut. Man får resultatene på endene og midt på elementet slik som Figur 5-12 nedenfor viser. Se appendiks X og XI for å få en oversikt over hvordan resultatene kommer ut fra programmet. Lengden av elementene er en meter mellom A1 og A2, og mellom A3 til A4.



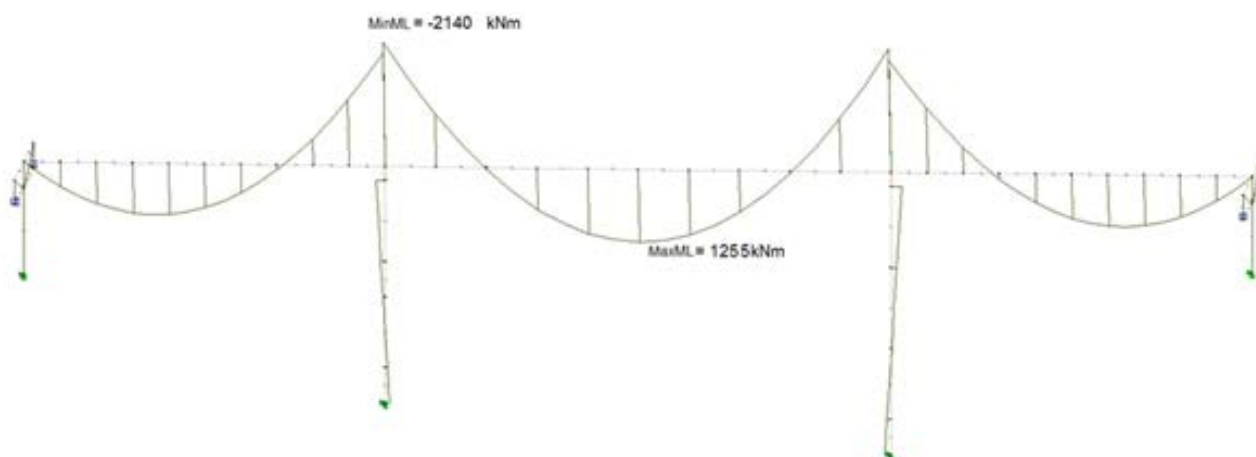
Figur 5-12: Element størrelse mellom A1 og A2, og mellom A3 og A4 i NovaFrame.

Lengden av elementene er 1,4m mellom A2 og A3.

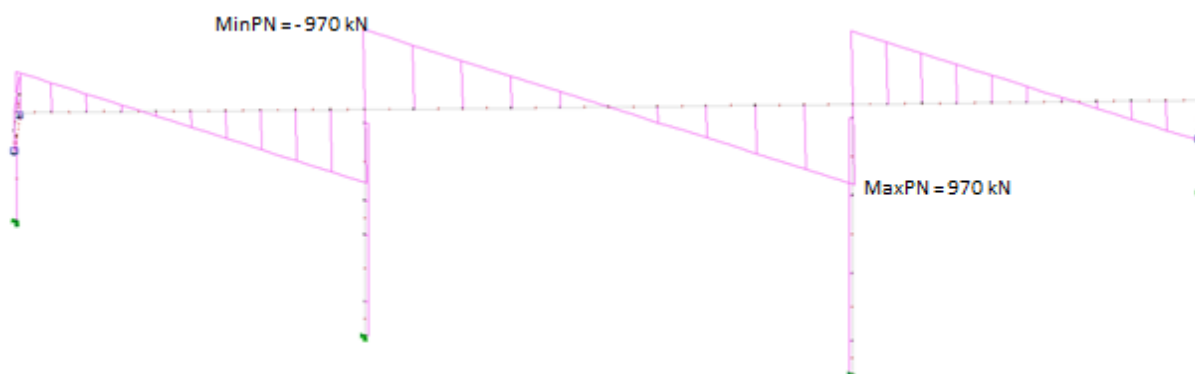


**Figur 5-13: Element størrelse mellom A2 og A3i NovaFrame.**

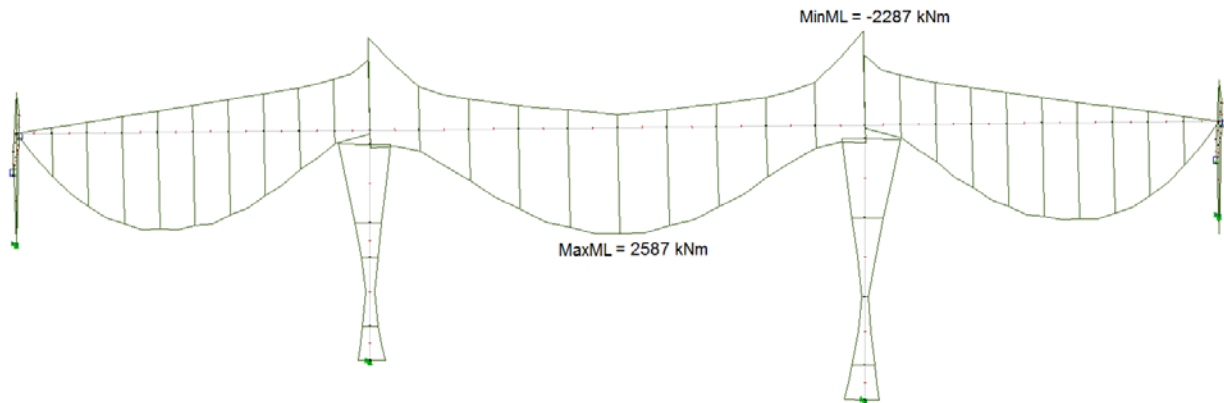
Nedenfor vises fire figurer av bøyemomentdiagram og skjærkraftdiagram for hhv. egenlast og dimensjonerende trafikklaster er brukt i resultatkapitlene senere i oppgaven.



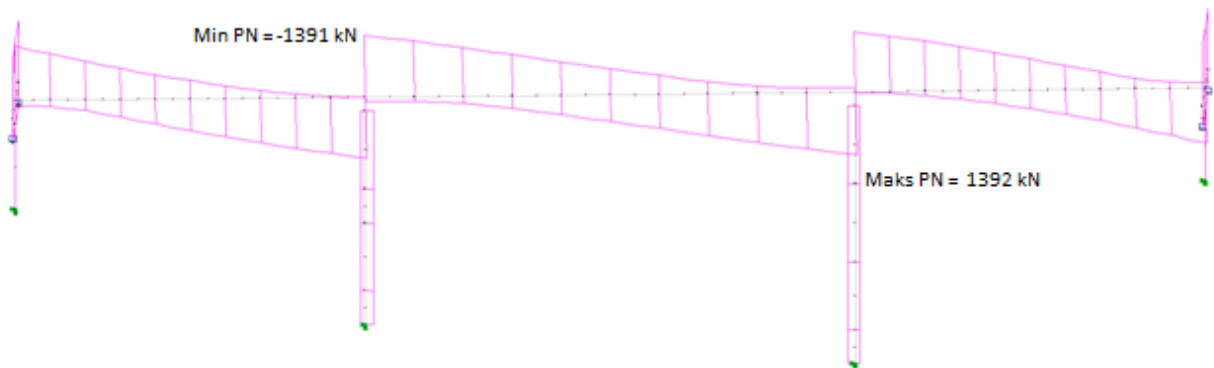
**Figur 5-14: Bøyemomentdiagram for egenlast i bjelkemodellen.**



**Figur 5-15: Skjærkraftdiagram for egenlast i bjelkemodellen.**



**Figur 5-16: Bøymomentdiagram for dimensjonerende trafikklast i bjelkemodellen.**



**Figur 5-17: Skjærkraftdiagram for dimensjonerende trafikklast i bjelkemodellen.**

## 6. MODELLERING I BRIGADE

### 6.1 INFORMASJON SOM TRENGS FOR Å MODELLERE

I dette delkapittelet er det tatt med et informasjonsoppsett som er greit å ha foran seg når man skal modellere i Brigade. (11)

**Tabell 6-1: Konstruksjonsbeskrivelse**

<i>Konstruksjonsbeskrivelse</i>	
Total lengde uten vinger	34,00 m
Lengde sidespenn	10,00 m
Lengde midtspenn	14,00 m
Kjørebane bredde	10,00m
Helning på brudekket	3,0 %
Maks høyde av brudekke	0,76 m
Minimum høyde av brudekke	0,22 m
Bærestruktur, ende støtter	Støtte med landkar og vinger
Bærestruktur, midt støtter	Søyler
Bæring	Midtstøtter – fastinnspent Endestøtter – allsidig lager
Fundament	Betong helle

Tabell 6-2 viser koordinater for hvor veien skal ligge. Dette er vesentlig for å få brua riktig plassert i forhold til der veien skal gå. Tabell 6-3 viser beliggenheten av brua i forhold til høyde over havet. Dette er viktig å vite i forhold til modelleringen i Brigade.

**Tabell 6-2: Horisontal beliggenhet av vei**

<i>Horisontal beliggenhet av vei</i>				
<i>Nr.</i>	<i>Avsnitt</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Linje type</i>
1	1	6601287,772	307502,002	Rett linje
2	101	6601294,130	307601,799	Rett linje

**Tabell 6-3: Vertikal beliggenhet av vei**

<i>Vertikal beliggenhet av vei</i>			
<i>Nr.</i>	<i>Avsnitt</i>	<i>Kvotehøyde</i>	<i>Linje type</i>
1	1	+27.296	Rett linje
2	101	+29.952	Rett linje

Det er nyttig og vanlig å forenkle referanselinja når man skal lage en modell på grunn av at det er mange tall og holde styr på. Det man må passe på at er at de nye koordinatene har den samme relative distansen i forhold til hverandre, se i Tabell 6-4. (17)

**Tabell 6-4: Forenklet horisontal beliggenhet av vei**

<i>Forenklet horisontal beliggenhet av vei</i>				
<i>Nr.</i>	<i>Avsnitt</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Linje type</i>
1	1	1287.772	502.002	Rett linje
2	101	1294.130	601.799	Rett linje

**Tabell 6-5: Forenklet vertikal beliggenhet av vei**

<i>Forenklet vertikal beliggenhet av vei</i>			
<i>Nr.</i>	<i>Avsnitt</i>	<i>Kvotehøyde</i>	<i>Linje type</i>
1	1	+27.296	Rett linje
2	101	+29.952	Rett linje

**Tabell 6-6: Material egenskaper**

<i>Material egenskaper</i>		
<i>Material egenskaper</i>	<i>Symbol</i>	<i>Verdi</i>
E-modul	$E_c$	36.28318822 GPa
Poisson`s ratio	$\nu$	0,2
Densitet	$\gamma$	25 kN/m <sup>3</sup>

E-modulen for betong er satt til:

$$f_{cm} = 53 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 22[(f_{cm})/10]^{0,3} = 36283188,22 \text{ kPa} \quad (3)$$

**Tabell 6-7: Laster**

<i>Laster</i>
Egenlast
Trafikklast

I Brigade må man definere støttelinjer for hvert sted man vil ha en søyle, landkar eller en annen form for støtte. Tabell 6-8 viser plasseringen på brua i forhold til veibeliggheten og avstanden mellom hver av støttene.

**Tabell 6-8: Støttelinjer**

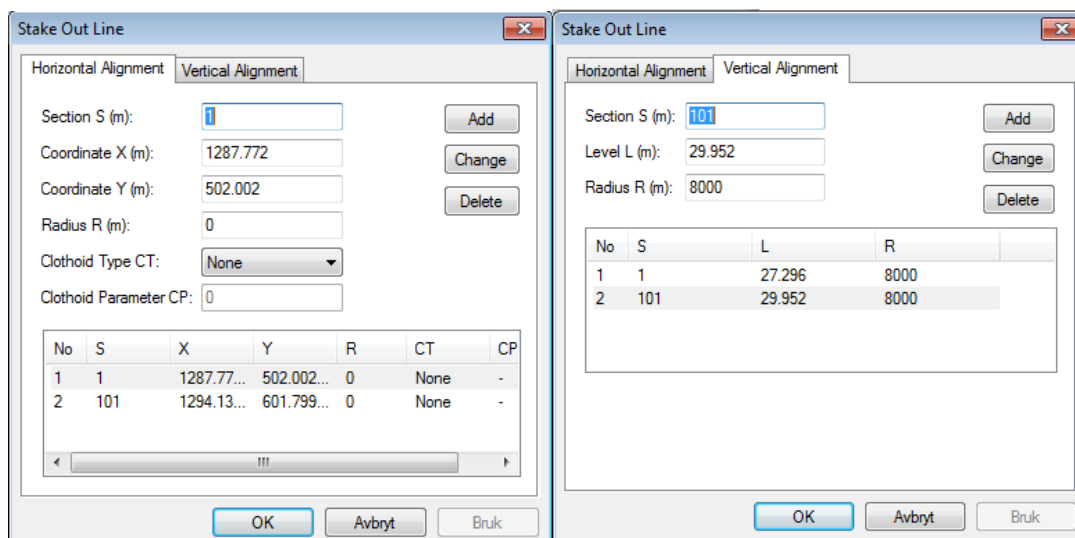
<i>Støttelinjer</i>		
<i>Støttelinje</i>	<i>Avsnittskoordinat</i>	<i>Vinkel</i>
1	32	100 <sup>g</sup>
2	42	100 <sup>g</sup>
3	56	100 <sup>g</sup>
4	66	100 <sup>g</sup>

## 6.2 FREMGANGSMÅTE FOR MODELLERING AV PLATEMODELL

### 6.2.1 GEOMETRI DEFINISJON

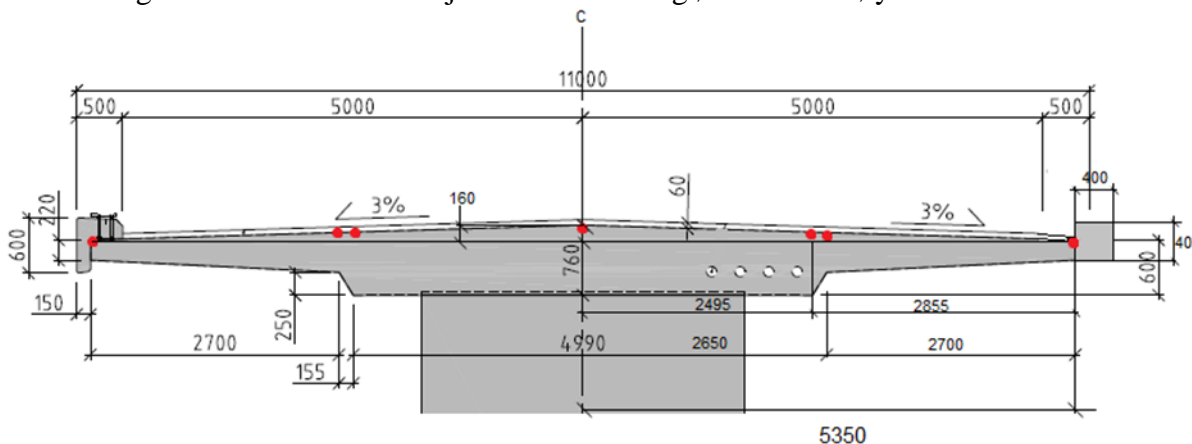
I dette delkapittelet vises forklaringer med figurer og beregninger på forenklinger som er gjort. I tillegg er innplottingen for skallmodellen i programmet vist. For alle tegningene av konstruksjonsdelene som er med i dette kapittelet, se i appendiks I for større og tydeligere tegninger.

Bildene under viser hvordan veilinja defineres.



**Figur 6-1: Programvinduer for definering av horisontal og vertikal beliggenhet av veilinja.**

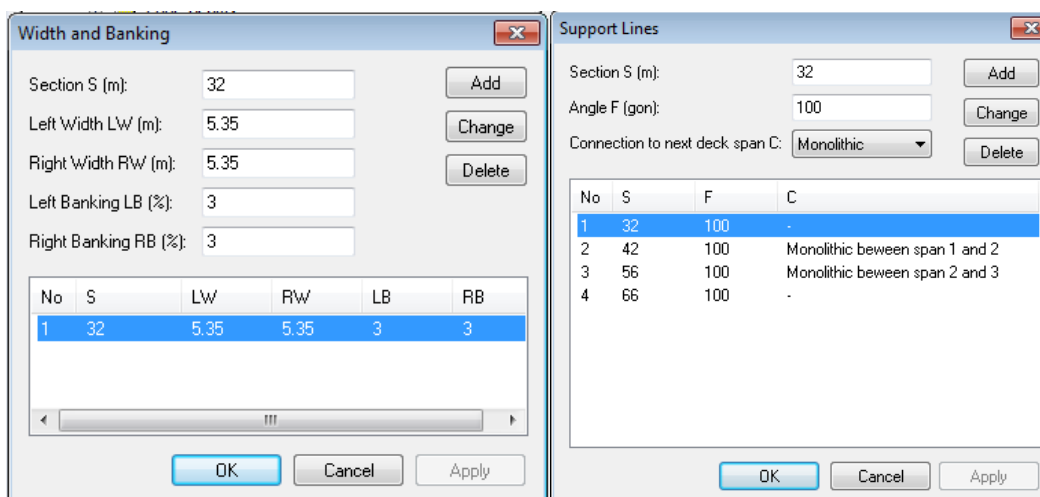
Figur 6-2 under viser brubjelketverrsnittet og øvre del av søyle.



**Figur 6-2: Brubjelketverrsnitt med mål som trengs for å modellere i Brigade.**

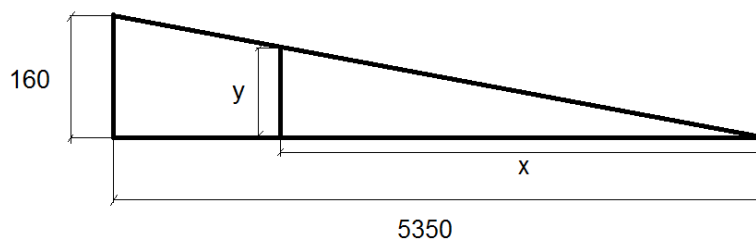
Vinduet nedenfor til venstre beskriver bredden på brudekket, mens vinduet til høyre beskriver senteravstanden mellom akse 1,2,3 og 4, som Tabell 6-8 viser.





**Figur 6-3: Programvinduer med definering av brubredde og støttelinjer.**

For å finne referansepunktene for å kunne definere dekket til brua er høydene beregnet ut fra forholdsberging av rettvinklede trekantar. Figur 6-4 viser en forstørra tegning av en rettvinklet trekant som inngår i brutverrsnittet, areal nr.2 i figur i appendiks II.



**Figur 6-4: Forholdsberging for en rettvinklet trekant.**

$$\text{Forholdsformel for rettvinklet trekant: } \frac{160}{5350} = \frac{y}{x}$$

Alle x er kjent, se Figur 6-2. Total tykkelse blir forskjellig for alle punkt. Se på de røde punktene i figuren.

Viser nedenfor for punkt 3 og 5:

$$\frac{160}{5350} = \frac{y}{2855} \rightarrow y = \frac{160}{5350} \times 2855 \approx 85,4$$

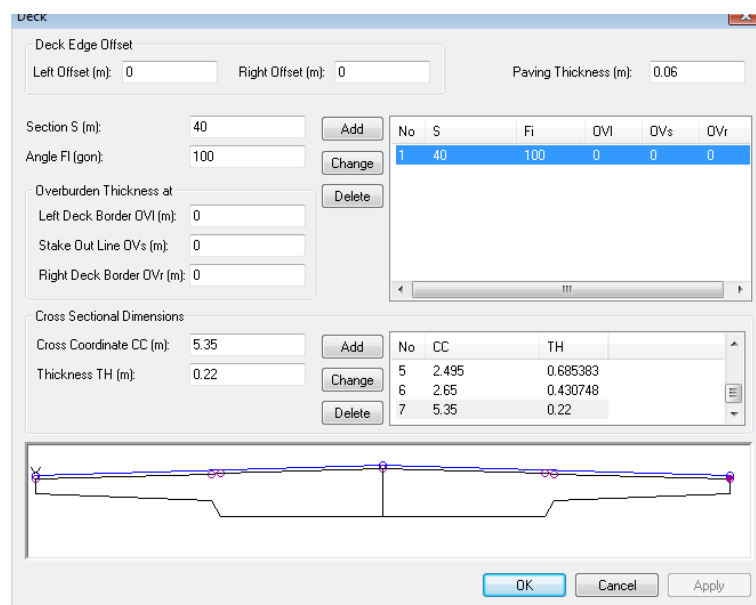
Total referanse distanse for punkt 3 og 5:

$$y_{tot} = 600 + 85,4 \approx 685,4$$

**Tabell 6-9: Koordinater for brubjelketverrsnitt i Brigade**

Pkt.	Tykkelse (TH) [m]	Tversgående koordinat (CC) [m]
1	0,22	-5,35
2	0,4307476636	-2,65
3	0,68538317757	-2,495
4	0,76	0
5	0,68538317757	2,495
6	0,4307476636	2,65
7	0,22	5,35

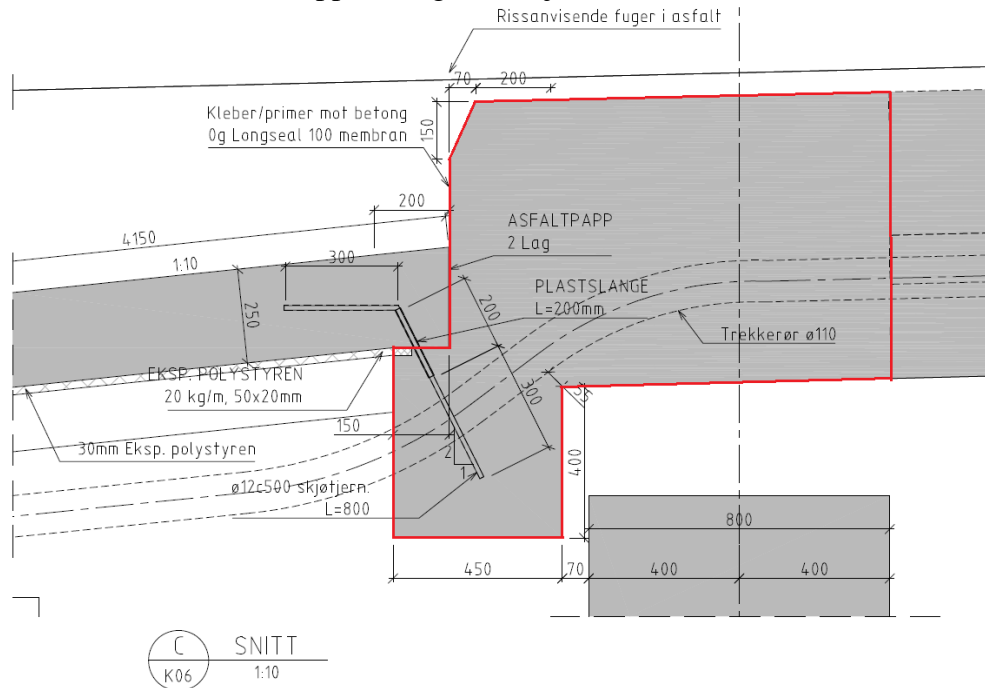
Dekket er plottet inn med informasjonen fra Tabell 6-9 ovenfor.



**Figur 6-5: Programvindu med definering av dekket.**

## Tverrbjelke:

Den opprinnelige tverrbjelken ser slik ut:



**Figur 6-6: Tverrbjelke.**

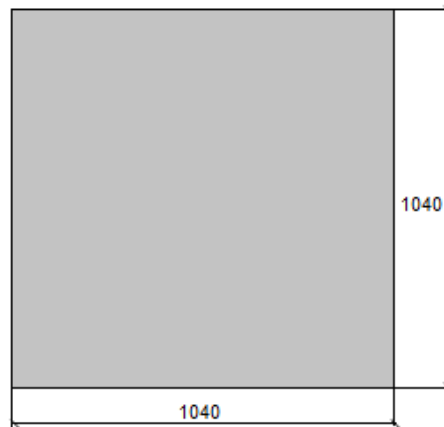
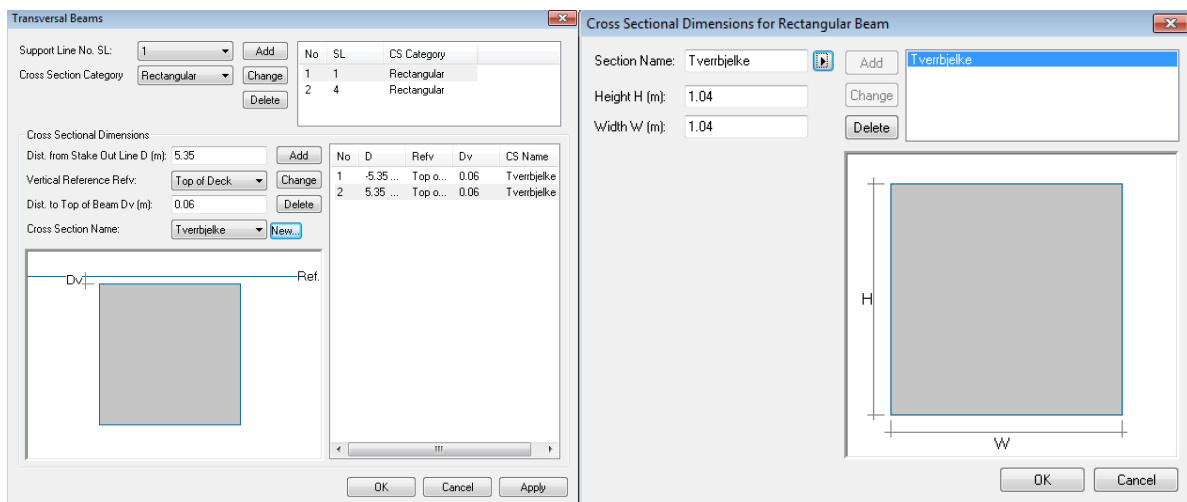
I Brigade Standard 4.2 er det ikke mulighet for å modellere tverrbjelker med geometrien som Figur 6-6 viser. Når man skal modellere, gjør man som nevnt tidligere ofte forenklinger. Tverrbjelken blir modellert til en kvadratisk tverrbjelke. For å finne sidekantene til kvadratet er følgende gjort:

$$\text{Areal: } 1,081\text{m}^2$$

$$A_{ekv} = b \times b$$

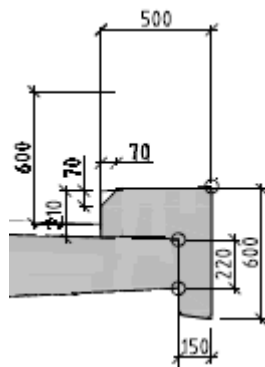
$$b = \sqrt{A_{ekv}}$$

$$b = \sqrt{1,081\text{m}^2} \approx 1,04 \text{ m}$$

**Figur 6-7: Ekvivalent tverrbjelke.****Figur 6-8: Programvinduer med definering av tverrbjelker.**

### Kantbjelker:

Den opprinnelige kantbjelke ser ut som Figur 6-9 nedenfor viser. Kantbjelkene blir også modellert kvadratisk i Brigade.



**Figur 6-9: Kantbjelke.**

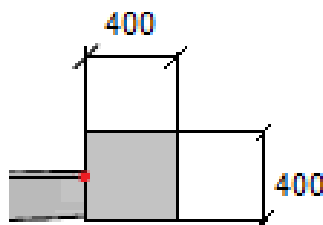
*Areal: 0,163m<sup>2</sup>*

Modellert kantbjelke:

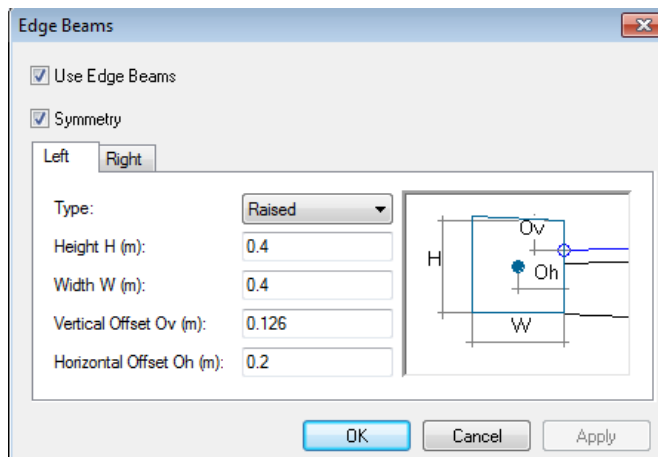
$$A_{ekv} = b \times b$$

$$b = \sqrt{A_{ekv}}$$

$$b = \sqrt{0,163m^2} \approx 0,4 m$$



**Figur 6-10: Ekvivalent kantbjelke.**



**Figur 6-11: Programvindu med definering av kantbjelker.**

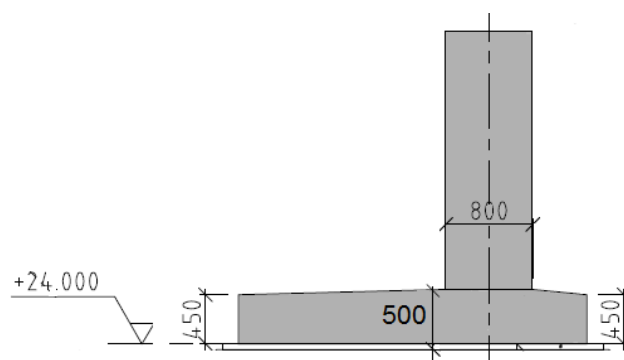
Kantbjelkene blir modellert i Brigade for at egenlasten skal være med, men de skal ikke gi noe stivhet til konstruksjonen. Derfor når man skal definere stivheten i programmet setter man en veldig lav verdi for E-modulen.(11)

### Vinger:

Landkar vingene neglisjeres i modelleringen. Disse har ingen innvirkning på resultatkreftene for brudekket. Se tegninger i appendiks I,s.9.

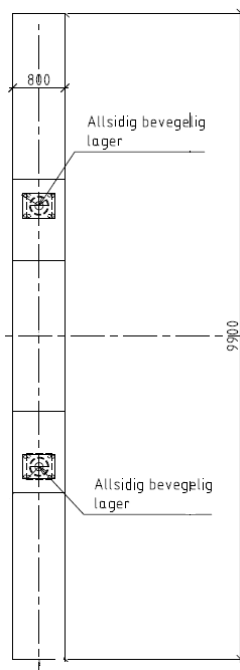
### Landkar - A1:

Dimensjoner for landkaret og kvotehøyden er vist i Figur 6-12.

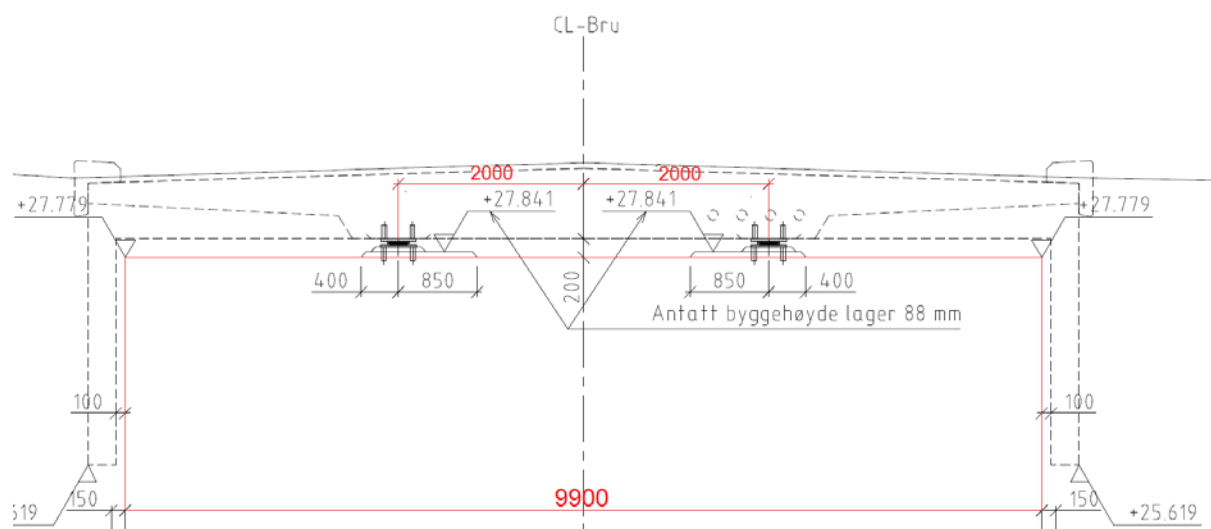


**Figur 6-12: Landkar A1, snitt B.**

Figur 6-13 viser landkaret sett ovenfra. De allsidig bevegelige lagrene er også vist i figuren. Tydeligere beskrivelse av lagrene er vist i Figur 6-14.

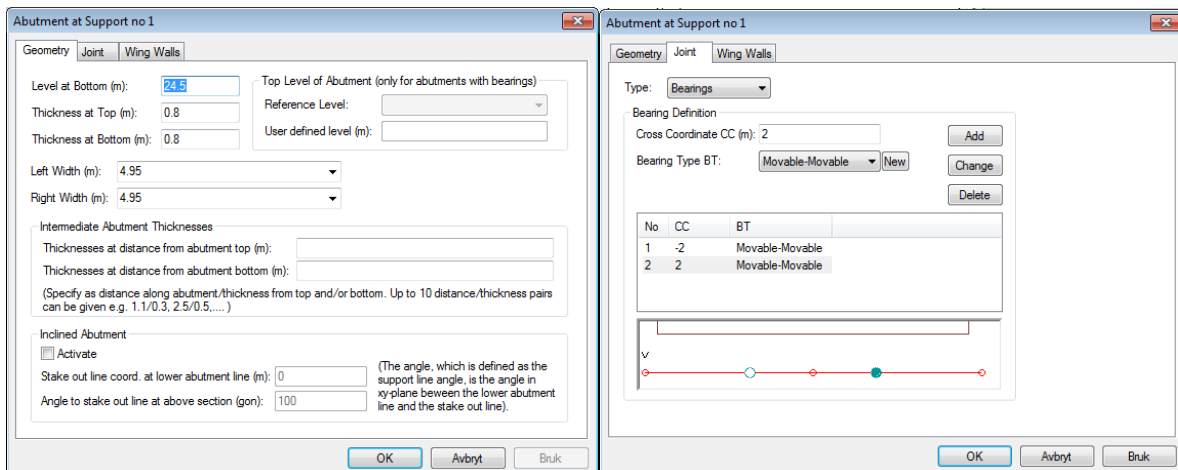


Figur 6-13: Landkar A1, plan A.



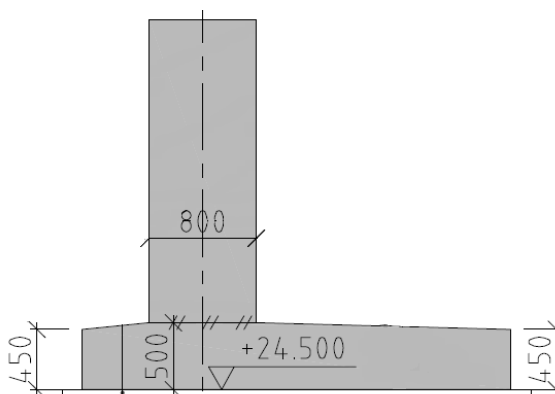
Figur 6-14: Landkar og lager i snitt C.

Figur 6-14 ovenfor viser en avstand på 2m fra senterlinje bru og ut til de allsidige lagrene for A1 og A4 på hver side. Bredden på landkar er også markert rødt som viser 9,9m. Nedenfor i venstre vindu vises dimensjoner og kvotehøyden for landkar. Kvotehøyden i bunn av landkar blir 24,5m siden fundamentet er 0,5m høyt. I høyre vindu under vises opplager betingelser for landkar A1.



**Figur 6-15: Programvinduer med definering av landkar i A1.**

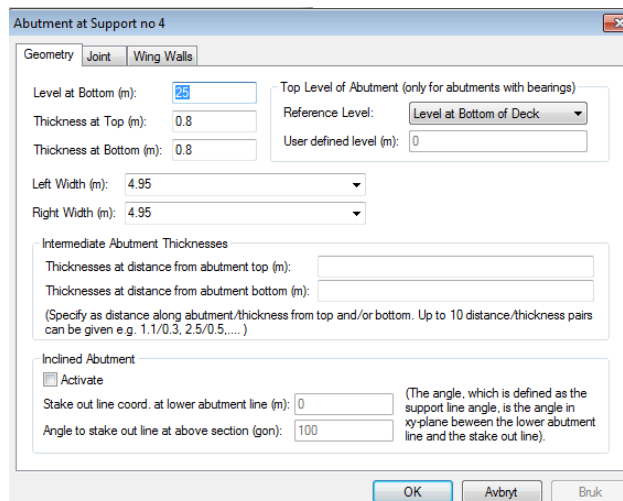
### Landkar – A4:



**Figur 6-16: Landkar A4, snitt B.**

Vinduet nedenfor viser dimensjoner og kvotehøyden for landkar i A4. Det er samme type opplagerbetingelser for landkar i A4 som for landkar i A1.

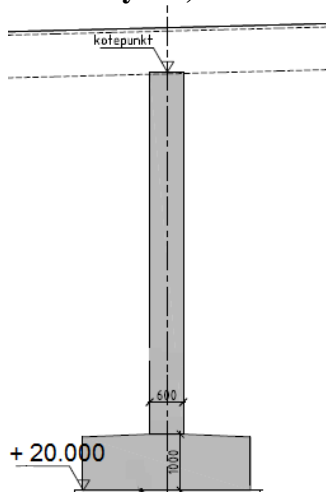




**Figur 6-17: Programvindu med definering av landkar i A4.**

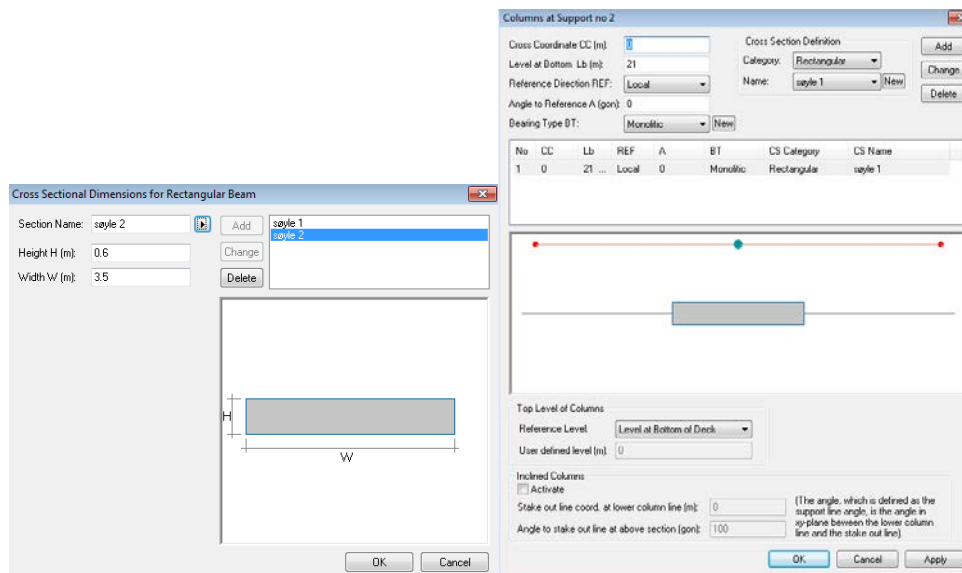
### Søylar:

#### Søyle 1, A2:



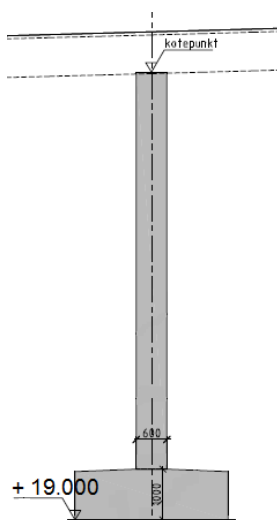
**Figur 6-18: Søyle i A2, Snitt B.**

Vinduet til venstre nedenfor viser dimensjonene til søyle 1 og søyle 2. Vinduet til høyre viser kvotehøyden til søyle 1. Som figuren ovenfor viser så er høyden på fundamentet 1m, slik at kvotehøyden i bunnen av søyla blir 21m.



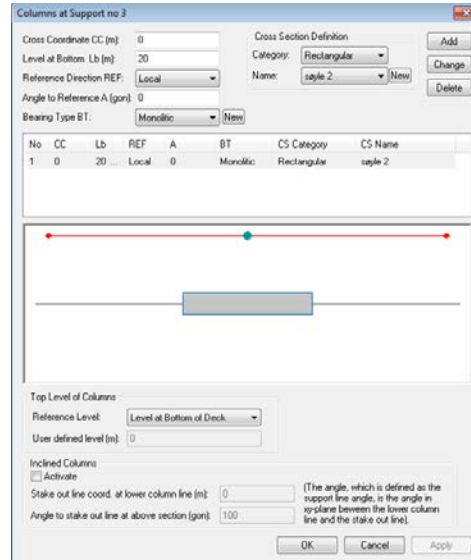
**Figur 6-19: Programvinduer med definering av søyle 1, A2.**

### Søyle 2, A3:



**Figur 6-20: Søyle i A3, Snitt D.**

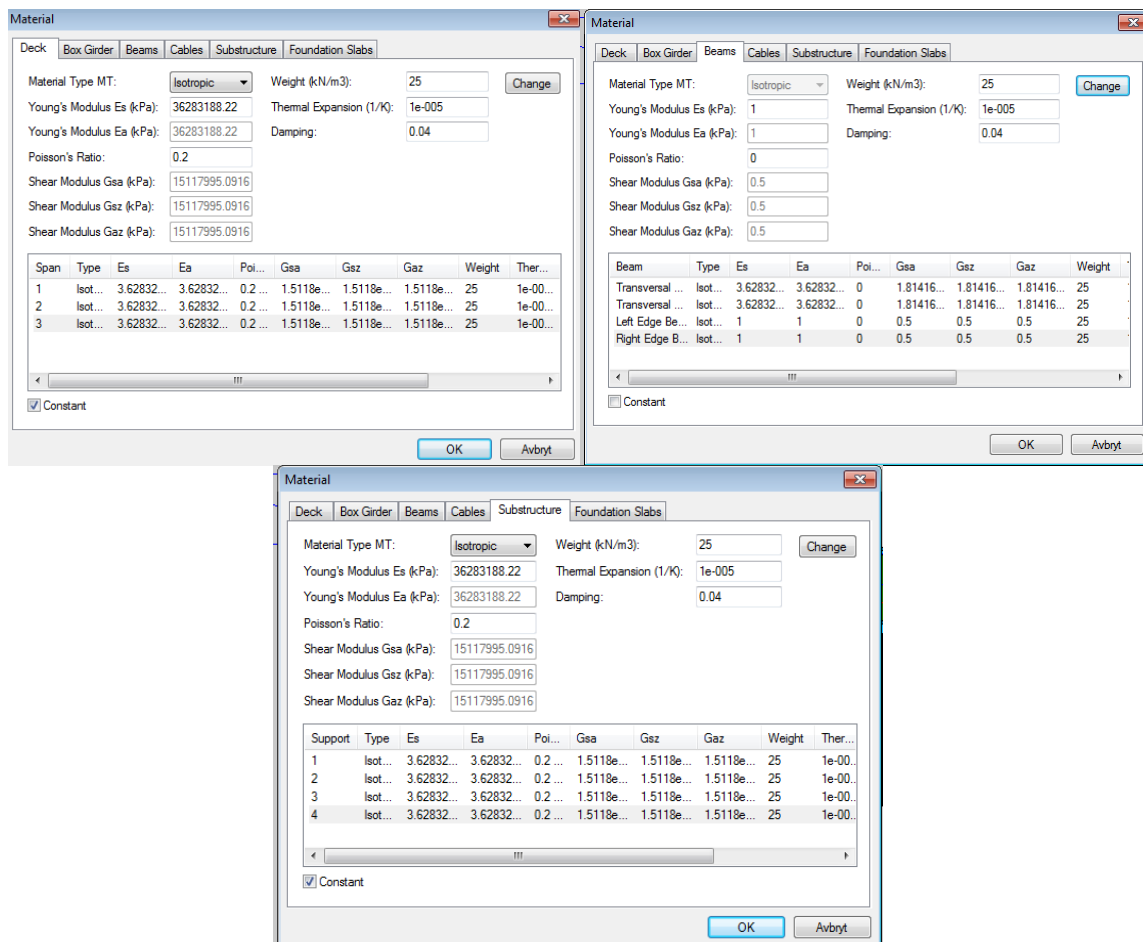
Vinduet under viser kvotehøyden til søyle 2.



Figur 6-21: Programvindu med definering av søyle 2, A3.

## 6.2.2 MATERIAL PARAMETERE:

Materialparametrene for de forskjellige bjelkene i modellen er vist i vinduene nedenfor.



Figur 6-22: Programvinduer med brukte material parametere.

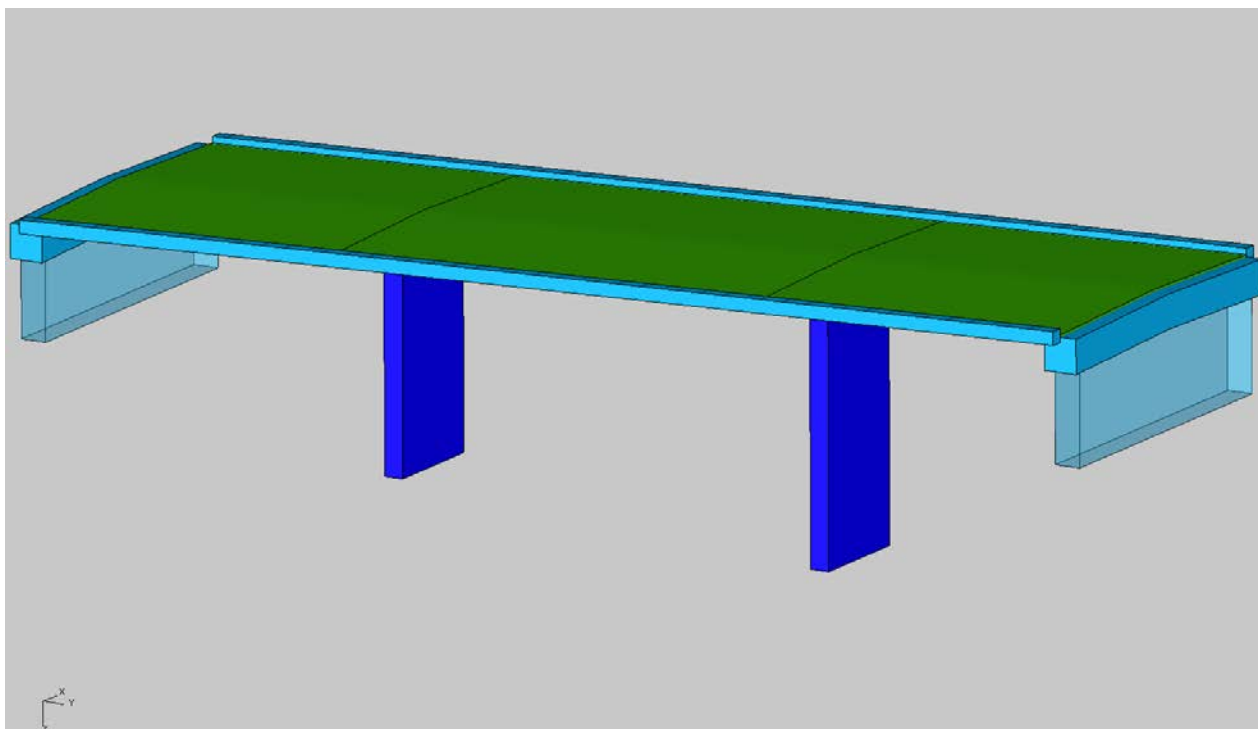
### 6.2.3 TRAFIKKLINJER:

I Tabell 6-10 nedenfor vises antall og plassering for trafikklinjor som er blitt brukt i Brigade. Utgangspunktet for antall og plassering er en mellomverdi av hva som brukes i workshop 3(11) og hva SVV har brukt i tidligere.

**Tabell 6-10:Trafikklinjor plassering**

<i>Trafikklinjor plassering</i>		
Trafikklinjor nr.	Referanselinje	Avstand fra referanselinje [m]
1	Stake-out line	0
2	Stake-out line	1
3	Stake-out line	2
4	Stake-out line	3
5	Stake-out line	4
6	Stake-out line	5
7	Stake-out line	-1
8	Stake-out line	-2
9	Stake-out line	-3
10	Stake-out line	-4
11	Stake-out line	-5
12	Venstre grense linje	1
13	Venstre grense linje	2
14	Venstre grense linje	3
15	Venstre grense linje	4
16	Venstre grense linje	5
17	Høyre grense linje	-1
18	Høyre grense linje	-2
19	Høyre grense linje	-3
20	Høyre grense linje	-4
21	Høyre grense linje	-5

### 6.3 REN PLATEMODELL AV NYGÅRDSBEKKENBRUA.



**Figur 6-23: Den rene platemodellen av Nygårdsbekkenbrua er fremstilt.**

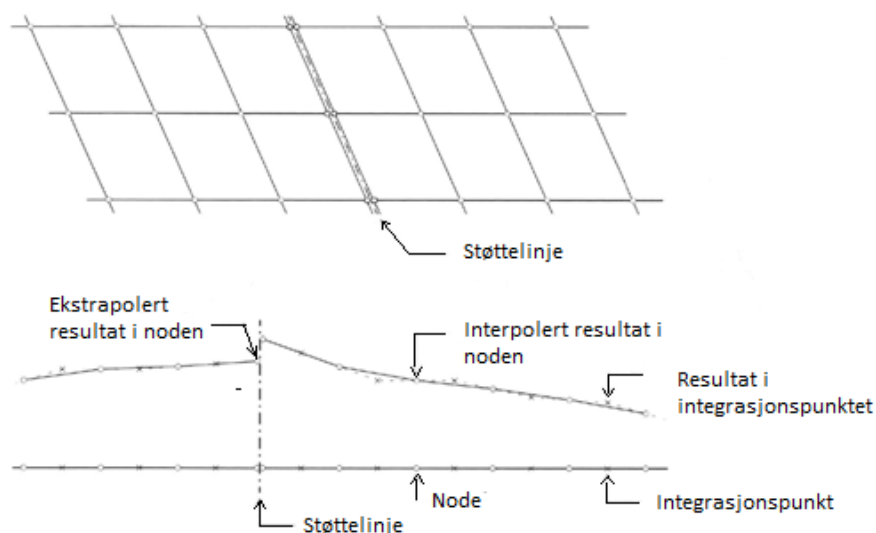
Søyler blir modellert som bjelkeelementer, mens landfester blir modellert som skallelementer. (12)

Som nevnt i begynnelsen av oppgaven ble det tatt utgangspunkt i at det skulle tas ut resultater på tvers av brua, derav ble beregningsfila i appendiks VIII laget i forhold til formlene i kap 4.3.1 med oppintegrering over tverrsnittet.

Med et møte med veilederen i SVV i begynnelsen av mai ble det bestemt at; i og med at det var kun en bru å sammenligne, var det mer interessant å kunne sammenligne bøyemoment, skjærkraft og torsjonsmoment over hele spennet.

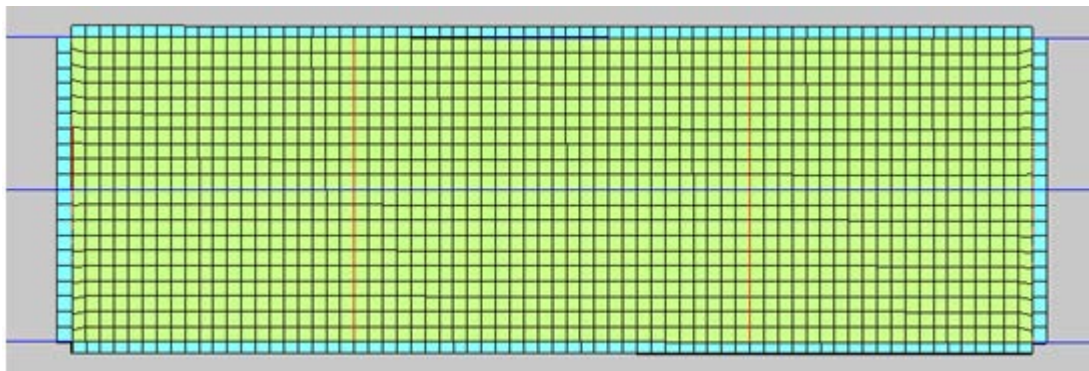
Det ble laget nye beregningsfiler for å oppintegre resultater for langsgående nodelinjer av brua. De samme formlene ble brukt, da det fortsatt skulle bli tatt ut resultater over tverrsnittet. Det ble justeringer i forhold til at hver av nodelinjene har forskjellig arm og tyngdepunkt, altså ble det større filer. Se appendiks XII for oversikten over hvordan det ble gjort for bøyemoment.

Noe som er greit å være klar over når man skal hente ut resultater langsgående brua og oppintegre resultater, er at nodelinjene krysser to støttelinjer som er forklart i Tabell 6-8, en ved A2 og en ved A3 for denne brua. Ved de to støttelinjer er det to sett med noder slik Figur 6-24 viser. Grunnen er at programmet skal håndtere diskontinuitet i resultatene. Resultatene i disse nodene er ekstrapolerte verdier fra integrasjonspunktet på hver side av støttelinjene.



**Figur 6-24: En oversikt over hva som skjer i forhold til kalkulering ved støttelinjene. (12)**

Det er brukt 20 elementer i tversgående retning, og 68 elementer i langsgående retning. Men siden det er støttelinjer som nevnt ovenfor blir området på hver side av supportline tatt med en gang til, og dermed blir det som om det skulle vært 70 elementer totalt, altså 71 noder. Størrelsen per element er på  $0,535\text{m} \times 0,5\text{m}$ .



**Figur 6-25: Brudekket med elementer sett ovenfra**

Resultater fra denne modellen er fremstilt sammen med resultater fra NovaFrame i kap.7

## 6.4 FREMGANGSMÅTE FOR MODELLERING AV SAMVIRKE AV BJELKE OG ORTOTROPPLATE MODELL

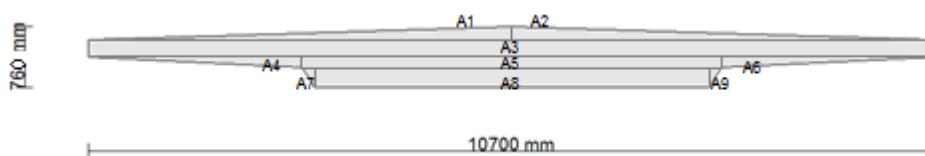
Ved å modellere overbygningen til Nygårdsbekkenbrua som en sammensatt bjelke og ortotrop platemodell, vil man finne globale krefter som i bjelkemodellen i NovaFrame. Det er ønskelig å finne en måte å modellere dette på slik at man får tilnærmet like resultater.

Fordelen med å modellere på denne måten er at man får direkte tilgang til seksjonskreftene i langsgående retning, globale krefter. Man får altså hente ut resultater for krefter i brudekket via en nodelinje.

Velger å modellere brudekket som en t - formet bjelke med et ortotrop overlappende dekke. Les mer om denne informasjonen i modelleringskapitlet. Stivheten  $E_s$  i lengderetning skal være veldig liten, men over null på grunn av armering som egentlig skal være med, mens stivheten  $E_q$  i tverretning skal være tilnærmet lik betongstivheten. Med slike stivhetsparametere får dekket liten kapasitet til å bære last i langsgående retning. Resultatene skal kunne leses ut fra resultatlinja i bjelken.

Det er mange måter å gjøre dette på i følge veilederen min. Om måten det er blitt valgt å gjøre det på er den beste løsningen er uvisst. Måten som er valgt å gjøre det på er at middelveidier for trekanten i dekket er beregnet slik at brudekket blir t – formet i underkant. Se Figur 6-29

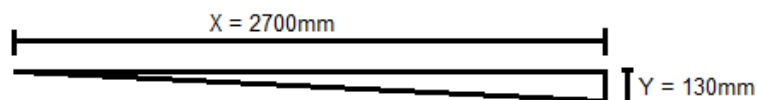
Se Figur 6-2 for mål til de forskjellige arealene.



**Figur 6-26: Brubjelketverrsnittet er delt opp i arealer for beregninger**

Finner midlere verdier av høyden på areal 4 og areal 6:



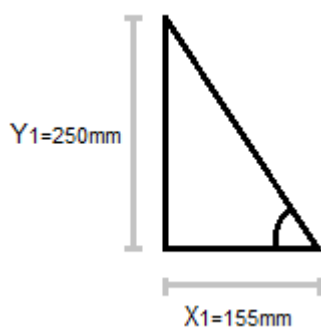


**Figur 6-27: Beregning av middelvei i areal 4, og areal 6 ref. Figur 6-26.**

$$\text{Middelvei} = \frac{130\text{mm} + 0\text{mm}}{2} = 65\text{mm}$$

$$\text{Ny tykkelse} = 65\text{mm} + 220\text{mm} = 285\text{mm}$$

Finner midlere bredde av areal 7 og areal 9:



**Figur 6-28: Beregning av middelvei i areal 7 og areal 8.**

$$A_{tot} = \frac{250\text{mm} \times 155\text{mm}}{2} = 19375\text{mm}^2$$

$$\tan^{-1}\left(\frac{250}{155}\right) = 58,2^\circ$$

$$\tan(58,2^\circ) = \frac{y_2}{x_2}$$

Finner  $x_2$  og  $y_2$  når arealet er halvparten.



$$\frac{A_{tot}}{2} = 9687,5mm^2$$

$$x_2 = \frac{y_2}{\tan(58,2^\circ)} \rightarrow \frac{x_2 \times y_2}{2} = 9687,5mm^2$$

$$\rightarrow y_2 = \sqrt{9687,5mm^2 \times 2 \times \tan(58,2^\circ)} = 176,8mm$$

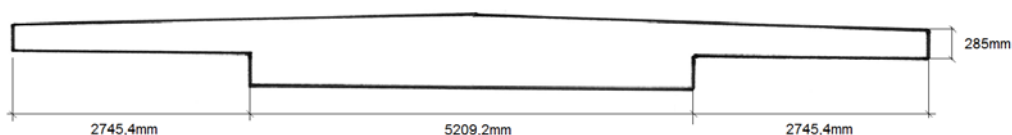
$$y_2 = \tan(58,2^\circ) \times x_2 \rightarrow x_2 = \sqrt{\frac{9687,5mm^2 \times 2}{\tan(58,2^\circ)}} = 109,6mm$$

Det er egentlig bare nødvendig å beregne  $X_2$  for å komme frem til det nye tverrsnittet.

$$\text{Bredde på flens} = 2700mm + (155mm - 109,6mm) = 2745,4mm$$

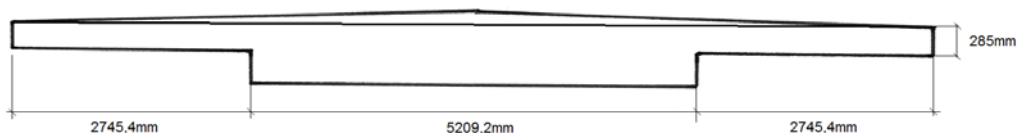
$$\text{Bredden på steg} = 109,6mm \times 2 + 4990mm = 5209,2mm$$

Tverrsnittet blir seende slik ut:



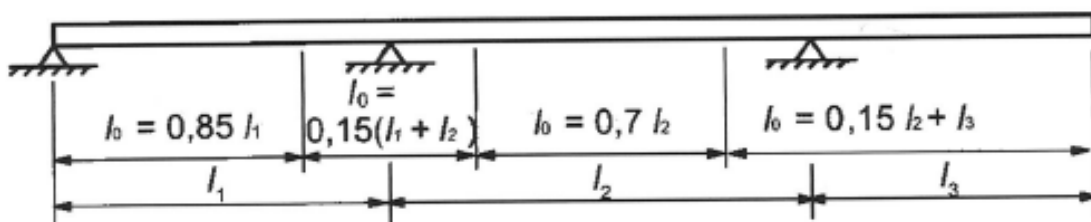
**Figur 6-29: Nytt tverrsnitt for samvirkemodellen.**

Ut fra det t-formede brudekket er det valgt å beregne effektiv flensbredde for å finne et areal som kan modelleres som bjelken i modellen. Fremgangsmåten vises under:



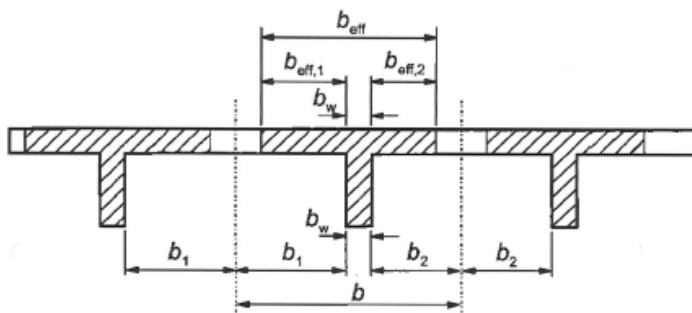
**Figur 6-30: Inndelingsgrunnlag for hvor stor del av dette t-tverrsnitt som skal modelleres som en bjelke i det samvirkende tverrsnittet.**

For å fastslå en flensbredde for bjelketverrsnittet ble det tatt utgangspunkt i å finne effektiv flensbredde. (3)



**Figur 6-31: Modell for beregning av avstanden mellom momentnullpunktene (3)**

For en t-bjelke kan den effektive flensbredden  $b_{eff}$  bli bestemt som:



**Figur 6-32: Beregning av effektiv flensbredde (3)**

$$b_{eff} = \sum b_{eff,i} + b_w \leq b$$

der

$$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_o \leq 0,2l_o$$

og

$$b_{eff,i} \leq b_i$$

Ut fra Figur 6-31 ovenfor blir beregningene mine:



$$l_o = 0,85 \times l_1 = 0,85 \times 10m = 8,5m$$

$$l_o = 0,15(l_1 + l_2) = 0,15(10m + 14m) = 3,6m$$

$$l_o = 0,7 \times l_2 = 0,7 \times 14m = 9,8m$$

Det står ikke tydelig definert i Eurokode (3) hvilken av disse avstandene  $l_o$  man skal bruke. Og siden det i Norsk Standard 3473 var definert at man skulle bruke den minste av tre verdier, tas dette derfor som utgangspunkt.

Siden brudekket for Nygårdsbekkenbrua er likt innspent i A1 og i A4 blir det de samme beregninger for  $l_o$  på motsatt side. Men siden opplagrene ved A1 og A4 ikke er de samme som i Figur 6-31, ble momentnullpunktene fra egenlast lest av grafen i NovaFrame, Figur 5-14 for å sjekke. Momentnullpunktene var følgende;

$$l_o \approx 7,2m$$

$$l_o \approx 5,5m$$

$$l_o \approx 8,6m$$

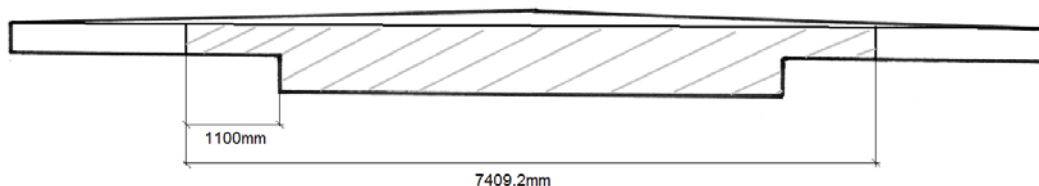
Disse resultatene lest av grafen var annerledes enn hva teorien etter Eurokoden (3). Det er blitt antatt å bruke den minste  $l_o$  av avleste verdier i NovaFrame da den minste  $l_o$  ut fra beregningene etter standarden ikke fulgte kravet.

$$b_{eff.1\ og\ 2} = 0,2 \times 2,7454m + 0,1 \times 5,5m \approx 1,1m$$

$$b_{eff.1\ og\ 2} \leq b_{1\ og\ 2}$$

$$1,1m \leq 2,7454m \rightarrow ok$$

$$b_{eff} = 2,2m + 5,2092m = 7,4092m$$



**Figur 6-33: T-bjelken som skal bli modellert**

På grunn av den valgte måten å modellere bjelken og dekket på, vil det bli en viss overlapping av arealkomponenter i konstruksjonen, og egenlasten må bli justert. For å kompensere for dette blir bjelkedensiteten for langsgående bjelke redusert.(11)

$$\rho_{bjelke} = \frac{\text{tverrsnittsareal av bjelken} - \text{overlappende areal}}{\text{tverrsnittsareal av bjelken}} \times \rho_{betong}$$

$$A_{\text{tverrsnitt ortotropt dekke}} = \text{Areal}_1 + \text{Areal}_2 + (10,7\text{m} \times 0,285\text{m}) = 3,91\text{m}^2$$

$$A_{\text{tverrsnitt bjelke}} = 5,2092\text{m} \times 0,6\text{m} + 1,1\text{m} \times 0,285\text{m} = 3,44\text{m}^2$$

$$A_{\text{overlappende}} = 7,4092\text{m} \times 0,285\text{m} = 2,11\text{m}^2$$

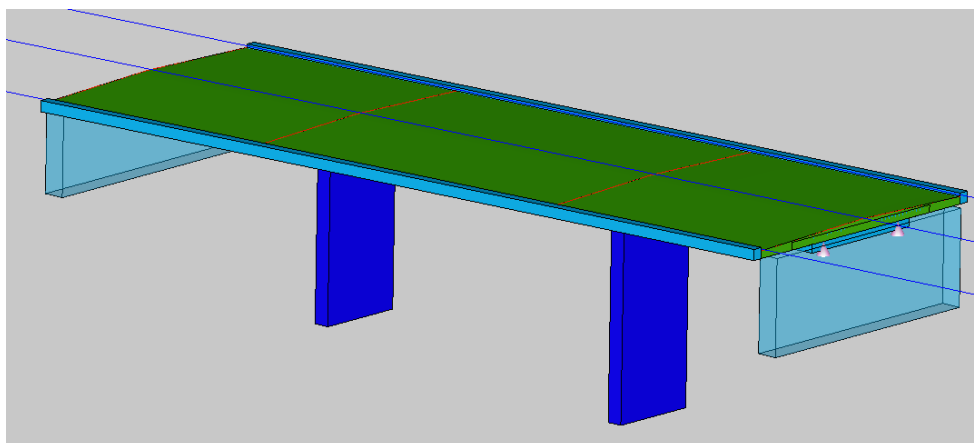
$$\rho_{bjelke} = \frac{3,44\text{m}^2 - 2,11\text{m}^2}{3,44\text{m}^2} \times 25 \text{ kN/m}^3 = 9,66 \text{ kN/m}^3$$

Stivhetsparametrene er antatt ut fra beskrivelsen om at stivheten i lengderetning skal være veldig lav, men ikke null og at stivheten i tversgående retning skal ha kapasitet til å oppta kreftene for laster. I tillegg viser ”workshop 3” i Brigade et tilsvarende eksempel med  $E_s$  32 kPa og  $E_a$  32000000 kPa, i samme eksempelet som i Figur 3-13 (11).

$$E_s \text{ 36,283188 kPa og } E_a \text{ 36283188 kPa}$$

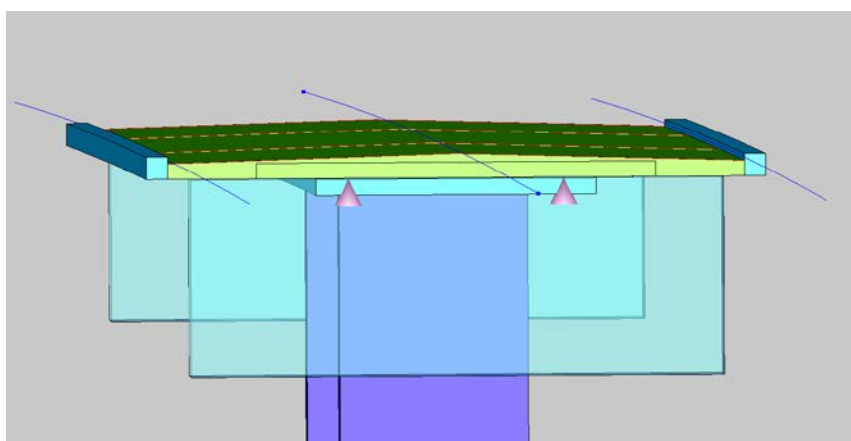
De andre konstruksjonsdelene til brua blir modellert likt som i skallmodellen, se kap.6.2 Det er valgt å se bort fra tverrbjelken. Som sagt består brutverrsnittet av en t - formet bjelke og et ortotropt dekke.

## 6.5 SAMVIRKENDE BJELKE OG ORTOTROPISKE PLATEMODELL



**Figur 6-34: Samvirkende bjelke og ortotrop platemodell.**

Hovedforskjellen på figuren ovenfor og i kap.6.3 er modelleringen på brutverrsnittet. I denne modellen er tverrbjeltene fjernet. Tverrbjeltene er fjernet da dette gav bedre resultater.



**Figur 6-35: Samvirkende bjelke og ortotrop platemodell, hvor tverrsnittet blir bedre fremstilt.**

## 7. RESULTATER

Resultater fra bjelkemodellen i NovaFrame og den rene platemodellen i Brigade er satt inn i samme grafer i kap.7.1. Bjelkemodellen i NovaFrame og den samvirkende bjelke-, og platemodellen er satt inn i samme grafer i kap.7.2. NovaFrame er brukt som utgangspunkt for prosent avviket, siden resultater er testet med G-prog. Egenlast og vertikal trafikklast er lastene som blir sammenlignet.

### 7.1 BJELKEMODELL OG REN PLATEMODELL

Som utgangspunkt for sammenligning, er formlene for oppintegrering av kreftene i kap.4.3.1 og 4.3.2 brukt.

#### 7.1.1 RESULTATER FOR TVERSGÅENDE NODELINJER - BØYEMOMENT FOR EGENLAST

For sammenligning ble beregningsfil for tversgående nodelinjer i appendiks VIII brukt til å sjekke resultater i støtter og felt. Siden denne fila ble laget, er resultater for bøyemoment egenlast tatt med for å vise metoden. Tabell 7-1 viser hvor langs bruspennet resultatene er hentet ut i de to programmene.

**Tabell 7-1: Oversikt over avlesing av resultater tversgående i Brigade og NovaFrame.**

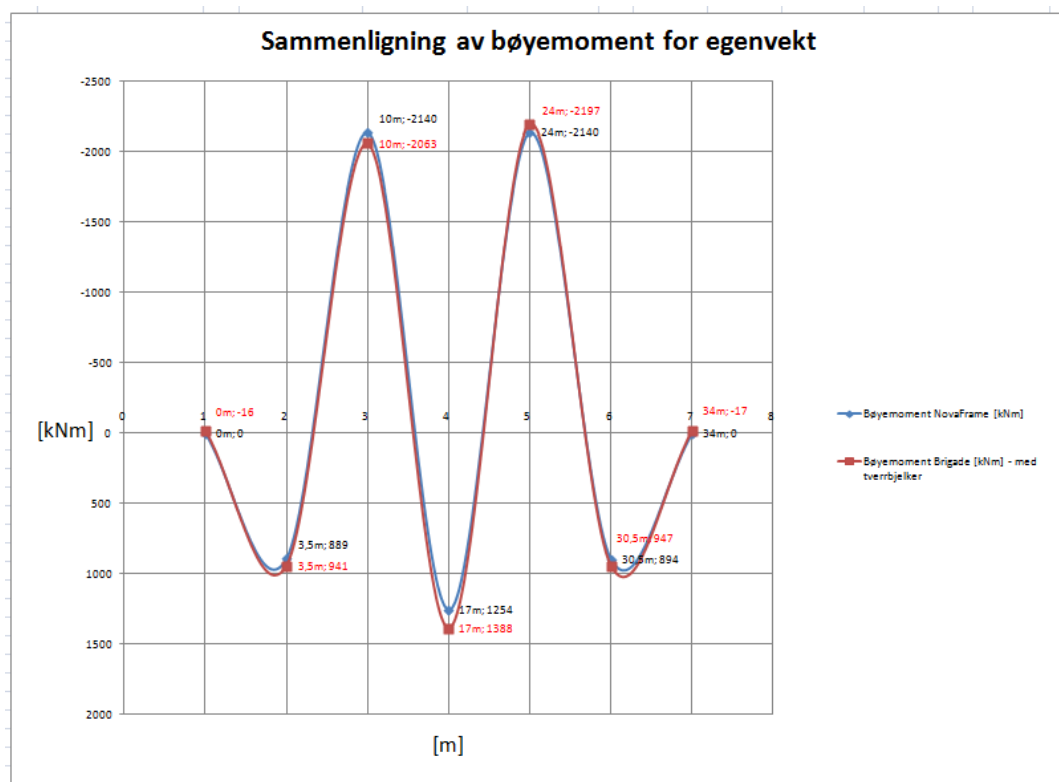
	Plassering på spennet hvor kreftene blir lest av tversgående.	Nr. på nodelinje fra A1 i Brigade og bortover spennet.	Nr. og plassering på element i NovaFrame
Støtte A1	0m	1	201- 0
Felt mellom A1 og A2.	3,5m	8	204 – 0,5
Støtte A2	10m	21	211 – 0
Felt mellom A2 og A3	17m	35	216 – 0
Støtte A3	24m	49	220 – 1
Felt mellom A3 og A4	30,5m	61	227 – 0,5
Støtte A4	34m	69	230 - 1

Resultatene i Tabell 7-3 er sjekket oppimot G-prog (22) som også er et bjelkeelement program.

**Tabell 7-2: Resultater for bøyemoment egenlast fra NovaFrame og Brigade med tverrbjelke.**

	pkt	Egenvekt		
		Bøyemoment NovaFrame [kNm]	Bøyemoment Brigade [kNm]	Bøyemoment G-prog [kNm]
Støtte A1	0m	0	-16	0
Felt mellom A1 og A2	3,5m	889	941	879
Støtte A2	10m	-2140	-2063	-2138
Felt mellom A2 og A3	17m	1254	1388	1253
Støtte A3	24m	-2140	-2197	-2138
Felt mellom A3 og A4	30,5m	894	947	879
Støtte A4	34m	0	-17	0

Grafen i Figur 7-1 under viser resultatene for hver utvalgte plassering bortover spennet.


**Figur 7-1: Grafen viser resultater fra NovaFrame og Brigade ut fra Tabell 7-2.**

Resultatene som er tatt ut og brukt i denne grafen ligger vedlagt i appendiks IX.

Resultatene fra de forskjellige programmene i felt og ved støtter har noe avvik som man ser i grafen over. De røde tallene er resultater fra Brigade, mens de sorte tallene er resultater fra NovaFrame. Det er positive moment i felt, og negative moment ved støtte A2 og støtte A3 i begge programmene.

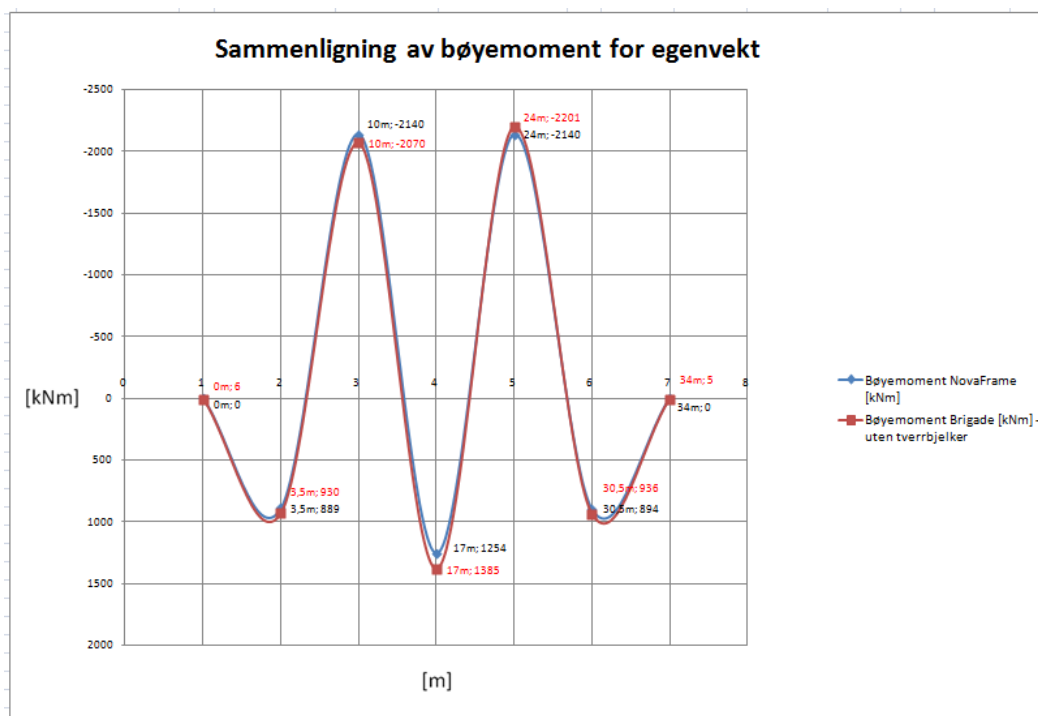
Maks bøyemoment for NovaFrame er 1254 kNm og 1388 kNm for Brigade. Dette gir et avvik på 10,6 %. I feltet mellom A3 og A4 er avviket på 4,7 %. Ved støtte A1 og A4 gir



beregningsfila ut små moment hvor det i teorien skulle vært null. Resultater er derfor testet uten tverrbjerkene i A1 og A4. Resultatene fra denne modellen vises i Tabell 7-3 nedenfor. Over støtte A2 er det noe som ikke ser helt ut til å stemme. Resultatene skulle blitt noenlunde like som over støtte A2 og A3.

**Tabell 7-3: Resultater for bøyemoment egenlast fra NovaFrame, Brigade og G-prog uten tverrbjelke.**

Egenvekt				
	pkt	Bøyemoment NovaFrame [kNm]	Bøyemoment Brigade [kNm]	Bøyemoment G-prog [kNm]
Støtte A1	0m	0	6	0
Felt mellom A1 og A2	3,5m	889	930	879
Støtte A2	10m	-2140	-2070	-2138
Felt mellom A2 og A3	17m	1254	1385	1253
Støtte A3	24m	-2140	-2201	-2138
Felt mellom A3 og A4	30,5m	894	936	879
Støtte A4	34m	0	5	0



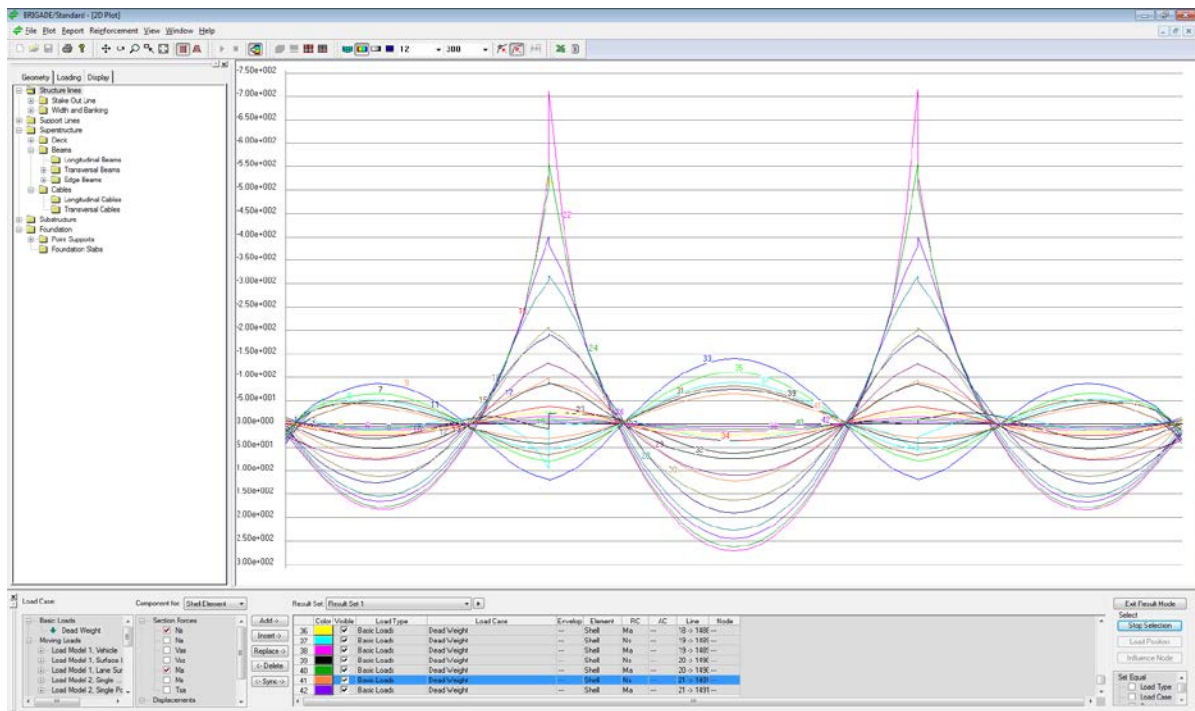
**Figur 7-2: Graf med resultater fra NovaFrame og Brigade fra Tabell 7-3.**

I denne modellen blir resultatene over støttene A2 og A3 heller ikke helt i samsvar med hverandre. Oppintegrering av alle elementene i Brigade gir høyere resultater jevnt over, noe som var forventet.

## 7.1.2 RESULTATER FOR LANGSGÅENDE NODELINJER – BØYEMOMENT FOR EGENLAST

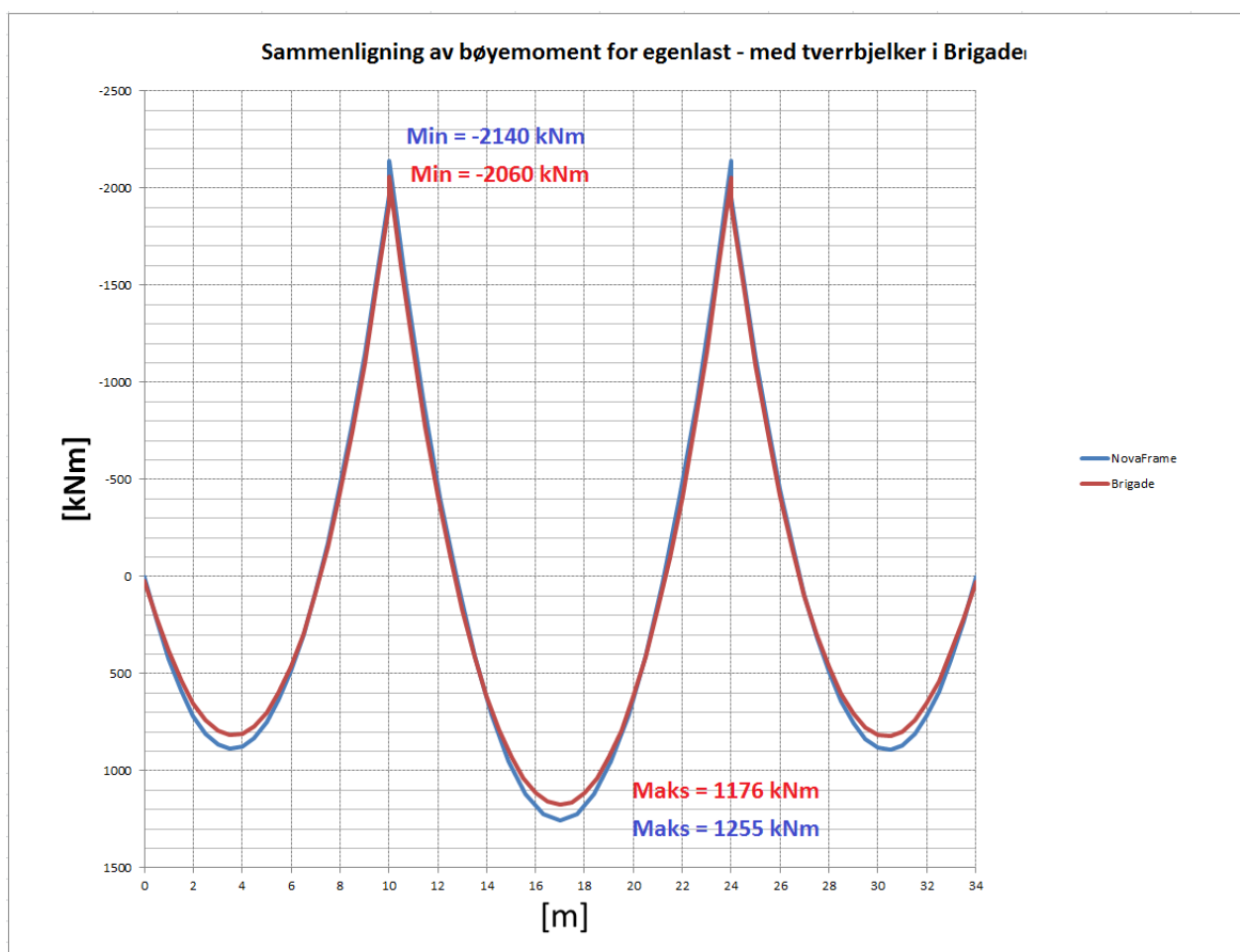
For egenlasten er det valgt å se på Skjærkraft i vertikalretning, og bøyemoment. For trafikklasten, er det blitt sett på skjærkraft, bøyemoment og torsjon. Som nevnt i kap.5 og i kap.6 har modellene forskjellige antall elementer i de to programmene.

I Figur 7-3 under ser man momentdiagrammene for 21 nodelinjer i langsgående retning av brua for egenlast. I den nye beregningsfila blir det oppintegrert og summert for aksialkraften  $N_s$  og momentkraften  $M_a$  for alle 68 elementene langsgående brua for bøyemoment. For å se beregningsfila, se appendiks XII.



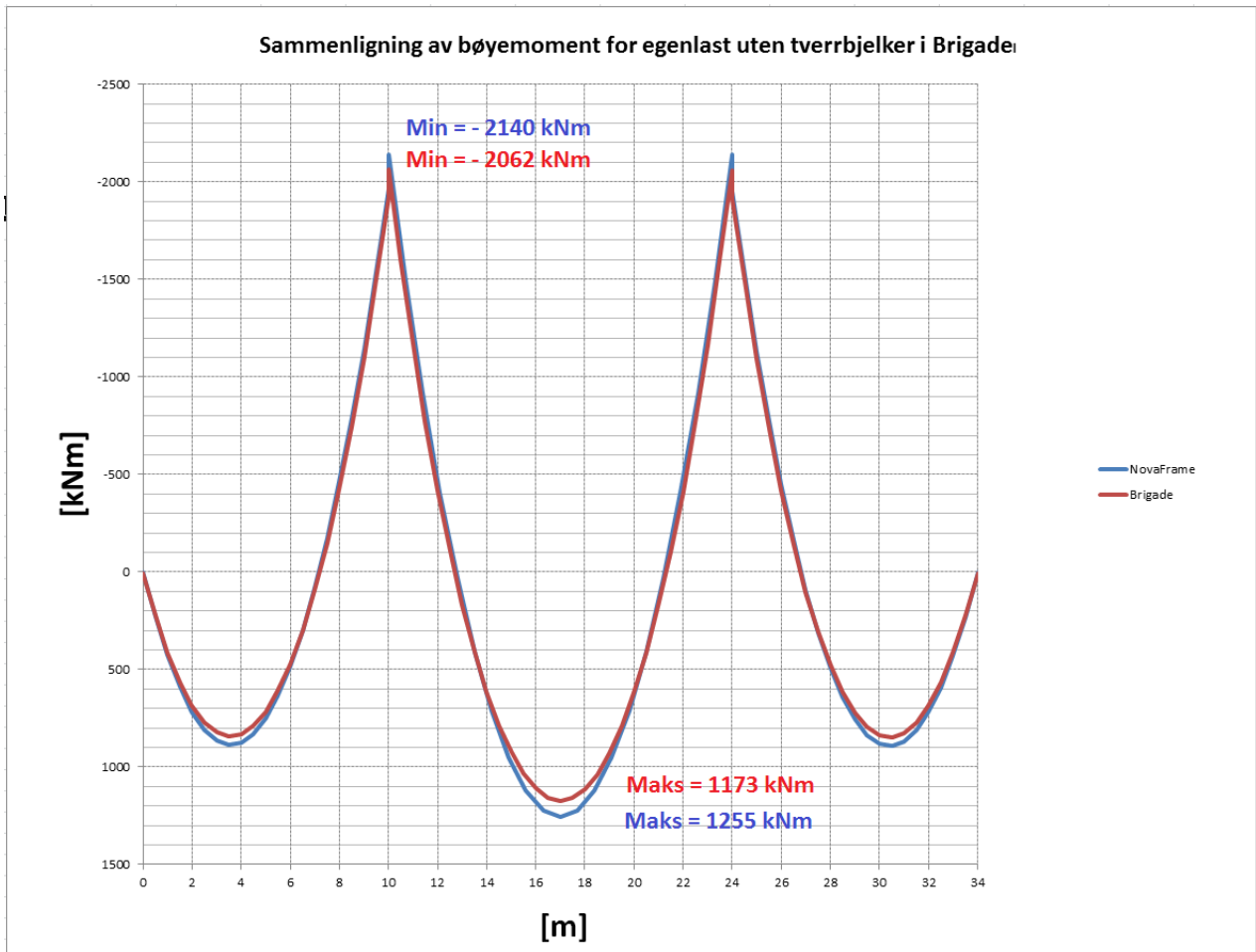
Figur 7-3: Bøyemomentresultater for egenlast fra 21 nodelinjer i samme grafen i Brigade.

Den blå grafen under i Figur 7-4 er sammensettingen av alle resultatene fra nodelinjene i Figur 7-3. Resultatene er med tverrbjelker.



**Figur 7-4: Sammenligning av bøyemoment for egenlast med tverrbjelke i Brigade**

Brigade gir et maks bøyemoment på 1176 kNm, mens NovaFrame 1255 kNm. Forskjellen ligger på 6,3 %. Min bøyemoment er på -2060 kNm for Brigade og -2140 kNm for NovaFrame, altså 3,7 % i avvik. NovaFrame har høyere resultater enn Brigade samtlige steder; over støtter og i felt. Ved endestøtte A1 blir resultatet 25 kNm, mens det i NovaFrame blir 0 kNm.

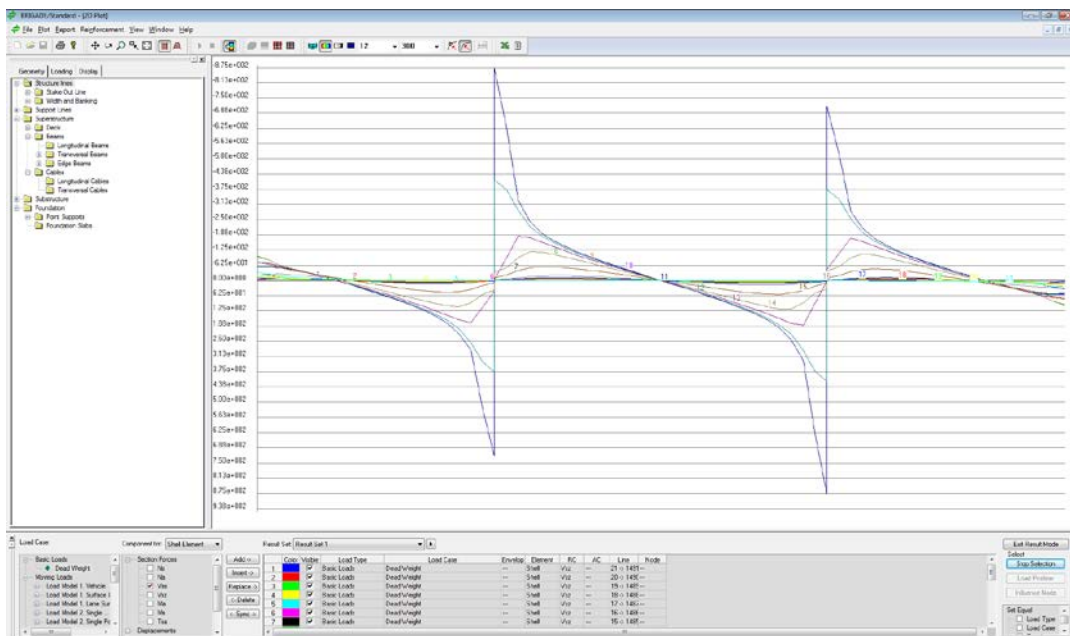


**Figur 7-5: Sammenligning av bøyemoment for egenlast uten tverrbjelke i Brigade**

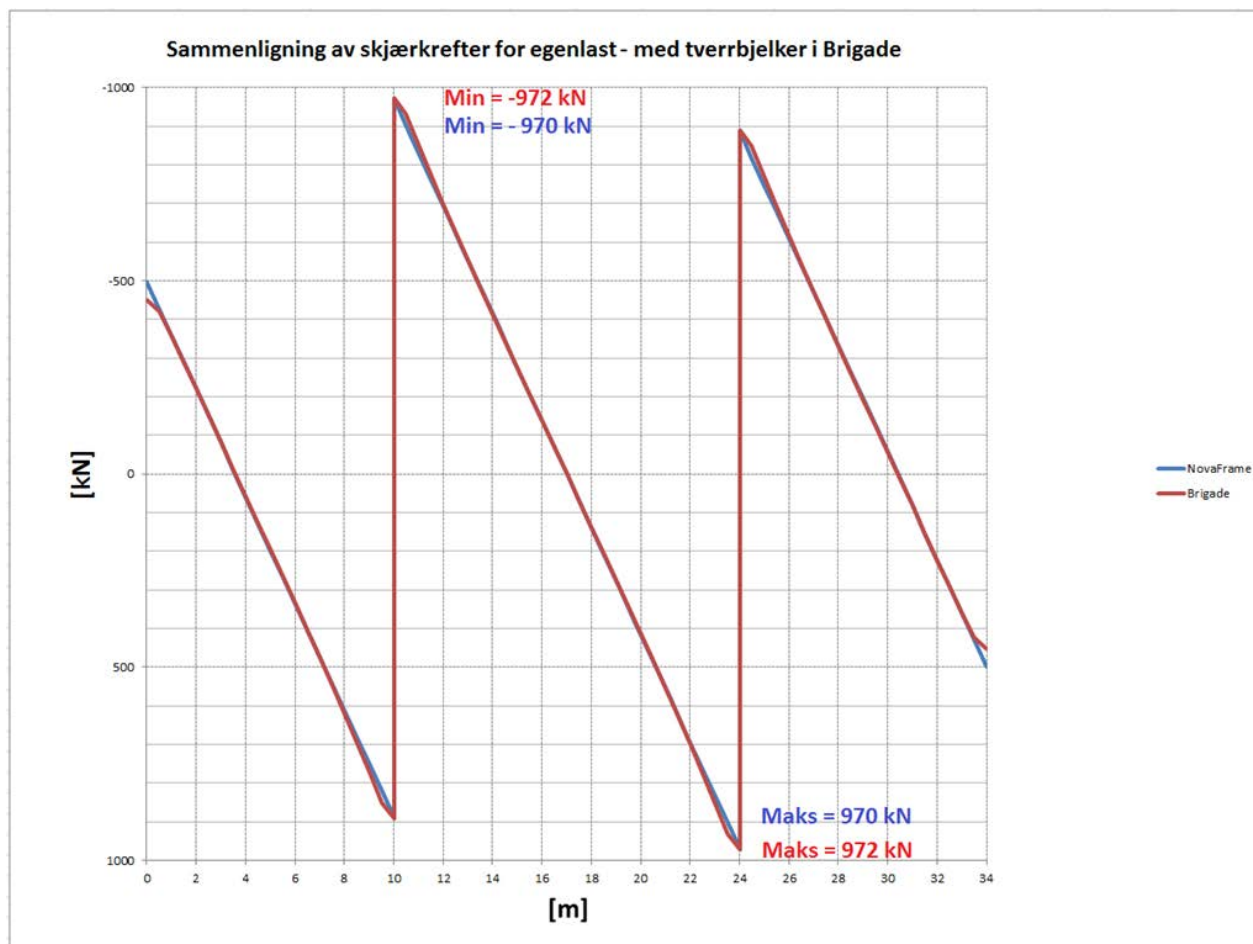
For å se hvilken effekt tverrbjelken gir på bøyemomentet, er det blitt tatt ut resultater uten disse også. Ved endestøtte A1 blir resultatet 7,2 kNm, mens for maks og min blir det ikke store forskjellen med eller uten tverrbjelker.

### 7.1.3 RESULTATER FOR LANGSGÅENDE NODELINJER – SKJÆRKRAFT FOR EGENLAST

I figuren under ser man skjærkraftdiagrammene for de 21 resultatlinjene for egenlast. Figuren viser resultatene uten tverrbjelken. Grafene med tverrbjelken er så å si lik grafene uten tverrbjelkene. Den er bare tatt med for å vise hvordan det ser ut i Brigade. Ut fra forhåndsstudiet, for å få det oppintegreerte skjærkraftdiagrammet multipliseres skjærkrafta  $V_{SZ}$  med elementbredden og kreftene summeres. Se kap.4.3.2

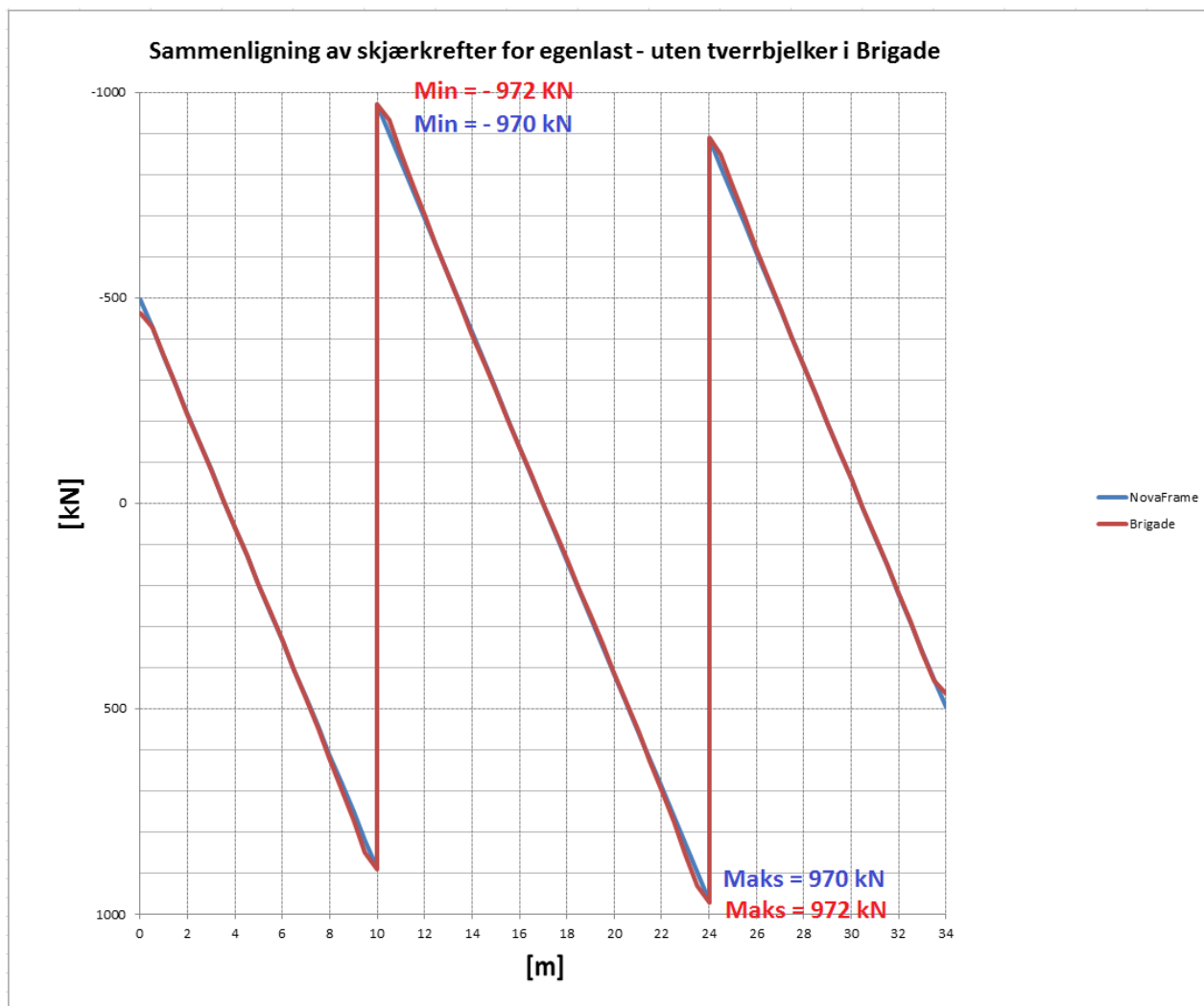


Figur 7-6: Skjærkraft resultater for egenlast, fra 21 nodelinjer i samme grafen i Brigade.



**Figur 7-7: Sammenligning av skjærkrefter for egenlast med tverrbjelker i Brigade**

I henhold til grafen ovenfor har Brigade høyest verdi for maks og min skjærkraft. Avviket for både maks og min skjærkraft er 0,2 %. Rett foran og etter støtter er det noe som skjer med resultatene fra Brigade. Ved støtte A1 er resultatet -450 kN, mens i NovaFrame er det -496 kN som er et avvik på 9,3 %.

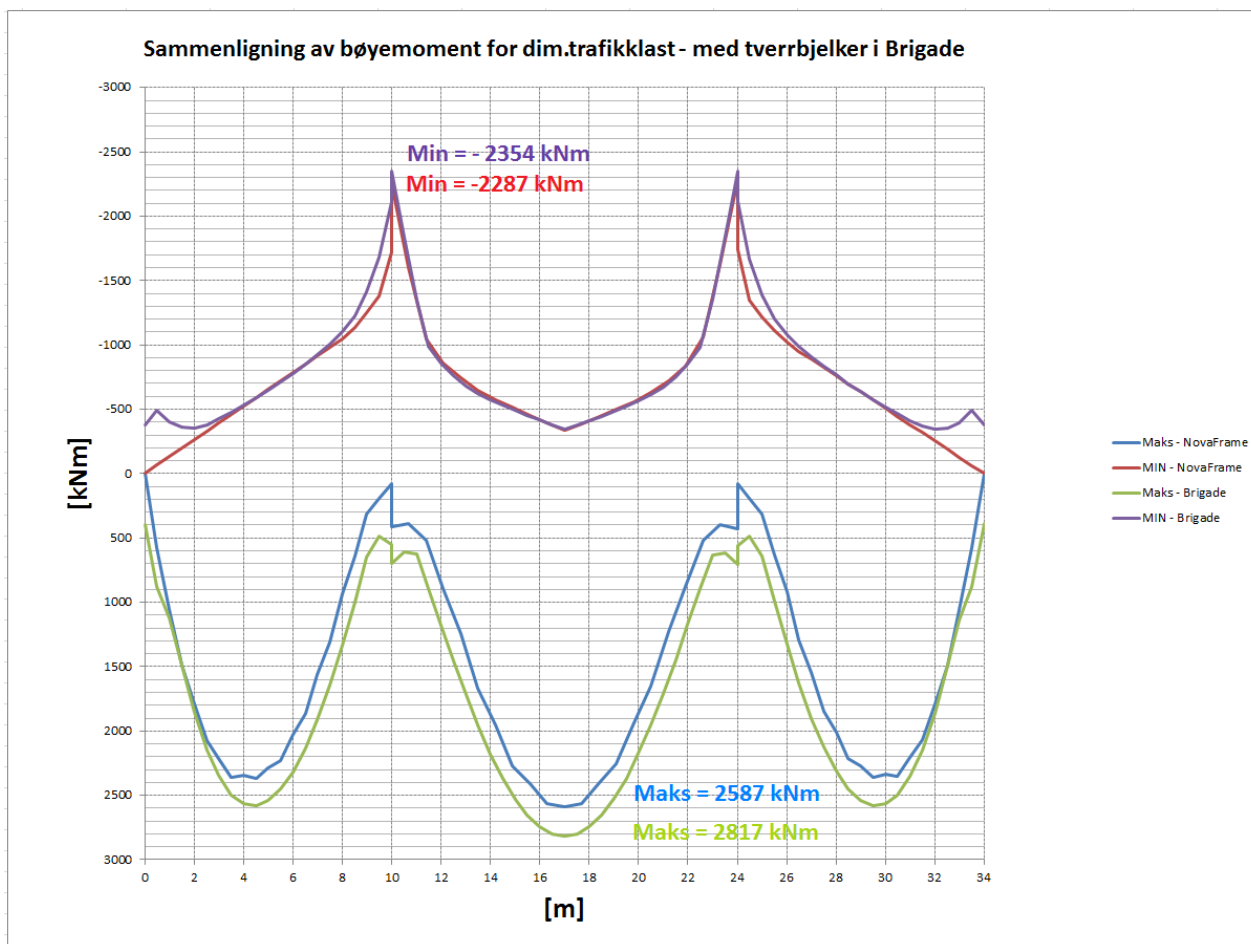


**Figur 7-8: Sammenligning av skjærkrefter for egenlast uten tverrbjelker i Brigade.**

Resultater for skjærkraftdiagrammet uten tverrbjelker gir samme resultater for maks og min, men ved endestøtte i A1 blir resultatet noe høyere; -463 kN, som er et avvik på 6,7 % i forhold til NovaFrame.

### 7.1.4 RESULTATER FOR LANGSGÅENDE NODELINJER – BØYEMOMENT FOR DIMENSJONERENDE TRAFIKKLAST

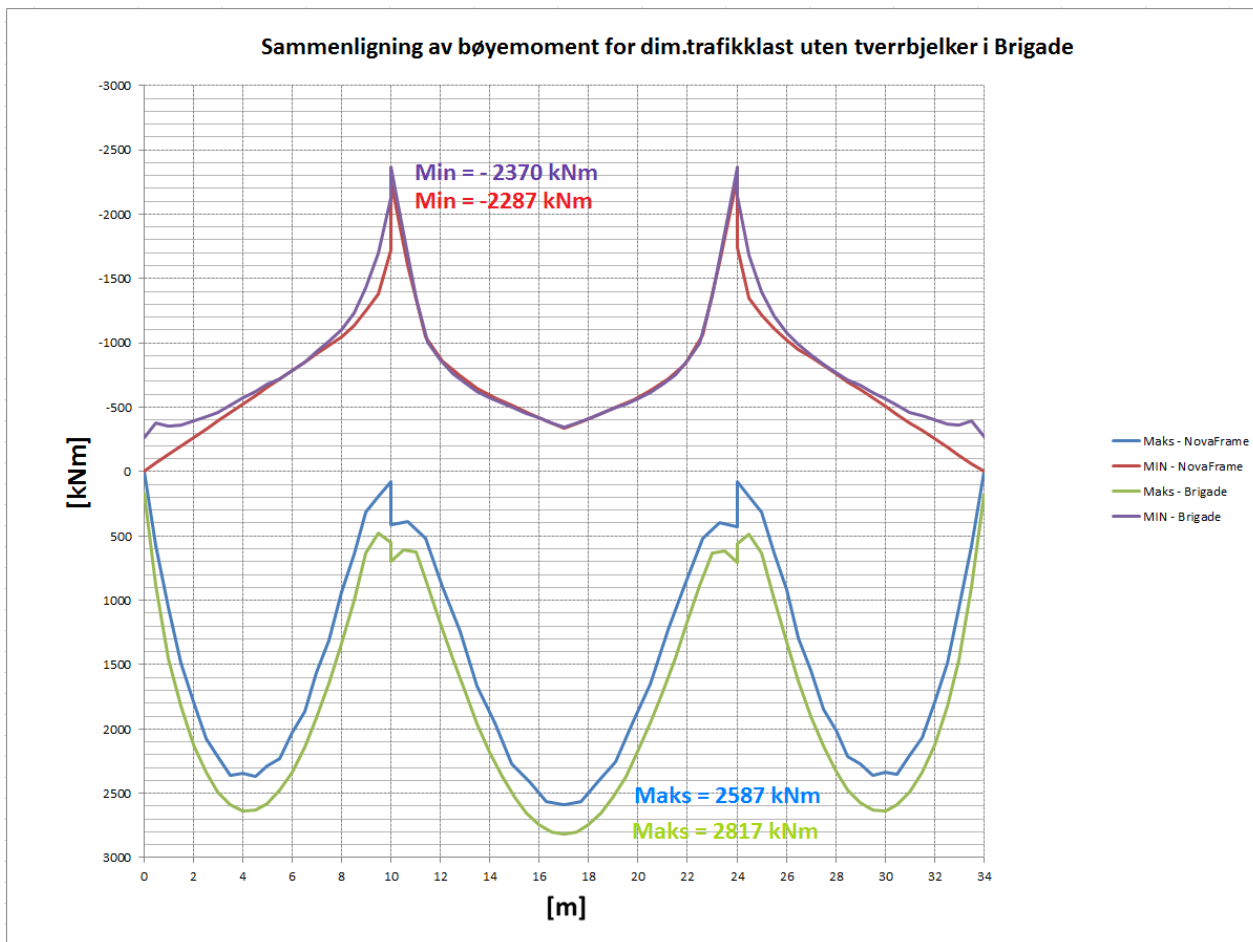
I forhold til antagelsene for oppintegreringen av bøyemoment viser grafen i Figur 7-9 resultater for dimensjonerende trafikklast med tverrbjelker i Brigade.



**Figur 7-9: Resultater for bøyemoment for dimensjonerende trafikklast for bjelke modellen og den rene skallmodellen med tverrbjelker.**

I grafen over ser man at maks bøyemoment for Brigade er 2817 kNm, mens for NovaFrame er det 2587 kNm. Dette er et avvik på 8,9 %. Min bøyemoment er -2354 kNm for Brigade, og -2287 kNm for NovaFrame. Dette er et avvik på 2,9 % som er akseptabelt. Med tverrbjelker i modellen gir et maks resultat på 394 kNm, og et min resultat på -380 kNm i Brigade.





**Figur 7-10: Resultater for bøyemoment for dimensjonerende trafikklast for bjelke modellen og den rene skallmodellen uten tverrbjelker.**

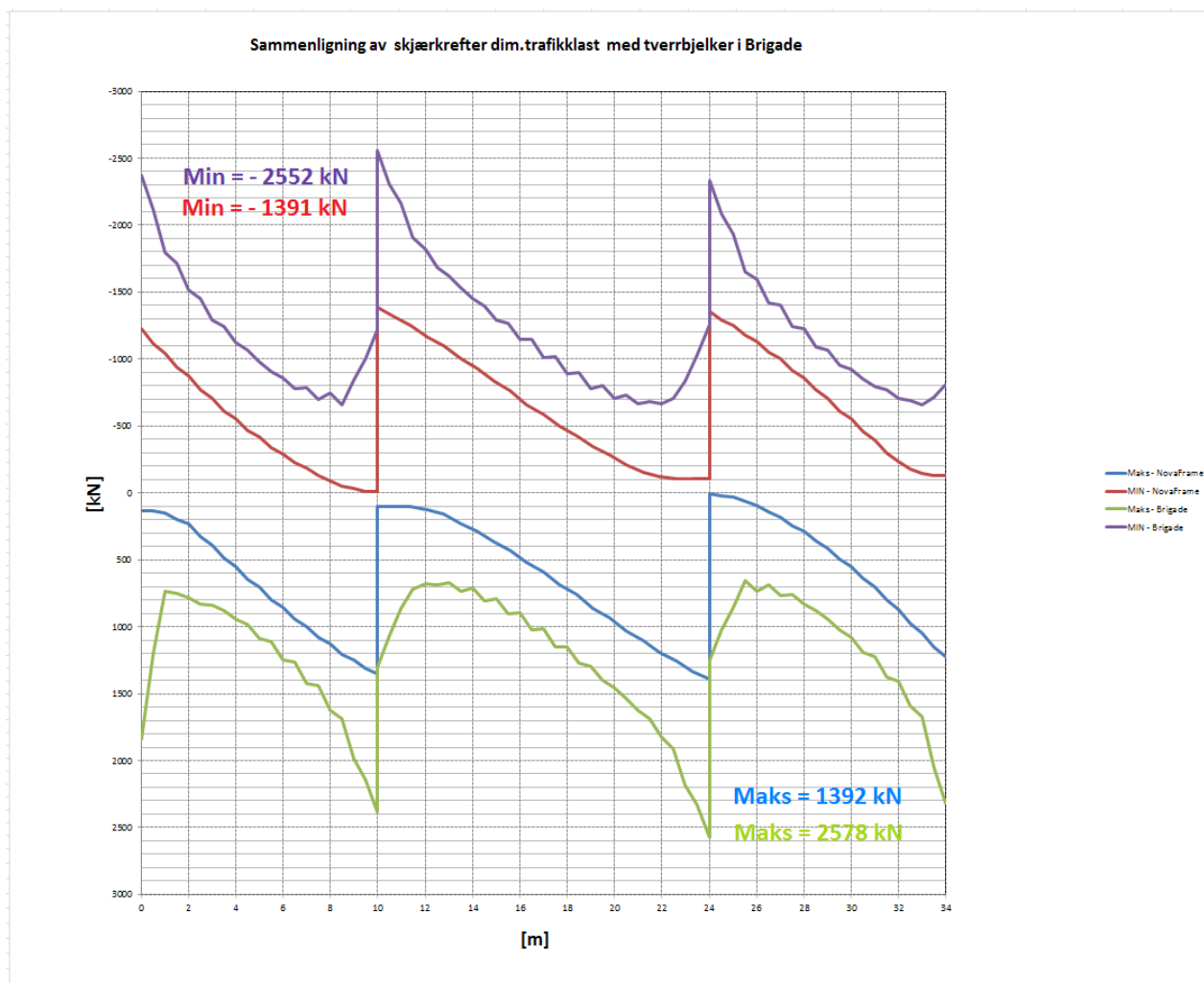
Som grafen i Figur 7-10 indikerer, er maks og min resultatene de samme som for resultatene i Figur 7-9 utenom min i Brigade, som er -2370 kNm. Resultatene over støtte A1 og A4 er noe lavere enn når tverrbjelkene er med; maks på 169 kNm, og min på -263 kNm.

Etter at disse resultatene ble hentet ut ble det mottatt en e-post som viste til at måten å kalkulere bøyemoment for egenlast over tverrsnittet kunne brukes, men man kunne ikke bruke den samme oppintegreringsmetoden for bøyemoment med trafikklast og lastkombinasjoner, da ble det ikke helt ideelt å sammenligne. se appendiks XIV for å lese e-posten.

Under et veiledningsmøte med veileder i SVV ble det forklart og bekreftet at det er mulig å bruke denne sammenligningsmetoden. Brigade beregner maks spenninger for hvert element, dermed blir resultatene høyere. Det vil altså si at det blir en konservativ

beregning i forhold til hva NovaFrame gjør. Resultatene blir overestimert. En måte å sammenligne mer ideelt på, var om man hadde satt ut punktlaster manuelt. Da ville integreringen i programmet bli lik som i NovaFrame.

### 7.1.5 RESULTATER FOR LANGSGÅENDE NODELINJER – SKJÆRKRAFT FOR DIMENSJONERENDE TRAFIKKLAST



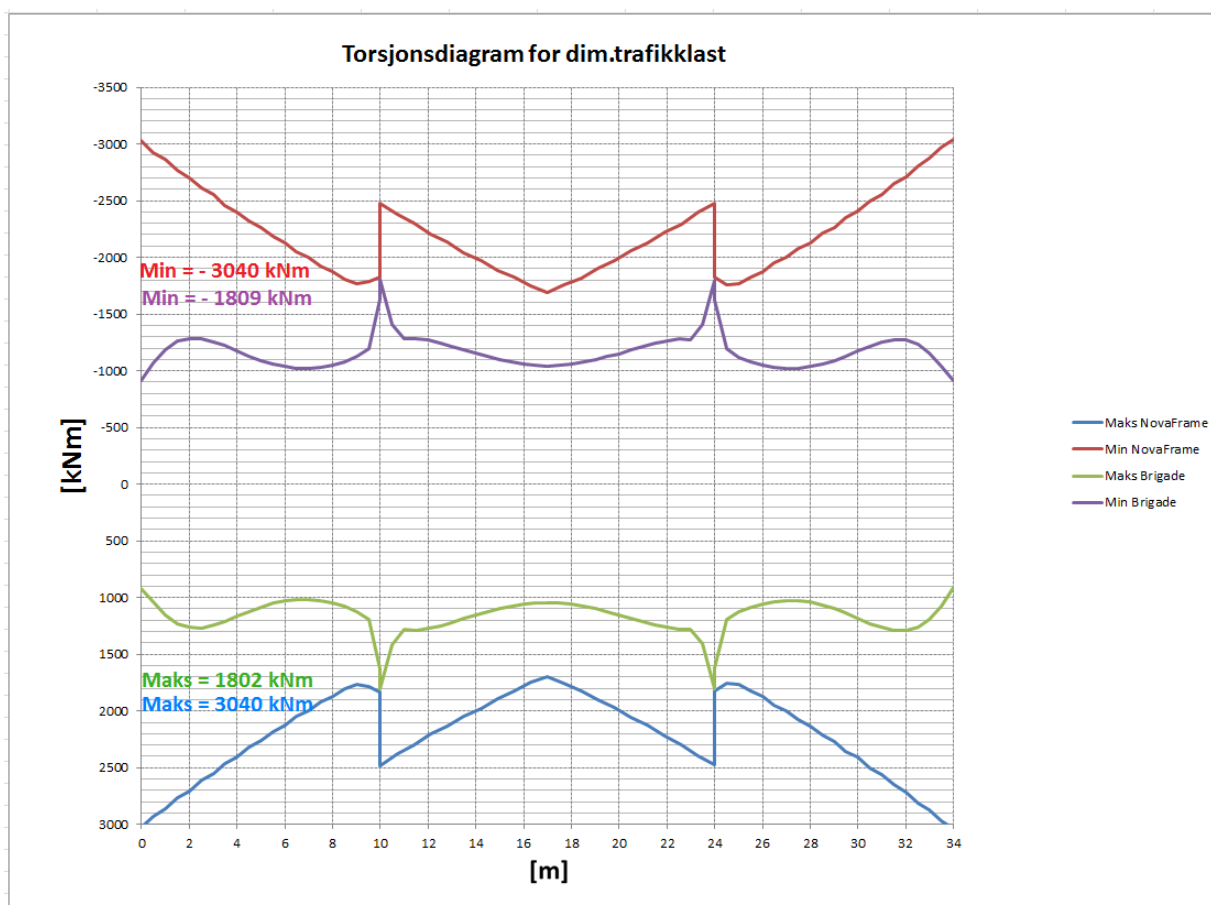
**Figur 7-11: Resultater for skjærkrefter for dimensjonerende trafikklast for bjelkemodell og den rene platemodellen med tverrbjelker.**

Som grafen i Figur 7-11 indikerer, er resultatene ikke i samsvar med hverandre. Resultatene er nesten dobbelt så høye i Brigade som i NovaFrame. På grunnlag av antagelsene som ble gjort for oppintegreringen av skjærkraft for egenlast, samsvarte resultatene. Det gjorde ikke resultatene her i denne grafen med samme type oppintegrering. Det kan være at det ikke er mulig å få samme resultater på grunnlag av

hva som er blitt kalkulert, eller at det er blitt gjort feil i beregningen for oppintegreringen etc. Siden det ble så store avvik her, og at disse resultatene ikke er sammenlignbare, er resultatene uten tverrbjelker ikke tatt med.

### 7.1.6 RESULTATER FOR TORSJONSMOMENT – DIM TRAFIKKLAST

Da det ble bekreftet av veileder ved SVV at måten å finne bøyemoment for dimensjonerende trafikklast kunne sammenlignes, var følgende tanke at torsjonslast også kunne beregnes med å lage en ny beregningsfil for torsjon i langsgående brua. Det ble store avvik i forhold til resultatene i NovaFrame. Se Figur 7-12 nedenfor. Siden tiden var knapp, ble det valgt å ta med torsjonsdiagrammet med kreftene fra NovaFrame og den rene platemodellen i Brigade for å vise hva resultatene ble ut fra antakelsene. For å få en mer samsvarende sammenligning kunne punktlaster for aksellaster blitt plassert manuelt i Brigade for å få noenlunde lik trafikklastplasseringen som i NovaFrame.

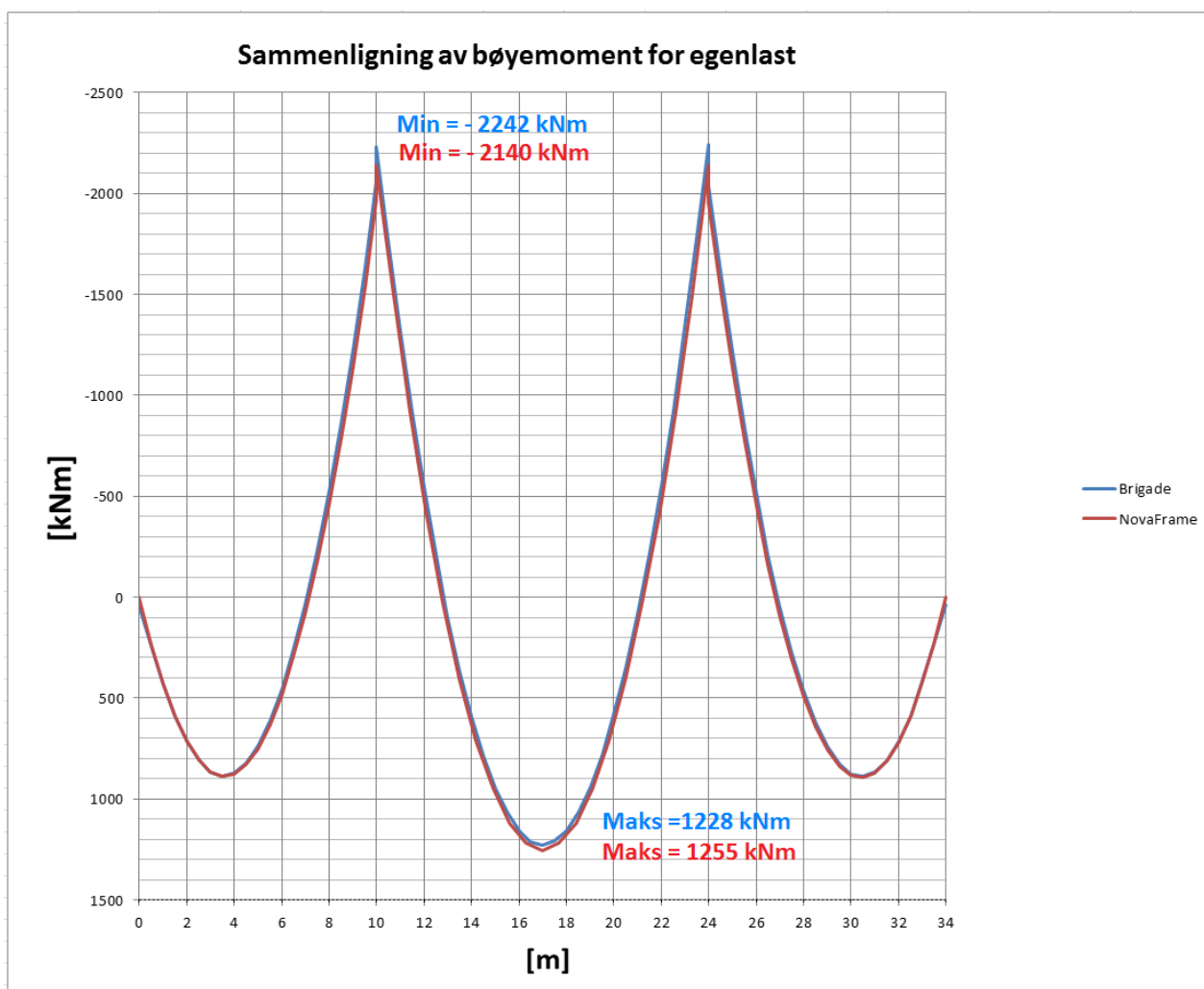


Figur 7-12: Resultater for torsjonsmoment for den rene skallmodellen og bjelkemodellen.

## 7.2 BJELKEMODELL OG SAMVIRKENDE BJELKE OG ORTOTROP PLATEMODELL

Ut fra antakelsene som er blitt gjort i kap.6.4, er resultatene presentert. Alle resultatene i dette kapittelet er uten tverrbjelker.

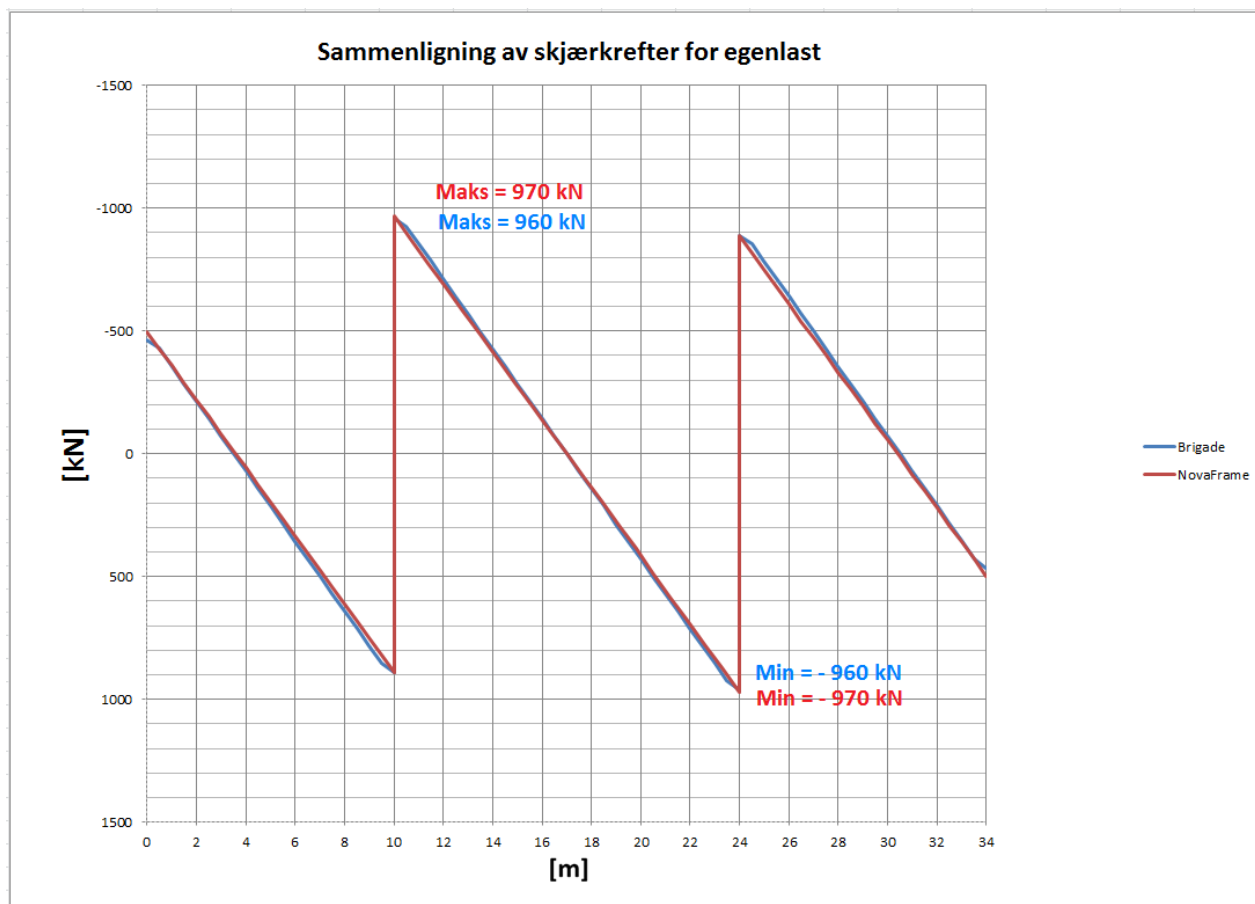
### 7.2.1 RESULTATER FOR BØYEMOMENT EGENLAST



Figur 7-13: Resultater for bøyemoment for den samvirkende modellen og bjelkemodellen.

Grafen viser lite avvik mellom resultatene i for de to modellene. Maks bøyemoment for NovaFrame ligger på 1228kNm, mens Brigade ligger på 1255kNm. Dette gir et avvik på 2,2 % som er akseptabelt. NovaFrame har høyere resultat i midtfelt enn Brigade, mens Brigade har høyere resultat ved støtte A2 og A3.

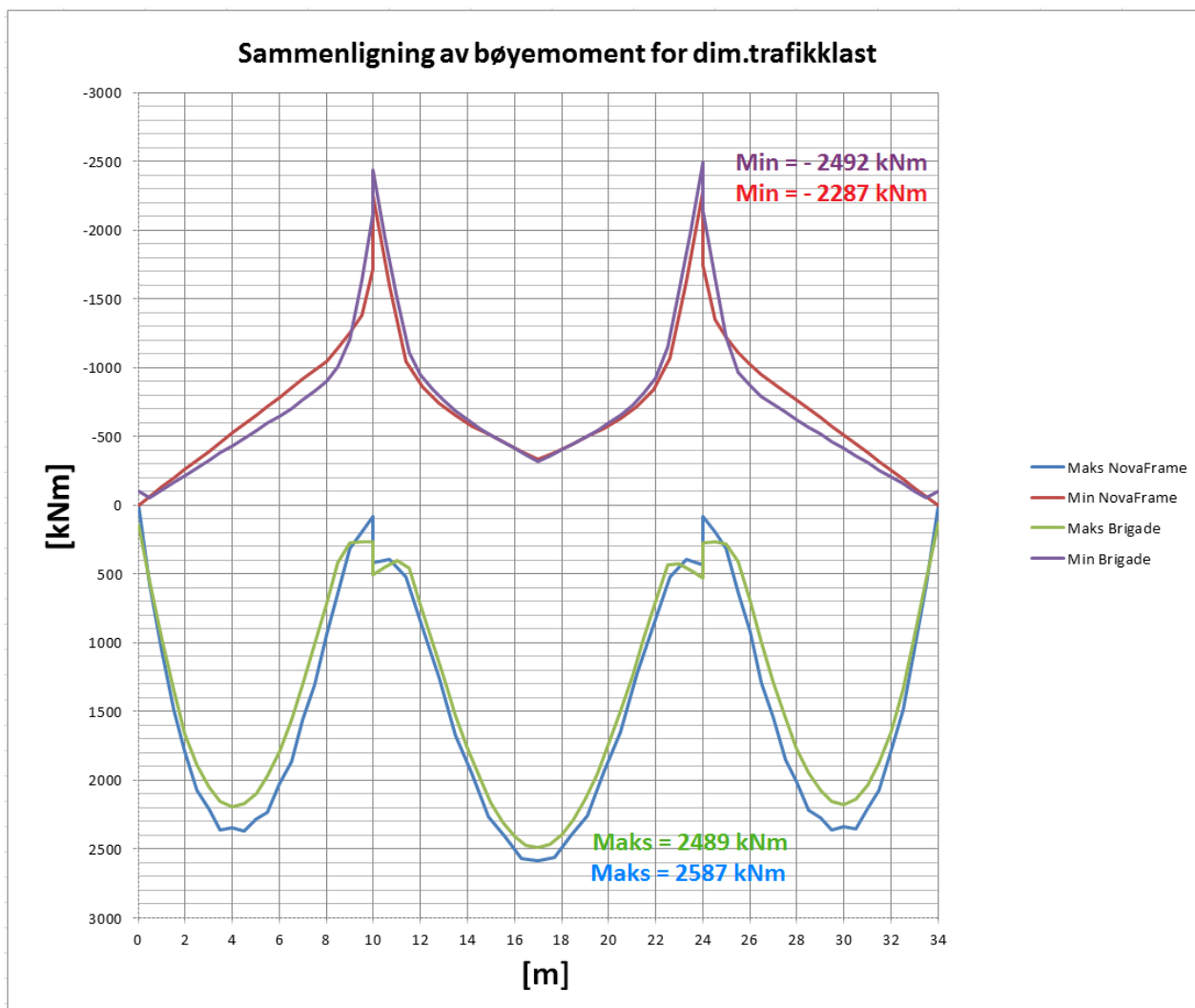
## 7.2.2 RESULTATER FOR SKJÆRKRAFT EGENLAST



**Figur 7-14: Resultater for skjærkraft for den samvirkende modellen og bjelkemodellen.**

Grafen ovenfor indikerer at ved støttene gir de to programmene større avvik enn ved felt. Både maks og min moment for NovaFrame gir 970kN, mens 960kN Brigade, et avvik på 1 %. Igjen ser man at NovaFrame gir høyere resultater enn Brigade for egenlast.

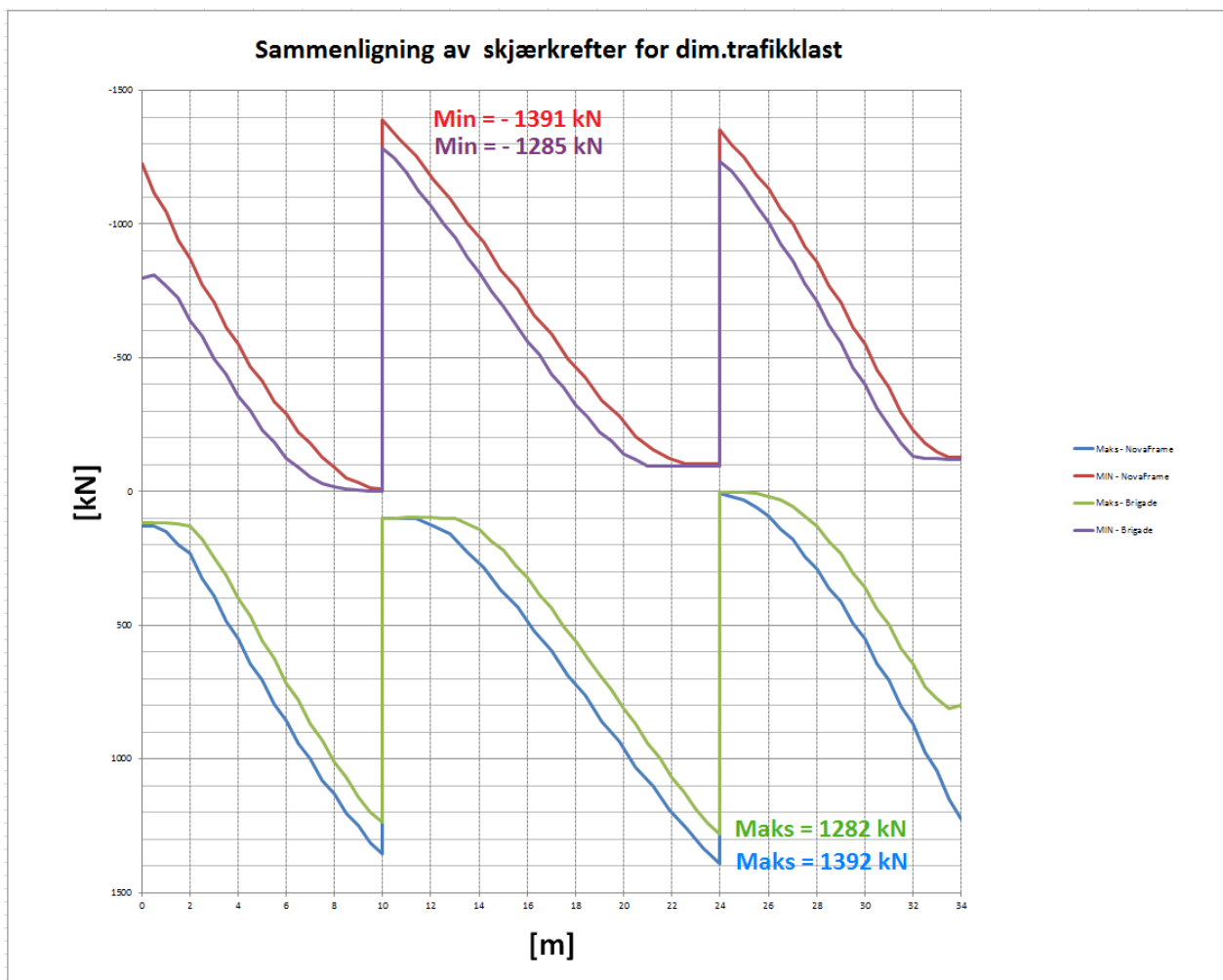
### 7.2.3 RESULTATER FOR BØYEMOMENT DIM. TRAFIKKLAST



**Figur 7-15: Resultater for bøyemoment for dimensjonerende trafikklast for den samvirkende modellen og bjelkemodellen.**

Grafen indikerer høyere avvik i felt mellom A1 og A2, og i felt mellom A3 og A4 enn i feltet mellom A2 og A3. Avviket mellom maks bøyemoment ligger på 3,8 %, mens avvik for min bøyemoment ligger på 9 %. Noe av det samme skjer for ende resultatene i Brigade også her i denne modellen.

## 7.2.4 RESULTATER FOR SKJÆRKRAFTDIAGRAM DIM. TRAFIKKLAST



**Figur 7-16: Resultater for bøyemoment for dimensjonerende trafikklast for den samvirkende modellen og bjelkemodellen.**

Grafen ovenfor viser at maks skjærkraft er 1392 kN for NovaFrame, og 1282 kN for Brigade. Dette gir et prosentavvik på 7,9 %. Min skjærkraft er 1391 kN for NovaFrame, og 1285 kN for Brigade som gir et avvik på 7,6 %.



## 8. OPPSUMMERING OG DISKUSJON

I denne oppgaven skulle det lages to modeller av Nygårdsbekkenbrua i plateprogrammet Brigade av. En ren platemodell, og en modell med samvirkende bjelke og ortotrop plate. Resultatene fra disse to modellene skulle sammenlignes med resultater fra bjelkeprogrammet NovaFrame. For å kunne gjøre dette, måtte man finne en måte å oppintegre krefter på for resultatene i den rene platemodellen. Det skulle også modelleres en samvirkende bjelke og ortotrop plate av tverrsnittet til Nygårdsbekkenbrua.

Her kommer en oppsummering over resultatene basert på antakelsene som ble gjort i denne oppgaven: For resultater i kap.7.1.1 for tversgående nodelinjer, ble de fleste av resultatene høyere i Brigade enn i NovaFrame. Det var forventet at Brigade skulle gi ut høyest resultater siden det er oppintegringen av maks spenninger i alle skallelementene som blir summert.

Resultatene fra langsgående nodelinjer i kap.7.1.2 for bøyemoment for egenlast gav lavere verdier i Brigade enn i NovaFrame ved midtstøtter, og i alle tre felt. Dette var ikke samsvarende med forventede verdier for alle disse elementene. I kap.7.1.3 fremstiltes skjærkrefter for egenlast. Resultatene ble nært samsvarende i begge programmene for maks og min resultater, med kun 0,2 % i avvik.

I kap.7.1.4 hvor resultatene for bøyemoment for dimensjonerende trafikklaster ble fremstilt, så man at Brigade gav konservative resultater, spesielt i feltmomenter. I kap.7.1.5 og 7.1.6 ble resultater for skjærkraft og for dimensjonerende trafikklaster og torsjonsmoment fremstilt. Disse to grafene viste også avvik, men disse var veldig høye. På grunn av at innleveringsfristen nærmet seg, kunne det ikke bli lagt mer tid i å finne feilene for disse resultatene, heller ikke for resultater for egenlast bøyemoment.

Grunner til at resultater fra bøyemoment for egenlast i Brigade ikke samsvarte med hva som ble forventet kan være mange. Det kan være at bakgrunnen for bestemmelsen av antall elementer er altfor simpel siden sammenligningsgrunnlaget var en fritt opplagt bjelke i forhold til ei bruplate. En tanke var at siden den samme oppintegringen av krefter er brukt for de langsgående nodelinjene, som for de tversgående nodelinjene skulle en tro at det ble mer samsvarende resultater med resultatene for de tversgående





nodelinjer for bøyemoment med egenlast. En annen grunn kan være at det kan være en eller flere feil i disse oppintegreringsfilene.

Resultatene i kap.7.2.1 og 7.2.2 samsvarte noenlunde, med små avvik. Stivheten i det ortotrope dekket ble antatt, dette kan være en av grunnene til at resultatene ikke samsvarer helt med bjelkemodellen. For resultatene i kap.7.2.3 og i 7.2.4 som inneholdt resultater for dimensjonerende trafikklaster ble det større avvik.

Det som Scanscot, produsent av Brigade skrev i eposten i appendiks XIV har helt klart en innvirkning på resultatene for dimensjonerende trafikklaster i begge modellene. I følge eposten og veileder ved SVV er det en mulig måte å hente ut resultater på, men det blir konservative analyser som resultat. For å få en bedre tilnærming kunne punktlaster ha blitt plassert ut manuelt i Brigade, da ville det blitt en mer samsvarende oppintegrering av kreftene. Da hadde spenninger akkurat ved punktlaster blitt oppintegrert slik som det blir gjort i NovaFrame, mens slik det er blitt oppintegrert nå er at maks spenninger per skallelement er oppintegrert. Resultater for egenlast i hht til oppintegreringen av bøyemoment, vil generelt bli mer samsvarende i forhold til håndberegninger, når lengden på spennet er større enn bredden på brua, henviser også her til eposten.

Sånn generelt for resultatene; Det er to forskjellige analyseprogrammer som er blitt brukt i denne oppgaven, og mye annet nytt å sette seg inn i for en nyutdannet og uerfaren person. Det er fort gjort å gjøre en eller flere feil når det er mye å holde styr på. Derfor anbefales det at analysene får en tredjeparts verifikasjon. Denne oppgaven kan f. eks brukes til å få en liten innføring i Brigade, og til å få en ide om hvordan kreftene oppintegreres.



## 8.1 KONKLUSJON

På bakgrunn av parameterstudier og resultater, med gitte antakelser som er fremstilt i denne oppgaven, kan disse konklusjonene trekkes;

- Oppintegreringsformlene for den rene skallmodellen i Brigade kan bli brukt til å finne et visst samsvar i resultater med den rene bjelkemodellen i NovaFrame. Dette gjelder for bøyemoment og skjærkraft med egenlast, og for bøyemoment med dimensjonerende trafikklast.
- Den samvirkende modellen i oppgaven gir et akseptabelt avvik for egenlast i forhold til samme lasttilfelle for bjelkemodellen i NovaFrame, og kan være en mulig måte å modellere dekket på. Den er også den letteste modellen og kontrollere med, da resultatene hentes ut fra en nodelinje som blir gitt ut direkte i [kNm] og [kN].
- Utenom dette hadde en tredjepartsverifikasjon vært ideell for å dobbeltsjekke resultatene, og for å kartlegge eventuelle feil som er blitt gjort i beregningene. Både for de grafene som gav bra samsvar, og for de som ikke hadde noe samsvar.

## 8.2 VIDERE ARBEID

I forhold til en tredjepartsverifikasjon, hadde det vært ideelt og sett på resultater med flere elementer dersom noenlunde samme resultater hadde fremkommet. Samme antall elementer i begge programmene er også en idé. Timoshenko's bjelke teori kunne kanskje vært et bedre sammenlignings grunnlag.

Det kunne vært interessant å se på forskjellige måter å modellere tverrsnittet på som en ortotrop plate og bjelke, for å få like resultater for egenlasten som i bjelkemodellen i NovaFrame. Også en måte å finne de gunstigste stivhetene for et ortotrop dekke hadde vært ideelt.

Noe som kunne blitt gjort i mine modeller var å ha plassert punktlastene manuelt i Brigade for å kunne sammenligne dimensjonerende trafikklast mer reelt i forhold til



hvordan NovaFrame kalkulerer trafikklastene. Det hadde også vært interessant og sett på nedbøyning for 4-noders elementer. Ut fra grafene for nedbøyning i appendiks V er det avvik, og dette bør studeres nøyere.



## 9. REFERANSER

(1) <b>Tørresen, Jim.</b> Hvordan skrive masteroppgave. [Internett] <a href="http://heim.ifi.uio.no/matsh/Master/Ressurser/TipsJim.pdf">http://heim.ifi.uio.no/matsh/Master/Ressurser/TipsJim.pdf</a> .
(2) <b>vegvesen, Statens.</b> Statens vegvesen. [Internett] <a href="http://www.vegvesen.no/">http://www.vegvesen.no/</a> .
(3) <b>Standard, Norge.</b> Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner, Del 1-1, Allmenne regler og regler for bygninger. Lysaker : Standard Norge, 2008.
(4) <b>vegvesen, Statens.</b> Håndbok 185, Bruprosjektering. 2011.
(5) <b>Sørensen, Svein Ivar.</b> Betong Konstruksjoner, Beregning og dimensjonering etter Eurocode 2. Trondheim : s.n., 2010.
(6) <b>vegvesen, Statens.</b> E134 SKJOLDAVIK - SOLHEIM Bru nr.11-2166 NYGÅRDSBEKKEN. 2011.
(7) <b>Vegdirektoratet, Bruavdelingen.</b> [Internett] august Oslo, august 1992. <a href="http://www.vegvesen.no/attachment/61461/binary/14168">http://www.vegvesen.no/attachment/61461/binary/14168</a> .
(8) <b>J.N.Reddy.</b> An introduction to the finite element method. 1993.
(9) <b>Kwon, Young W. og Bang, Hyochoong.</b> The finite element method using MATLAB. 2000.
(10) <b>Liu, Yijun.</b> Introduction to Finite Element Method. May 21, 2003.
(11) <b>AB, Scanscot Technology.</b> Workshop 3 - Prestressed Girder Bridge. 2010.
(12) —. Brigade Standard Theory Manual. 2010.
(13) A Fresh look at orthotropic technology. Mar/Apr 2005.
(14) <b>transportation, U.S Department of.</b> Federal Highway Administration. [Internett] august 2011. <a href="http://www.fhwa.dot.gov/bridge/abc/prefab_def.cfm">http://www.fhwa.dot.gov/bridge/abc/prefab_def.cfm</a> .
(15) <b>Standard, Norge.</b> Eurokode 1: laster på konstruksjoner, Del 2, trafikklast på bruer. Oslo : Standard Norge, 2010.
(16) <b>AB, Scanscot Technology.</b> Brigade Standard Versjon 4.2. [Analyse verktøy] s.l. : Scanscot Technology AB, 2010.
(17) —. Workshop 2 - Three Spanned Reinforced Concrete Bridge. 2010.
(18) —. Brigade User Manual. 2010.
(19) <b>AS, KB Spenneteknikk.</b> TOBE FR4 Potlager. [Internett] mai 2012. <a href="http://www.spennteknikk.no/hovedn.html">http://www.spennteknikk.no/hovedn.html</a> , <a href="http://www.spennteknikk.no/brosjyrer/TobeFR4-norsk-24022011.pdf">http://www.spennteknikk.no/brosjyrer/TobeFR4-norsk-24022011.pdf</a> .



(20) **AAS-JAKOBSEN.** NovaFrame User`s Guide. 2011.

(21) —. Ascii Command Input, appendix 1. s.l. : Windows, 2011.

(22) – NORCONSULT. G-prog – Teknikk.6.2 - Statisk analyse av betong/tre/stålkonstruksjoner.



**Statens vegvesen**

**TEGNINGS- OG DISTRIBUTJONSLISTE**

Prosjekteringsseksjonen Region Vest

**PROSJEKT:**

**E134 Skjoldavik-Solheim**

**Bru :**

**Nygårdsbekkenbrua**

**Bru nr.:**

**11-2166**

**TEGNINGSLISTE NR.**

**2**

**DATO :**

**26.10.2011**

TEGN. NR.	REV.	TEKST	DATO		Navn		ANM	Statens vegvesen Region Vest.	Entreprenør	Bruseksjonen Stavanger v/R. Ebeltoft	Vegteknisk v/	Konsulent Frode Austgulen, Reinertsen AS	Vegdirektoratet, Bruteknisk seksjon v/Otto Kleppe						
			TEGNET	Rev.	Kontroll	Godkj./sign								1xA3	6xA1	1xA3	1xA1	1xA3	1xA3
			K2166-01	A	Oversiktstegning	01.05.2011								26.10.2011			K		
K2166-02	A	Grave-, sprengnings- og fyllingsplan	01.05.2011	26.10.2011			K						x	x					
K2166-03	A	Landkar akse 1	Form	01.05.2011	26.10.2011		K						x	x					
K2166-04	A	Pilar akse 2 og 3	Form	01.05.2011	26.10.2011		K						x	x					
K2166-05	A	Landkar akse 4	Form	01.05.2011	26.10.2011		K						x	x					
K2166-06	A	Brubane	Form	01.05.2011	26.10.2011		K						x	x					
K2166-07	A	Brutverrsnitt	Form	01.05.2011	26.10.2011		K						x	x					
K2166-08	A	Tverrbjelker og vinger	Form	01.05.2011	26.10.2011		K						x	x					
K2166-09	A	Rekkverk		01.05.2011	26.10.2011		K						x	x					
K2166-15		Landkar akse 1 og 4.	Armering																
K2166-16		Pilar akse 2 og 3	Armering																
K2166-17		Brubane	Armering																
K2166-18		Brutverrsnitt	Armering																
K2166-19		Tverrbjelker og vinger	Armering																
K2166-30		Inspeksjons-, drifts- og vedlikeholdsplan																	

Rev: Dato for endring av tegning

Kontroll: Sign av den som har utført kontrollen

Godkj./sign: Sign av leder

Status tegninger under ANM:

K: Tegning for kontroll T: Tilbudstegning G: Godkjent arbeidstegning

X i kolonnen under til hvem; Brukes til å angi hvem som skal ha de ulike tegningene

**Underskrift for mottatte tegninger:**

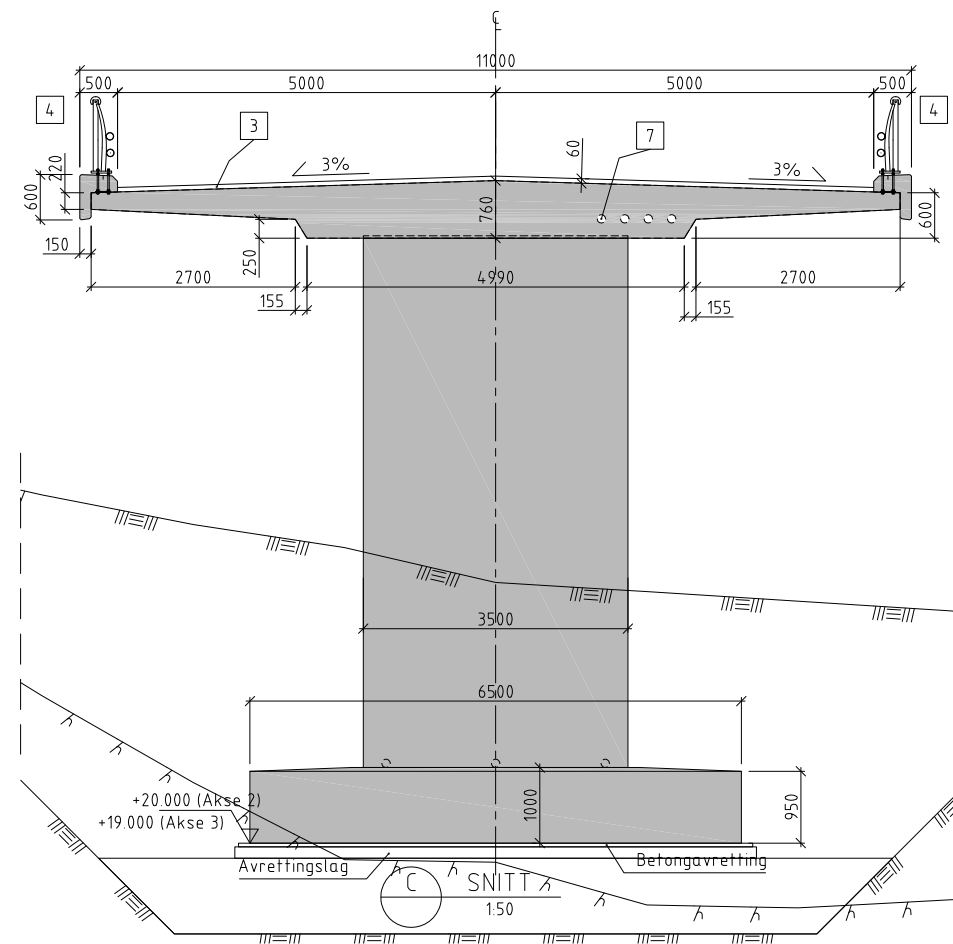
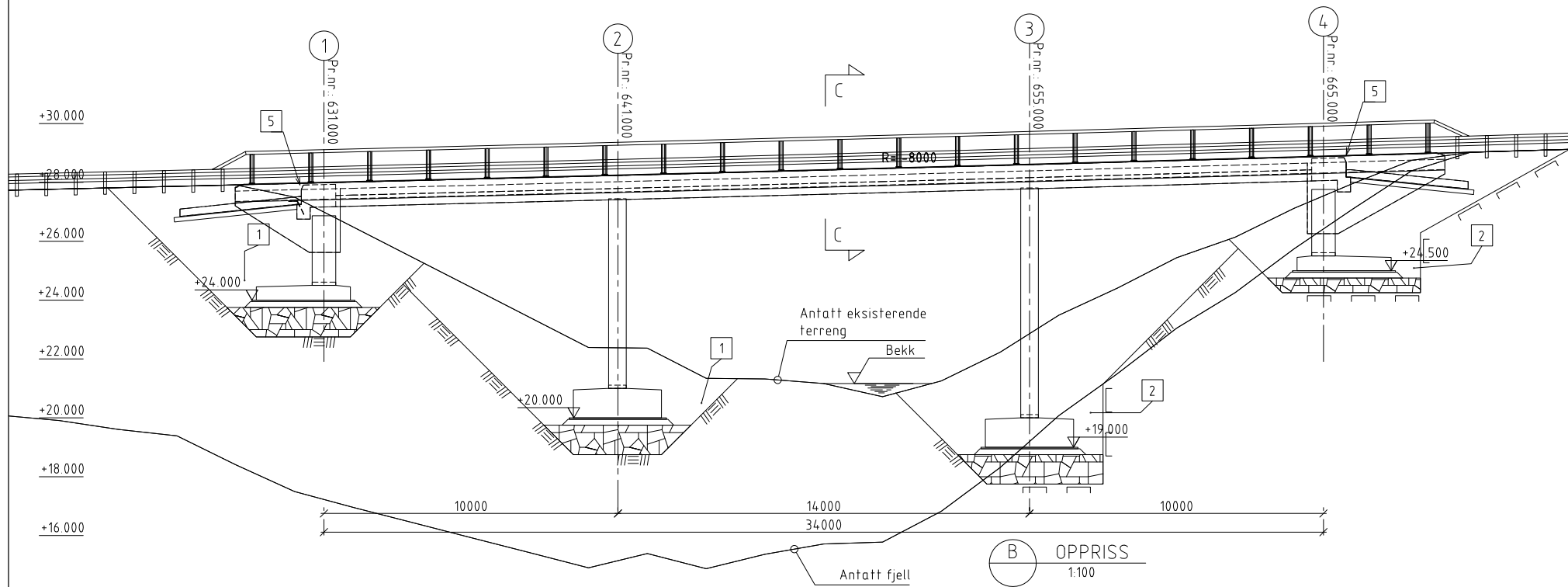
**Dato:**

**Sign:**

APPENDIKS I - Tegninger for prosjekt Skjoldavik - Solheim, bru nr. 11-2166.

Current road project: 10000

PROFILNUMMER	620	630	640	650	660
PROFILHØYDE	27.727	27.961	28.208	28.467	28.739
TERRENGHØYDE	27.73	27.96	28.21	28.47	28.74
VERTIKALKURVE	R = 8000 m				
HORISONTALKURVE	R = ∞				
BREDEUTVIDELSE					
TVERRFALL					3.0 %
					3.0 %



**BEMERKNINGER**

Vegtype S2, ÅDT 1500, Fartsgrense 80 km/t  
Bjelke-platebru, massiv m/vinger

Prosjekteringsregler  
- Håndbok 185 Brusprosjektering (Okt. 2009)

**Betong/Armering**  
Betongkvalitet: B45 SV-40  
Bestandighetsklasse: MF40  
Nøyaktighetsklasse: A  
Luftinnhold: 5+15%  
Armering: Slakkarmering B500NC, NS3576-3  
Kontrollklasse: Utvidet kontroll, NS3465

**Fundamentering**

- 1 Akse 1 og 2 på løsmasser
- 2 Akse 3 og 4 på sprengesteinspute over fjell

**Belegning**

- 3 Belegningsklasse A3-4 iht. Håndbok 145  
Asfaltsliferlag og fuktisolering med PMB-baserte materialer  
Dimensjonert for sliferlagsvekt 2.5kN/m2

**Fuger/Lager**

- 4 Akse 1 og 4. Allsidig bevegelige lager
- 5 Rissanvisende fuger i asfalt v/begge landkar

**Rekkverk**

- 6 Sicuro Brurekkverk

**Trekkerør**

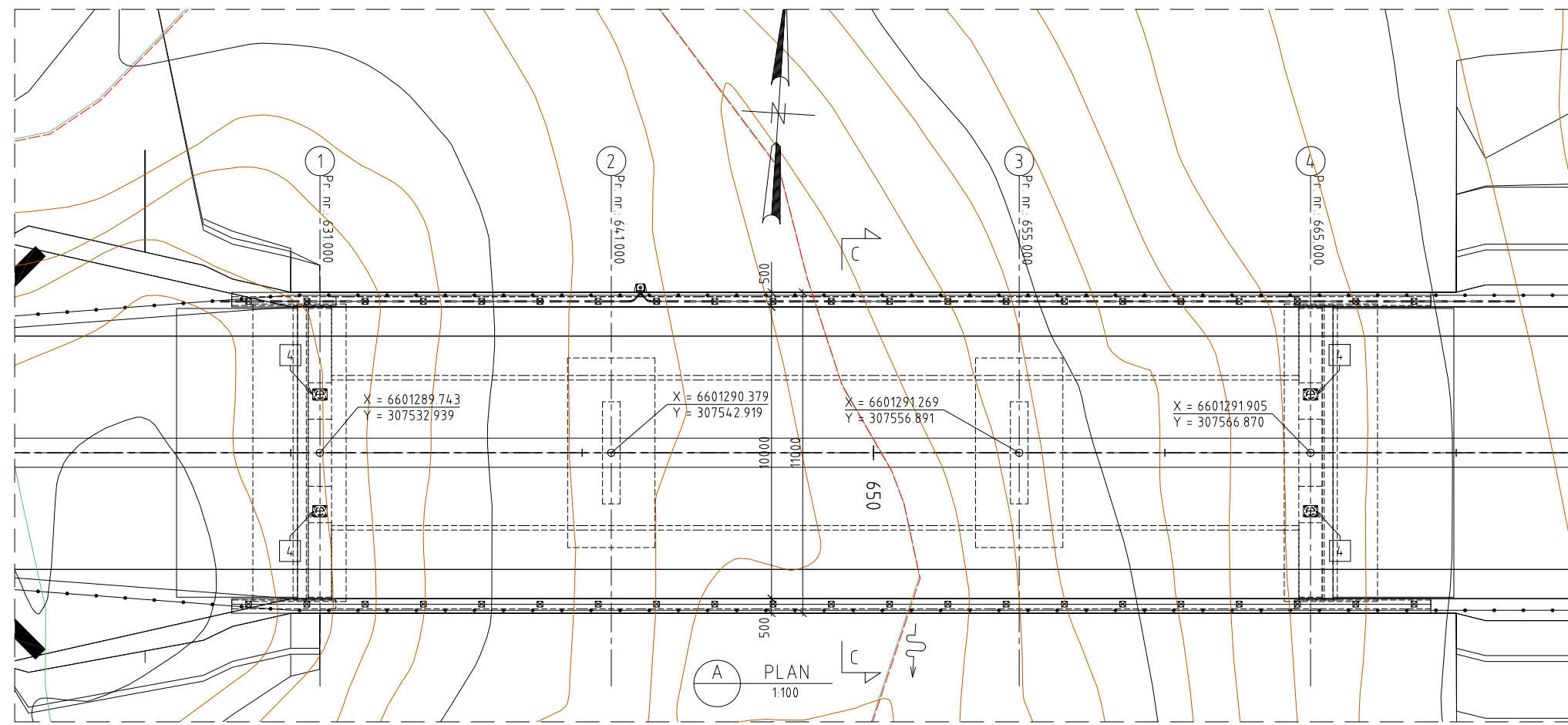
- 7 4 stk Ø110 trekkerør

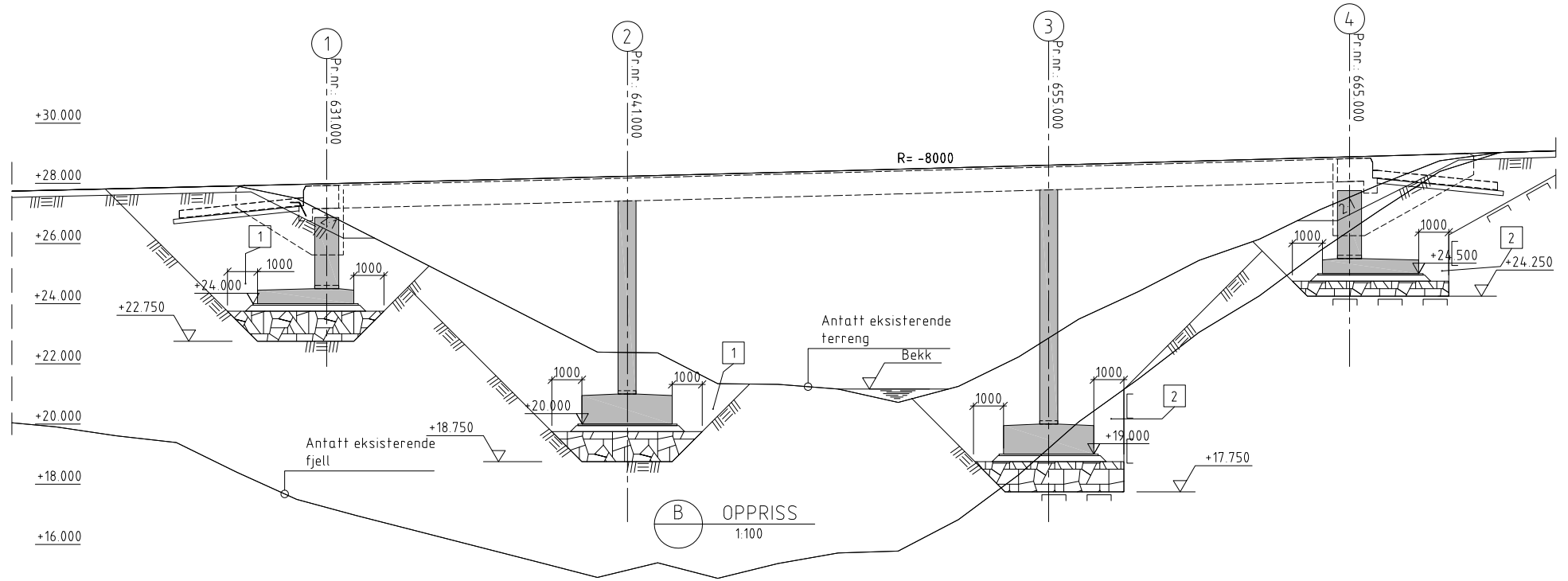
**IDV-plan**

Brua skal inspiseres og følges opp iht. HB147  
"Forvaltning, drift og vedlikehold av bruer".

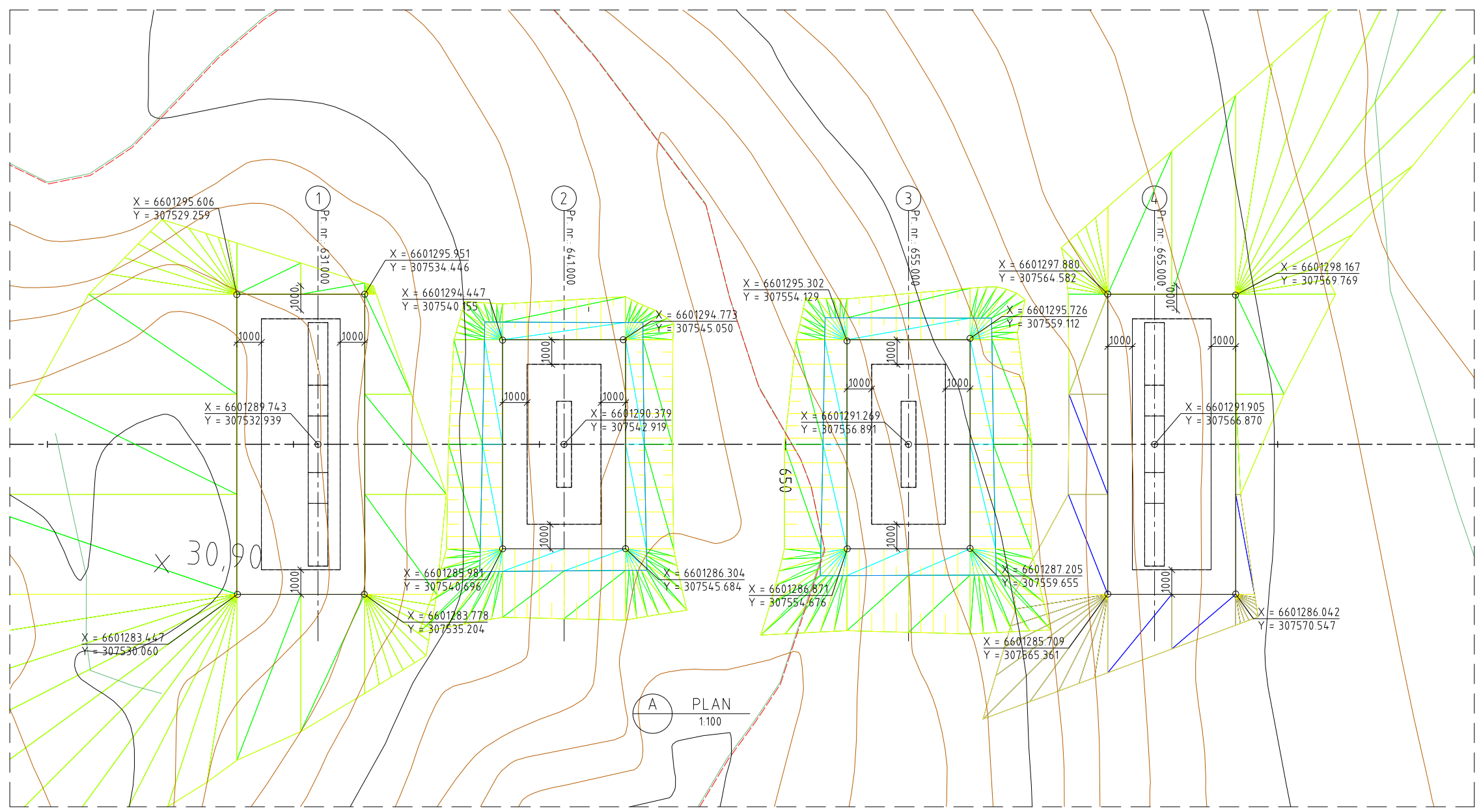
**TILBUDSTEGNING**

A	26.10.2011	Endring iflg. kontrollrapport nr. 1	RGE	HSE	
Rev.	Dato	Erstatning - endring	Tegn. av	Kontr.	Godkj./sign
Godkjendt som arbeidstegning iflg. Notat fra Vegdirektoratet			Saksnr.	xxxxxxx-xxx	
Statens vegvesen			Tegn. av	RGE	01.05.2011
E134 Skjoldavik-Solheim			Kontr.	Hse	11.05.2011
Nygårdsbekkenbrua			Godkj./sign.		
Oversiktstegning			Saksb.	H. Selseng	
			Bru nr.	11-2166	
			PROFnr.	11-2166 Nygårdsbekkenbrua	
			Arkiv ref.		
			Målestokk:	A1. Som vist!	
			Tegn. nr.		Rev.
Produsert av: Bruseksjonen Region Vest					K2166-01





(B) OPPERISS  
1:100



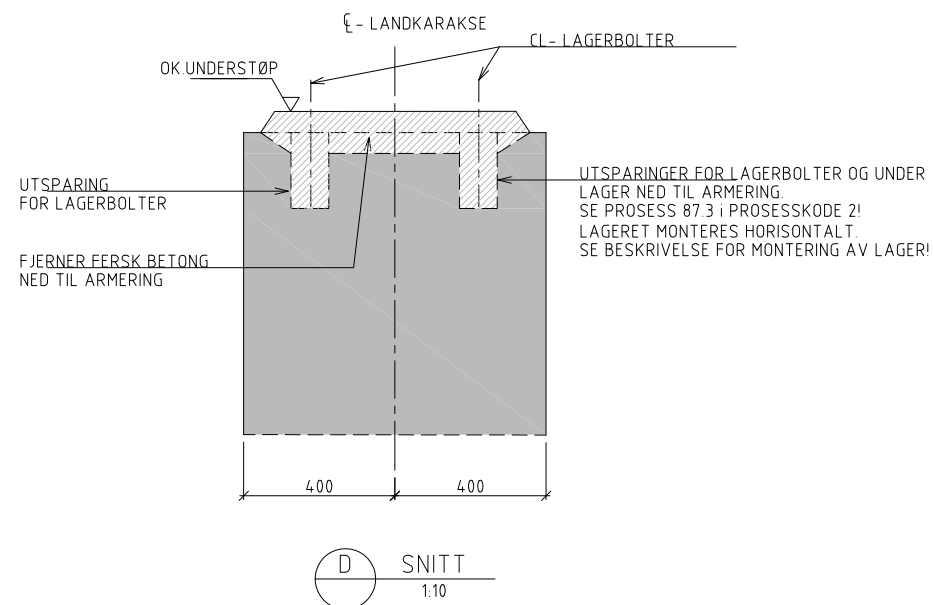
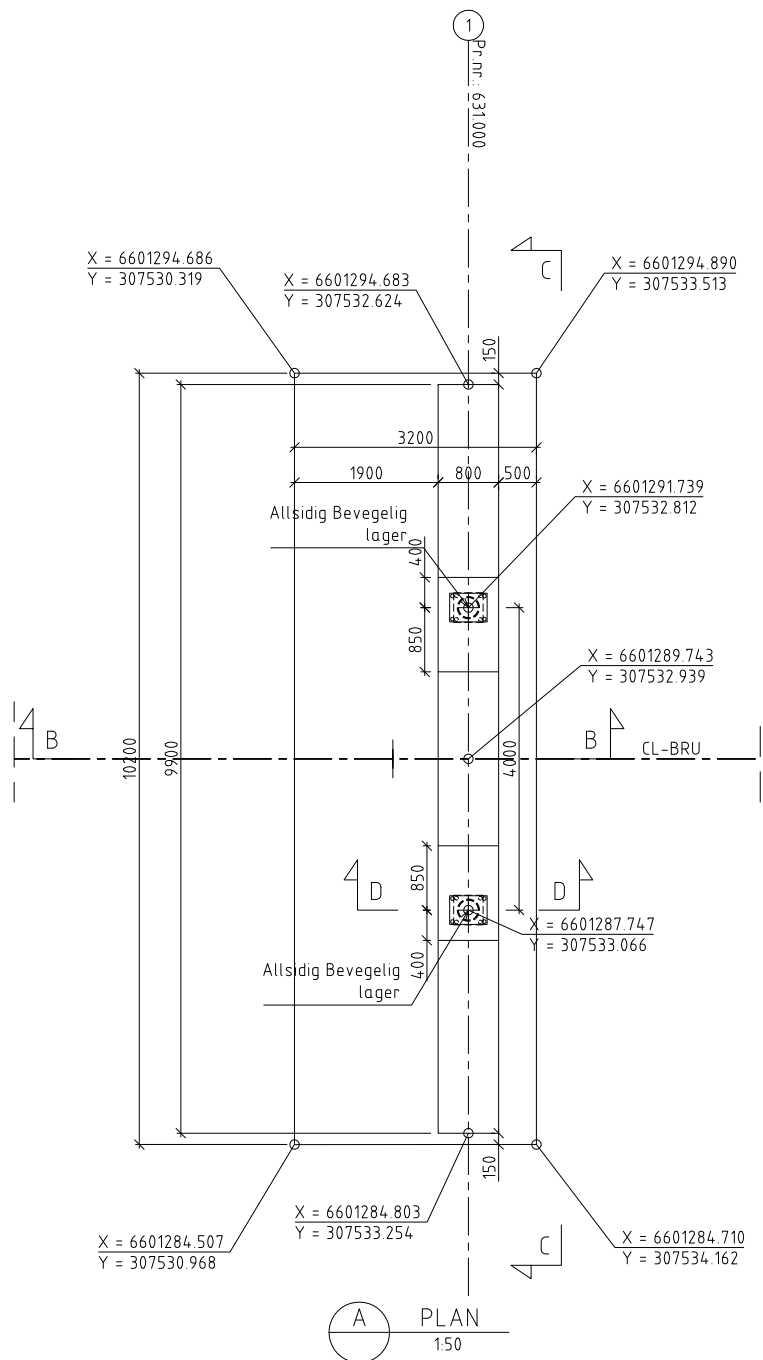
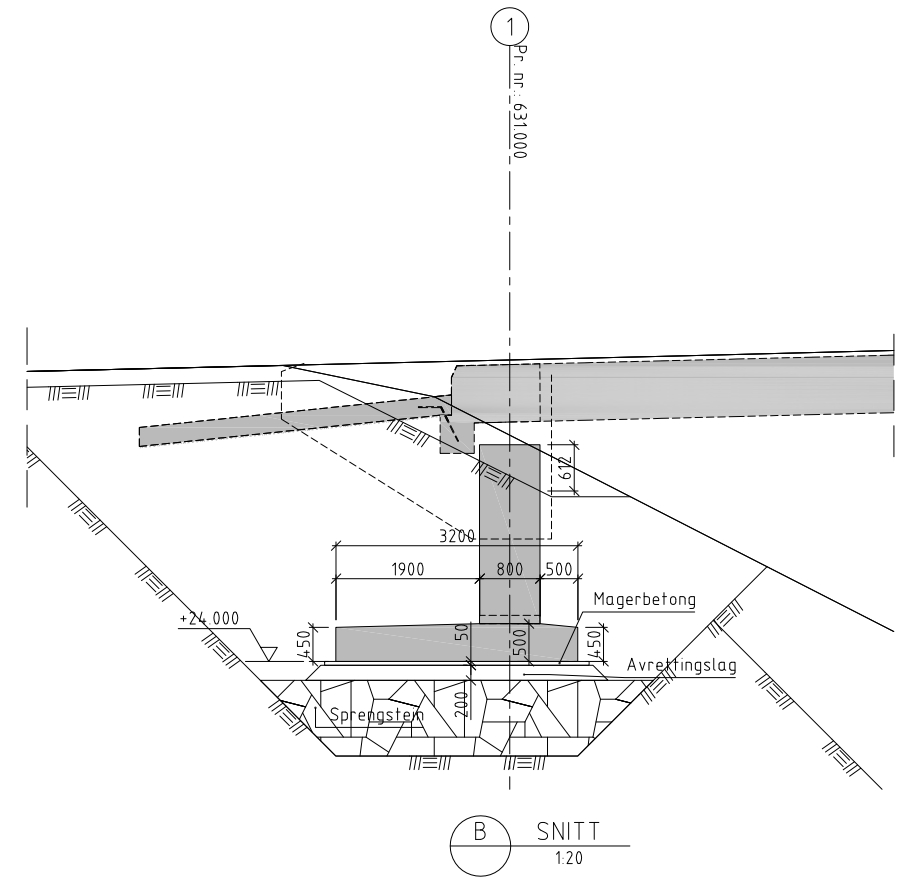
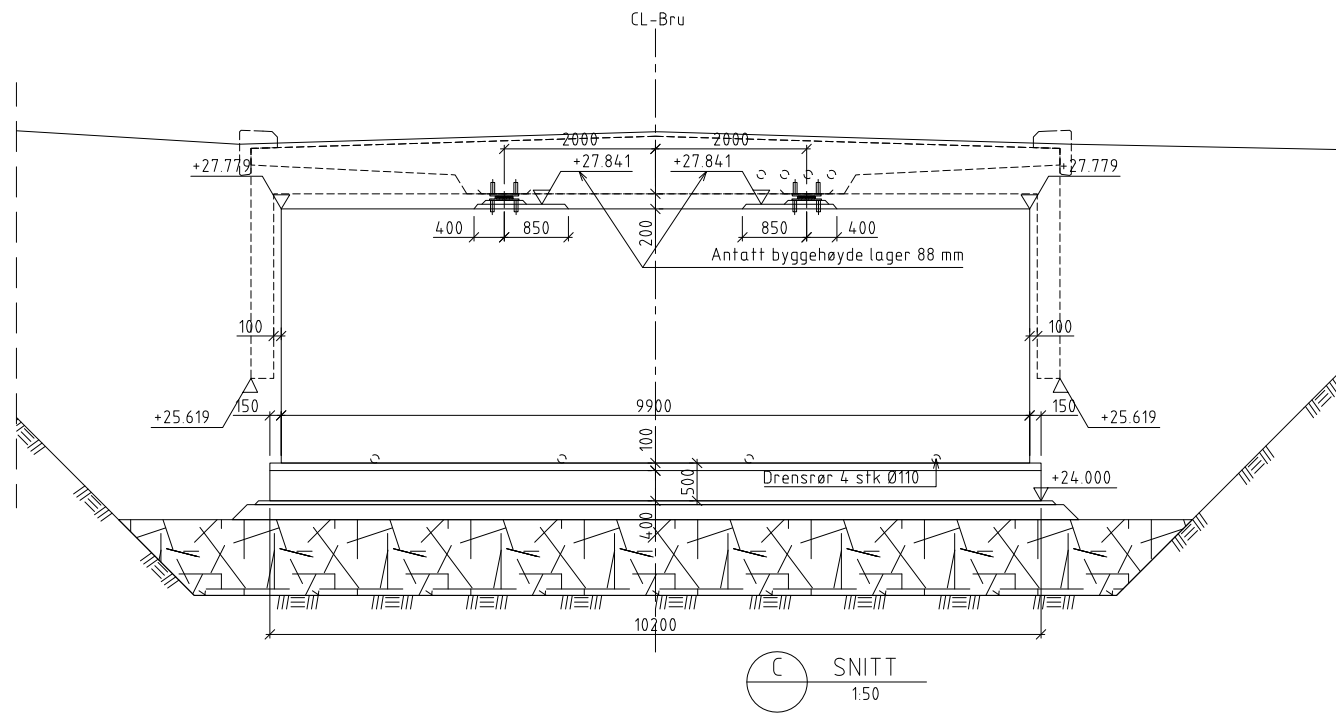
(A) PLAN  
1:100

TILBUDSTEGNING

A	26.10.2011	Endret iflg. kontrollrapport nr. 1	RGE	HSe	
Rev.	Dato	Erstatning - endring	Tegn. av	Kontr.	Godkj./sign
Godkjendt som arbeidstegning iflg. Notat fra Vegdirektoratet			Saksnr. xxxxxxxxxx-xxx		
 Statens vegvesen E134 Skjoldavik-Solheim			Tegn. av	RGE	01.05.2011
			Kontr.	Hse	11.05.2011
Nygårdsbekkenbrua Grave-, sprengnings- og fyllingsplan			Godkj./sign:		
			Saksb.	H. Selseng	
Produisert av: Bruseksjonen Region Vest			Bru nr.: 11-2166		
			PROFnr: 11-2166 Nygårdsbekkenbrua		
			Arkiv ref.:		
			Målestokk: A1. Som vist!		
			Tegn. nr.	Rev.	
			K2166-02		

3



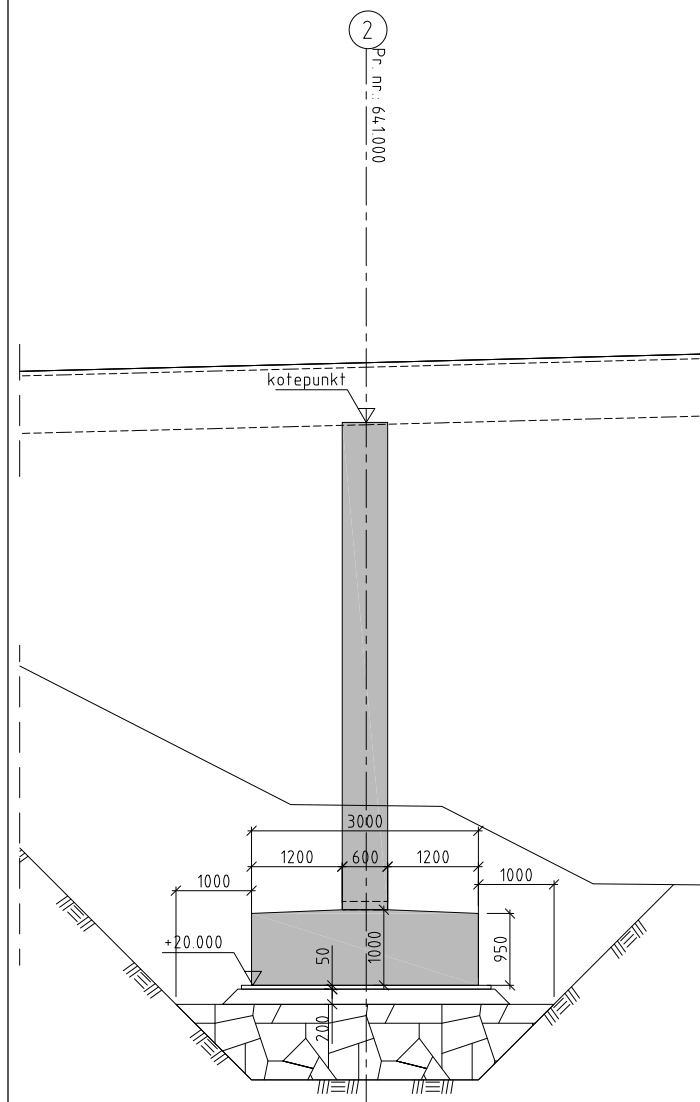


### BEMERKNINGER

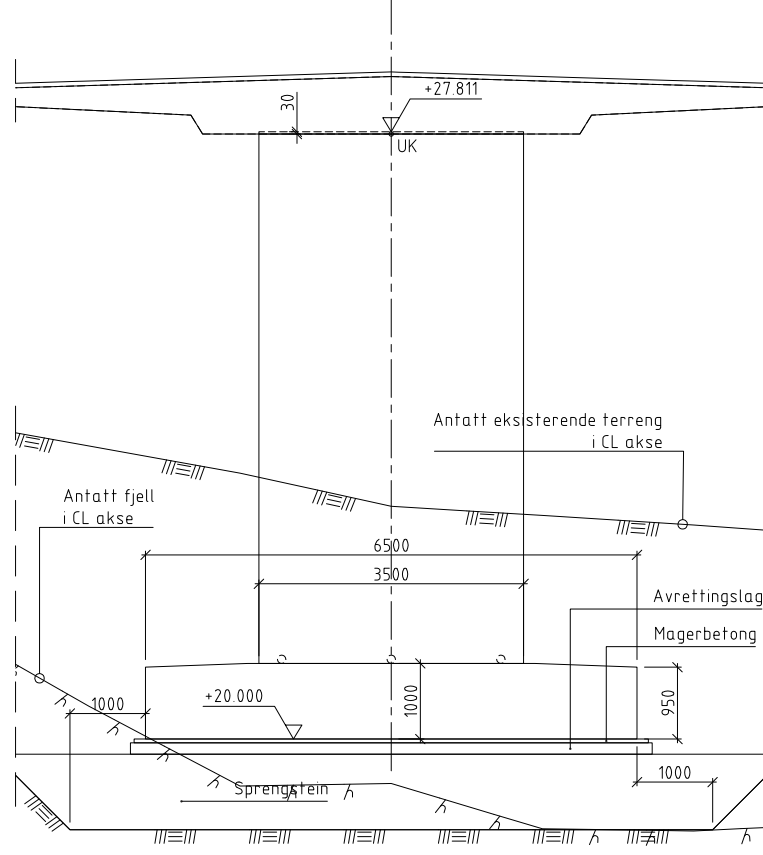
- BETONG**  
 Betongkvalitet: B45 SV-40  
 Bestandighetsklasse: MF40  
 Nøyaktighetsklasse: A  
 Luftinnhold:  $5 \pm 15\%$   
 Tilslagstørrelse: D100=22mm  
 Kontrollklasse: Utvidet kontroll, NS3465
- DIMENSJONERINGSGRUNNLAG:**  
 Prosjektering av bruer HB185, ver. 2009-okt.  
 Dimensjonerende belegningsvekt=2,5kN/m<sup>2</sup>
- ALLE HJØRNER AVFASES 20 mm**
- LAGERPLASSERING:**  
 Kontrolleres med lagerleverandør.  
 Angitt kohet. lagerhylle avhenger av valgt lagertype.
- PLASSERING AV JEKK:**  
 Nærmest mulig lager
- LAGER 2 STK. TOBE A30 EL. TILSV. PR. AKSE:**  
 A30:  
 N<sub>max</sub> = 2182 kN (BRD-gr.tilst.)  
 N<sub>min</sub> = 493 kN (BRD-gr.tilst.)  
 Jekkelast er: 643 kN BRK-gr. u/trafikk, 1347 kN BRK-gr. m/trafikk.  
 Rotasjon: max. 0,5%  
 Bevegelse: +/- 50mm i bruretningen.

### TILBUDSTEGNING

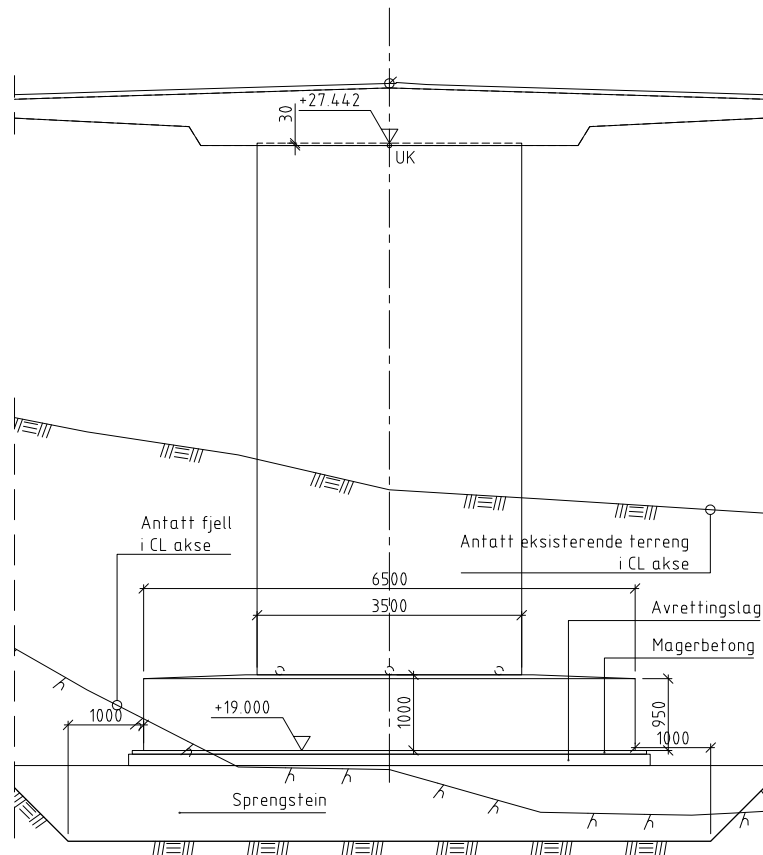
1	26.10.2011	Endring iflg. kontrollrapport nr 1	RGE	HSE	
Rev.	Dato	Erstatning - endring	Tegn. av	Kontr.	Godkj./sign
Godkjendt som arbeidstegning iflg. Notat fra Vegdirektoratet			Saksnr. xxxxxxxxxx-xxx		
Statens vegvesen			Tegn. av: RGE	01.05.2011	
			Kontr.: Hse	11.05.2011	
E134 Skjoldavik-Solheim			Saksb: H. Selseng		
Nygårdsbekkenbrua			Bru nr: 11-2166		
Landkar akse 1			PROFnr: 11-2166 Nygårdsbekkenbrua		
Form			Arkiv ref:		
Produsert av: Bruseksjonen Region Vest			Målestokk: A1. Som vist!		
			Tegn. nr:	Rev:	
					K2166-03



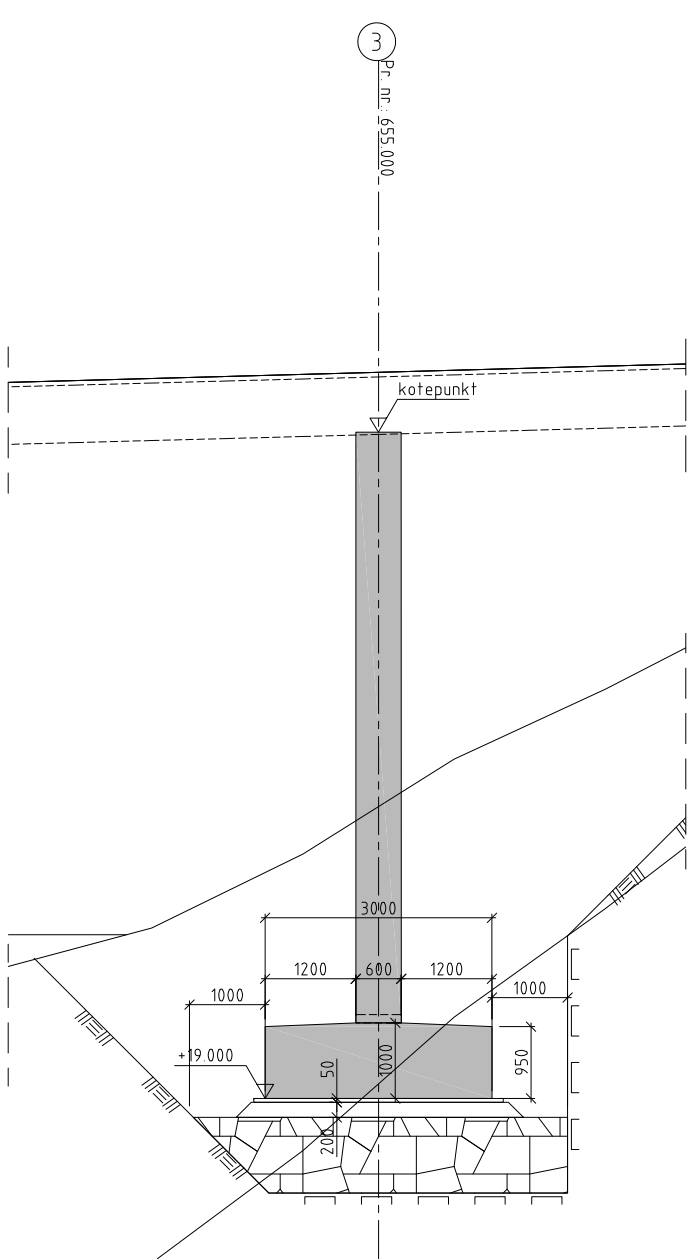
B SNITT A2  
1:50



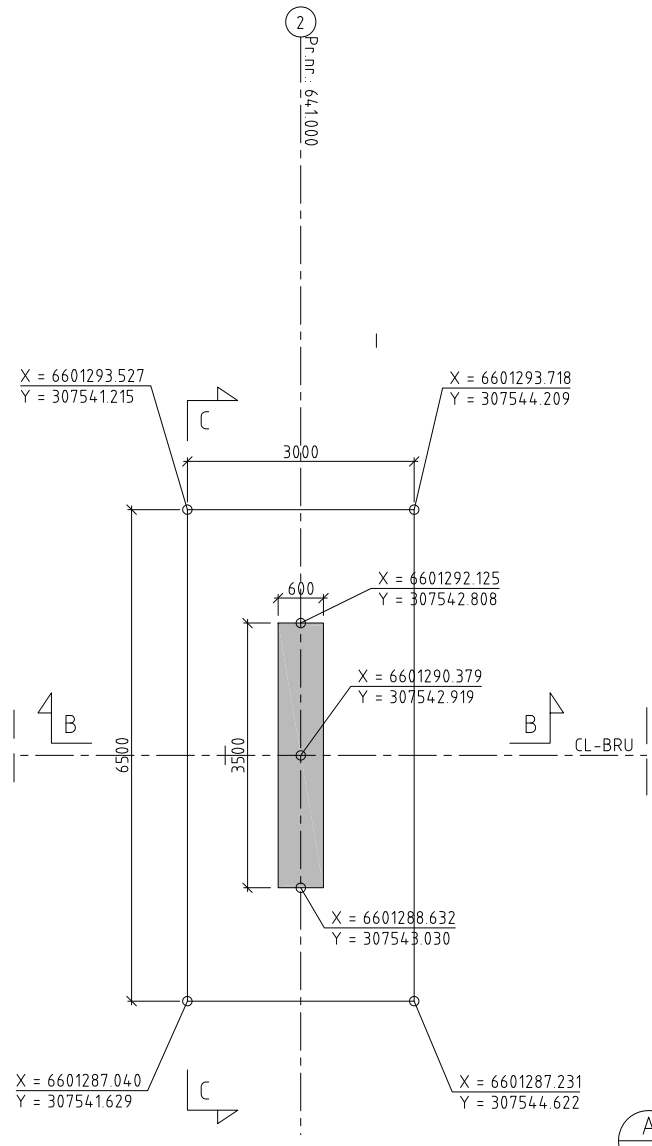
C SNITT A2  
1:50



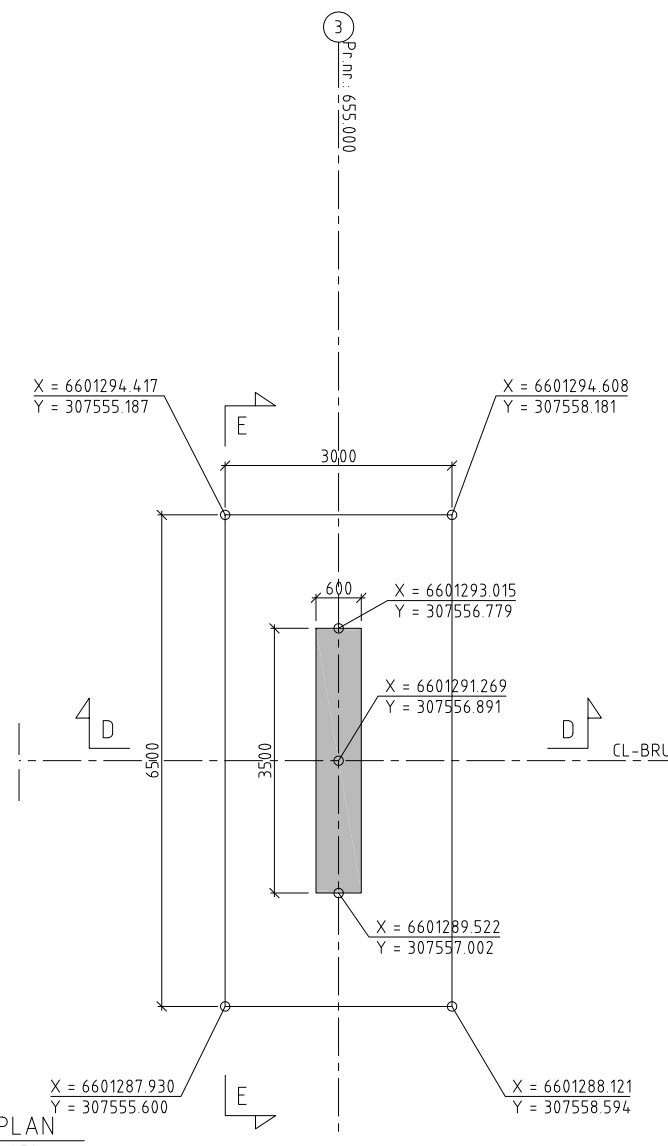
E SNITT A3  
1:50



D SNITT A3  
1:50



A PLAN  
1:50

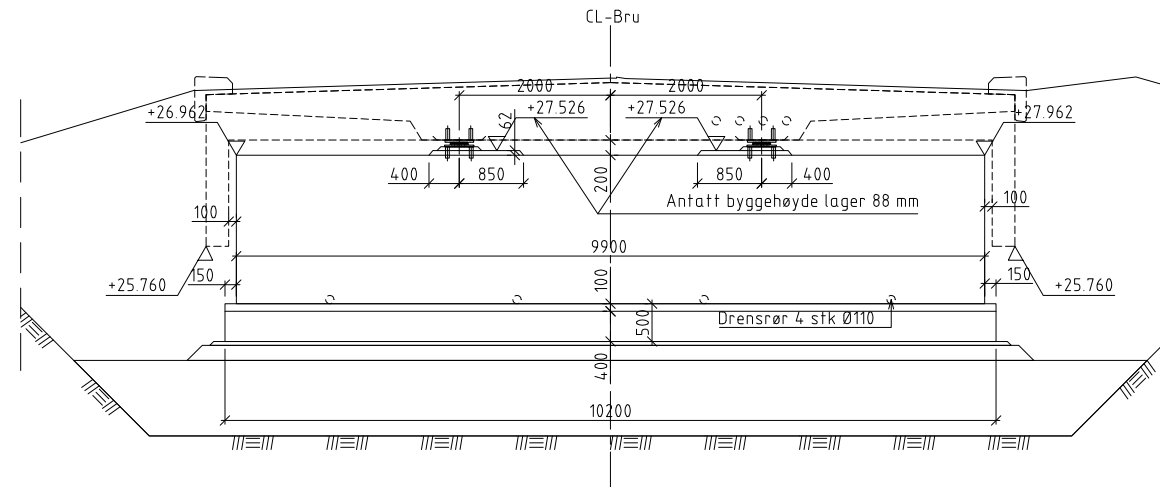


BEMERKNINGER

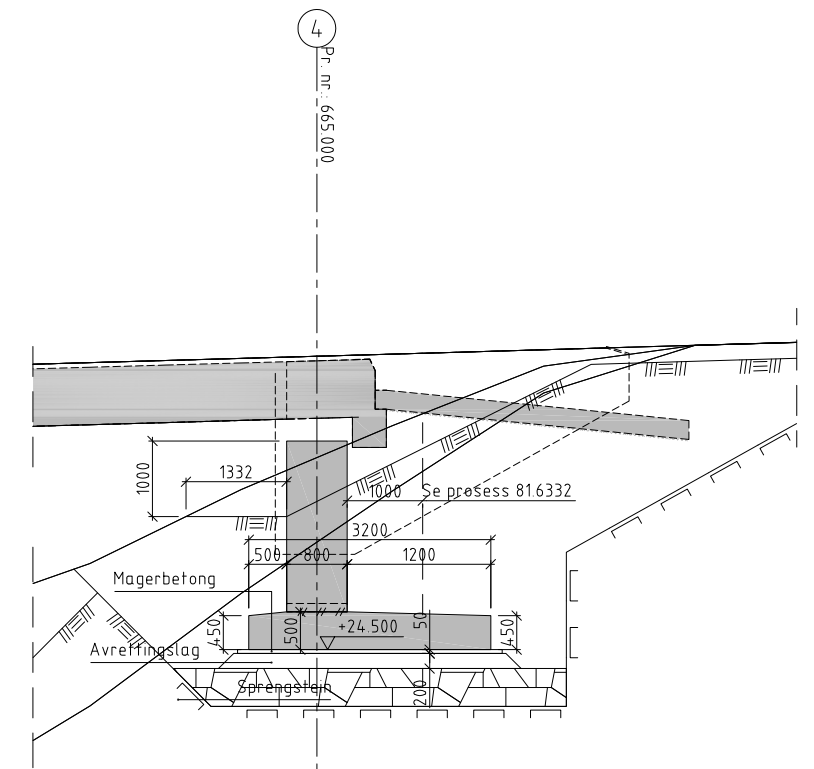
- Prosjekteringsregler**  
 - Håndbok 185: Bruprosjektering, Okt 2009.  
 Dimensjonerende belegningsvekt=2,5kN/m2
- Betong/Armering**  
 Betongkvalitet: B45 SV-40  
 Bestandighetsklasse: MF40  
 Nøyaktighetsklasse: A  
 Luftinnhold: 5+\_15%  
 Armering: Slakkarmering B500NC, NS3576-3
- Kontrollklasse: Utvidet kontroll, NS3465
- ALLE HJØRNER AVFASES 20 mm

TILBUDSTEGNING

Rev.	Dato	Erstatning - endring	Tegn. av	Kontr.	Godkj./sign
Godkjendt som arbeidstegning iflg. Notat fra Vegdirektoratet			Saksnr. xxxxxxxxxx-xxx		
Statens vegvesen			Tegn. av: RGE	01.05.2011	
E134 Skjoldavik-Solheim			Kontr.: Hse	11.05.2011	
Nygårdsbekkenbrua			Godkj./sign:		
Pilar akse 2 og 3			Saksb: H. Selseng		
Form			Br. nr: 11-2166		
Produisert av: Bruseksjonen Region Vest			PROFnr: 11-2166 Nygårdsbekkenbrua		
			Arkiv ref:		
			Målestokk: A1. Som vist!		
			Tegn. nr:		
			Rev:		
					K2166-04



C SNITT  
1:50



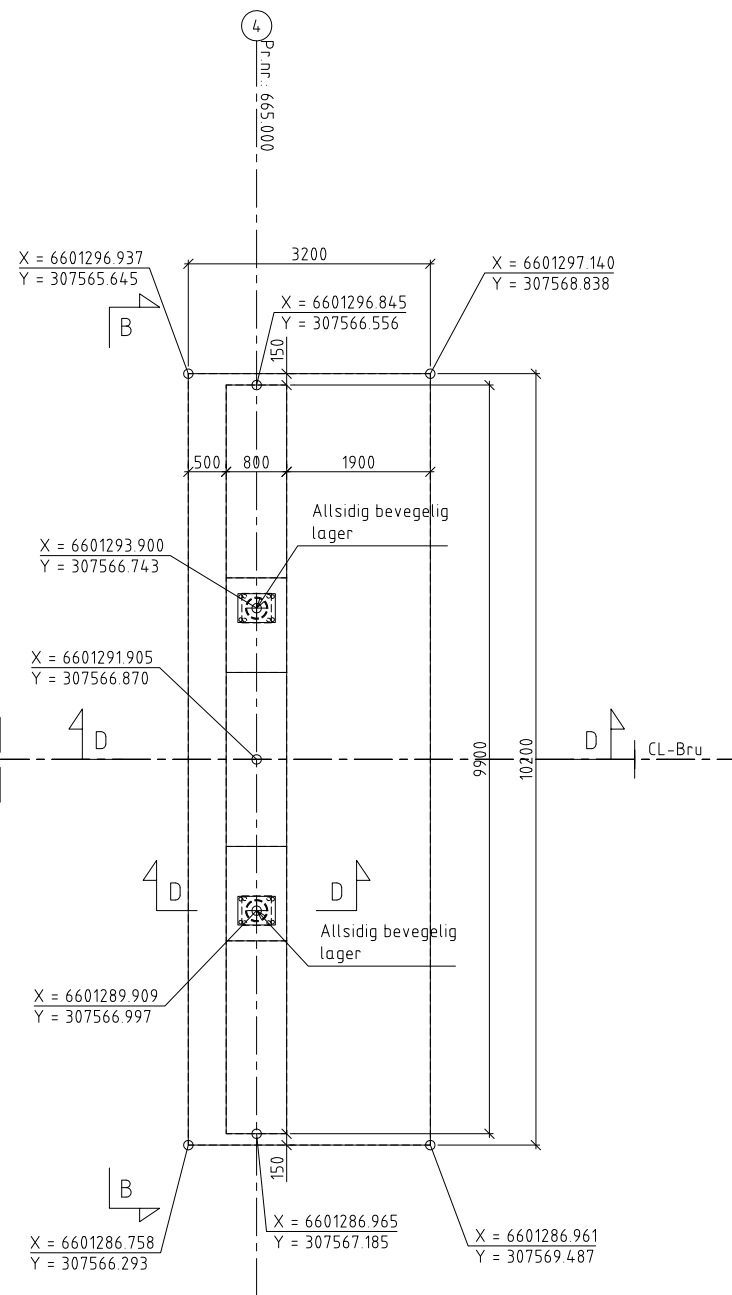
B SNITT  
1:20

BEMERKNINGER

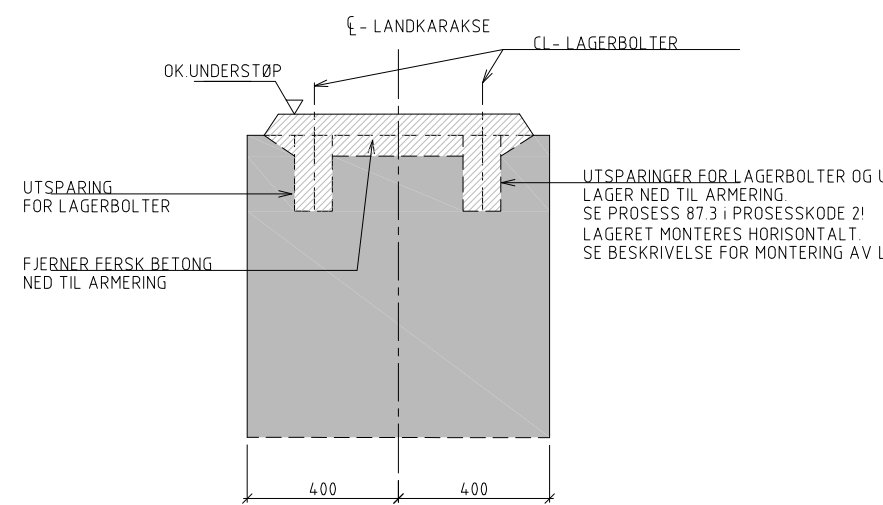
- BETONG  
 Betongkvalitet: B45 SV-40  
 Bestandighetsklasse: MF40  
 Luftinnhold: 5 ± 15%  
 Tilslagsstørrelse: D100=22mm  
 Kontrollklasse: Utvidet kontroll, NS3465
- DIMENSJONERINGSGRUNNLAG  
 Prosjektering av bruer HB185, ver.2009-okt  
 Dimensjonerende belegningsvekt=2,5kN/m2
- ALLE HJØRNER AVFASES 20 mm
- LAGERPLASSERING:  
 Kontrolleres med lagerleverandør  
 Angitt kofeh. lagerhytte avhenger av valgt lagertype
- PLASSERING AV JEKK:  
 Nærmest mulig lager
- LAGER 2 STK. TOBE A30 EL.TILSV. PR. AKSE:  
 A30:  
 Nmax = 1808 kN (BRD-gr.tilst.)  
 Nmin = 954 kN (BRD-gr.tilst.)  
 Jekkelast er: 498 kN BRK-gr. u/trafikk, 973 kN BRK-gr. m/trafikk  
 Rotasjon: max. 0,95%  
 Bevegelse +/- 50mm i bruretningen.

TILBUDSTEGNING

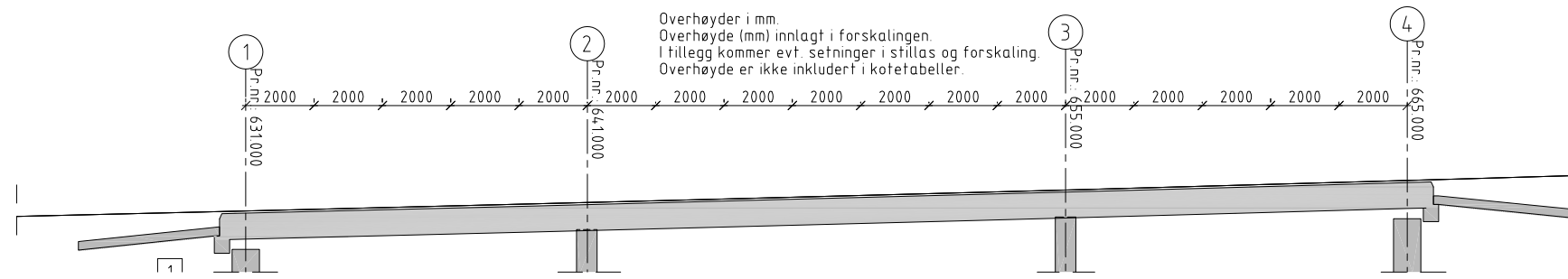
Rev.	Dato	Erstatning - endring	Tegn. av	Kontr.	Godkj./sign
Godkjendt som arbeidstegning iflg. Notat fra Vegdirektoratet			Saksnr. xxxxxxxxxx-xxx		
			Tegn. av: RGE	01.05.2011	
			Kontr.: Hse	11.05.2011	
Statens vegvesen			Godkj./sign:		
E134 Skjoldavik-Solheim			Saksb: H. Selseng		
			Bru nr: 11-2166		
Nygårdsbekkenbrua			PROFnr: 11-2166 Nygårdsbekkenbrua		
Landkar akse 4			Arkiv ref:		
Form			Målestokk: A1. Som vist!		
Produsert av: Bruseksjonen Region Vest			Tegn. nr:		
			Rev:		
					K2166-05



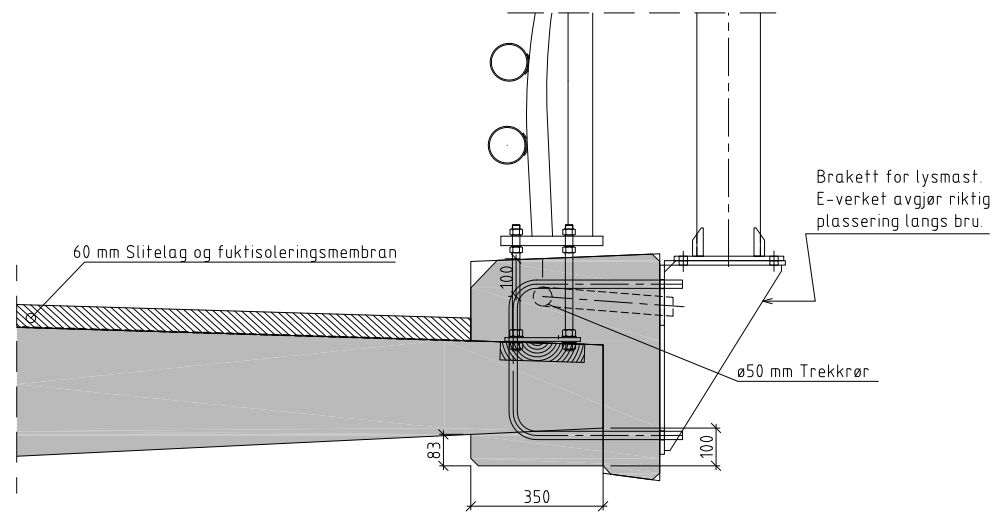
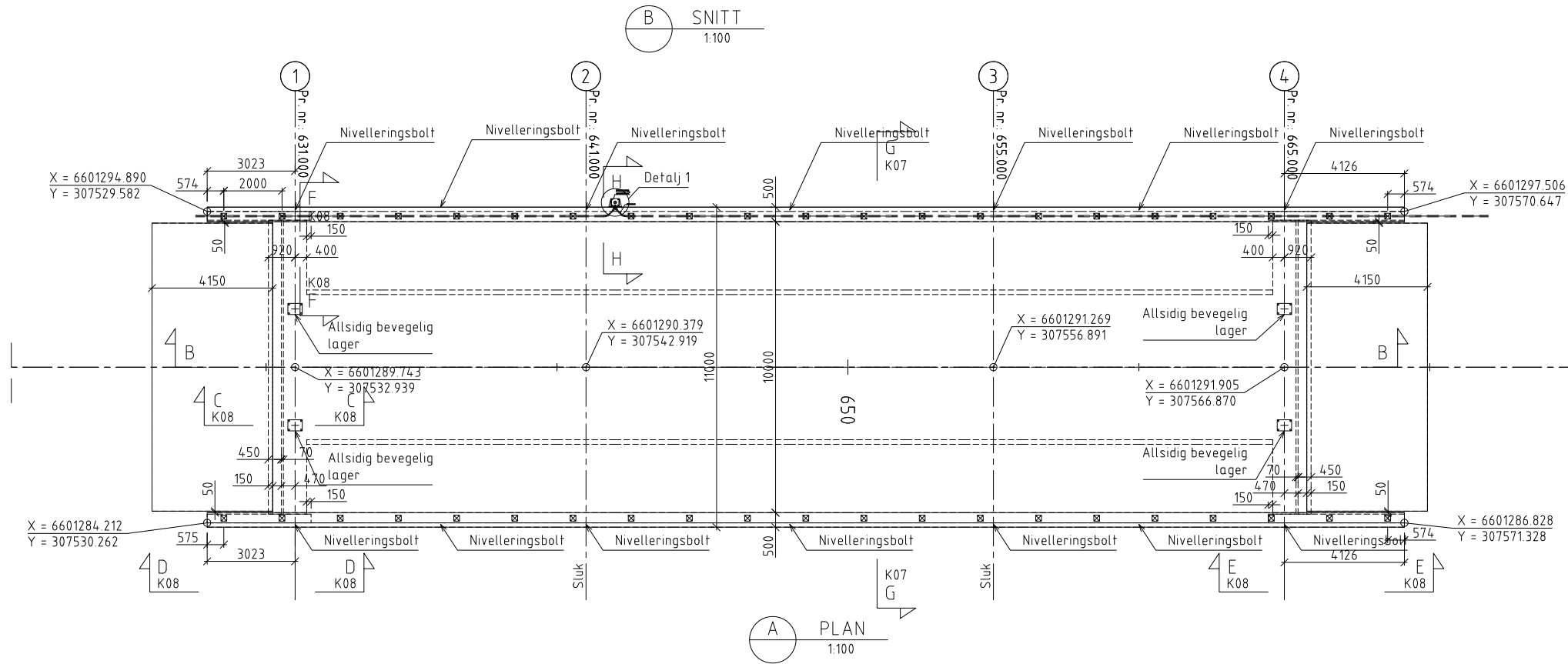
A PLAN  
1:50



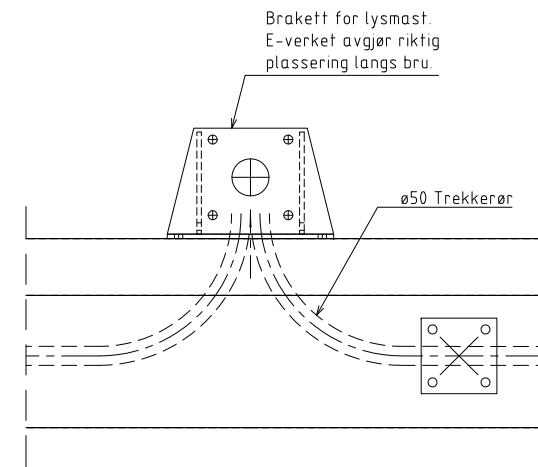
D SNITT  
1:10



Overhøyer i mm.  
 Overhøide (mm) innlagt i forskalingen.  
 I tillegg kommer evt. setninger i stillas og forskaling.  
 Overhøide er ikke inkludert i kotetabeller.



**H SNITT**  
1:10



**1 DETALJ**  
1:10

**BEMERKNINGER**

**Prosjekteringsregler**

- Håndbok 185. Bruprosjektering. Okt. 2009.  
 Dimensjonerende belegningsvekt=2,5kN/m<sup>2</sup>

**Betong/Armering**

Betongkvalitet: B45 SV-40  
 Bestandighetsklasse: MF40  
 Nøyaktighetsklasse: A  
 Luftinnhold: 5+\_15%  
 Armering: Slakkarmering B500NC, NS3576-3

Kontrollklasse: Utvidet kontroll, NS3465

ALLE HJØRNER AVFASES 20 mm

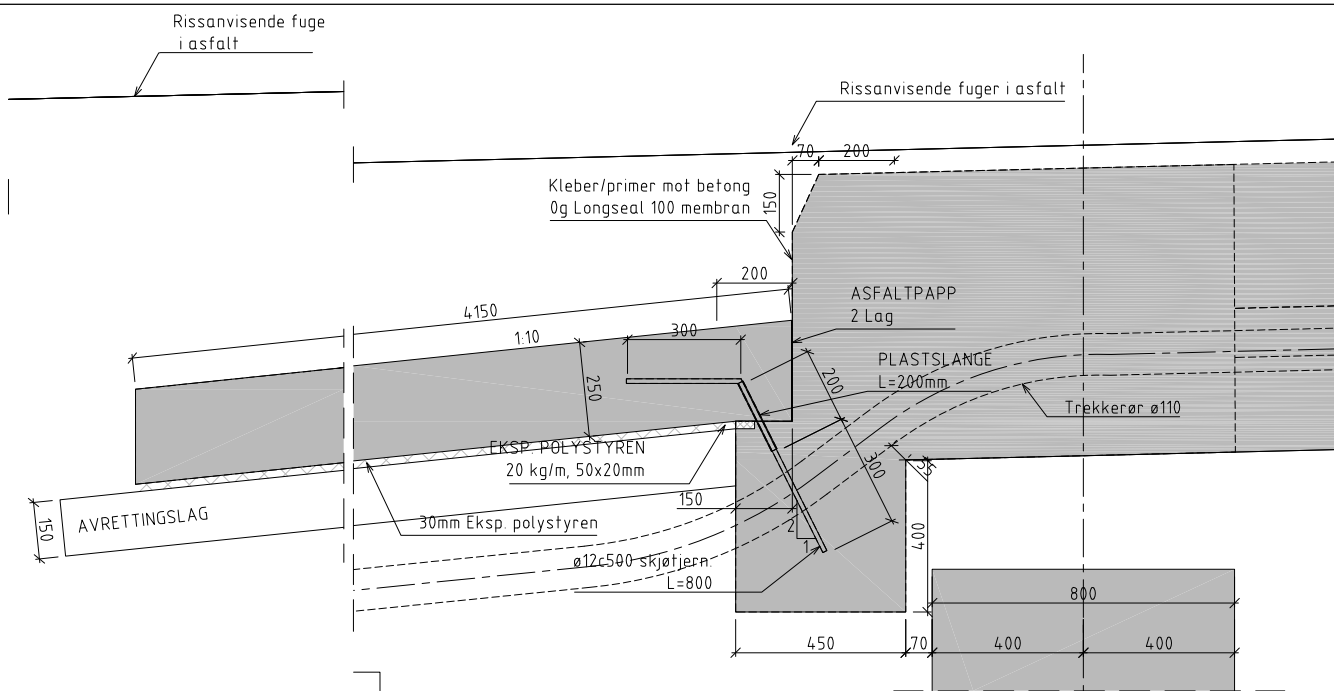
For koordinater til nivelleringsbolter, se IDV-plan K2166-30

**TILBUDSTEGNING**

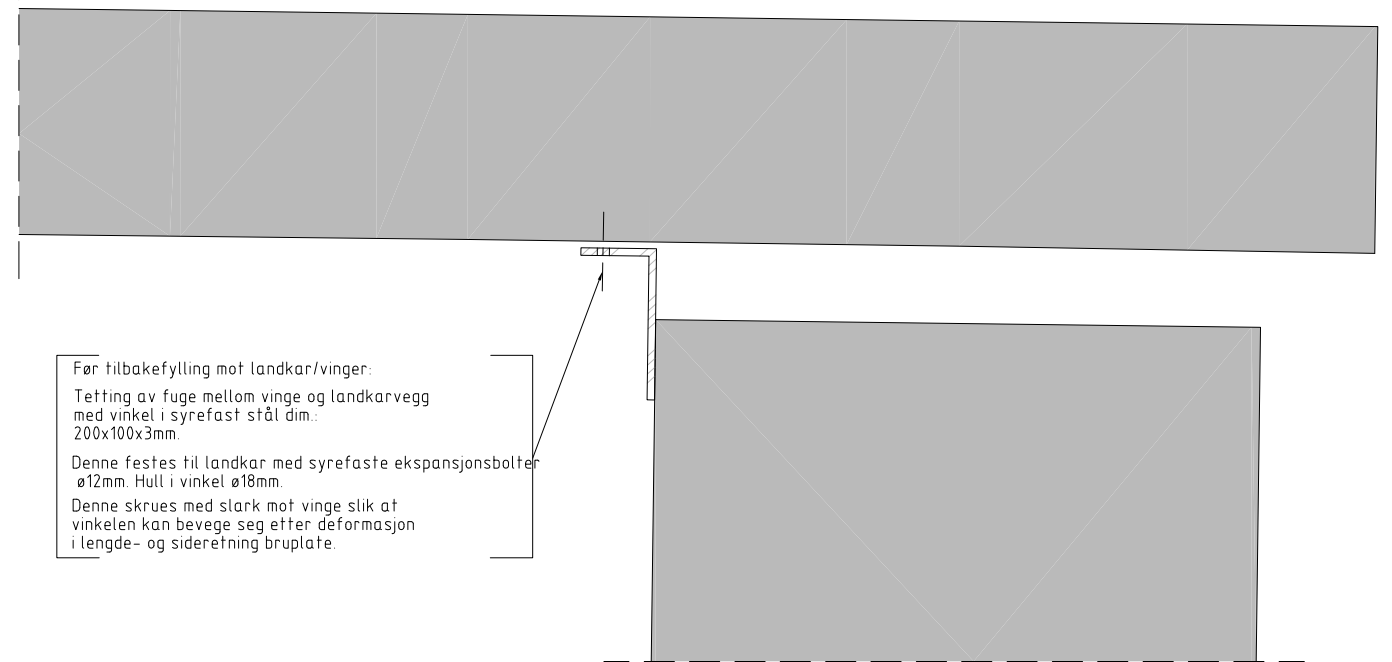
1	26.10.2011	Endring iflg. kontrollrapport nr. 1	RGE	HSE	
Rev.	Dato	Erstatning - endring	Tegn. av	Kontr.	Godkj./sign.
Godkjendt som arbeidstegning iflg. Notat fra Vegdirektoratet			Saksnr.	xxxxxxx-xxx	
 Statens vegvesen E134 Skjoldavik-Solheim			Tegn. av	RGE	01.05.2011
			Kontr.	Hse	11.05.2011
Nygårdsbekkenbrua			Saksb.	H. Selseng	
Brubane			Bru nr.	11-2166	
Form			PROFnr.	11-2166 Nygårdsbekkenbrua	
Produisert av: Bruseksjonen Region Vest			Målestokk:	A1. Som vist!	
			Tegn. nr.		Rev.
					K2166-06

PROFIL	A		A	B	C		C	D		D	UK		UK	E		E	F		F	G		G	H	OK		OK
	X/Y-Koordinater		Kote	Kote	X/Y-Koordinater		Kote	X/Y-Koordinater		Kote	X/Y-Koordinater		Kote	X/Y-Koordinater		Kote	X/Y-Koordinater		Kote	X/Y-Koordinater		Kote	Kote	X/Y-Koordinater		Kote
629.000	6601294.955	307530.603	27.717	27.497	6601292.260	307530.775	27.367	6601292.106	307530.785	27.117	6601289.616	307530.943	27.117	6601287.126	307531.102	27.117	6601286.971	307531.112	27.367	6601284.277	307531.283	27.497	27.717	6601289.616	307530.943	27.877
631.000	6601295.082	307532.599	27.765	27.545	6601292.388	307532.771	27.415	6601292.233	307532.780	27.165	6601289.743	307532.939	27.165	6601287.253	307533.098	27.165	6601287.098	307533.108	27.415	6601284.404	307533.279	27.545	27.765	6601289.743	307532.939	27.925
633.000	6601295.209	307534.595	27.813	27.593	6601292.515	307534.767	27.463	6601292.360	307534.776	27.213	6601289.870	307534.935	27.213	6601287.380	307535.094	27.213	6601287.225	307535.104	27.463	6601284.531	307535.275	27.593	27.813	6601289.870	307534.935	27.974
635.000	6601295.336	307536.591	27.863	27.643	6601292.642	307536.763	27.513	6601292.487	307536.772	27.263	6601289.997	307536.931	27.263	6601287.507	307537.090	27.263	6601287.353	307537.100	27.513	6601284.658	307537.271	27.643	27.863	6601289.997	307536.931	28.023
637.000	6601295.464	307538.587	27.912	27.692	6601292.769	307538.758	27.562	6601292.614	307538.768	27.312	6601290.124	307538.927	27.312	6601287.634	307539.086	27.312	6601287.480	307539.095	27.562	6601284.785	307539.267	27.692	27.912	6601290.124	307538.927	28.073
639.000	6601295.591	307540.583	27.962	27.742	6601292.896	307540.754	27.612	6601292.742	307540.764	27.362	6601290.252	307540.923	27.362	6601287.762	307541.082	27.362	6601287.607	307541.091	27.612	6601284.912	307541.263	27.742	27.962	6601290.252	307540.923	28.123
641.000	6601295.718	307542.579	28.013	27.793	6601293.023	307542.750	27.663	6601292.869	307542.760	27.413	6601290.379	307542.919	27.413	6601287.889	307543.078	27.413	6601287.734	307543.087	27.663	6601285.040	307543.259	27.793	28.013	6601290.379	307542.919	28.173
643.000	6601295.845	307544.575	28.064	27.844	6601293.151	307544.746	27.714	6601292.996	307544.756	27.464	6601290.506	307544.915	27.464	6601288.016	307545.073	27.464	6601287.861	307545.083	27.714	6601285.167	307545.255	27.844	28.064	6601290.506	307544.915	28.225
645.000	6601295.972	307546.571	28.116	27.896	6601293.278	307546.742	27.766	6601293.123	307546.752	27.516	6601290.633	307546.911	27.516	6601288.143	307547.069	27.516	6601287.988	307547.079	27.766	6601285.294	307547.251	27.896	28.116	6601290.633	307546.911	28.276
647.000	6601296.099	307548.567	28.168	27.948	6601293.405	307548.738	27.818	6601293.250	307548.748	27.568	6601290.760	307548.907	27.568	6601288.270	307549.065	27.568	6601288.116	307549.075	27.818	6601285.421	307549.247	27.948	28.168	6601290.760	307548.907	28.328
649.000	6601296.227	307550.563	28.220	28.000	6601293.532	307550.734	27.870	6601293.377	307550.744	27.620	6601290.887	307550.903	27.620	6601288.397	307551.061	27.620	6601288.243	307551.071	27.870	6601285.548	307551.243	28.000	28.220	6601290.887	307550.903	28.381
651.000	6601296.354	307552.558	28.274	28.054	6601293.659	307552.730	27.924	6601293.505	307552.740	27.674	6601291.015	307552.899	27.674	6601288.525	307553.057	27.674	6601288.370	307553.067	27.924	6601285.675	307553.239	28.054	28.274	6601291.015	307552.899	28.434
653.000	6601296.481	307554.554	28.327	28.107	6601293.786	307554.726	27.977	6601293.632	307554.736	27.727	6601291.142	307554.895	27.727	6601288.652	307555.053	27.727	6601288.497	307555.063	27.977	6601285.803	307555.235	28.107	28.327	6601291.142	307554.895	28.488
655.000	6601296.608	307556.550	28.381	28.161	6601293.914	307556.722	28.031	6601293.759	307556.732	27.781	6601291.269	307556.891	27.781	6601288.779	307557.049	27.781	6601288.624	307557.059	28.031	6601285.930	307557.231	28.161	28.381	6601291.269	307556.891	28.542
657.000	6601296.735	307558.546	28.436	28.216	6601294.041	307558.718	28.086	6601293.886	307558.728	27.836	6601291.396	307558.887	27.836	6601288.906	307559.045	27.836	6601288.751	307559.055	28.086	6601286.057	307559.227	28.216	28.436	6601291.396	307558.887	28.596
659.000	6601296.862	307560.542	28.491	28.271	6601294.168	307560.714	28.141	6601294.013	307560.724	27.891	6601291.523	307560.882	27.891	6601289.033	307561.041	27.891	6601288.879	307561.051	28.141	6601286.184	307561.223	28.271	28.491	6601291.523	307560.882	28.651
661.000	6601296.990	307562.538	28.547	28.327	6601294.295	307562.710	28.197	6601294.140	307562.720	27.947	6601291.650	307562.878	27.947	6601289.160	307563.037	27.947	6601289.006	307563.047	28.197	6601286.311	307563.219	28.327	28.547	6601291.650	307562.878	28.707
663.000	6601297.117	307564.534	28.603	28.383	6601294.422	307564.706	28.253	6601294.268	307564.716	28.003	6601291.778	307564.874	28.003	6601289.288	307565.033	28.003	6601289.133	307565.043	28.253	6601286.438	307565.215	28.383	28.603	6601291.778	307564.874	28.763
665.000	6601297.244	307566.530	28.659	28.439	6601294.549	307566.712	28.309	6601294.395	307566.722	28.059	6601291.905	307566.881	28.059	6601289.415	307567.039	28.059	6601289.260	307567.049	28.309	6601286.566	307567.215	28.439	28.659	6601291.905	307566.881	28.820
667.000	6601297.371	307568.526	28.716	28.496	6601294.677	307568.698	28.366	6601294.522	307568.708	28.116	6601292.032	307568.866	28.116	6601289.542	307569.025	28.116	6601289.387	307569.035	28.366	6601286.693	307569.206	28.496	28.716	6601292.032	307568.866	28.877

PROFIL	VK1		VK1	VK2		VK2	HK1		HK1	HK2		HK2
	X/Y-Koordinater		Kote	X/Y-Koordinater		Kote	X/Y-Koordinater		Kote	X/Y-Koordinater		Kote
627.979	6601295.040	307529.575	27.933	6601295.040	307529.575	27.333	6601284.062	307530.274	27.933	6601284.062	307530.274	27.333
628.000	6601295.041	307529.595	27.933	6601295.041	307529.595	27.333	6601284.063	307530.295	27.933	6601284.063	307530.295	27.333
630.000	6601295.168	307531.591	27.981	6601295.168	307531.591	27.381	6601284.190	307532.291	27.981	6601284.190	307532.291	27.381
632.000	6601295.295	307533.587	28.030	6601295.295	307533.587	27.430	6601284.318	307534.287	28.030	6601284.318	307534.287	27.430
634.000	6601295.423	307535.583	28.079	6601295.423	307535.583	27.479	6601284.445	307536.283	28.079	6601284.445	307536.283	27.479
636.000	6601295.550	307537.579	28.128	6601295.550	307537.579	27.528	6601284.572	307538.279	28.128	6601284.572	307538.279	27.528
638.000	6601295.677	307539.575	28.178	6601295.677	307539.575	27.578	6601284.699	307540.275	28.178	6601284.699	307540.275	27.578
640.000	6601295.804	307541.571	28.228	6601295.804	307541.571	27.628	6601284.826	307542.271	28.228	6601284.826	307542.271	27.628
642.000	6601295.931	307543.567	28.279	6601295.931	307543.567	27.679	6601284.953	307544.267	28.279	6601284.953	307544.267	27.679
644.000	6601296.058	307545.563	28.330	6601296.058	307545.563	27.730	6601285.081	307546.263	28.330	6601285.081	307546.263	27.730
646.000	6601296.186	307547.559	28.382	6601296.186	307547.559	27.782	6601285.208	307548.258	28.382	6601285.208	307548.258	27.782
648.000	6601296.313	307549.555	28.435	6601296.313	307549.555	27.835	6601285.335	307550.254	28.435	6601285.335	307550.254	27.835
650.000	6601296.440	307551.551	28.487	6601296.440	307551.551	27.887	6601285.462	307552.250	28.487	6601285.462	307552.250	27.887
652.000	6601296.567	307553.547	28.541	6601296.567	307553.547	27.941	6601285.589	307554.246	28.541	6601285.589	307554.246	27.941
654.000	6601296.694	307555.543	28.595	6601296.694	307555.543	27.995	6601285.716	307556.242	28.595	6601285.716	307556.242	27.995
656.000	6601296.821	307557.539	28.649	6601296.821	307557.539	28.049	6601285.844	307558.238	28.649	6601285.844	307558.238	28.049
658.000	6601296.949	307559.535	28.704	6601296.949	307559.535	28.104	6601285.971	307560.234	28.704	6601285.971	307560.234	28.104
660.000	6601297.076	307561.531	28.759	6601297.076	307561.531	28.159	6601286.098	307562.230	28.759	6601286.098	307562.230	28.159
662.000	6601297.203	307563.527	28.815	6601297.203	307563.527	28.215	6601286.225	307564.226	28.815	6601286.225	307564.226	28.215
664.000	6601297.330	307565.523	28.871	6601297.330	307565.523	28.271	6601286.352	307566.222	28.871	6601286.352	307566.222	28.271
666.000	6601297.457	307567.519	28.928	6601297.457	307567.519	28.328	6601286.479	307568.218	28.928	6601286.479	307568.218	28.328
668.000	6601297.584	307569.515	28.986	6601297.584	307569.515	28.386	6601286.607	307570.214	28.986	6601286.607	307570.214	28.386
669.129	6601297.656	307570.641	29.018	6601297.656	307570.641	28.418	6601286.678	307571.341	29.018	6601286.678	307571	

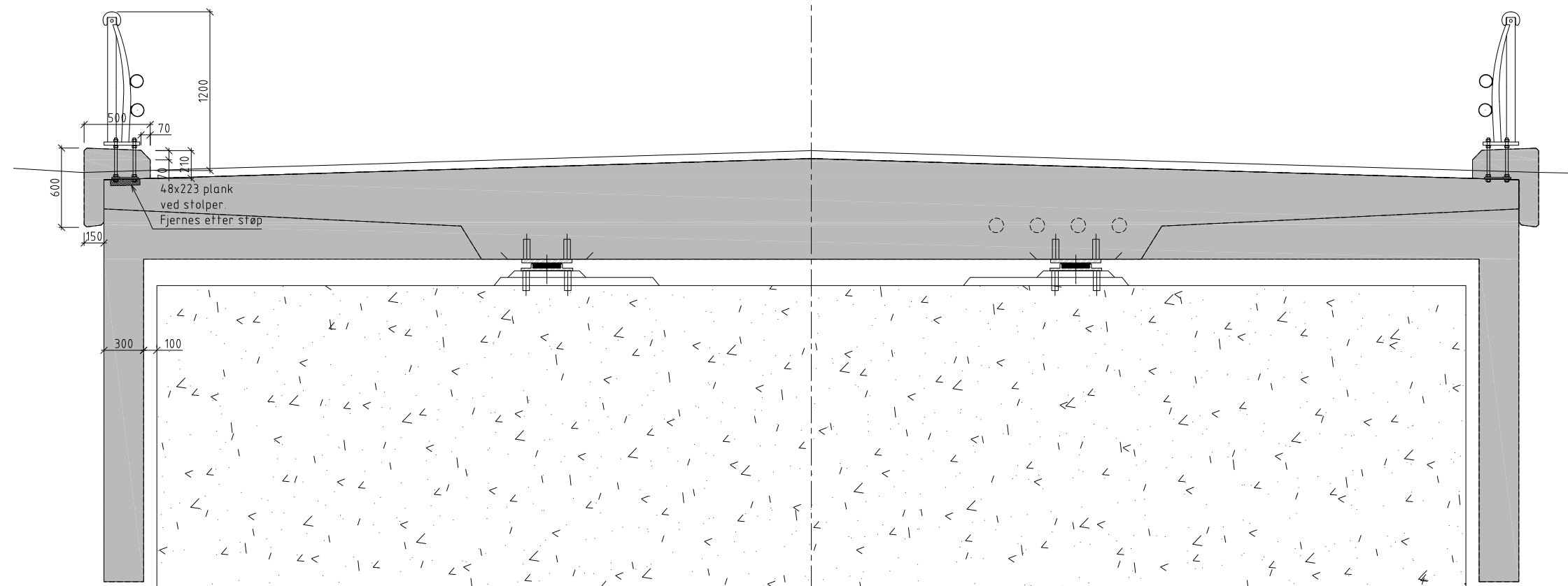


C SNITT  
K06 1:10

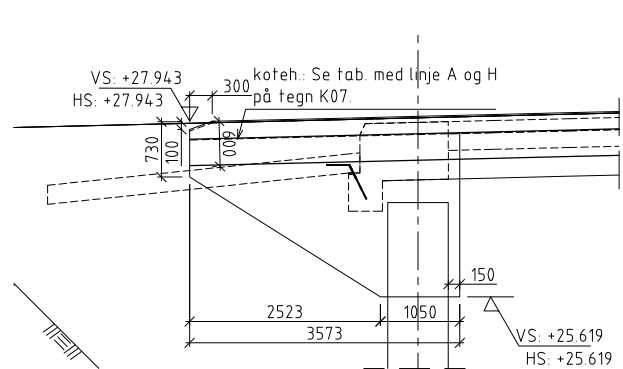


Før tilbakefylling mot landkar/vinger:  
Tetting av fuger mellom vinge og landkarvegg med vinkel i syrefast stål dim.: 200x100x3mm.  
Denne festes til landkar med syrefaste ekspansjonsbolter ø12mm. Hull i vinkel ø18mm.  
Denne skrues med slark mot vinge slik at vinkelen kan bevege seg etter deformasjon i lengde- og sideretning bruplate.

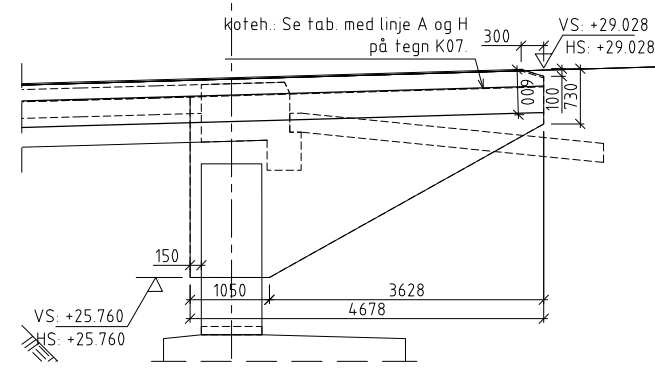
G SNITT  
1:5



F SNITT  
K06 1:20



D OPPRISS  
K314-06 1:50



E OPPRISS  
K314-06 1:50

### BEMERKNINGER

#### Prosjekteringsregler

- Håndbok 185: Bruprosjektering, Okt 2009.  
Dimensjonerende belegningsvekt=2,5kN/m<sup>2</sup>

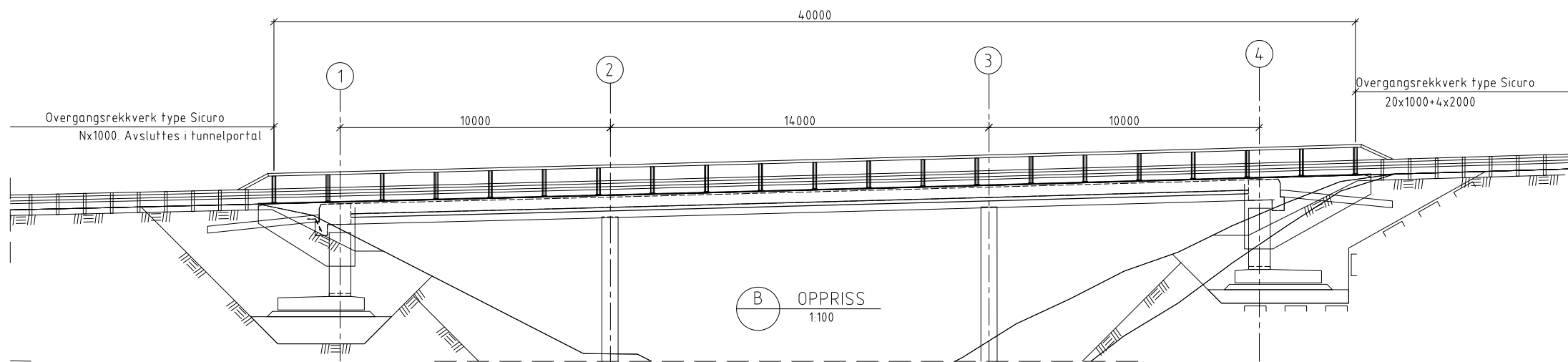
#### Betong/Armering

Betongkvalitet: B45 SV-40  
Bestandighetsklasse: MF40  
Nøyaktighetsklasse: A  
Luftinnhold: 5+\_15%  
Armering: Slakkarmering B500NC, NS3576-3

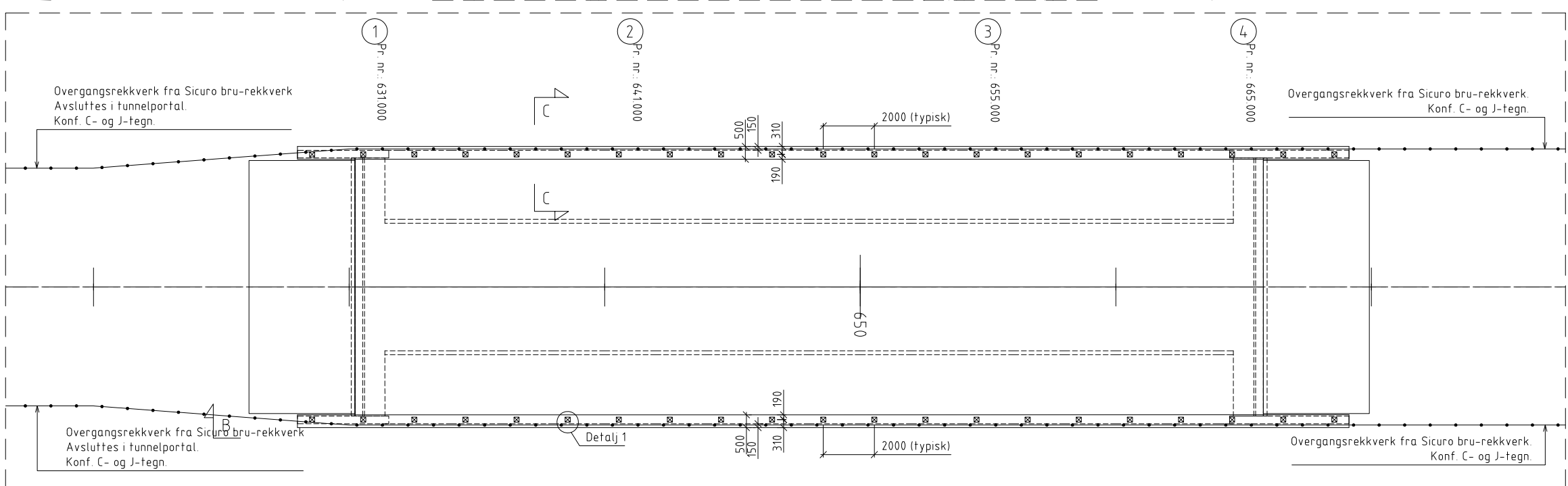
Kontrollklasse: Utvidet kontroll, NS3465

ALLE HJØRNER AVFASES 20 mm

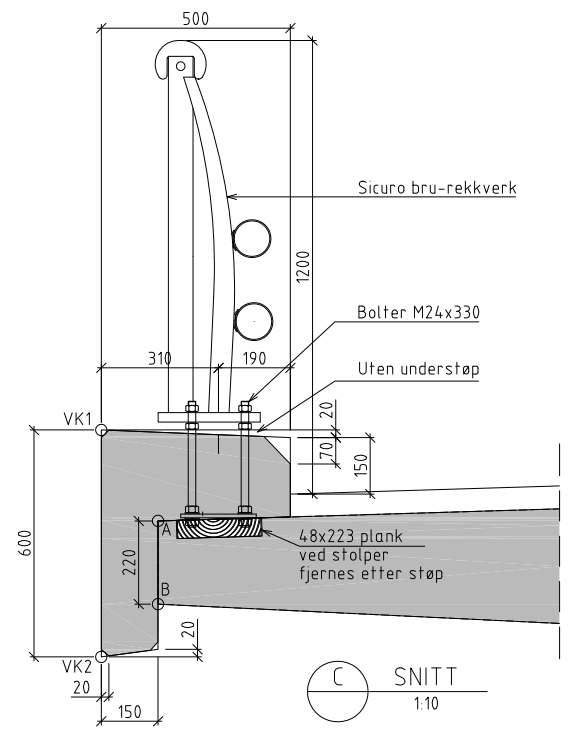
1	26.10.2011	Endring iflg. kontrollrapport nr. 1	RGE	HSE	
Rev.	Dato	Erstatning - endring	Tegn. av	Kontr.	Godkj./sign
Godkjendt som arbeidstegning iflg. Notat fra Vegdirektoratet			Saksnr. xxxxxxxxxx-xxx		
 Statens vegvesen			Tegn. av: RGE	01.05.2011	
			Kontr.: Hse	11.05.2011	
E134 Skjoldavik-Solheim			Saksb.: H. Selseng		
Nygårdsbekkenbrua			Bru nr.: 11-2166		
Tverrbjelker og vinger			PROFnr: 11-2166 Nygårdsbekkenbrua		
Form			Arkiv ref.:		
			Målestokk: A1. Som vist!		
			Tegn. nr.:		
Produsert av: Bruseksjonen Region Vest					Rev. K2166-08



(B) OPPERISS  
1:100



(A) PLAN  
1:100



(C) SNITT  
1:10

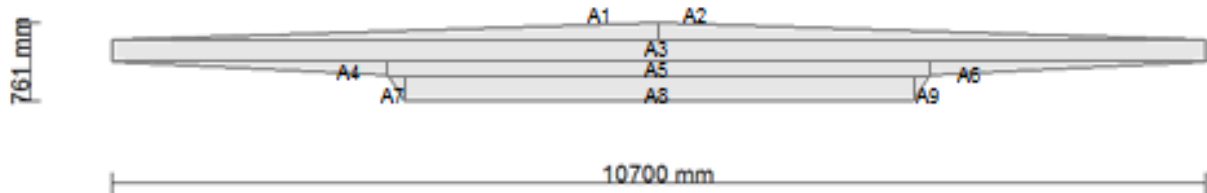
BEMERKNINGER

1. Materialer og utførelse ihht. Statens vegvesens håndbøker: Rekkverkshåndbok 231 og Standard brurekkeverk 268.
2. Bolter for innfesting M24-8.8, syrefast stål A4, kvalitet 80.
3. Rekkverk skal varmforsinkes, klasse B, ihht. nevnte håndbøker.
4. Stolpene skal stå vertikalt.

TILBUDSTEGNING

A	26.10.2011	Endring iflg. kontrollrapport nr 1	RGE	HSE	
Rev.	Dato	Erstatning - endring	Tegn. av	Kontr.	Godkj./sign.
Godkjendt som arbeidstegning iflg. Notat fra Vegdirektoratet			Saksnr.	xxxxxxx-xxx	
Statens vegvesen E134 Skjoldavik-Solheim Nygårdsbekkenbrua Rekkverk			Tegn. av	RGE	01.05.2011
			Kontr.	Hse	11.05.2011
			Godkj./sign.		
			Saksb.	H. Selseng	
			Bru nr.	11-2166	
			PROFnr.	11-2166 Nygårdsbekkenbrua	
			Arkiv ref.		
			Målestokk	A1. Som vist!	
			Tegn. nr.		Rev.
Produsert av: Bruseksjonen Region Vest					2166-K09

## APPENDIKS II – BEREGNING AV TYNGDEPUNKT FOR OVERBYGNING



$$A_1 := \frac{5.35\text{m} \cdot 0.16\text{m}}{2} = 0.428\text{m}^2$$

$$A_2 := \frac{5.35\text{m} \cdot 0.16\text{m}}{2} = 0.428\text{m}^2$$

$$A_3 := 0.22\text{m} \cdot 10.7\text{m} = 2.354\text{m}^2$$

$$A_4 := \frac{2.7\text{m} \cdot 0.13\text{m}}{2} = 0.176\text{m}^2$$

$$A_5 := 0.13\text{m} \cdot 5.3\text{m} = 0.689\text{m}^2$$

$$A_6 := \frac{2.7\text{m} \cdot 0.13\text{m}}{2} = 0.176\text{m}^2$$

$$A_7 := 0.25\text{m} \cdot 4.99\text{m} = 1.248\text{m}^2$$

$$A_8 := \frac{0.25\text{m} \cdot 0.155\text{m}}{2} = 0.019\text{m}^2$$

$$A_9 := \frac{0.25\text{m} \cdot 0.155\text{m}}{2} = 0.019\text{m}^2$$

$$y_1 := 0.653\text{m}$$

$$y_2 := 0.653\text{m}$$

$$y_3 := 0.49\text{m}$$

$$y_4 := 0.3367\text{m}$$

$$y_5 := 0.315\text{m}$$

$$y_6 := 0.3367\text{m}$$

$$y_7 := 0.125\text{m}$$

$$y_8 := 0.167\text{m}$$

$$y_9 := 0.167\text{m}$$

$$A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 = 5.536\text{m}^2$$

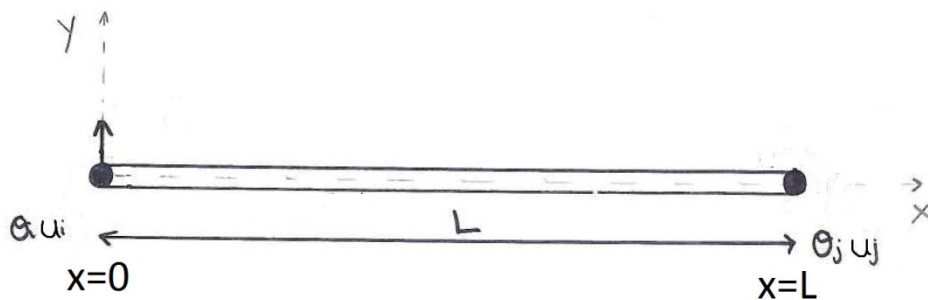
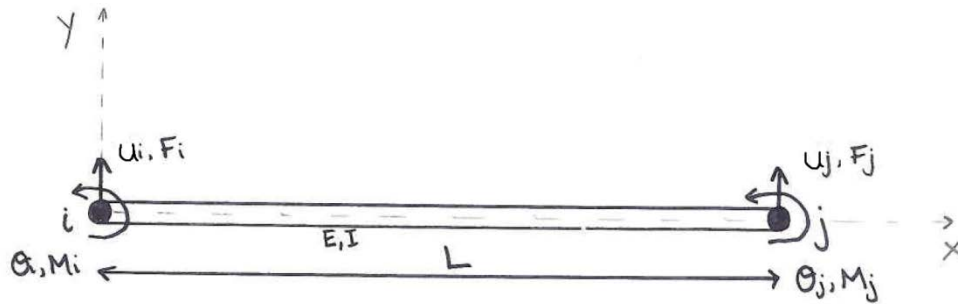
$$A_{\text{tot}} := 5.536\text{m}^2$$



$$A_i := \begin{pmatrix} 0.428\text{m}^2 \\ 0.428\text{m}^2 \\ 2.354\text{m}^2 \\ 0.176\text{m}^2 \\ 0.689\text{m}^2 \\ 0.176\text{m}^2 \\ 1.248\text{m}^2 \\ 0.019\text{m}^2 \\ 0.019\text{m}^2 \end{pmatrix} \quad y_i := \begin{pmatrix} 0.653\text{m} \\ 0.653\text{m} \\ 0.49\text{m} \\ 0.3367\text{m} \\ 0.315\text{m} \\ 0.3367\text{m} \\ 0.125\text{m} \\ 0.167\text{m} \\ 0.167\text{m} \end{pmatrix}$$

$$y_o := \frac{\sum_{i=1}^1 (A_i \cdot y_i)}{A_{\text{tot}}} = 0.399\text{m}$$

### APPENDIKS III UTLEDNING AV STIVHETSMATRISEN TIL ET BJELKEELEMENT



Bjelker har forskyvning og rotasjon som 2 dofs i hver node som er  $u$  og  $\frac{du}{dx}$ .

$$u = [u_1 \quad \theta_1 \quad u_2 \quad \theta_2]$$

$$u = a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4x^3 = [1 + x + x^2 + x^3][a_i] = [X][a_i]$$

Matrisen  $A$  nedenfor består av følgende; rad 1 i matrisen er  $X(x=0)$ , rad 2;  $X'(x=0)$ , rad 3;  $X(x=L)$ , Rad 4;  $u'(x=L)$ .

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & L & L^2 & L^3 \\ 0 & 1 & 2L & 3L^2 \end{bmatrix}$$

$$N = XA^{-1}$$

$$\det A = L^4$$

$$A^{-1} = \frac{1}{L^4} \begin{bmatrix} L^4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & L^4 & 0 & 0 \\ 3L^2 & -2L^3 & 3L^2 & -L^3 \\ 2L & L^2 & -2L & L^2 \end{bmatrix}$$

$$N_i = [1 + x + x^2 + x^3] \begin{bmatrix} L^4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & L^4 & 0 & 0 \\ 3L^2 & -2L^3 & 3L^2 & -L^3 \\ 2L & L^2 & -2L & L^2 \end{bmatrix}$$

$$N_1 = 1 - \frac{3x^2}{L^2} + \frac{2x^3}{L^3}$$

$$N_2 = x - \frac{2x^2}{L} + \frac{x^3}{L^2}$$

$$N_3 = \frac{3x^2}{L^2} - \frac{2x^3}{L^3}$$

$$N_4 = -\frac{x^2}{L} + \frac{x^3}{L^2}$$

Elementær bjelketeori:

$$EI \frac{d^2 u}{dx^2} = M(x)$$

$$\sigma = + \frac{M_y}{I}$$

Hvor I er treghetsmoment av tverrsnittsareal, y er nedbøyning av nøytralaksen,  $\theta$  er rotasjon, M er bøyemoment.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial^2}{\partial x^2} Nu = Bu$$

B er tøyningens forskyvnings matrise.

$$B = \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} = \begin{bmatrix} -\frac{6}{L^2} + \frac{12x}{L^3} & -\frac{4}{L} + \frac{6x}{L^2} & \frac{6}{L^2} - \frac{12x}{L^3} & -\frac{2}{L} + \frac{6x}{L^2} \end{bmatrix}$$

Tøyningensenergien lagret i bjelkeelementet er:

$$u = \frac{1}{2} \int_v \sigma^T \varepsilon dv = \frac{1}{2} \int_0^L \int_A + \frac{My}{I} \frac{1}{E} \left( \frac{My}{I} \right) dA dx = \frac{1}{2} \int_A \frac{M^2}{EI^2} (y^2) dA$$

$$\int_A y^2 dA = I$$

$$u = \frac{1}{2} \int_0^L \frac{M^2}{EI} dx = \frac{1}{2EI} \int_0^L E^2 I^2 \frac{d^2 u}{dx^2} dx = \frac{EI}{2} \int_0^L \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} dx$$

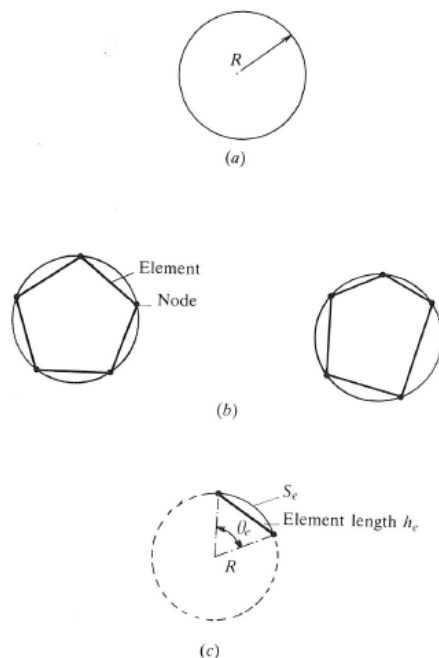
$$u = \frac{1}{2} u^T \left[ \int_0^L (B^T E I B) dx \right] u$$

$$K = \int_0^L (B^T E I B) dx$$

$$K = \frac{EI}{L^3} \begin{bmatrix} u_i & \theta_i & u_j & \theta_j \\ 12 & 6L & -12 & 6L \\ 6L & 4L^2 & -6L & 2L^2 \\ -12 & -6L & 12 & -6L \\ 6L & 2L^2 & -6L & 4L^2 \end{bmatrix}$$

## EKSEMPEL PÅ ELEMENTMETODEN

Det er tatt med et lite eksempel på hvordan elementmetoden kan brukes for å få en kjapp innføring i metoden. I figur 3-4 under vises det hvordan omkretsen til en sirkel kan bli oppdelt beregnet v.h.a element metoden. Videre er det opplistet fire punkt med forklaring av fremgangsmåten.



**Figur 3-1: Sirkel delt inn i elementer**

(J.N.Reddy, 1993)

- 1. Element diskretisering:** Sirkelen blir representert med elementer som er koblet sammen i nodene. Se figur ovenfor. Samlingen av elementene er kalt mesh. Når alle elementene har samme lengde er mesh kalt uniform. Hvis ikke blir den kalt ikke uniform.
- 2. Element ligninger:** For et typisk element i dette tilfellet er lengden  $h_e = 2R \sin \frac{1}{2} \theta_e$ . R er radius på sirkelen, og  $\theta_e$  er vinkelen motstående for elementet.
- 3. Samling av elementenes løsninger:** Den tilnærmede verdien av omkretsen til sirkelen er summen av alle verdiene for hvert element.  $P_n = \sum_{e=1}^n h_e$ . Dersom mesh

er uniform, eller at alle lengdene er like for alle elementene blir  $\theta_e = \frac{2\pi}{n}$  og derfor

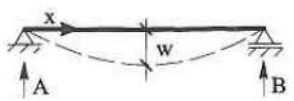
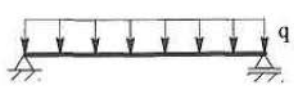
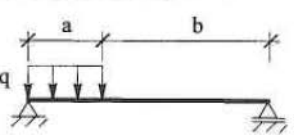
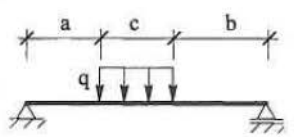

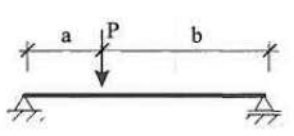
$$P_n = n(2R \sin \frac{\pi}{n})$$

- 4. Konvergering og estimering av error:** For en sirkel vet vi den eksakte løsningen.  $P = 2\pi R$ . Vi kan estimere error i det omtrentlige svaret og vise at den konvergerer mot den eksakte løsningen når  $n \rightarrow \infty$ .

(J.N.Reddy, 1993)

## APPENDIKS IV – ENKEL BJELKETEORI FORMLER

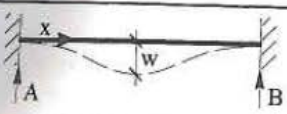
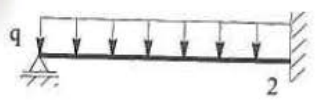

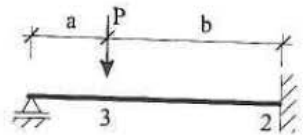
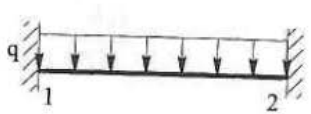
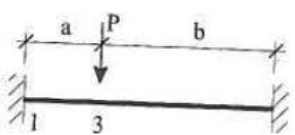
TABELL 3.1 SNITTKREFTER OG NEDBØYNING FOR FRITT OPPLAGTE BJELKER

	Reaksjonskrefter		Maks. moment (i snitt x)	Nedbøyning w (i feltmidte)
	A	B		
	$\frac{qL}{2}$	$\frac{qL}{2}$	$\frac{qL^2}{8}$ [x = L/2]	$\frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI}$
	$\frac{qa}{L} \left( L - \frac{a}{2} \right)$	$\frac{qa^2}{2L}$	$\frac{A^2}{2q}$ [x = A/q]	$\frac{1}{48} \frac{qa^2L^2}{EI} (1.5 - \alpha^2)$
	$\frac{qc(2b+c)}{2L}$	$\frac{qc(2a+c)}{2L}$	$\frac{A^2}{2q} + Aa$ [x = a + A/q]	$\frac{1}{384} \frac{qL^4}{EI} (5 - 12\alpha^2 + 8\alpha^4 - 12\beta^2 + 8\beta^4)$
	$\frac{1}{6} q_0L$	$\frac{1}{3} q_0L$	$\frac{1}{9\sqrt{3}} q_0L^2$ [x = L/\sqrt{3}]	$\frac{5}{768} \frac{q_0L^4}{EI}$
	$\frac{Pb}{L}$	$\frac{Pa}{L}$	$\frac{Pab}{L}$ [x = a]	$\frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI} (3\alpha - 4\alpha^3)$ (a ≤ b)

( $\alpha = a/L$ ,  $\beta = b/L$ )

Verdiene gjelder for EI = konstant. Alle bjelker har lengde L.

TABELL 3.2 SNITTKREFTER OG NEDBØYNING FOR INNSPENDE BJELKER

	Reaksjonskrefter	Momenter	Nedbøyning
	$A = \frac{3}{8} qL$ $B = \frac{5}{8} qL$	$M_{maks} = \frac{9}{128} qL^2$ $[x = 0.375 L]$ $M_2 = \frac{qL^2}{8}$	$w_{maks} = \frac{2}{369} \frac{qL^4}{EI}$ $[x = 0.422 L]$
	$A = \frac{1}{10} q_0 L$ $B = \frac{4}{10} q_0 L$	$M_{maks} = \frac{\sqrt{5}}{75} q_0 L^2$ $[x = 0.447 L]$ $M_2 = \frac{1}{15} q_0 L^2$	$w_{maks} = \frac{1}{419} \frac{q_0 L^4}{EI}$ $[x = 0.447 L]$
	$A = \frac{Pb^2}{2L^3} (a+2L)$ $B = P - A$	$M_3 = \frac{Pab^2}{2L^3} (a+2L)$ $M_2 = \frac{Pab}{2L^2} (a+L)$	$w_3 = \frac{Pa^2b^3(3L+a)}{12EI L^3}$
	$A = B = \frac{qL}{2}$	$M_{maks} = \frac{qL^2}{24}$ $M_1 = M_2 = \frac{qL^2}{12}$	$w_{maks} = \frac{1}{384} \frac{qL^4}{EI}$
	$A = \frac{Pb^2}{L^3} (L + 2a)$ $B = P - A$	$M_3 = 2P \frac{a^2b^2}{L^3}$ $M_1 = P \frac{ab^2}{L^2}$	$w_3 = \frac{Pa^3b^3}{3EI L^3}$

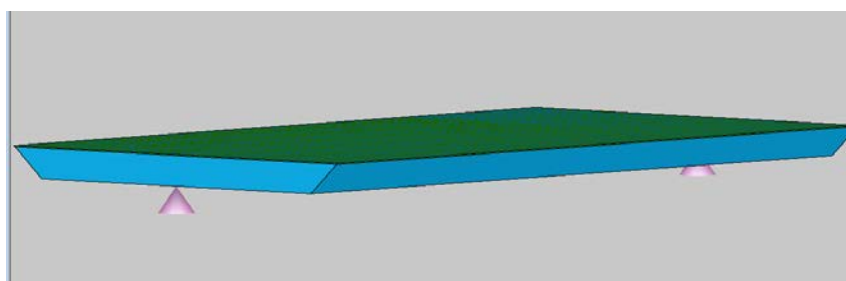
Verdiene gjelder for  $EI = \text{konstant}$ . Alle bjelker har lengde  $L$ .

$M_{maks}$  refererer til maksimalt feltmoment (opptrer i snitt  $x$ ). Merk at endemomentene er større!



## APPENDIKS V – TILLEGGS STOFF FRA PARAMETERSTUDIET INKLUDERER LITT OM NEDBØYNING

TRAPEZ- TVERRSNITT – Dette var først tatt med i oppgaven i tilfelle Den ortotropeplate/bjelke modellen skulle modelleres med en slik bjelke.



Figur 4-2: Fritt opplagt bjelke med trapez tverrsnitt

Tabell 4-1: Informasjon om bjelken med trapez tverrsnitt.

Informasjon om bjelken.	
Egenvekt betong [kN/m <sup>3</sup> ]	25
Areal bjelketverrsnitt [m <sup>2</sup> ]	3,3
Areal på dekket [m <sup>2</sup> ]	0,12
Lengde på bjelke [m]	10
Total egenlast, q [kN/m]	85,5

**Maks moment for egenvekt:**

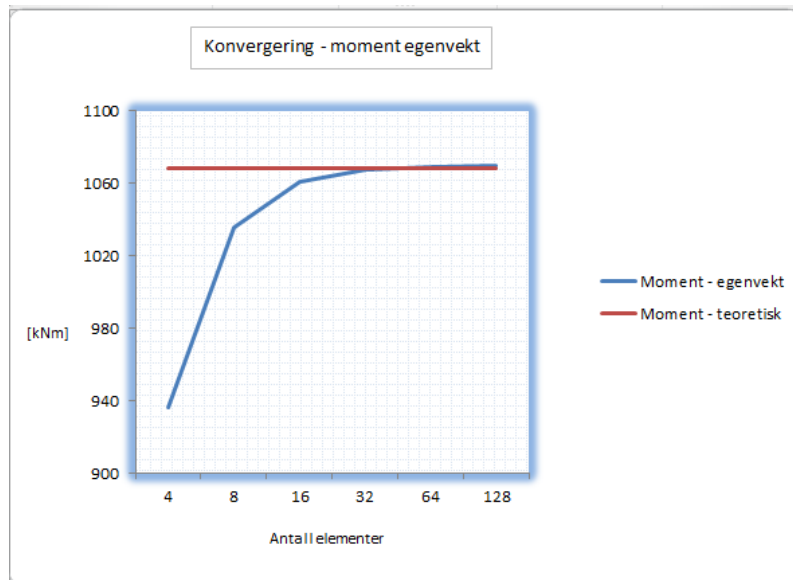
$$M_{teoretisk} = \frac{qL^2}{8} = \frac{85,5 \text{ kN/m} \times (10\text{m})^2}{8} = 1068,75 \text{ kNm}$$

**Skjærkrefter for egenvekt:**

$$V = \frac{qL}{2} = \frac{85,5 \text{ kN/m} \times 10\text{m}}{2} = 427,5 \text{ kN}$$

### Moment egenvekt for bjelken med trapez tverrsnitt

Antall elementer	Moment	M <sub>teoretisk</sub>	% avvik
4	936.2	1068.8	12.40
8	1036	1068.8	3.06
16	1061	1068.8	0.73
32	1068	1068.8	0.07
64	1069	1068.8	-0.02
128	1070	1068.8	-0.12



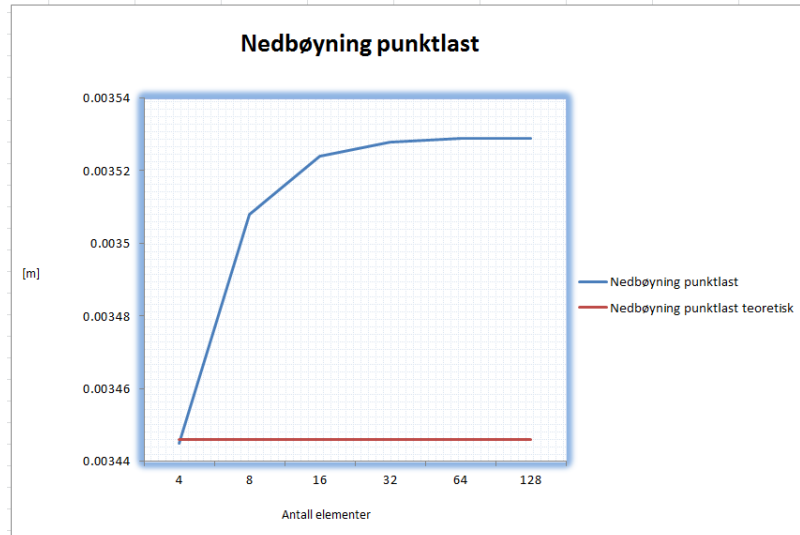
**Konvergeringsgraf for moment egenvekt**

I denne bjelken ble momentet noe over når man kommer opp i over 32 elementer. Man kan altså ikke ha for mange elementer, da vil konstruksjonen bli modellert for stiv. Man kan heller ikke ha for få elementer, da blir modellen for myk.

### Skjærkraft for Trapez-tverrsnitt

Antall elementer	Skjærkraft	V <sub>teoretisk</sub>	% avvik
4	321.3	427.5	24.84
8	375.1	427.5	12.26
16	402.2	427.5	5.92
32	415.9	427.5	2.71
64	422.9	427.5	1.08
128	426.4	427.5	0.26

Dette er en veldig god simulering i forhold til teorien.



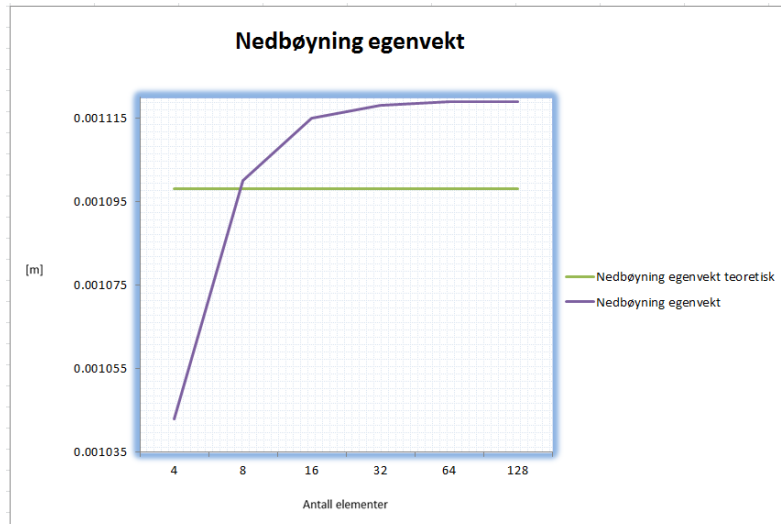
Nedbøyningene avviker en del i forhold til teorien. Jo flere elementer, jo mykere modell, og derfor større nedbøyning. Som grafen viser gir fire elementer nedbøyning som den teoretiske nedbøyningen. Jo flere 4 noders elementer man har, jo mykere blir systemet. Dette må undersøkes nærmere.

#### Tregghetsmoment for bjelken:

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1000\text{mm} \times 1000\text{m}^3}{12} = 8,33 \times 10^{10} \text{m}^4$$

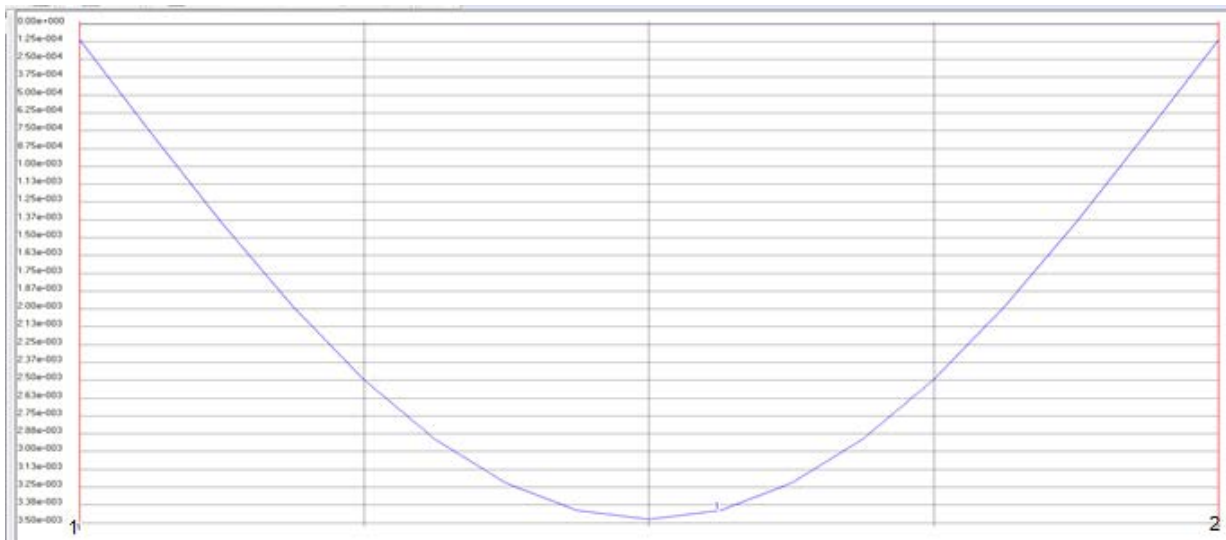
#### Nedbøyning for egenvekt:

$$w = \frac{5}{384} \times \frac{qL^4}{EI} = \frac{5}{384} \times \frac{25,5\text{kN/m} \times (10\text{m})^4}{36283188,22\text{kPa} \times 0,0833\text{m}^4} = 0,001098 \text{ m}$$



### NEDBØYNING PGA EGENVEKT MED 20 ELEMENTER FOR PLATEMODELLEN:

For platemodell i parameterstudiet i kap.4.4.2. Siden resultatene her kommer direkte ut i [m], er Pos\_ln valgt på 5m, og Pos\_tn er valgt på 5,35m.



1,2 står for støtte en og støtte to på den frittoplegte bjelken i kap.4.4.2

Resultater		Håndberegninger	
	Max Nedbøyning	0.003476 [m]	
			Areal
			5.5363 [m <sup>2</sup> ]
			Egenlast
			Egenvekt betong
			25 [kN/m <sup>3</sup> ]
			Lengde spenn
			10 [m]
Avvik i Nedbøyning	11.08053435		Nedbøyning
			0.00309084

# APPENDIKS VI – INPUTFIL NOVAFRAME

```

% Project Mastrosoppåen
% Database name : P:111 Dnr\BRU14-3169 (Sandløss bru)\Statistikk_besøying\Innov\Proj\Sandløss bru.GDD
% Date : 20.03.2012 SP
%

```

PROJECT IDENTIFICATION			
PROJECT	1	NS_EN_1992	NS3472_3
			Nygårdsbekkenbrua - Iselin

```

% ALIAS INPUT
% KONSTANTER
%
% Akser A1= Akse 1, A2= Akse 2..... osv.

```

A1	=	631,000
A2	=	A1+10,000
A3	=	A2+14,000
A4	=	A3+10,000

```

% Avstand fra akse til skopeskjot SS (Bruker 0.2*spanvidden høyre felt)

```

SS2	=	2,000
SS3	=	2,000

MWL Havnivå Id.		
MWL	=	30,000

```

% Dunn Søyle BP2... (MWL 0) Verdi = 87,00)

```

BP2	=	MWL-10
BP3	=	MWL-11

1- horisontal projeksjon, 2- vertikal projeksjon						Atam	
REFLINE	No	Type					
REFLINE	0	0					Cross sections
REFLINE	1	1					Overbygning veg (VIPS 10000)
REFLINE	10	2					Landkar akse 1 Sentre
REFLINE	11	2					Landkar akse 1 Høyre
REFLINE	12	2					Landkar akse 1 Venstre
REFLINE	21	2					Søyler Akse 2 Cl
REFLINE	22	2					Søyler Akse 2 Høyre
REFLINE	23	2					Søyler Akse 2 Venstre
REFLINE	31	2					Søyler Akse 3 Cl
REFLINE	32	2					Søyler Akse 3 Høyre
REFLINE	33	2					Søyler Akse 3 Venstre
REFLINE	100	2					Landkar akse 4 Sentre
REFLINE	101	2					Landkar akse 4 Høyre
REFLINE	102	2					Landkar akse 4 Venstre

REFERENCE LINE AXIS						
REFLAXIS	No	RefLineNo	StationNo		Atam	
REFLAXIS	1	1	A1		Akse	1
REFLAXIS	2	1	A2		Akse	2
REFLAXIS	3	1	A3		Akse	3
REFLAXIS	4	1	A4		Akse	4

REFERENCE LINE HORIZONTAL SEGMENTS											
MER Lengdeakse bru i y-retning											
REFLHOR	No	RefNo	Type	Stat1	X1	Y1	Stat2	X2	Y2	R1	R2
REFLHOR	1	1	1	620,000	1,961	89,044	600,000	81,040	92,059		

REFERENCE LINE VERTICAL SEGMENTS								
REFLVERT	VerSegNo	RefNo	Type	Stat1	Z1	Stat2	Z2	R
REFLVERT	1	1	2	620,000	21,121	600,000	29,024	800,000

REFCOLUM	ColNo	RefNo	Type	Stat1	Offs	Angle	Top	Bot	Name
REFCOLUM	10,000	1,000	2,000	1,000	0,000	0,000	0,000	MWL-5.7	Landkar akse 1 Sentre
REFCOLUM	11,000	1,000	2,000	1,000	2,000	0,000	0,000	MWL-5.7	Landkar akse 1 Høyre
REFCOLUM	12,000	1,000	2,000	1,000	-2,000	0,000	0,000	MWL-5.7	Landkar akse 1 Venstre
REFCOLUM	21,000	1,000	2,000	2,000	0,000	0,000	0,000	MWL-9	Søyler Akse 2 Cl
REFCOLUM	31,000	1,000	2,000	3,000	0,000	0,000	0,000	MWL-10	Søyler Akse 3 Cl
REFCOLUM	100,000	1,000	2,000	4,000	0,000	0,000	0,000	MWL-4.5	Landkar akse 4 Sentre
REFCOLUM	101,000	1,000	2,000	4,000	2,000	0,000	0,000	MWL-4.5	Landkar akse 4 Høyre
REFCOLUM	102,000	1,000	2,000	4,000	-2,000	0,000	0,000	MWL-4.5	Landkar akse 4 Venstre

REFLHORI	No	RefLineNo	Type	Stat1	X1	Y1	Stat2	X2	Y2	R1	R2	A
REFLHORI	1	1	1	620,000	1,961	89,044	600,000	81,040	92,059			

NOTE: All lines must start with minimum one discrete segment.

REFLVERT	No	RefLineNo	Type	Stat1	Z1	Stat2	Z2	R
REFLVERT	1	1	2	620,000	21,121	600,000	29,024	800,000

NOTE: Horizontal segments must be defined for the reference line before the vertical segments can be defined.

CONCRETE MATERIAL INPUT

ID	FCK	LB	RHO	VFRAME	EFRAME	CEM	Name
MCONCR, 1,	55.00,	0,	2200,	0.20,	36283,	1,	"Trubane"
MCONCR, 2,	55.00,	0,	2200,	0.20,	36283,	1,	"Søjler 1,0 av stihet"
MCONCR, 2,	55.00,	0,	2200,	0.20,	21770,	1,	"Søjler 0,6 av stihet"

%T45", jfr NS-EN1992-1-1  
 %T45", jfr NS-EN1992-1-1

REINFORCEMENT STEEL MATERIAL INPUT

ID	FYK	ES	EPSUD	CLASS	CURVE	FT	Name
MREINF, 1,	500.0,	200000,	30.00,	3,	1,	520.00,	"B500NC"

TENDON STEEL MATERIAL INPUT

ID	FP01K	EP	EPSUD	CLASS	CURVE	FT	Name
MITEND, 1,	1670.0,	195000,	10.00,	1,	1,	1736.8,	"1670"

STEEL MATERIAL INPUT

ID	FY	ES	RHO	FU	EPSU	ALFA	VFRAME	EFRAME	EY	Name
MSTEEL, 1,	355,	210000,	7850,	490,	12,	0.0000120,	0.30,	210000,	0,	"S355"

CONCRETE DESIGN PARAMETER INPUT

ID	ULS	PLS	SLS	EPS-ULS	EPS-PLS	EPS-SLS	Name
DPCONCR, 1,	1.50,	1.20,	1.00,	3.500,	3.500,	3.500,	"Default values"

STEEL DESIGN PARAMETER INPUT

ID	ULS	PLS	EPS-ULS	EPS-PLS	Name
DPSTEEL, 1,	1.15,	1.00,	12.000,	12.000,	"Default values"

REINFORCEMENT DESIGN PARAMETER INPUT

ID	K1	KC	WMAX	ULS	PLS	SLS	EPS-ULS	EPS-PLS	EPS-SLS	Name
DPREINF, 1,	0.8,	1.00,	0.3,	1.15,	1.00,	1.00,	5.00,	5.00,	5.00,	"Default values"

TENDON DESIGN PARAMETER INPUT

ID	K1	KC	WMAX	ULS	PLS	SLS	EPS-ULS	EPS-PLS	EPS-SLS	Name
DPITEND, 1,	1.6,	1.00,	0.20,	1.15,	1.00,	1.00,	5.00,	5.00,	5.00,	"Default values"

SECTION DESIGN PARAMETER INPUT

ID	Type	Lex	Ley	RMX	RMY	CURV	Creep	Beta	KIT	Iol	Name		
DPSECT, 1,	CONCR,	0.000,	0.000,	1.00,	1.00,	0,	1.300	0.40,	1.00,	2,	"Trubane"		
DPSECT, 2,	STEEL,	Class	MEI	Lex	Ley	Cex	Cey	Lvx	Lvy	F1Mux	F1Myx	Cv	Name
DPSECT, 23,	CONCR,	7.344	14.623	1.00,	1.00,	0,	1.30	0.40,	1.00,	1,	"Søjle A2"		
DPSECT, 33,	CONCR,	7.350	14.635	1.00,	1.00,	0,	1.30	0.40,	1.00,	1,	"Søjle A3"		

% CREEP er default 2,5  
 KIT= Skalningsfaktor for forspsnsstihet, default 1.0  
 0.72 er unnsatt betong (0.3\*Ea)  
 %0.24 nss fra moment (0.1Ea)  
 %0.12 nss fra skjær og torsjon (0.05\*Ea)

SECTION INPUT

RFL	PRO	TYPE	MAT	MATNO	DESNO	SDESNO	NAME
XSECT, 1	A1	MASSIVE	CONCR	1,	1,	1,	"Trubjelke start"
XSECT, 1	A2	MASSIVE	CONCR	1,	1,	1,	"Trubjelke start"
XSECT, 1	A3	MASSIVE	CONCR	1,	1,	1,	"Trubjelke start"
XSECT, 1	A4	MASSIVE	CONCR	1,	1,	1,	"Trubjelke start"

RFL	PRO	TYPE	MAT	MATNO	DESNO	SDESNO	NAME
XSECT, 0	1	MSTIFF	3000		0.2		"Lager akse 1 & 4"
XSECT, 0	10	RECT	CONCR	1,	1,	1,	"Landkar akse 1"
XSECT, 0	11	RECT	CONCR	1,	1,	1,	"Tverbjelke akse 1"
XSECT, 0	100	RECT	CONCR	1,	1,	1,	"Landkar akse 4"
XSECT, 0	101	RECT	CONCR	1,	1,	1,	"Tverbjelke akse 4"
XSECT, 0	20	RECT	CONCR	2,	1,	1,	"Søjle A2"
XSECT, 0	21	RECT	CONCR	2,	1,	1,	"Søjle A2"
XSECT, 0	22	RECT	CONCR	2,	1,	1,	"Søjle A2"
XSECT, 0	23	RECT	CONCR	2,	1,	1,	"Søjle A2"
XSECT, 0	24	RECT	CONCR	2,	1,	1,	"Søjle A2"
XSECT, 0	30	RECT	CONCR	2,	1,	1,	"Søjle A3"
XSECT, 0	31	RECT	CONCR	2,	1,	1,	"Søjle A3"
XSECT, 0	32	RECT	CONCR	2,	1,	1,	"Søjle A3"
XSECT, 0	33	RECT	CONCR	2,	1,	1,	"Søjle A3"
XSECT, 0	34	RECT	CONCR	2,	1,	1,	"Søjle A3"

%Lager, Landkar, Tverbjelke og Fiktive bjelker  
 % Tverrsnitt definert generelt pr. element for å få varierende armeringsmengde når en steeper på armering

--

SECTION MEASURE INPUT

	RFL	PRO	DIM1	DIM2	DIM3	DIM4
DIM.	0	1.	1.0,	1.0,	1.0,	1.0,

Landkar tverrbjelke akse 1/4						
DIM.	0	10.	12600	800.0,		% stor stivhet på tverrbjelken
DIM.	0	11.	10000.	10000,		% stor stivhet på tverrbjelken
DIM.	0	100.	12600	800.0,		% stor stivhet på tverrbjelken
DIM.	0	101.	10000.	10000,		% stor stivhet på tverrbjelken

Søyle alle						
DIM.	0	20.	3500.0,	600.		% Bunn søyle
DIM.	0	21.	3500.0,	600.		
DIM.	0	22.	3500.0,	600.		
DIM.	0	23.	3500.0,	600.		
DIM.	0	24.	3500.0,	600.		
DIM.	0	30.	3500.0,	600.		
DIM.	0	31.	3500.0,	600.		
DIM.	0	32.	3500.0,	600.		
DIM.	0	33.	3500.0,	600.		
DIM.	0	34.	3500.0,	600.		%Topp søyle

SECTION POINT INPUT

	RFL	PRO	ID	TYPE	X-coord	Y-coord
PT.	1	A1.	1	ABS	0	0
PT.	1	A1.	2	ABS	2495	0
PT.	1	A1.	3	ABS	2650	250
PT.	1	A1.	4	ABS	5350	380
PT.	1	A1.	5	ABS	5350	600
PT.	1	A1.	6	ABS	2650	681
PT.	1	A1.	7	ABS	0	761
PT.	1	A1.	8	ABS	-2650	681
PT.	1	A1.	9	ABS	-5350	600
PT.	1	A1.	10	ABS	-5350	380
PT.	1	A1.	11	ABS	-2650	250
PT.	1	A1.	12	ABS	-2495	0
PT.	1	A1.	13	ABS	0	0
PT.	1	A2.	1	ABS	0	0
PT.	1	A2.	2	ABS	2495	0
PT.	1	A2.	3	ABS	2650	250
PT.	1	A2.	4	ABS	5350	380
PT.	1	A2.	5	ABS	5350	600
PT.	1	A2.	6	ABS	2650	681
PT.	1	A2.	7	ABS	0	761
PT.	1	A2.	8	ABS	-2650	681
PT.	1	A2.	9	ABS	-5350	600
PT.	1	A2.	10	ABS	-5350	380
PT.	1	A2.	11	ABS	-2650	250
PT.	1	A2.	12	ABS	-2495	0
PT.	1	A2.	13	ABS	0	0
PT.	1	A3.	1	ABS	0	0
PT.	1	A3.	2	ABS	2495	0
PT.	1	A3.	3	ABS	2650	250
PT.	1	A3.	4	ABS	5350	380
PT.	1	A3.	5	ABS	5350	600
PT.	1	A3.	6	ABS	2650	681
PT.	1	A3.	7	ABS	0	761
PT.	1	A3.	8	ABS	-2650	681
PT.	1	A3.	9	ABS	-5350	600
PT.	1	A3.	10	ABS	-5350	380
PT.	1	A3.	11	ABS	-2650	250
PT.	1	A3.	12	ABS	-2495	0
PT.	1	A3.	13	ABS	0	0
PT.	1	A4.	1	ABS	0	0
PT.	1	A4.	2	ABS	2495	0
PT.	1	A4.	3	ABS	2650	250
PT.	1	A4.	4	ABS	5350	380
PT.	1	A4.	5	ABS	5350	600
PT.	1	A4.	6	ABS	2650	681
PT.	1	A4.	7	ABS	0	761
PT.	1	A4.	8	ABS	-2650	681
PT.	1	A4.	9	ABS	-5350	600
PT.	1	A4.	10	ABS	-5350	380
PT.	1	A4.	11	ABS	-2650	250
PT.	1	A4.	12	ABS	-2495	0
PT.	1	A4.	13	ABS	0	0

%

%

--

REFERENCE LINE CONNECTION INPUT

Rfl	Pro	ConnType	Compt	Offl	Offn
CONN. 1	A1.	2	7	0	-0.06
CONN. 1	A2.	2	7	0	-0.06
CONN. 1	A3.	2	7	0	-0.06
CONN. 1	A4.	2	7	0	-0.06

SECTION POINT FACE CONNECTION INPUT

Rfl	Pro	From	To	Step	Face
SECTFACE 1	A1.	5	9	1	UPPER
SECTFACE 1	A1.	12	2	1	LOWER
SECTFACE 1	A2.	5	9	1	UPPER
SECTFACE 1	A2.	12	2	1	LOWER
SECTFACE 1	A3.	5	9	1	UPPER
SECTFACE 1	A3.	12	2	1	LOWER
SECTFACE 1	A4.	5	9	1	UPPER
SECTFACE 1	A4.	12	2	1	LOWER

NODE INPUT

Brubane

FromNode	ToNode	NodeIncr	RefLineNo	Start Station	EndStat
RFLNODE 201	211	1	1	A1	A2
RFLNODE 211	213	1	1	A2	A2+SS2
RFLNODE 213	221	1	1	A2+SS2	A3
RFLNODE 221	223	1	1	A3	A3+SS3
RFLNODE 223	231	1	1	A3+SS3	A4

Landkar, landkarbjelker og søyler

FromNode	ToNode	NodeIncr	RefLineNo	FromAsisNo	ToAsisNo	RelFromAsis	RelToAsis
AXISNODE 10	11	1	10	1	2	0,000	-1,120
AXISNODE 12	13	1	11	2	2	-1,120	-0,421
AXISNODE 14	15	1	12	2	2	-1,120	-0,421
AXISNODE 20	21	1	21	1	1	0,000	1,000
AXISNODE 22	23	1	21	1	2	3,000	-3,120
AXISNODE 24	24	1	21	2	2	-0,820	-0,820
AXISNODE 30	31	1	31	1	1	0,000	1,000
AXISNODE 32	33	1	31	1	2	3,000	-3,120
AXISNODE 34	34	1	31	2	2	-0,820	-0,820
AXISNODE 100	101	1	100	1	2	0,000	-1,120
AXISNODE 102	103	1	101	2	2	-1,120	-0,421
AXISNODE 104	105	1	102	2	2	-1,120	-0,421

%Brubane høyde 0,76 m  
 % Lager hylle 0,3 m  
 % RLine 0,06 m over betong A4  
 %Tp (fra UK)= 0,399 m 0

% Linje 1: bunn Linje 2: topp

% 1 m fra bunn  
 % 2m over node 21 og slutter 2.5m under brubane  
 % Fra 2.5m under linje 2 til UK brubane

Brubane

FromElem	ToElem	ElemIncr	LeftNod	RightNod	NodeIncr
ELEMINS 201	210	1	201	202	1
ELEMINS 211	220	1	211	212	1
ELEMINS 221	230	1	221	222	1

Landkar, landkarbjelker lager akse 1

FromElem	ToElem	ElemIncr	LeftNod	RightNod	NodeIncr
ELEMINS 10	10	1	10	11	1
ELEMINS 11	11	1	12	13	1
ELEMINS 12	12	1	14	15	1
ELEMINS 15	15	1	13	201	1
ELEMINS 16	16	1	15	201	1

Søyler Akse 2

FromElem	ToElem	ElemIncr	LeftNod	RightNod	NodeIncr
ELEMINS 20	23	1	20	21	1

Søyler Akse 3

FromElem	ToElem	ElemIncr	LeftNod	RightNod	NodeIncr
ELEMINS 30	33	1	30	31	1

Landkar, landkarbjelker lager akse 4

FromElem	ToElem	ElemIncr	LeftNod	RightNod	NodeIncr
ELEMINS 100	100	1	100	101	1
ELEMINS 101	101	1	102	103	1
ELEMINS 102	102	1	104	105	1
ELEMINS 105	105	1	103	231	1
ELEMINS 106	106	1	105	231	1

27



% ELEMENT SPECIFICATION INPUT Tilordne gitte tverrsnitt 2=Alfa metoden 5=Column metoden

% Landkar,bjelke, lager akse 1

FormElem	ToElem	ElemIncr	SectNo	SectIncr	Type	A1	A2
ELSPINS	10	10	1	10	1	5	0,000
ELSPINS	11	11	1	1	0	5	
ELSPINS	12	12	1	1	0	5	
ELSPINS	15	16	1	11	0	4	

Type 2 og vinkel dersom skrå akser

% Søylar

ELSPINS	20	23	1	20	1	5	0,000	0,000
ELSPINS	30	33	1	30	1	5	0,000	0,000

% Landkar,bjelke, lager akse 10

ELSPINS	100	100	1	100	1	5	0,000	0,000
ELSPINS	101	101	1	1	0	5		
ELSPINS	102	102	1	1	0	5		
ELSPINS	105	106	1	101	0	4		

% BOUNDARY CONDITION INPUT

% Landkar akse 1 og 10

FormNode	ToNode	NodeIncr	XTr	YTr	ZTr	XRot	YRot	ZRot
BOUNDINS	10	10	1	1	1	1	1	1
BOUNDINS	100	100	1	1	1	1	1	1

% Søylar Akse 2 til 9

BOUNDINS	20	20	1	1	1	1	1	1
BOUNDINS	30	30	1	1	1	1	1	1

% Midlertidig fastholdning langs bru i akse 1 (Frikobles etter etappe X)

% BOUNDINS	201	201	1	0	1	0	0	0
------------	-----	-----	---	---	---	---	---	---

% Master slave

% lager akse 1/10

BOUNDINS	12	14	2	11	0	0	0	0	0
BOUNDINS	102	104	2	101	0	0	0	0	0

% Søylar akse 2 til 9

BOUNDINS	24	24	1	211	0	0	0	0
BOUNDINS	34	34	1	221	0	0	0	0

% JOINT INPUT

% Lager akse 1/10

FormElem	ToElem	ElemIncr	FirstCode	SecondCode	
JOINTNS	11	11	1	101111	0
JOINTNS	12	12	1	001111	0
JOINTNS	101	101	1	101111	0
JOINTNS	102	102	1	001111	0

% Allsidig 0 er fixed  
% Ensidig  
% Allsidig  
% Ensidig

% DESIGN SECTION INPUT

FormElem	ToElem	ElemIncr	FirstSect	LastSect	SectIncr
DESGINS	10	10	1	0	1
DESGINS	11	12	1	0	1
DESGINS	15	16	1	0	1
DESGINS	20	23	1	0	1
DESGINS	30	33	1	0	1
DESGINS	100	100	1	0	1
DESGINS	101	102	1	0	1
DESGINS	105	106	1	0	1
DESGINS	201	230	1	0	1

% DESIGN SETUP INPUT

ID	SECTYPE	COMBTYPE	NAME
DCSETUP	1	1	"Reference line 0"
DCSETUP	2	0	"All frame elements"
DCSETUP	10	0	"ULS/u st/All elements"
DCSETUP	11	0	"SLS/u st/All elements"
DCSETUP	12	0	"PLS/u st/All elements"
DCSETUP	15	0	"ULS/m st/All elements"
DCSETUP	16	0	"SLS/m st/All elements"
DCSETUP	17	0	"PLS/m st/All elements"
DCSETUP	20	0	"ULS,SLS,PLS/u st Søylar"
DCSETUP	21	0	"ULS,SLS,PLS/u st Brubane"
DCSETUP	25	0	"ULS,SLS,PLS/m st Søylar"
DCSETUP	26	0	"ULS,SLS,PLS/m st Brubane"

DESIGN SETUP OPTION INPUT															
ID	MAT	O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8	O9	O10	O11	O12	O13	O14
DCOPT.	1,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	1,	0,	0,	1,	0,	0,	1,	1,	1
DCOPT.	2,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	1,	0,	0,	1,	1

Uten armering step															
DCOPT.	10,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	1,	0,	0,	1,	1
DCOPT.	11,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	1,	0,	0,	1,	1
DCOPT.	12,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	1,	0,	0,	1,	1

Med armering step (ikke step på rissvidde)															
DCOPT.	15,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	0,	1,	1,	0,	0,	1,	1
DCOPT.	16,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	0,	1,	1,	0,	0,	1,	1
DCOPT.	17,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	0,	1,	1,	0,	0,	1,	1

Uten armering step															
DCOPT.	20,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	1,	0,	0,	1,	1
DCOPT.	21,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	1,	0,	0,	0,	1,	0,	0,	1,	1

Med armering step (med step på rissvidde)															
DCOPT.	25,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	0,	1,	0,	1,	1,	0,	0,	1,	1

Med armering step (ikke step på rissvidde)															
DCOPT.	26,	CONCR,	1,	1,	0,	1,	0,	0,	0,	1,	1,	0,	0,	1,	1

DESIGN SETUP SECTION INPUT						(Element)
ID	FROM	TO	FROM	TO		
DCSECT.	1,	0,	0,	-1,000,	-1,000	
DCSECT.	2,	-1,	-1,	-1,000,	-1,000	

DCSECT.	10,	20	23	-1,000,	0,000	%	"ULS/u st/All elements"
DCSECT.	10,	30	33	-1,000,	0,000	%	"ULS/u st/All elements"
DCSECT.	10,	201	230	-1,000,	0,000	%	"ULS/u st/All elements"
DCSECT.	11,	20	23	-1,000,	0,000	%	"SLS/u st/All elements"
DCSECT.	11,	30	33	-1,000,	0,000	%	"SLS/u st/All elements"
DCSECT.	11,	201	230	-1,000,	0,000	%	"SLS/u st/All elements"

DCSECT.	12,	20	23	-1,000,	0,000	%	"PLS/u st/All elements"
DCSECT.	12,	30	33	-1,000,	0,000	%	"PLS/u st/All elements"
DCSECT.	12,	201	230	-1,000,	0,000	%	"PLS/u st/All elements"

DCSECT.	15,	20	23	-1,000,	0,000	%	"ULS/m st/All elements"
DCSECT.	15,	30	33	-1,000,	0,000	%	"ULS/m st/All elements"
DCSECT.	15,	201	230	-1,000,	0,000	%	"ULS/m st/All elements"

DCSECT.	16,	20	23	-1,000,	0,000	%	"SLS/m st/All elements"
DCSECT.	16,	30	33	-1,000,	0,000	%	"SLS/m st/All elements"
DCSECT.	16,	201	230	-1,000,	0,000	%	"SLS/m st/All elements"

DCSECT.	17,	20	23	-1,000,	0,000	%	"PLS/m st/All elements"
DCSECT.	17,	30	33	-1,000,	0,000	%	"PLS/m st/All elements"
DCSECT.	17,	201	230	-1,000,	0,000	%	"PLS/m st/All elements"

DCSECT.	20,	20	23	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/u st Søyler"
DCSECT.	20,	30	33	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/u st Søyler"
DCSECT.	20,	201	230	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/u st Søyler"

DCSECT.	21,	20	23	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/u st Brubane"
DCSECT.	21,	30	33	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/u st Brubane"
DCSECT.	21,	201	230	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/u st Brubane"

DCSECT.	25,	20	23	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/m st Søyler"
DCSECT.	25,	30	33	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/m st Søyler"
DCSECT.	25,	201	230	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/m st Søyler"

DCSECT.	26,	20	23	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/m st Brubane"
DCSECT.	26,	30	33	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/m st Brubane"
DCSECT.	26,	201	230	-1,000,	0,000	%	"ULS,SLS,PLS/m st Brubane"

DESIGN SETUP COMBINATION INPUT				
DCCOMB,	1,	ULS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	1,	SLS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	1,	PLS,	-1,	-1,000
%				
DCCOMB,	2,	ULS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	2,	SLS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	2,	PLS,	-1,	-1,000
%				
DCCOMB,	10,	ULS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	11,	SLS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	12,	PLS,	-1,	-1,000
%				
DCCOMB,	15,	ULS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	16,	SLS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	17,	PLS,	-1,	-1,000
%				
DCCOMB,	20,	ULS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	20,	PLS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	20,	SLS,	-1,	-1,000
%				
DCCOMB,	21,	ULS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	21,	PLS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	21,	SLS,	-1,	-1,000
%				
DCCOMB,	25,	ULS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	25,	PLS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	25,	SLS,	-1,	-1,000
%				
DCCOMB,	26,	ULS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	26,	PLS,	-1,	-1,000
DCCOMB,	26,	SLS,	-1,	-1,000

% "Reference line 0"  
 % "Reference line 0"  
 % "Reference line 0"  
 %  
 % "All frame elements"  
 % "All frame elements"  
 % "All frame elements"  
 %  
 % "ULS/u st/All elements"  
 % "SLS/u st/All elements"  
 % "PLS/u st/All elements"  
 %  
 % "ULS/m st/All elements"  
 % "SLS/m st/All elements"  
 % "PLS/m st/All elements"  
 %  
 % "ULS,SLS,PLS/u st Søylar"  
 % "ULS,SLS,PLS/u st Søylar"  
 % "ULS,SLS,PLS/u st Søylar"  
 %  
 % "ULS,SLS,PLS/u st Brubane"  
 % "ULS,SLS,PLS/u st Brubane"  
 % "ULS,SLS,PLS/u st Brubane"  
 %  
 % "ULS,SLS,PLS/m st Søylar"  
 % "ULS,SLS,PLS/m st Søylar"  
 % "ULS,SLS,PLS/m st Søylar"  
 %  
 % "ULS,SLS,PLS/m st Brubane"  
 % "ULS,SLS,PLS/m st Brubane"  
 % "ULS,SLS,PLS/m st Brubane"

DESIGN CONVERGENCE SETTINGS INPUT					
DCCONV,	50,	1.00000,	1.00000,	19.00000,	0.000

AXIALFORCE LOAD INPUT										
	E1	E2	dE	Type	A1	A2	A3	A4	A5	A6
AXIAL	20	23	1	2	10	1				
AXIAL	30	33	1	2	10	1				

% Får opp feilmelding siden lastfilen lastes opp  
 % etter input filen.  
 %

BUCKLING INPUT										
	No	Buckl								
BUCKLING	20	23	1	1	1	1	1	1	1	1
BUCKLING	30	33	1	1	1	1	1	1	1	1

MEMBER INPUT						
	No	Type	E1	E2	dE	
MEMBER	1	COLUMN	20	23	1	knekking
MEMBER	2	COLUMN	30	33	1	knekking

SPECTRA INPUT, jordskjelv					
	No	Type	Par1	Par2	Par3
EQSPEC	1	0	1	2	1,5

% Par2 er jord type (NS-EN 1998-1, tabel NA.3.3):  
 % 1 A Fjell  
 % 2 B Fast sand, grus eller svært stiv leire  
 % 3 C Middels fast sand, grus eller stiv leire  
 % 4 D Løs til middels fast kohesjonsløs jord  
 % 5 E Dersom C og D mellom 5-20m over et stivere materiale med vs>800m/s

%% END OF INPUT

# APPENDIKS VII - LASTFIL NOVAFRAME

-25.0	Egenlast
10.0	Oppdrift søyler

Tall gitt inn direkte i regnearket som er kombinert i arket  
 Tall fra andre regneark  
 Input

Type:
1=Dead weight
2=Temperature
3=Distributed load
4=Concentrated load
15=Tendons

A1	A2	A3	A4
Weight (kN/m3)			
Temp. Increase (Deg)	Temp. gradient L, (dT/L-widtht)	Temp. gradient N, (dT/N-widtht)	Temp. coefficient on alfa *10E-5
Load kN/m	Eccentricity in L-dir (m)	Eccentricity in N-dir (m)	
Load kN/m	Distance from left node (m)		
Tendon nr.	1=Tvang 0=Total		

Dir:	1=X	2=Y	3=Z	4=L	5=M	6=N
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Egenlaster brubane byggetrinn** NB! Tverrbjelkene skal ikke inn med vekt siden lasten er med i brubjelken, tverrbjelkene er kun med for stivheter

No	E1	E2	dE	Type	Dir	A1	A2	A3	A4	Name
LOADINS 1	201	212	1	1	3	-25,0				" Egenvekt-Etappe 1 Brubane "
LOADINS 2	213	222	1	1	3	-25,0				" Egenvekt-Etappe 2 Brubane "
LOADINS 3	223	232	1	1	3	-25,0				" Egenvekt-Etappe 3 Brubane "
LOADINS 4	233	242	1	1	3	-25,0				" Egenvekt-Etappe 4 Brubane "
LOADINS 5	243	252	1	1	3	-25,0				" Egenvekt-Etappe 5 Brubane "
LOADINS 6	253	262	1	1	3	-25,0				" Egenvekt-Etappe 6 Brubane "
LOADINS 7	263	272	1	1	3	-25,0				" Egenvekt-Etappe 7 Brubane "
LOADINS 8	273	282	1	1	3	-25,0				" Egenvekt-Etappe 8 Brubane "
LOADINS 9	283	290	1	1	3	-25,0				" Egenvekt-Etappe 9 Brubane "

**Egenvekt brubane uten etapper**

No	E1	E2	dE	Type	Dir	A1	A2	A3	A4	Name
LOADINS 10	201	290	1	1	3	-25,0				" Egenvekt-Total Brubane "

**Øvrig laster på brubane**

No	E1	E2	dE	Type	Dir	A1	A2	A3	A4	Name
LOADINS 11	201	290	1	3	3	-8,2				" Egenvekt-Kantdrager "
LOADINS 12	201	290	1	3	3	-1,0				" Egenvekt-Rekkverk "
LOADINS 13	201	210	1	3	3	-26,8				" Egenvekt-Slitelag del 1 "
LOADINS 14	211	220	1	3	3	0,0				" Egenvekt-Slitelag del 2 "
LOADINS 15	221	230	1	3	3	0,0				" Egenvekt-Slitelag del 3 "

**Hjelpkombinasjon starter på 16 Egenvekt Brubane + (egenvekt søyler - oppdrift søyler)**

No	E1	E2	dE	Type	Dir	A1	A2	A3	A4	Name
LOADINS 16	201	290	1	1	3	-25,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "
LOADINS 16	10	10	1	1	3	-25,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "
LOADINS 16	100	100	1	1	3	-25,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "
LOADINS 16	20	23	1	1	3	-25,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "
LOADINS 16	30	33	1	1	3	-25,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "
%LOADINS 16	40	48	1	1	3	-15,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "
%LOADINS 16	50	58	1	1	3	-15,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "
%LOADINS 16	60	68	1	1	3	-15,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "
%LOADINS 16	70	78	1	1	3	-15,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "
%LOADINS 16	80	88	1	1	3	-15,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "
%LOADINS 16	90	98	1	1	3	-15,0				" Egenvekt brubane + (søyler - oppdrift) "

% Areal kantrager:	0,163	m2
--------------------	-------	----

% Typisk verdi: 0,5kN/m. 1kN/m dersom brøyttetett, støyskjerm osv.  
 % Jfr. HB185 pkr. 2.3.2.2, tabell 2.3  
 % Dersom bredde utvidelse  
 % Dersom bredde utvidelse

%

%

%

**Egenvekt søyler, starter på 21**

	No	E1	E2	dE	Type	Dir	A1	A2	A3	A4	Name
LOADINS	21	10	10	1	1	3	-25.0				" Egenvekt Landkar "
LOADINS	21	100	100	1	1	3	-25.0				" Egenvekt Landkar "
LOADINS	22	20	23	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler Akse 2 "
LOADINS	23	30	33	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler Akse 3 "
LOADINS	24	40	48	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler Akse 4 "
LOADINS	25	50	58	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler Akse 5 "
LOADINS	26	60	68	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler Akse 6 "
LOADINS	27	70	78	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler Akse 7 "
LOADINS	28	80	88	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler Akse 8 "
LOADINS	29	90	98	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler Akse 9 "

%

%

%

**Søyler egenvekt, start med kombinasjon 30**

	No	E1	E2	dE	Type	Dir	A1	A2	A3	A4	Name
LOADINS	30	10	10	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler "
LOADINS	30	100	100	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler "
LOADINS	30	20	23	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler "
LOADINS	30	30	33	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler "
LOADINS	30	40	48	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler "
LOADINS	30	50	58	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler "
LOADINS	30	60	68	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler "
LOADINS	30	70	78	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler "
LOADINS	30	80	88	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler "
LOADINS	30	90	98	1	1	3	-25.0				" Egenvekt søyler "

%

%

**Oppdrift søyler**

LOADINS	31	20	20	1	1	3	0.0	0	0	0	" Oppdrift-Søyle A2 "
LOADINS	32	30	30	1	1	3	0.0	0	0	0	" Oppdrift-Søyle A3 "
%LOADINS	33	40	40	1	1	3	10.0	0	0	0	" Oppdrift-Søyle A4 "
%LOADINS	34	50	50	1	1	3	10.0	0	0	0	" Oppdrift-Søyle A5 "
%LOADINS	34	60	60	1	1	3	10.0	0	0	0	" Oppdrift-Søyle A6 "
%LOADINS	34	70	70	1	1	3	10.0	0	0	0	" Oppdrift-Søyle A7 "

%

%

%

**Oppdrift søyler, start med kombinasjon 35**

LOADINS	35	20	20	1	1	3	0.0	0	0	0	" Oppdrift-Søyle "
LOADINS	35	30	30	1	1	3	0.0	0	0	0	" Oppdrift-Søyle "

%

TRAFIKKLASTER

Trafikk horisontale, starter med 201

No	E1	E2	dE	Type	Dir	A1
LOADINS	201	201	290	1	3	5
LOADINS	202	201	290	1	3	4
LOADINS	203	201	201	1	4	4
LOADINS	204	211	211	1	4	4
LOADINS	205	221	221	1	4	4
LOADINS	206	231	231	1	4	4
LOADINS	207	240	240	1	4	4
LOADINS	208	250	250	1	4	4
LOADINS	209	260	260	1	4	4

Name	Value
Trafikk Brems tot	415,08
Trafikk Tveir tot	103,77
Trafikk Tveir	Akse1
Trafikk Tveir	Akse2
Trafikk Tveir	Akse3
Trafikk Tveir	Akse4
Trafikk Tveir	Akse5
Trafikk Tveir	Akse6
Trafikk Tveir	Akse7

% L=	34m	Maks 900kN, min 180kN. Gjelder bare i ett lastfelt. Legges inn som jevnt fordelt last over hele brulengden.
% L=	34m	25% av bremselasten

TP-brubane fra uk = 0,399 Tverrsnittshøyde:

No	E1	E2	dE	Type	Dir	A1	A2	A3
LOADINS	210	201	290	1	3	4	0	0,421

Name	Value
Sentrifugallast	0,76 A4

%R=	365m	Jfr. 4.4.2 i NS-EN 1991-2. Formelen endres etter radius.
-----	------	--

Qt<sub>k</sub>=(0,2\*600) for radius <200  
Qt<sub>k</sub>=(40\*600)/R for radius 200<r<1500  
0 for radius >1500

TRAFIC LINE INPUT

Ferdigbru

LineNo	E1	E2	dE	PosNo	MinPosDist	Name
TRAFLINE	1	201	210	1	10,0	"CL-BRU"
TRAFLINE	2	211	230	1	10,0	"CL-BRU"

%E1 til E2Endres her dersom breddeutvidelse. Må også tilpasse eksentrisiteter.  
%E1 til E2Endres her dersom breddeutvidelse. Må også tilpasse eksentrisiteter.

Byggetilstand

LineNo	E1	E2	dE	PosNo	MinPosDist	Name
TRAFLINE	11	201	212	1	10,0	"CL-BRU"
TRAFLINE	12	201	222	1	10,0	"CL-BRU"
TRAFLINE	13	201	230	1	10,0	"CL-BRU"
TRAFLINE	14	201	230	1	10,0	"CL-BRU"

TRAFFIC LOAD INPUT (Se tegning nederst på arket)

Trafikklast vertikale ferdigtilstand (221-581)

%Alle lasttilfeller med bare jevnt fordelte laster må ganges opp med bredden. NovaFrame regner bare med linjelaster.  
%Det er lagt inn 4 felt+gangbanene som standard. Felter som ikke brukes settes lik 0. E-min og E-maks må tilpasses hver bru.

LoadNo	TrackNo	TrafLineNo	Type	E-min	E-max	Q	P1	P2	P3	A-dist	B-dist	Name	Value
TRAFLOAD	221	1	1	-3,50	3,50	16,2	300,0	300,0	0,0	1,2	0,0	"PLM1 Trafikk Felt	1"
TRAFLOAD	241	1	2	-3,50	3,50	16,2	300,0	300,0	0,0	1,2	0,0	"PLM1 Trafikk Felt	1"
TRAFLOAD	261	1	1	-1,00	1,00	7,5	200,0	200,0	0,0	1,2	0,0	"PLM1 Trafikk Felt	2"
TRAFLOAD	281	1	2	-1,00	1,00	7,5	200,0	200,0	0,0	1,2	0,0	"PLM1 Trafikk Felt	2"
TRAFLOAD	301	1	1	0,00	0,00	7,5	100,0	100,0	0,0	1,2	0,0	"PLM1 Trafikk Felt	3"
TRAFLOAD	321	1	2	0,00	0,00	7,5	100,0	100,0	0,0	1,2	0,0	"PLM1 Trafikk Felt	3"
TRAFLOAD	341	1	1	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	"PLM1 Trafikk Felt	4"
TRAFLOAD	361	1	2	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	"PLM1 Trafikk Felt	4"
TRAFLOAD	381	1	1	-3,50	3,50	0,0	400,0	0,0	0,0	0,0	0,0	"PLM2 Trafikk Felt	1-4"
TRAFLOAD	401	1	2	-3,50	3,50	0,0	400,0	0,0	0,0	0,0	0,0	"PLM2 Trafikk Felt	1-4"
TRAFLOAD	421	1	1	0,00	0,00	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	"qGS Trafikk Felt	CL"
TRAFLOAD	441	1	2	0,00	0,00	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	"qGS Trafikk Felt	CL"
%TRAFLOAD	461	1	1	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	"Bare q Trafikk Felt	1-4"
%TRAFLOAD	481	1	2	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	"Bare q Trafikk Felt	1-4"

Vi setter gs-lasten sentrisk på brua, og lar kjørefeltene gå ut på gangbanene. Da tar vi høyde for fremtidig endring i bruken av brua. GS Last er 5/2 siden vi har samtidig trafikklast.

33

% Trafikklast vertikale byggetilstand

TRAFLOAD	501	1	11	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	"P	Trafikk	Etappe	1"
TRAFLOAD	521	1	12	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	"P	Trafikk	Etappe	2"
TRAFLOAD	541	1	13	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	"P	Trafikk	Etappe	3"
TRAFLOAD	561	1	14	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	"P	Trafikk	Etappe	4"
TRAFLOAD	581	1	14	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	"P	Trafikk	Etappe	5"

%

%

%

%

%	setn i m m	A1	A2	A3	A4	A5	A6
%	setn i m m	0	0	0	0		

Differansesetninger som temperaturlaster, starter på 501

No	E1	E2	dE	Type	Dir	A1	A2	A3	A4				
LOADINS	601	10	10	1	2	5	0,0	0	0	1	"	Differansesetninger A1 "	% Lengde EL 10=1.0
LOADINS	602	20	20	1	2	5	0,0	0	0	1	"	Differansesetninger A2 "	% Lengde EL 20=1.0
LOADINS	603	30	30	1	2	5	0,0	0	0	1	"	Differansesetninger A3 "	% Lengde EL 30=1.0
LOADINS	604	40	40	1	2	5	0,0	0	0	1	"	Differansesetninger A4 "	% Lengde EL 40=1.0
LOADINS	605	50	50	1	2	5	0,0	0	0	1	"	Differansesetninger A5 "	% Lengde EL 50=1.0
LOADINS	606	60	60	1	2	5	0,0	0	0	1	"	Differansesetninger A6 "	% Lengde EL 60=1.0
LOADINS	607	70	70	1	2	5	0,0	0	0	1	"	Differansesetninger A7 "	% Lengde EL 70=1.0
LOADINS	608	80	80	1	2	5	0,0	0	0	1	"	Differansesetninger A8 "	% Lengde EL 80=1.0
LOADINS	609	90	90	1	2	5	0,0	0	0	1	"	Differansesetninger A9 "	% Lengde EL 90=1.0
LOADINS	610	100	100	1	2	5	0,0	0	0	1	"	Differansesetninger A10 "	% Lengde EL 100=2.323

%

SVINN

No	E1	E2	dE	Type	Dir	A1		Name
%LOADINS	700	201	230	1	12,0	5	-0,2	" Svinn "

%

%

%

%

%

%

%

%

Areal gjennomsnitt	A	=	4,383 m2
Omkrets gjennomsnitt	O	=	16,853 m2
H0= 2*A/O		=	0,5201

Resultat forskyvning søyle akse 2 og 3

TRAFDISP	20	0	0
TRAFDISP	28	1	0
TRAFDISP	30	0	0
TRAFDISP	38	1	0
TRAFDISP	40	0	0
TRAFDISP	48	1	0

%

Resultat Forskyvning Brubane lager akse 1 og 10

TRAFDISP	201	0	0
TRAFDISP	241	1	0

%

%

%

# APPENDIKS VIII – OVERSIKT OVER OPPINTEGRERINGSFIL TIL TVERSGÅENDE NODELINJER

Ta med i forklaring av excel fil - Microsoft Excel

Hjem Sett inn Sideoppsett Formler Data Se gjennom Visning Acrobat Team

Lim inn Utklippst... Skrift Justering Tall Betinget formatering Formaterer som tabell Cellestiler Sett inn Slett Format Celler Redigering

AG22

	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10		Felt mellom akse 1 og akse 2					Over støtte - akse 2					Felt mellom akse 2 og akse 3										
11	Tsa [kNm/m]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	Vas [kN/m]	Vsz [kN/m]	Tsa [kNm/m]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	Vas [kN/m]	Vsz [kN/m]	Tsa [kNm/m]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	Vas [kN/m]	Vsz [kN/m]	Tsa [kNm/m]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	Vas [kN/m]	Vsz [kN/m]	Tsa [kNm/m]	
12	-1,79	-48,89	-2,703	-0,3882	-4,321	-0,8803	-10,49	-4,076	-0,316	-4,791	-0,83	-76,78	-1,67	0,2485	3,571	0,6291						
13	-2,078	-58,4	-4,628	-1,523	-2,699	-2,094	-10,94	-7,305	-8,019	-3,981	-1,764	-87,54	-2,647	3,863	3,05	1,503						
14	-2,361	-72,11	-6,811	-2,969	-2,603	-3,292	-11,36	-11,8	-16,64	-4,694	-2,803	-102,3	-3,751	8,191	3,8	2,397						
15	-2,603	-93,78	-9,566	-4,604	-3,322	-4,531	-12,12	-17,21	-26,52	-6,19	-3,856	-125,2	-5,184	13,73	5,178	3,353						
16	-2,756	-126,2	-12,94	-7,307	-5,213	-6,098	-14,63	-26,11	-37,83	-8,757	-5,383	-159	-7,043	21,79	7,744	4,614						
17	-4,028	-76,39	-25,89	-10,34	-14,9	-11	-12,19	-54,04	-49,24	-21,37	-9,76	-97,48	-14,21	30,59	18,21	8,602						
18	-9,199	-40,84	-54,99	-9,358	-26,95	-20,39	-84,71	-134,4	-50,12	-34,67	-20,44	-22,12	-30,39	29,3	36,01	16,32						
19	-16,05	-77,31	-74,96	-4,671	-37,23	-26,98	-123,2	-179,5	-39,92	-42,83	-27,17	-41,83	-41,62	17,24	54,05	21,9						
20	-18,89	-60,48	-79,09	-4,402	-52,68	-25,14	-74,81	-253,1	-26,04	-73,86	-34,56	-33,27	-44,11	7,622	70,13	20,99						
21	-20,29	-44,37	-83,67	-7,047	-45,17	-21,91	-13,49	-287,8	-37,16	-24,78	-88,15	-24,63	-46,81	4,539	66,8	19,21						
22	-16,32	-36,54	-86,12	-4,567	-45,94	-18,62	-18,28	-384,6	-12,31	-15,14	-90,77	-20,21	-48,22	2,708	62,87	17,51						
23	-15,83	-44,37	-83,67	-7,426	-45,16	-18,61	-13,49	-287,8	-14,75	-24,78	-44,53	-24,63	-46,81	4,836	66,8	19,22						
24	-14,44	-60,48	-79,09	-11,2	-52,68	-18,88	-74,81	-253,1	-19,98	-73,86	-26,08	-33,27	-44,11	7,578	70,13	21,01						
25	-16,82	-77,31	-74,96	-17,94	-37,23	-19,06	-123,2	-179,5	-34,48	-42,83	-21,71	-41,83	-41,62	16,98	54,05	21,93						
26	-13,52	-40,84	-54,99	-29,98	-26,96	-13,89	-84,71	-134,4	-47,51	-34,67	-18,64	-22,13	-30,39	28,87	36,01	16,34						
27	-6,99	-76,39	-25,89	-31,92	-14,9	-7,218	-12,19	-54,04	-47,55	-21,37	-9,129	-97,47	-14,21	30,19	18,21	8,613						
28	-3,534	-126,2	-12,94	-21,93	-5,213	-3,729	-14,64	-26,11	-36,17	-8,757	-5,157	-159	-7,043	21,51	7,744	4,621						
29	-2,865	-93,78	-9,566	-13,52	-3,322	-2,636	-12,13	-17,21	-24,83	-6,19	-3,7	-125,2	-5,184	13,58	5,178	3,361						
30	-2,402	-72,11	-6,811	-8,509	-2,603	-1,858	-11,37	-11,8	-15,42	-4,694	-2,715	-102,3	-3,751	8,114	3,8	2,403						
31	-1,201	-58,41	-4,628	-4,142	-2,699	-1,158	-10,95	-7,305	-7,384	-3,981	-1,708	-87,54	-2,647	3,83	3,05	1,507						
32	-0,7203	-48,9	-2,703	-0,1244	-4,322	-0,4878	-10,5	-4,076	-0,3222	-4,791	-0,8247	-76,77	-1,67	0,2508	3,571	0,6308						
33																						
34																						



Input - tverrsnitt		
max høyde element [z]		0,76 [m]
Bredde tverrsnitt [a]		10,7 [m]
Antall elementer		20 [stk]
Bredde per element [s]		0,535 [m]
Tyngde punkt [z]		0,399
Tyngde punkt [a]		5,5

Formler i input fil:

Input - tverrsnitt			
max høyde element [z]		=STØRST(D12:D76)	[m]
Bredde tverrsnitt [a]		=STØRST(C12:C76)	[m]
Antall elementer		=ANTALL(B12:B76)-1	[stk]
Bredde per element [s]		=C3/C4	[m]
Tyngde punkt [z]		0,3992	
Tyngde punkt [a]		5,5	

Her vises en liten del av inputfil forstørret med krefter.

				Over støtte - akse 1					
Noder	Pos_ln [s]	Pos_tn [a]	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]		Vas [kN/m]	Vsz [kN/m]	Tsa [kNm/m]
1	0	0	0,22	-8,713	-5,294		-2,017	-10,29	-1,79
2	0	0,4	0,26	-3,461	-6,993		-8,374	-9,785	-2,078
3	0	0,95	0,3	-1,278	-8,406		-17,06	-11,02	-2,361
4	0	1,5	0,35	-3,922	-9,548		-27,21	-14,04	-2,603

# ARK FOR BEREGNINGER

Ta med i forklaring av excel fil - Microsoft Excel

Hjem Sett inn Sideoppsett Formler Data Se gjennom Visning Acrobat Team

Calibri 11 A A

Lim inn

Utklippst...

Skrift

Justering

Tall

Tall % 000 0,00 0,00

Betinget formatering som tabell

Formater Cellestiler

Sett inn Slett Format

Celler

Σ Autosummer

Fyll Fjern

Sorter og Søk etter filter og merk

Redigering

AS2 =AP75+AR75+AT75

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1																			
2								Summert støttemoment			-127,9	[kNm]	Summert torsjonsmoment			-79,5	[kNm]		Summert feltnor
3																			
4																			
5																			
6								Moment over støtte, akse 1											
7								Støttemoment					Torsjonsmoment						Støttemomer
8		Arm Ns	Arm Vas	Arm Vsz				Moment pga Ns	Ma		Moment pga Vas		Moment pga Vsz	Tsa				Moment pga Ns	
9		-0,251	-0,251	5,35				0,585013	-1,41615		0,11137874		-14,7263	-0,47883				3,282537	
10		-0,231	-0,231	4,8150				0,427728	-3,74126		0,50294244		-25,2064	-1,11173				7,217364	
11		-0,211	-0,211	4,2800				0,144267	-4,49721		1,079898		-25,2336	-1,26314				8,140137	
12		-0,186	-0,186	3,7450				0,390278	-5,10818		1,771371		-28,1302	-1,39261				9,332048	
13		-0,166	-0,166	3,2100				0,675578	-5,6817		2,4400506		-33,5055	-1,47446				11,207822	
14		-0,146	-0,146	2,6750				0,905295	-8,774		2,9801666		-70,6403	-2,15498				5,966823	
15		-0,011	-0,011	2,1400				0,123055	-13,3376		0,262185		-127,1984	-4,92147				0,240343	
16		-0,006	-0,006	1,6050				0,066768	-11,3688		0,0690972		-125,6242	-8,58675				0,248165	
17		0,004	0,004	1,0700				-0,017283	-7,51675		-0,0469244		-82,8908	-10,1062				-0,129427	
18		0,009	0,009	0,5350				-0,032376	-3,01312		-0,1074924		-31,5992	-10,8552				-0,213642	
19		0,019	0,019	0,0000				-0,083729	-6,67145		-0,2746488		0,0000	-8,7312				-0,371429	
20		0,009	0,009	-0,5350				-0,048439	-3,21375		-0,3573756		31,6565	-8,46905				-0,213642	
21		0,004	0,004	-1,0700				-0,024482	-6,74635		-0,2434988		83,6922	-7,7254				-0,129427	
22		-0,006	-0,006	-1,6050				0,080892	-10,8873		0,3459546		127,1698	-8,9987				0,248165	
23		-0,011	-0,011	-2,1400				0,135767	-12,9417		0,293216		127,4274	-7,2332				0,240343	
24		-0,146	-0,146	-2,6750				0,916230	-8,61885		0,7602658		70,1537	-3,73965				5,966823	
25		-0,166	-0,166	-3,2100				0,722381	-5,54795		0,6415734		33,1620	-1,89069				11,207822	
26		-0,186	-0,186	-3,7450				0,410877	-4,98299		0,5523084		28,0501	-1,53278				9,332048	
27		-0,211	-0,211	-4,2800				0,210192	-4,3854		0,3806229		24,9817	-1,28507				8,140137	
28		-0,231	-0,231	-4,8150				0,352588	-3,95472		0,2332198		25,0725	-0,64254				7,218600	
29		-0,251	-0,251	-5,3500				0,351558	-1,82462		0,1188866		15,1270	-0,19268				3,283288	

Nedenfor vises formlene for hvordan arm til de forskjellige kreftene er beregnet.

Node	Arm Ns	Arm Vas	Arm Vsz
1	=HVIS(Input!D12="";-Input!\$C\$2+Input!\$C\$6+Input!D12/2)	=HVIS(Input!D12="";-Input!\$C\$2+Input!\$C\$6+Input!D12/2)	=Input!\$C\$3/2
=A9+1	=HVIS(Input!D13="";-Input!\$C\$2+Input!\$C\$6+Input!D13/2)	=HVIS(Input!D13="";-Input!\$C\$2+Input!\$C\$6+Input!D13/2)	=HVIS(Input!D13="";Beregning!F9-Input!\$C\$5)
=A10+1	=HVIS(Input!D14="";-Input!\$C\$2+Input!\$C\$6+Input!D14/2)	=HVIS(Input!D14="";-Input!\$C\$2+Input!\$C\$6+Input!D14/2)	=HVIS(Input!D14="";Beregning!F10-Input!\$C\$5)
=A11+1	=HVIS(Input!D15="";-Input!\$C\$2+Input!\$C\$6+Input!D15/2)	=HVIS(Input!D15="";-Input!\$C\$2+Input!\$C\$6+Input!D15/2)	=HVIS(Input!D15="";Beregning!F11-Input!\$C\$5)

Nedenfor vises formlene for å finne summen av støttemoment.

Støttemoment		
Moment pga Ns		Ma
=Input!F12*Beregning!B9*Input!\$C\$5/2		=Input!G12*Input!\$C\$5/2
=HVISFEIL(HVIS(Input!F14="";Input!F13*Beregning!B10*Input!\$C\$5/2;Input!F13*Beregning!B10*Input!\$C\$5);0)		=HVIS(Input!G14="";Input!G13*Input!\$C\$5/2;Input!G13*Input!\$C\$5)
=HVISFEIL(HVIS(Input!F15="";Input!F14*Beregning!B11*Input!\$C\$5/2;Input!F14*Beregning!B11*Input!\$C\$5);0)		=HVIS(Input!G15="";Input!G14*Input!\$C\$5/2;Input!G14*Input!\$C\$5)
=HVISFEIL(HVIS(Input!F16="";Input!F15*Beregning!B12*Input!\$C\$5/2;Input!F15*Beregning!B12*Input!\$C\$5);0)		=HVIS(Input!G16="";Input!G15*Input!\$C\$5/2;Input!G15*Input!\$C\$5)
=HVISFEIL(HVIS(Input!F76="";Input!F75*Beregning!B72*Input!\$C\$5/2;Input!F75*Beregning!B72*Input!\$C\$5);0)		=HVIS(Input!G76="";Input!G75*Input!\$C\$5/2;Input!G75*Input!\$C\$5)
=HVISFEIL(Input!F76*Beregning!B73*Input!\$C\$5/2;0)		=Input!G76*Input!\$C\$5/2
=SUMMER(H9:H74)		=SUMMER(J9:J74)

Nedenfor vises formlene for å finne summen av torsjonsmoment.

Torsjonsmoment		
Moment pga Vas	Moment pga Vsz	Tsa
=HVISFEIL(Input!I12*Beregning!D9*Input!D12;0)	=Input!J12*Beregning!F9*Input!\$C\$5/2	=Input!K12*Input!\$C\$5/2
=HVISFEIL(Input!I13*Beregning!D10*Input!D13;0)	=HVISFEIL(HVIS(Input!J14="";Input!J13*Beregning!F10*Input!\$C\$5/2;Input!J13*Beregning!F10*Input!\$C\$5);0)	=HVIS(Input!K14="";Input!K13*Input!\$C\$5/2;Input!K13*Input!\$C\$5)
=HVISFEIL(Input!I14*Beregning!D11*Input!D14;0)	=HVISFEIL(HVIS(Input!J15="";Input!J14*Beregning!F11*Input!\$C\$5/2;Input!J14*Beregning!F11*Input!\$C\$5);0)	=HVIS(Input!K15="";Input!K14*Input!\$C\$5/2;Input!K14*Input!\$C\$5)
=HVISFEIL(Input!I15*Beregning!D12*Input!D15;0)	=HVISFEIL(HVIS(Input!J16="";Input!J15*Beregning!F12*Input!\$C\$5/2;Input!J15*Beregning!F12*Input!\$C\$5);0)	=HVIS(Input!K16="";Input!K15*Input!\$C\$5/2;Input!K15*Input!\$C\$5)
=HVISFEIL(Input!I75*Beregning!D72*Input!D75;0)	=HVISFEIL(HVIS(Input!J76="";Input!J75*Beregning!F72*Input!\$C\$5/2;Input!J75*Beregning!F72*Input!\$C\$5);0)	=HVIS(Input!K76="";Input!K75*Input!\$C\$5/2;Input!K75*Input!\$C\$5)
=HVISFEIL(Input!I76*Beregning!D73*Input!D76;0)	=HVISFEIL(Input!J76*Beregning!F73*Input!\$C\$5/2;0)	=Input!K76*Input!\$C\$5/2
=SUMMER(L9:L74)	=SUMMER(N9:N74)	=SUMMER(P9:P74)

Nedenfor vises formlene som er brukt for å summere skjærkrefter over tverrsnittet.

Skjærkrefter
=Input!J12*Input!\$C\$5/2
=HVIS(Input!J14="";Input!J13*Input!\$C\$5/2;Input!J13*Input!\$C\$5)
=HVIS(Input!J15="";Input!J14*Input!\$C\$5/2;Input!J14*Input!\$C\$5)
=HVIS(Input!J16="";Input!J15*Input!\$C\$5/2;Input!J15*Input!\$C\$5)
=HVIS(Input!J76="";Input!J75*Input!\$C\$5/2;Input!J75*Input!\$C\$5)
=Input!J76*Input!\$C\$5/2
=SUMMER(H82:H147)

I de neste to bildene vises beregningene for Bøyemoment og Torsjon for felt mellom A1 og A2, over støtte A2 og for felt mellom A2 og A3.

40

Microsoft Excel - Ta med i forklaring av excel fil

Formler:  $=AP75+AR75+AT75$

Moment over felt, akse 1 og akse 2						Momenter over støtte akse 2				
Støttemoment			Torsjonsmoment			Støttemoment		Torsjonsmoment		
Moment pga Ns	Ma	Moment pga Vas	Moment pga Vsz	Tsa	Moment pga Ns	Ma	Moment pga Vas	Moment pga Vsz	Tsa	
3,282597	-0,72305	0,021436	-6,1838911	-0,23548	0,704325	-1,09033	0,01745	-6,8565199	-0,22203	
7,217364	-2,47598	0,091471	-6,9526915	-1,12029	1,352020	-3,90818	0,481621	-10,255156	-0,94374	
8,140137	-3,64389	0,187938	-5,9603494	-1,76122	1,282374	-6,313	1,053312	-10,748321	-1,49961	
9,332048	-5,11781	0,29972	-6,6558762	-2,42409	1,206061	-9,20735	1,726452	-12,402129	-2,06296	
11,207822	-6,9229	0,473055	-8,9525456	-3,26243	1,299290	-13,9689	2,449114	-15,038834	-2,87991	
5,966823	-13,8512	0,649145	-21,323763	-5,885	0,952161	-28,9114	3,091287	-30,583141	-5,2216	
0,240343	-29,4197	0,072057	-30,855055	-10,9087	0,498518	-71,904	0,385924	-39,693683	-10,9354	
0,248165	-40,1036	0,019898	-31,96847	-14,4343	0,395472	-96,0325	0,170059	-36,77705	-14,536	
-0,129427	-42,3132	-0,01285	-30,156666	-13,4499	-0,160093	-135,409	-0,07604	-42,28157	-18,4896	
-0,213642	-44,7635	-0,04693	-12,928783	-11,7219	-0,064954	-153,973	-0,24749	-7,0926555	-47,1603	
-0,371429	-46,0742	-0,06595	2,183E-14	-9,9617	-0,185816	-205,761	-0,17776	7,1942E-15	-48,562	
-0,213642	-44,7635	-0,04946	12,925921	-9,95635	-0,064954	-153,973	-0,09824	7,0926555	-23,8236	
-0,129427	-42,3132	-0,0327	30,156666	-10,1008	-0,160093	-135,409	-0,05834	42,28157	-13,9528	
0,248165	-40,1036	0,076424	31,9684703	-10,1971	0,395472	-96,0325	0,146885	36,7770503	-11,6149	
0,240343	-29,4197	0,230846	30,866504	-7,43115	0,498518	-71,904	0,365827	39,693683	-9,9724	
5,966823	-13,8512	2,003938	21,3237625	-3,86163	0,952161	-28,9114	2,985189	30,5831413	-4,88402	
11,207822	-6,9229	1,419748	8,95254555	-1,99502	1,300178	-13,9689	2,341646	15,038834	-2,759	
9,332048	-5,11781	0,880152	6,65587615	-1,41026	1,207056	-9,20735	1,616433	12,4021293	-1,9795	
8,140137	-3,64389	0,53862	5,9603494	-0,99403	1,283502	-6,313	0,976086	10,7483212	-1,45253	
7,218600	-2,47598	0,248789	6,95269148	-0,61953	1,353256	-3,90818	0,443483	10,2551555	-0,91378	
3,283268	-0,72305	0,006869	6,18532225	-0,13049	0,704996	-1,09033	0,017792	6,85651988	-0,22061	



## ARK FOR RESULTATER

Resultater						
Støtte A1	Bøyemoment	=Beregning!H75+Beregning [kNm]			totalt	=C8-C4 [kNm]
	Torsjonsmoment	=Beregning!L75+Beregning [kNm]			avvik fra håndberegninger	=G3-M8
Felt A1 - A2	Bøyemoment	=Beregning!T75+Beregning [kNm]			%	=G5/M8*100
	Torsjonsmoment	=Beregning!V75+Beregning [kNm]				
Støtte A2	Bøyemoment	=Beregning!AB75+Beregning [kNm]			totalt	=C16-C12 [kNm]
	Torsjonsmoment	=Beregning!AF75+Beregning [kNm]			avvik fra håndberegninger	=M18-G12
Felt A2 - A3	Bøyemoment	=Beregning!AL75+Beregning [kNm]			%	=G14/M18*100
	Torsjonsmoment	=Beregning!AP75+Beregning [kNm]				
Sum torsjon	=ABS(C14)+C6					
Håndberegnet	2500					
Avvik torsjonsmoment i %	=(1-(B20/B21))*100					

<b>Håndberegninger</b>		Areal	5.5363	[m <sup>2</sup> ]
<i>Egenlast</i>		egenvekt betong	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
		Lengde spenn	10	[m]
		Moment	$=1/15 \cdot M_2 \cdot M_4 \cdot M_6^2$	[kNm]
<b>Håndberegninger</b>		Areal	5.5363	[m <sup>2</sup> ]
<i>Egenlast</i>		egenvekt betong	25	[kN/m <sup>3</sup> ]
		Lengde spenn	14	[m]
		Moment	$=M_{12} \cdot M_{14} \cdot M_{16}^2 / 8$	[kNm]



## APPENDIKS IX – RESULTATER SOM ER HENTET UT FOR BØYEMOMENT EGENVEKT MED BEREGNINGSFIL I APPENDIKS VII.

Resultater av bøyemoment egenvekt uten kantbjelken.:

Fra akse 1:

Resultater					Håndberegninger		
Støtte A1	Bøyemoment	6.2 [kNm]	totalt	923.7 [kNm]	Egenlast	Areallast	5.5363 [m <sup>2</sup> ]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]	avvik fra håndberegninger	1.0		egenvekt betong	25 [kN/m <sup>3</sup> ]
Felt A1 - A2	Bøyemoment	929.9 [kNm]	%	0.1		Lengde spenn	10 [m]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]				Moment	922.7 [kNm]
Støtte A2	Bøyemoment	-2069.8 [kNm]	totalt	3454.5 [kNm]			
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]	avvik fra håndberegninger	-63.5			
Felt A2 - A3	Bøyemoment	1384.7 [kNm]	%	-1.9			
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]					

Fra akse 4:

Resultater					Håndberegninger		
Støtte A1	Bøyemoment	5.4 [kNm]	totalt	930.1 [kNm]	Egenlast	Areallast	5.5363 [m <sup>2</sup> ]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]	avvik fra håndberegninger	7.4		egenvekt betong	25 [kN/m <sup>3</sup> ]
Felt A1 - A2	Bøyemoment	935.5 [kNm]	%	0.8		Lengde spenn	10 [m]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]				Moment	922.7 [kNm]
Støtte A2	Bøyemoment	-2200.8 [kNm]	totalt	3585.5 [kNm]			
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]	avvik fra håndberegninger	-194.5			
Felt A2 - A3	Bøyemoment	1384.7 [kNm]	%	-5.7			
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]					

Samme modellen med kantbjelke:

Fra akse 1:

Resultater					Håndberegninger		
Støtte A1	Bøyemoment	-15.9 [kNm]	totalt	957.1 [kNm]	Egenlast	Areallast	5.5363 [m <sup>2</sup> ]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]	avvik fra håndberegninger	34.4		egenvekt betong	25 [kN/m <sup>3</sup> ]
Felt A1 - A2	Bøyemoment	941.2 [kNm]	%	3.7		Lengde spenn	10 [m]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]				Moment	922.7 [kNm]
Støtte A2	Bøyemoment	-2063.2 [kNm]	totalt	3451.5 [kNm]			
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]	avvik fra håndberegninger	-60.5			
Felt A2 - A3	Bøyemoment	1388.3 [kNm]	%	-1.8			
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]					

Fra akse 4:

Resultater					Håndberegninger		
Støtte A1	Bøyemoment	-16.9 [kNm]	totalt	963.7 [kNm]	Egenlast	Areallast	5.5363 [m <sup>2</sup> ]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]	avvik fra håndberegninger	41.0		egenvekt betong	25 [kN/m <sup>3</sup> ]
Felt A1 - A2	Bøyemoment	946.7 [kNm]	%	4.4		Lengde spenn	10 [m]
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]				Moment	922.7 [kNm]
Støtte A2	Bøyemoment	-2196.7 [kNm]	totalt	3585.0 [kNm]			
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]	avvik fra håndberegninger	-194.0			
Felt A2 - A3	Bøyemoment	1388.3 [kNm]	%	-5.7			
	Torsjonsmoment	0.0 [kNm]					

**APPENDIKS X – RESULTATER FOR EGENVEKT AV DEN TOTAL BRUBANEN I NOVAFRAME**

Elem	X/L	Lc	Axial [kN]	Shear L [kN]	Shear N [kN]	Bending L [kNm]	Bending N [kNm]	Torsion [kNm]
201	0.00	10	-9.58	-0.01	-496.18	-0.00	-0.00	0.03
201	0.50	10	-8.24	-0.01	-426.93	230.82	-0.01	0.03
201	1.00	10	-6.90	-0.01	-357.69	427.01	-0.01	0.03
202	0.00	10	-6.95	-0.01	-357.68	427.02	-0.01	0.03
202	0.50	10	-5.60	-0.01	-288.42	588.58	-0.01	0.03
202	1.00	10	-4.26	-0.01	-219.18	715.50	-0.02	0.03
203	0.00	10	-4.29	-0.01	-219.17	715.51	-0.02	0.03
203	0.50	10	-2.93	-0.01	-149.92	807.80	-0.02	0.03
203	1.00	10	-1.58	-0.01	-80.68	865.46	-0.03	0.03
204	0.00	10	-1.59	-0.01	-80.66	865.47	-0.03	0.03
204	0.50	10	-0.22	-0.01	-11.41	888.50	-0.03	0.03
204	1.00	10	jan.14	-0.01	57.83	876.89	-0.04	0.03
205	0.00	10	jan.15	-0.01	57.84	876.90	-0.04	0.03
205	0.50	10	feb.52	-0.01	127.10	830.66	-0.04	0.03
205	1.00	10	mar.89	-0.01	196.34	749.78	-0.05	0.03
206	0.00	10	mar.91	-0.01	196.35	749.79	-0.05	0.03
206	0.50	10	mai.29	-0.01	265.60	634.28	-0.05	0.03
206	1.00	10	jun.67	-0.01	334.84	484.14	-0.05	0.03
207	0.00	10	jun.71	-0.01	334.85	484.15	-0.06	0.03
207	0.50	10	08.okt	-0.01	404.11	299.37	-0.06	0.03
207	1.00	10	sep.49	-0.01	473.35	79.96	-0.06	0.03
208	0.00	10	sep.55	-0.01	473.36	79.98	-0.06	0.03
208	0.50	10	okt.95	-0.01	542.61	-174.07	-0.07	0.03
208	1.00	10	des.35	-0.01	611.85	-462.75	-0.07	0.03
209	0.00	10	des.42	-0.01	611.86	-462.73	-0.07	0.03
209	0.50	10	13.83	-0.01	681.12	-786.05	-0.08	0.03
209	1.00	10	15.23	-0.01	750.36	-1143.99	-0.08	0.03
210	0.00	10	15.33	-0.01	750.37	-1143.98	-0.08	0.03
210	0.50	10	16.74	-0.01	819.62	-1536.56	-0.09	0.03
210	1.00	10	18.16	-0.01	888.86	-1963.77	-0.09	0.03
211	0.00	10	-57.02	0.00	-969.62	-2140.13	-0.09	-0.00
211	0.50	10	-55.03	0.00	-872.66	-1495.20	-0.09	-0.00
211	1.00	10	-53.03	0.00	-775.72	-918.15	-0.09	-0.00
212	0.00	10	-53.17	0.00	-775.70	-918.13	-0.09	-0.00
212	0.50	10	-51.16	0.00	-678.74	-408.97	-0.09	-0.00
212	1.00	10	-49.14	0.00	-581.80	32.31	-0.09	-0.00
213	0.00	10	-49.25	0.00	-581.78	32.33	-0.09	-0.00
213	0.50	10	-47.22	0.00	-484.83	405.73	-0.09	-0.00
213	1.00	10	-45.19	0.00	-387.89	711.24	-0.09	-0.00
214	0.00	10	-45.25	0.00	-387.86	711.26	-0.09	-0.00
214	0.50	10	-43.21	0.00	-290.91	948.88	-0.08	-0.00
214	1.00	10	-41.16	0.00	-193.97	1118.62	-0.08	-0.00
215	0.00	10	-41.20	0.00	-193.95	1118.64	-0.08	-0.00
215	0.50	10	-39.13	0.00	-96.99	1220.49	-0.08	-0.00
215	1.00	10	-37.07	0.00	-0.05	1254.46	-0.08	-0.00

216	0.00	10	-37.07	0.00	-0.03	1254.48	-0.08	-0.00
216	0.50	10	-34.99	0.00	96.92	1220.56	-0.08	-0.00
216	1.00	10	-32.91	0.00	193.86	1118.76	-0.08	-0.00
217	0.00	10	-32.88	0.00	193.88	1118.78	-0.08	-0.00
217	0.50	10	-30.78	0.00	290.84	949.09	-0.08	-0.00
217	1.00	10	-28.68	0.00	387.78	711.51	-0.08	-0.00
218	0.00	10	-28.61	0.00	387.80	711.53	-0.08	-0.00
218	0.50	10	-26.50	0.00	484.75	406.07	-0.08	-0.00
218	1.00	10	-24.39	0.00	581.69	32.72	-0.08	-0.00
219	0.00	10	-24.28	0.00	581.71	32.74	-0.08	-0.00
219	0.50	10	-22.15	0.00	678.66	-408.50	-0.08	-0.00
219	1.00	10	-20.02	0.00	775.60	-917.62	-0.08	-0.00
220	0.00	10	-19.89	0.00	775.62	-917.60	-0.08	-0.00
220	0.50	10	-17.74	0.00	872.58	-1494.61	-0.08	-0.00
220	1.00	10	-15.59	0.00	969.52	-2139.51	-0.07	-0.00
221	0.00	10	-19.79	0.01	-887.27	-1947.95	-0.07	-0.02
221	0.50	10	-18.25	0.01	-818.02	-1521.52	-0.07	-0.02
221	1.00	10	-16.70	0.01	-748.78	-1129.73	-0.07	-0.02
222	0.00	10	-16.79	0.01	-748.76	-1129.71	-0.07	-0.02
222	0.50	10	-15.24	0.01	-679.51	-772.56	-0.06	-0.02
222	1.00	10	-13.69	0.01	-610.27	-450.04	-0.06	-0.02
223	0.00	10	-13.76	0.01	-610.25	-450.02	-0.06	-0.02
223	0.50	10	-12.20	0.01	-541.00	-162.14	-0.06	-0.02
223	1.00	10	-10.64	0.01	-471.76	91.12	-0.05	-0.02
224	0.00	10	-10.70	0.01	-471.75	91.13	-0.05	-0.02
224	0.50	10	-9.13	0.01	-402.49	309.75	-0.05	-0.02
224	1.00	10	-7.56	0.01	-333.25	493.73	-0.04	-0.02
225	0.00	10	-7.60	0.01	-333.24	493.74	-0.04	-0.02
225	0.50	10	-6.02	0.01	-263.99	643.08	-0.04	-0.02
225	1.00	10	-4.44	0.01	-194.75	757.79	-0.04	-0.02
226	0.00	10	-4.47	0.01	-194.73	757.81	-0.04	-0.02
226	0.50	10	-2.88	0.01	-125.48	837.88	-0.03	-0.02
226	1.00	10	-1.29	0.01	-56.24	883.32	-0.03	-0.02
227	0.00	10	-1.30	0.01	-56.22	883.33	-0.03	-0.02
227	0.50	10	0.30	0.01	13.mar	894.13	-0.03	-0.02
227	1.00	10	jan.90	0.01	82.27	870.30	-0.02	-0.02
228	0.00	10	jan.91	0.01	82.28	870.31	-0.02	-0.02
228	0.50	10	mar.51	0.01	151.53	811.84	-0.02	-0.02
228	1.00	10	05.des	0.01	220.77	718.74	-0.01	-0.02
229	0.00	10	mai.15	0.01	220.79	718.75	-0.01	-0.02
229	0.50	10	jun.76	0.01	290.04	591.01	-0.01	-0.02
229	1.00	10	aug.37	0.01	359.28	428.63	-0.01	-0.02
230	0.00	10	aug.42	0.01	359.29	428.65	-0.01	-0.02
230	0.50	10	10.apr	0.01	428.54	231.64	-0.00	-0.02
230	1.00	10	nov.66	0.01	497.78	-0.01	0.00	-0.02

## APPENDIKS XI– RESULTATER FOR DIMENSJONERENDE TRAFIKKLAST I NOVAFRAME.

Her er det tatt med resultater for element nr.201, 216 og 220. Tanken var at det ikke var nødvendig å ha med resultatene for alle tretti elementene. De er tatt med for å vise at man må hente ut manuelt fra denne excelfila.

Sort.Line No:	23, Eleme	nt No: 201	, X/L:	0			
-----	-----	-----	-----	-----			
Comp	Axial	Shear L	Shear N	Bending L	Bending N	Torsion	Gov. SC
Max Axial	2.07	-66.31	107.39	0	17.24	-893.08	1410
Max Shear-L	-1.18	126.25	-61.33	0	-37.3	1932.64	1410
Max Shear-N	2.52	86.67	130.68	0	-22.62	1172.12	1410
Max Bend-L	0	0	0	0	0	0	1410
Max Bend-N	-19.21	-56.44	-994.99	0	57.99	-3004.22	1410
Max Torsion	-22.72	57.64	-1177	0	-58.42	3026.62	1410
Min Axial	-23.42	25.01	-1213.47	0	-48.88	2532.28	1410
Min Shear-L	-4.7	-126.26	-243.34	0	37.3	-1932.63	1410
Min Shear-N	-23.68	-33.81	-1226.75	0	51.88	-2687.82	1410
Min Bend-L	0	0	0	0	0	0	1410
Min Bend-N	-19.21	56.41	-994.99	0	-57.99	3004.3	1410
Min Torsion	-19.21	-57.67	-994.99	0	58.42	-3026.53	1410
Sort.Line No:	23, Eleme	nt No: 201	, X/L:	0.5			
-----	-----	-----	-----	-----			
Comp	Axial	Shear L	Shear N	Bending L	Bending N	Torsion	Gov. SC
Max Axial	2.07	-66.31	107.39	-53.7	-15.92	-893.08	1410
Max Shear-L	-0.91	126.25	-47.11	27.82	25.83	1894.11	1410
Max Shear-N	2.54	86.91	131.41	-60.1	20.17	1168.43	1410
Max Bend-L	-10.55	-34.75	-546.33	578.77	32.93	-1318.04	1410
Max Bend-N	-9.03	4.85	-467.7	288.11	42.5	-787.51	1410
Max Torsion	-19.04	61.78	-986.53	507.61	-24.86	2927.2	1410
Min Axial	-21.31	29.39	-1103.95	552.08	-32.19	2429.17	1410
Min Shear-L	-2.49	-126.26	-129.14	78.84	-25.84	-1894.1	1410
Min Shear-N	-21.57	-38.19	-1117.23	558.72	30.79	-2584.72	1410
Min Bend-L	2.52	86.16	130.54	-65.28	20.62	1163.81	1410
Min Bend-N	-9.03	-4.88	-467.7	288.11	-42.51	787.58	1410
Min Torsion	-17.46	-61.8	-904.5	456.6	24.85	-2927.12	1410
Sort.Line No:	23, Eleme	nt No: 20	1, X/L:	1			
-----	-----	-----	-----	-----			
Comp	Axial	Shear L	Shear N	Bending L	Bending N	Torsion	Gov. SC
Max Axial	2.4	-44.63	124.14	415.78	-14.59	-306.97	1410
Max Shear-L	-0.73	126.25	-37.63	49.48	88.97	1868.43	1410
Max Shear-N	2.88	65.43	149.44	406.07	28.89	579.32	1410
Max Bend-L	-20.14	-41.53	-1043.51	1059.31	8.14	-2509.79	1410
Max Bend-N	-0.38	121.93	-19.63	31.48	91.24	1655.64	1410
Max Torsion	-17.89	64.48	-926.63	948.64	10.49	2862.06	1410
Min Axial	-19.92	32.3	-1032.24	1032.43	-13.27	2360.98	1410
Min Shear-L	-2.31	-126.26	-119.66	141.52	-88.98	-1868.41	1410
Min Shear-N	-20.18	-41.09	-1045.52	1045.71	7.48	-2516.53	1410
Min Bend-L	2.52	86.67	130.68	-130.71	64.06	1172.12	1410
Min Bend-N	-1.96	-121.94	-101.67	123.52	-91.24	-1655.63	1410
Min Torsion	-16.3	-64.51	-844.59	856.6	-10.52	-2861.98	1410

Sort.Line No:	23, Eleme	nt No: 216	, X/L:	0			
-----	-----	-----	-----	-----			
Comp	Axial	Shear L	Shear N	Bending L	Bending N	Torsion	Gov. SC
Max Axial	104.33	28.09	84.21	-322.71	533.41	401.38	1410
Max Shear-L	1.59	55.78	-4.28	114.63	-31.7	1022.01	1410
Max Shear-N	-125.91	5.92	593.06	2311.3	611.04	-1050.87	1410
Max Bend-L	-170.18	-4.49	54.63	2587.01	-783.6	43.59	1410
Max Bend-N	-50.87	-32.02	-52.32	678.64	977.45	-639.03	1410
Max Torsion	-118.47	21.29	-38.83	2057.98	-13.43	1693.17	1410
Min Axial	-182.1	-5.58	-524.52	2534.74	-776.75	-1187.14	1410
Min Shear-L	1.59	-55.77	-4.28	114.63	31.67	-1022.01	1410
Min Shear-N	-155.07	-13.79	-588.74	2308.66	-593.62	-1433.23	1410
Min Bend-L	100.7	2.13	-2.02	-333.98	525.67	2.31	1410
Min Bend-N	-24.06	32.02	32.44	309.66	-977.49	639.03	1410
Min Torsion	-118.85	-21.29	-44.22	2057.78	13.4	-1693.17	1410
Sort.Line No:	23, Eleme	nt No: 216	, X/L:	0.5			
-----	-----	-----	-----	-----			
Comp	Axial	Shear L	Shear N	Bending L	Bending N	Torsion	Gov. SC
Max Axial	104.33	28.09	84.21	-381.67	553.08	401.38	1410
Max Shear-L	1.73	55.78	2.2	116.98	7.35	999.32	1410
Max Shear-N	-128.98	10.38	689.54	2350.16	626.84	-1154.21	1410
Max Bend-L	-157.89	-2.3	637.92	2562.55	-786.81	1306.5	1410
Max Bend-N	-46.55	-32.02	149.29	619.58	955.03	-690.41	1410
Max Torsion	-107.36	16.03	531.98	2035.96	-600.76	1758.63	1410
Min Axial	-175.7	-9.96	-417.64	2415.57	-780.61	-1058.83	1410
Min Shear-L	1.73	-55.77	2.2	116.98	-7.38	-999.32	1410
Min Shear-N	-146.07	-18.1	-495.24	2185.43	-591.34	-1331.34	1410
Min Bend-L	104.41	28.12	84.18	-381.9	559.81	401.36	1410
Min Bend-N	-25.38	32.02	54.13	285.81	-955.07	690.41	1410
Min Torsion	-107.74	-16.03	526.59	2039.53	600.73	-1758.63	1410
Sort.Line No:	23, Eleme	nt No: 216	, X/L:	1			
-----	-----	-----	-----	-----			
Comp	Axial	Shear L	Shear N	Bending L	Bending N	Torsion	Gov. SC
Max Axial	104.33	28.09	84.21	-440.63	572.75	401.38	1410
Max Shear-L	1.93	55.78	11.92	112.52	46.4	965.29	1410
Max Shear-N	-128.87	13.78	762.95	2191.02	645.19	-1232.75	1410
Max Bend-L	-155.45	-5.78	718.84	2398.67	-787.67	1399.73	1410
Max Bend-N	-49.93	37	96.97	622.35	978.78	559.46	1410
Max Torsion	-105.38	12.51	598.06	1899.57	-609.62	1819.48	1410
Min Axial	-168.48	-13.25	-338.92	2330.39	-789.88	-962.61	1410
Min Shear-L	1.93	-55.77	11.92	112.52	-46.43	-965.29	1410
Min Shear-N	-136.96	-21.27	-427.7	2119.36	-597.31	-1255.95	1410
Min Bend-L	104.41	28.12	84.18	-440.84	579.49	401.36	1410
Min Bend-N	-28.76	-37	-1.64	340.52	-978.81	-559.46	1410
Min Torsion	-105.76	-12.51	592.67	1906.92	609.59	-1819.49	1410

Sort.Line No:	23, Eleme	nt No: 220	, X/L:	0			
-----	-----	-----	-----	-----			
Comp	Axial	Shear L	Shear N	Bending L	Bending N	Torsion	Gov. SC
Max Axial	104.39	28.09	84.14	-794.25	690.49	401.82	1410
Max Shear-L	4.05	55.78	106.96	-129.09	280.13	700.21	1410
Max Shear-N	-64.47	39	1256.09	90.04	888.59	-1806.88	1410
Max Bend-L	27.49	-1.72	531.88	521.71	-597.3	1192.66	1410
Max Bend-N	-45.94	37	227.4	28.87	1133.92	290.5	1410
Max Torsion	-42.08	-14.92	1022.6	113.7	-816.13	2294.73	1410
Min Axial	-153.61	-3.38	808.57	-917.74	-798.45	1633.44	1410
Min Shear-L	4.05	-55.77	106.96	-129.08	-280.16	-700.21	1410
Min Shear-N	77.39	-30.86	-104.36	300.8	295.89	-501.91	1410
Min Bend-L	-137.02	7.01	785.94	-1066.29	864.99	-1508.33	1410
Min Bend-N	-24.45	-37	100.57	117.14	-1133.96	-290.49	1410
Min Torsion	-42.47	14.92	1017.21	143.7	816.09	-2294.73	1410
Sort.Line No:	23, Eleme	nt No: 220	, X/L:	0.5			
-----	-----	-----	-----	-----			
Comp	Axial	Shear L	Shear N	Bending L	Bending N	Torsion	Gov. SC
Max Axial	104.39	28.09	84.14	-853.16	710.16	401.82	1410
Max Shear-L	4.47	55.78	125.92	-209.67	319.18	648.83	1410
Max Shear-N	-38.95	44.08	1336.33	-377.22	955.93	-1921.26	1410
Max Bend-L	44.37	-2.73	537.43	396.13	-580.21	1211.51	1410
Max Bend-N	-35.78	37	729.22	-442.16	1159.83	-1010.88	1410
Max Torsion	-20.16	-20.7	1088.63	-267.39	-882.41	2395.2	1410
Min Axial	-153.05	-3.2	827.5	-1493.23	-796.82	1675.3	1410
Min Shear-L	4.47	-55.77	125.92	-209.67	-319.21	-648.83	1410
Min Shear-N	78.23	-30.16	-103.16	362.87	290.08	-488	1410
Min Bend-L	-133.28	13.68	933.65	-1628.06	930.65	-1675.47	1410
Min Bend-N	-12.95	-37	619.41	-259.02	-1159.87	1010.88	1410
Min Torsion	-20.54	20.7	1083.24	-233.61	882.37	-2395.21	1410
Sort.Line No:	23, Eleme	nt No: 220	, X/L:	1			
-----	-----	-----	-----	-----			
Comp	Axial	Shear L	Shear N	Bending L	Bending N	Torsion	Gov. SC
Max Axial	104.57	28.49	96.49	-913.35	738.25	382.3	1410
Max Shear-L	4.78	55.78	140.14	-302.1	358.24	610.3	1410
Max Shear-N	-16.81	47.95	1391.57	-971.65	1019.83	-2008.08	1410
Max Bend-L	78.32	25.71	-102.89	432.92	-246.33	423.58	1410
Max Bend-N	-22.68	37	1263.67	-1012.25	1185.74	-2299.41	1410
Max Torsion	-1.56	-25.16	1133.51	-747.03	-942.54	2472.63	1410
Min Axial	-152.87	-2.81	827.73	-2074.89	-790.7	1681.66	1410
Min Shear-L	4.78	-55.77	140.14	-302.1	-358.26	-610.3	1410
Min Shear-N	78.44	-29.58	-102.89	432.48	281.55	-478.6	1410
Min Bend-L	-134.83	13.71	949.59	-2286.61	958.22	-1713.62	1410
Min Bend-N	-1.56	-37	1133.51	-747.03	-1185.77	2299.41	1410
Min Torsion	-1.94	25.16	1128.12	-709.48	942.49	-2472.64	1410

## APPENDIKS XII - OVERSIKT OVER OPPINTEGRERINGSFIL FOR LANGSGÅENDENODELINJE – KUN FOR BØYEMOMENT

Oversikten under viser oppsettet på beregninger av bøyemoment langsgående brukonstruksjonen (om a-aksen). Brumodellen har 21 nodelinjer langsgående fordi det er 20 elementer tversgående. Arket på denne siden viser kun nodelinje for nodelinje 1-4.

INPUT:

Input - tverrsnitt			Nodelinje 1			Nodelinje 2			Nodelinje 3			Nodelinje 4			Node	
Noder	Pos_in [s]	Pos_tn [a]	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	thickness [z]	Ns
1	0	0	0,22	77,07	19,34	0,26	36,4	27,58	0,3	34,85	35,69	0,35	39,99	44,15	0,39	
2	0,5	0	0,22	-7,974	18,66	0,26	-4,985	22,25	0,3	-5,498	28,38	0,35	-12,9	36,35	0,39	
3	1	0	0,22	-67,52	43,59	0,26	-40,48	35,02	0,3	-42,73	33,15	0,35	-52,7	37,64	0,39	
4	1,5	0	0,22	-68,69	45,94	0,26	-87,57	43,11	0,3	-83,68	49,74	0,35	-99,6	53,34	0,39	
5	2	0	0,22	-46,29	54,19	0,26	-107,6	51,95	0,3	-98,46	62,67	0,35	-124	69,52	0,39	
6	2,5	0	0,22	-28,58	51,23	0,26	-84,08	57,14	0,3	-108,2	71,05	0,35	-151,5	81,39	0,39	
7	3	0	0,22	-13,42	54,92	0,26	-90,9	59,87	0,3	-118,4	75,49	0,35	-171,3	87,9	0,39	
8	3,5	0	0,22	-1,811	52,95	0,26	-77,92	61,13	0,3	-123,3	78,07	0,35	-187,8	91,86	0,39	
9	4	0	0,22	3,201	53,98	0,26	-79,36	61,65	0,3	-125,8	79,03	0,35	-196,7	93,73	0,39	
10	4,5	0	0,22	10,28	53,91	0,26	-73,12	61,23	0,3	-125,1	78,96	0,35	-199,2	93,87	0,39	
11	5	0	0,22	11,29	52,59	0,26	-68,58	60,8	0,3	-120,8	77,92	0,35	-195,2	92,55	0,39	
12	5,5	0	0,22	17,08	54,57	0,26	-60,68	59,15	0,3	-112,1	76,05	0,35	-186	90,07	0,39	
13	6	0	0,22	17,51	50,91	0,26	-50,92	58,07	0,3	-100,5	73,63	0,35	-172,7	86,51	0,39	
14	6,5	0	0,22	23,28	55,01	0,26	-38,15	55,41	0,3	-85,13	70,09	0,35	-151,4	81,48	0,39	
15	7	0	0,22	23,8	49,03	0,26	-24,4	53,69	0,3	-67,07	66,81	0,35	-129,7	76,29	0,39	
16	7,5	0	0,22	29,43	55,34	0,26	-12,9	50,94	0,3	-47,96	62,09	0,35	-102,9	69,37	0,39	
17	8	0	0,22	29,48	47,1	0,26	12,11	48,72	0,3	-22,67	58,77	0,35	-73,04	63,68	0,39	
18	8,5	0	0,22	34,45	55,76	0,26	20,52	49,43	0,3	-8,122	54,47	0,35	-51,92	57,41	0,39	
19	9	0	0,22	38,25	46,41	0,26	32,95	44,58	0,3	3,64	52,18	0,35	-36,66	53,45	0,39	
20	9,5	0	0,22	37,2	53,82	0,26	25,13	47,41	0,3	10,96	49,52	0,35	-24,62	49,73	0,39	
21	10	0	0,22	35,68	73,5	0,26	27	58,1	0,3	14,78	52,98	0,35	-18,13	54,08	0,39	
22	10	0	0,22	38,29	70,58	0,26	26,52	56,41	0,3	17,15	53,07	0,35	-21,68	53,51	0,39	

Oppsettet er det samme for alle 21 nodelinjene, utenom tykkelse. Derfor er det ikke nødvendig å vise for alle nodelinjene.

	Nodelinje 16			Nodelinje 17			Nodelinje 18			Nodelinje 19			Nodelinje 20			Nodelinje 21		
	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]	thickness [z]	Ns [kN/m]	Ma [kNm/m]
12	0.43	-12.38	63.98	0.39	20.32	47.56	0.35	46.58	42.9	0.3	39.84	34.7	0.26	28.37	29.09	0.22	23.05	25.49
13	0.43	-39.8	67.87	0.39	-48.52	42.58	0.35	-10.68	35.98	0.3	-3.953	28.13	0.26	-7.438	21.85	0.22	-14.84	16.41
14	0.43	-58.38	79.6	0.39	-111.3	44.03	0.35	-52.7	37.64	0.3	-42.73	33.15	0.26	-40.48	35.02	0.22	-67.52	43.59
15	0.43	-76.81	105.9	0.39	-144.2	61.31	0.35	-99.6	53.34	0.3	-83.68	49.74	0.26	-87.57	43.11	0.22	-68.69	45.94
16	0.43	-118.4	134.6	0.39	-191.2	79.8	0.35	-124	69.52	0.3	-98.46	62.67	0.26	-107.6	51.95	0.22	-46.29	54.19
17	0.43	-152	156.9	0.39	-231.7	92.93	0.35	-151.5	81.39	0.3	-108.2	71.05	0.26	-84.08	57.14	0.22	-28.58	51.23
18	0.43	-182.7	172.3	0.39	-264.6	100.6	0.35	-171.3	87.9	0.3	-118.4	75.49	0.26	-90.9	59.87	0.22	-13.42	54.92
19	0.43	-203.9	183.6	0.39	-287.3	106.6	0.35	-187.8	91.86	0.3	-123.3	78.07	0.26	-77.92	61.13	0.22	-1.811	52.95
20	0.43	-215.9	188.9	0.39	-302.6	109	0.35	-196.7	93.73	0.3	-125.8	79.03	0.26	-79.36	61.65	0.22	3.201	53.98
21	0.43	-221.3	190.1	0.39	-307.8	109.4	0.35	-199.2	93.87	0.3	-125.1	78.96	0.26	-73.12	61.23	0.22	10.28	53.91
22	0.43	-219.5	187.5	0.39	-303.8	107.9	0.35	-195.2	92.55	0.3	-120.8	77.92	0.26	-68.58	60.8	0.22	11.28	52.59
23	0.43	-214.6	181.4	0.39	-293.1	104.7	0.35	-186	90.07	0.3	-112.1	76.05	0.26	-60.68	59.15	0.22	17.08	54.57
24	0.43	-203.8	172.4	0.39	-272.9	100.1	0.35	-172.7	86.51	0.3	-100.5	73.63	0.26	-50.92	58.07	0.22	17.51	50.91
25	0.43	-188.7	159.4	0.39	-246.8	93.12	0.35	-151.4	81.48	0.3	-85.13	70.09	0.26	-38.15	55.41	0.22	23.28	55.01
26	0.43	-172.6	144	0.39	-220.3	85.79	0.35	-129.7	76.29	0.3	-67.07	66.81	0.26	-24.4	53.69	0.22	23.8	49.03
27	0.43	-152.2	124.7	0.39	-185.7	76.87	0.35	-102.9	69.37	0.3	-47.96	62.09	0.26	-12.9	50.94	0.22	29.43	55.34
28	0.43	-133.4	104.1	0.39	-151.2	66.86	0.35	-73.04	63.68	0.3	-22.67	58.77	0.26	12.11	48.72	0.22	29.48	47.1
29	0.43	-114.8	83.52	0.39	-117.2	59.43	0.35	-51.92	57.41	0.3	-8.122	54.47	0.26	20.52	49.43	0.22	34.45	55.76
30	0.43	-101.7	67.21	0.39	-96.5	51.32	0.35	-36.66	53.45	0.3	3.64	52.18	0.26	32.95	44.58	0.22	38.25	46.41
31	0.43	-91.25	54.89	0.39	-75.46	46.77	0.35	-24.62	49.73	0.3	10.96	49.52	0.26	25.13	47.41	0.22	37.2	53.82
32	0.43	-87.93	54.29	0.39	-68.65	50.69	0.35	-18.13	54.08	0.3	14.78	52.98	0.26	27	58.1	0.22	35.68	73.5
33	0.43	-89.34	54.48	0.39	-70.57	51.17	0.35	-21.68	53.51	0.3	17.15	53.07	0.26	26.52	56.41	0.22	38.29	70.58





53

ØLFGJSLFKGJL - Microsoft Excel

Hjem Sett inn Sideoppsett Formler Data Se gjennom Visning Acrobat Team

fx Autosummer Logisk Oppslag og referanse Definer navn Spor et overordnet nivå Vis formler  
 Nylig brukt Tekst Matematikk og trigonometri Bruk i formel Spor et underordnet nivå Feilkontroll  
 Økonomisk Dato og klokkeslett Flere funksjoner Navnebehandling Opprett fra utvalg Fjern piler Evaluer formel  
 Funksjonsbibliotek Definerte navn Formelrevisjon Overvåkingsvindu Beregningsalternativer Beregning

D3

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8			Modelljce 1			Modelljce 2	
9		Arm No	Moment pgs No	Mo	Arm No	Moment pgs No	Mo
10	=A3+1	=HVIS(InputD12="";-;InputD12+InputC16+InputD12/2	=InputE12*BeregningB9*InputC45/2	=InputF12*InputC45/2	=HVIS(InputG12="";-;In	=InputH12*BeregningE3*Inpu	=InputI12*InputC45/2
11	=A10+1	=HVIS(InputD13="";-;InputC12+InputC16+InputD13/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE14="";InputE13*BeregningB10*InputC45/2;InputE13*BeregningB10*InputC45);0)	=HVIS(InputF14="";InputF13*InputC45/2;InputF13*InputC45)	=HVIS(InputG13="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH14="";	=HVIS(InputI14="";Inp
12	=A11+1	=HVIS(InputD14="";-;InputC12+InputC16+InputD14/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE15="";InputE14*BeregningB11*InputC45/2;InputE14*BeregningB11*InputC45);0)	=HVIS(InputF15="";InputF14*InputC45/2;InputF14*InputC45)	=HVIS(InputG14="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH15="";	=HVIS(InputI15="";Inp
13	=A12+1	=HVIS(InputD15="";-;InputC12+InputC16+InputD15/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE16="";InputE15*BeregningB12*InputC45/2;InputE15*BeregningB12*InputC45);0)	=HVIS(InputF16="";InputF15*InputC45/2;InputF15*InputC45)	=HVIS(InputG15="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH16="";	=HVIS(InputI16="";Inp
14	=A13+1	=HVIS(InputD16="";-;InputC12+InputC16+InputD16/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE17="";InputE16*BeregningB13*InputC45/2;InputE16*BeregningB13*InputC45);0)	=HVIS(InputF17="";InputF16*InputC45/2;InputF16*InputC45)	=HVIS(InputG16="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH17="";	=HVIS(InputI17="";Inp
15	=A14+1	=HVIS(InputD17="";-;InputC12+InputC16+InputD17/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE18="";InputE17*BeregningB14*InputC45/2;InputE17*BeregningB14*InputC45);0)	=HVIS(InputF18="";InputF17*InputC45/2;InputF17*InputC45)	=HVIS(InputG17="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH18="";	=HVIS(InputI18="";Inp
16	=A15+1	=HVIS(InputD18="";-;InputC12+InputC16+InputD18/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE19="";InputE18*BeregningB15*InputC45/2;InputE18*BeregningB15*InputC45);0)	=HVIS(InputF19="";InputF18*InputC45/2;InputF18*InputC45)	=HVIS(InputG18="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH19="";	=HVIS(InputI19="";Inp
17	=A16+1	=HVIS(InputD19="";-;InputC12+InputC16+InputD19/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE20="";InputE19*BeregningB16*InputC45/2;InputE19*BeregningB16*InputC45);0)	=HVIS(InputF20="";InputF19*InputC45/2;InputF19*InputC45)	=HVIS(InputG19="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH20="";	=HVIS(InputI20="";Inp
18	=A17+1	=HVIS(InputD20="";-;InputC12+InputC16+InputD20/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE21="";InputE20*BeregningB17*InputC45/2;InputE20*BeregningB17*InputC45);0)	=HVIS(InputF21="";InputF20*InputC45/2;InputF20*InputC45)	=HVIS(InputG20="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH21="";	=HVIS(InputI21="";Inp
19	=A18+1	=HVIS(InputD21="";-;InputC12+InputC16+InputD21/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE22="";InputE21*BeregningB18*InputC45/2;InputE21*BeregningB18*InputC45);0)	=HVIS(InputF22="";InputF21*InputC45/2;InputF21*InputC45)	=HVIS(InputG21="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH22="";	=HVIS(InputI22="";Inp
20	=A19+1	=HVIS(InputD22="";-;InputC12+InputC16+InputD22/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE23="";InputE22*BeregningB19*InputC45/2;InputE22*BeregningB19*InputC45);0)	=HVIS(InputF23="";InputF22*InputC45/2;InputF22*InputC45)	=HVIS(InputG22="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH23="";	=HVIS(InputI23="";Inp
21	=A20+1	=HVIS(InputD23="";-;InputC12+InputC16+InputD23/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE24="";InputE23*BeregningB20*InputC45/2;InputE23*BeregningB20*InputC45);0)	=HVIS(InputF24="";InputF23*InputC45/2;InputF23*InputC45)	=HVIS(InputG23="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH24="";	=HVIS(InputI24="";Inp
22	=A21+1	=HVIS(InputD24="";-;InputC12+InputC16+InputD24/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE25="";InputE24*BeregningB21*InputC45/2;InputE24*BeregningB21*InputC45);0)	=HVIS(InputF25="";InputF24*InputC45/2;InputF24*InputC45)	=HVIS(InputG24="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH25="";	=HVIS(InputI25="";Inp
23	=A22+1	=HVIS(InputD25="";-;InputC12+InputC16+InputD25/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE26="";InputE25*BeregningB22*InputC45/2;InputE25*BeregningB22*InputC45);0)	=HVIS(InputF26="";InputF25*InputC45/2;InputF25*InputC45)	=HVIS(InputG25="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH26="";	=HVIS(InputI26="";Inp
24	=A23+1	=HVIS(InputD26="";-;InputC12+InputC16+InputD26/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE27="";InputE26*BeregningB23*InputC45/2;InputE26*BeregningB23*InputC45);0)	=HVIS(InputF27="";InputF26*InputC45/2;InputF26*InputC45)	=HVIS(InputG26="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH27="";	=HVIS(InputI27="";Inp
25	=A24+1	=HVIS(InputD27="";-;InputC12+InputC16+InputD27/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE28="";InputE27*BeregningB24*InputC45/2;InputE27*BeregningB24*InputC45);0)	=HVIS(InputF28="";InputF27*InputC45/2;InputF27*InputC45)	=HVIS(InputG27="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH28="";	=HVIS(InputI28="";Inp
26	=A25+1	=HVIS(InputD28="";-;InputC12+InputC16+InputD28/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE29="";InputE28*BeregningB25*InputC45/2;InputE28*BeregningB25*InputC45);0)	=HVIS(InputF29="";InputF28*InputC45/2;InputF28*InputC45)	=HVIS(InputG28="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH29="";	=HVIS(InputI29="";Inp
27	=A26+1	=HVIS(InputD29="";-;InputC12+InputC16+InputD29/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE30="";InputE29*BeregningB26*InputC45/2;InputE29*BeregningB26*InputC45);0)	=HVIS(InputF30="";InputF29*InputC45/2;InputF29*InputC45)	=HVIS(InputG29="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH30="";	=HVIS(InputI30="";Inp
28	=A27+1	=HVIS(InputD30="";-;InputC12+InputC16+InputD30/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE31="";InputE30*BeregningB27*InputC45/2;InputE30*BeregningB27*InputC45);0)	=HVIS(InputF31="";InputF30*InputC45/2;InputF30*InputC45)	=HVIS(InputG30="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH31="";	=HVIS(InputI31="";Inp
29	=A28+1	=HVIS(InputD31="";-;InputC12+InputC16+InputD31/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE32="";InputE31*BeregningB28*InputC45/2;InputE31*BeregningB28*InputC45);0)	=HVIS(InputF32="";InputF31*InputC45/2;InputF31*InputC45)	=HVIS(InputG31="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH32="";	=HVIS(InputI32="";Inp
30	=A29+1	=HVIS(InputD32="";-;InputC12+InputC16+InputD32/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE33="";InputE32*BeregningB29*InputC45/2;InputE32*BeregningB29*InputC45);0)	=HVIS(InputF33="";InputF32*InputC45/2;InputF32*InputC45)	=HVIS(InputG32="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH33="";	=HVIS(InputI33="";Inp
31	=A30+1	=HVIS(InputD33="";-;InputC12+InputC16+InputD33/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE34="";InputE33*BeregningB30*InputC45/2;InputE33*BeregningB30*InputC45);0)	=HVIS(InputF34="";InputF33*InputC45/2;InputF33*InputC45)	=HVIS(InputG33="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH34="";	=HVIS(InputI34="";Inp
32	=A31+1	=HVIS(InputD34="";-;InputC12+InputC16+InputD34/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE35="";InputE34*BeregningB31*InputC45/2;InputE34*BeregningB31*InputC45);0)	=HVIS(InputF35="";InputF34*InputC45/2;InputF34*InputC45)	=HVIS(InputG34="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH35="";	=HVIS(InputI35="";Inp
33	=A32+1	=HVIS(InputD35="";-;InputC12+InputC16+InputD35/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE36="";InputE35*BeregningB32*InputC45/2;InputE35*BeregningB32*InputC45);0)	=HVIS(InputF36="";InputF35*InputC45/2;InputF35*InputC45)	=HVIS(InputG35="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH36="";	=HVIS(InputI36="";Inp
34	=A33+1	=HVIS(InputD36="";-;InputC12+InputC16+InputD36/2	=HVISFEIL(HVIS(InputE37="";InputE36*BeregningB33*InputC45/2;InputE36*BeregningB33*InputC45);0)	=HVIS(InputF37="";InputF36*InputC45/2;InputF36*InputC45)	=HVIS(InputG36="";-;In	=HVISFEIL(HVIS(InputH37="";	=HVIS(InputI37="";Inp

ØLFGJSLFKGJL - Microsoft Excel

Hjem Sett inn Sideoppsett Formler Data Se gjennom Visning Acrobat Team

Calibri 11 A A

Bryt tekst Standard

Utklippst... Skrift Justering Tall

Betinget formatering Formater som tabell Cellestiler

Sett inn Slett Format

Autosummer Fyll Fjern

Sorter og Søk etter filterer og merk Redigering

BO15

	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7		Nodelinje 18			Nodelinje 19			Nodelinje 20			Nodelinje 21						
	Arm Ns	Moment pga Ns	Ma	Arm Ns	Moment pga Ns	Ma	Arm Ns	Moment pga Ns	Ma	Arm Ns	Moment pga Ns	Ma	sum		Noder		
9	0,224	2,608480	10,725	0,249	2,480040	8,675	0,269	1,907883	7,2725	0,289	1,665363	6,3725	368,558646		1		
10	0,224	-1,196160	17,99	0,249	-0,492149	14,065	0,269	-1,000411	10,925	0,289	-2,144380	8,205	827,442730		2		
11	0,224	-5,902400	18,82	0,249	-5,319885	16,575	0,269	-5,444560	17,51	0,289	-9,756640	21,795	1055,392110		3		
12	0,224	-11,155200	26,67	0,249	-10,418160	24,87	0,269	-11,778165	21,555	0,289	-9,925705	22,97	1395,879335		4		
13	0,224	-13,888000	34,76	0,249	-12,258270	31,335	0,269	-14,472200	25,975	0,289	-6,688905	27,095	1751,700793		5		
14	0,224	-16,968000	40,695	0,249	-13,470900	35,525	0,269	-11,308760	28,57	0,289	-4,129810	25,615	2023,689875		6		
15	0,224	-19,185600	43,95	0,249	-14,740800	37,745	0,269	-12,226050	29,935	0,289	-1,939190	27,46	2218,388240		7		
16	0,224	-21,033600	45,93	0,249	-15,350850	39,035	0,269	-10,480240	30,565	0,289	-0,261690	26,475	2357,838271		8		
17	0,224	-22,030400	46,865	0,249	-15,662100	39,515	0,269	-10,673920	30,825	0,289	0,462545	26,99	2425,029279		9		
18	0,224	-22,310400	46,935	0,249	-15,574950	39,48	0,269	-9,834640	30,615	0,289	1,485460	26,955	2442,182610		10		
19	0,224	-21,862400	46,275	0,249	-15,039600	38,96	0,269	-9,224010	30,4	0,289	1,629960	26,295	2406,022250		11		
20	0,224	-20,832000	45,035	0,249	-13,956450	38,025	0,269	-8,161460	29,575	0,289	2,468060	27,285	2325,132480		12		
21	0,224	-19,342400	43,255	0,249	-12,512250	36,815	0,269	-6,848740	29,035	0,289	2,530195	25,455	2199,013450		13		
22	0,224	-16,956800	40,74	0,249	-10,598685	35,045	0,269	-5,131175	27,705	0,289	3,363960	27,505	2027,611725		14		
23	0,224	-14,526400	38,145	0,249	-8,350215	33,405	0,269	-3,281800	26,845	0,289	3,439100	24,515	1815,531055		15		
24	0,224	-11,524800	34,685	0,249	-5,971020	31,045	0,269	-1,735050	25,47	0,289	4,252635	27,67	1568,505450		16		
25	0,224	-8,180480	31,84	0,249	-2,822415	29,385	0,269	1,628795	24,36	0,289	4,259860	23,55	1277,376625		17		
26	0,224	-5,815040	28,705	0,249	-1,011189	27,235	0,269	2,759940	24,715	0,289	4,978025	27,88	972,953952		18		
27	0,224	-4,105920	26,725	0,249	0,453180	26,09	0,269	4,431775	22,29	0,289	5,527125	23,205	635,801265		19		
28	0,224	-2,757440	24,865	0,249	1,364520	24,76	0,269	3,379985	23,705	0,289	5,375400	26,91	487,184749		20		
29	0,224	-2,030560	27,04	0,249	1,840110	26,49	0,269	3,631500	29,05	0,289	5,155760	36,75	560,741190		21		
30	0,224	-2,428160	26,755	0,249	2,135175	26,535	0,269	3,566940	28,205	0,289	5,532905	35,29	697,894842		22		
31	0,224	-2,366560	24,47	0,249	1,795290	24,475	0,269	3,455305	23,265	0,289	5,395630	26,235	604,026353		23		
32	0,224	-3,181920	25,68	0,249	1,298535	25,3	0,269	3,396125	22,175	0,289	5,670180	24,095	621,576321		24		
33	0,224	-4,527040	27,55	0,249	0,216381	26,4	0,269	2,967070	23,405	0,289	5,025710	25,865	867,951238		25		

Regnearket viser summen av bøyemoment for dimensjonerende trafikklaster.

ØLFGJSLFKGJL - Microsoft Excel

Hjem Sett inn Sideoppsett Formler Data Se gjennom Visning Acrobat Team

fx Sett inn funksjon

Autosummer Nylig brukt Økonomisk Logisk Tekst Dato og klokkeslett Flere funksjoner Oppslag og referanse Matematikk og trigonometri Flere funksjoner Navnebehandling Definerte navn Definer navn Bruk i formel Opprett fra utvalg Formelrevisjon Spor et overordnet nivå Spor et underordnet nivå Fjern piler Vis formler Feilkontroll Evaluer formel Overvåkingstvindu Beregningsalternativer Beregning

BP88

	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	B
58	0,224	-2,172800	26,875	0,249	1,729305	26,615	0,269	3,740445	28,23	0,289	5,730870	35,305		703,187935		50	
59	0,224	-2,503200	27,165	0,249	2,147625	26,57	0,269	3,653020	29,08	0,289	6,069000	36,77		566,138446		51	
60	0,224	-2,858240	24,98	0,249	1,297290	24,84	0,269	3,414955	23,73	0,289	5,495335	26,925		484,578675		52	
61	0,224	-4,172000	26,815	0,249	0,272282	26,16	0,269	4,384700	22,34	0,289	4,830635	23,215		628,943274		53	
62	0,224	-5,903520	28,775	0,249	-1,063106	27,285	0,269	2,770700	24,735	0,289	5,001145	27,895		963,024944		54	
63	0,224	-8,197280	31,875	0,249	-2,973060	29,415	0,269	1,632830	24,385	0,289	5,004035	23,56		1267,852060		55	
64	0,224	-11,547200	34,68	0,249	-5,969775	31,05	0,269	-2,107615	25,475	0,289	4,186165	27,675		1555,317350		56	
65	0,224	-14,481600	38,115	0,249	-8,431140	33,39	0,269	-3,215895	26,845	0,289	4,124030	24,52		1805,799430		57	
66	0,224	-16,900800	40,7	0,249	-10,525230	35,02	0,269	-4,672530	27,695	0,289	3,219460	27,505		2017,567195		58	
67	0,224	-19,241600	43,205	0,249	-12,562050	36,785	0,269	-6,761315	29,02	0,289	3,155880	25,46		2191,391355		59	
68	0,224	-20,697600	44,985	0,249	-13,856850	37,99	0,269	-7,667845	29,56	0,289	2,246975	27,285		2318,414995		60	
69	0,224	-21,716800	46,225	0,249	-14,815500	38,93	0,269	-9,123135	30,38	0,289	2,184840	26,295		2401,790660		61	
70	0,224	-22,097600	46,885	0,249	-15,450450	39,445	0,269	-9,667860	30,595	0,289	1,175941	26,955		2437,984172		62	
71	0,224	-21,817600	46,82	0,249	-15,413100	39,48	0,269	-10,848770	30,805	0,289	0,918009	26,99		2423,543887		63	
72	0,224	-20,753600	45,885	0,249	-15,226350	39,005	0,269	-10,273110	30,545	0,289	-0,697357	26,475		2357,608241		64	
73	0,224	-18,928000	43,91	0,249	-14,491800	37,71	0,269	-12,512535	29,915	0,289	-1,644410	27,46		2221,848655		65	
74	0,224	-16,710400	40,655	0,249	-13,184550	35,5	0,269	-11,246890	28,55	0,289	-4,767055	25,61		2028,901355		66	
75	0,224	-13,652800	34,725	0,249	-12,193530	31,31	0,269	-15,010200	25,955	0,289	-6,642665	27,095		1760,562679		67	
76	0,224	-11,116000	26,65	0,249	-10,399485	24,85	0,269	-12,043130	21,54	0,289	-10,834610	22,96		1405,389770		68	
77	0,224	-6,060320	18,805	0,249	-5,443140	16,57	0,269	-5,646310	17,505	0,289	-9,989285	21,78		1071,634570		69	
78	0,224	-1,438080	17,965	0,249	-0,742767	14,05	0,269	-1,290259	10,915	0,289	-2,494070	8,205		823,748932		70	
79	0,224	2,46512	10,7225	0,249	2,334375	8,67	0,269	1,5971875	7,2675	0,289	0,7521225	6,365		364,791029		71	
80																	
81														2663			
82																	
83													Novaframe	2587			
84																	
85													awik	2,9			



## APPENDIKS XIII – OVERSIKT OVER RESULTATER FOR BØYEMOMENT FOR DIMENSJONERENDE TRAFIKKLAST

Her vises resultater fra Brigade og NovaFrame før de er satt sammen i graf.

[m]	Antall nodelinjer	Dim trafikklast - BRIGADE							
		MAX resultater (med tverrbjelke)	MIN resultater (med tverrbjelke)	MAX resultater (uten tverrbjelke)	MIN resultater (uten tverrbjelke)				
0	1	369	-355	158	-245				
0.5	2	828	-487	844	-366				
1	3	1063	-395	1385	-341				
1.5	4	1403	-350	1725	-349				
2	5	1757	-344	2010	-383				
2.5	6	2027	-363	2212	-409				
3	7	2220	-403	2355	-437				
3.5	8	2358	-449	2452	-492				
4	9	2425	-499	2493	-542				
4.5	10	2441	-552	2489	-587				
5	11	2405	-608	2438	-638				
5.5	12	2323	-667	2345	-681				
6	13	2197	-731	2212	-734				
6.5	14	2025	-796	2033	-799				
7	15	1813	-867	1817	-869				
7.5	16	1565	-943	1566	-945				
8	17	1274	-1029	1271	-1031				
8.5	18	969	-1149	963	-1154				
9	19	632	-1326	623	-1335				
9.5	20	483	-1578	482	-1592				
10	21	557	-1978	559	-1996				
10	22	694	-2200	695	-2216				
10.5	23	600	-1724	601	-1738				
11	24	617	-1262	613	-1266				
11.5	25	864	-930	861	-941				
12	26	1131	-807	1129	-814				
12.5	27	1389	-714	1388	-718				
13	28	1633	-641	1633	-645				
13.5	29	1858	-584	1858	-587				
14	30	2067	-538	2068	-541				
14.5	31	2244	-499	2244	-502				
15	32	2394	-463	2394	-465				
15.5	33	2508	-426	2509	-428				
16	34	2593	-392	2594	-394				
16.5	35	2640	-357	2641	-360				
17	36	2663	-327	2664	-329				
17.5	37	2640	-354	2641	-356				
18	38	2592	-388	2593	-390				
18.5	39	2507	-421	2508	-423				
19	40	2391	-458	2392	-459				
19.5	41	2240	-493	2241	-496				
20	42	2063	-531	2064	-534				
20.5	43	1854	-577	1854	-580				
21	44	1629	-633	1628	-637				
21.5	45	1385	-706	1384	-710				
22	46	1127	-800	1125	-806				
22.5	47	865	-922	861	-932				
23	48	622	-1270	617	-1279				
23.5	49	608	-1727	608	-1742				
24	50	703	-2204	704	-2219				
24	51	566	-1982	568	-2000				
24.5	52	485	-1560	484	-1574				
25	53	629	-1301	620	-1310				
25.5	54	963	-1126	957	-1131				
26	55	1268	-1008	1265	-1010				
26.5	56	1555	-924	1556	-926				
27	57	1806	-849	1810	-851				
27.5	58	2018	-781	2026	-784				
28	59	2191	-716	2205	-719				
28.5	60	2318	-654	2340	-671				
29	61	2402	-596	2434	-631				
29.5	62	2438	-541	2485	-582				
30	63	2424	-488	2492	-540				
30.5	64	2358	-439	2451	-492				
31	65	2222	-394	2356	-439				
31.5	66	2029	-355	2213	-413				
32	67	1761	-337	2015	-389				
32.5	68	1405	-343	1727	-358				
33	69	1072	-387	1389	-356				
33.5	70	824	-480	850	-388				
34	71	365	-353	161	-256				
		maks	2663	maks	-327	maks	2664	maks	-245
		min	365	min	-2204	min	158	min	-2219

[m]			Elementer	Dim trafikklast - NovaFrame			
				MAX resultater Bøyemoment	MIN resultater Bøyemoment		
0		0	201		0		0
0.5		0.5	201		579		-65
1		1	201		1059		-131
1.5		0.5	202		1488		-196
2		1	202		1791		-262
2.5		0.5	203		2075		-327
3		1	203		2211		-392
3.5		0.5	204		2359		-458
4		1	204		2344		-523
4.5		0.5	205		2370		-589
5		1	205		2284		-654
5.5		0.5	206		2231		-719
6		1	206		2028		-785
6.5		0.5	207		1863		-850
7		1	207		1564		-916
7.5		0.5	208		1307		-981
8		1	208		937		-1049
8.5		0.5	209		645		-1139
9		1	209		315		-1251
9.5		0.5	210		192		-1381
10		1	210		81		-1720
10		0	211		417		-2253
10.7		0.5	211		390		-1598
11.4		1	211		521		-1048
12.1		0.5	212		892		-858
12.8		1	212		1247		-741
13.5		0.5	213		1670		-651
14.2		1	213		1951		-576
14.9		0.5	214		2267		-514
15.6		1	214		2407		-453
16.3		0.5	215		2566		-391
17		1	215		2587		-334
17.7		0.5	216		2563		-382
18.4		1	216		2399		-441
19.1		0.5	217		2254		-500
19.8		1	217		1934		-559
20.5		0.5	218		1651		-631
21.2		1	218		1228		-720
21.9		0.5	219		875		-837
22.6		1	219		522		-1066
23.3		0.5	220		396		-1628
24		1	220		433		-2287
24		0	221		82		-1738
24.5		0.5	221		192		-1349
25		1	221		312		-1219
25.5		0.5	222		631		-1108
26		1	222		920		-1019
26.5		0.5	223		1289		-952
27		1	223		1546		-889
27.5		0.5	224		1846		-825
28		1	224		2013		-762
28.5		0.5	225		2217		-698
29		1	225		2271		-635
29.5		0.5	226		2358		-571
30		1	226		2334		-508
30.5		0.5	227		2351		-444
31		1	227		2204		-381
31.5		0.5	228		2070		-317
32		1	228		1787		-254
32.5		0.5	229		1486		-190
33		1	229		1058		-127
33.5		0.5	230		578		-63
34		1	230		0		0
				maks	2587	min	-2287

## APPENDIKS XIV – MAIL KOMMUNIKASJON

Du svarte på meldingen 14.05.2012 17:01.

Fra:  Ebeltoft Roger Guldvik  
Til:  Mydland Iselin Sendt: ma 14.05.2012  
Kopi:  
Emne: SV: Brigade moment

Med hilsen  
Roger Guldvik Ebeltoft

Bruseksjonen  
Postadresse: Statens vegvesen Region vest, Askedalen 4, 6863 LEIKANGER  
Besøksadresse: Lagårdsveien 80, STAVANGER  
Telefon: +47 51911342 Mobil: +47 41688395 e-post: [roger.ebeltoft@vevvesen.no](mailto:roger.ebeltoft@vevvesen.no)  
[www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no) e-post: [firmapost-vest@vegvesen.no](mailto:firmapost-vest@vegvesen.no)

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

**Fra:** Tveiten Erik  
**Sendt:** 7. mai 2012 09:48  
**Til:** Ebeltoft Roger Guldvik  
**Emne:** Brigade moment

Her er det Scanscot sa om bøyemomentet over tverrsnittet:  
-- do not edit --

Hej Erik,

Jag har översiktligt tittat igenom filken "Beregning" och jag tolkar det som att totala momentet över snittet beräknas enligt följande:

- Ma i vardera utdatapunkt viktas map. tillhörande element-sidlängder.
- Ns i vardera utdatapunkt viktas map. tillhörande element-sidlängd samt multipliceras med tillhörande hävarm map. totala tvärsnittets tyngdpunkt.
- Därefter summeras bidrag av Ma resp. Ns från samtliga utdatapunkter.

Har jag förstått beräkningen korrekt?

Denna metod kan användas för baslastfall. Däremot går den inte att använda för trafiklaster eller lastkombinationer.

Anledningen till detta är att resultaten i vardera utdatapunkt generellt är beräknade utifrån olika lastställningar. Dvs. under trafiklastanalysen kontrolleras de mest ogynnsamma lastställningarna för vardera utdatapunkt. Detta innebär att det totala momentet i detta fall har beräknats utifrån lokala moment som kommer från olika lastställningar. Således blir också det totala momentet som beräknats utifrån BRIGADE-resultaten i detta fall högre än det som fås vid handberäkningen.

Vilken avvikelse fick du för egenvikt? Där borde beräkningen stämma bättre.

Mvh  
//linus

Nå er resultatene klare for en spennvidde på L=B=11m å det viser seg at du hadde rett, resultatene har større differanse når spennvidden er L=B enn når spennvidden er L=2B=22m.  
For L=B så er feilen på 9%  
For L=2B så er feilen på 2.8%

Mvh  
Erik