

Dimension

Plan Ramme 4

Eksempler

August 2013

Indhold:

1. Eksempel 1: Stålramme i halikonstruktion.....	3
1.1. Introduktion.....	3
1.2. Opsætning	3
1.3. Knuder og stænger.....	4
1.4. Understøtninger.....	7
1.5. Charnier	7
1.6. Laster	8
1.7. Lastkombinationer.....	14
1.8. Tværsnit	15
1.9. Beregning af deformationer	18
1.10. Beregning af snitkræfter	20
1.11. Udskrift.....	22
2. Eksempel 2: 3-charniers ramme med udfligede tværsnit	23
2.1. Introduktion.....	23
2.2. Opsætning	23
2.3. Knuder og stænger.....	24
2.4. Understøtninger.....	24
2.5. Charnier	24
2.6. Snelast.....	24
2.7. Lastkombination.....	25
2.8. Udfligning	25
2.9. Tværsnit	26
2.10. Beregning af deformation	27
3. Eksempel 3: Bæreevneeftervisning af træramme	29
3.1. Introduktion.....	29
3.2. Opsætning	29
3.3. Knuder og stænger.....	30
3.4. Understøtninger.....	31
3.5. Laster	32
3.6. Lastkombinationer.....	35
3.7. Tværsnit	36
3.8. Brand	37
3.9. Beregning af konstruktionen.....	38
3.10. Ændring af tværsnit	40
3.11. Ny beregning af konstruktionen.....	41
3.12. Udskrift.....	41
4. Eksempel 4: Bæreevneeftervisning af eksempel 1.....	43
4.1. Introduktion.....	43
4.2. Opstart.....	43
4.3. Søjlevirkning/kipning	43
4.4. Undersøgelse af bæreevne	44
4.5. Nyt tværsnit til diagonaler	45
4.6. Undersøgelse af bæreevne	45
4.7. Undersøgelse af bæreevne, vha. den kritiske søjlekraft	46
4.8. Brand	47
4.9. Udskrift.....	48
5. Eksempel 5: Bæreevneeftervisning af betonbjælke	49
5.1. Introduktion.....	49
5.2. Opsætning	50
5.3. Knuder og stænger.....	50
5.4. Understøtninger.....	51

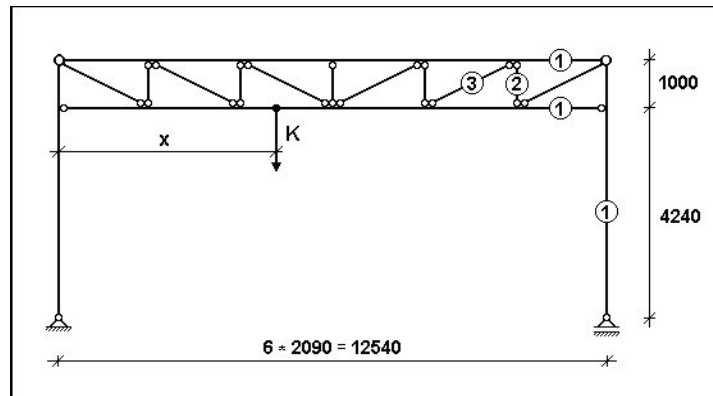
5.5.	Laster	52
5.6.	Lastkombinationer.....	56
5.7.	Tværsnit	57
5.8.	Søjlevirkning.....	60
5.9.	Brand	61
5.10.	Beregning af konstruktionen.....	61
5.11.	Ændring af tværsnit.....	65
5.12.	Ny beregning af konstruktionen.....	66
5.13.	Plastisk beregning af konstruktion	66
5.14.	Udskrift.....	69
6.	Eksempel 6: Beregning af simpel understøttet bjælke med forankringslængder og stødlængder	70
6.1.	Introduktion.....	70
6.2.	Opsætning	70
6.3.	Knuder og stænger.....	71
6.4.	Understøtninger.....	71
6.5.	Laster	72
6.6.	Lastkombinationer.....	73
6.7.	Tværsnit og vederlagslængde.....	73
6.8.	Beregning af konstruktionen.....	76
7.	Eksempel 7: Beregning af samlinger	82
7.1.	Introduktion.....	82
7.2.	Opstart.....	82
7.3.	Laster	82
7.4.	Samlinger	84
7.5.	Undersøgelse af bæreevne	87
7.6.	Udskrift.....	88
8.	Eksempel 8: Dimensionering af halkonstruktionsbrandisolering	89
8.1.	Introduktion.....	89
8.2.	Opstart.....	89
8.3.	Brand isolering.....	89
8.4.	Beregning uden optimering.....	90
8.5.	Tværsnit	91
8.6.	Beregning med optimering	91
9.	Eksempel 9: Dimensionering af betonbjælke.....	93
9.1.	Introduktion.....	93
9.2.	Opstart.....	93
9.3.	Tværsnit	93
9.4.	Lastkombinationer.....	93
9.5.	Beregning med optimering	93
10.	Eksempel 10: Søjlevirkning i en beton søjle.....	96
10.1.	Introduktion.....	96
10.2.	Opsætning	96
10.3.	Knuder og stænger.....	97
10.4.	Understøtninger.....	97
10.5.	Lastgrupper	98
10.6.	Lastkombinationer.....	99
10.7.	Laster	99
10.8.	Tværsnit	100
10.9.	Søjlevirkning.....	103
10.10.	Brand	103
10.11.	Beregning af konstruktionen.....	104

1. Eksempel 1: Stålramme i halikonstruktion

1.1. Introduktion

En stålramme i en halikonstruktion ønskes beregnet. Rammen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990. Rammen er påvirket af følgende karakteristiske belastninger:

- Egenlast af profiler.
- Egenlast af tagkonstruktion, 2,5 kN/m.
- Egenlast af facade, 1,5 kN/m.
- Snelast.
- Vindlast.
- Kranlast, som kan være placeret over hele hallens bredde $0 \leq x \leq 12.540$ mm, 170 kN.




Figur 1: Stålramme i eksempel.


Hallens længde er 50 m, og der er en ramme pr. 5 m. Hallen henføres til konsekvensklasse CC2 og normal kontrolklasse. Terrænkategorien er 2.

Der vælges profiler, så den lodrette 2. ordens deformation fra kranlasten alene er max. 25 mm. Desuden bestemmes 1. ordens snitkræfter i bjælkefod ved maksimal nedadrettet last.

1.2. Opsætning


”Plan ramme 4” startes op uden nogle moduler tilknyttet ved at vælge *Uden bæreevneeftervisning* under opstart.


Sagen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990 Dansk national anneks uden ændringer af partialkoefficienter og konsekvensklasse CC2. Derfor er det ikke nødvendig at ændre ”Valg af projekteringsnorm”. Denne kan ændres ved tryk på .

Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på . Nederste venstre hjørne sættes i (0, 0) og øverste højre hjørne sættes i (12.540, 5.240), se Figur 2.




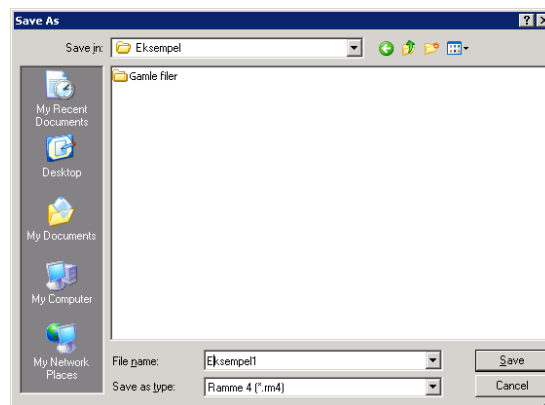
Figur 2: Sæt størrelse af tegnefladen.

Godkend med **OK**, og tegnefladen målsættes efter disse koordinatsæt. Desuden tillægges en margin, så der er plads til at vise laster mm. For at kunne se hele tegnefladen på skærmen, kan tegnefladen formindskes ved at trykke på , eller ved at benytte scrol knappen på musen.

Maskestørrelsen i grid kan sættes ved at trykke på . I en ny sag er maskestørrelsen i grid 500 mm. Denne ændres ikke.


Vi ønsker ikke automatisk at få vist alle max værdierne på vores resultater så vi slår funktionen fra. Dette gøre i menuen Opsætning ved at vælge punktet ”Max værdier” så vil \sqrt foran forsvinde.

Gem sagen ved at trykke på . Hvis filhåndteringen ikke starter i sagsbiblioteket, kan der vælges et sagsbibliotek i konfigurationsprogrammet. Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives Eksempel1 og gemmes, se Figur 3.






Figur 3: Gem filen vha. filhåndteringen.

1.3. Knuder og stænger

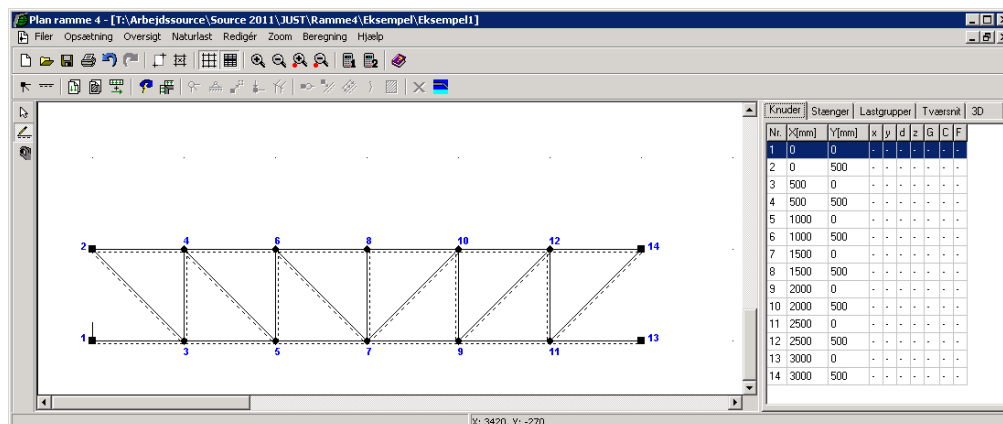
Tryk på . Når der peges på tegnefladen med musen, vises koordinater i bunden af skærmen. Peg i nærheden af nederste venstre hjørne (0, 0), og tryk venstre museknop ned. Hold museknappen nede, mens der tegnes en stang seks gridfelter mod højre, til i nærheden af (3000, 0). Slip museknappen og stangen oprettes. Tegn en tilsvarende stang fra (0, 500) til (3000, 500). Disse to stænger udgør bjælkens hoved og fod.

Tegn efterfølgende vertikaler og diagonaler:


- Fra (0, 500) til (500, 0)
- Fra (500, 0) til (500, 500)
- Fra (500, 500) til (1000, 0)
- Fra (1000, 0) til (1000, 500)
- Fra (1000, 500) til (1500, 0)
- Fra (1500, 0) til (1500, 500)
- Fra (1500, 0) til (2000, 500)
- Fra (2000, 500) til (2000, 0)
- Fra (2000, 0) til (2500, 500)
- Fra (2500, 500) til (2500, 0)
- Fra (2500, 0) til (3000, 500).



Nu er bjælken tegnet, se Figur 4, og skal herefter strækkes og placeres korrekt. For eksemplets skyld benyttes forskellige funktioner til dette. Tryk på . Peg på knude 2, og tryk venstre museknap ned. Hold museknappen nede mens knuden flyttes et gridfelt op til (0, 1000). Flyt knude 14 tilsvarende fra (3000, 500) til (3000, 1000). Bjælkehøjden er nu 1000 mm. Tryk på . Tryk på knuderne 1, 2, 13 og 14 med venstre museknap, og knuderne vises med rødt. Tryk herefter på . Knuderne flyttes 0 mm i X - retning og 4240 mm i Y - retning. Vælg **OK** og bjælken er flyttet til den korrekte højde.

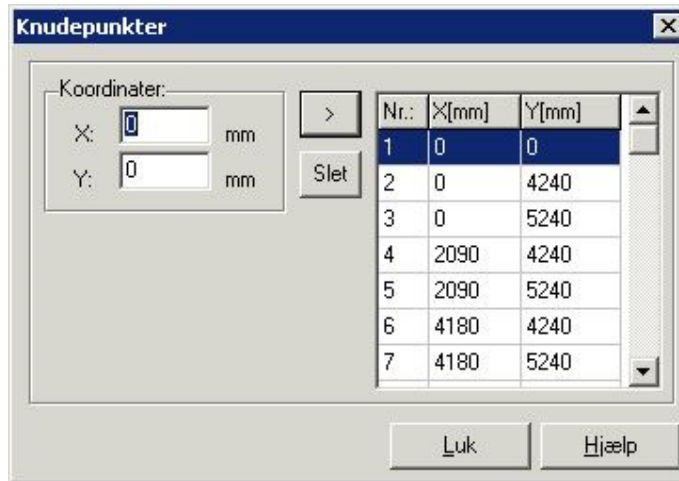
Dobbeltklik med venstre museknap på knude 13. Der åbnes et vindue hvor knudens X-koordinat kan ændres fra 3000 til 12540. Ved tryk på OK i vinduet, flyttes knuden på tegnefladen. Nu er der ændret på knudens numre pga. den automatiske knudenummerering fra venstre mod højre. Den knude der tidligere havde nummer 14, har nu nummer 9. Dobbeltklik på knude nummer 9, og ændr X-koordinaten fra 3000 til 12540.




Figur 4: Optegnet bjælke. (summet ind på)


Slå grid fra ved at trykke på .

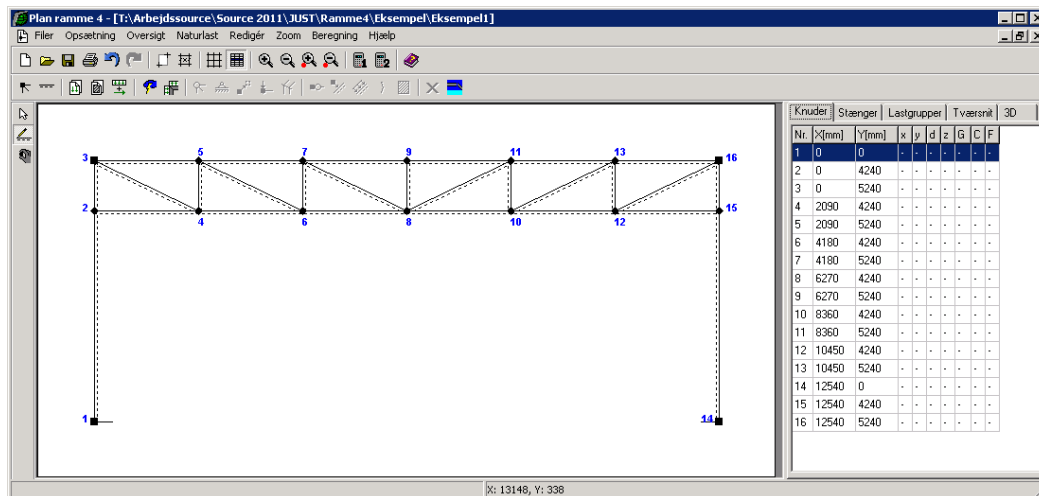
Start oversigt for oprettelse af knuder ved at trykke på . Skriv koordinatsættet (0, 0) i indtastningsfelterne, og opret knuden ved at trykke på , se Figur 5. Opret tilsvarende en knude med koordinatsættet (12540, 0). Luk oversigten.



Figur 5: Indtastning af knudepunkter.


Tryk på . Peg på knude 1, hold venstre musetast nede mens der trækkes en stang til knude 3. Tegn tilsvarende en stang fra knude 16 til knude 14. Knuderne 2 og 15 hægtes automatisk på de nye stænger. Konstruktionen er nu optegnet, se Figur 6.

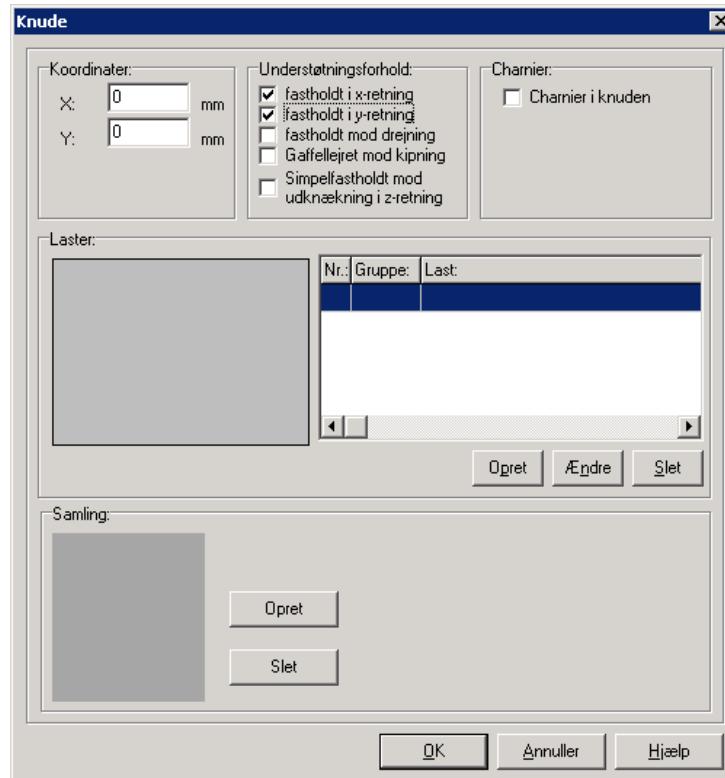
Gem sagen ved at trykke på .



Figur 6: Optegnet konstruktion.

1.4. Understøtninger


Tryk på . Dobbeltklik med musen på knude 1, og der åbnes et vindue med knudens data. Under understøtningsforhold afkrydses felter for fastholdt i X-retning og Y-retning, se Figur 7. Vinduet lukkes med **OK**. Tilsvarende sættes understøtningsforhold for knude 14. Her afkrydses feltet for fastholdt i Y-retning.




Nr.:	Gruppe:	Last:

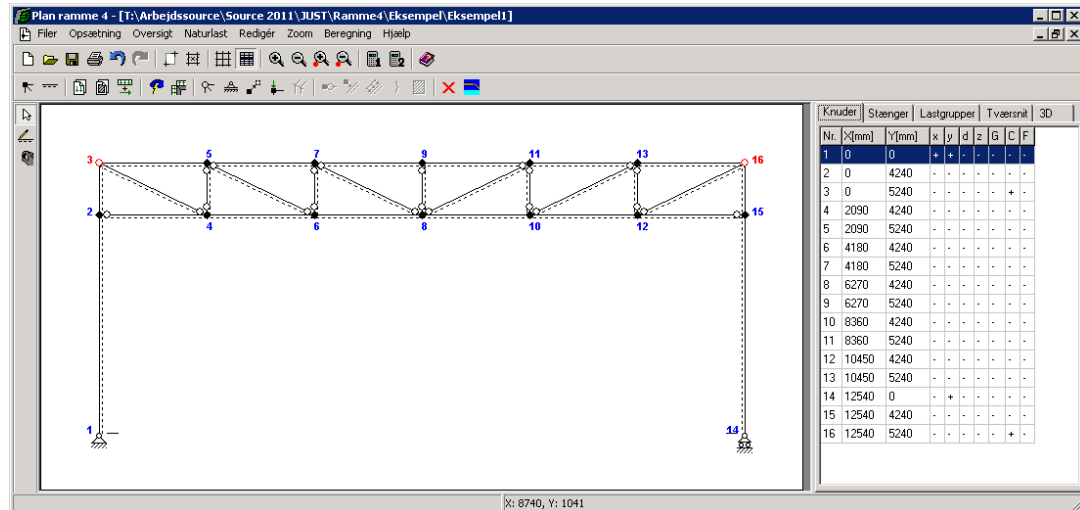
Figur 7: Valg af understøtningsforhold for knude 1.

1.5. Charnier


Højreklik med musen på konstruktionen og vælg punktet ”Vælg alle stænger”. Alle stænger vises nu med rødt. Klik med musen på søjler (1-3 og 16-14) og på bjælkehoved (3-16), så disse stænger fravælges. Tryk på  og afkryds for charnier i begge ender. Godkend valg med **OK**.

Tryk **ESC**. Klik med musen på knude 3 og knude 16 så de tegnes røde. Tryk på , afkryds for charnier og godkend med **OK**.

Konstruktionen er nu som vist på Figur 8.




Figur 8: Optegnet konstruktion med understøtninger og charnier.

Gem sagen ved at trykke på .

1.6. Laster

Der benyttes automatisk naturlastgenerering for opstilling af sne- og vindlast. Kranlast undersøges for lasten placeret midt på bjælken og for lasten placeret 5/12 af bjækelængden fra facaden (svarende til mellem to vertikaler).

1.6.1. Lastgrupper

Åbn lastgruppeoversigten ved at trykke på . Der skal oprettes en lastgruppe til egenlast og to lastgrupper til nyttelast fra kran. En lastgruppe svarer til et lasttilfælde, hvor alle lasterne i gruppen altid virker samtidigt og med ens partialkoefficienter. Egenlasten af profiler, tagkonstruktion og facader tilknyttes én lastgruppe, idet de altid virker samtidigt og med samme partialkoefficient. De to forskellige placeringer af kranlasten oprettes derimod i forskellige lastgrupper, idet lasten ikke virker i begge placeringer samtidigt.

Tryk **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Første lastgruppe der oprettes er for egenlast. Følgende data defineres, se Figur 9:

- Benævnelse: *G*.
- Lastart: *Permanent last*.
- Der afkrydses i *Inkluder egenlast* (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).

Nummer: 1

Lastgruppe:
Benævnelse: G Brugerdefinerede partialkoefficienter
Beskrivelse:

Lastart:
 Permanent last Nyttelast
 Vindlast Ulykkeslast
 Øvrige naturlaster Vandret masselast

Permanent last:	Anvendelse.							STR/GEO - sæt B			Ulykke	
	Kar.	Hyppig	Kvasip.	6.10b	6.10a	6.10a	6.10b	6.10	Ulykke	Brand	Masse-	
1				(2.1)	(2.3)	(Jord)	(Jord)	(Vand)			last	
Til Ugunst:	1	1	1	1	1,2	1,2	1	1	1	1	1	
Til Gunst:	1	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1	1	1	

Inkludér egenlast

Andel af bunden last (angives for beton):
Andel bunden last: 100 %

OK Annuller Hjælp

Figur 9: Data for lastgruppe for egenlast.


Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med **OK**.

Opret desuden følgende 2 lastgrupper for kranlast fra oversigten:

1. Benævnelse: *K1*.
Beskrivelse: *Kranlast placeret midt på bjælken*.
Lastart: *Nyttelast*.
Kategori: *E: Lagerlokaler*.
Antal etager: *1*.
2. Benævnelse: *K2*.
Beskrivelse: *Kranlast placeret i 5/12-delspunkt*.
Lastart: *Nyttelast*.
Kategori: *E: Lagerlokaler*.
Antal etager: *1*.

Luk lastgruppeoversigten. Lastgrupper for sne og vind oprettes automatisk af naturlastgeneratoren.

1.6.2. Egenlast af tagkonstruktion og facader

Tryk på . Dobbeltklik med venstre musetast på bjælkens hoved (stangen fra knude 3 til knude 16) og et vindue med stangens data åbnes. Tryk på **Opret** under "Laster på stang", og en last kan indlæses i et nyt vindue.

Laster for tagkonstruktionen indlæses, se Figur 10:

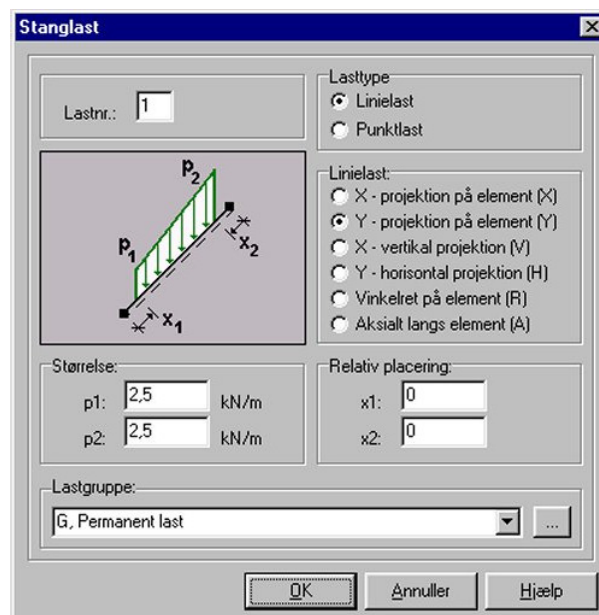
- Lasttype: *Linielast, "Y - Projektion på element (Y)"*.
- p1: 2,5 kN/m.
- p2: 2,5 kN/m.
- Lastgruppe: *G*.

Godkend lasten med OK og luk vinduet med stangens data med OK. Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med permanent last.

Tryk **ESC** for at fravælge valgte knuder. Markér de to facader (fra knude 1 til knude 3 og fra knude 16 til knude 14) så de vises med rødt. Tryk på . Heri indlæses last for facader:

- Lasttype: *Linielast, "Y - Projektion på element (Y)"*.
- p1: 1,5 kN/m.
- p2: 1,5 kN/m.
- Lastgruppe: *G*.

Godkend lasten med **OK**.



Figur 10: Egenlast for tagkonstruktion.

1.6.3. Kranlast

Kranlaster oprettes på bjælkens fod. Dobbeltklik på stangen fra knude 2 til knude 15. På denne stang oprettes kranlasten med to placeringer, ved at oprette to laster med **Opret**.

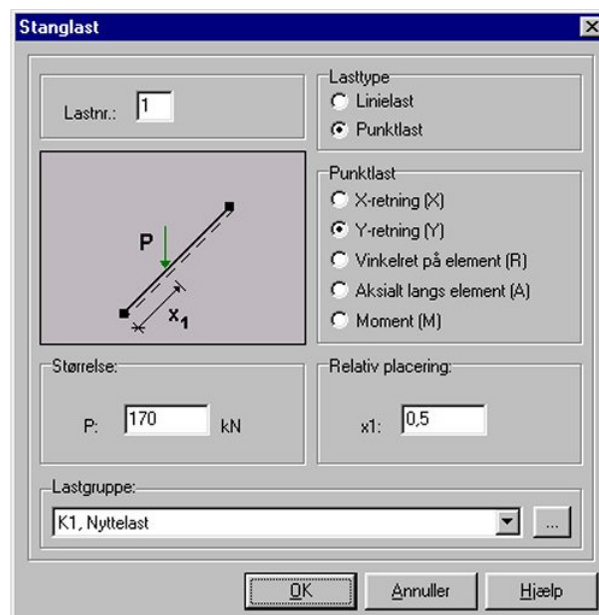
Kranlast på bjælkens midte, se Figur 11:

- Lasttype: *Punktlast*, "Y-retning (Y)".
- P : 170 kN.
- x1: 0,5.
- Lastgruppe: *K1*.

Godkend lasten med **OK**.


Tilsvarende oprettes kranlast placeret i 5/12-delspunkt:

- Lasttype: *Punktlast*, "Y-retning (Y)".
- P : 170 kN.
- x1: 0,4167.
- Lastgruppe: *K2*.




Figur 11: Kranlast på bjælkens midte.

Godkend lasten med **OK**. Luk vinduet med stangdata med **OK**.

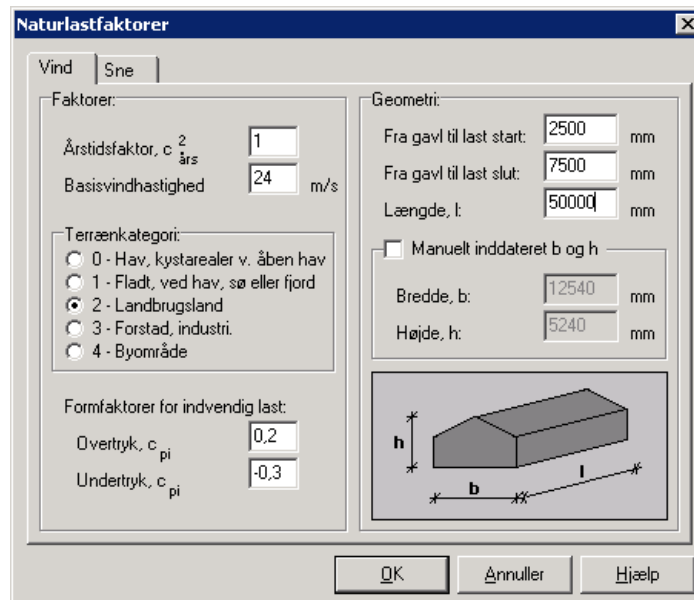
Gem sagen ved at trykke på .

1.6.4. Naturlastfaktorer

Naturlasterne oprettes ved først at sætte en række faktorer. Tryk på . Følgende faktorer ændres, se Figur 12:

- Terrænkategori: 2.
- Fra gavl til last start: 2.500 mm.
- Fra gavl til last slut: 7.500 mm.
- Længde: 50.000 mm.


Bredde og højde hentes fra konstruktionen. For snelast kopieres lastbredden automatisk. Godkend data med **OK**.



Figur 12: Naturlastfaktorer for vind.

Der undersøges her en ramme, der er placeret 5000 mm fra gavlen. Hvis der senere skal undersøges en anden ramme, ændres afstande fra gavl til lasten, og alle naturlastfaktorer opdateres automatisk.

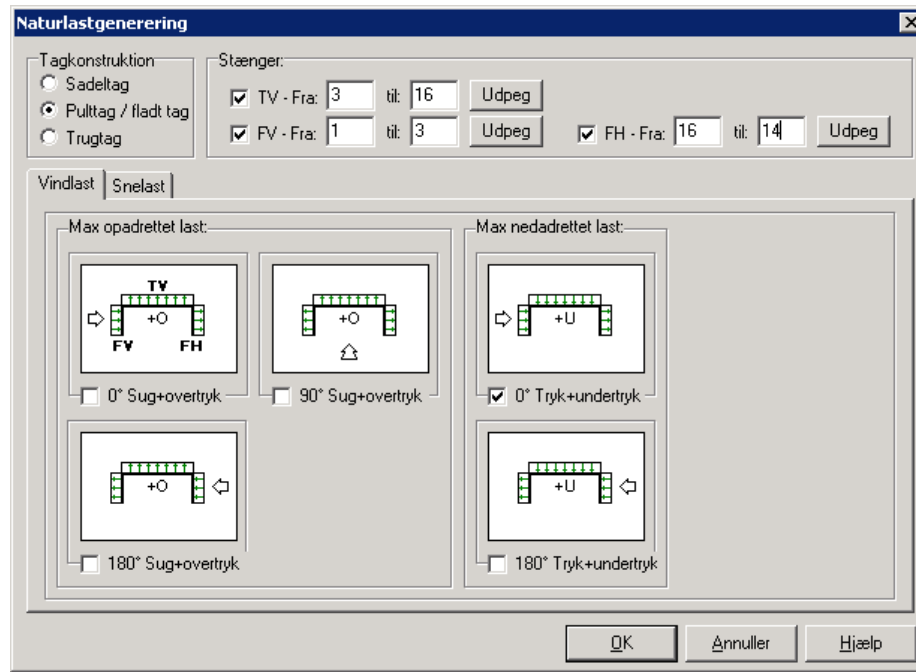
1.6.5. Naturlastgenerering

Naturlasttilfælde opstilles ved at trykke på . Som tagkonstruktion vælges *Pulntag/Fladt* tag. Der regnes i denne sag med vind på både facader og tagkonstruktion, så der sættes kryds foran *TV*, *FV* og *FH*. Ved at trykke på Udpeg kan stænger udpeges med musen.

- For venstre facade *FV* udpeges stængen fra knude 1 til knude 3.
- For tagflade *TV* udpeges stængen fra knude 3 til knude 16.
- For højre facade *FH* udpeges stængen fra knude 16 til knude 14.

Der afkrydses hvilke vindlast- og snelasttilfælde der skal oprettes. I denne sag oprettes et tilfælde med sne og et med vind. Følgende afkrydses:

- Vind: 0° Tryk + undertryk (max. tryk på tagkonstruktion + max. indvendigt undertryk), se Figur 13.
- Sne: Arrangement (i) (max. snelast på hele tagkonstruktionen).





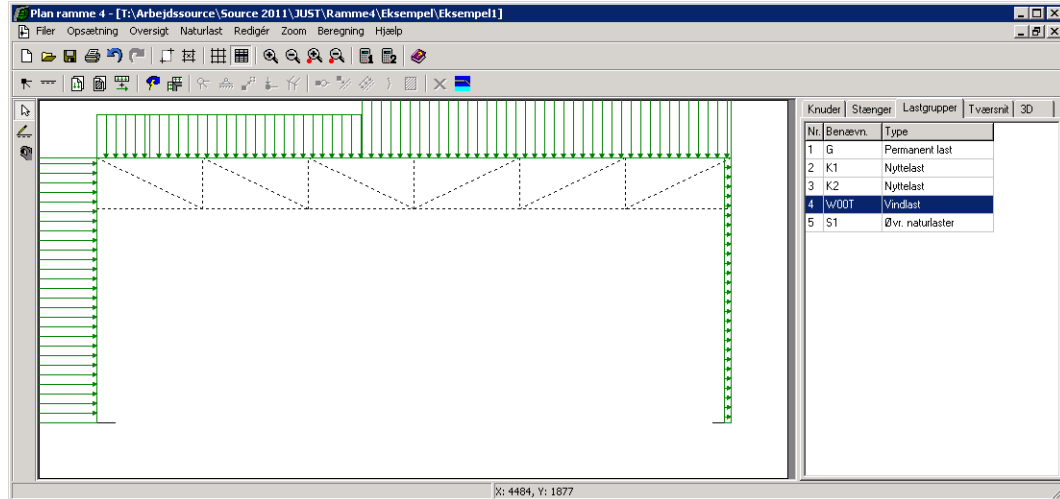
Figur 13: Vindlasttilfælde.

Godkend valg ved tryk på **OK**. Herved vises der i lastgruppeoversigten, hvilke lasttilfælde der er oprettet, se Figur 14. Oversigten lukkes.



Figur 14: Lastgruppeoversigt.

Nu er alle lastgrupper og laster oprettet. Hvis tabeller er tændt med , kan der i højre side af skærmen vælges den tabel, der indeholder lastgrupper, ved tryk på faneblad **Lastgrupper**. Ved at markere en lastgruppe i tabellen, vises de tilknyttede laster på tegnefladen, se f.eks. den genererede vindlast i Figur 15. Hvis lasterne fylder for meget på tegnefladen, kan de formindskes med , eller ved at markere fanebladet med laster og benyt scrol knappen på musen.



Figur 15: Visning af vindlast på tegnefladen.

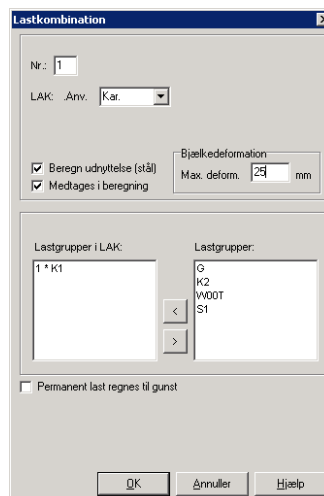
Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder.

1.7. Lastkombinationer


Lastgrupperne kan nu opstilles i lastkombinationer ved at trykke på . Der kan opstilles lastkombinationer i anvendelse, brud og ulykke. For at undersøge hvor meget konstruktionen deformerer sig ved de forskellige variable laster, trykkes **Opret**, mens faneblad **Anvendelse** er valgt. Her kan vælges lastgrupper, der indgår i lastkombinationen. For at opstille en lastkombination, der beregner hvor meget konstruktionen deformerer sig pga. kranlasten placeret midt på bjælken, markeres *K1*, og der trykkes , se figur 15. Partialkoefficienten tilknyttes automatisk, så nu er der opstillet lastkombinationen

LAK Karakteristisk: $1,0 \cdot K1$.

Der tillades maksimalt en deformation på 25 mm så bjælke deformationen sættes til 25 mm. Feltet "Beregn udnyttelse (Stål)" skal markeres for at der regnes udnyttelse for lastkombinationen og feltet "Medtages i beregning" skal være markeret for at lastkombinationen medtages i beregningerne. Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles.



Figur 16: Lastkombination i anvendelse.

For brud, er det interessant at se på lastgrupperne sammensat i lastkombinationer. Vælg faneblad for **Brud** og tryk **Opret**. I LAK Brud (6.10b) indregnes alle laster, dog skal kranlasten kun medregnes i én position. Den af de variable laster der vælges først, får den høje partialkoefficient, mens de øvrige multipliceres med $1,5 \cdot \psi \cdot k_{FI}$. Først markeres G , og inkluderes i lastkombinationen med . Derefter inkluderes KI , og som den første variable last tilknyttes den koefficienten 1,5. Snelast og vindlast vælges sidst, og følgende lastkombination er opstillet:

$$\text{LAK 6.10b: } 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot K1 + 0,9 \cdot SI + 0,9 \cdot W00T$$


Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles.

For at sammenligne med anden placering af kranlast opstilles:

$$\text{LAK 6.10b: } 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot K2 + 0,9 \cdot SI + 0,9 \cdot W00T$$

Ved at vælge snelasten før kranlasten, kan følgende kombination opstilles:


$$\text{LAK 6.10b: } 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot SI + 1,2 \cdot KI + 0,45 \cdot W00T$$


Med ovenstående fire kombinationer, lukkes oversigten over lastkombinationer. Gem sagen ved at trykke på .

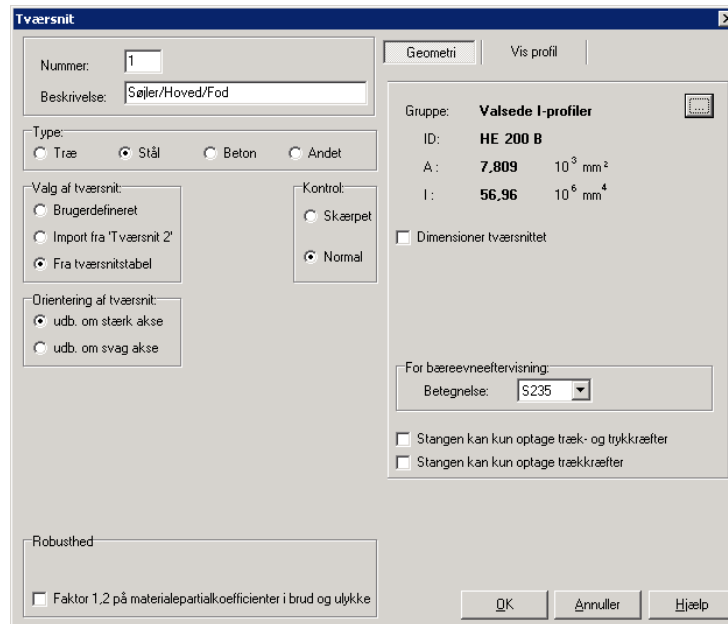
1.8. Tværsnit

Stængerne opdeles i 3 grupper, som hver har et tværsnit tilknyttet:

- Søjler/Hoved/Fod - HE 200 B
- Vertikaler - Rekt. rør $80 \times 40 \times 5,0$ mm
- Diagonaler - Ø30

Åbn tværsnitoversigten ved at trykke på . Tryk **Opret** for at oprette et nyt tværsnit for *Søjler/Hoved/Fod* med følgende data:


- Beskrivelse: *Søjler/Hoved/Fod*.
- Type: *Stål*.
- Valg af tværsnit: *Fra tværsnitstabel*.
- Kontrolklasse: *Normal*.
- Orientering: *Udbøjning om den stærke akse*.
- Ved tryk på  kan udpeges HE 200 B som valset I-profil fra profiltabellen. Tryk på **Vælg profil**, og der returneres til tværsnitsdefinitionen, se Figur 17.
- Betegnelse: *S235*.



Figur 17: Definition af tværsnit for Søjler/Hoved/Fod.


Godkend tværsnittet med **OK** og et nyt kan oprettes.

Opret et nyt tværsnit for *Vertikaler* med følgende data:


- Beskrivelse: *Vertikaler*.
- Type: *Stål*.
- Valg af tværsnit: *Fra tværsnitstabel*.
- Kontrolklasse: *Normal*.
- Orientering: *Udbøjning om den stærke akse*.
- Ved tryk på  kan udpeges et firkantet rørprofil: 80×40×5,0 mm som varmvalset rektangulært rør fra profiltabellen. Vælg profil, og der returneres til tværsnitsdefinitionen.
- Betegnelse: *S275*. (For firkantede rørprofiler er *S275* standard).


For *Diagonaler* oprettes et nyt tværsnit med følgende data:


- Beskrivelse: *Diagonaler*.
- Type: *Stål*.
- Valg af tværsnit: *Fra tværsnitstabel*.
- Kontrolklasse: *Normal*.
- Orientering: *Udbøjning om den stærke akse*.



- Ved tryk på  kan udpeges et massivt cirkulært rørprofil af dimensionen Ø30 fra profiltabellen. Vælg profil, og der returneres til tværsnitsdefinitionen.
- Betegnelse: S235.

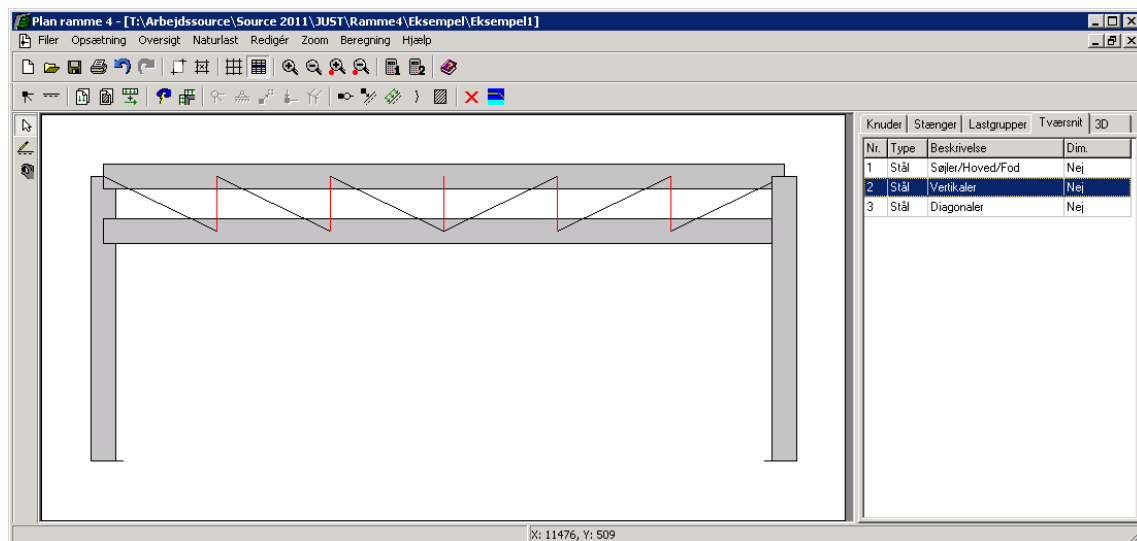
Når ovenstående tre tværnit er oprettet, kan oversigten lukkes. Stængerne skal herefter opdeles i de tre grupper.

Tryk først **ESC** for at fravælge valgte stænger og knuder. Markér søjler (1-3 og 16-14), hoved (3-16) og fod (2-15) så de tegnes med rødt. Tryk på  og tværsnitsgruppen *Søjler/Hoved/Fod* kan vælges.

Tryk **ESC**. Markér de fem vertikaler (4-5, 6-7, 8-9, 11-10 og 13-12), tryk  og tilknyt tværnit *Vertikaler*.

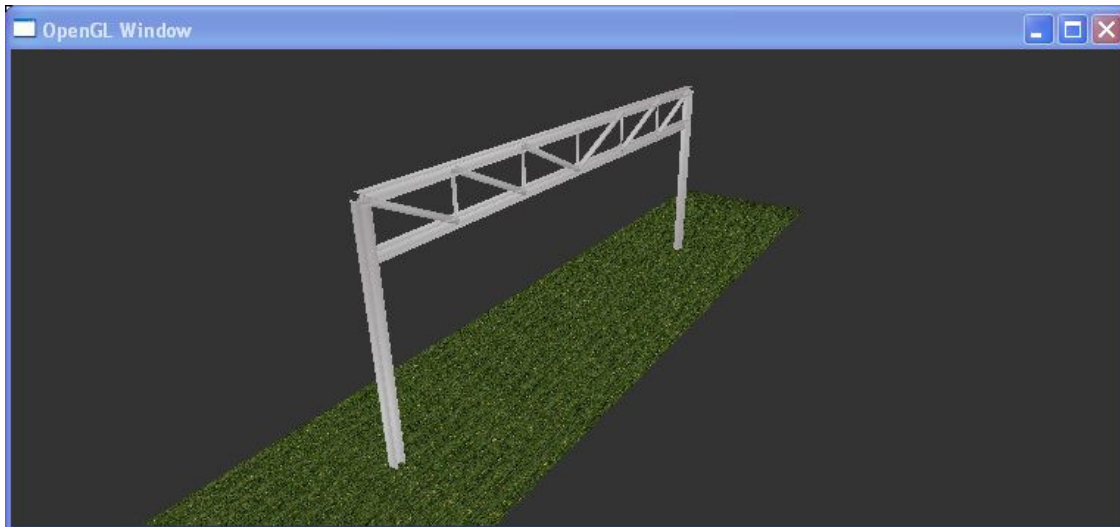
Tryk **ESC**. Markér de seks diagonaler (3-4, 5-6, 7-8, 8-11, 10-13 og 12-16), tryk  og tilknyt tværnit *Diagonaler*.

I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværnit**. Nu tegnes stængernes inertimomenter på skærmen. Et passende størrelsesforhold kan sættes ved tryk på  eller , eller marker fanen tværnit og benyt musens scrol knap. Det tværnit der er valgt i tabellen, vises med rød kontur på tegnefladen, se Figur 18.




Figur 18: Visning af tværnit.

Tryk F10. Alternativt kan faneblad **3D** vælges i tabellen og der trykkes herefter på *3D*. Herefter optegnes en 3D tegning af konstruktionen, se Figur 19. Konstruktionen kan der roteres med musen og flyttes vandret og lodret med musen. Der kan zoomes med F5 og F6. Der kan desuden flyttes ind og ud vinkelret på skærmen med F2 og F3.




Figur 19: Visning af tværsnit i 3D

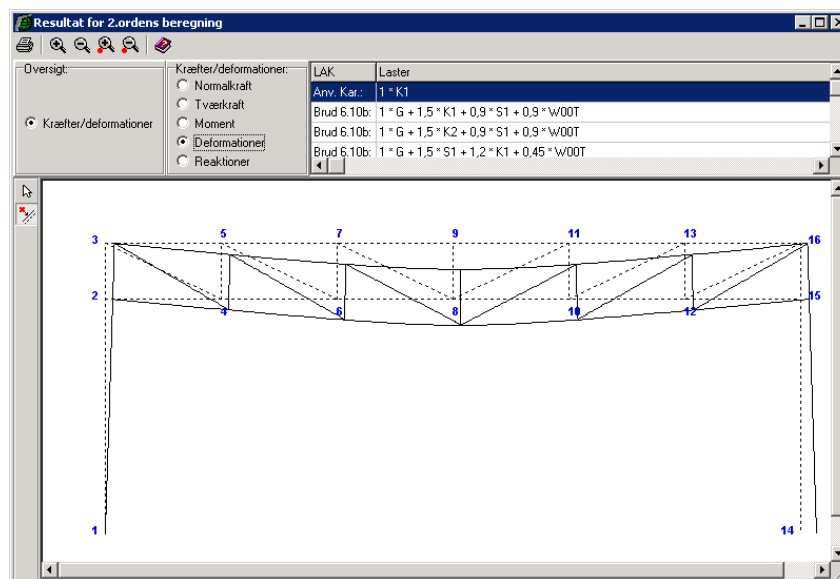
Billedet med 3D konstruktionen lukkes ved tryk på .
Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder.
Gem sagen ved at trykke på .

1.9. Beregning af deformationer


Nu kan sagen beregnes. Der kan vælges om beregningen skal foretages 1. eller 2. orden. I anvendelse er det interessant at se på deformationer med 2. ordens tillæg.

Tryk på knap for 2. ordens beregning . Der foretages et datatjek for at undersøge, om konstruktionen kan beregnes. Hvis konstruktionen godkendes, beregnes konstruktionen og der åbnes et resultatvindue.

I resultatvinduet kan der markeres en lastkombination, hvorefter snitkraftkurver, deformationer og reaktioner vises for denne kombination. Vælg *Deformationer* og markér den første lastkombination 1 · *K1*. På skærmen vises nu den deformerede konstruktion, se Figur 20.

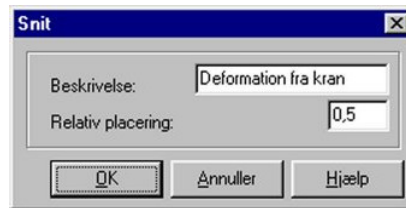


Figur 20: Beregnede deformationer for anvendelseslastkombination.

På oversigten kan deformationerne ses, men uden værdier. For kranlasten er det interessant at få vist en værdi midt på bjælken, hvor lasten angriber. Vælg funktion for indsæt punkt . Peg med musen på bjælkens fod, på den udeformede konstruktion vist i baggrunden, og tryk på venstre museknap. En oversigt vises, hvor der kan markeres værdier, som skal indsættes på oversigtstegninger. Tryk på knappen **Snitoversigt** i nederste venstre hjørne, og vælg **Opret**.

Et punkt oprettes, se Figur 21:

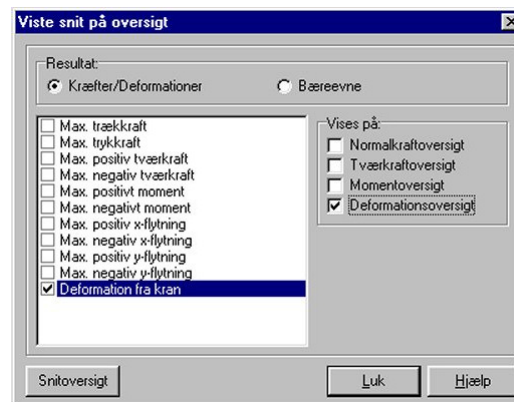
- Beskrivelse: *Deformation fra kran.*
- Relativ placering: 0,5.



Figur 21: Oprettelse af punkt.

Tryk **OK** og der oprettes et punkt midt på bjælken i lastkombination 1 · *K1*.

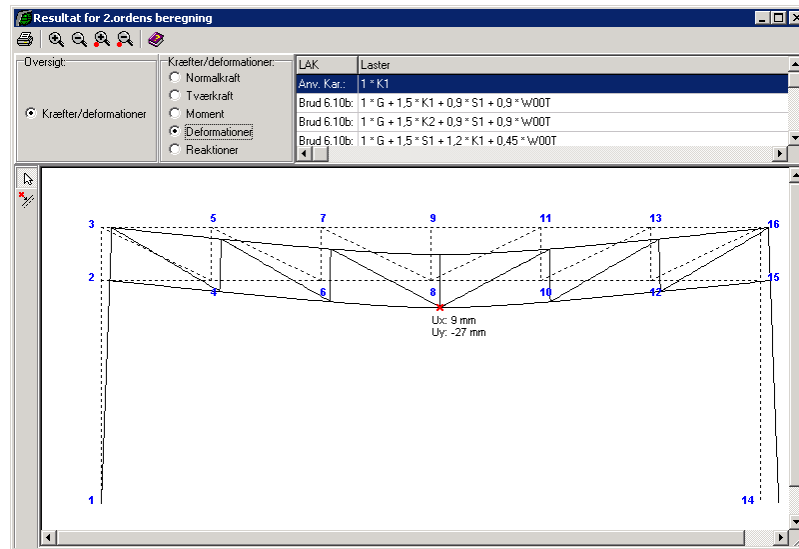
Luk snitoversigten, og i listen med viste snit på oversigten er der nu nederst tilføjet *Deformation fra kran*, se Figur 22. Sæt kryds foran denne, og der kan nu i højre side afkrydses, hvilke oversigt punktet skal vises på. Sæt kryds ved *Deformationsoversigt*. Luk vinduet.



Figur 22: Viste snit på oversigt.


Alternativt kan punktet også beregnes ved afkrydsning af *Max. negativ y-flytning*.


På oversigten vises nu en værdi for deformationen, hvor kranlasten angriber. Deformationen overskrider de tilladte 25 mm, se Figur 23. Et af de tre tværsnit skal derfor forøges. Luk resultatvinduet.



Figur 23: Deformation midt på fod.

I tabellen i højre side af skærmen vælges faneblad **Tværsnit**. Der vælges, at tværsnittet for *Søjler/Hoved/Fod* skal forøges. Markér dette i tabellen med et museklik og tryk **Enter** eller dobbeltklik på linjen.

Et vindue med tværsnittet åbnes. Tryk på  og stålprofilltabellen åbnes. I tabellen markeres et valset I-profil - HE 220 B, og vinduet lukkes ved at trykke **Vælg profil**. Tværsnittet godkendes med **OK**, og søjler, hoved og fod har nu fået et større inertimoment.



En ny 2. ordens beregning udføres med . Ved at vælge deformationer for lastkombination $1 \cdot K1$ ses, at deformationen nu er reduceret til de tilladte 25 mm.

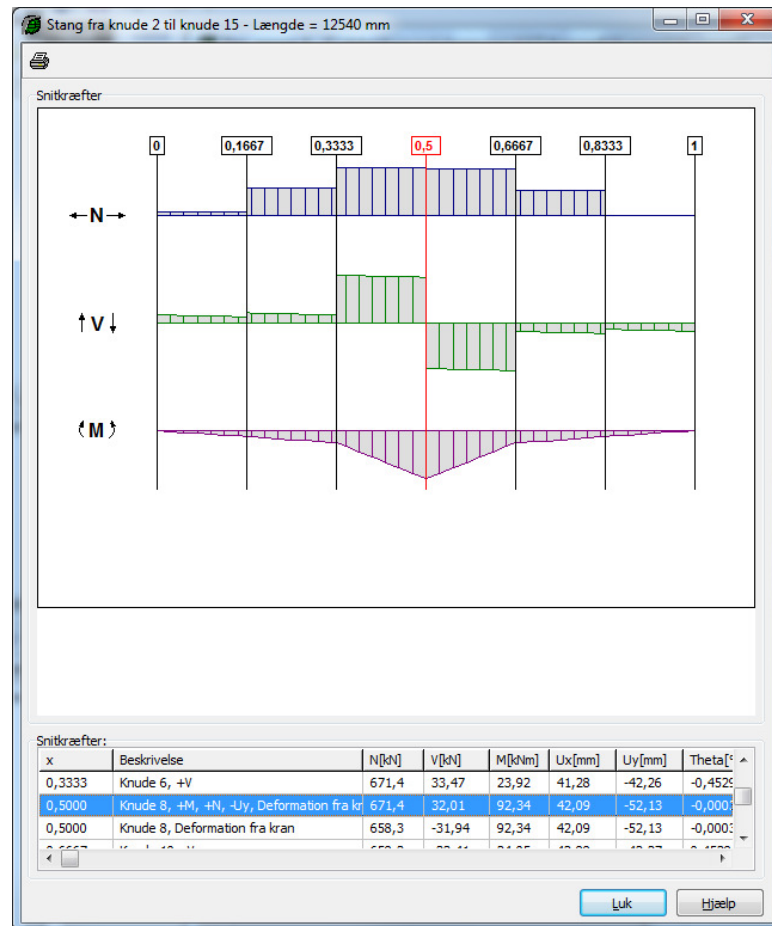
Luk resultatvinduet.

Gem sagen ved at trykke på .

1.10. Beregning af snitkræfter


Der skal nu findes 1. ordens snitkræfter i bjælkefoden for den maksimale nedadrettede last.



Udfør en 1. ordens beregning med . Nu åbnes resultatvinduet. For at se snitkræfter i en bestemt stang skal  være valgt. Markér den første brudkombination (LAK Brud 6.10b: $1 \cdot G + 1,5 \cdot K1 + 0,9 \cdot S1 + 0,9 \cdot W00T$). Klik på bjælkefoden med musen. Et vindue åbnes, hvor snitkræfter vises for stangen i den valgte kombination. I tabellen under kurverne er det maksimale moment angivet med +M for $x = 0,5$, se Figur 24.




Figur 24: 1. ordens resultater for bjælkefod.

Luk vinduet med snitkræfter for stangen. Markér den næste brudkombination (LAK Brud 6.10b: $1 \cdot G + 1,5 \cdot K2 + 0,9 \cdot S1 + 0,9 \cdot W00T$). Klik igen på bjælkefoden med musen. Det maksimale moment opstår igen hvor kranen angriber. Luk vinduet med snitkræfter for stangen.

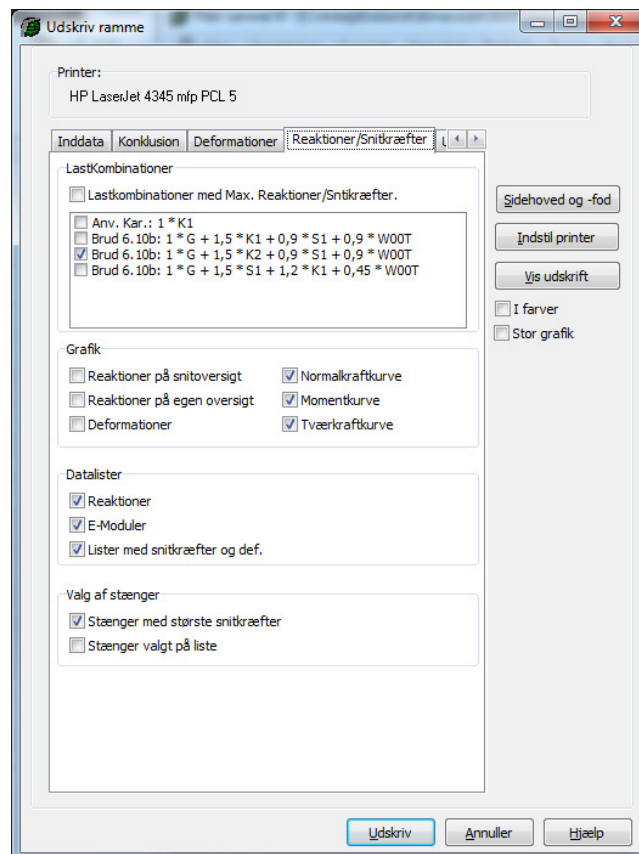
Tryk på . Markér brudkombinationen med de maksimale snitkræfter (LAK Brud 6.10b: $1 \cdot G + 1,5 \cdot K2 + 0,9 \cdot S1 + 0,9 \cdot W00T$). Klik på bjælkefoden med musen, for at få skrevet de maksimale snitkræfter på oversigten. Sæt kryds i *Max. positivt moment*. Afkryds at punktet skal vises på *Normalkraftoversigt*, *Tværkraftoversigt* og *Momentoversigt*. Luk vinduet.

For denne lastkombination er der nu indsat værdier i det punkt, hvor det maksimale moment forekommer. Hvis kurverne er for store eller små til oversigten, kan størrelsen sættes med  eller .

1.11. Udskrift

Mens resultatvinduet stadig er åbent trykkes på . Nu er det muligt at vælge hvad der skal udskrives.

Vælg fanen konklusion og ændre markeringerne så det er punkterne *Max. Deformation i undersøgt tværsnit*, *Max. Reaktioner*, *Max. Snitkræfter i undersøgt tværsnit* der er markeret. Her efter skiftes til fanen **Deformationer** her markeres ”Anvendelses lastkombinationen”. På fanebladet **Reaktioner/Snitkræfter** markeres den midterste brud lastkombination (LAK Brud 6.10b: $1 \cdot G + 1,5 \cdot K2 + 0,9 \cdot S1 + 0,9 \cdot W00T$). Afkryds under grafiske oversigter *Normalkraftkurve*, *Tværkraftkurve* og *Momentkurve*. Hvis man vil have tabellerne med resultaterne udskrevet angives dette under **Datalister**. Under **Valg af stænger** markeres *Stænger med største snitkræfter* for kun at udskrive for de stænger med de største snitkræfter.



Figur 25: Definition af udskrift.

Hvis man vil se udskriften før man skriver ud på papir benyttes knappe *Vis udskrift*.

Hvis man synes grafikke er for lille på udskriften kan man markere feltet *Stor grafik*.

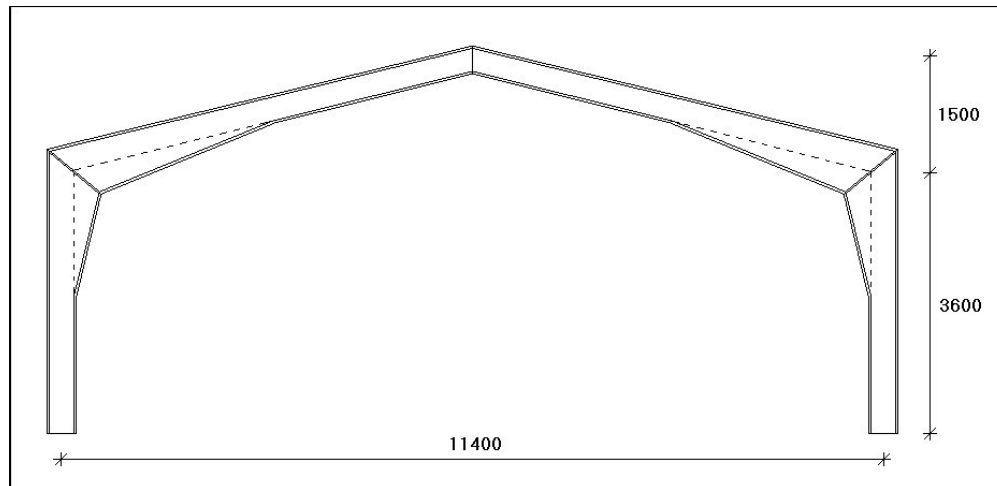
Tryk *Sidehoved og -fod*. Heri kan der evt. tilføjes en sagsbeskrivelse på firmaets sidehoved og -fod. Hvis der endnu ikke er opstillet en generel sidehoved og -fod for firmaet, kan dette gøres fra konfigurationsprogrammet. Luk vinduet.

Hvis der ikke skal udskrives på standardprinter, kan en anden vælges ved at trykke på *Indstil printer*. Tryk *Udskriv* eller *Vis udskrift*.

2. Eksempel 2: 3-charniers ramme med udfligede tværnsnit

2.1. Introduktion

En 3-charniers ramme med udfligede tværnsnit undersøges i dette eksempel for deformationer fra snelast. Rammen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990.




Figur 26: 3-charniers ramme i eksempel.


Udfligning foretages på halvdelen af hvert element. Der benyttes IPE 300 til alle stænger, hvori der indsættes ekstra krop, så højden på profilet øges fra 300 til 600 mm langs udfligningen.



Rammer er placeret pr. 8 m. Hallen henføres til konsekvensklasse CC2 og normal kontrolklasse.

2.2. Opsætning

”Plan ramme 4” startes op uden nogle moduler tilknyttet ved at vælge *Uden bæreevneeftervisning* under opstart.

Sagen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990 uden ændringer af partialkoefficienter og konsekvensklasse CC2. Derfor er det ikke nødvendigt at ændre ”Valg af projekteringsnorm”. Denne kan ændres ved tryk på .


Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på . Nederste venstre hjørne sættes i (0, 0) og øverste højre hjørne sættes i (11.400, 5.100). Godkend med OK, og tegnefladens målsætning ændres.

Maskestørrelsen ændres ved at trykke på , og sættes til 300 for begge akser. Gem sagen ved at trykke på .

Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives ”Udfligning” og gemmes.



2.3. Knuder og stænger

Alle stænger og knuder tegnes i grid.


Tryk på . Når der peges på tegnefladen med musen, vises koordinater i bunden af skærmen. Peg i nærheden af nederst venstre rammefods placering (0, 0), og tryk venstre museknap ned. Hold museknappen nede, mens der trækkes en stang til (0, 3.600). Slip museknappen og stangen oprettes. Tegn tilsvarende følgende tre stænger:

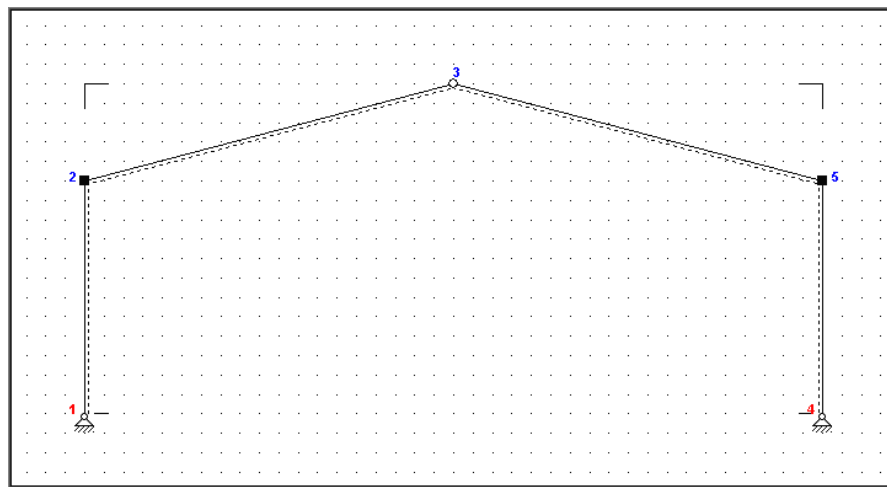
- Fra (0, 3.600) til (5.700, 5.100)
- Fra (5.700, 5.100) til (11.400, 3.600)
- Fra (11.400, 3.600) til (11.400, 0).

2.4. Understøtninger

Tryk på . Klik med musen på knude 1 og knude 4, så de vises med rødt. Tryk på , og angiv at de to knuder skal fastholdes i X-retning og i Y-retning. Godkend med **OK**, og understøtningerne vises på tegnefladen.

2.5. Charnier


Dobbeltklik med musen på knude 3. Der kan nu angives, at knuden udgør et charnier. Godkend med **OK**. Konstruktionen er nu defineret som vist på Figur 27. Gem sagen med .




Figur 27: Defineret konstruktion.


2.6. Snelast

Der benyttes automatisk lastgenerering for opstilling af snelast.



Tryk på . Vælg faneblad **Sne**. Her angives afstand fra gavl til last start på 4.000 mm og en afstand fra gavl til last slut på 12.000 mm. Godkend med **OK**.

Snelasttilfældet opstilles ved tryk på . Som tagkonstruktion vælges *Sadeltag*. Der sættes kun last på tagflader, så der markeres foran *TV* og *TH* for venstre og højre tagflade. Ved at trykke på **Udpeg**, kan stænger udpeges med musen. For venstre tagflade udpeges stang fra knude 2 til knude 3. For højre tagflade udpeges stang fra knude 3 til knude 5. Vælg faneblad


med **Snelast**. *Tilfælde (i)* markeres. Godkend valg med **OK**. Nu vises i lastgruppeoversigten, at snelasten er oprettet. Luk lastgruppeoversigten.

Hvis tabeller er tændt med , kan der i højre side af skærmen vælges *tabel med lastgrupper*, og snelasten vises på tegnefladen.

2.7. Lastkombination

Snelasten kan indsættes i en anvendelseskombination ved tryk på . Vælg at oprette en lastkombination ved at vælge fanebladet **Anvendelse** og trykke **Opret**. Markér snelasten *SI*, og inkluder den i lastkombinationen med . Nu er følgende lastkombination opstillet:

LAK Karakteristisk: $1,0 \cdot SI$

Sæt den maksimale bjælke deformation til 20 mm.
Godkend kombinationen med **OK**, og luk oversigten.
Gem sagen med .

2.8. Udfligning

Udfligningen skal defineres for hver stang.
Dobbelt klik på stangen fra knude 1 til 2 for at åbne stangdata oversigten.

For udfligning angives følgende parametre:

- a_1 : 1
- a_2 : 2
- x_1 : 0,5
- x_2 : 0
- udfliget på undersiden

Med ovenstående data er der defineret et profil, hvor højden i startpunktet er 1 gange profilhøjden og først fra midten af profilet og op til toppen udfliges det til det bliver 2 gange profilhøjden i slutpunktet.


Tilsvarende oprettes for stangen fra knude 3 til 5.

For stængerne fra knude 2 til 3 og knude 4 til 5 oprettes følgende udflignings parametre:

- a_1 : 2
- a_2 : 1
- x_1 : 0
- x_2 : 0,5
- udfliget på undersiden

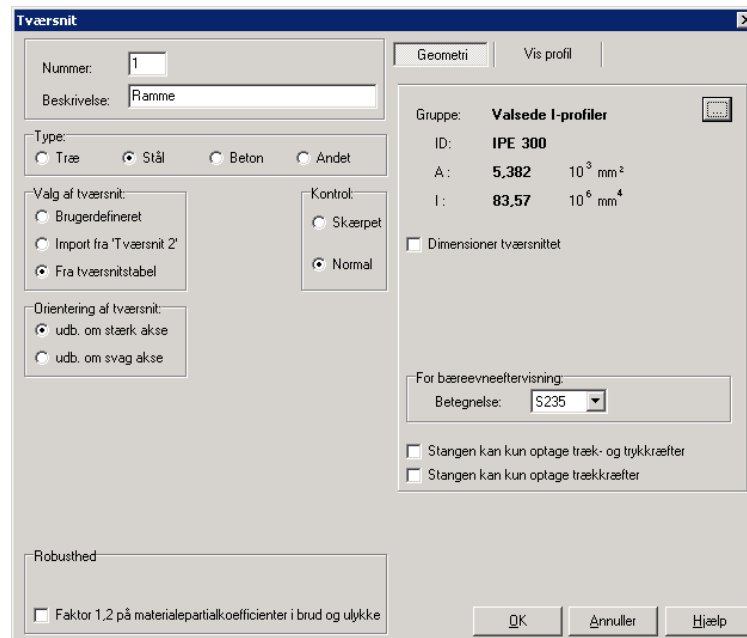
For at definere et profil der er 2 gange profilhøjden i start punkt og udfligning til midt på profilet så rasten af profilet er 1 gange profilhøjden.

2.9. Tværsnit

Til alle stængerne tilknyttes det samme tværsnit. Tryk på , og opret et nyt tværsnit med følgende data:



- Beskrivelse: *Ramme*
- Type: *Stål*
- Valg af tværsnit: *Fra tværsnitstabel*
- Kontrolklasse: *Normal*
- Orientering: *Udbøjning om den stærke akse.*
- Betegnelse: *S235.*




Ved tryk på  kan udpeges IPE 300 som valset I-profil fra tabellen. Tryk på **Vælg profil**, og der returneres til tværsnitsdefinitionen. Tværsnitsdefinitionen er vist i Figur 28.

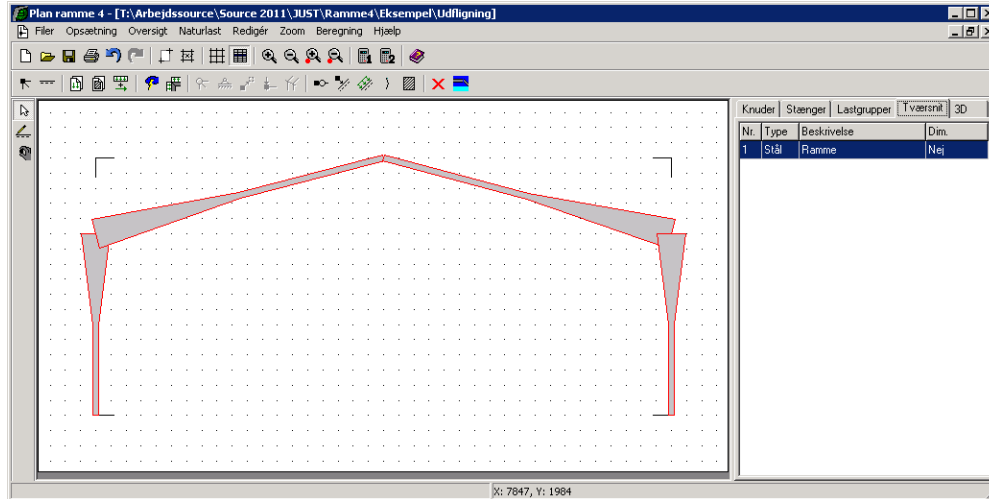


Figur 28: Tværsnitsdefinition.

Godkend tværsnit med OK, og luk oversigten.

Tryk på . Der klikkes på alle stænger, så de vises med rødt. For at tilknytte tværsnit, trykkes på , og i listen med tværsnit vælges profilet. Godkend valget med **OK**.

Hvis tabeller er tændt med , kan der i højre side af skærmen vælges *tabel med tværsnit*, og profilernes inertimomenter optegnes på tegnefladen, se Figur 29. En passende størrelse kan sættes med  eller , eller marker fanen Tværsnit og benyt musens scrol knap.





Figur 29: Visning af tværsnit.

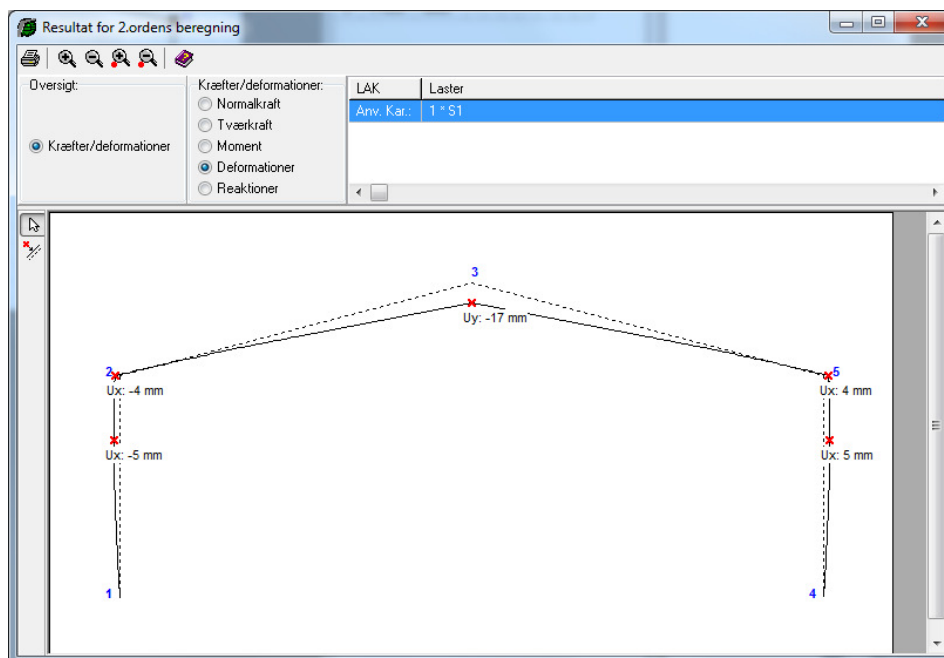
Gem sagen med .

2.10. Beregning af deformation


Tryk på  for 2. ordens beregning, og resultatvinduet åbnes.

Øverst til venstre kan der vælges, at deformationer vises. En passende størrelse kan sættes med  eller .

På oversigten kan deformationerne ses, med de maksimale værdier for udbøjningerne, se Figur 30.



Figur 30: Deformation af konstruktionen.

Hvis man ikke er interesseret i at se alle værdierne kan man lukke resultatet og i hovedmenuen under "Opsætning" klikke på "max værdier" for at slå denne funktion fra og lave en beregning igen og for at få vist deformationen i kip skal man vælge . Peg med musen på den ene tagflade, på den udeformerede konstruktion vist i baggrunden, og tryk på venstre museknap. En oversigt vises, hvor der kan markeres værdier, som skal indsættes på oversigtstegninger. Tryk på knappen for snitoversigt i nederste venstre hjørne, og vælg **Opret**.

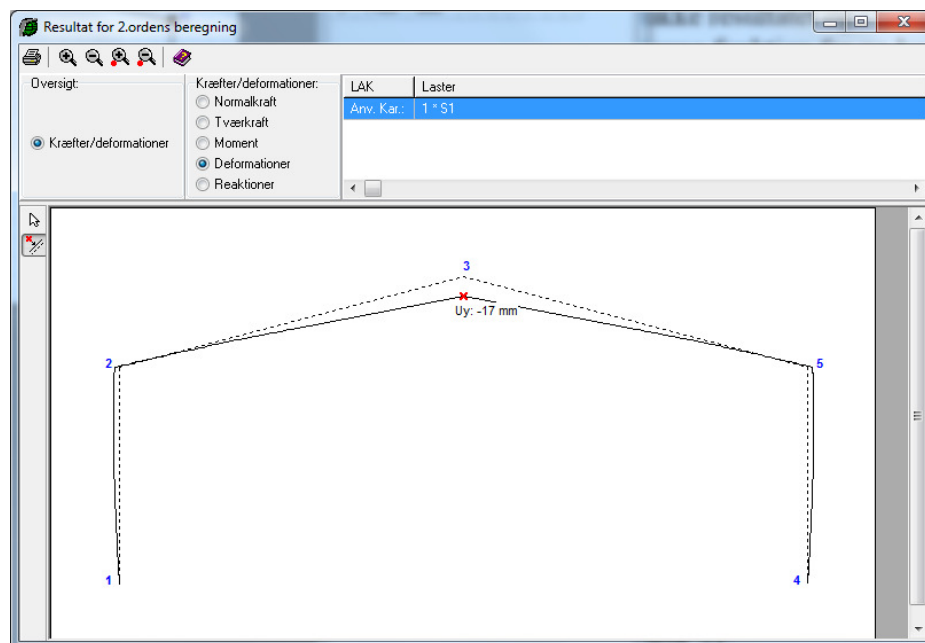
Et punkt oprettes som:

- Beskrivelse: *Kip*.
- Relativ placering: 1.


Tryk **OK** og der oprettes et punkt på enden af stangen.

Luk snitoversigten, og i listen med viste snit på oversigten er der nu nederst tilføjet Kip. Sæt kryds foran denne, og der kan nu i højre side afkrydses, hvilke oversigter punktet skal vises på. Sæt kryds foran *Deformationsoversigt*. Luk vinduet.

På oversigten vises nu en værdi for deformationen i kip, se Figur 31.



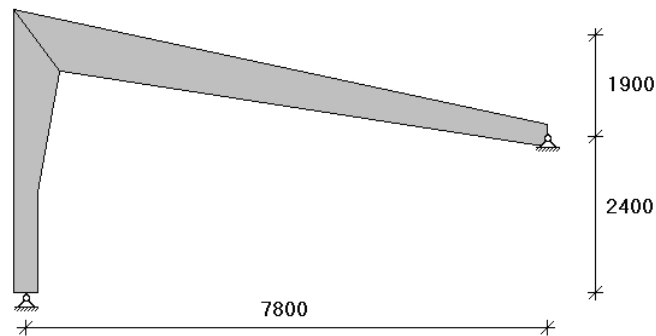
Figur 31: Deformation i kip.

Luk resultat vinduet og gem sagen ved at trykke på .

3. Eksempel 3: Bæreevneeftersvisning af træramme

3.1. Introduktion

Der opstilles en træramme med en søjle og en drager. Trærammen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990. Drageren er udflygt over hele dens længde, mens søjlen er udflygt ca. over den øverste halvdel. Der regnes med tilnærmede centerlinier, så søjlen kan defineres som én stang. Der placeres rammer pr. 5 meter i en 30 meter lang konstruktion. Der regnes på en ramme midt i konstruktionen.



Figur 32: Træramme i eksempel.

Rammen skal kunne optage følgende belastninger:


- Egenlast.
- Last fra tagkonstruktion, 5,8 kN/m.
- Last fra facade, 2,1 kN/m.
- Snelast.
- Vindlast mod facaden med maksimal nedadrettet last på tagfladen. Formfaktoren for indvendigt undertryk sættes til $c = -0,25$. Terrænklassen er 2.

Der findes forslag til dimensioner i træklasse GL28h, så følgende overholdes:

1. Den lodrette deformation i drageren fra snelast må maksimalt være 1/400 af dragerens længde.
2. Ingen brud i rammen.
3. Skal kunne regnes som BD30.



3.2. Opsætning

”Plan ramme 4” startes op med modulet ”Trækonstruktioner 4” tilknyttet ved at vælge *Med bæreevneeftersvisning af træ* under opstart.

Sagen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990 uden ændringer af partialkoefficienter og konsekvensklasse CC2. Derfor er det ikke nødvendigt at ændre "Valg af projekteringsnorm". Denne kan ændres ved tryk på .


Slå grid fra ved at trykke på . Gem sagen med . Hvis filhåndteringen ikke starter i sagsbiblioteket, kan der vælges et sagsbibliotek i konfigurationsprogrammet. Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives **EksempelTrae** og gemmes.


3.3. Knuder og stænger


Åbn oversigten for oprettelse af knuder ved at trykke på . Opret knuder i følgende punkter ved at indtaste koordinatsæt og trykke på .

- (0, 0)
- (7.800, 2.400)
- (0, 4.300)

Luk oversigten.

Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på . Tryk på knappen I yderpunkter, hvorved øverste højre hjørne sættes til (7800, 4300). Godkend med **OK**.

Vælg  så stænger kan tegnes. Tryk venstre museknap ned på knude 1, og hold knappen nede mens der trækkes en stang til knude 2. Træk tilsvarende en stang fra knude 2 til knude 3.

Tryk  for at kunne vælge stænger. Dobbeltklik med musen på stangen fra knude 1 til knude 2. Indtast søjlevirkning, idet der vælges søjlevirkning "I plan vha. knæklængde", idet knæklængden sættes til 1,4. Der vælges at der også skal undersøges for kipning ved at markere feltet "Undersøg kipning", kipningslængdes sættes til 1,0 og "Last angrebshøjden" sættes til "Center", som vist i Figur 33.


Udflygnings parametrene sættes til:

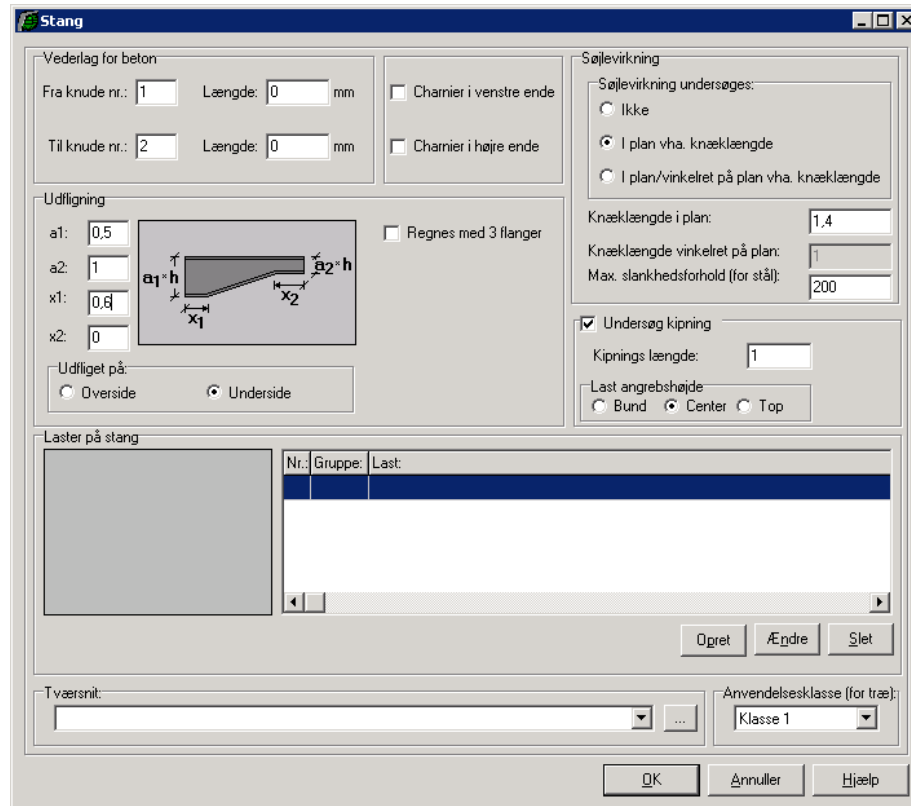
- $a_1 : 0,5$
- $a_2 : 1$
- $x_1 : 0,6$
- $x_2 : 0$
- udfliget på undersiden

Tilsvarende gøres for stangen mellem knude 2 og knude 3 idet knæklængden sættes til 0,8 og kipning slås til og udflygnings parametrene sættes til:

- $a_1 : 1$
- $a_2 : 0,5$
- $x_1 : 0$
- $x_2 : 0$
- udfliget på undersiden


De angivne værdier for knæklængden er kun medtaget for illustrationens skyld, idet de korrekte knæklængder ikke er beregnet/vurderet.


Gem sag med .

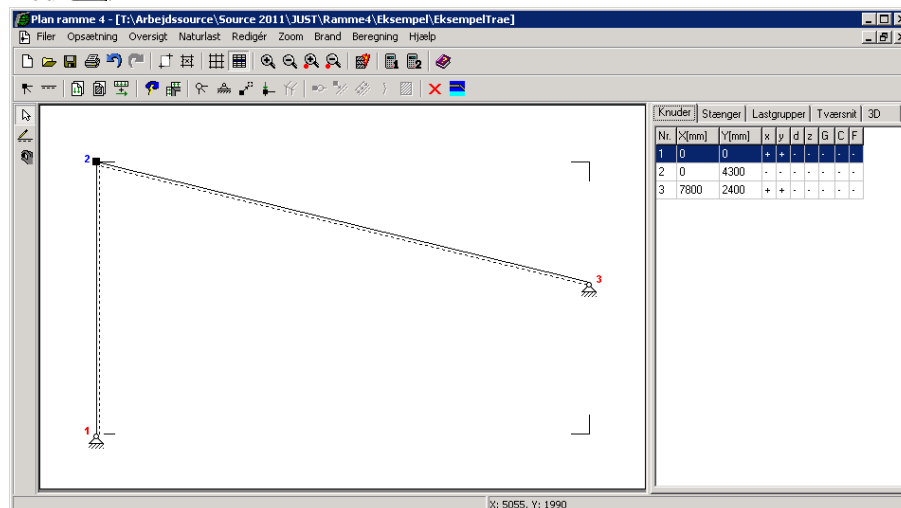


Figur 33: Søjlevirkning for søjle.

3.4. Understøtninger

Tryk  for at kunne vælge knuder. Klik med musen på knude 1 og knude 3, så de markeres med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Understøtning** fra funktionslisten. Knuderne fastholdes i x- og i y-retning. Godkend med **OK**. Konstruktionen er nu defineret som vist i Figur 34.

Gem sag med .



Figur 34: Defineret konstruktion.

3.5. Laster


Åbn lastgruppeoversigten ved at trykke på . Der skal oprettes en lastgruppe til permanent last.

Tryk **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: *G*.
- Lastart: *Permanent last*.
- Der afkrydses i *Inkludér egenlast* (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med **OK**. Luk lastgruppeoversigten.

Der benyttes automatisk naturlastgenerering for opstilling af sne- og vindlast. Lastgrupper for sne og vind oprettes derved automatisk af naturlastgeneratoren.

Tryk på  for at udvælge stænger. Dobbeltklik med venstre musetast på stangen fra knude 2 til knude 3, og et vindue med stangens data åbnes. Vælg **Opret** under *Laster på stang*, og en last kan indlæses i et nyt vindue.

Laster for tagkonstruktionen indlæses:


- Lasttype: *Linielast, "Y - Projektion på element (Y)"*.
- p1: 5,8 kN/m.
- p2: 5,8 kN/m.
- Lastgruppe: *G*.

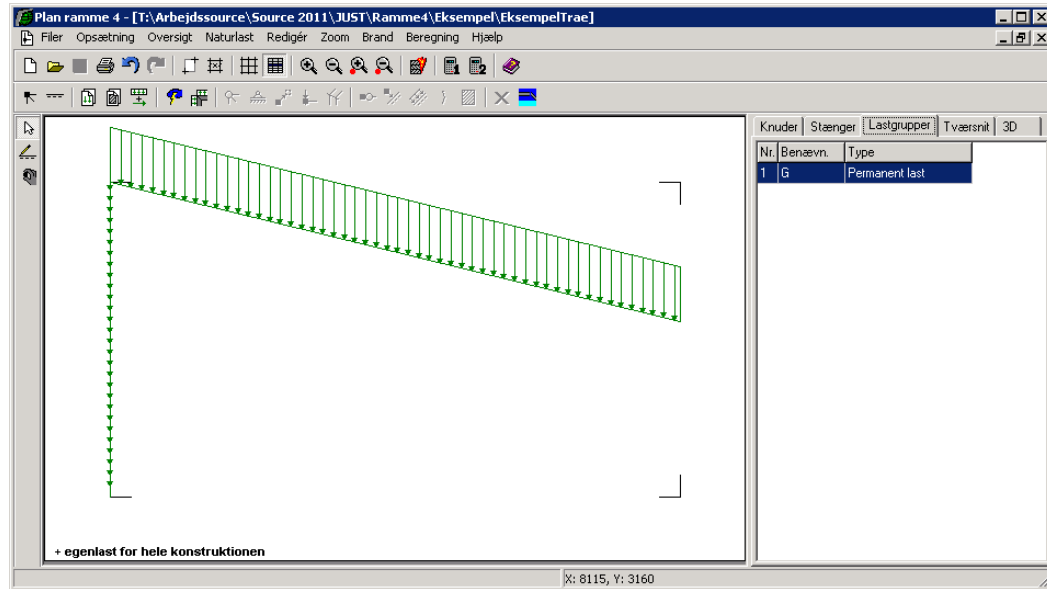
Godkend lasten med **OK** og luk vinduet med stangens data med **OK**. Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med permanent last.

Dobbeltklik på søjlen, og lasten fra facaden kan oprettes tilsvarende:


- Lasttype: *Linielast, "Y - Projektion på element (Y)"*.
- p1: 2,1 kN/m.
- p2: 2,1 kN/m.
- Lastgruppe: *G*.

Godkend lasten med **OK** og luk vinduet med stangens data med **OK**. Gem sag med .

Hvis tabeller er tændt med , kan der i højre side af skærmen vælges den tabel, der indeholder lastgrupper, ved tryk på faneblad **Lastgrupper**. Lasterne defineret i lastgruppe *G* vises på tegnefladen, se Figur 35.

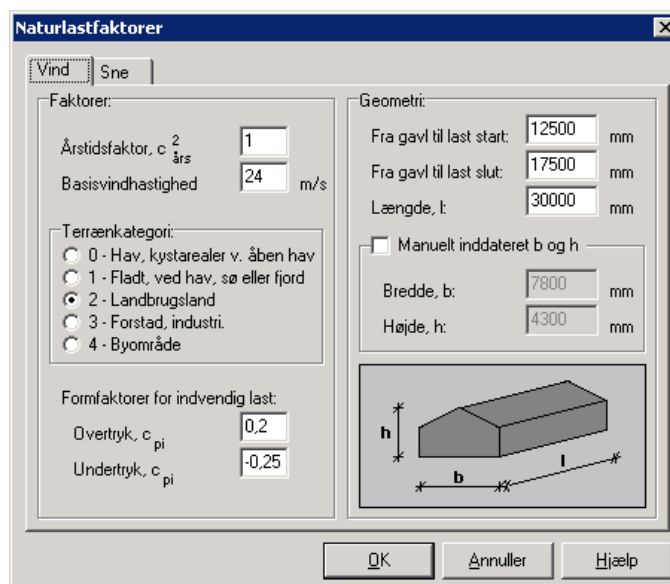


Figur 35: Visning af egenlast.


Vælg faneblad **Knuder** i højre side af skærmen. Naturlasterne oprettes ved først at sætte en række faktorer med . Følgende faktorer ændres på fanebladet **Vind**, se Figur 36:

- Terrænkategori: 2.
- Formfaktor for indvendigt undertryk: $-0,25$.
- Fra gavl til last start: 12.500 mm.
- Fra gavl til last slut: 17.500 mm.
- Længde: 30.000 mm.

Bredde og højde hentes fra konstruktionen. Godkend data med **OK**.



Figur 36: Naturlastfaktorer for vind.

Hvilke tilfælde der skal opstilles, vælges under . Som tagkonstruktion vælges *Pulttag/fladt tag*. Der regnes i denne sag med vind på både facade og tagkonstruktion, så der sættes kryds foran *TV* og *FV*. Ved at klikke på **Udpeg** kan stænger udpeges med musen.

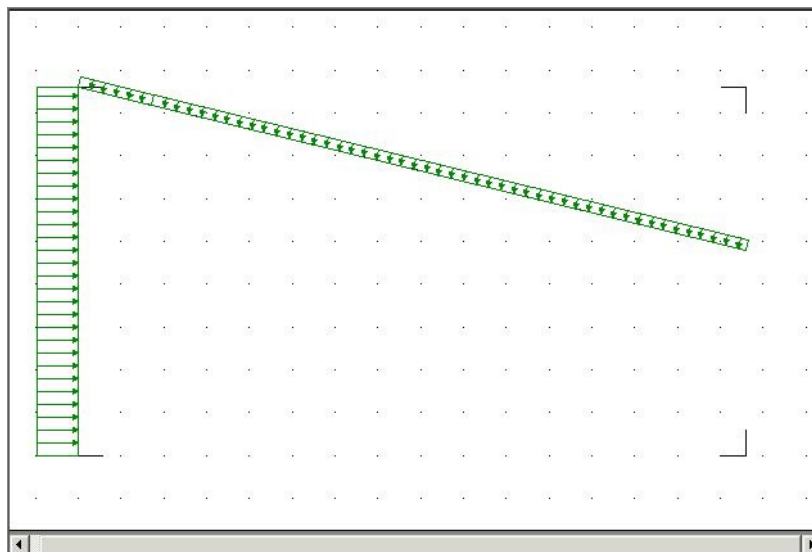
- For venstre facade *FV* udpeges stangen fra knude 1 til knude 2.
- For tagflade *TV* udpeges stangen fra knude 2 til knude 3.

Der afkrydses hvilke vindlast- og snelasttilfælde der skal oprettes. I denne sag oprettes et tilfælde med sne og et med vind. Følgende afkrydses:

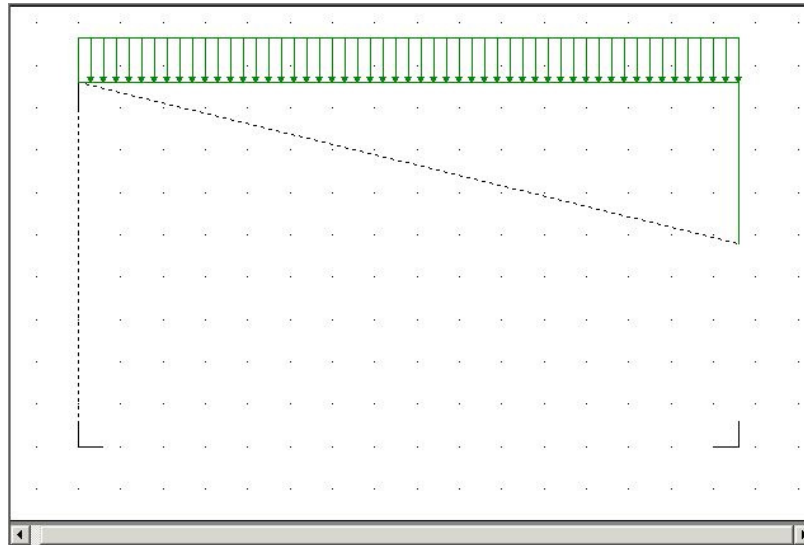
- Vind: 0° Tryk + undertryk (max. tryk på tagkonstruktion + max. indvendigt undertryk).
- Sne: Arrangement (i) (max. snelast på hele tagkonstruktionen).

Godkend valg ved tryk på **OK**. Herved vises lastgruppeoversigten, hvor lastgrupperne *W00T* og *S1* er tilføjet. Oversigten lukkes.


Nu er alle lastgrupper og laster oprettet. I højre side af skærmen vælges faneblad **Lastgrupper**. Ved at markere en lastgruppe i tabellen, vises de tilknyttede laster på tegnefladen. På Figur 37 ses de automatisk genererede vindlast og på Figur 38 ses de automatisk genererede sne laster.





Figur 37: Automatisk genereret vindlast.



Figur 38: Automatisk genereret snelast.

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sag med .


3.6. Lastkombinationer

Lastgrupperne kan nu opstilles i lastkombinationer ved at vælge . Der kan opstilles lastkombinationer i anvendelse, brud og ulykke. For at undersøge deformation fra snelast, trykkes **Opret**, mens faneblad **Anvendelse** er valgt. Her kan vælges lastgrupper, der indgår i lastkombinationen. *SI* markeres, og der trykkes . Partialkoefficienten tilknyttes automatisk, så nu er der opstillet lastkombinationen

LAK Karakteristisk: $1,0 \cdot SI$

Bjælke deformationen sættes til 20 mm, da der er et krav om at den højst må være 1/400 af længden på drageren ($8028/400 = 20$ mm).

Feltet "Medtages i beregning" skal være markeret for at lastkombinationen beregnes.


Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles. For brud, er det interessant at se på lastgrupperne sammensat i lastkombinationer. Vælg faneblad **Brud** og tryk **Opret**. Den af de variable laster der vælges først, får den høje partialkoefficient, mens de øvrige multipliceres med $1,5 \cdot \psi \cdot k_{FI}$. Først markeres *G*, og inkluderes i lastkombinationen med . Derefter inkluderes *SI*, og som den første variable last tilknyttes koefficienten 1,5. Som sidste lastgruppe tilføjes *W00T*.

LAK 6.10b: $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot SI + 0,45 \cdot W00T$


Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles. Vælg faneblad **Ulykke** og opret følgende kombination:


LAK Brand: $1,0 \cdot G + 0,2 \cdot W00T$

Med ovenstående tre kombinationer, lukkes oversigten over lastkombinationer.

Gem sag med .

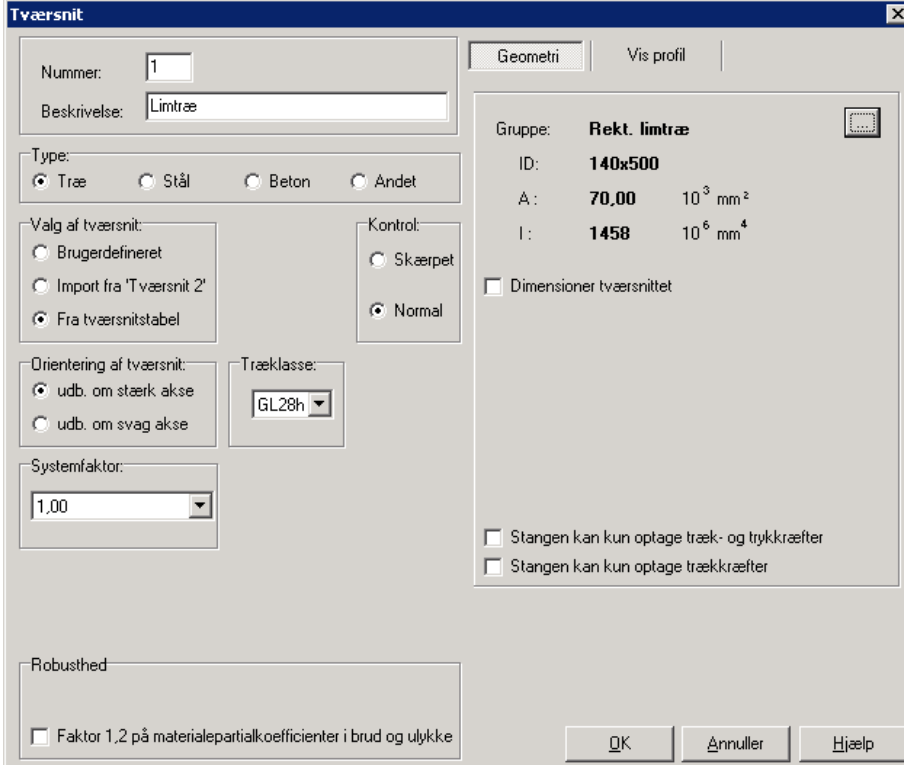
3.7. Tværsnit

Åbn tværsnitoversigten med . Opret et nyt tværsnit for søjlen med følgende data:



- Beskrivelse: *Limtræ*.
- Type: *Træ*.
- Valg af tværsnit: *Fra tværsnitstabel*.
- Kontrolklasse: *Normal*.
- Systemfaktor: 1,0.
- Træklasse: *GL28h*.
- Orientering: *Udbøjning om den stærke akse*.
- Ved tryk på  kan limtræsprofilen 140x500 vælges fra profiltabellen. Markér det ønskede profil, og tryk **Vælg profil**, hvorved der returneres til tværsnitsdefinitionen.

Se Figur 39.

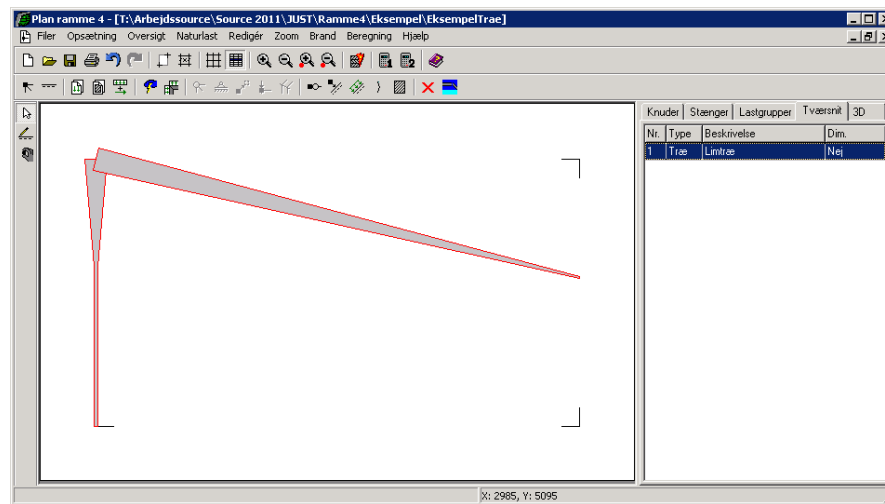
Godkend tværsnittet med **OK** og luk tværsnitoversigten.



Figur 39: Tværsnitsdefinition for søjle.

Tryk på . Der klikkes på begge stænger, så de vises med rødt. For at tilknytte tværsnit, trykkes på , og i listen med tværsnit vælges profilet. Godkend valget med **OK**.

I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Nu tegnes stængernes inertimomenter på skærmen. Det tværsnit der er valgt i tabellen, vises med rød kontur på tegnefladen, se Figur 40.





Figur 40: Visning af tværsnit.

Tryk F10. Alternativt kan faneblad **3D** vælges i tabellen og der trykkes herefter på **3D**. Herefter optegnes en 3D tegning af konstruktionen, se Figur 41. Konstruktionen kan roteres med musen og flyttes vandret og lodret med pilene. Der kan zoomes med F5 og F6. Der kan desuden flyttes ind og ud vinkelret på skærmen med F2 og F3.





Figur 41: Visning af tværsnit i 3D


Billedet med 3D konstruktionen lukkes ved tryk på .

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sag med .

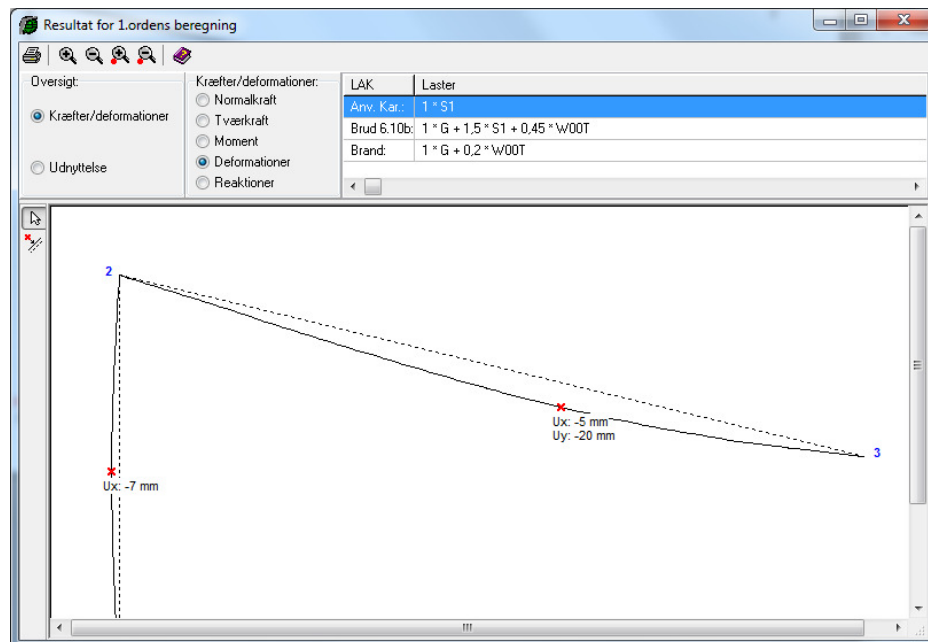
3.8. Brand

Brandvarigheden i brandkombinationen sættes med . Sæt varigheden til 30 minutter, og beskyttelses tiden til 0 minutter. Det vælges ikke at reducere tværsnit i snitkraft- og deformationsberegning. Godkend med **OK**. Gem sag med .

3.9. Beregning af konstruktionen


Nu kan sagen beregnes. Tryk på  for 1. ordens beregning. Der foretages et datacheck for at undersøge, om konstruktionen kan beregnes. Hvis konstruktionen godkendes, åbnes et resultatvindue.

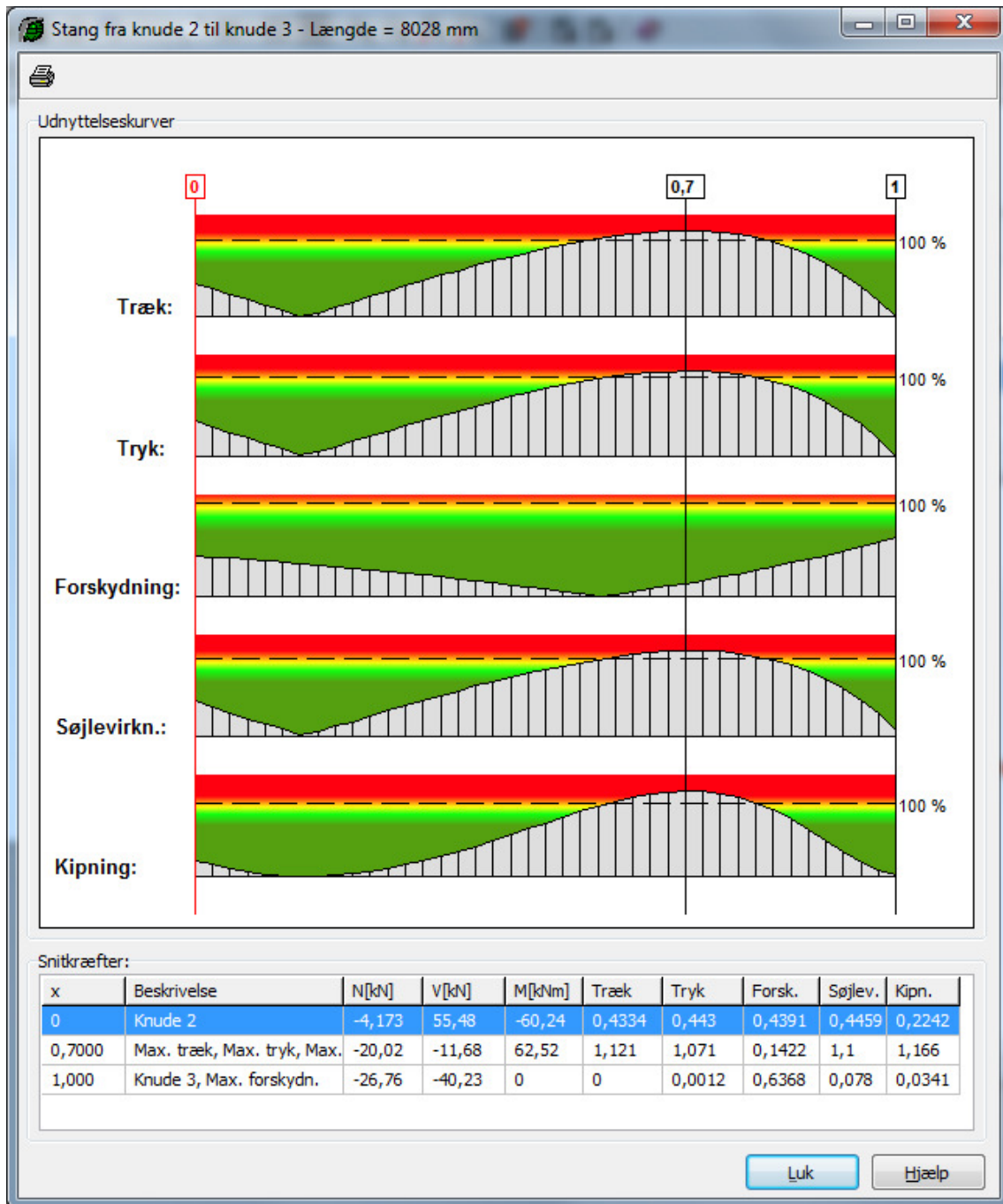
I resultatvinduet kan der markeres en lastkombination, hvorefter resultater vises for denne kombination. Vælg *Kræfter/deformationer* og *Deformationer* og markér den første anvendelseskombination "Kar". På skærmen vises nu den deformerede konstruktion med deformationer, og værdier for de maksimale værdier. Det ses at den maksimale deformation er på 20 mm, se Figur 42. Der accepteres en deformation på 20 mm, så flytningerne er acceptable.



Figur 42: Deformation af konstruktionen for anvendelseslastkombination.

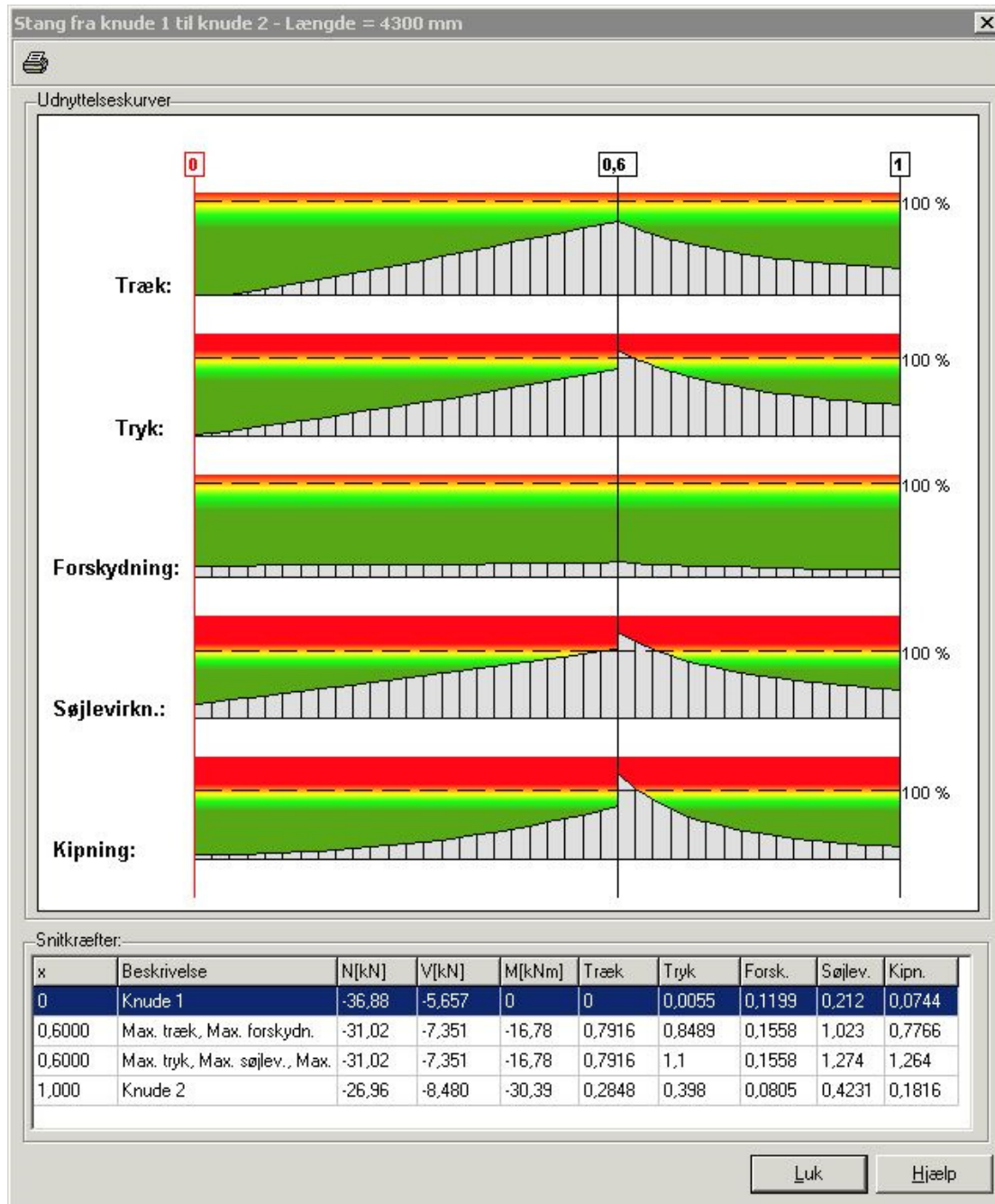
For at undersøge brudkombinationen vælges *Udnyttelse træ* samt lastkombination Brud 6.10b. Udnyttelse for træk, tryk, forskydning, søjlevirkning og kipning vises som oversigter, hvor konstruktionen er farvet grøn eller gul, hvis udnyttelsen er mindre end 100 %, eller rød, hvis der er brud.

For træk og tryk samt søjlevirkning og kipning ses det, at der opstår brud i konstruktionen. Vælg  og klik med venstre musetast på drageren. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen for drageren, se Figur 43. Her ses det, at den maksimale udnyttelse mht. træk er 112 %, udnyttelsen mht. tryk er 107 %, udnyttelsen mht. søjlevirkning er 110 % og udnyttelse mht. kipning er 116,6 %. Luk vinduet.



Figur 43: Udnyttelse af drageren for brudlastkombination.

Vælg lastkombination "Brand", og det ses, at der også her opstår brud i søjlen fra tryk-spændinger, samt søjlevirkning og kipning, se Figur 44.



Figur 44: Udnyttelse af søjle for brand lastkombination.


Luk resultatvinduet.


3.10. Ændring af tværsnit

For at øge styrken af konstruktionen, ændres udfligningen af søjlen, så der nu udfliges over 65% af søjlens længde, og der herved fås et stærkere rammehjørne.


Dobbeltklik med musen på søjlen for at åbne stang opsætningsvinduet. Ændre udfligningsparameteren x_l fra 0,6 til 0,35, og godkend ændringen med **OK**.

Desuden ændres profilet på drageren for at gøre den stærkere. Dette gøres ved at oprette en nyt tværsnit.


Åbn tværsnitsoversigten med . Opret et nyt tværsnit for drageren med følgende data:

- Beskrivelse: *Limtræ til drager.*
- Type: *Træ.*
- Valg af tværsnit: *Fra tværsnitstabel.*
- Kontrolklasse: *Normal.*
- Systemfaktor: 1,0.
- Træklasse: *GL28h.*
- Orientering: *Udbøjning om den stærke akse.*
- Ved tryk på  kan limtræsprofilen 160x500 vælges fra profiltabellen. Markér det ønskede profil, og tryk **Vælg profil**, hvorved der returneres til tværsnitsdefinitionen.

Dobbelt klik på drageren og ændre profilet.


Gem sag med .

3.11. Ny beregning af konstruktionen

Tryk på  for en ny 1. ordens beregning.

Udnyttelse træ vælges, og det ses nu, at der ikke længere opstår brud i konstruktionen. Hverken lastkombination ”Brud 6.10b” eller lastkombination ”Brand” giver en rød markering af stængerne, hverken i træk, tryk, forskydning, søjlevirkning eller kipning.

3.12. Udskrift

Mens resultatvinduet stadig er åbent, vælges . Nu er det muligt at vælge hvad der skal udskrives.

Vælg fanen konklusion og ændre markeringerne så det er punkterne *Max. Deformation i undersøgt tværsnit*, *Max. Reaktioner*, *Max. Snitkræfter i undersøgt tværsnit* og *Max. Udnyttelse i undersøgt tværsnit* der er markeret.

Her efter skiftes til fanen **Deformationer** her markeres ”Anvendelses lastkombinationen” og afkryds *Deformationer* under *Grafik*, *Lister med snitkræfter og def.* under *Datalister* og *Stænger med største deformationer* under *Valg af stænger*. På fanebladet **Reaktioner/Snitkræfter** markeres brud og brand lastkombinationerne. Afkryds under grafiske oversigter de oversigter der ønskes udskrevet. Hvis man vil have tabellerne med resultaterne udskrevet angives dette under **Datalister**. Under **Valg af stænger** markeres *Stænger med største snitkræfter* for kun at udskrive for de stænger med de største snitkræfter.


På fanebladet **Udnyttelser materialer** markeres de lastkombinationer og stænger man vil have grafiske oversigter eller tabeller med udnyttelserne udskrevet for.

Hvis man vil se udskriften før man skriver ud på papir benyttes knappe *Vis udskrift*.

Hvis man synes de figurer der bliver udskrevet under grafik er for små kan man vælge at markere feltet *Stor grafik* for at få grafikken udskrevet så stor som det kan blive på siden.

Tryk **Sidehoved og -fod**. Heri kan der evt. tilføjes en sagsbeskrivelse på firmaets sidehoved og -fod. Hvis der ikke er opstillet en generel sidehoved og -fod for firmaet, kan dette gøres fra konfigurationsprogrammet. Luk vinduet.

Hvis der ikke skal udskrives på standardprinter, kan en anden vælges med **Indstil printer**. Tryk **Udskriv** eller **Vis udskrift**.

Gem sag med .

4. Eksempel 4: Bæreevneeftervisning af eksempel 1


4.1. Introduktion

Sagen fra *Eksempel 1* ønskes nu bæreevneeftervist for 2. ordens snitkræfter. Ved opstart af Plan ramme 4 vælges derfor at køre programmet med *bæreevneeftervisning af stål*.

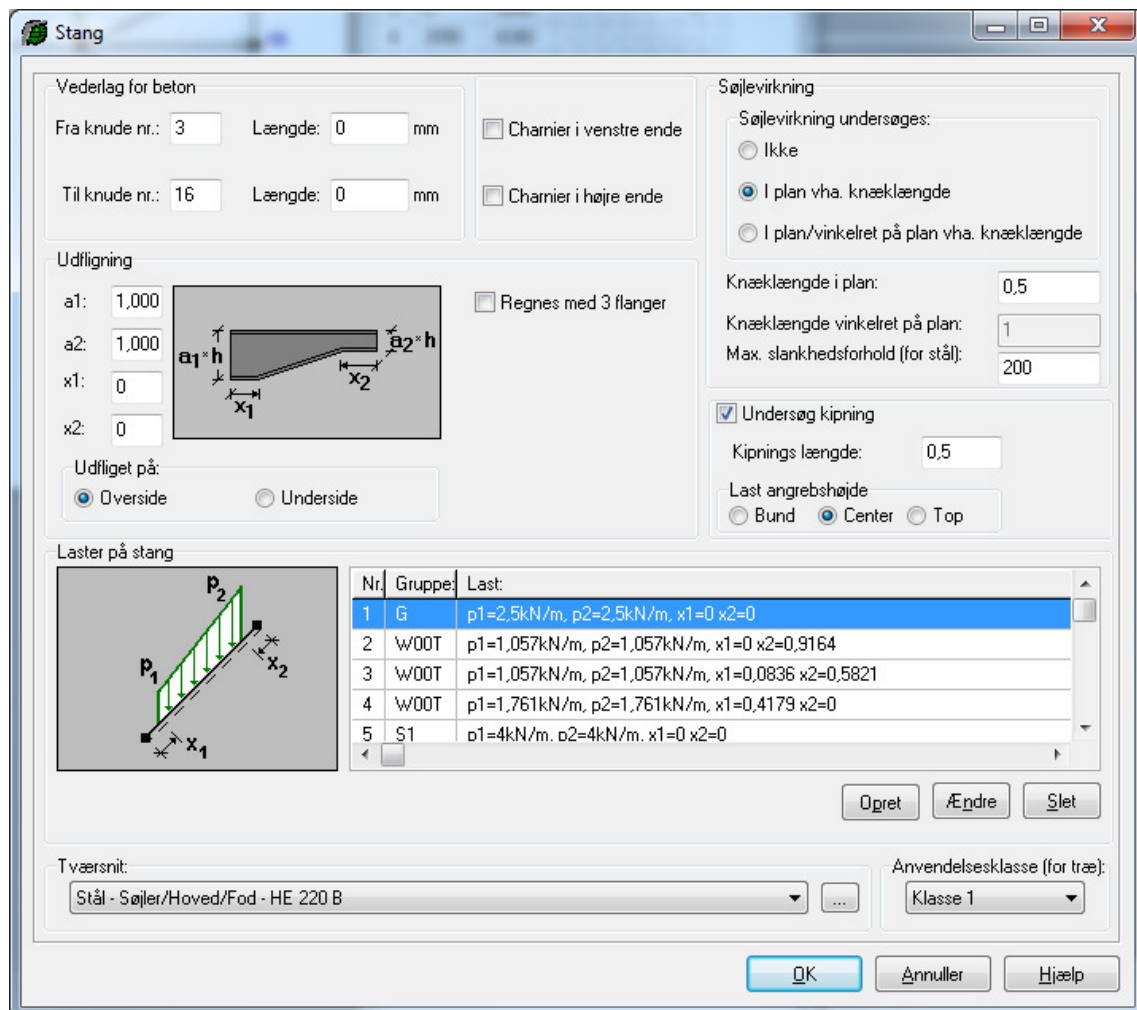
4.2. Opstart

Åbn Eksempel 1 med . Sagen er gemt som **Eksempel1.rm4**. For ikke at overskrive denne sag, gemmes sagen i et nyt navn med menupunktet Filer, Gem som. Sagen navngives EksempelStaal.rm4.

4.3. Søjlevirkning/kipning

Tryk  for at kunne vælge stænger. Dobbeltklik med musen stængen fra knude 3 til knude 16. Indtast kipning, idet der vælges at der skal undersøges for kipning og kiplængden sættes til 0,5 og lasten angribes i forskydningscentrum af tværsnittet. Derefter indtast søjlevirkning, idet der vælges søjlevirkning ”I plan vha. knæklængde”, idet knæklængden sættes til 0,5 og det maksimale slankhedsforhold sættes til 200, som vist i Figur 45.

Luk vinduet.



Figur 45: Søjlevirkning/kipning for Hoved.


Klik med musen på alle stængerne med undtagelse af stangen fra knude 3 til knude 16, så de markeres med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Søjlevirkning i stang** fra funktionslisten. Indtast søjlevirkning og kipning, idet der vælges søjlevirkning i plan vha. knæklængde, idet knæklængden sættes til 1,0 og det maksimale slankhedsforhold sættes til 200, kippingslængden sættes til 0,5 og lasten angrebshøjde sættes til Center, som vist i Figur 46.

Luk vinduet.




Figur 46: Søjlevirkning/kipning for øvrige stænger.

De angivne værdier for knæklængden er kun medtaget for illustrationens skyld, idet de korrekte knæklængder ikke er beregnet/vurderet.

Gem sag med .

4.4. Undersøgelse af bæreevne

Udfør en 2. ordens beregning med .

Udnyttelsen i konstruktionen vises ved valg af *Udnyttelse* under *Oversigt* og *Udnyttelse stål*. Udnyttelsen og interaktionen mellem søjlevirkning og kipning vises som oversigter, hvor konstruktionen er farvet grøn eller gul, hvis udnyttelsen eller interaktionen mellem søjlevirkning og kipning er mindre end 100%, eller rød, hvis der er brud.

I anvendelseskombinationer undersøges der for foldning i tværsnittet. Det ses, at der ikke opstår foldning i LAK Kar, idet hele konstruktionen er farvet grøn.


I alle tre brudkombinationer farves de diagonale trækstænger røde, dvs. der er benyttet et tværsnit med et for lille areal. Desuden farves lidt af bjælkens fod også rød i en af brudkombinationerne.

For søjlevirkning/kipning ses det at for alle 3 brudkombinationer er der problemer med søjlevirkningen/kipning i bjælkens hoved.

Luk resultatvinduet.

4.5. Nyt tværsnit til diagonaler

For at få tilstrækkelig bæreevne i konstruktionen skal diagonalerne, bjælke hoved og foden forøges.


For at forøge diagonalerne vælges i tabellen i højre side af skærmen fanebladet **Tværsnit**. Markér tværsnittet for diagonalerne i tabellen med et museklik og tryk **Enter**. Et vindue med tværsnittet åbnes. Tryk på  og stålprofiltabellen åbnes. I tabellen vælges i stedet et svært gevindrør, Ø125, og vinduet lukkes ved at trykke **Vælg profil**. Tværsnittet godkendes med **OK**, og diagonaler har nu fået en større styrke.

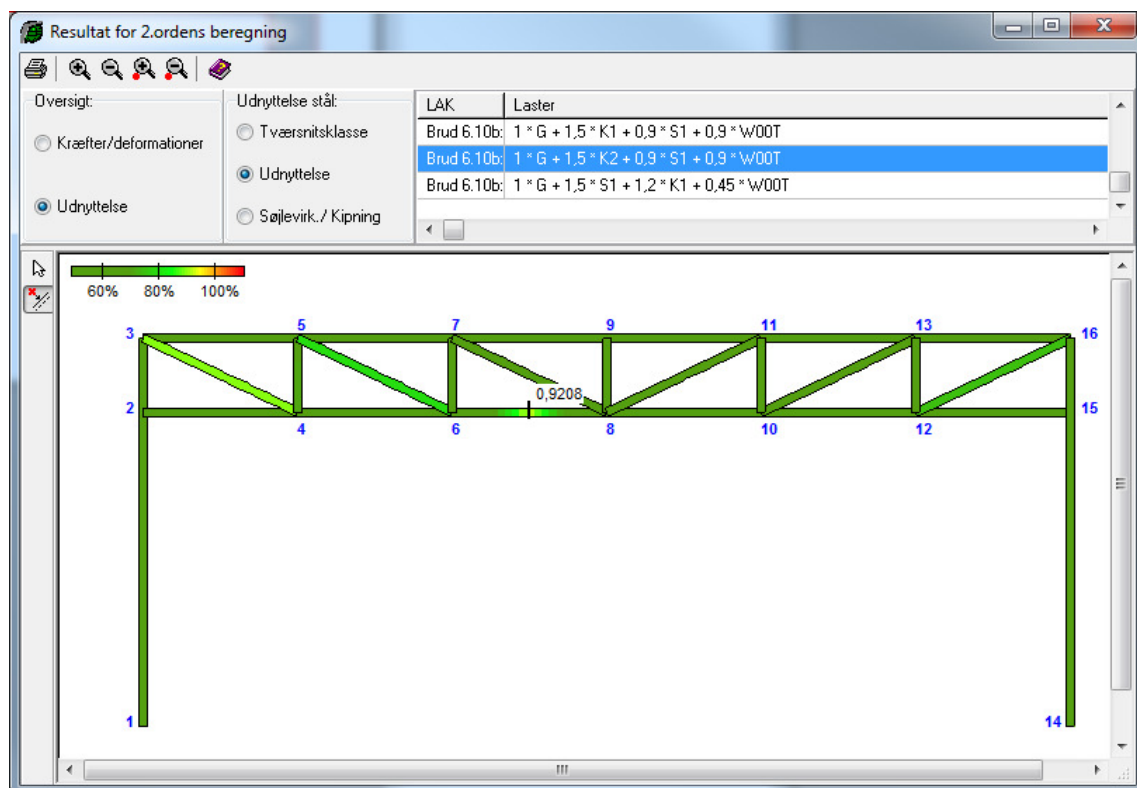
For at forøge bjælke hoved og fod følges samme fremgangsmåde for tværsnittet Søjler/hoved/fod. I stålprofiltabellen vælges et HE240B og vinduet lukkes.

4.6. Undersøgelse af bæreevne


Udfør en ny 2. ordens beregning med .


Ved at bladre igennem brudkombinationer for udnyttelse ses det, at i ingen af brudkombinationerne farves konstruktionen rød. Den største udnyttelse findes hvor kranlasten angriber bjælkens fod i lastkombination Brud 6.10b: $1 \cdot G + 1,5 \cdot K2 + 0,9 \cdot S1 + 0,9 \cdot W00T$. Ved at klikke på stangen, åbnes et vindue, hvor udnyttelserne er opstillede. Her ses det, at bjælkens fod er udnyttet 927%. Luk vinduet.

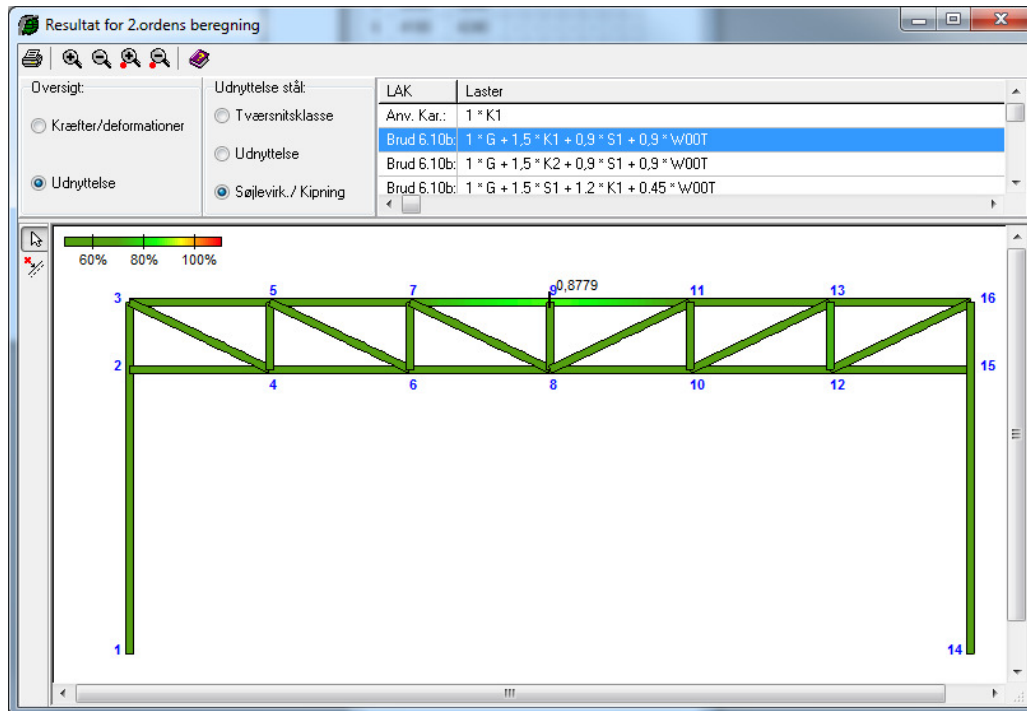
Ved at vælge  kan resultatet indsættes på oversigten. Der klikkes med musen på bjælkens fod og et vindue åbnes. Som resultat vælges *Bæreevne*, og *Max. udnyttelse* samt *tværsnitsudnyttelse* afvinges. Luk vinduet, og resultat vises på oversigten, se Figur 47.



Figur 47: Udnyttelseskurve med maksimal udnyttelse af bjælkefod.

Ved at blade igennem brudkombinationer for søjlevirkning/kipning ses det tilsvarende, at i ingen af brudkombinationerne farves konstruktionen rød. Den største søjlevirkning/kipning findes hvor på midten af bjælkens hoved i lastkombination Brud 6.10b: $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot K1 + 0,9 \cdot S1 + 0,9 \cdot W00T$. Ved at trykke på  og klik på stangen, åbnes et vindue, hvor udnyttelserne er opstillede. Her ses det, at bjælkens hoved for søjlevirkning/kipning er udnyttet 87,8 %. Luk vinduet.



Ved at vælge  kan resultatet indsættes på oversigten. Der klikkes med musen på bjælkens hoved og et vindue åbnes. Som resultat vælges *Bæreevne*, og *Max. udnyttelse* samt *søjlevirkning/kipning* af vinges. Luk vinduet, og resultat vises på oversigten, se Figur 48.



Figur 48: Søjlevirkningskurve med maksimal søjlevirkning af bjælkehoved.

4.7. Undersøgelse af bæreevne, vha. den kritiske søjlekræft

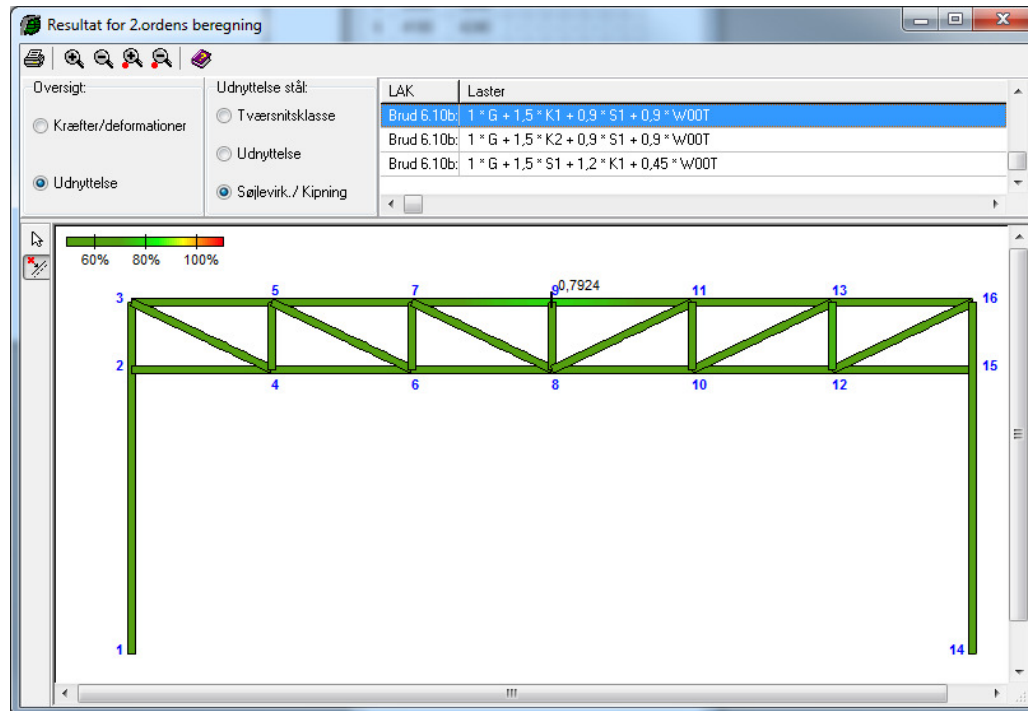
Såfremt søjlevirkningen ønskes bestemt vha. den kritiske søjlekræft, foretages i stedet en 2. ordens beregning med bestemmelse af den kritiske søjlekræft for alle stængerne.

Dette gøres ved at trykke på  til højre for .

Denne beregning tager meget lang tid og foreslås først gennemført når konstruktionen er rimelig optimeret.

Metoden for bestemmelse af den kritiske søjlekræft er beskrevet i brugermanualen, afsnit 18.4 og kan betragtes som en rimelig god tilnærmelse for enkeltstående søjle, mens det for rammer og sammensatte stænger kun er tale om en tilnærmet metode.


Ved at blade igennem brudkombinationer for søjlevirkning ses, at i ingen af brudkombinationerne farves konstruktionen rød. Det ses at søjlevirkningen på midten af bjælkens hoved i lastkombination Brud 6.10b: $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot K1 + 0,9 \cdot S1 + 0,9 \cdot W00T$ nu er udnyttet 79,2 % (se Figur 49) i stedet for de 87,8 % ved den tidligere beregning.





Figur 49: Søjlevirkningskurve bestemt vha. kritisk søjlekraft med maksimal søjlevirkning af bjælkehoved.

Luk resultatvinduet, og gem sagen.

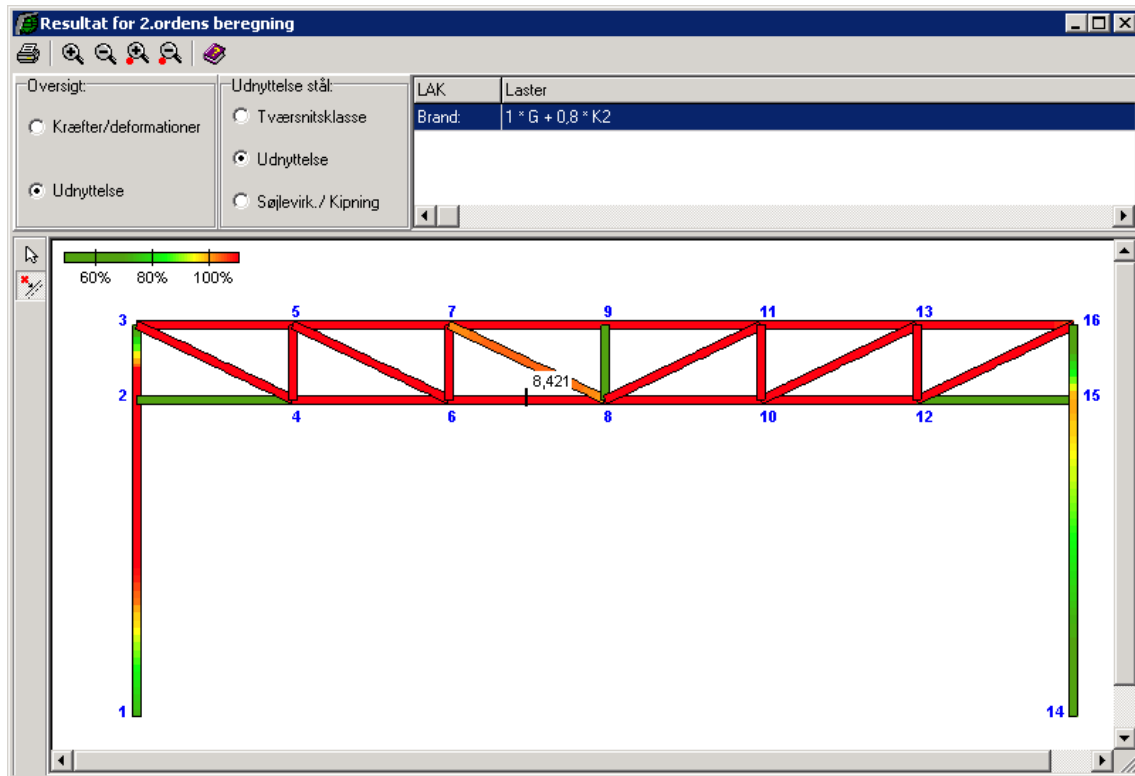
4.8. Brand

Konstruktionen kan undersøges for opstillede brandkombinationer. Vælg  for opstilling af en brandkombination. Vælg faneblad for **Ulykke**, og tryk på **Opret**. Opstil en LAK Brand med $1,0 \cdot G + 0,8 \cdot K2$. Godkend kombinationen.


Da der i det efterfølgende kun skal ses på brandkombinationensresultater skal de øvrige lastkombinationer fjernes fra beregningen. Vælg fanebladet **Anvendelse** og tryk på **Ændre**. Fjern markeringen i **Medtages i beregning**. Accepter ændringen ved at trykke på **OK**. Det tilsvarende gøres ved lastkombinationerne under fanen **Brud**. Luk oversigten.

Brandpåvirkning sættes med . Brandtiden vælges til 30 minutter, og der afviges at *E*-modulet skal reduceres i snitkraft- og deformationsberegning og det er et standard brandforløb. Foreløbig knyttes der ikke isoleringer til konstruktionen, og vinduet lukkes. Udfør en ny 2. ordens beregning med .

Bæreevnen er langt fra i orden i brandkombinationen, se Figur 50. Herfra er der to muligheder. Enten skal dimensionerne øges eller der skal brandisoleres.



Figur 50: Udnyttelse af tværsnit i brandkombinationen.

Med  kan der vælges imellem forskellige brandisoleringstyper. Hvis den ønskede brandisoleringstype ikke findes i programmet, kan der i det medfølgende konfigurationsprogram indlæses flere isoleringer.

I dette eksempel er der ikke undersøgt hvilke typer, der kan give en tilstrækkelige isolering.

4.9. Udskrift


Mens resultatvinduet stadig er åbent, vælges .

Vælg fanebladet **Udnyttelser materialer** og marker lastkombinationen.

Marker de to felter med udnyttelser under *Grafiske oversigter for stål*. Herved opstilles en oversigt med de største udnyttelser i konstruktionen i den valgte lastkombination.

Tryk **Sidehoved og -fod**. Heri kan der evt. tilføjes en sagsbeskrivelse på firmaets sidehoved og -fod. Hvis der endnu ikke er opstillet en generel sidehoved og -fod for firmaet, kan dette gøres fra konfigurationsprogrammet. Luk vinduet.

Hvis der ikke skal udskrives med standardprinter, kan en anden vælges med **Indstil printer**. Tryk **Udskriv**.

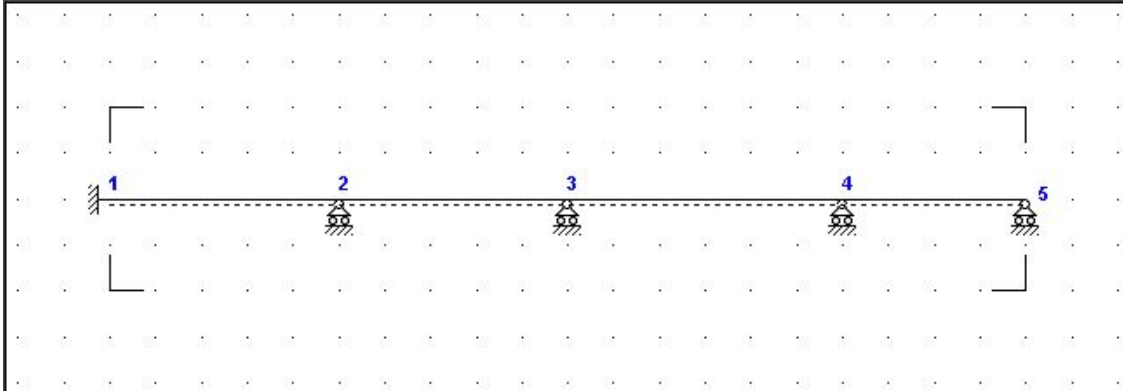
For at gemme de seneste ændringer benyttes .

5. Eksempel 5: Bæreevneeftervisning af betonbjælke

5.1. Introduktion

Der opstilles en 10 meter lang in situ støbt betonbjælke, som er indspændt i den ene ende. Betonbjælken er simpel understøttet 2,5, 5, 8 og 10 meter fra den indspændte ende. Betonbjælken beregnes efter DS/EN Eurocode 1990 Dansk national annek. s.

Der placeres bjælker pr. 5 meter i en 30 meter lang konstruktion. Der regnes på en bjælke midt i konstruktionen.



Figur 51: Betonbjælke i eksempel.

Bjælken skal kunne optage følgende belastninger:


- Egenlast.
- Last fra tagkonstruktion, 100 kN/m, som regnes bunden.
- Nyttelast 100 kN/m, hvoraf halvdelen regnes bunden.
- Ulykkeslast på 50 kN i den fri ende.
- Snelast, som regnes bunden.
- Vindlast med maksimal nedadrettet last på tagfladen. Formfaktoren for indvendigt undertryk sættes til $c = -0,25$. Terrænklassen er 2.


Der findes forslag til dimensioner for en armeret betonbjælke med en karakteristisk styrke på 25 MPa i konsekvensklasse CC2, normal kontrolklasse og i moderat miljøklasse.

1. Den lodrette langtidsdeformation af bjælken må maksimalt være 5 mm.
2. Den lodrette korttidsdeformation af bjælken må maksimalt være 5 mm.
3. Den maksimale revnevidde må maksimalt være 0,4 mm, jf. de vejledende værdier i DS/EN Eurocode 1992-1-1 Dansk national annek. s Tabel 7.1.
4. Ingen brud i bjælken i brud og ulykke.
5. Ingen brud i bjælke i brand på alle sider af bjælken, hvor der regnes med R60.
6. Bjælken beregnes både elastisk og plastisk.

5.2. Opsætning


Plan ramme startes op med modulet "Betonkonstruktioner 6" ved at vælge *Med bæreevneeftervisning af beton* under opstart. Alternativt kan programmet "Kontinuerlige Betonbjælker 6" benyttes.


Sagen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990 Dansk national anneks uden ændringer af partialkoefficienter og konsekvensklasse CC2. Derfor er det ikke nødvendig at ændre "Valg af projekteringsnorm". Denne kan ændres ved tryk på .


Grid skal være slået til. Hvis de er slået fra, kan de slås til ved at trykke på .

Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på .


Nederste venstre hjørne sættes i (0, -1000) og øverste højre hjørne sættes i (10000, 1000).

Godkend med **OK**, og tegnefladen målsættes efter disse koordinatsæt. Desuden tillægges en margin, så der er plads til at vise laster mm. For at kunne se hele tegnefladen på skærmen, kan tegnefladen formindskes ved at trykke på  eller benytte musens scrol knap.

Maskestørrelsen i grid kan sættes ved at trykke på . I en ny sag er maskestørrelsen i grid 500 mm. Denne ændres ikke.


Gem sagen med . Hvis filhåndteringen ikke starter i sagsbiblioteket, kan der vælges et sagsbibliotek i konfigurationsprogrammet. Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives **EksempelBeton** og gemmes.



5.3. Knuder og stænger

Åbn oversigten for oprettelse af knuder ved at trykke på . Opret knuder i følgende punkter ved at indtaste koordinatsæt og trykke på .

- (0, 0)
- (10000, 0)


Luk oversigten.


Vælg  så stænger kan tegnes. Tryk venstre museknap ned på knude 1, og hold knappen nede mens der trækkes en stang til knude 2.

Tryk  for at kunne vælge stænger. Klik med musen på stangen fra knude 1 til knude 2, så denne bliver rød. Herefter vælges *Indsæt knuder/flydeled* enten ved trykke på  eller ved at højre klikke med musen og vælge *Indsæt Knuder/flydeled*. Herefter vælges at indsætte knuder jævnt fordelt med i alt 3 stk. Der vælges samtidig at indsætte et flydeled for en evt. senere plastisk beregning. Se Figur 52. Godkend med **OK**




Figur 52: Indsæt jævnt fordelte knuder.

Nu er der indsat 3 knuder med en placering 2,5, 5 og 7,5 meter fra knude 1. Klik på knude 4 med musen, så denne bliver rød. Herefter vælges *Flyt Knude* enten ved at trykke på  eller ved at højre klikke med musen og vælge *Flyt Knuder*. Der vælges at flytte knuden (500, 0). Godkend med **OK**. Knude 4 er nu i (8000, 0).


Der ønskes også at indsætte et flydeled ved starten af stangen ved indspændingen. Klik på stangen så den bliver rød. Der vælges *Indsæt knuder* enten ved trykke på  eller ved at højre klikke med musen og vælge *Indsæt Knuder/flydeled*. Herefter vælges at indsætte knuder idet der vælges "Relativ afstand angives". Der vælges at indsætte en knude i starten af stangen (relativ placering = 0). Der indsættes flydeled i knuden. Se Figur 53. Godkend med **OK**



Figur 53: Indsæt knuder med relativ afstand.

Gem sag med .


5.4. Understøtninger

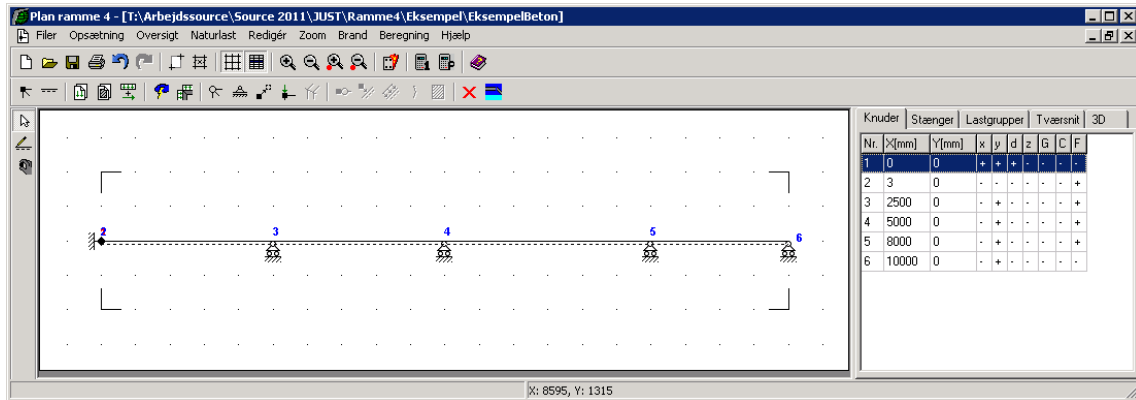
Tryk  for at kunne vælge knuder. Klik med musen på knude 3, knude 4, knude 5 og knude 6, så knuderne 3, 4, 5 og 6 er markeret med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Understøtning** fra funktionslisten. Knuderne fastholdes i y-retning. Godkend med **OK**.

Klik med musen på knuderne 1, 3, 4, 5 og 6, så kun knude 1 er markeret med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Understøtning** fra funktionslisten. (Da det kan være svært at få fat i knude 1 kan man også over i højreside af skærmen markere linjen med knude

1 med musen og trykke enter eller dobbelt klik på den.) Knuden fastholdes i x og y -retning og mod *drejning*. Godkend med **OK**.

Konstruktionen er nu defineret som vist i Figur 54.

Gem sag med .



Figur 54: Defineret konstruktion.

5.5. Laster

Åbn lastgruppeoversigten ved at trykke på . Der skal oprettes en lastgruppe til permanent last.

Tryk **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: *G*.
- Lastart: *Permanent last*.
- Andel bunden last: *100 %*.
- Der afkrydses i *Inkluder egenlast* (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med **OK**.

Tryk igen **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: *N*.
- Lastart: *Nyttelast*.
- Kategori: *A: boliger*
- Antal etager: *1*.
- Andel bunden last: *50 %*.

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med **OK**.


Tryk igen **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: *U*.
- Lastart: *Ulykkeslast*.

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med **OK**.

Luk lastgruppeoversigten.

Der benyttes automatisk naturlastgenerering for opstilling af sne- og vindlast. Lastgrupper for sne og vind oprettes derved automatisk af naturlastgeneratoren.

Tryk på  for at udvælge stænger. Dobbeltklik med venstre musetast på stangen fra knude 1 til knude 6, og et vindue med stangens data åbnes. Vælg **Opret** under *Laster på stang*, og en last kan indlæses i et nyt vindue.

Laster for tagkonstruktionen indlæses:

- Lasttype: *Linielast - Y - Projektion på element (Y)*.
- p1: 100 kN/m.
- p2: 100 kN/m.
- Lastgruppe: *G*.

Godkend lasten med **OK**

Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med permanent last.

Laster for nyttelast indlæses tilsvarende:

Vælg **Opret** under *Laster på stang*

- Lasttype: *Linielast - Y - Projektion på element (Y)*.
- p1: 100 kN/m.
- p2: 100 kN/m.
- Lastgruppe: *N*.

Godkend lasten med **OK**

Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med nyttelast.

Luk vinduet med stangens data med **OK**.


Dobbeltklik med venstre musetast på knude 6, og et vindue med knudens data åbnes. Vælg **Opret** under *Laster*, og en last kan indlæses i et nyt vindue.


Ulykkeslasten indlæses:

- Lasttype: *Knudela*st - *Y* - retning.
- P: 50 kN.
- Lastgruppe: *U*.

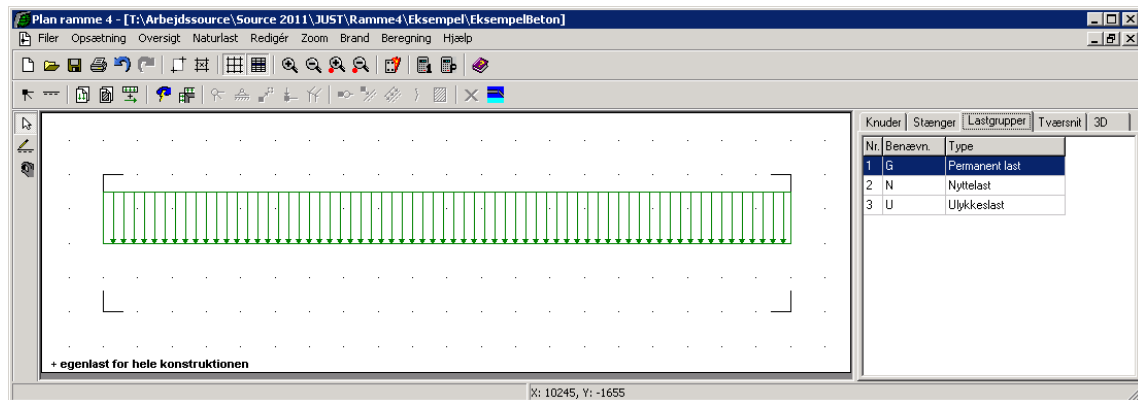
Godkend lasten med **OK**

Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med ulykkeslast.
Luk vinduet med knudens data med **OK**.


Gem sag med .

Hvis tabeller er tændt med , kan der i højre side af skærmen vælges den tabel, der indeholder lastgrupper, ved tryk på faneblad **Lastgrupper** og vælg G Permanent last. Lasterne defineret i lastgruppe G vises på tegnefladen, se Figur 55.

Tilsvarende vises lastgruppe N og U på tegnefladen, ved at vælge N Nyttelast og U Ulykkeslast.

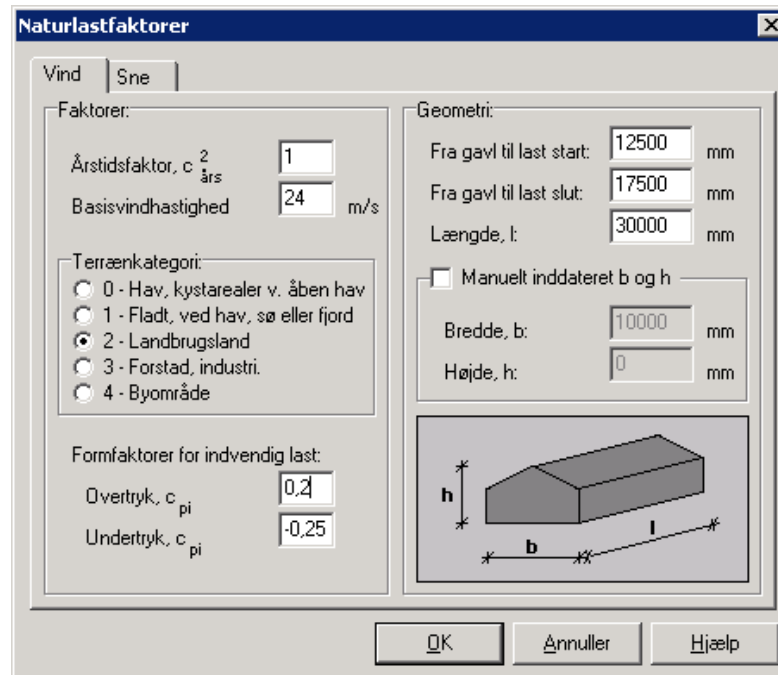


Figur 55: Visning af egenlast.


Vælg faneblad **Knuder** i højre side af skærmen. Naturlasterne oprettes ved først at sætte en række faktorer med . Følgende faktorer ændres på fanebladet **Vind**, se Figur 56:

- Terrænkategori: 2.
- Formfaktor for indvendigt undertryk: $-0,25$.
- Fra gavl til last start: 12.500 mm.
- Fra gavl til last slut: 17.500 mm.
- Længde: 30.000 mm.

Bredde og højde hentes fra konstruktionen. Godkend data med **OK**.



Figur 56: Naturlastfaktorer for vind.

Hvilke tilfælde der skal opstilles, vælges under . Som tagkonstruktion vælges *Pulttag/fladt tag*. Der regnes i denne sag med vind på tagkonstruktionen, så der sættes kryds foran *TV*. Ved at klikke på **Udpeg** kan stænger udpeges med musen.

- For tagflade *TV* udpeges stangen fra knude 1 til knude 6.


Der afkrydses hvilke vindlast- og snelasttilfælde der skal oprettes. I denne sag oprettes et tilfælde med sne og et med vind. Følgende afkrydses:


- Vind: 0° Tryk + undertryk (max. tryk på tagkonstruktion + max. indvendigt undertryk).
- Sne: Tilfælde (i) (max. snelast på hele tagkonstruktionen).

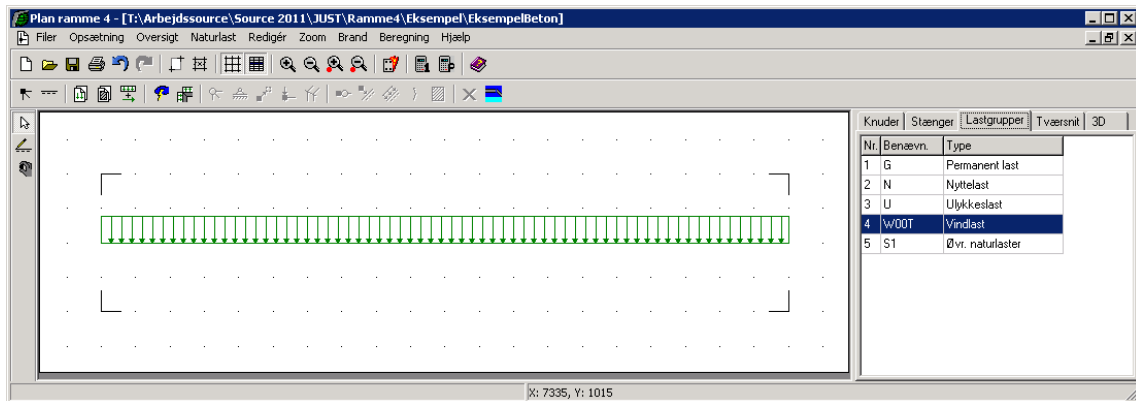
Godkend valg ved tryk på **OK**. Herved vises lastgruppeoversigten, hvor lastgrupperne *W00T* og *S1* er tilføjet.

Vind- og snelaster oprettes automatisk som bunden korttidslast. Andelen af den bundne last for vind- og snelast samt varigheden for snelasten kan ændres (hvilket der dog ikke er behov for i det eksempel), ved at ændre lastgruppen fra lastgruppeoversigten.

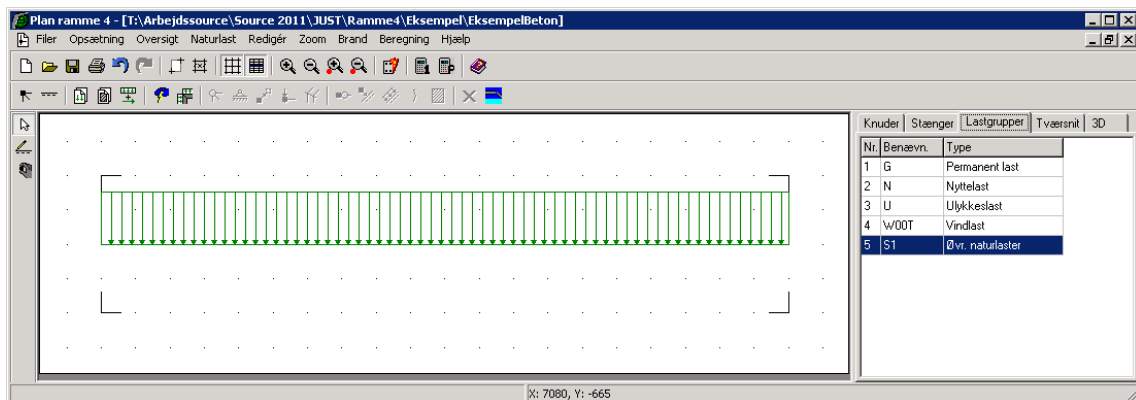
Oversigten lukkes.

Nu er alle lastgrupper og laster oprettet. I højre side af skærmen vælges faneblad **Lastgrupper**. Ved at markere en lastgruppe i tabellen, vises de tilknyttede laster på tegnefladen. På Figur 57 og Figur 58 ses de automatisk genererede vind- og snelaster, efter at disse er forstørret nogle gange med .

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sagen med .



Figur 57: Automatisk genereret vindlast.



Figur 58: Automatisk genereret snelast.

5.6. Lastkombinationer

Lastgrupperne kan nu opstilles i lastkombinationer ved at vælge . Der kan opstilles lastkombinationer i anvendelse, brud og ulykke. For at undersøge deformationerne, trykkes **Op-pret**, mens faneblad **Anvendelse** er valgt. Her vælges lastgrupperne, der indgår i lastkombinationen. *G* markeres, og der trykkes . Tilsvarende tilføjes *N*, *W00T* og *S1*. Partialkoefficienten tilknyttes automatisk, så nu er der opstillet lastkombinationen:

$$\text{LAK Karakteristisk: } 1,0 \cdot G + 1,0 \cdot N + 0,3 \cdot W00T + 0,3 \cdot S1$$

Den maksimale bjælke deformation sættes til 5 mm, og feltet medtages i beregning markeres. Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles.

Der skal også opstilles den kvasipermanente lastkombination for anvendelse:

$$\text{LAK Kvasipermanent: } 1,0 \cdot G + 0,2 \cdot N$$

Denne skal også have en maksimal bjælke deformation på 5 mm.

For brud, er det interessant at se på lastgrupperne sammensat i lastkombinationer. Vælg faneblad **Brud** og tryk **Op-pret**. Den af de variable laster der vælges først, får den høje partialkoefficient, mens de øvrige multipliceres med $1,5 \cdot \psi \cdot k_{FI}$. Først markeres *G*, og inkluderes i lastkombinationen med . Derefter inkluderes *N*, og som den første variable last tilknyttes koefficienten 1,5. Som næstsidsste og sidste lastgruppe tilføjes *W00T* og *S1*.

$$\text{LAK Brud 6.10b: } 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot N + 0,45 \cdot W00T + 0,45 \cdot S1$$


Der trykkes **OK** og en ny kombination kan opstilles. Vælg faneblad **Ulykke** og opret følgende kombinationer:

$$\text{LAK Ulykke: } 1,0 \cdot G + 0,2 \cdot N + 1,0 \cdot U$$


og

$$\text{LAK Brand: } 1,0 \cdot G + 0,3 \cdot N$$

Med ovenstående fem kombinationer, lukkes oversigten over lastkombinationer.

Gem sag med .

5.7. Tværsnit

Åbn tværsnitoversigten med . Opret et nyt rektangulært tværsnit for betonbjælken med følgende data:

- Beskrivelse: *Betonbjælke.*
- Type: *Beton.*
- ID: *1.*
- Cot theta: *2,5.*
- Cot alpha: *0,0.* (Lodrette bøjler)
- Trykarmering: *Medtages ikke i deformations-/bæreevneberegning.*
- Kontrolklasse: *Normal.*
- Miljøklasse: *Moderat.*
- Styrke, fck: *50 MPa.*
- Max. kornstørrelse: *32 mm.*
- Dæklag: *Afledes automatisk*
- Insitu støbt

Se Figur 59, hvor der er trykket på ”**Rektangulær profil**” under opret.

Figur 59: Opret nyt rektangulær betontværsnit.

Herefter trykkes på

Ændre forudsætninger, dimension og armering

Næste skridt er at definere tværsnittet, se Figur 60. Når der vælges en armeringstype, vises en oversigt over armeringslag.

Der oprettes følgende tværsnit:

- Højde: 400 mm.
- Bredde: 250 mm.
- Armeringstype: Y – Ny Tentor (også til bøjlerne).
- Armeringsdimension: 14 mm i overside, 25 mm i underside, 6 mm bøjler.
- Armeringsplacering: 2 x 3 i overside, 3 i underside. Placeret så krav til dæklag overholdes.

Der kan oprettes et antal armeringslag, der placeres i forhold til øverste betonkant, og et antal der placeres i forhold til nederste betonkant. Det første lag i hver side placeres automatisk så krav til dæklag overholdes. Alle øvrige lag kan enten placeres automatisk, så afstand mellem armeringslag overholdes, eller de kan placeres med en fast afstand til betonkanten.

Først oprettes et lag i oversiden med 3 armeringsstænger, alle fastholdte. Lag nummer 2 i oversiden oprettes med 3 armeringsstænger, heraf 2 fastholdte. Afstand fra betonkant til armeringslagets center, angives som automatisk.

Herefter oprettes et lag i undersiden med 3 armeringsstænger, alle fastholdte.

Godkend profilet med **OK**.

Rektangulær betonprofil

Dimensioner:
 Højde, h: 400 mm
 Bredde, b: 250 mm

Armering:
 Længde: Y - Tentor
 Øverside: 14
 Underside: 25
 Bøjle: Y - Tentor 6

Armeringslag:
 Placering angives fra overside (OS)
 Placering angives fra underside (US)

Lag nummer: > <
 Antal armeringsstænger:
 Heraf fastholdte stænger:

Øversidearmering:

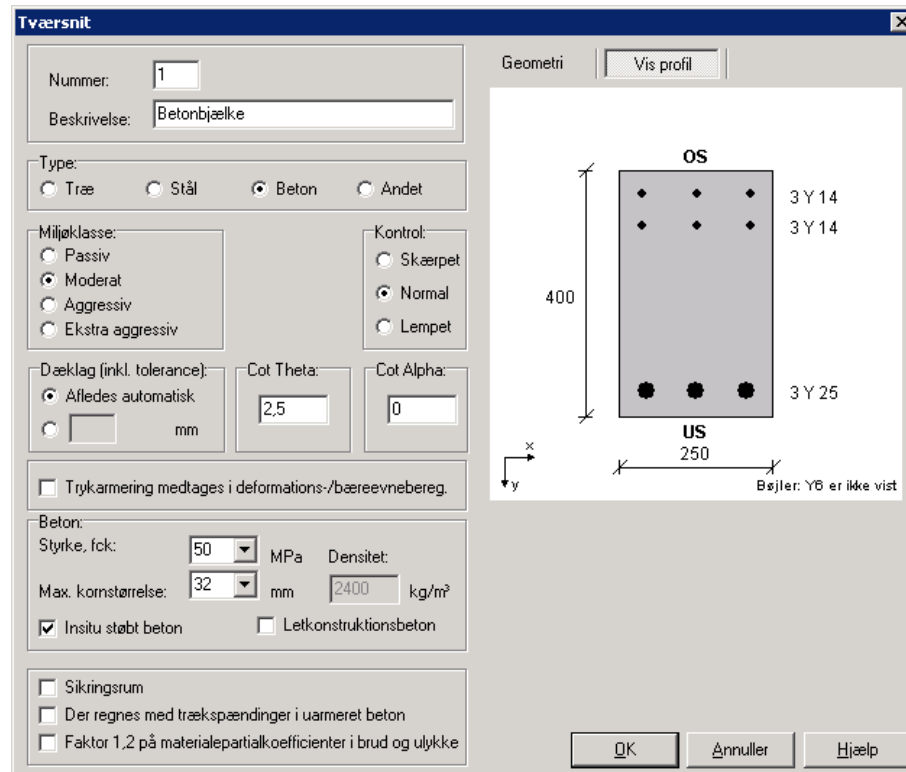
Nr.	Antal	Fast	Auto	Afstand
1	3	3	Ja	38
2	3	2	Ja	89

OS
US
(bøjler vises ikke)

Forudsætninger OK Annuller Hjælp

Figur 60: Betonprofil.

Profilet kan nu vises ved at trykke **Vis Profil**, se Figur 61.




Figur 61: Vis Profil.



Godkend tværsnittet med **OK** og luk tværsnitoversigten.

Dobbeltklik med venstre musetast på bjælken, så oversigten over bjælkens data åbnes. Tværsnittet sættes til *Betonbjælke*. Luk oversigten med **OK**.



I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Nu tegnes stængernes inertimomenter (det fulde tværsnit) på skærmen. Det tværsnit der er valgt i tabellen (hvis der er mere end et), vises med rød kontur på tegnefladen.

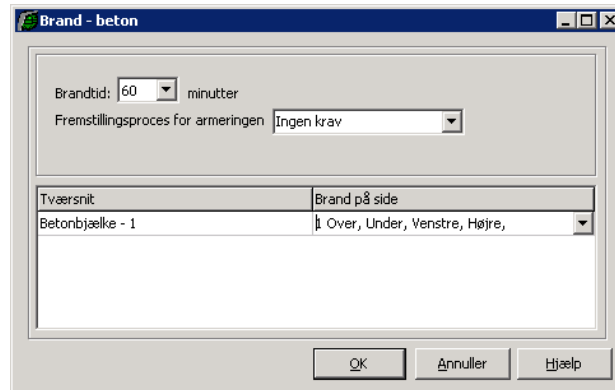
Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sag med .

5.8. Søjlevirkning

Da der ikke skal regnes søjlevirkning på en bjælke skal default opsætning ændres for stangen. Marker stangen fra knude 1 til 6 og tryk på  her markeres *Ikke* under *Søjlevirkning undersøges* og markeringen i *Undersøg kipning* fjernes. Godkend med **OK**. Gem sag med .


5.9. Brand

Brandvarigheden i brandkombinationen sættes med . Sæt varigheden til 60 minutter. Der vælges "Ingen krav" til fremstillingsprocessen for armeringen, og det vælges at betonbjælken er påvirket af brand på alle sider, se Figur 62. Godkend med **OK**. Gem sagen med .

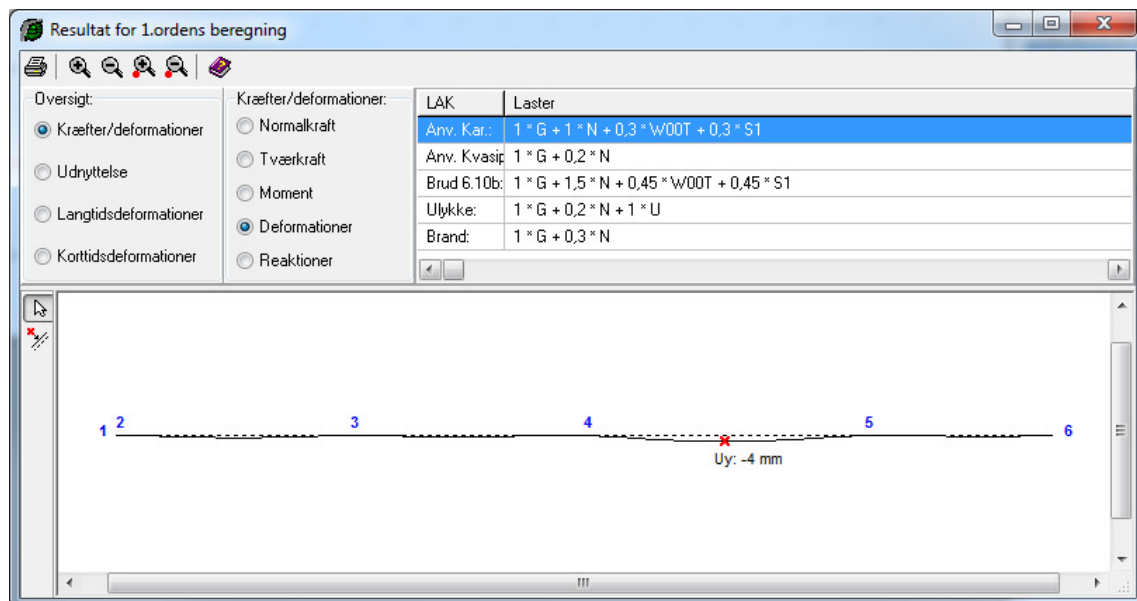


Figur 62: Brand.

5.10. Beregning af konstruktionen

Nu kan sagen beregnes. Tryk på  for 1. ordens beregning. Der foretages et datacheck for at undersøge, om konstruktionen kan beregnes. Hvis konstruktionen godkendes, åbnes et resultatvindue. Konstruktionen regnes i dette tilfælde elastisk.

I resultatvinduet kan der markeres en lastkombination, hvorefter resultater vises for denne kombination. Vælg "Kræfter/deformationer" og "Deformationer" og markér den første anvendelseskombination "Karakteristisk". På skærmen vises nu den deformerede konstruktion med deformationer og den maksimale udbøjning på 4 mm, se Figur 63.




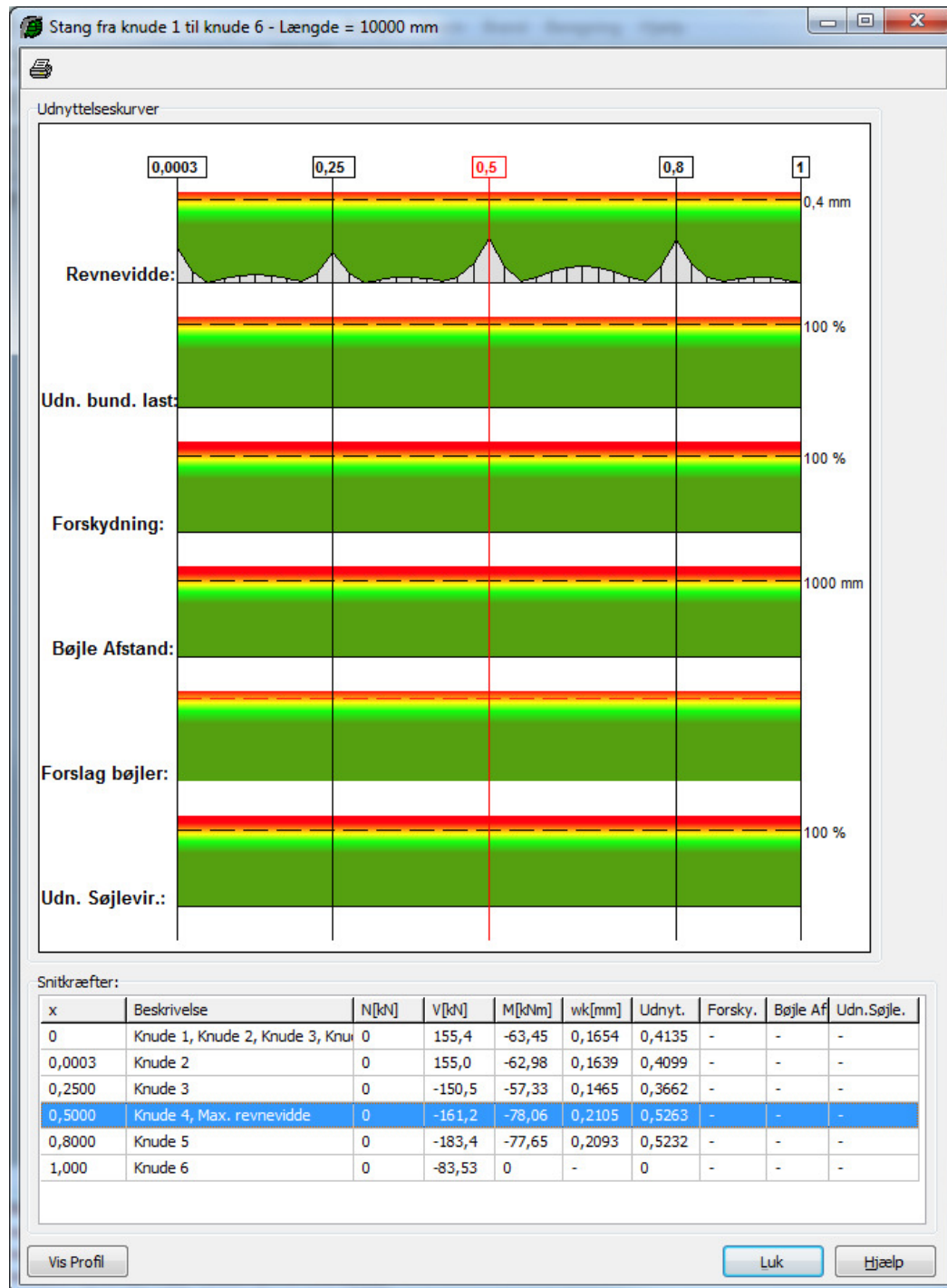
Figur 63: Deformation af konstruktionen for anvendelseslastkombination.

Vælg herefter ”*langtidsdeformation*” i oversigten og maksimale y -flytning på 3 mm vises på oversigten. Tilsvarende fås 1 mm, hvis der vælges ”*korttidsdeformation*”.


Der accepteres en deformation på 5 mm for både korttidsdeformation og langtidsdeformation, hvorved flytningerne er acceptable.

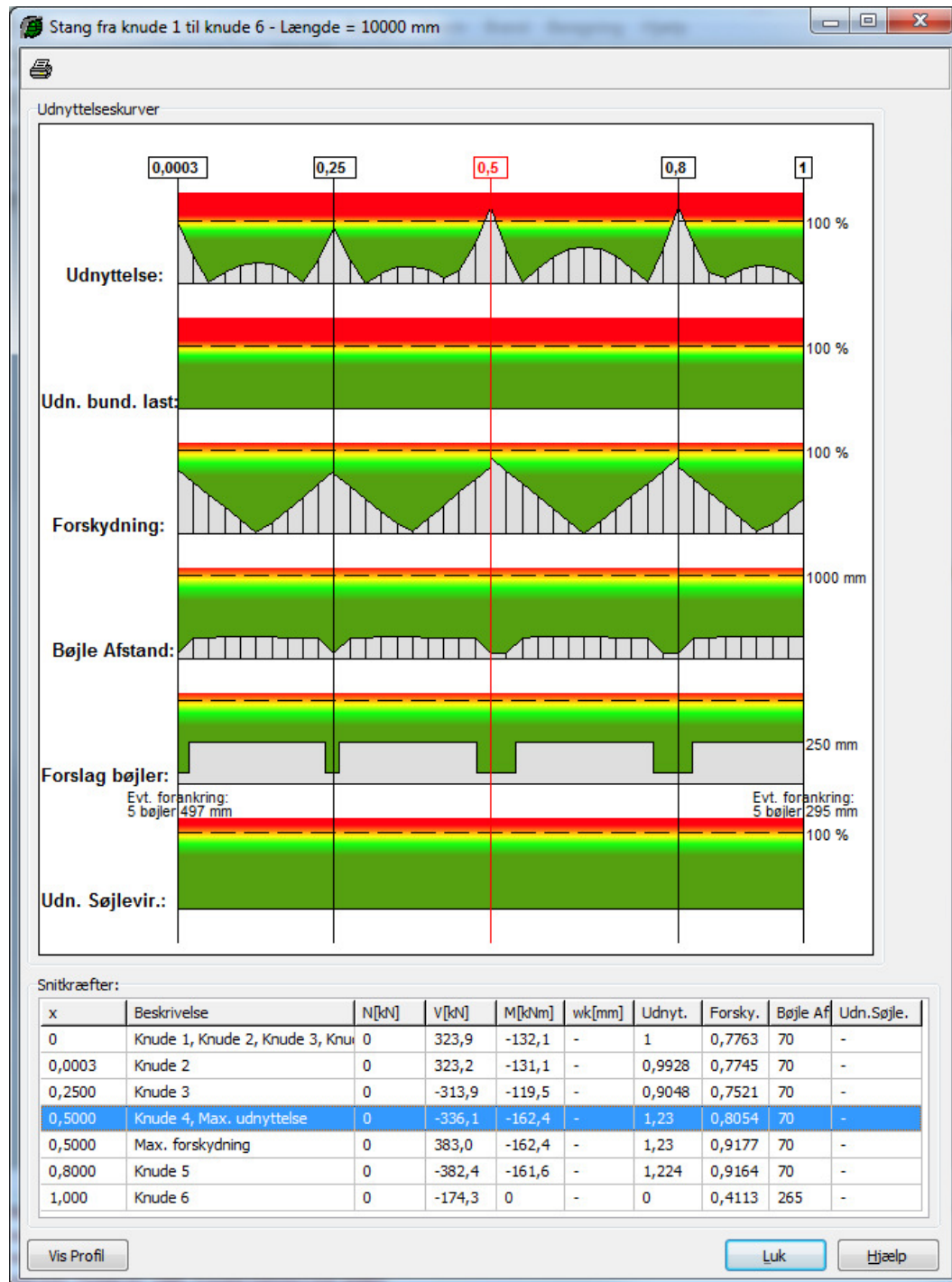
Vælg herefter ”*Udnyttelse*” i oversigt og vælg ”*Udnyttelse*” i Udnyttelse beton for lastkombination kvasipermanent.

Vælg  og klik med venstre musetast på bjælken. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen af bjælken, se Figur 64. Udnyttelserne vises som revnevidde i forhold til de i normen vejledende værdier for revnevidde i DS/EN Eurocode 1992-1-1 Dansk national annekst Tabel 7.1. Det ses, at den maksimale udnyttelse mht. revnevidde er 52,6 %, svarende til en revnevidde på 0,21 mm. Luk vinduet.



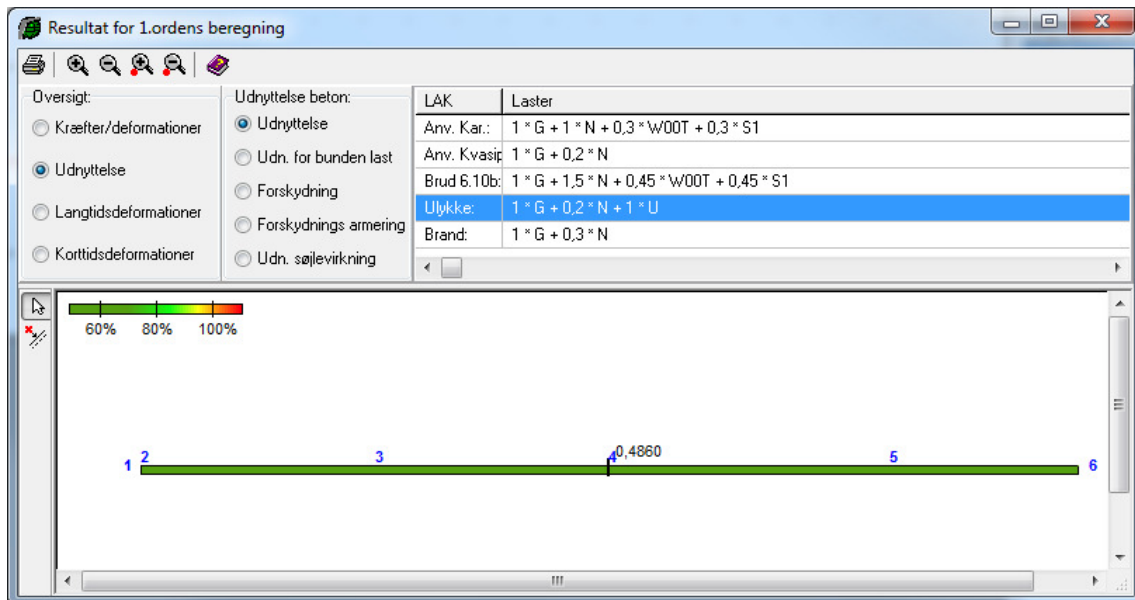
Figur 64: Udnyttelse af bjælken for den kvasipermanente anvendelseskombination.

For brudkombinationen ses det, at der opstår brud i konstruktionen. Vælg  og klik med venstre musetast på bjælken. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen af bjælken, se Figur 65. Her ses det, at den maksimale udnyttelse mht. udnyttelse er 123 % og udnyttelsen mht. forskydning er 91,8 %. Det ses samtidig at den nødvendige bøjleafstand varierer mellem 70 mm og 265 mm. Luk vinduet.



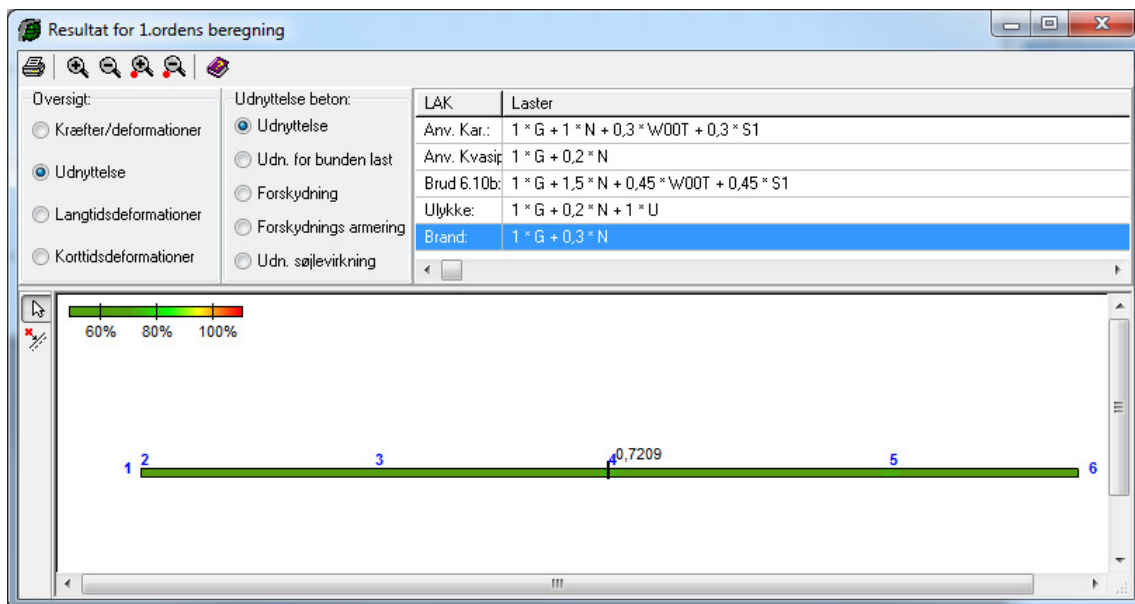
Figur 65: Udnyttelse af bjælken for brudlastkombination.

Vælg lastkombination Ulykke, og det ses, at der her ikke opstår brud i bjælken for både bæreevneudnyttelse og forskydning, se Figur 66.



Figur 66: Udnyttelseskurver for ulykkeskombination.

Vælg lastkombination Brand, og det ses, at der her ikke opstår brud i bjælken for bæreevneudnyttelse, se Figur 67.



Figur 67: Udnyttelseskurver for brandkombination.

Luk resultatvinduet.


5.11. Ændring af tværsnit

For at øge styrken af konstruktionen, ændres højden af bjælken til 480 mm.

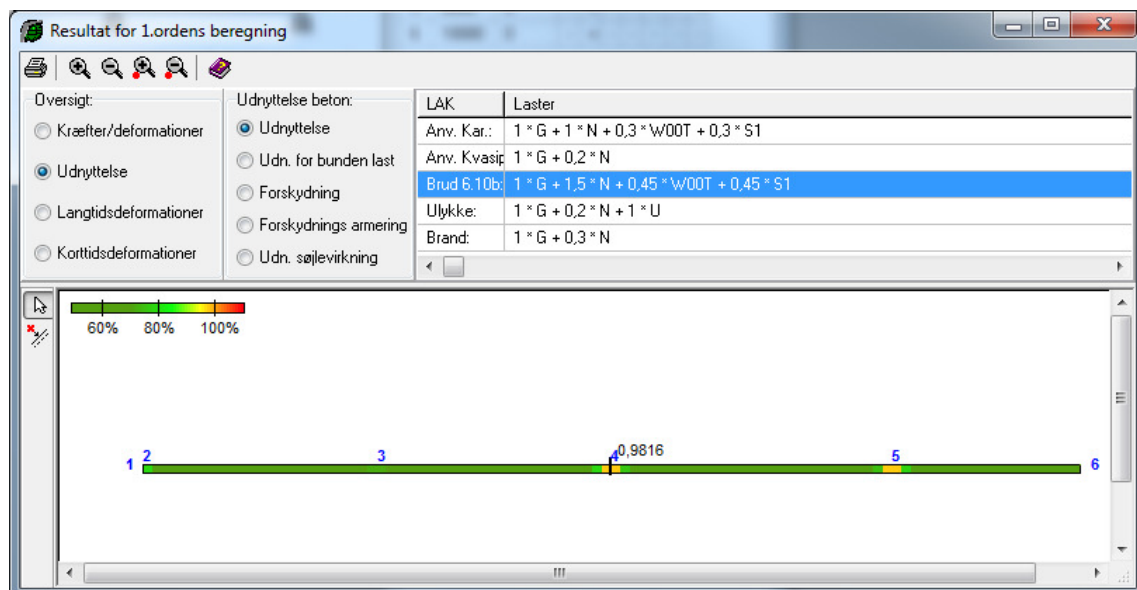
I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Klik med musen på tværsnit nummer 1, og tryk herefter på **Retur** eller dobbelt klik. Nu åbnes et vindue med data for tværsnittet. Tryk på knappen Ændre forudsætninger, dimension og armering. Herefter ændres højden til 480 mm og godkend ændringen med **OK**.

Tværsnittet godkendes med **OK** og gem sagen med .

5.12. Ny beregning af konstruktionen

Tryk på  for en ny 1. ordens beregning.

”*Udnyttelse beton*” vælges, og det ses nu, at der ikke længere opstår brud i konstruktionen. Hverken lastkombination Kvasipermanent, lastkombination Brud 6.10b, lastkombination Ulykke eller lastkombination Brand giver en rød markering af stængerne, hverken i bæreevneudnyttelse eller forskydning.




Figur 68: Udnyttelse lastkombination Brud 6.10b.

5.13. Plastisk beregning af konstruktion

I stedet for at øge tværsnittet i afsnit 5.11 kan der foretages en beregning på grundlag af en plastisk snitkraftfordeling.

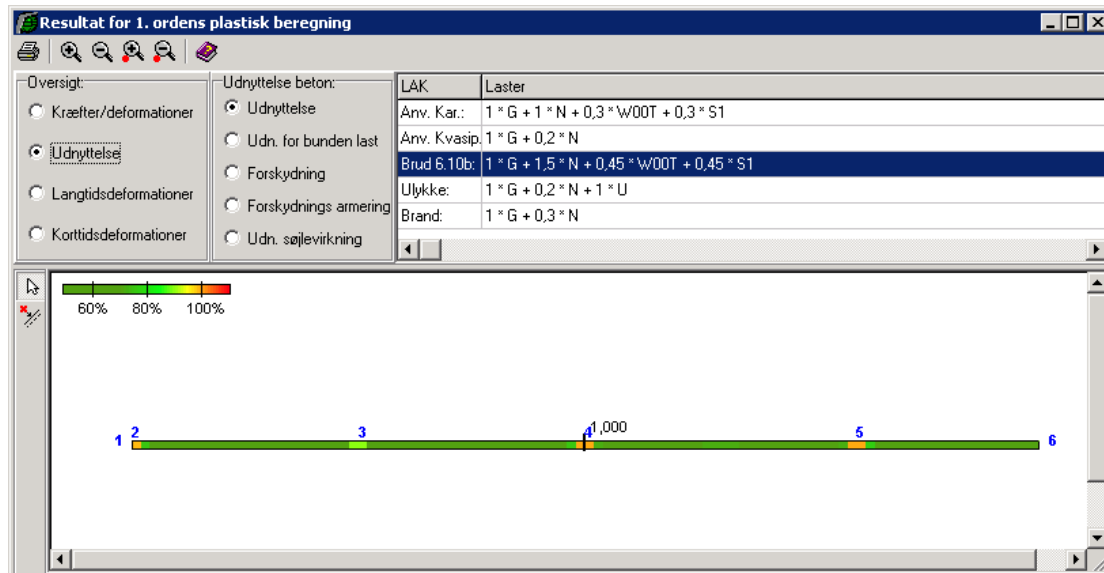
Tværsnitshøjden rettes tilbage til 400 mm, se afsnit 5.11.

Tryk på  for en ny 1. ordens beregning med plastisk snitkraftfordeling, idet der er indsat flydeled. Flydeleddene er defineret i afsnit 5.3, dvs. over understøtningerne i punkt 3, 4 og 5 samt ved indspændingen. (Der kommer en bemærkning om at det ikke er undersøgt om den nødvendige flydeevne er tilstede, man skal blot acceptere denne besked og huske at undersøge det i projekterings fasen.)


I anvendelse regnes med elastisk snitkraftfordeling. Der fås det samme resultat, som i afsnit 5.10.

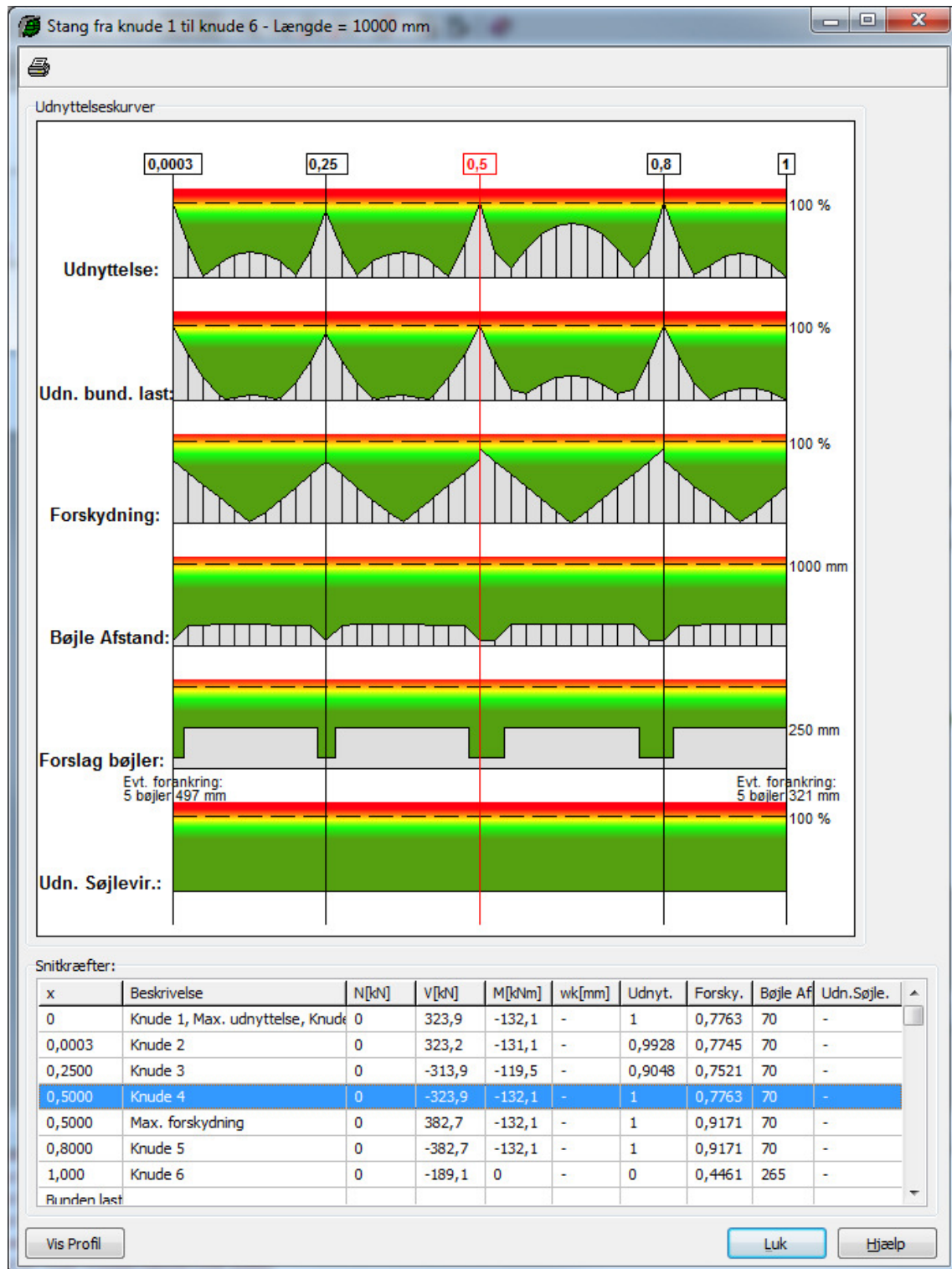
”Udnyttelse beton” vælges, og det ses nu, at der ikke længere opstår brud i konstruktionen. Hverken lastkombination kvasipermanent, lastkombination Brud 6.10b, lastkombination Ulykke eller lastkombination Brand giver ikke en rød markering af stængerne, hverken i bæreevneudnyttelse og bæreevneudnyttelse for bunden last eller forskydning.

Figur 69 viser den maksimale udnyttelse i lastkombination Brud 6.10b for bjælken.



Figur 69: Udnyttelse for lastkombination Brud 6.10b ved plastisk snitkraftfordeling.

Vælg  og klik med venstre musetast på bjælken. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen af bjælken, se Figur 70. Her ses det, at den maksimale udnyttelse mht. udnyttelse er 100,0 % og udnyttelsen mht. forskydning er 91,7 %. Det ses samtidig at den nødvendige bøjleafstand varierer mellem 70 mm og 265 mm. Det ses samtidig at de maksimale udnyttelser er 100 % i flydeledene. Man skal være opmærksom på at forholdene i den situation at konstruktion kun er påvirket af bunden last også skal undersøges, når der benyttes plastisk snitkraftfordeling.
Luk oversigten.



Figur 70: Udnyttelseskurver for lastkombination Brud 6.10b ved plastisk snitkræfterfordeling.


5.14. Udskrift

Mens resultatvinduet stadig er åbent, vælges .

På fanebladet **Inddata** kan vælges hvilke inddata der skal udskrives.

Hvis der skal udskrives en konklusion skal man ind på fanen **Konklusion** og vælge hvilke informationer der skal med i konklusionen. Der bliver opstillet en tabel for hvert punkt med en oversigt over de største udnyttelser/værdier for de beregnede lastkombinationer. Udover det man kan vælge udskrives der også en tabel med alle undersøgte lastkombinationer.

Hvis der skal udskrives detail data for sagen skal man ind på en af fanerne **Deformationer**, **Reaktioner/snitkræfter** eller **Udnyttelse materialer**. Her skal man vælge hvilke lastkombinationer og hvilke stænger man vil have data ud for. Det er også muligt at vælge mellem grafiske fremstillinger og tabeller værdier.

Alternativt kan de detaljerede data printes eller vises på skærmen ved, at der i vinduet kurver for udnyttelse (se Figur 64 og Figur 65) trykkes på  og herefter afkrydses i *Resultattabel* inden der vælges **Udskriv** eller **Vis udskrift**.

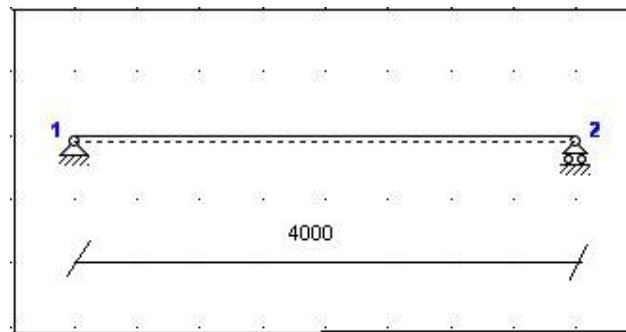
Tryk **Sidehoved og -fod**. Heri kan der evt. tilføjes en sagsbeskrivelse på firmaets sidehoved og -fod. Hvis der ikke er opstillet en generel sidehoved og -fod for firmaet, kan dette gøres fra konfigurationsprogrammet. Luk vinduet.

Hvis der ikke skal udskrives på standardprinter, kan en anden vælges med **Indstil printer**. Tryk **Udskriv**.

6. Eksempel 6: Beregning af simpel understøttet bjælke med forankringslængder og stødlængder

6.1. Introduktion

Der opstilles en 4 meter lang in situ støbt betonbjælke, som er simpel understøttet i begge ender. Betonbjælken beregnes efter DS/EN Eurocode 1990 Dansk national annek. s.



Figur 71: Betonbjælke i eksempel 6.

Bjælken skal kunne optage følgende belastninger:

- Egenlast.
- Last fra tagkonstruktion, 70 kN/m, som regnes bunden og som langtidslast.


Bjælken har i venstre ende et vederlag på 20 mm og i højre ende et vederlag på 50 mm.

Der findes forslag til dimensioner for en armeret betonbjælke med en karakteristisk styrke på 25 MPa i middel konsekvensklasse (CC2), normal kontrolklasse og i moderat miljøklasse.


1. Ingen brud i bjælken i lastkombination Brud 6.10b.
2. Forankringslængder beregnes i begge ender af bjælken.
3. Der udregnes stødlængder 1 meter fra begge ender af bjælken.

6.2. Opsætning



Plan ramme startes op med modulet "Betonkonstruktioner 6" ved at vælge "Med bæreevneeftervisning af beton" alternativt kan programmet "Kontinuerlige Betonbjælker 6" benyttes.


Sagen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990 Dansk national annek. s uden ændringer af partialkoefficienter og konsekvensklasse CC2. Derfor er det ikke nødvendigt at ændre "Valg af projekteringsnorm". Denne kan ændres ved tryk på .


Grid skal være slået til. Hvis de er slået fra, kan de slås til ved at trykke på .

Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på . Nederste venstre hjørne sættes i (-1.000, -1.000) og øverste højre hjørne sættes i (5.000, 1.000).


Godkend med **OK**, og tegnefladen målsættes efter disse koordinatsæt. Desuden tillægges en margin, så der er plads til at vise laster mm. For at kunne se hele tegnefladen på skærmen, kan

tegnefladen formindskes ved at trykke på  eller forstørre den ved at trykke på  eller benytte scrol knappen på musen.

Maskestørrelsen i grid kan sættes ved at trykke på . I en ny sag er maskestørrelsen i grid 500 mm. Denne ændres ikke.


Gem sagen med . Hvis filhåndteringen ikke starter i sagsbiblioteket, kan der vælges et sagsbibliotek i konfigurationsprogrammet. Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives **EksempelBetonForankring** og gemmes.


6.3. Knuder og stænger

Åbn oversigten for oprettelse af knuder ved at trykke på . Opret knuder i følgende punkter ved at indtaste koordinatsæt og trykke på .


- (0, 0)
- (4.000, 0)

Luk oversigten.

Vælg  så stænger kan tegnes. Tryk venstre museknop ned på knude 1, og hold knappen nede mens der trækkes en stang til knude 2.


Gem sag med .

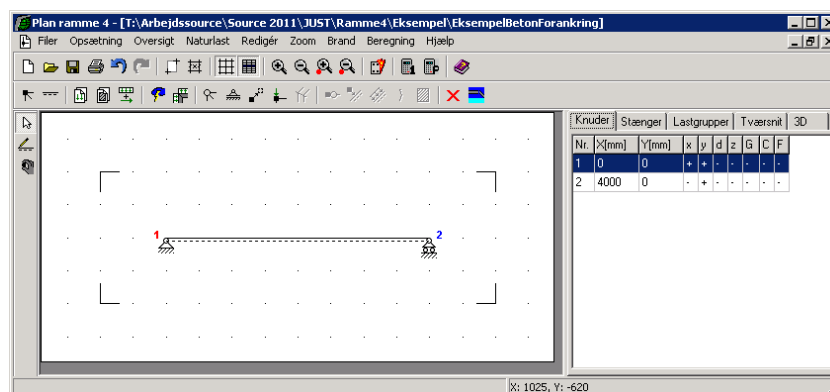
6.4. Understøtninger

Tryk  for at kunne vælge knuder. Klik med musen på knude 2, så knude 2 er markeret med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Understøtning** fra funktionslisten. Knuderne fastholdes i y-retning. Godkend med **OK**.

Klik med musen på knuderne 1, 2 så kun knude 1 er markeret med rødt. Højreklik med musen på tegnefladen, og vælg **Understøtning** fra funktionslisten. Knuden fastholdes i x og y-retning. Godkend med **OK**.

Konstruktionen er nu defineret som vist i Figur 72.

Gem sag med .



Figur 72: Defineret konstruktion.

6.5. Laster


Åbn lastgruppeoversigten ved at trykke på . Der skal oprettes en lastgruppe til permanent last.

Tryk **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: *G*.
- Lastart: *Permanent last*.
- Andel bunden last: *100 %*.
- Der afkrydes i *Inkludér egenlast* (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med **OK**.

Luk lastgruppeoversigten.


Tryk på  for at udvælge stænger. Dobbeltklik med venstre musetast på stangen fra knude 1 til knude 2, og et vindue med stangens data åbnes. Vælg **Opret** under *Laster på stang*, og en last kan indlæses i et nyt vindue.

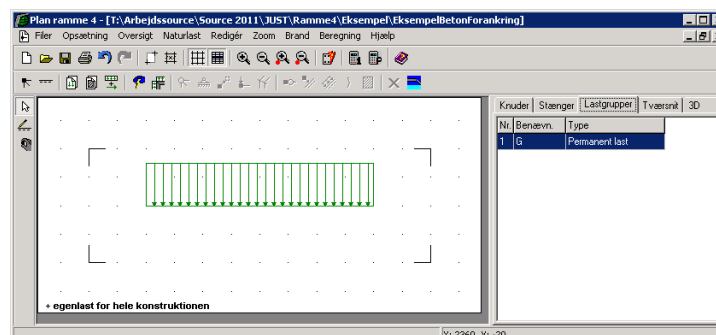
Laster for tagkonstruktionen indlæses:

- Lasttype: *Linielast - Y - Projektion på element (Y)*.
- p1: 70 kN/m.
- p2: 70 kN/m.
- Lastgruppe: *G*.

Godkend lasten med **OK** og accepter ændringerne på stangen med **OK**.


Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med permanent last.

Hvis tabeller er tændt med , kan der i højre side af skærmen vælges den tabel, der indeholder lastgrupper, ved tryk på faneblad **Lastgrupper** og vælge *G Permanent last*. Lasterne defineret i lastgruppe *G* vises på tegnefladen, se Figur 73.




Figur 73: Visning af permanent last.

Nu er alle lastgrupper og laster oprettet.

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sagen med .

6.6. Lastkombinationer


Lastgrupperne kan nu opstilles i lastkombinationer ved at vælge . Der kan opstilles lastkombinationer i anvendelse, brud og ulykke.

Vælg faneblad **Brud** og tryk **Opret**. *G* markeres, og inkluderes i lastkombinationen med .


LAK Brud 6.10b: 1,0·*G*

Der trykkes **OK**.

Med ovenstående kombination, lukkes oversigten over lastkombinationer.

Gem sag med .

6.7. Tværsnit og vederlagslængde

Åbn tværsnitoversigten med . Opret et nyt rektangulært tværsnit for betonbjælken med følgende data:

- Beskrivelse: *Betonbjælke*.
- Type: *Beton*.
- ID: *1*.
- Cot theta: *2,5*.
- Cot alpha: *0,0*. (Lodrette bøjler)
- Trykarmring: *Medtages ikke i deformations-/bæreevneberegning*.
- Kontrolklasse: *Normal*.
- Miljøklasse: *Moderat*.
- Styrke, f_{ck} : *25 MPa*.
- Max. kornstørrelse: *32 mm*.
- Dæklag: *Afledes automatisk*
- Insitu støbt

Se Figur 74, hvor der trykkes på, ”**Rektangulær profil**” under Opret.

Figur 74: Opret nyt rektangulær betontværsnit.

Herefter trykkes på

Ændre forudsætninger, dimension og armering

Næste skridt er at definere tværsnittet, se Figur 75. Når der vælges en armeringstype, vises en oversigt over armeringslag.

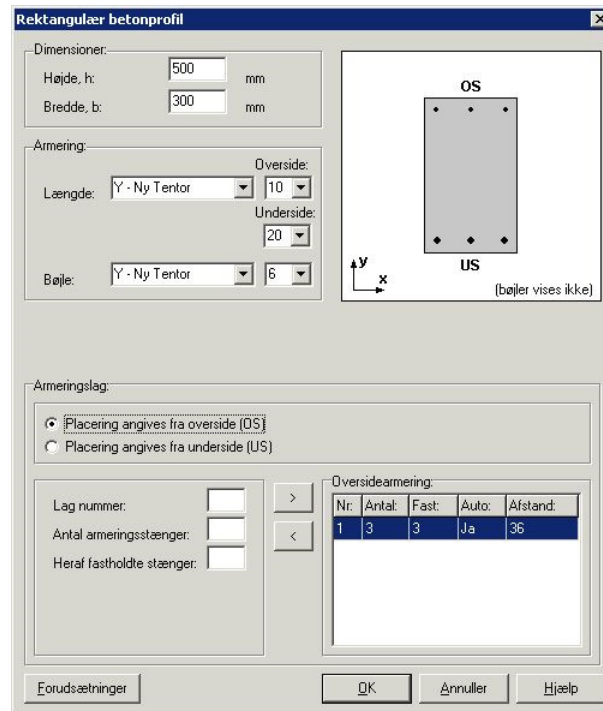
Der oprettes følgende tværsnit:

- Højde: 500 mm.
- Bredde: 300 mm.
- Armeringstype: *Y – Ny Tentor*.
- Armeringsdimension: 10 mm i overside, 20 mm i underside, 6 mm bøjler.
- Armeringsplacering: 3 i overside, 3 i underside. Placeret så krav til dæklag overholdes.

Der kan oprettes et antal armeringslag, der placeres i forhold til øverste betonkant, og et antal der placeres i forhold til nederste betonkant. Det første lag i hver side placeres automatisk så krav til dæklag overholdes. Alle øvrige lag kan enten placeres automatisk, så afstand mellem armeringslag overholdes, eller de kan placeres med en fast afstand til betonkanten.

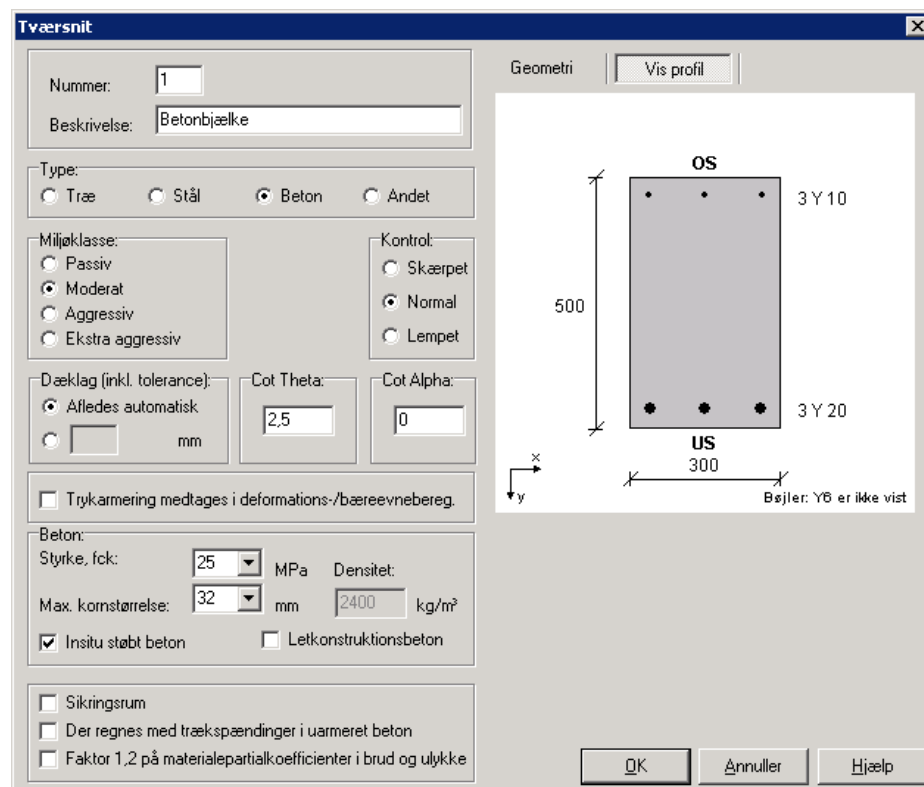
Først oprettes et lag i oversiden med 3 armeringsstænger, alle fastholdte. Afstand fra betonkant til armeringslagets center, angives som automatisk.

Herefter oprettes et lag i undersiden med 3 armeringsstænger, alle fastholdte.



Figur 75: Betonprofil.

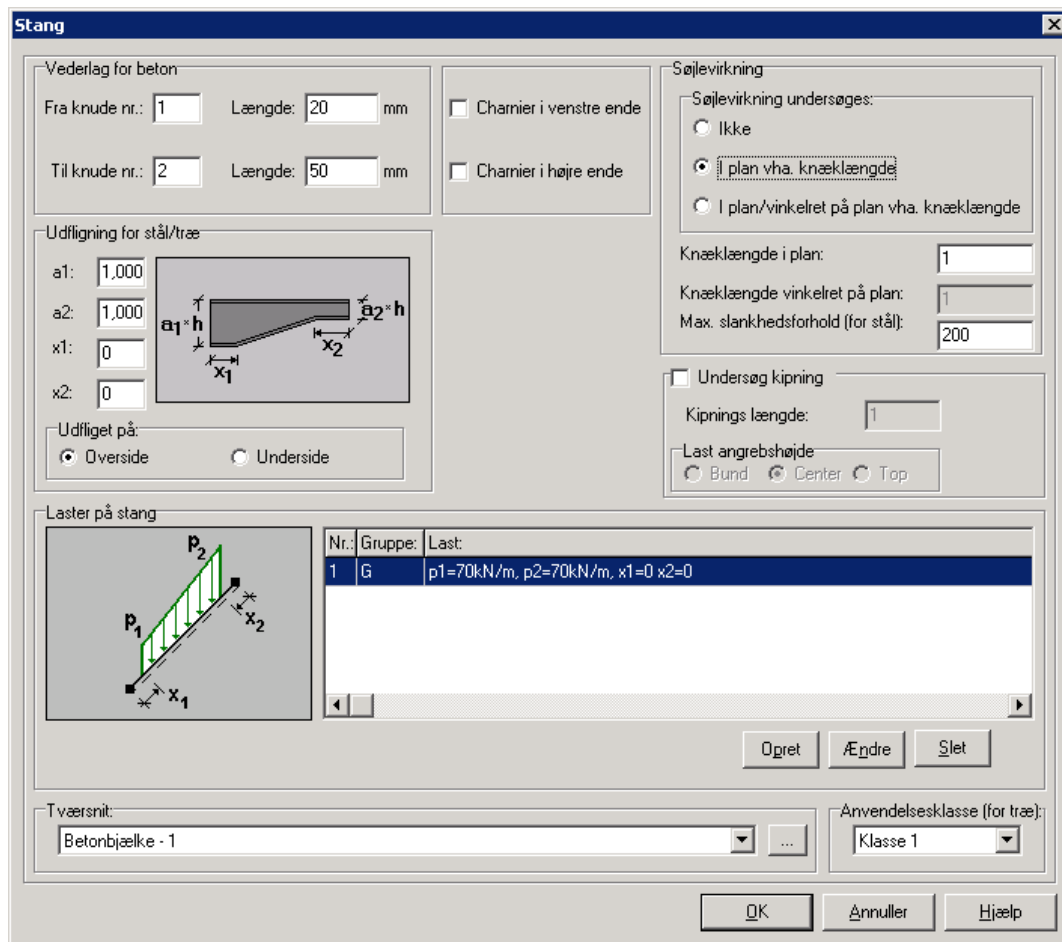
Godkend profilet med **OK**. Profilet kan nu vises ved at trykke **Vis Profil**, se Figur 76.



Figur 76: Vis Profil.

Godkend tværsnittet med **OK** og luk tværsnitoversigten.


Dobbeltklik med venstre musetast på bjælken, så oversigten over bjælkens data åbnes. Tværsnittet sættes til *Betonbjælke*. Ved knude 1 sættes længden af vederlaget til 20 mm. Ved knude 2 sættes længden af vederlaget til 50 mm. Se i øvrigt Figur 77.




Figur 77: Vederlagslængder.

Luk med **OK**.

I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Nu tegnes stangens inertimoment (det fulde tværsnit) på skærmen. Det tværsnit der er valgt i tabellen (hvis der er mere end et), vises med rød kontur på tegnefladen.

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sag med .

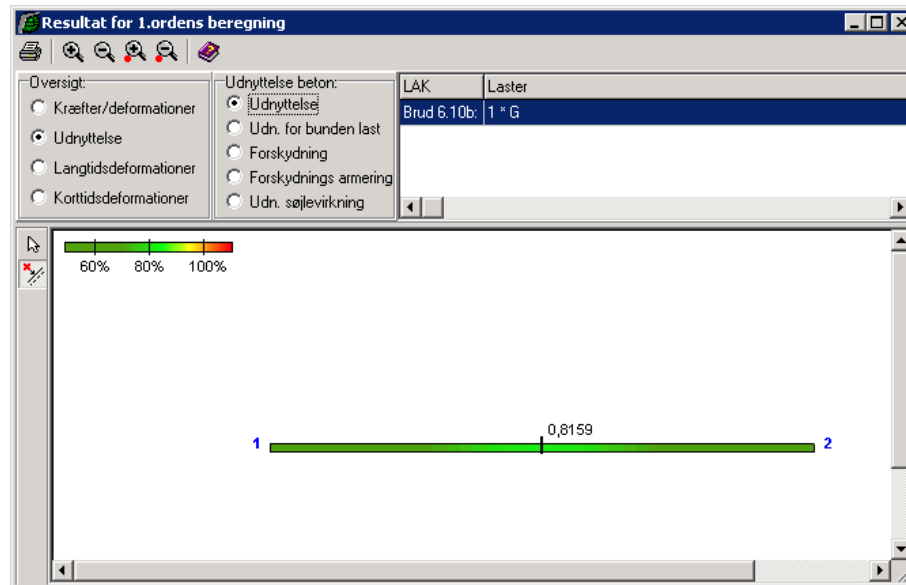
6.8. Beregning af konstruktionen

Nu kan sagen beregnes. Tryk på  for 1. ordens beregning. Der foretages et datacheck for at undersøge, om konstruktionen kan beregnes. Hvis konstruktionen godkendes, åbnes et resultatvindue. Konstruktionen regnes elastisk.


I resultatvinduet kan der markeres en lastkombination, hvorefter resultater vises for denne kombination.

Vælg herefter "Udnyttelse" i oversigt og vælg "Udnyttelse" i Udnyttelse beton for lastkombination Brud 6.10b.

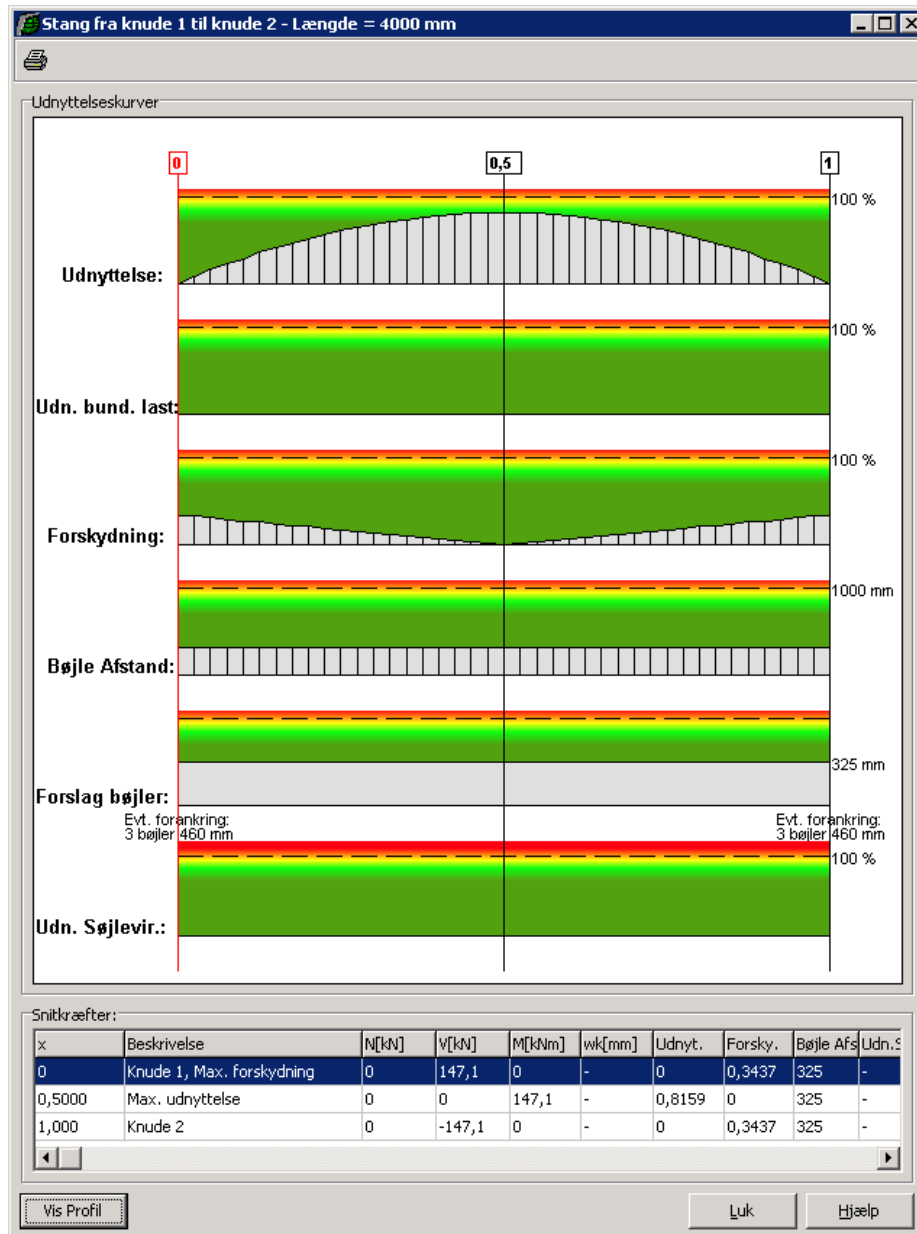
Det ses nu, at der ikke opstår brud i konstruktionen. Lastkombination Brud 6.10b giver ikke en rød markering af stangen, hverken i bæreevneudnyttelse eller forskydning, se Figur 78.



Figur 78: Udnyttelse i brud.

Vælg  og klik med venstre musetast på bjælken. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen af bjælken, se Figur 79. Her ses det, at den maksimale udnyttelse mht. udnyttelse er 81,6 % og udnyttelsen mht. forskydning er 34,4 %. Det ses samtidig at den nødvendige bøjleafstand er 325 mm. Dvs. tværsnittet er i orden.

Luk vinduet.



Figur 79: Udnyttelse af bjælken for brudkombination.

For at få vist værdierne i snittene hvor armeringen stødes skal resultaterne sættes på oversigten. Der skal oprettes et snit 1 meter fra venstre ende af bjælken og 1 meter fra højre ende af bjælke, vælg

Vælg lastkombination Brud 6.10b, klik på bjælken med venstre musetast og et vindue åbnes. Der oprettes snit ved at trykke på **Snitoversigt**. Nu oprettes et snit ved tryk på **Opret**, herved fås skærbilledet på Figur 80.

Der angives:

- Beskrivelse: Stød - Venstre side
- Relativ placering: 0,25 (svarende til 1,0 m fra venstre ende af bjælken)

Der trykkes **OK**



Figur 80: Indsættelse af snit i for stød i armeringen.

Tilsvarende oprettes et snit med:

Beskrivelse: Stød - Højre side

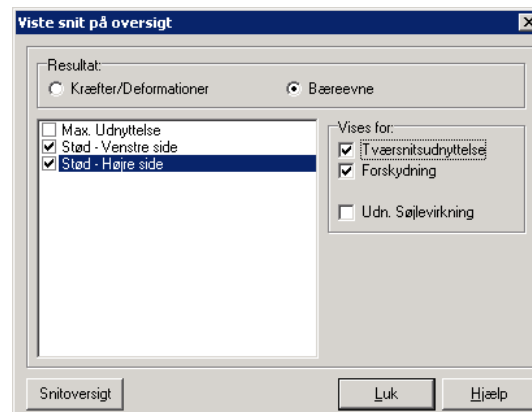
Relativ placering: 0,75 (svarende til 1,0 m fra højre side af bjælken)

Nu fås skærbilledet i Figur 81, hvor snit for stød i armeringen er tilføjet.

Marker "Stød – Venstre side" og marker "Tværsnitsudnyttelse" og "Forskydning".

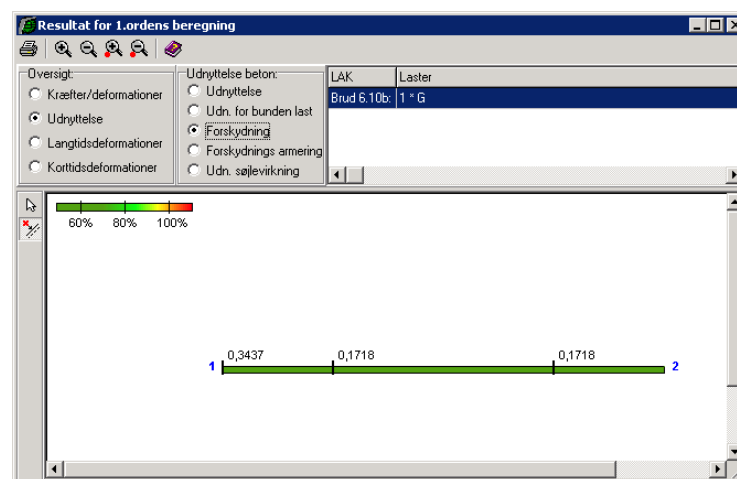
Gentag for "Stød – Højre side".

Snitoversigten lukkes.




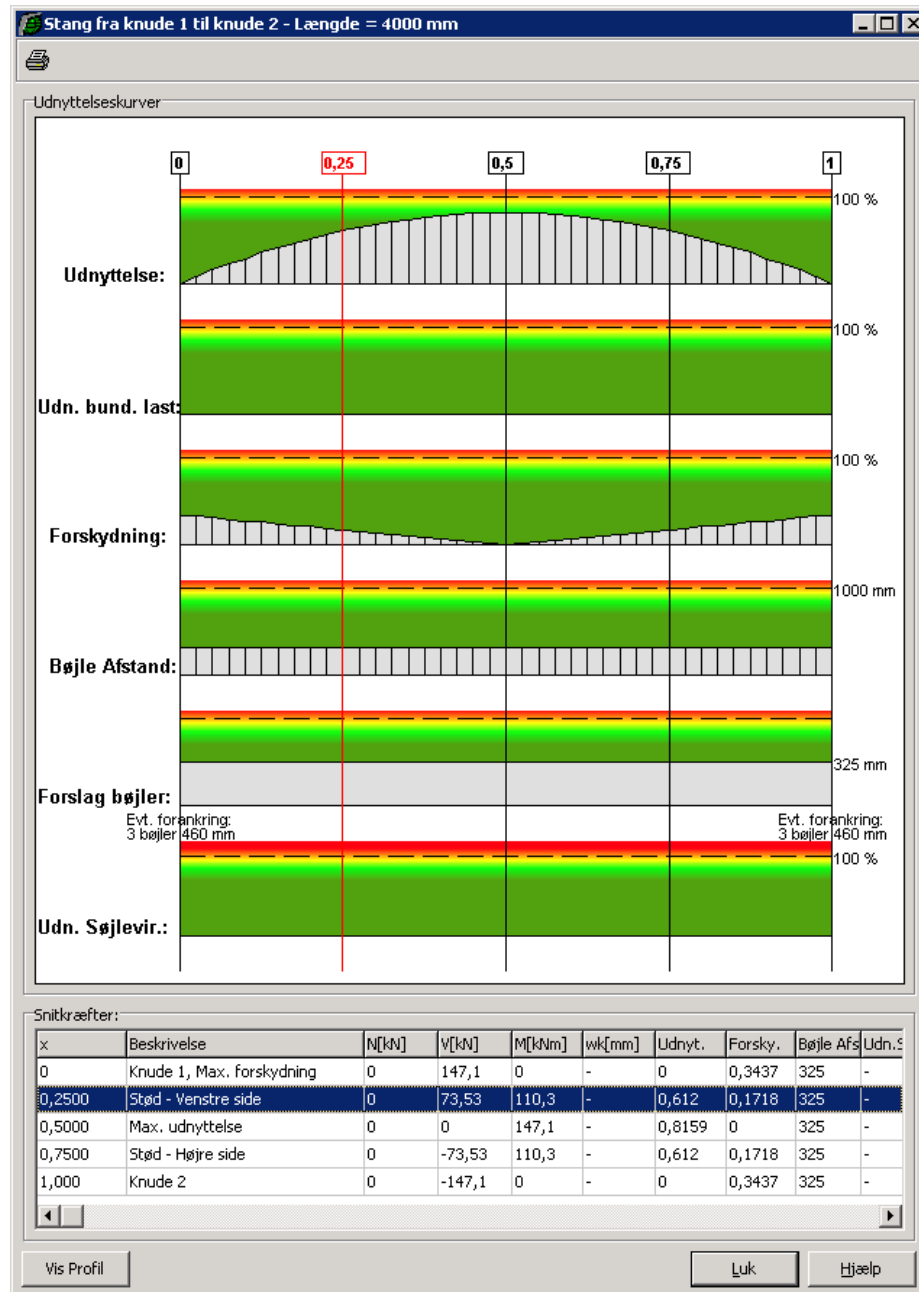
Figur 81: Snit med stød i armering tilføjet.

Nu er de maksimale udnyttelser sat på bjælken for lastkombination Brud 6.10b. Figur 82 viser den maksimale forskydning i lastkombination Brud 6.10b for bjælken.




Figur 82: Forskydningsudnyttelse for lastkombination Brud 6.10b.

Vælg  og klik med venstre musetast på bjælken. Herved åbnes vinduet for med kurver for udnyttelsen af bjælken igen, se Figur 83. Det ses nu at snittene for stød i armeringen er tilføjet i forhold til Figur 79.



Figur 83: Bæreevneudnyttelse for lastkombination Brud 6.10b.

Beregningerne af forankringslængder og stødlængder kan ikke vises grafisk. Disse vises kun på udskriften.

Vælg  og afkryds *resultattabel* og tryk **Vis udskrift**. Hermed vises detailudskriften for stangen. Nederst på den første side fremgår forankringslængderne og stødlængderne.


Det ses at der fås en forankringslængde i begge ender af bjælken på 460 mm hvor der skal være 3 bøjler over forankringslængden med en max bøjleafstand på 165 mm. Tilsvarende fås

en stødlængde 1 meter fra venstre ende og en meter fra højre ende af bjælken på 1118 mm hvor der skal benyttes 12 bøjler med en max afstand på 100 mm.

Forskydning og forankring/stød:

Plac. (0..1)	V [kN]	τ_{Ed} [MPa]	σ_{od} [MPa]	$\sigma_{od,III}$ [MPa]	ΔN_{Ed} [kN]	z [mm]	Veder- lags- længde [mm]	Stød- og forank- Bøjle- antal	Bøjle- afstand [mm]	Forankr. længde [mm]	Stød- længde [mm]
0 ⁺	147,1	1,175	3,407	9,914	367,7	417,2	20	3	165	459,9	-
0,25	73,53	0,5874	1,704	9,914	183,8	417,2	-	12	100	-	1118
0,5	0	0	0	9,914	0	417,2	-	12	106	-	1182
0,75	-73,53	-0,5874	1,704	9,914	183,8	417,2	-	12	100	-	1118
1	-147,1	-1,175	3,407	9,914	367,7	417,2	50	3	165	459,9	-

Figur 84: Udskrift af forankring og stødlængder.

De detaljerede resultater kan udskrives til printer med tryk på .

7. Eksempel 7: Beregning af samlinger


7.1. Introduktion

Der ønskes nu at lave beregning for samlinger for sagen fra *Eksempel 2*. Ved opstart af Plan ramme 4 vælges derfor at køre programmet med ”Med bæreevneeftervisning af stål og samlinger”.

Der skal indsættes samlinger i de to fodpunkter, i de to rammehjørner og i Kip. Samlingerne der skal oprettes, er samlinger med en på svejst plade og bolte. Samlingen i kip er en chanier samling.


Samlingerne bliver kun beregnet for brudgrænse tilstand så der skal oprettes brud last kombinationer og anvendelses kombinationen der allerede eksistere skal disables.

7.2. Opstart

Åbn Eksempel 2 med . Sagen er gemt som **Udflygning.rm4**. For ikke at overskrive denne sag, gemmes sagen i et nyt navn med menupunktet **Filer.Gem** som. Sagen navngives EksempelSamlinger.rm4.

7.3. Laster

7.3.1. Lastgrupper

Først oprettes en ny lastgruppe til permanent last. Åben lastgruppeoversigten ved at trykke på , tryk herefter på opret.

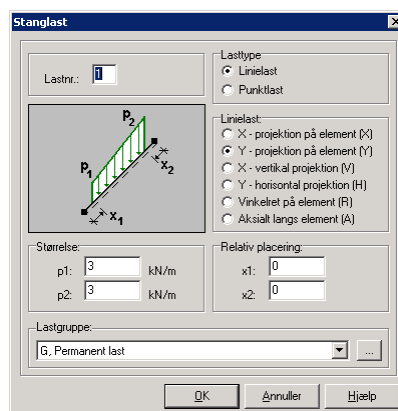
- *Benævnelse* : G
- *Lastart* : Permanent last
- *Inkluder egenlast* : Skal markeres

Godkend med **OK**. Luk lastgruppeoversigten.

7.3.2. Laster

Dobbeltklik med musen på stangen fra knude 2 til 3 og vælg opret under ”Laster på stang”.

- *Lasttype* : Linielast
- *Linielast* : Y projektion på element(Y)
- p_1 : 3 kN
- p_2 : 3 kN
- *Lastgruppe* : G




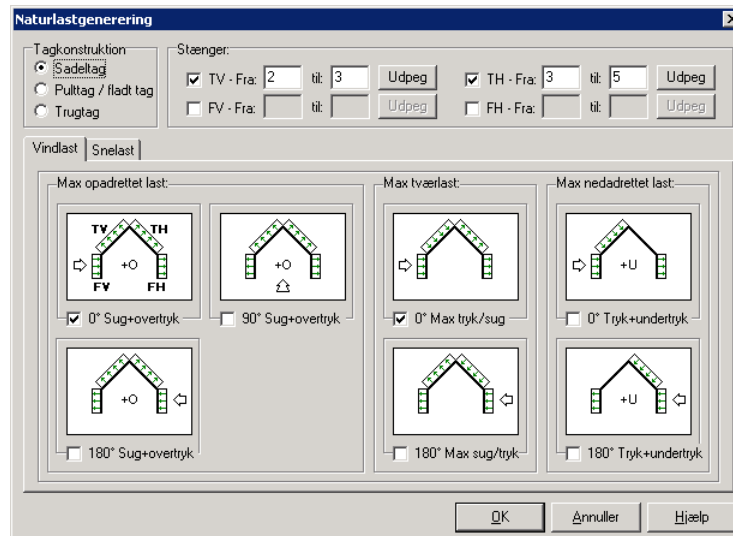
Figur 85: Opret permanent last

Accepter ved at trykke på **OK**. Luk for stangens data ved at trykke på **OK**.

Gør det tilsvarende for stangen fra knude 3 til 5.

7.3.3. Naturlaster


Herefter oprettes vindlaster ved at trykke på , på fanen *Vindlast* markeres "0° Sug + overtryk" og "0° Max tryk/sug", se Figur 86.



Figur 86: Opret Vindlast.

Accepter ved at trykke på **OK**. Nu bliver vindlasterne genereret, luk lastgruppeoversigten.

7.3.4. Lastkombinationer

For at inkludere lasterne i lastkombinationer trykkes på , vælg fanebladet **Brud** og vælg **Opret**. Opret lastkombinationen :

$$\text{LAK 6.10b : } 1 \cdot G + 1,5 \cdot S1$$


Der trykkes **OK** for at acceptere. Her ud over oprettes lastkombinationerne:

$$\text{LAK 6.10b : } 1 \cdot G + 1,5 \cdot W00S$$


$$\text{LAK 6.10b : } 1 \cdot G + 1,5 \cdot W0TS$$

For at disable anvendelses kombinationen gås ind på fanen **Anvendelse** og tryk på **Ændre** når lastkombinationen er markeret. Markeringen i "Medtag i beregning" fjernes og der godkendes ved at trykke på **OK**.

Oversigten over lastkombinationer lukkes.

Gem sag med .

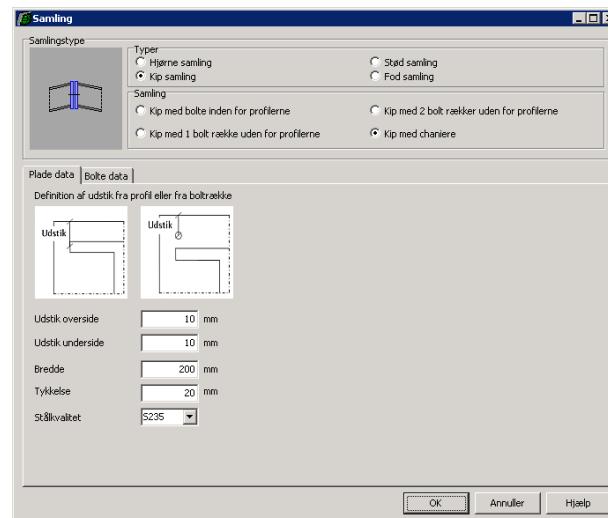
7.4. Samlinger

Vælg  for at kunne vælge knuderne til samlingerne. Dobbeltklik på med musen på knude 3 for at åbne knude data oversigten, heri trykkes på *Opret* i samlingsdelen. Nu åbnes vinduet til oprettelse af samlinger.

Under *Typer* vælges ”Kip samlinger” og under *Samling* vælges ”Kip med chaniere”.

Under *Pladedata* indtastes (se Figur 87):

Udstik overside	: 10 mm
Udstik underside	: 10 mm
Pladebredde	: 200 mm
Pladetykkelse	: 20 mm
Stål kvalitet	: S235



Figur 87: Opret Kip samling.

Under *Bolte data* indtastes:

Bolt	: M14
Boltkvalitet	: 4.8
Antal bolte pr række	: 2
Afstand fra krop til bolten, e	: 30 mm
Afstand mellem bolte, eb	: 40 mm

Accepter ved at trykke på **OK**. Luk knude data oversigten.

For at oprette samlinger i fodpunkterne klikkes på knude 1 og 4 så de markeres med rødt (hvis knude 3 også er markeret med rødt, klikkes også på den for at fjerne markeringen).

Tryk på  for at åbne vinduet til oprettelse af samlinger.

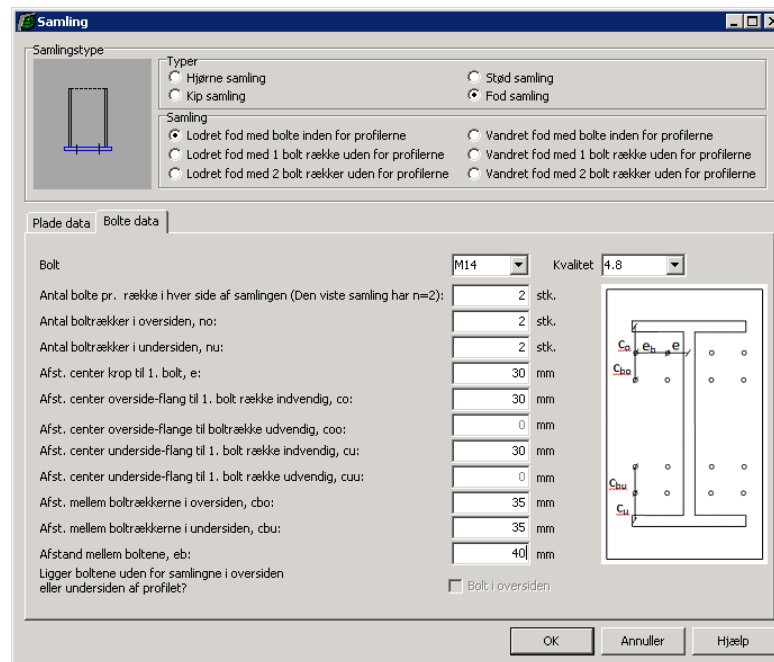
Under *Typer* vælges ”Fod samlinger” og under *Samling* vælges ”Lodret fod med bolte inden for profilerne”.

Under *Pladedata* indtastes:

Udstik oversiden	: 10 mm
Udstik undersiden	: 10 mm
Pladebredde	: 200 mm
Pladetykkelse	: 20 mm
Stål kvalitet	: S235


Under *Bolte data* indtastes (se Figur 88):

Bolt	: M14
Boltkvalitet	: 4.8
Antal bolte pr række	: 2
Antal boltrækker, n_o	: 2
Antal boltrækker, n_u	: 2
Afstand fra krop til bolten, e	: 30 mm
Afstand fra flange til boltrække, c_o	: 30 mm
Afstand fra flange til boltrække, c_u	: 30 mm
Afstand mellem boltrækkerne, c_{bo}	: 35 mm
Afstand mellem boltrækkerne, c_{bu}	: 35 mm
Afstand mellem bolte, e_b	: 40 mm




Figur 88: Opret fodsamling.

Accepter ved at trykke på **OK**.

Hvis tabeller er tændt med , kan der i højre side af skærmen vælges den tabel, der indeholder knuder, ved tryk på faneblad **Knuder**. Ved at markere en knude i tabellen, bliver den markeret med rød på tegnefladen og hvis der er oprettet en samling i knuden bliver samlingsdataene vist i en oversigt under knuderne. Marker knude 4.

Klik nu på knude 4, 2 og 5, så knude 2 og 5 er markeret med rødt.

Tryk på  for at åbne vinduet til oprettelse af samlinger.
Under *Typer* vælges "Hjørne samlinger" og under *Samling* vælges "Samling med bolte inden for profilerne".

Under *Pladedata* indtastes:

Udstik oversiden : 10 mm
 Udstik undersiden : 10 mm
 Pladebredde : 200 mm
 Pladetykkelse : 20 mm
 Stål kvalitet : S235

Under *Bolte data* indtastes:

Bolt : M14
 Boltkvalitet : 4.8
 Antal bolte pr række : 2
 Antal boltrækker, n_o : 2
 Antal boltrækker, n_u : 2
 Afstand fra krop til bolten, e : 30 mm
 Afstand fra flange til boltrække, c_o : 110 mm
 Afstand fra flange til boltrække, c_u : 110 mm
 Afstand mellem boltrækkerne, c_{bo} : 166 mm
 Afstand mellem boltrækkerne, c_{bu} : 166 mm
 Afstand mellem bolte, e_b : 40 mm

Accepter ved at trykke på **OK**.

Gem sagen med .

Placeringen af boltene er funder ud fra følgende betragtninger.

Pladehøjde i snittet er $2 \cdot 300$ mm pga. udfugning + korrektion for vinklen i samlingen = 757,6 mm.

Pladebredden er 200 mm.

Bolten er en M14 hvilket giver et pashul på 15 mm det giver at følgende afstande skal overholdes største afstandene skal kun overholdes hvis samlingen kan udsættes for korrosion):

Afstands betegnelse	Mindste afstand	Største afstand
H_1	33 mm	
$H_{2o}, H_{2u} (c_{bo}, c_{bu})$	33 mm	$\text{Min}(280, 200) = 200$
H_{3o}, H_{3u}	18	120
$W1 (2 \cdot e)$	36	$\text{Min}(280, 200) = 200$
$W2 (e_b)$	36	$\text{Min}(280, 200) = 200$
$W3$	18	120

Da bredden på pladen er 200 mm er "e" sat til 30 mm og e_b til 40 mm hvilket giver at $W3$ bliver 30 mm.

Da det er et symmetrisk tværsnit vælger vi også at placere boltene ens i oversiden og undersiden dvs. at H_{2o} og H_{2u} er ens mm.

Plade højden er $757,5 + 2 \cdot 10 - 10,7 = 766,8 \text{ mm}$ fordelt som $H_1 + 2H_2 + 2H_3$
Hvor

$$33 \leq (H_2 = cb) \leq 200 \Rightarrow 33 \leq c_b \leq 200$$


$$18 \leq (H_3 = 10 + c) \leq 120 \Rightarrow 8 \leq c \leq 110$$

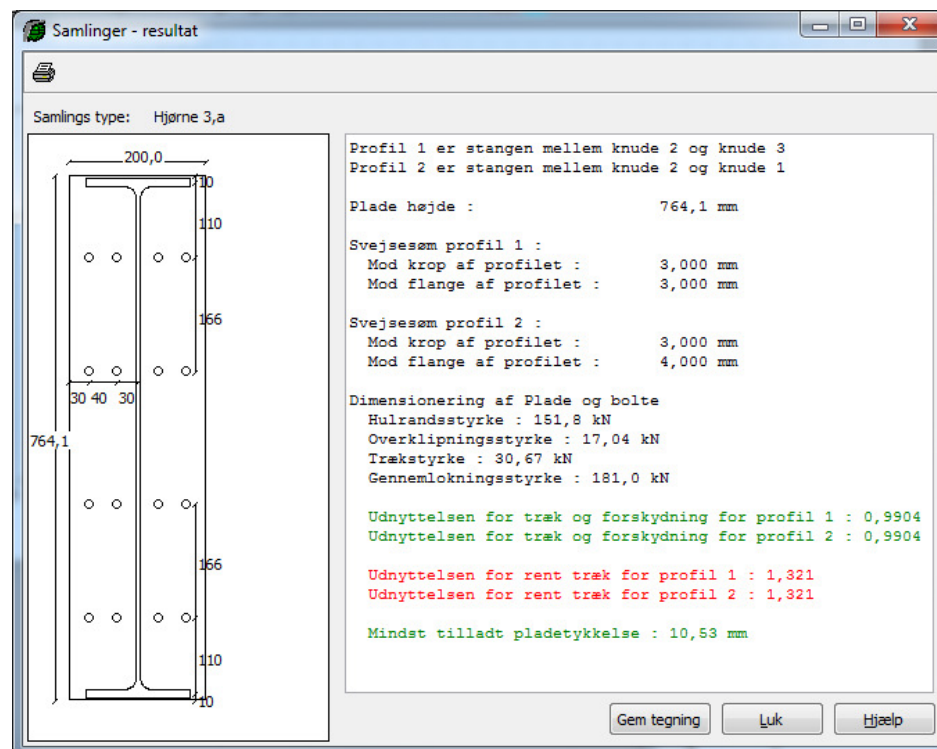
$$33 \leq (H_1 = 757,5 - 2c - 2c_b - tf)$$

$$33 \leq (H_1 = 746,8 - 2c - 2c_b) \Rightarrow c + c_b \leq 356,9$$

Hvis c vælges til 110 mm fås at $c_b \leq 246,9$ men da 1. ligning giver at $c_b \leq 200$ vælges $c_b = 166 \text{ mm}$.

7.5. Undersøgelse af bæreevne



For at lave en 1. ordens beregning trykkes på . Resultat vinduet åbnes når beregningerne er færdige. Marker *Samlinger* i oversigten. De knuder der er tilknyttet en samling til er vist med orange og for at få vist resultatet for en samling klikkes på samlingen. Hvis Lak 6.10b: $1 \cdot G + 1,5 \cdot S1$ markeres og der klikkes på knude 2 kommer samlingsresultat vinduet op.



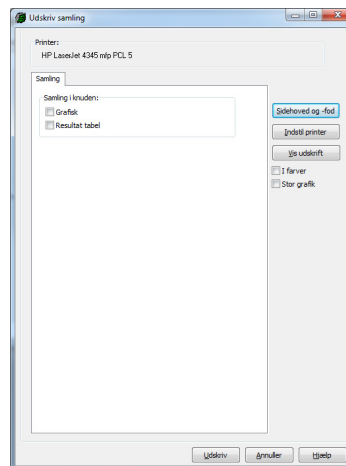
Figur 89: Resultat for en samling.

Her kan det ses hvor høj pladen skal være, hvor stor svejse sømmen skal være for hhv. profil 1 og -2. Desuden kan ses styrkerne for pladen og bolten og de udnyttelser der er udledt derud fra for samlingen. Til sidst findes en mindst tilladelig pladetykkelse for samlingspladen. Hvis udnyttelserne og pladetykkelsen er skrevet med rød er samlingen udnyttet mere end 100 % eller den oplyste pladetykkelse er mindre end den mindst tilladelige. Hvis udnyttelsen er under 100 % og den oplyste plade tykkelse er større end den mindst tilladelige bliver resultaterne skrevet med grøn.

7.6. Udskrift

Hvis man kun vil udskrive resultatet for den ene samling skal man trykke på  i samlings resultat vinduet. Hvis man vil udskrive resultater ud for hele konstruktionen skal man trykker på  i resultat vinduet.

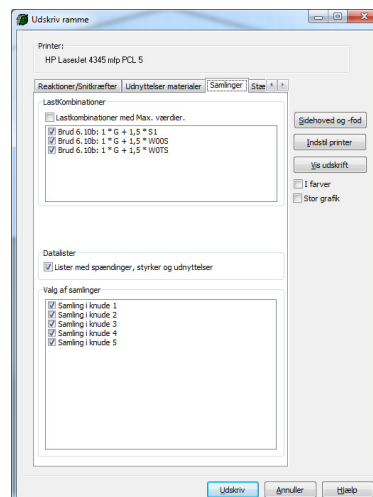
Hvis der vælges udskriv inde fra samlingsresultat vinduet kommer følgende skærbillede frem, se Figur 90. Her markeres ”Resultat tabel” og evt. ”Grafik” tryk på knappen ”Udskriv” for at udskrive.



Figur 90: Udskrift af samlingsresultat.

Hvis der udskrives inde fra resultat vinduet kommer standard udskrifts vinduet frem. For at få udskrevet konklusionen skal feltet *Max. udnyttelser og styrker i samlinger* markeres på fanen **Konklusion**. Brug piltasterne oppe ved fanebladene til at komme over til fanen **Samling** her markeres de 3 lastkombinationer og om man vil have tabeller med resultaterne. Nedrest vælges hvilke samlinger detail dataene skal udskrives for. Se Figur 91. Hvis man vil have samlingen udskrevet grafiske skal man vælge det på fanen for **Inddata**.

Konklusionen indeholder en tabel, hvor man kan se hvilken lastkombination, der er dimensionsgivende for pladetykkelse i hver knude. En tabel for de største svejsesømme i hver knude og en tabel over hvilke lastkombinationer der er dimensionsgivende for udnyttelsen af bolte samlingen for hver knude.



Figur 91: Udskriv samlings data.


8. Eksempel 8: Dimensionering af halkonstruktionsbrandisolering

8.1. Introduktion


Der ønskes en optimering af brandisoleringen på profilerne der benyttes i sagen fra eksempel 4, så der kan laves en bæreevneeftervisning efter en 1. ordensberegning med udnyttelser under 1 i brand lastkombinationen.

Ved opstart af *Plan ramme 4* vælges derfor at køre programmet med *Bæreevneeftervisning af stål*.

8.2. Opstart

Åbn Eksempel 4 med . Sagen er gemt som **EksempelStaal.rm4**. For ikke at overskrive denne sag, gemmes sagen i et nyt navn med menupunktet Filer.Gem som. Sagen navngives EksempelStaalOptimeret.rm4. Gå ind under menu punktet Opsætning og tryk på ”Max værdier” så der står et foran.

8.3. Brand isolering

For at kunne dimensionere isoleringen skal der sættes en isolering på alle 3 tværsnit. Åben for brand dataene med . Brandtiden skal sættes til 30 min.

For at oprette en isolering trykkes på knappen *Hent* under *Brandisolering*. Følgende brandisolering oprettes:

Producent/forhandler :	Condor
Produkt :	Unitherm 38091, Åbne profiler
Tykkelse :	0,25 mm

Accepter ved at trykke på **OK**.

Tilsvarende oprettes

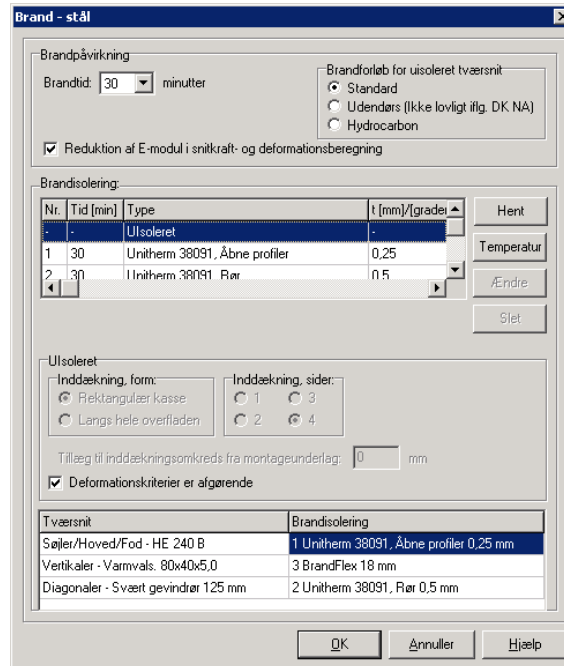
Producent/forhandler :	Condor
Produkt :	Unitherm 38091, Rør
Tykkelse :	0,5 mm

og

Producent/forhandler :	Skamol
Produkt :	BrandFlex
Tykkelse :	18 mm

I oversigten nederst på skærmen kobles de forskellige isoleringer til tværsnittene.

For ”Søjler/Hoved/Fod” vælges isolering nr. 1 ”Unitherm 38091, Åbne profiler, 0,25 mm”, Vertikalerne isoleres med Skamol og diagonalerne isoleres med rør ”Unitherm 38091, Rør , 0,5 mm”.




Figur 92: Oprettelse af brandisolering.

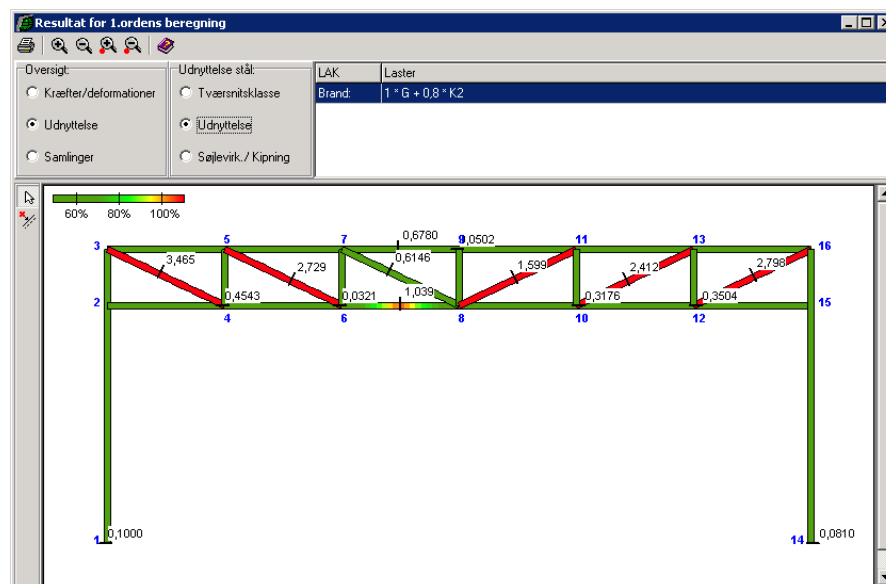
Accepter ændringen med **OK**.

Gem sagen med .

8.4. Beregning uden optimering

Nu er der sat isolering på konstruktionen. For senere at kunne lave en sammenligning af hvilken betydning optimeringen har haft laves en beregning uden optimering. Tryk på  for at lave en 1. ordens beregning.


Når resultat vinduet åbnes marker *Udnyttelse* i "Oversigten" og *Udnyttelse og Søjlevirkning/Kipping* i "Udnyttelse stål" for at se hvilke stænger der er højest udnyttelse i. Se Figur 93.



Figur 93 : Udnyttelse før optimering.


Luk resultat oversigten.

8.5. Tværsnit

Alle tværsnittene skal sættes op til at de skal dimensioneres. Åben tværsnitsoversigten med . For hver tværsnit trykkes *Ændre* og feltet *Dimensioner tværsnit* markeres. Under *Dimensionering brand* markeres feltet *Brand/isolering dimensionering*. Under *Anvendelse* markeres ikke noget da der kun ses på en brand last kombination her. Accepter ændringerne med **OK**.

Dette gøres for alle 3 tværsnit.
Luk tværsnitsoversigten.

8.6. Beregning med optimering

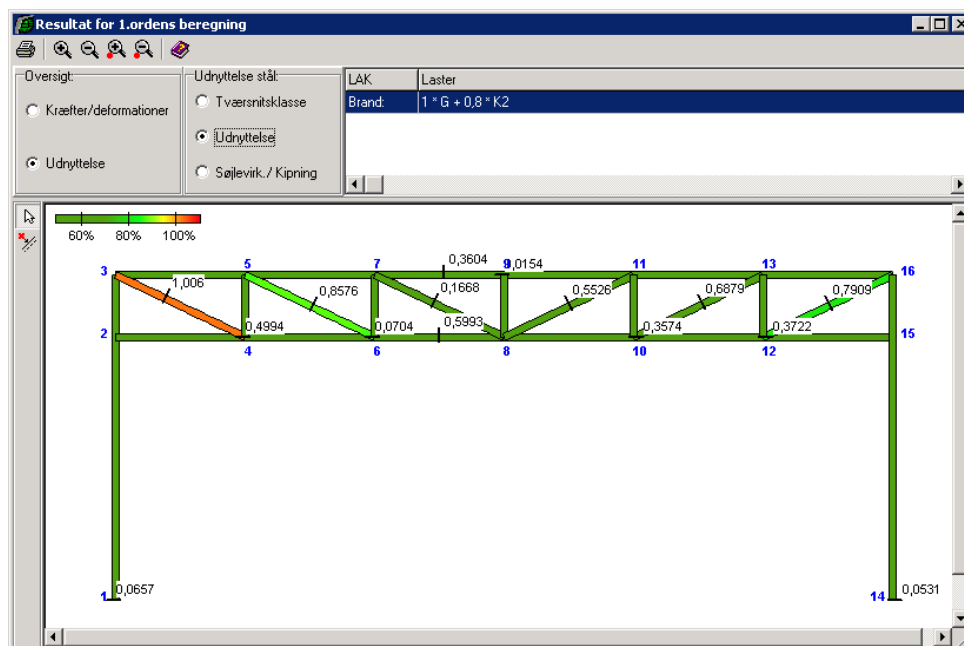
Nu er konstruktionen klar til at blive beregnet og dimensioneret. Tryk på  for at lave en 1. ordens beregning. Da vi kun har en lastkombination i brand der er aktiv og vi på alle tværsnittene har sat at for brand skal isoleringen dimensioneres vil der ikke blive lavet en dimensionering af selve tværsnittene men kun af isoleringen. Hvis der også var en brud lastkombination ville programmet først finde de optimale tværsnit og så dimensionere isoleringen til dem.

Beregningen vil tage et stykke tid. Når beregningen er færdig vil følgende advarsel komme:

”Det er ikke muligt at optimere brandisoleringen på tværsnit nummer 2.”

Dette skyldes at udnyttelsen er så lav i tværsnit 2 at programmet ikke kan finde en isolering inden for ”Skamol” der giver så lille en isolerings evne at udnyttelsen kommer op i nærheden af 1.


Tryk på ok og resultat vinduet åbnes. Marker *Udnyttelse*.



Figur 94: Resultat for dimensioneret isolering.

Det ses at det kun er en af diagonalerne der ligger over 1 og det skyldes at tværsnittene er dimensioneret uafhængigt af hinanden.

Luk resultat oversigten.

For at se hvilke isoleringer programmet har foreslået åbnes for branddataene med . Det ses at for tværsnit 1 og 3 er der oprettet nye brandisoleringer (nr. 4 og 5).

Det ses at isoleringstykkelsen for tværsnit 1 (Søjler/Hoved/Fod – HE 240 B) er ændret fra 0,25 mm til 0,75 m, og for tværsnit 3 (Diagonaler) er den ændret fra 0,5 mm til 1 mm. For tværsnit 2 (Vertikaler) er isoleringen uændret. Hvis man ønsker en udnyttelse der kommer tættere på 1 i dem skal man finde en anden isolering til dem.

Yderligere optimering laves ikke i dette eksempel. Men det er muligt at slukke for optimering på de tværsnit man er tilfreds med og lave en optimering på de resterende igen.


Gem sagen med .

9. Eksempel 9: Dimensionering af betonbjælke


9.1. Introduktion

Der ønskes at lave en optimering af betonbjælken der benyttes i sagen fra eksempel 5, så der kan laves en bæreevneeftervisning efter en 1. ordensberegning med udnyttelser under 1. Løsningen kan herefter sammenlignes med den plastiske beregning, der blev lavet i eksempel 5. Ved opstart af *Plan ramme 4* vælges at køre programmet med *Bæreevneeftervisning af beton*.

9.2. Opstart

Åbn Eksempel 5 med . Sagen er gemt som **EksempelBeton.rm4**. For ikke at overskrive denne sag, gemmes sagen i et nyt navn med menupunktet Filer.Gem som. Sagen navngives EksempelBetonOptimeret.rm4.

9.3. Tværsnit


Da der ønskes en dimensionering af tværsnittet skal dette sættes op til dimensionering. Åben tværsnitoversigten med . For tværsnittet trykkes *Ændre* og feltet *Dimensioner tværsnit* markeres. Under *Dimensionerings type* vælges *Armeringsdimensioner* og under *Dimensionering brand* markeres feltet *ingen*. Under *Anvendelse* markeres *Deformationer*.

Kontroller at tværsnitshøjden er 400 mm, hvis den ikke er 400 mm rettes den tilbage til 400mm. (Se eksempel 5.)


Accepter ændringerne med **OK** og luk tværsnitoversigten.

9.4. Lastkombinationer


Da det er anvendelses- og brudlastkombinationerne der skal ses på i dette eksempel skal ulykkeslastkombinationerne ”fjernes” fra beregningen.

Åben lastkombinationsoversigten med . Vælg fanebladet *Ulykke* og tryk på knappen *Ændre* når første lastkombination er markeret. Fjerne markeringen i feltet *Medtages i beregning*. Accepter ændringen ved at trykke på **OK**.

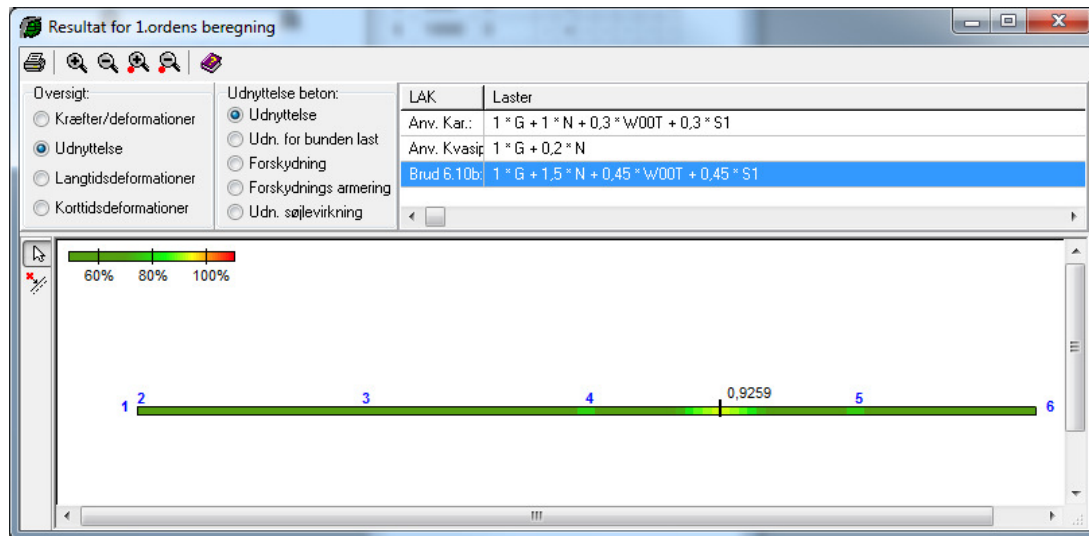
Det tilsvarende gøres for den anden lastkombination under ulykke.

Luk lastkombinationsoversigten og gem sagen med .

9.5. Beregning med optimering


Nu er konstruktionen klar til at blive beregnet og dimensioneret. Tryk på  for at lave en 1. ordens beregning.

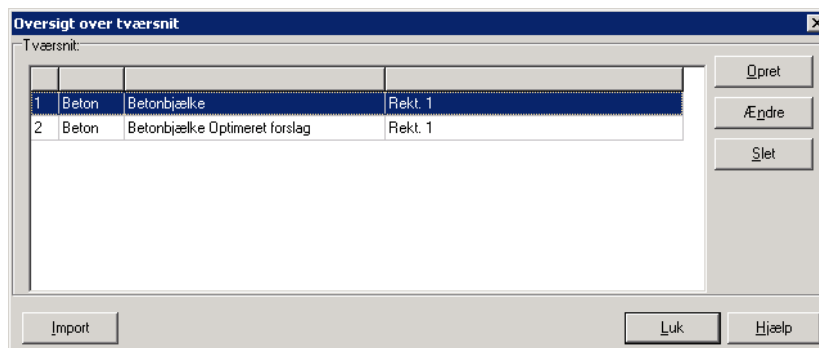
Det ses at den maksimale udnyttelse i bjælken for brudlastkombinationen bliver 92,6 % i forhold til de 123 % der var før, se Figur 65 og Figur 95.




Figur 95: Resultat optimeret betonbjælke.

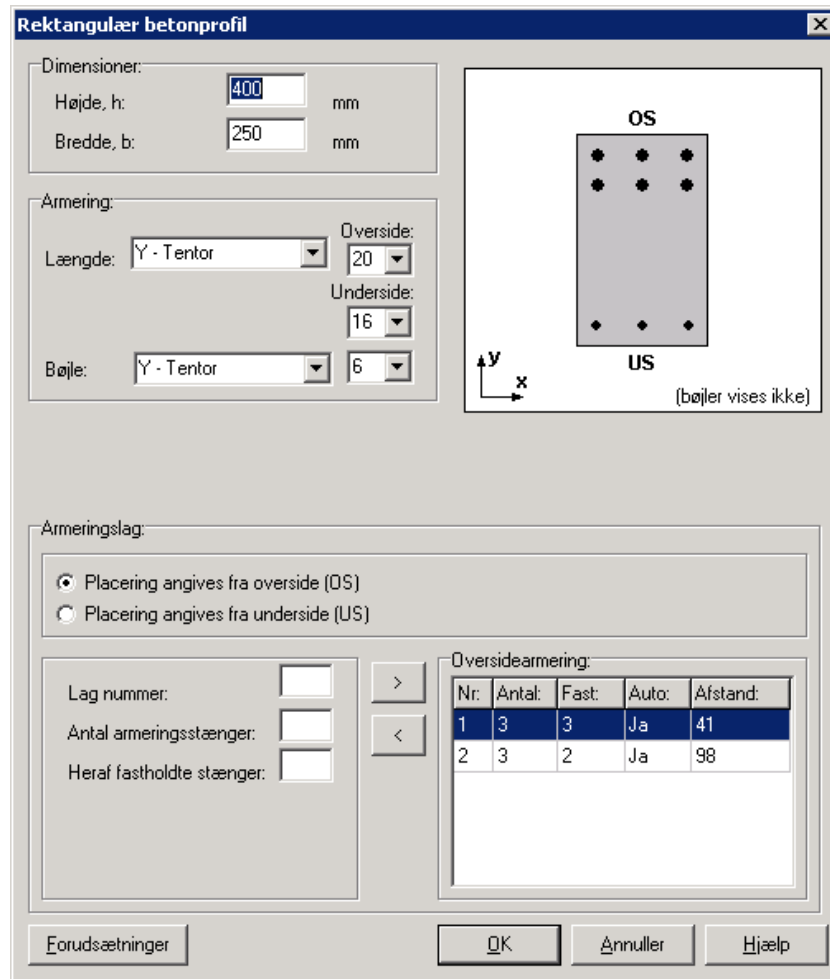
Optimeringen er lavet ud fra at udnyttelsen skal være under 1 og der er ikke set på forskydningen under optimeringen. (Udnyttelsen for deformationerne er fundet som forholdet mellem de lokale deformationer og deformationerne angivet under anvendelseslastkombinationerne). Luk resultat vinduet.

For at se hvilken armeringsdimensioner programmet er kommet frem til åbnes tværsnitsoversigten med . Det ses at der er oprettet et nyt tværsnit, se Figur 96.




Figur 96: Tværsnitsoversigt med optimeret tværsnit.

For at se det optimerede tværsnit markeres tværsnit 2 og der trykkes på knappen *Ændre*. Tryk på knappen . Det ses at armeringsdiametrene er ændret til 20'ere i oversiden og 16 i under siden, se Figur 97. Det oprindelige tværsnit havde 14'ere i oversiden og 25'ere i undersiden.



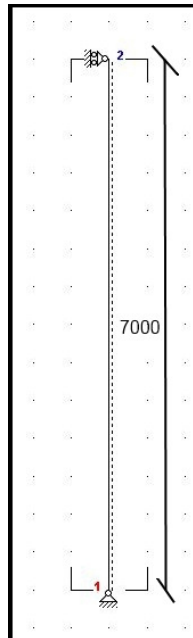
Figur 97: Optimeret tværsnit.

Luk for tværsnittet og gem sagen med .

10. Eksempel 10: Søjlevirkning i en beton søjle

10.1. Introduktion

Der opstilles en 7 meter høj in situ støbt betonsøjle, som er simpel understøttet i begge ender. Betonbjælken beregnes efter DS/EN Eurocode 1990 Dansk national annek. s.



Figur 98: Betonsøjle i eksempel 10.

Søjlen skal undersøges for følgende laster:


- Egen last.
- En vindlast på 7 kN/m fra siden.
- En normalkraft på 1700 kN i toppen.
- En brand på 3 sider i 30 min.


Der skal undersøge følgende lastkombinationerne:


$$\begin{aligned} \text{Brud} &: 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot W1 \\ \text{Band} &: 1,0 \cdot G + 0,2 \cdot W1 \end{aligned}$$



10.2. Opsætning


Plan ramme startes op med modulet ”Betonkonstruktioner 6” ved at vælge ”Med bæreevneeftervisning af beton” alternativt kan programmet ”Kontinuerlige Betonbjælker 6” benyttes.


Sagen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990 Dansk national annek. s uden ændringer af partialkoefficienter og konsekvensklasse CC2. Derfor er det ikke nødvendig at ændre ”Valg af projekteringsnorm”. Denne kan ændres ved tryk på .

Grid skal være slået til. Hvis de er slået fra, kan de slås til ved at trykke på .

Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på . Nederste venstre hjørne sættes i (0, 0) og øverste højre hjørne sættes i (1.000, 7.000).

Godkend med **OK**, og tegnefladen målsættes efter disse koordinatsæt. Desuden tillægges en margin, så der er plads til at vise laster mm. For at kunne se hele tegnefladen på skærmen, kan tegnefladen formindskes ved at trykke på  eller forstøre den ved at trykke på .

Maskestørrelsen i grid kan sættes ved at trykke på . I en ny sag er maskestørrelsen i grid 500 mm. Denne ændres ikke.


Gem sagen med . Hvis filhåndteringen ikke starter i sagsbiblioteket, kan der vælges et sagsbibliotek i konfigurationsprogrammet. Sagen placeres i et sagsbibliotek, navngives **EksempelBetonSøjle** og gemmes.


10.3. Knuder og stænger

Åbn oversigten for oprettelse af knuder ved at trykke på . Opret knuder i følgende punkter ved at indtaste koordinatsæt og trykke på .



- (500, 0)
- (500, 7.000)


Luk oversigten.

Vælg  så stænger kan tegnes. Tryk venstre museknap ned på knude 1, og hold knappen nede mens der trækkes en stang til knude 2.


Gem sag med .

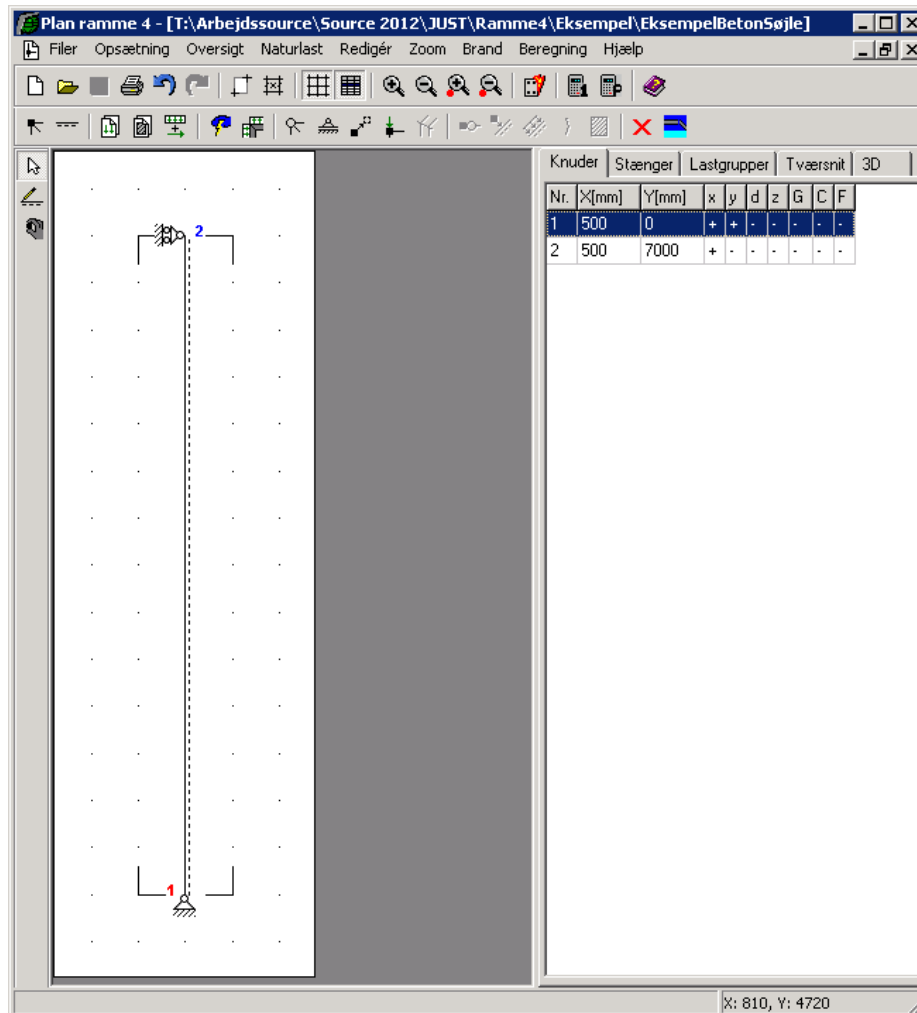
10.4. Understøtninger

Tryk  for at kunne vælge knuder. Klik med musen på knude 2, så knude 2 er markeret med rødt. Tryk på . Knuden fastholdes i *x*-retning. Godkend med **OK**.

Klik med musen på knuderne 1, 2 så kun knude 1 er markeret med rødt. Klik igen på . Knuden fastholdes i *x* og *y*-retning. Godkend med **OK**.

Konstruktionen er nu defineret som vist i Figur 99.

Gem sag med .



Figur 99: Defineret konstruktion.

10.5. Lastgrupper

Åbn lastgruppeoversigten ved at trykke på . Der skal oprettes en lastgruppe til permanent last og en til vindlasten.

For at oprette lastgruppen til den permanente last trykkes på **Opret** for at oprette en ny lastgruppe. Følgende data defineres:

- Benævnelse: *G*.
- Lastart: *Permanent last*.
- Andel bunden last: *100 %*.
- Der afkrydses i *Inkluder egenlast* (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med **OK**.


For at oprette vindlasten kan man automatisk generere naturlasterne men her vælges at oprette vindlasten manuelt og der trykkes igen på **Opret** i lastgruppe oversigten. Følgende data defineres:

- Benævnelse: *WI*.
- Beskrivelse: *Vind*.
- Lastart: *Vind last*.
- Andel bunden last: *100 %*.


Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med **OK**.

Luk lastgruppeoversigten.

10.6. Lastkombinationer

Lastgrupperne kan nu opstilles i lastkombinationer ved at vælge . Der kan opstilles lastkombinationer i anvendelse, brud og ulykke.

10.6.1. Brud

Vælg faneblad **Brud** og tryk **Opret**. Først markeres *G*, og inkluderes i lastkombinationen med  derefter markeres *WI* og inkluderes.

$$\text{LAK Brud 6.10b: } 1,0 \cdot G + 1,5 \cdot WI$$

Der trykkes **OK**.


10.6.2. Brand

Vælg fanebladet **Ulykke** og tryk på **Opret**. Vælg lastkombinationen Brand og marker først *G* og inkluder derefter *WI*.


$$\text{LAK Brand: } 1,0 \cdot G + 0,2 \cdot WI$$

Der trykkes **OK**.

Med ovenstående kombination, lukkes oversigten over lastkombinationer.

Gem sag med .

10.7. Laster

Tryk på  for at udvælge stænger. Dobbeltklik med venstre musetast på stangen fra knude 1 til knude 2, og et vindue med stangens data åbnes. Vælg **Opret** under *Laster på stang*, og en last kan indlæses i et nyt vindue.

Laster for søjlen indlæses:

- Lasttype: *Linielast - X - Projektion på element (X)*.
- p1: 7 kN/m.

- p2: 7 kN/m.
- Lastgruppe: *W1*.

Godkend lasten med **OK** og accepter ændringerne på stangen med **OK**.


Dobbeltklik med venstre musetast på knude 2 og et vindue med knudens data åbnes. Vælg **Opret** under *Laster* og en last kan indtastes i et nyt vindue.

Last for knuden indlæses:


- Knudelast: *Y-retning (Y)*
- P: 1700 kN.
- Lastgruppe: *G*.

Godkend lasten med **OK** og accepter ændringerne på knuden med **OK**.


Herved er der oprettet en last, som er tilknyttet lastgruppen med permanent last og en laste der er tilknyttet lastgruppen vind.

Hvis tabeller er tændt med , kan der i højre side af skærmen vælges den tabel, der indeholder lastgrupper, ved tryk på faneblad **Lastgrupper**. Den last der er markeret i tabellen er den der vises på skærmen.

Nu er alle lastgrupper og laster oprettet.

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sagen med .

10.8. Tværsnit

Åbn tværsnitoversigten med . Opret et nyt rektangulært tværsnit for betonbjælken med følgende data:

- Beskrivelse: *Betonsøjle*.
- Type: *Beton*.
- ID: *1*.
- Cot theta: 2,5.
- Cot alpha: 0,0. (Vandrette bøjler)
- Trykarmering: *Medtages i deformations-/bæreevneberegning*.
- Kontrolklasse: *Normal*.
- Miljøklasse: *Moderat*.
- Styrke, fck: 25 MPa.

- Max. kornstørrelse: 32 mm.
- Dæklag: *Afledes automatisk*
- Insitu støbt

Se Figur 100, hvor der trykkes på, ”**Rektangulær profil**” under Opret.

Figur 100: Opret nyt rektangulær betontværsnit.

Herefter trykkes på Ændre forudsætninger, dimension og armering.

Næste skridt er at definere tværsnittet, se Figur 101. Når der vælges en armeringstype, vises en oversigt over armeringslag.

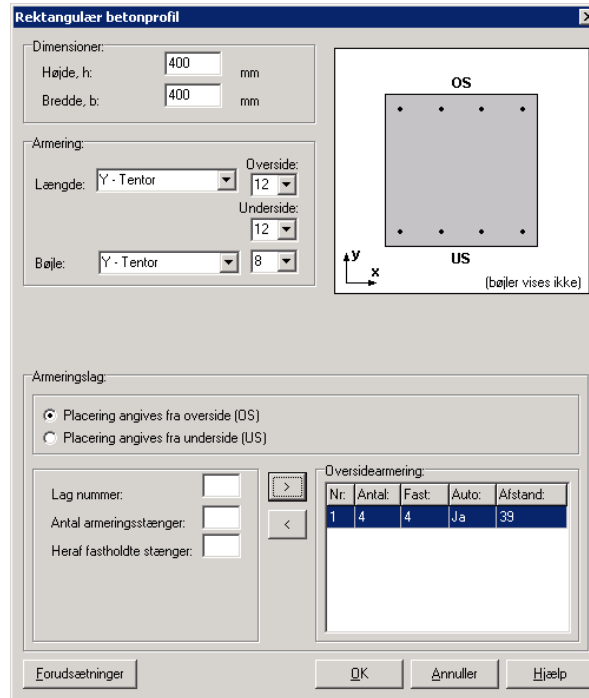
Der oprettes følgende tværsnit:

- Højde: 400 mm.
- Bredde: 400 mm.
- Armeringstype: *Y – Ny Tentor*.
- Armeringsdimension: 12 mm i overside, 12 mm i underside, 8 mm bøjler.
- Armeringsplacering: 4 i overside, 4 i underside. Placeret så krav til dæklag overholdes.

Der kan oprettes et antal armeringslag, der placeres i forhold til øverste betonkant, og et antal der placeres i forhold til nederste betonkant. Det første lag i hver side placeres automatisk så krav til dæklag overholdes. Alle øvrige lag kan enten placeres automatisk, så afstand mellem armeringslag overholdes, eller de kan placeres med en fast afstand til betonkanten.

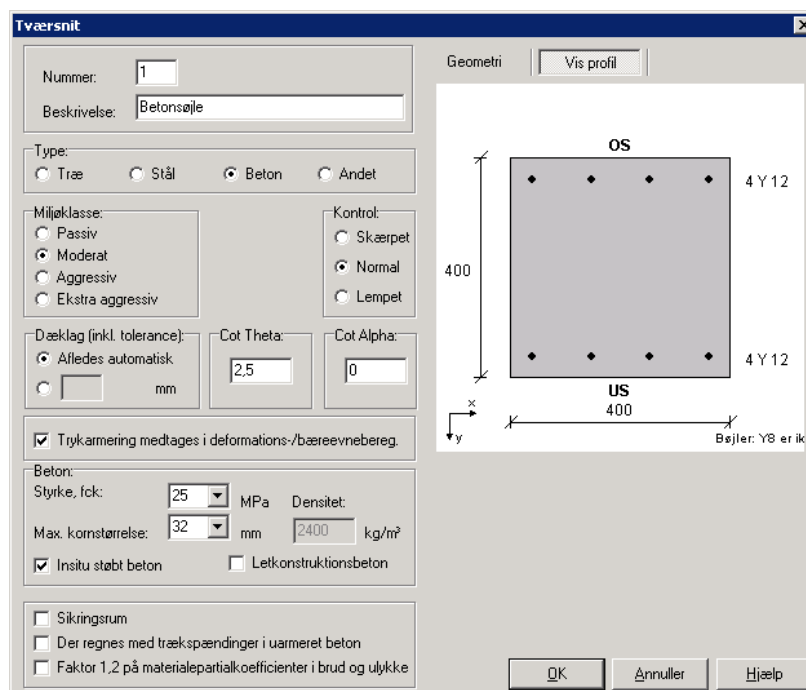
Først oprettes et lag i oversiden med 4 armeringsstænger, alle fastholdte. Afstand fra betonkant til armeringslagetscenter, angives som automatisk.

Herefter oprettes et lag i undersiden med 4 armeringsstænger, alle fastholdte.



Figur 101: Betonprofil.

Godkend profilet med **OK**. Profilet kan nu vises ved at trykke **Vis Profil**, se Figur 102.




Figur 102: Vis Profil.

Godkend tværsnittet med **OK** og luk tværsnitsoversigten.



Dobbeltklik med venstre musetast på bjælken, så oversigten over bjælkens data åbnes. Tværsnittet sættes til *Betonsøjle*.

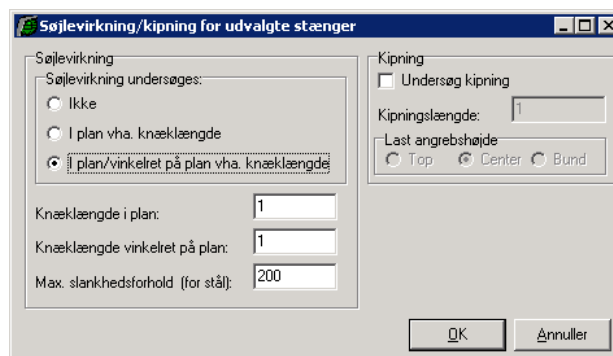
Luk med **OK**.

I tabellen i højre side af skærmen, vælges fanebladet **Tværsnit**. Nu tegnes stangens inertimoment (det fulde tværsnit) på skærmen. Det tværsnit der er valgt i tabellen (hvis der er mere end et), vises med rød kontur på tegnefladen.

Vælg faneblad **Knuder** i tabellen, for igen at se stænger og knuder. Gem sag med .

10.9. Søjlevirkning


Tryk på  for at udvælge stænger. Klik med venstre musetast på stangen fra knude 1 til knude 2, så den er markeret med rødt. Tryk herefter på  for at indtaste søjlevirkningen. Søjlevirkningen er *I plan/vinkelret på plan vha. knæklængde*, knæklængden sættes til 1 i begge retninger. Markeringen i *Undersøg kipning* fjernes. Se Figur 103.

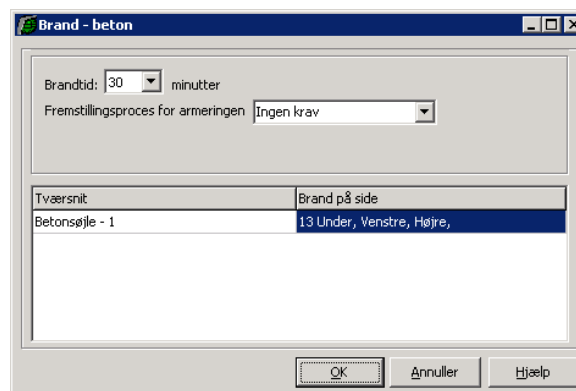


Figur 103: Opret søjlevirkning.


Godkend ændringerne med **OK**.

10.10. Brand


For at definere brandpåvirkningen af søjlen trykkes på . Der vælges en brandtid på 30 min og da der ingen krav er til fremstillingsprocessen for armeringen bliver den stående på "Ingenkrav". Da der er brand på de 3 sider af konstruktionen skal "Brand på sider" sættes til "13 Under, Venstre, Højre".



Figur 104: Opret Brand påvirkning.

Godkend brand dataene ved at trykke på **OK**. Gem sag med .

10.11. Beregning af konstruktionen

Nu kan sagen beregnes. Tryk på  for 1. ordens beregning. Der foretages et datacheck for at undersøge, om konstruktionen kan beregnes. Hvis konstruktionen godkendes, åbnes et resultatvindue. Konstruktionen regnes elastisk.

I resultatvinduet kan der markeres en lastkombination, hvorefter resultater vises for denne kombination.


Vælg herefter ”Udnyttelse” i oversigt og vælg ”Udn. søjlevirkning” i Udnyttelse beton.

Det ses nu at udnyttelsen for søjlevirkning er 85,95 % for lastkombination Brud 6.10b og 60,1 % for lastkombinationen Brand.

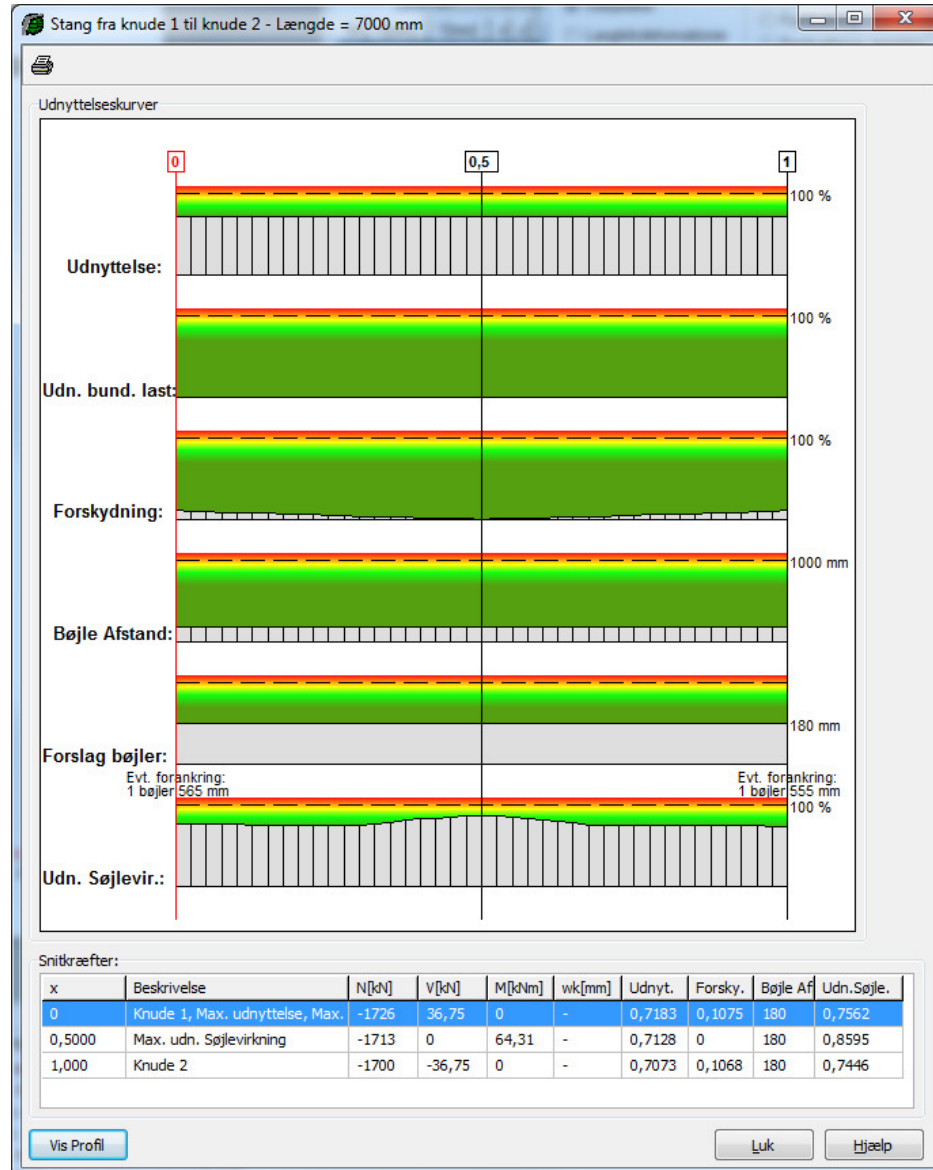
Det kan også ses, at der ikke opstår brud i konstruktionen. Lastkombination giver ikke en rød markering af stangen, hverken i bæreevneudnyttelse, forskydning eller søjlevirkning, se Figur 105.



Figur 105: Udnyttelse i brud.

Vælg  og klik med venstre musetast på søjlen. Herved åbnes et vindue med kurver for udnyttelsen af søjlen, se Figur 106. Her ses det, at den maksimale udnyttelse mht. udnyttelse er 71,8 % og udnyttelsen mht. udnyttelser for søjlevirkning er 85,95 %. Det ses samtidig at den nødvendige bøjeleafstand er 180 mm. Dvs. tværsnittet er i orden.

Luk vinduet.



Figur 106: Udnyttelse for søjle.