

Dimension

Plan Ramme 4

Eksempler

August 2013

Strusoft DK Filial af Structural Design Software in Europe AB, Sverige Salg Diplomvej 373 2. Rum 247 DK-2800 Kgs. Lyngby

Udvikling Marsallé 38 DK-8700 Horsens

info.dimension@StruSoft.com www.StruSoft.com



11	Introduktion	
1.1.	Onsætning	•••••
1.2.	Knuder og stænger	
1. <i>3</i> . 1 <i>1</i>	Understøtninger	••••••
1. 4 . 1.5	Charnier	•••••
1.5.	Laster	, .
1.0.	Lastcombinationar	
1./.		
1.0.	I værstill	
1.9.	Deregning al deformationer	•••••
1.10.	Beregning af snitkræfter	•••••
1.11.	Udskrift	•••••
Eks	sempel 2: 3-charniers ramme med udfligede tværsnit	••••••
2.1.	Introduktion	
2.2.	Opsætning	
2.3.	Knuder og stænger	•••••
2.4.	Understøtninger	
2.5.	Charnier	
2.6.	Snelast	
2.7.	Lastkombination	
2.8.	Udfligning	
2.9.	Tværsnit	
2.10.	Beregning af deformation	
. Eks	sempel 3: Bæreevneeftervisning af træramme	
3.1.	Introduktion	
3.2.	Opsætning	
3.3.	Knuder og stænger.	
34	Understøtninger	
3 5	Laster	
3.6	Lastkombinationer	
3.7	Tyærsnit	
3.7.	Rrand	•••••
3.0.	Baragning of konstruktionen	, .
5.9. 2 10	Endring of tymenit	,
3.10.	Alluling at twatshit	
3.11.	Ny belegining ai konstruktionen	
3.12. El-		•••••
• EK	Justing desletting	
4.1.	IIIIIOuukiioii	
4.2.		
4.3.	Søjievirkning/kipning	
4.4.	Undersøgelse af bæreevne	
4.5.	Nyt tværsnit til diagonaler	
4.6.	Undersøgelse at bæreevne	
4.7.	Undersøgelse af bæreevne, vha. den kritiske søjlekraft	
4.8.	Brand	
4.9.	Udskrift	
. Eks	sempel 5: Bæreevneeftervisning af betonbjælke	
5.1.	Introduktion	
5.2.	Opsætning	
53	Knuder og stænger	••••••
0.0.	• •	



5.6. Lastkombinationer. 56 5.7. Tversnit 57 5.8. Søjlevirkning 60 5.9. Brand 61 5.10. Beregning af konstruktionen 61 5.11. Fandring af tværsnit 65 5.12. Ny beregning af konstruktionen 66 5.13. Plastisk beregning af konstruktionen 66 5.14. Udskrift 69 6. Eksemplel 6: Beregning af simpel understøttet bjælke med forankringskængder og stødlængder 70 6.1. Introduktion 70 6.2. Opsætning 70 6.3. Knuder og stænger 71 6.4. Undersøtstinger 72 6.6. Lastkombinationer 73 6.7. Tværsnit og vederlagslængde. 73 6.8. Beregning af konstruktionen 76 7.8. Kæmpel 7: Beregning af samlinger 82 7.1. Introduktion 82 7.2. Opstart. 72 0pstart. 7.3. Laster 82 7.4.	_	5.5.	Laster	.52
5.7. Tværsnit 57 5.8. Søjlevirkning 60 5.9. Brand 61 5.10. Beregning af konstruktionen 61 5.11. Abstrint 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 forankringskængder og stødlængder 70 6.1 Introduktion 70 6.2. Opsætning 70 70 6.3. Knuder og stænger 71 6.4. Understøtninger 71 6.5. 6.4. Laster 72 6.6. Lastkombinationer 73 6.8. Beregning af sonstruktionen 76 7.4. Vælsrift og stænger 82 71. Introduktion 82 7.4. Samlinger 82 72. Opstart 82 7.5. Undersøgelse af bereevne 87 76. Udskrift 88 8.5. Eksempel	5	5.6.	Lastkombinationer	.56
5.8. Sejlevirkning	5	5.7.	Tværsnit	.57
5.9. Brand 61 5.10. Beregning af konstruktionen 61 5.11. Endring af tværsnit 65 5.12. Ny beregning af konstruktion 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 70 6.2. Opsætning 70 6.3. Knuder og stænger. 71 6.4. Understotninger. 71 6.5. Laster 72 6.6. Lastkombinationer. 72 6.7. Tværsnit og vederlagslængde. 73 6.8. Beregning af samlinger 82 7.1. Introduktion. 82 7.2. Opstart. 82 7.3. Laster 82 7.4. Samlinger 81 7.5. Undersøgelse af bæreevne 87 7.6. Udskrift 89 8.1. Introduktion	5	5.8.	Søjlevirkning	.60
5.10. Beregning af konstruktionen 61 5.11. Ændring af konstruktionen 65 5.12. Ny beregning af konstruktion 66 5.14. Udskrift 69 6. Eksempel 6: Beregning af simpel understøttet bjælke med forankringslængder og 70 6.1 Introduktion 70 6.1. Introduktion 70 6.2. Opsetning 70 6.3. Knuder og stænger. 71 6.4. Understøtninger 73 6.5. Lastkombinationer. 73 6.6. Lastkombinationer. 73 6.7. Tværsnit og vederlagslængde. 73 6.8. Beregning af konstruktionen 76 7.1. Introduktion. 82 7.2. Opstart. 82 7.3. Laster 82 7.4. Samlinger 82 7.5. Undersøgelse af bæreevne 87 7.6. Udskrift 88 8. Eksempel 8: Dimensionering af halkonstruktionsbrandisolering 89 8.3. Brand isoleri	5	5.9.	Brand	.61
5.11. Ændring af tværsnit	5	5.10.	Beregning af konstruktionen	.61
5.12. Ny beregning af konstruktion	5	5.11.	Ændring af tværsnit	.65
5.13. Plastisk beregning af konstruktion	5	5.12.	Ny beregning af konstruktionen	.66
5.14. Udskrift	5	5.13.	Plastisk beregning af konstruktion	.66
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. Lastkombinationer. 72 6.6. Lastkombinationer. 73 6.7. Tværsnit og vederlagslængde. 73 6.8. Bæregning af konstruktionen. 76 7.8. Eksempel 7: Bæregning af samlinger 82 7.1. Introduktion. 82 7.2. Opstart. 82 7.3. Laster 82 7.4. Samlinger 84 7.5. Undersøgelse af bæreevne 84 7.6. Udskrift 88 8. Eksempel 8: Dimensionering af halkonstruktionsbrandisolering 89 8.1. Introduktion 89 8.3. Brand isolering 89 8.4. Beregning uden optimering 91 9. Eksempel 9: Dimensionering af betonbjælke 93 9.1. Introduktion 93 9.2. Opstart. 93 9.3. Brand isolering 93 9.4. Lastkombinationer. 93 9.5. Bæregning med optimeri	5	5.14.	Udskrift	.69
stødlængder 70 6.1 Introduktion 70 6.2 Opsætning 70 6.3 Knuder og stænger 71 6.4 Understøtninger 71 6.5 Laster 71 6.6 Lastkombinationer 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 82 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 med optimering 91 9 Eksempel 9: Dimensionering af betonbjælke 93 </td <td>6.</td> <td>Eks</td> <td>empel 6: Beregning af simpel understøttet bjælke med forankringslængder o</td> <td>g</td>	6.	Eks	empel 6: Beregning af simpel understøttet bjælke med forankringslængder o	g
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 82 7.5. Undersøgelse af bæreevne 84 7.6. Udskrift 88 8. Eksempel 8: Dimensionering af halkonstruktionsbrandisolering 89 8.1. Introduktion 89 8.2. Opstart 89 8.3. Brand isolering 91 8.4. Beregning med optimering 91 9.5. Tværsnit 93 9.1. Introduktion 93 9.2. Opstart 9	stø	dlæng	der	.70
6.2. Opsætning 70 6.3. Knuder og stænger	6	5.1.	Introduktion	.70
6.3. Knuder og stænger	6	5.2.	Opsætning	.70
6.4. Understøtninger	ϵ	5.3.	Knuder og stænger	.71
6.5. Laster 72 6.6. Lastkombinationer 73 6.7. Tværsnit og vederlagslængde 73 6.8. Beregning af konstruktionen 73 6.8. 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 9.6. Beregning med optimering 93 9.1. Introduktion 93 9.2. Opstart 93 9.4. Lastkombinationer 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.4. Lastkombination	6	5.4.	Understøtninger	.71
6.6. Lastkombinationer 73 6.7. Tværsnit og vederlagslængde 73 6.8. Beregning af konstruktionen 76 7.6. 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 9.6. Beregning med optimering 93 9.1. Introduktion 93 9.2. Opstart 93 9.3. Tværsnit 93 9.4. Lastkombinationer 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.4. L	6	5.5.	Laster	.72
6.7. Tværsnit og vederlagslængde	6	5.6.	Lastkombinationer	.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 90 8.6. Beregning med optimering 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 9.4. Lastkombinationer 96 10.1. Introduktion 96 10.2. O	6	5.7.	Tværsnit og vederlagslængde	.73
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 9.6. Beregning med optimering 93 9.1. Introduktion 93 9.2. Opstart 93 9.3. Tværsnit 93 9.4. Lastkombinationer 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.4. Lastkombinationer 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.6. Lastkombinationer 96 10.1. Introduktion <td>6</td> <td>5.8.</td> <td>Beregning af konstruktionen</td> <td>.76</td>	6	5.8.	Beregning af konstruktionen	.76
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 8.6. Beregning med optimering 93 9.1. Introduktion 93 9.2. Opstart. 93 9.3. Tværsnit 93 9.4. Lastkombinationer 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.6. Lastkombinationer 96 10.1. Introduktion<	7.	Eks	empel 7: Beregning af samlinger	.82
7.2. Opstart	7	7.1.	Introduktion	.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 9.5. Beregning med optimering 93 9.6. Introduktion 96 10.1. Introduktion 96 10.2. Opsætning 96 10.3. Knuder og stænger 97 10.4. Understø	7	7.2.	Opstart	.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 8.6. Beregning med optimering 93 9.1. Introduktion 93 9.2. Opstart. 93 9.3. Tværsnit 93 9.4. Lastkombinationer 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.6. Lastkombinationer 96 10.1. Introduktion 96 10.2. Opsætning 96 10.3.	7	7.3.	Laster	.82
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 8.6. Beregning med optimering af betonbjælke 93 9.1. Introduktion 93 9.2. Opstart 93 9.3. Tværsnit 93 9.3. Tværsnit 93 9.4. Lastkombinationer 93 9.5. Beregning med optimering 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. <td>7</td> <td>7.4.</td> <td>Samlinger</td> <td>.84</td>	7	7.4.	Samlinger	.84
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 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 9.4. Lastkombinationer 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.6. Introduktion 96 10.1. Introduktion 96 10.2. Opsætning 96 10.3. Knuder og stænger 97 10.4. Understøtninger 98 10.6. Lastkombinationer 99 10.7.	7	7.5.	Undersøgelse af bæreevne	.87
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 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 9.5. Beregning med optimering 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.6. Lastkombinationer 96 10.1. Introduktion 96 10.2. Opsætning 96 10.3. Knuder og stænger 97 10.4. Understøtninger 98 10.6. Lastkombinationer 99 10.7. Laster 99 10.7. Laster 99 10.8. Tværsnit 100 10.9. Søjlevirkning 103 10.10. Brand 103	7	7.6.	Udskrift	.88
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 9.5. Beregning med optimering 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.6. Lastkombinationer 93 9.7. Desempel 10: Søjlevirkning i en beton søjle 96 10.1. Introduktion 96 10.2. Opsætning 97 10.3. Knuder og stænger. 97 10.4. Understøtninger 97 10.5. Lastkombinationer. 99 10.6. Lastkombinationer. 99 10.7. </td <td>8.</td> <td>Eks</td> <td>empel 8: Dimensionering af halkonstruktionsbrandisolering</td> <td>.89</td>	8.	Eks	empel 8: Dimensionering af halkonstruktionsbrandisolering	.89
8.2. Opstart	8	8.1.	Introduktion	.89
8.3. Brand isolering 89 8.4. Beregning uden optimering 90 8.5. Tværsnit 91 8.6. Beregning med optimering 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 9.5. Beregning med optimering 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. Lastkombinationer 99 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	8	3.2.	Opstart	.89
8.4. Beregning uden optimering. 90 8.5. Tværsnit 91 8.6. Beregning med optimering 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 9.5. Beregning med optimering 93 9.6. Introduktion 96 10.1. Introduktion 96 10.2. Opsætning 96 10.3. Knuder og stænger 97 10.4. Understøtninger 97 10.5. Lastkombinationer 99 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	8	3.3.	Brand isolering	.89
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 9.5. Beregning med optimering 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. Lastkombinationer 99 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	8	3.4.	Beregning uden optimering	.90
8.6. Beregning med optimering	8	3.5.	Tværsnit	.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 9.6. Eksempel 10: Søjlevirkning i en beton søjle 96 10.1. Introduktion 96 10.2. Opsætning 96 10.3. Knuder og stænger 97 10.4. Understøninger 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	8	8.6.	Beregning med optimering	.91
9.1. Introduktion 93 9.2. Opstart. 93 9.3. Tværsnit 93 9.4. Lastkombinationer 93 9.5. Beregning med optimering 93 9.6. Eksempel 10: Søjlevirkning i en beton søjle 96 10.1. Introduktion 96 10.2. Opsætning 96 10.3. Knuder og stænger 96 10.4. Understøtninger 97 10.5. Lastkombinationer 97 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	9.	Eks	empel 9: Dimensionering af betonbjælke	.93
9.2. Opstart	9	9.1.	Introduktion	.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. Lastkombinationer 97 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	9	9.2.	Opstart	.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	9	9.3.	Tværsnit	.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	r	9.4.	Lastkombinationer	.93
10. Eksempel 10: Søjlevirkning i en beton søjle	9	9.5.	Beregning med optimering	.93
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	ç			
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	و و 10.	EKS	empel 10: Søjlevirkning i en beton søjle	.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	9 9 10. 1	е к я 10.1.	e mpel 10: Søjlevirkning i en beton søjle Introduktion	.96 .96
10.4. Understøtninger	9 9 10. 1	екя 10.1. 10.2.	empel 10: Søjlevirkning i en beton søjle Introduktion Opsætning	.96 .96 .96
10.5. Lastgrupper	9 9 10. 1 1	EKS 10.1. 10.2. 10.3.	empel 10: Søjlevirkning i en beton søjle Introduktion Opsætning Knuder og stænger	.96 .96 .96 .97
10.6. Lastkombinationer	9 9 10. 1 1 1 1	EKS 10.1. 10.2. 10.3. 10.4.	empel 10: Søjlevirkning i en beton søjle Introduktion Opsætning Knuder og stænger Understøtninger	.96 .96 .96 .97 .97
10.7. Laster	9 10. 1 1 1 1 1	EKS 10.1. 10.2. 10.3. 10.4. 10.5.	empel 10: Søjlevirkning i en beton søjle Introduktion Opsætning Knuder og stænger Understøtninger Lastgrupper	.96 .96 .97 .97 .97
10.8. Tværsnit 100 10.9. Søjlevirkning 103 10.10. Brand 103 10.11. Beregning af konstruktionen 104	9 9 10. 1 1 1 1 1 1 1	EKS 10.1. 10.2. 10.3. 10.4. 10.5. 10.6.	empel 10: Søjlevirkning i en beton søjle Introduktion Opsætning Knuder og stænger Understøtninger Lastgrupper Lastkombinationer	.96 .96 .97 .97 .97 .98 .99
10.9. Søjlevirkning 103 10.10. Brand 103 10.11. Beregning af konstruktionen 104	9 9 10. 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	EKS 10.1. 10.2. 10.3. 10.4. 10.5. 10.6. 10.7.	empel 10: Søjlevirkning i en beton søjle Introduktion Opsætning Knuder og stænger Understøtninger Lastgrupper Lastkombinationer Laster	.96 .96 .97 .97 .97 .98 .99
10.10. Brand 103 10.11. Beregning af konstruktionen 104	9 9 10. 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	EKS 10.1. 10.2. 10.3. 10.4. 10.5. 10.6. 10.7. 10.8.	empel 10: Søjlevirkning i en beton søjle Introduktion Opsætning Knuder og stænger Understøtninger Lastgrupper Lastkombinationer Laster Tværsnit	.96 .96 .97 .97 .97 .98 .99 .99
10.11. Beregning af konstruktionen104	9 9 10. 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	EKS 10.1. 10.2. 10.3. 10.4. 10.5. 10.6. 10.7. 10.8. 10.9.	empel 10: Søjlevirkning i en beton søjle Introduktion Opsætning Knuder og stænger Understøtninger Lastgrupper Lastkombinationer Laster Tværsnit	.96 .96 .97 .97 .97 .98 .99 .99 .00
	9 9 10. 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	EKS 10.1. 10.2. 10.3. 10.4. 10.5. 10.6. 10.7. 10.8. 10.9. 10.9.	empel 10: Søjlevirkning i en beton søjle Introduktion Opsætning Knuder og stænger Understøtninger Lastgrupper Lastkombinationer Laster Tværsnit	.96 .96 .97 .97 .98 .99 .99 .00 .03 .03



1. Eksempel 1: Stålramme i halkonstruktion

1.1. Introduktion

En stålramme i en halkonstruktion 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 $0 \le x \le 12.540$ 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 \square . Nederste venstre hjørne sættes i (0, 0) og øverste højre hjørne sættes i (12.540, 5.240), se Figur 2.



Nederste venstre hjørne:	<u> </u>
X: 0 mm	l yderpunkte
Y: <u>Jo</u> mm	Annuller
Øverste højre hjørne: ×. 12540 mm	<u>H</u> jælp
Y: 5240 mm	

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 \square , 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 resulter 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 료. Hvis filhåndteringen ikke starter i sagsbiblioteket, kan der vælges et sagsbibliotek i konfigurationsprogrammet. Sagen placeres i et sagsbibliotek, navn-gives Eksempel1 og gemmes, se Figur 3.

Save As					? ×
Save in:	Eksempel		•	3 🕫 🖻	-
My Recent Documents	🛅 Gamle filer				
Desktop					
My Documents					
My Computer					
My Network	File <u>n</u> ame:	E]ksempel1		•	Save
Plāces	Save as type:	Ramme 4 (*.rm4)		•	Cancel

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 museknap 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 Se 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 Se. Tryk på knuderne 1, 2, 13 og 14 med venstre museknap, og knuderne vises med rødt. Tryk herefter på Se. 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 \square . Skriv koordinatsættet (0, 0) i indtastningsfelterne, og opret knuden ved at trykke på \square , se Figur 5. Opret tilsvarende en knude med koordinatsættet (12540, 0). Luk oversigten.

		>	Nr.:	X[mm]	Y[mm]	
X: 14 n	nm 🖵		1	0	0	
Y: 0 n	nm 🤶	Slet	2	0	4240	
			3	0	5240	
			4	2090	4240	
			5	2090	5240	
			6	4180	4240	
			7	4180	5240	

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 $\boxed{\mathbf{N}}$. 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 af-krydses feltet for fastholdt i *Y*-retning.

Knude		×
Koordinater: X: 0 Y: 0 mm	Understøtningsforhold: fastholdt i x-retning fastholdt i y-retning fastholdt mod drejning Gaffellejret mod kipning Simpelfastholdt mod udknækning i z-retning	Chamier:
Laster:	Nr.: Gruppe: Last:	
		Opret Ændre Slet
Samling:	Opret Slet	
	<u>D</u> K	<u>Annuller</u> <u>Hj</u> ælp

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 \mathfrak{T} , 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 bjælkelængden 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 Inkludér egenlast (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).



Lastgruppe:										
Benævnelse:	3	Brugerde	finerede p	partialkoe	efficiente	ſ				
Beskrivelse:										
Lastart:										
Permanent la	ast			\bigcirc	Nyttelast					
Vindlast				\bigcirc	Jlykkesl	ast				
🔘 Øvrige natur	laster			0	Vandret	massela:	st			
Permanent last:	Anv	endelse.	STR	/GEO · s	æt B				Ulykke	
	Kar. H	yppig Kvasip	o. 6.10b	6.10a	6.10a	6.10b	6.10	Ulykk	e Brand	Masse
	1		(2.1)	(2.3)	(Jord)	(Jord)	(Vand)		last
Til Llaunst :	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
r ir Grunst										
🔽 Inkludér	egenlast									
	last (angives	for beton):								
Andel af bunden										

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:

- 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 **b**. 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 **2**. 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.

Lastnr.: 1	C Linielast
P1	Linielast: C X - projektion på element (X) C Y - projektion på element (Y) C X - vertikal projektion (V) C Y - horisontal projektion (H) C Vinkelret på element (R) C Aksialt langs element (Å)
p1: 2,5 kN/m p2: 2,5 kN/m	Relativ placering: x1: 0 x2: 0

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.

anglast	
Lastnr.: 1	C Linielast C Punktlast
P	Punktlast C X-retning (X) C Y-retning (Y) C Vinkelret på element (R) C Aksialt langs element (A) C Moment (M)
Størrelse: P: 170 kN	Relativ placering:
Lastgruppe: K1, Nyttelast	
	<u>D</u> K <u>Annuller</u> <u>H</u> jælp

Figur 11: Kranlast på bjælkens midte.

Godkend lasten med **OK**. Luk vinduet med stangdata med **OK**. Gem sagen ved at trykke på \blacksquare .



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**.

aturlastfaktorer	x
Vind Sne Faktorer: Årstidsfaktor, c ² / _{års} Basisvindhastighed ²⁴ m/s Terrænkategori: © 0 - Hav, kystarealer v. åben hav © 1 - Fladt, ved hav, sø eller fjord © 2 - Landbrugsland	Geometri: Fra gavl til last start: 2500 mm Fra gavl til last slut: 7500 mm Længde, I: 50000 mm Manuelt inddateret b og h Bredde, b: 12540 mm
C 3 - Forstad, industri. C 4 - Byområde Formfaktorer for indvendig last: Overtryk, c _{pi} Undertryk, c _{pi} -0,3	Højde, h: 5240 mm

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 \blacksquare . Som tagkonstruktion vælges *Pulttag/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 stangen fra knude 1 til knude 3.
- For tagflade *TV* udpeges stangen fra knude 3 til knude 16.
- For højre facade *FH* udpeges stangen 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).

Naturlastgenerering
Tagkonstruktion Stænger: © Sadeltag Image: TV - Fra: 3 til: 16 O Pulltag / fladt tag Image: TV - Fra: 1 Image: Trugtag Image: TV - Fra: 1 Vindlast Snelast
Max opadrettet last:Max nedadrettet last:
$\begin{bmatrix} \mathbf{T} \mathbf{V} \\ \mathbf{F} \mathbf{H} \\ \mathbf{F} \mathbf{V} \\ \mathbf{V} $
180° Sug+overtryk
<u> </u>

Figur 13: Vindlasttilfælde.

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

ſ.	Benævn.	Туре	Beskrivelse	<u>O</u> pret
	G	Permanent last		
	K1	Nyttelast	Kranlast placeret midt på bjælke	Æ <u>n</u> dre
	K2	Nyttelast	Kranlast placeret i 5/12-delspunkt	Slet
	WOOT	Vindlast	Vindlast fra 0°, Tryk på tag + indv. undertryk	
	S1	Øvr. naturlaster	Snelast, arrangement (i)	

Figur 14: Lastgruppeoversigt.

Nu er alle lastgrupper og laster oprettet. Hvis tabeller er tændt med III, 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 A 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 \square . 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 last-kombination, der beregner hvor meget konstruktionen deformerer sig pga. kranlasten placeret

midt på bjælken, markeres K1, og der trykkes \square , se figur 15. Partialkoefficienten tilknyttes automatisk, så nu er der opstillet lastkombinationen

LAK Karakteristisk: 1,0·*K1*.

Der tillades maksimalt en deformation på 25 mm så bjælkedeformationen 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.

Nr.: 1	
LAK: .Anv. Kar. 💌	
 ✓ Beregn udnyttelse (stål) ✓ Medtages i beregning 	Bjælkedeformation Max. deform. 25 mm
Lastgrupper i LAK:	Lastgrupper: G K2 W000T
	< S1 >
Permanent last regnes til gun	st

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 \checkmark . Derefter inkluderes K1, og som den første variable last tilknyttes den koefficienten 1,5. Snelast og vindlast vælges sidst, og følgende lastkombination er opstillet:

LAK 6.10b: $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot K1 + 0,9 \cdot S1 + 0,9 \cdot W00T$

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

For at sammenligne med anden placering af kranlast opstilles:

LAK 6.10b: $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot K2 + 0,9 \cdot S1 + 0,9 \cdot W00T$

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

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 tværsnitsoversigten ved at trykke på \widehat{D} . 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*.



Tværsnit	×
Nummer: 1	Geometri Vis profil
Beskrivelse: Søjler/Hoved/Fod	Gruppe: Valsede I-profiler
Type: CTræ © Stål CBeton CAndet	ID: HE 200 B
Valg af tværsnit:	I: 56,96 10 ⁶ mm ⁴
C Import fra 'Tværsnit 2' Fra tværsnitstabel	Dimensioner tværsnittet
Orientering af tværsnit: (• udb. om stærk akse	-
C udb. om svag akse	For bæreevneeftervisning: Betegnelse: \$235
	Stangen kan kun optage træk- og trykkræfter
Robusthed	
Faktor 1,2 på materialepartialkoefficienter i brud og ulykke	<u>O</u> K <u>Annuller</u> <u>H</u> jælp

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 wan 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 tværsnit 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 \square og tværsnitsgruppen *Søjler/Ho-ved/Fod* kan vælges.

Tryk **ESC**. Markér de fem vertikaler (4-5, 6-7, 8-9, 11-10 og 13-12), tryk **2** og tilknyt tværsnit *Vertikaler*.

Tryk **ESC**. Markér de seks diagonaler (3-4, 5-6, 7-8, 8-11, 10-13 og 12-16), tryk **2** og tilknyt tværsnit *Diagonaler*.

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



Figur 18: 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 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 **2**. 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 $1 \cdot KI$. 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 *2*. Peg med musen på bjælkens fod, 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 **Snitoversigt** i nederste venstre hjørne, og vælg **Opret**.

Et punkt oprettes, se Figur 21:

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

t		
Beskrivelse:	Deformation	fra kran
Relativ placering:		0,5
<u>o</u> k	Annuller	Hjælp

Figur 21: Oprettelse af punkt.

Tryk OK og der oprettes et punkt midt på bjælken i lastkombination $1 \cdot K1$.

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 oversigter 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 stålprofiltabellen 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 \square . Ved at vælge deformationer for lastkombination $1 \cdot KI$ ses, at deformationen nu er reduceret til de tilladte 25 mm.

Luk resultatvinduet. Gem sagen ved at trykke på 風.

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 **II**. Nu åbnes resultatvinduet. For at se snitkræfter i en bestemt stang skal **N** 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: $1 \cdot G + 1, 5 \cdot K2 + 0, 9 \cdot SI + 0, 9 \cdot W00T$). 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 eller solver at til størrelsen sættes med solver solver at til solversigten.



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.

Inddata Konklusion Deformation LastKombinationer med Max. R Anv. Kar.: 1 * K1 Brud 6.10b: 1 * G + 1,5 * K1 Ø Brud 6.10b: 1 * G + 1,5 * K2 Brud 6.10b: 1 * G + 1,5 * S1	er Reaktioner/Snitkræfter 1 eaktioner/Snitkræfter. + 0,9 * S1 + 0,9 * W00T + 0,9 * S1 + 0,9 * W00T + 1,2 * K1 + 0,45 * W00T	Sidehoved og -fr
Grafik Reaktioner på snitoversigt Reaktioner på egen oversigt Deformationer	Normalkraftkurve Momentkurve Tværkraftkurve	I farver
Datalister Ø Reaktioner Ø E-Moduler Ø Lister med snitkræfter og def.		
Valg af stænger Ø Stænger med største snitkræf Ø Stænger valgt på liste	ter	
Stænger valgt på liste		

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 standardprinteren, kan en anden vælges ved at trykke på *Ind-stil printer*. Tryk *Udskriv* eller *Vis udskrift*.



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

2.1. Introduktion

En 3-charniers ramme med udfligede tværsnit 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 bæreevneeftervis*ning under opstart.

Sagen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990 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 \square . 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 b. Klik med musen på knude 1 og knude 4, så de vises med rødt. Tryk på b, 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 **I**.



Figur 27: Defineret konstruktion.

2.6. Snelast

Der benyttes automatisk lastgenerering for opstilling af snelast.

Tryk på **1**. 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 \mathbf{H} . 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 **H**, 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 \square . Vælg at oprette en lastkombination ved at vælge fanebladet **Anvendelse** og trykke **Opret**. Markér snelasten *S1*, og inkludér den i lastkombinationen med \square . Nu er følgende lastkombination opstillet:

LAK Karakteristisk: 1,0·S1

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
- a₂: 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
- a₂: 1
- $x_1: 0$
- *x*₂: 0,5
- udfliget på undersiden

For at definere et profil der er 2 gange profilhøjden i start punktet 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.

Tværsnit	×
Nummer: 1	Geometri Vis profil
Beskrivelse: Ramme Type: Træ Træ Stål Valg af tværsnit: Kontrol: C Brugerdefineret C Import fra 'Tværsnit 2' © Fra tværsnitstabel Orientering af tværsnit: © • udb. om stærk akse • udb. om svag akse	Gruppe: Valsede I-profiler ID: IPE 300 A: 5,382 10 ³ mm ² I: 83,57 10 ⁶ mm ⁴ Dimensioner tværsnittet For bæreevneeftervisning: Betegnelse: \$235 * Stangen kan kun optage træk- og trykkræfter Stangen kan kun optage trækkræfter
Robusthed	
Faktor 1,2 på materialepartialkoefficienter i brud og ulykke	<u>O</u> K <u>Annuller</u> <u>Hi</u> ælp

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 III, 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 Reller Reller





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 \bigotimes eller \bigotimes .

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 vælg . 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: Bæreevneeftervisning af træramme

3.1. Introduktion

Der opstilles en træramme med en søjle og en drager. Trærammen beregnes efter DS/EN Eurocode 1990. Drageren er udfliget over hele dens længde, mens søjlen er udfliget 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 bæreevneeftervisning af træ* under opstart.



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

Slå grid fra ved at trykke på III. Gem sagen med III. 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 \square . 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 knude2. 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.

Udflignings parametrene sættes til:

- a₁ : 0,5
- $a_2:1$
- x₁:0,6
- x₂:0
- udfliget på undersiden

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

- a₁ : 1
- a₂ : 0,5
- $x_1:0$
- x₂:0
- 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 国



Ø Stang	
Vederlag for betom Fra knude nr.: 1 Længde: 0 mm Til knude nr.: 2 Længde: 0 mm Charnier i venstre ende Udfligning a1: 0.5 0 mm Charnier i højre ende a2: 1 1 1 1 1 1 1 x1: 0.6 1 <td< td=""><td>Søjlevirkning Søjlevirkning undersøges: C I kke I plan vha. knæklængde C I plan/vinkelret på plan vha. knæklængde Knæklængde i plan: 1.4 Knæklængde vinkelret på plan: 1 Max. slankhedsforhold (for stål): 200 ✓ Undersøg kipning Kipnings længde: 1 Last angrebshøjde C Bund © Center © Top</td></td<>	Søjlevirkning Søjlevirkning undersøges: C I kke I plan vha. knæklængde C I plan/vinkelret på plan vha. knæklængde Knæklængde i plan: 1.4 Knæklængde vinkelret på plan: 1 Max. slankhedsforhold (for stål): 200 ✓ Undersøg kipning Kipnings længde: 1 Last angrebshøjde C Bund © Center © Top
Tværsnit:	Anvendelsesklasse (for træ):
<u> </u>	<u>O</u> K <u>A</u> nnuller <u>H</u> jælp

Figur 33: Søjlevirkning for søjle.

3.4. Understøtninger

Tryk \bigcirc 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.



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 Projection 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 **B**.



Hvis tabeller er tændt med III, 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.

Naturlastfaktorer	×
Vind Sne	
Faktorer:	Geometri:
Årstidsfaktor, c ²	Fra gavl til last start: 12500 mm
Basisvindhastighed 24 m/s	Fra gavl til last slut:
	Længde, I: 30000 mm
Terrænkategori:	Manuelt inddateret b og h
C 1 - Fladt, ved hav, sø eller fjord	Bredde, b: 7800 mm
 2 - Landbrugsland 3 - Forstad, industri. 	Høide, h: 4300 mm
O 4 - Byområde	
Formfaktorer for indvendig last:	
Overtruk, c . 0,2	
Undertryk, c	
pi pi	* * **
	<u>O</u> K <u>Annuller</u> <u>H</u> jælp

Figur 36: Naturlastfaktorer for vind.



Hvilke tilfælde der skal opstilles, vælges under \mathbb{H} . 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 *W*00*T* 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 vindlaster og på Figur 38 ses de automatisk genererede sne laster.



Figur 37: Automatisk genereret vindlast.



8	55 .	28	10	1	22	8	85 .	20		10	22	8	82	20	23	N	32	8
G.		-5 -55		i.	×	14	10	82		ie.		10	10.	-2		- 12		10
3		•33	0	N	(i)	2	8	-02	8	N	8	22	89	-0	8	×	8	22
e		-93				8	22	-93			8	8	22	-	:		31	8
S.		1		÷.		11	12	10	•	1		1	12	188	•	81	•	
8		100	\$1	ų.	0	11	84	10	<u>1</u>	12	3	11	84	10	5	12	8	8
8		26	13	12	12	8	83 .	25		12	22	8	8 .				2	8
4		-				14	10	10				***-*		22 222	1			10
		•		1	1					·			÷.	•				22
							· · · · ·										2241	
a.		· · · ·	· · · · ·					-8										
82																		12
	-																	

Figur 38: Automatisk genereret snelast.

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

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 lastkom-

binationen. *S1* markeres, og der trykkes \checkmark . Partialkoefficienten tilknyttes automatisk, så nu er der opstillet lastkombinationen

LAK Karakteristisk: 1,0.SI

Bjælkedeformationen sættes til 20 mm, da der er et krav om at den højest 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 \checkmark . Derefter inkluderes *S1*, 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 tværsnitsoversigten 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 limtræsprofilet 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 tværsnitsoversigten.

Tværsnit	×
Nummer: 1	Geometri Vis profil
Beskrivelse: Limtræ	Gruppe: Rekt. limtræ
Type: Type: O Stål O Beton O Andet	ID: 140x500
Valg af tværsnit	A: 70,00 10 ³ mm ²
O Brugerdefineret O Skærpet	1: 1458 10 mm
Import fra 'T værsnit 2' Fra tværsnitstabel Normal	Dimensioner tværsnittet
Orientering af tværsnit: • udb. om stærk akse • udb. om svag akse	
Systemfaktor:	
	🔲 Stangen kan kun optage træk- og trykkræfter
	Stangen kan kun optage trækkræfter
Robusthed	
Faktor 1,2 på materialepartialkoefficienter i brud og ulykke	<u>O</u> K <u>Annuller</u> <u>H</u> jælp

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 S. 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 in 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 sog 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 limtræsprofilet 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* unde *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 standardprinteren, 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 <u>F</u>iler.<u>G</u>em som. Sagen navngives EksempelStaal.rm4.

4.3. Søjlevirkning/kipning

Tryk i for at kunne vælge stænger. Dobbeltklik med musen stangen fra knude 3 til knude 16. Indtast kipning, idet der vælges at der skal undersøges for kipning og kipningslængden sættes til 0,5 og lasten angriber 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.

Vederlag for beton Fra knude nr.: 3 Længde: 0 mm Charnier i venstre ende	Søjlevirkning Søjlevirkning undersøges: ⊘ Ikke	
Til knude nr.: 16 Længde: 0 mm Charnier i højre ende	◉ I plan vha. knæklængde ⊙ I plan/vinkelret på plan vha. I	knæklængde
a1: 1,000 Regnes med 3 flanger	Knæklængde i plan:	0,5
a2: 1,000 x1: 0 h_{μ} h_{μ	Max. slankhedsforhold (for stål):	1 200
x2: 0 Udfliget på: Overside Ounderside	 ✓ Undersøg kipning Kipnings længde: 0,5 Last angrebshøjde ○ Bund	
Laster på stang P1 P2 Nr. Gruppe; Last: 1 G p1=2,5kN/m, p2=2,5kN/m, x1= 2 W00T p1=1,057kN/m, p2=1,057kN/m 3 W00T p1=1,057kN/m, p2=1,057kN/m 4 W00T p1=1,761kN/m, p2=1,761kN/m 5 S1 p1=4kN/m. p2=4kN/m. x1=0 x	=0 x2=0 n, x1=0 x2=0,9164 n, x1=0,0836 x2=0,5821 n, x1=0,4179 x2=0 2=0	
Tværsnit: Stål - Søjler/Hoved/Fod - HE 220 B	Opret Ænd Anvendelse ▼ Klasse 1	re <u>S</u> let sklasse (for træ): 👻

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, kipningslængden sættes til 0,5 og lasten angrebshøjde sættes til Center, som vist i Figur 46.

Luk vinduet.

 I plan vha. knæklængde 	Kipningslængde: 0,5 Last angrebshøjde
C I plan/vinkelret på plan vha. knæklængde næklængde i plan: næklængde vinkelret på plan: 1 tax. slankhedsforhold (for stål):	

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 **2**.

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 så 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 **2**.

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: $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot K2 + 0,9 \cdot S1 + 0,9 \cdot W00T$. 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 *tværsnitsud-nyttelse* afvinges. Luk vinduet, og resultat vises på oversigten, se Figur 47.



Figur 47: Udnyttelseskurve med maksimal udnyttelse af bjælkefod.



Ved at bladre 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: $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot KI +$ $0,9 \cdot SI + 0,9 \cdot W00T$. 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.

Resultat for 2.ordens b	eregning		x
a q q q q (4	8		
Oversigt:	Udnyttelse stål:	LAK Laster	-
C Kræfter/deformationer	🔘 Tværsnitsklasse	Anv. Kar.: 1 * K1	
	C Udnyttelse	Brud 6.10b; 1 * G + 1,5 * K1 + 0,9 * S1 + 0,9 * W00T	
Idnuttelse		Brud 6.10b; 1 * G + 1,5 * K2 + 0,9 * S1 + 0,9 * W00T	— .
Calif.com	Søjlevirk./Kipning	Brud 5.1001 1 "G + 1.5 " ST + 1.2 " KT + 0.45 " W001	•
			-
60% 80% 10	0%	-0.8779	
3	- î		16
2			15
	4	6 8 10 12	
			E
1		14	-
•			•

Figur 48: Søjlevirkningskurve med maksimal søjlevirkning af bjælkehoved.

4.7. Undersøgelse af bæreevne, vha. den kritiske søjlekraft

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

Dette gøres ved at trykke på **k** til højre for **k**.

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

Metoden for bestemmelse af den kritiske søjlekraft 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 bladre 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: $1,0 \cdot G + 1,5 \cdot KI + 0,9 \cdot SI + 0,9 \cdot W00T$ 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 \square for opstilling af en brandkombination. Vælg faneblad for **Ulykke**, og tryk på **Opret**. Opstil en LAK Brand med 1,0·*G*+0,8·*K*2. 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 **D**. Brandtiden vælges til 30 minutter, og der afvinges 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 **D**.

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



🕖 Resultat for 2.ordens l	beregning			
🗿 Q Q Q Q 4	>			
Oversigt:	Udnyttelse stål:	LAK	Laster	
C Kræfter/deformationer	🔿 Tværsnitsklasse	Brand:	1 * G + 0,8 * K2	
	Udnyttelse			
Udnyttelse	C Calculate d Minister			
				F
60% 80% 100	1%			
3	5	1	9 11 13	16
2			8,421	15
	4	6	8 10 12	
1				14

Figur 50: Udnyttelse af tværsnit i brandkombinationen.

Med **1** 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 standardprinteren, kan en anden vælges med **Indstil prin**ter. 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 anneks.

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

10	\$	10	35	<u>\$3</u>	1	82	20	\$	20	10	<u>\$3</u>	10	8	50	10	2	10	\$3)	1	25	20	-	12	1
-	10		0		98	33	6	8		•33		8		83	х.		60		8	0.	83	8	38	ł
482		-		48	32		25			-82	48	22		13		14	-	20	12		19 –	-	3	
100			84		1	63	20		12	18			63	33			10			84	10	ļ	63	5
		11					2					3						4						
-82	•	3					-2					-8-						- A-				-R°		
							9,9,					<u>99</u>						9,9,				9,9 ,		
-33	<u>(</u>	i	0		S.	3	919 7.	×	U.	-0	×.	99 .	3	85	8	u.	13	99 .	×	65	85	??? . i	8	ł
-00 -201	× S	Ĺ	() 	e 2	ж 2	38 38	999 .	30 82	u Si	-0 23		99 .	22 23	83 23	X Q	и 1	20 20	99 .	ж 22	65 63	е 21_	?? .	а 3	3 2
33 33 33		Ĺ		2	× 2		}}}.	*	и С	8 23	2	99 .			× :	•		99 .	2	80 82 82		೫ . 	3 33 34	
	20 20 20	Ĺ					}}}.	2 1 1	3 9 9		н 2 10	999 .		85 20 30	× 11		-00 -20 -20	99 .	2		86 20_ 36	777 . 	8	

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 anneks 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 \bigcirc 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 **I**. 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**



dsæt kr	uder	
Fordeling	i af knuder:	
Ford	eles jævnt	
C Rela	iv afstand angives	
	Antal knuder: 3	
Flydele	d iknuder	
	K Annuller	Hiælo

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 \blacksquare 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 $\boxed{}$ 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 placeing = 0). Der indsættes flydeled i knuden. Se Figur 53. Godkend med **OK**

 Relativ afstand angives Antal knuder: 1 	 ordeles jævnt 		
Antal knuder:	Relativ afstand a	ngives	
	ital knuder:		1
Relativ afstand fra start til første knude:	ativ afstand fra s	start til første ki	nude: 0
Relativ afstand mellem knuder: 0	elativ afstand mell	lem knuder:	0

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 国.



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 Inkludér 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 eteger: *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 **b** 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: *Knudelast 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 国.

Hvis tabeller er tændt med \blacksquare , 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 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 **P**. 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.



Naturlastfaktorer	د
Naturlastfaktorer Vind Sne Faktorer:	Geometri: Fra gavl til last start: 12500 mm Fra gavl til last slut: 17500 mm Længde, I: 30000 mm
 O - Hav, kystarealer v. åben hav O 1 - Fladt, ved hav, sø eller fjord O 2 - Landbrugsland O 3 - Forstad, industri. O 4 - Byområde 	Manuelt inddateret b og h Bredde, b: 10000 mm Højde, h: 0 mm
Formfaktorer for indvendig last: Overtryk, c _{pi} 0.2 Undertryk, c _{pi} -0.25	
[<u>O</u> K <u>A</u> nnuller <u>H</u> jælp

Figur 56: Naturlastfaktorer for vind.

Hvilke tilfælde der skal opstilles, vælges under \mathbb{H} . 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 *W*00*T* 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 **N**.

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





Figur 57: Automatisk genereret vindlast.

Plan ramme 4 - [T:\Arbejdssource\Source 2011\JUST\Ramme4\Eksempel\EksempelBeton]	
Filer Opsætning Oversigt Naturlast Redigér Zoom Brand Beregning Hjælp	
□ ┗ ┗ ❸ ラ / ↓ 苹 田 田 ◎ ④ ♀ ♀ ♀ ♂ 탑 昬 参	
▶ 函 函 宝 ❷ 冊 ☆ 斋 ピ 転 仔 ⊷ 沙 ※) 圖 × 〓	
	Knuder Stænger Lastgrupper Tværsnit 3D
	Nr. Benævn. Type
🎕	1 G Permanent last
	3 U Ulvkkeslast
	4 W00T Vindlast
	5 S1 Øvr. naturlaster
X: 7080, Y: -665	1.

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 **Opret**, mens faneblad **Anvendelse** er valgt. Her vælges lastgrupperne, der indgår i lastkombinati-

onen. G markeres, og der trykkes \checkmark . Tilsvarende tilføjes N, W00T og S1. Partialkoefficienten tilknyttes automatisk, så nu er der opstillet lastkombinationen:

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:

LAK Kvasipermanent: 1,0·G + 0,2·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 **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 last-

kombinationen med \checkmark . Derefter inkluderes *N*, og som den første variable last tilknyttes koefficienten 1,5. Som næstsidste og sidste lastgruppe tilføjes *W*00*T* og *S1*.

LAK Brud 6.10b: 1,0.G + 1,5.N + 0,45.W00T + 0,45.S1



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

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

og

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 tværsnitsoversigten med D. 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.



Tværsnit	×
Nummer: 1 Beskrivelse: Betonbjælke	Geometri Vis profil
Type: C Træ C Stål O Beton O Andet	
Miljøklasse: Kontrol: © Passiv © Skærpet © Moderat © Normal © Aggressiv © Lempet	Ændre forudsætninger, dimension og armering
Dæklag (inkl. tolerance): Cot Theta: Cot Alpha: • Afledes automatisk 2,5 0	Højde: 0 mm Bredde: 0 mm
Beton: Styrke, fck: 50 MPa Densitet: Max. kornstørrelse: 32	
✓ Insitu støbt beton	
 Sikringsrum Der regnes med trækspændinger i uarmeret beton Faktor 1,2 på materialepartialkoefficienter i brud og ulykke 	<u>O</u> K <u>A</u> nnuller <u>H</u> jælp

Figur 59: Opret nyt rektangulær betontværsnit.

Herefter trykkes på

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 placereres 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.

400				
Højde, h:	mm		os	
Bredde, b: 250	mm		• •	•
Armering:			• •	•
Levender Y - Tentor	Overside:			
Længde: [1 Terker	Underside:			
	25 💌		• •	•
Bøjle: Y - Tentor	- 6 -	, ¥ ¥	US	
· ,		×		(bøjler vises ikł
Armeringslag:				
Armeringslag: Placering angives fra u Placering angives fra u	iverside (DS) inderside (US)			
Armeringslag: Placering angives fra o Placering angives fra u	werside (OS) Inderside (US)		eting:	
Armeringslag: Placering angives fra o Placering angives fra u Lag nummer:	iverside (DS) inderside (US)	Oversidearm	ering: Fast: Auto	Afstand:
Armeringslag: Placering angives fra u Placering angives fra u Lag nummer: Antal armeringsstænger:	iverside (OS) inderside (US)	Oversidearm	ering: Fast: Auto: 3 Ja 2 Ja	Afstand:
Armeringslag: Placering angives fra u Placering angives fra u Lag nummer: Antal armeringsstænger: Heraf fastholdte stænger	werside (DS) Inderside (US)	Versidearm Nr: Antal: 1 3 2 3	ering: Fast: Auto: 3 Ja 2 Ja	Afstand: 38 89

Godkend profilet med OK.

Figur 60: Betonprofil.

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



værsnit	D
Nummer: 1	Geometri Vis profil
Beskrivelse: Betonbjælke	
Туре:	, os
C Træ C Stål ⊙ Beton C Andet	• • • 3Y14
Miljøklasse:	• • • 3Y14
Moderat	
C Aggressiv C Normal	400
C Ekstra aggressiv C Lempet	
Dæklag (inkl. tolerance): Cot Theta: Cot Alpha: Cot	• • • 3Y 25
Trykarmering medtages i deformations-/bæreevnebereg.	y 250 ↓ Bøjler: Y6 er ikke vist
Beton:	
Styrke, fck: 50 💌 MPa Densitet:	
Max. kornstørrelse: 32 💌 mm 2400 kg/m³	
Insitu støbt beton	
🔲 Sikringsrum	
Der regnes med trækspændinger i uarmeret beton	
Faktor 1,2 på materialepartialkoefficienter i brud og ulykke	<u> </u>

Figur 61: Vis Profil.

Godkend tværsnittet med OK og luk tværsnitsoversigten.

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 **B**.

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 \mathcal{V} her markeres *Ikke* under *Søjelvirkning under-søges* og markeringen i *Undersøg kipning* fjernes. Godkend med **OK**. Gem sag med \square .



5.9. Brand

Brandvarigheden i brandkombinationen sættes med **D**. 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

Brand - beton	
Brandtid: 60 💌 minutter	
Fremstillingsproces for armeringen	Ingen krav 💌
Tuppropit	Prood of cido
Tværsnit Betonbjælke - 1	Brand på side 1 Over, Under, Venstre, Højre,
Tværsnit Betonbjælke - 1	Brand på side 1 Over, Under, Venstre, Højre,
Tværsnit Betonbjælke - 1	Brand på side 1 Over, Under, Venstre, Højre, 💌
Tværsnit Betonbjælke - 1	Brand på side 1 Over, Under, Venstre, Højre,

Figur 62: Brand.

5.10. Beregning af konstruktionen

Nu kan sagen beregnes. Tryk på **I** 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 anneks 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.

Besultat for 1.ordens be	eregning				x
😹 Q, Q, Q, Q, 🤞	>				
Oversigt:	Udnyttelse beton:	LAK	Laster		
Kræfter/deformationer	Udnyttelse	Anv. Kar.:	1 * G + 1 * N + 0,3 * W00T + 0,3 * S1		
I I douttalea	🔘 Udn. for bunden last	Anv. Kvasip	1 * G + 0,2 * N		
	Forskydning	Brud 6.10b:	1 * G + 1,5 * N + 0,45 * W00T + 0,45 * S1		
Langtidsdeformationer	Eorskudpings armering	Ulykke:	1 * G + 0,2 * N + 1 * U		
A Korttidsdeformationer		Brand:	1 * G + 0,3 * N		
O Kolkidsderolinidioner	🔘 Udn. søjlevirkning	•			- F
60% 80% 100	1%				-
1 2	3		4 ^{0,4860}	5	 6
•					► d

Figur 66: Udnyttelseskurver for ulykkeskombination.

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

Resultat for 1.ordens ber	regning				- 0 X
🍯 🔍 Q 🞗 🎗 🥔	:				
Oversigt:	Udnyttelse beton:	LAK	Laster		
C Kræfter/deformationer	Odnyttelse	Anv. Kar.:	1 * G + 1 * N + 0,3 * WOOT + 0,3 * S1		
	🔘 Udn. for bunden last	Anv. Kvasip	1 * G + 0,2 * N		
Ouriyaeise	Forskydning	Brud 6.10b:	1 * G + 1,5 * N + 0,45 * W00T + 0,45 * S1		10
Langtidsdeformationer	Eorskudnings armering	Ulykke:	1 * G + 0,2 * N + 1 * U		
C Korttidedeformationer		Brand:	1 * G + 0,3 * N		
Concidentiationer	🔘 Udn. søjlevirkning	•			۱. F
60% 80% 1009	%				E
1 2	3		40,7209	5	
					•
			III		

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 tvær-

snittet. Tryk på knappen <u>Ændre forudsætninger, dimension og armering</u>. Herefter ændres højden til 480 mm og godkend ændringen med **OK**.

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

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.

Resultat for 1.ordens b	eregning	-	1 1 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		x
🗿 🔍 Q 🔍 Q 🔌	>				
Oversigt:	Udnyttelse beton:	LAK	Laster		
🔘 Kræfter/deformationer	Udnyttelse	Anv. Kar.:	1 * G + 1 * N + 0,3 * WOOT + 0,3 * S1		
I I douttelse	O Udn. for bunden last		1 * G + 0,2 * N		
Canyacise	Forskydning	Brud 6.10b:	1 * G + 1,5 * N + 0,45 * W00T + 0,45 * S1		
Langtidsdeformationer	Forskydnings armering	Ulykke:	1 * G + 0,2 * N + 1 * U		
Korttidsdeformationer	Udn sailevirkning	Brand:	1 * G + 0,3 * N		_
		•			 - F.
					*
60% 80% 100	0%				
					E
, 2	3		40,9816	5	
					, UI
					-
•			m		•

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 **P** 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 komme 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 faser.)

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 snitkraftfordeling.



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 standardprinteren, 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 anneks.



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 bæreevneef-tervisning af beton*" 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 (-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 forstøre 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 **I**. 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 museknap 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 afkrydses i *Inkludér egenlast* (herved beregnes egenlast fra profiler automatisk).

Der skal ikke ændres i partialkoefficienter. Godkend med OK.

Luk lastgruppeoversigten.

Tryk på **b** 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 \blacksquare , 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.

_																					_		
ø	Plan i	ramn	ne 4 -	[T:\/	Arbe	jdss	ource	e\So	urce	201	1\JL	JST\	Ram	me4'	\Eks	empe	el\Ek	semp	elBe	tonFo	ran	ikring]	_ 🗆 ×
₽	Filer	Ops	ætning	0	versiç	jt N	laturk	ast	Redig	jér	Zoom	n Br	and	Bere	gning	i Hja	xelp						_ 8 ×
Ľ	6		ð ") (1	₫ [Ħ		Q	Q	<u>P</u>	<u>a</u>	1			1	3					
k			8	₽	P	冊		<u>,0</u> ,	$\pi'^{\rm D}$	i-	ΎΥ		*	4			Х	-					
Q																						Knuder Stænger Lastgrupper Tvæ	snit 3D
4														-							Ш	Nr. Benævn. Type	
9																		_	1		Ш	1 G Permanent last	
			1			Т			Ш	Т			Т	Ш							Ш		
																					Ш		
						**	***		***		***		**	***	**						Ш		
														-							Ш		
																					Ш		
		egenl	ast for	rhe	le ko	nstr	uktia	nen															
																					1	<u> </u>	
																			X	: 2360,	γ: -	-20	//

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 \square .

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 tværsnitsoversigten 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: 25 MPa.
- Max. kornstørrelse: 32 mm.
- Dæklag: Afledes automatisk
- Insitu støbt

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



rværsnit	Reconstri Vis profil
Nummer: 1	
Beskrivetse: Betonbæike Type: C Træ C Stål O Beton C Andet Miljøklasse: Kontrot	Profilitype: Ikke defineret
C Passiv C Aggressiv C Ekstra aggressiv Cat Alpha C	Opret: Rektangulær profil Cirkulær profil Pladeprofil Cirkulær profil rekt arm T - profil T - profil/plade
Trykarmering medtages i deformations-/bæreevnebereg. Beton: Styrke, fck: 25 ▼ MPa Densitet: Max. kornstørrelse: 32 ▼ mm 2400 kg/m ² Insitu støbt beton □ Letkonstruktionsbeton	
 Sikringsrum Der regnes med trækspændinger i uarmeret beton Faktor 1.2 på materialepartialkoefficienter i brud og ulykke 	<u>Q</u> K <u>A</u> nnuller <u>H</u> jælp

Figur 74: Opret nyt rektangulær betontværsnit.

Ændre forudsætninger, dimension og armering

Herefter trykkes på

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 placereres 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.



ktangulæ	betonp	rofil								
Dimensione Højde, h: Predde, h:	;	500 300	m	m			-	os	28	1
Armening:							•	•	•	
Længde:	Y · Ny '	l'entor	-	Dverside: 10 💌 Underside	c					
Bøjle:	Y · Ny	l entor	•	6 💌	t	y ×	•	US	(bøj] Ier vises ik
Armeringsla): ing angive	es fra ove	rside (OS							
Armeringsla Placer Placer): ing angive ing angive	es fra ove es fra und	rside (OS erside (L	5] IS)						
Armeringslar Placer Placer Lag nurr Antal arr Heraf fa:); ing angive ing angive mer: neringssta	es fra ove es fra und enger: ænger:	rside (OS erside (L	5) 	Ove Nr:	rsidearm Antal:	ering: Fast: 3	Autr	р: Д	ıfstand: 16
Armeringsla Placer Placer Lag num Antal arr Heraf fa:	a; ing angive mer: reringssta itholdte st	es fra ove es fra und enger: ænger:	rside (DS) S) 	Ove Nr: 1	rsidearm Antal:	ering: Fast: 3	Auto	р: Д З	sfstand: 16

5

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

Nummer: 1	Geometri Vis profil
Beskrivelse: Betonbjælke	
Туре:	<u> os</u>
C Træ C Stål . ● Beton C Andet	1 • • • 3Y10
Miljøklasse: Kontrol: O Passiv Ø Skærpet	
Moderat Aggressiv O Normal	500
C Ekstra aggressiv C Lempet	
Dæklag (inkl. tolerance): Cot Theta: Cot Alpha: • Afledes automatisk • mm 2.5 0	US 300 X X X X X X X X X X X X X X X X X X
Trykarmering medtages i deformations-/bæreevnebereg.	↓y Bøjler: Y6 erikke vist
Beton:	
Styrke, fck: 25 MPa Densitet:	
Max. komstørrelse: 32 💌 mm 🛛 🛛 🛛 🛛 🔤	
☑ Insitu støbt beton	
Der regnes med trækspændinger i uarmeret beton	
Faktor 1,2 på materialepartialkoefficienter i brud og ulykke	OK Annuller Hiæln

Figur 76: Vis Profil.

Godkend tværsnittet med \mathbf{OK} og luk tværsnitsoversigten.



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.

Stang	×
Vederlag for beton Fra knude nr.: 1 Længde: 20 mm I	Søjlevirkning Søjlevirkning undersøges: C Ikke
Til knude nr.: 2 Længde: 50 mm Udfligning for stål/træ a1: 1,000 a2: 1,000 x1: 0	I plan vha. knæklængde I plan/vinkelret på plan vha. knæklængde Knæklængde i plan: 1 Knæklængde vinkelret på plan: 1 Max. slankhedsforhold (for stål):
x2: 0 Udfliget på:	Undersøg kipning Kipnings længde: 1 Last angrebshøjde C Bund © Center © Top
Laster på stang P P P X X Nr.: Gruppe: Last: 1 G p1=70kN/m, p2=70kN/m, x1=0	x2=0
Tværsnit: Betonbjælke - 1	Anvendelsesklasse (for træ):
	<u> </u>

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 **I** 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.

🕖 Resultat for 1.ordens	beregning			
<i>🖴</i> Q, Q, Q, Q, 🍕	>			
Oversigt: C Kræfter/deformationer C Udnyttelse C Langtidsdeformationer	Udnyttelse beton: Udnyttelse Udn, for bunden last Forskydning Forskydnings armering	LAK Brud 6.10b:	Laster 1 * G	
60% 80% 100	Udn. søjlevirkning			•
4	1		0,8159	2

Figur 78: Udnyttelse i brud.

Vælg bog 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 skærmbilledet på Figur 80.

Der angives:

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



Relativ placering:	,25

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 skærmbilledet i Figur 81, hvor snit for stød i armeringen er tilføjet. Marker "Stød – Vestre side" og marker "Tværsnitudnyttelse" og "Forskydning". Gentag for "Stød – Højre side". Snitoversigten lukkes.

Viste snit på oversigt	×
Resultat: C Kreefter/Deformationer Max. Udnyttelse Ø Stad - Venstre side Ø Stad - Højre side	 Bæreevne Vises for: ▼ Tværsnitsudnyttelsej ▼ Forskydning Udn. Søjlevirkning
Snitoversigt	Luk <u>H</u> jælp

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.

🟉 Resultat	for 1.ordens l	beregning				
🎒 🔍 G	K 🙉 🔍 🍕	>				
Oversigt: C Kræfter/ C Udnyttel C Langtids C Korttidsd	deformationer se deformationer leformationer	Udnyttelse beton: C Udnyttelse C Udn. for bunden last Forskydning C Forskydnings armerir C Udn. søjlevirkning	G	ster G		<u> </u>
50%	. 80% 100	% 1,0,3437	0,1718		0,1718	
4						 ▼ ♪ ∥

Figur 82: Forskydningsudnyttelse for lastkombination Brud 6.10b.



Vælg log 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.

Plac.	V	TEd	σ _α	σ _{cd,tili}	ΔN_{Ed}	z	Veder- lags- længde	Stød Bøjle- antal	- og foran Bøjle- afstand	kring Forankr. Iængde	Stød- længde
(01)	[kN]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[kN]	[mm]	[mm]		[mm]	[mm]	[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	-

Forskydning og forankring/stød:

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 **Udfligning.rm4**. For ikke at overskrive denne sag, gemmes sagen i et nyt navn med menupunktet <u>F</u>iler.<u>G</u>em 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)
- $p_1: 3 \text{ kN}$
- $p_2: 3 \text{ kN}$
- Lastgruppe : G

Stanglast	X
Lastnr.:	Lasttype © Linielast © Punktlast
P2 P1 ***x1	Linielast: C X - projektion på element (X) C Y - projektion på element (Y) C X - vertikal projektion (V) C Y - horisontal projektion (H) C Vinketet på element (R) C Aksial langs element (A)
Størrelse: p1: 3 kN/m p2: 3 kN/m	Relativ placering: x1: 0 x2: 0
Lastgruppe: G, Permanent last	
)	<u>Annuller</u> <u>H</u> jælp

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 E, på fanen *Vindlast* markeres "0° Sug + overtryk" og "0° Max tryk/sug", se Figur 86.

Naturlastgenerering	×
Tagkonstruktion Staenger: Image: Staenger: Image: TV - Fra: Image: Pulttag / fladt tag Image: TV - Fra: Image: TV - Fra: Itit Image: Vindlast Snelast	Udpeg IFH - Fra: 3 tit 5 Udpeg Udpeg IFH - Fra: tit Udpeg
Max opadrettet last:	Max tværlast
Image: space state stat	↓ ↓
	<u> </u>

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 🗒, vælge fanebladet **Brud** og vælg **Opret**. Opret lastkombinationen :

LAK 6.10b : 1·G + 1,5·S1

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

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

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 国.



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):

n

	C Hjørne samling	C Stød samling
	 Kip samling 	C Fod samling
	Samling C Kip med bolte inden for profilerne	C Kip med 2 bolt rækker uden for profilerne
	C Kip med 1 bolt række uden for profilerne	Kip med chaniere
lada data Ìnsta d		
Definition of udstik	sta j fra profil eller fra boltrække	
Udstik	Udstik	
L	ai kaanaanaa ka	
Jdstik overside	10 mm	
Jdstik underside	10 mm	
Bredde	200 mm	
Tykkelse	20 mm	
5tålkvalitet	5235 -	

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 rød, 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, co	: 30 mm
Afstand fra flange til boltrække, cu	: 30 mm
Afstand mellem boltrækkerne, c _{bo}	: 35 mm
Afstand mellem boltrækkerne, c _{bu}	: 35 mm
Afstand mellem bolte, eb	: 40 mm

	Typer							
	C Hjørne samling	0	Stød sar	nling				
	C Kip samling		Fod sam	iling				
	Samling	~	Usediat	fod mod holi	o indon fo	or profil		
╨┯┯╨	C Lodret fod med 1 bolt række uden for profilerne	č	Vandret	fod med 1 h	olt række	uden fr	erne vr. profile	erne
	C Lodret fod med 2 bolt rækker uden for profilerne	Ċ	Vandret	fod med 2 b	olt rækker	uden f	or profil	lerne
Nade data Bolte data								
1000 0000	- 1							
Bolt		M14	•	Kvalitet	4.8	•		
Antal bolte pr. række	e i hver side af samlingen (Den viste samling har n=2):		2	stk.				
Antal boltrækker i ove	ersiden, no:		2	stk.				_
Antal boltrækker i un	dersiden, nu:	í –	2	stk.	<u>Ca</u> e	_{h e} e		-
Afst. center krop til 1	. bolt, e:	Ē	30	mm	Cho			0
Afst. center overside	-flang til 1. bolt række indvendig, co:		30	mm				
Afst. center overside	-flange til boltrække udvendig, coo:		0	mm				
Afst. center undersid	e-flang til 1. bolt række indvendig, cu:		30	mm				
Afst. center undersid	e-flang til 1. bolt række udvendig, cuu:		0	mm	Chu I	°	l°.	0
Afst. mellem boltræk	xerne i oversiden, cbo:		35	mm	C.	°	°	٥
Afst. mellem boltræk	erne i undersiden, cbu:		35	mm	<u>**</u> E			
Afstand mellem bolter	ne, eb:		40	mm				
Ligger boltene uden f eller undersiden af pr	or samlingne i oversiden ofilet?	E Ba	lt i oversi	den				

Figur 88: Opret fodsamling.

Accepter ved at trykke på **OK**.

Hvis tabeller er tændt med **H**, 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, co	:	110 mm
Afstand fra flange til boltrække, cu	:	110 mm
Afstand mellem boltrækkerne, cbo	:	166 mm
Afstand mellem boltrækkerne, c _{bu}	:	166 mm
Afstand mellem bolte, eb	:	40 mm

Accepter ved at trykke på **OK**. Gem sagen med **I**.

Placeringen af boltene er funder ud fra følgende betragtninger.

Pladehøjde i snittet er $2 \cdot 300 \text{ mm}$ pga. udfligning + 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	Min(280, 200) = 200
H_{3o}, H_{3u}	18	120
W1 (2·e)	36	Min(280, 200) = 200
W2 (e _b)	36	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 bolten ens i oversiden og undersiden dvs. at H_{20} og H_{2u} er ens mm.



Plade højden er 757,5 + 2 · 10 – 10,7 = 766,8 mm fordelt som $H_1 + 2H_2 + 2H_3$ Hvor

$$33 \le (H_2 = cb) \le 200 \implies 33 \le c_b \le 200$$

$$18 \le (H_3 = 10 + c) \le 120 \implies 8 \le c \le 110$$

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

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

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 mm.

7.5. Undersøgelse af bæreevne

For at lave en 1. ordens beregning trykkes på \blacksquare . 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. profill og -2. Desuden kan ses styrkerne for pladen og bolten og de udnyttelsen 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 3 i samlings resultat vinduet. Hvis man vil udskrive resultater ud for hele konstruktionen skal man trykker på 3 i resultat vinduet.

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

Printer:		
HP LasesJet 4345 m/p PCL 5		
Saming		
Samling i knuden: Grafisk Resultat tabel		Sidehoved og -foo Indstil printer
		Vis udskrift I farver Stor grafik

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.

Printer:	
HP LasesJet 4345 m/p PCL 5	
Reaktioner/Snitkræfter Udnyttelser materialer Samlinger St	x * *
LastKombinationer	
Lastkombinationer med Max. værdier.	Sidehoved og -fod
V Brud 6, 10b: 1 * G + 1,5 * S1 V Brud 6, 10b: 1 * G + 1,5 * W00S	Indstil printer
Brud 6. 10b: 1 * G + 1,5 * WOTS	
	∐is udskrift
	I farver
	Stor grafik
Dataister Ø Lister med spændinger, styrker og udnyttelser	
Dataister Ø Lister med spændinger, styrker og udnyttelser	
Datalister I Lister med spæendinger, styrker og udnyttelser Valg af samlinger	
DataIster Will Lister med spændinger, styrker og udnyttelser Valg af saminger Øg af saminger Øg af saminger	
Datalister Catalister med spændinger, styrker og udnyttelser Valg af samlinger 19 Samling Irkude 1 19 Samling Irkude 3 10 Samling Irkude 3	
Dataister Uter med spændinger, styrker og udnyttelser Valg af samlinger Ø samling i knude 1 Ø samling i knude 2 Ø samling i knude 3 Ø samling i knude 3 Ø samling i knude 4	
Databate Custor ned spendinger, styrker og udhyttelser Valg af anninger Ø samling i trude 1 Ø samling i trude 2 Ø samling i trude 3 Ø samling i trude 3 Ø samling i trude 4 Ø samling i trude 4	
Datalater Cuter met speandinger, styrker og udnyttelser Valg af samlinger Samling in Linde 1 Samling i runde 5 Samling i runde 4 El samling i runde 5	
Datalater Valg ef samlinger () Samling Irunde 1 () Samling Irunde 2 () Samling Irunde 2 () Samling Irunde 3 () Samling Irunde 3 () Samling Irunde 5 () Samling Irunde 5	
Databate Custor ned speendroper, styrker og udryttebær volg af samteger Ø samteger i unde 1 Ø samteger i unde 2 Ø samteger i unde 2 Ø samteger i unde 3 Ø samteger i unde 4 Ø samteger i unde 4	
Databater Databater I Later med speandinger, styrker og udnyttelser Valg af saming inzude 1 Ø saming inzude 2 Ø saming inzude 2 Ø saming inzude 4 Ø saming inzude 5	
Databate Custor ned spendinger, styrker og udhyttelser valg af samtninger () samtning i hrung 1 () samtning i hrung 2 () samtning i hrung 3 () samtning i hrung 3 () samtning i hrung 3 () samtning i hrung 3 () samtning i hrung 4 () samtning 1 ()	
Datalater Datalater Wig Later med speendroper, styrker og udryttebør Vanking i strukket Stansing i strukket	

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 \succeq . Sagen er gemt som **EksempelStaal.rm4**. For ikke at overskrive denne sag, gemmes sagen i et nyt navn med menupunktet <u>Filer.Gem som</u>. Sagen navngives EksempelStaalOptimeret.rm4. Gå ind under menu punktet Opsætning og tryk på "Max værdier" så der står et $\sqrt{}$ 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:

Rør

Producent/forhandler :	Condor
Produkt :	Unitherm 38091, Åbne profiler
Tykkelse :	0,25 mm
Accepter ved at trykke på OK .	

Tilsvarende oprettes

og

Producent/forhandler :	Condor
Produkt :	Unitherm 38091,
Tykkelse :	0,5 mm
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 "Unithern 38091, Åbne profiler, 0,25 mm", Vertikalerne isoleres med Skamol og diagonalerne isoleres med rør "Unithern 38091, Rør, 0,5 mm".



Brai	ndtid: 30	minutter i f E-modul i snitkraft- og de	Formationsberegn	orløb for uisoleret tva ndard endørs (Ikke lovligt i drocarbon ing	ærsnit iflg. DK NA]
Bran	ndisolering:				
Nr.	Tid (min)	Туре		t [mm]/[grader	Hent
- 1	30	Ulsoleret	filer	0.25	Temperat
2.	30	Unitherm 38091 Bør		0.5	15 m altra
	soleret nddækning Rektan Langs H illæg til ind Deformati), form: gulær kasse lele overfladen I dækningsomkreds fra mont ionskriterier er afgørende	kning, sider: C 3 @ 4 ageunderlag: 0	mm	
	soleret nddækning Rektan Langs H illæg til ind Deformati	g, form: gulær kasse ele overfladen Idækningsomkreds fra mont ionskilterier er afgørende	kning, sider: 3 4 ageunderlag: Brandisolering	mm	
-Uls C C T T Va Søjle	soleret nddækning Rektan Langs H illæg til inc Deformat ersnit ersnit	g, form: gulær kasse ele overfladen 2 Idækningsomkreds fra mont ionskriterier er afgørende Fod - HE 240 B	kning, sider: C 3 G 4 ageunderlag: Brandisolering 1 Unitherm 38	mm 3091, Åbne profiler (),25 mm
-Uls -Uls C T T Vert	soleret nddækning Rektan Langs H Langs H iilæg til inc Deformat ersnit er/Hoved/ iikaler - Va	g, form: gulær kasse gulær kasse lele overfladen idækningsomkreds fra mont ionskriterier er afgørende Fod - HE 240 B rmvals. 80x40x5,0	kning, sider: C 3 C 4 ageunderlag: Brandisolering 1 Unitherm 38 3 BrandFlex 1	mm 20031, Åbne profiler (8 mm)),25 mm

Figur 92: Oprettelse af brandisolering.

Accepter ændringen med **OK**. Gem sagen med **I**.

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 *Søjlevirk-ning/Kipning* 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 De 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 **I** 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 \square . 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 **I**.



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 <u>Filer.G</u>em som. Sagen navngives EksempelBetonOptimeret.rm4.

9.3. Tværsnit

Da der ønskes en dimensionering af tværsnittet skal dette sættes op til dimensionering. Åben tværsnitsoversigten med D. 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 tværsnitsoversigten.

9.4. Lastkombinationer

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

Åben lastkombinationsoversigten med \blacksquare . 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.



Resultat for 1.ordens beregning							
5 Q Q A A Ø							
Oversigt:	Udnyttelse beton:	LAK	Laster				
Kræfter/deformationer Udnyttelse Udnyttelse Langtidsdeformationer		Anv. Kar.:	1*G+1*N+0,3*W00T+0,3*S1 1*G+0.2*N				
		Brud 6.10b	1 * G + 1,5 * N + 0,45 * WOOT + 0,45	* S1			
C Korttidsdeformationer	 Porskýdnings armening Udn. søjlevirkning 	•					- F
60% 80% 100	9%						<u> </u>
1 2	3		4	0,9259	5		∎ 6
•			III				•

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 prorammet er kommet frem til åbnes tværsnitsoversigten med 🔊. Det ses at der er oprettet et nyt tværsnit, se Figur 96.

Over	iversigt over tværsnit 🛛 🔀					
-Tvæ	ersnit:					
					<u>O</u> pret	
1	Beton	Betonbjælke	Rekt. 1		Ændre	
2	Beton	Betonbjælke Optimeret forslag	Rekt. 1			
					Slet	
		1				
	Import			Luk	<u>H</u> jælp	

Figur 96: Tværsnitsoversigt med optimeret tværsnit.

For at se det optimerede tværsnit markeres tværsnit 2 og der trykkes på knappen *Ændre*. Tryk på knappen *Ændre*. det forudsætninger, denension og armeing . 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.



Rektangulær betonprofil	×
Dimensioner: Højde, h: mm Bredde, b: 250 mm	OS • • •
Armering: Længde: Y - Tentor Underside: 16 D n n	• • •
	(bøjler vises ikke)
Armeringslag: Placering angives fra overside (OS) Placering angives fra underside (US)	
	Oversidearmering:
Lag nummer:	Nr: Antal: Fast: Auto: Afstand:
Antal armeringsstænger: Heraf fastholdte stænger:	2 3 2 Ja 98
Eorudsætninger	<u> </u>

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 anneks.



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:

Brud : 1,0·G+1,5·W1 Band: 1,0·G + 0,2·W1

10.2. Opsætning

Plan ramme startes op med modulet "Betonkonstruktioner 6" ved at vælge "*Med bæreevneef-tervisning af beton*" 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 \boxplus .



Størrelsen på tegnefladen sættes ved at trykke på \square . 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 **I**. 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 \bigcirc for at kunne vælge knuder. Klik med musen på knude 2, så knude 2 er markeret med rødt. Tryk på \oiint .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 \triangleq . Knuden fastholdes i *x og y*-retning. Godkend med **OK**.

Konstruktionen er nu defineret som vist i Figur 99.

Gem sag med 国.



Plan ramme 4 - [T:\Arbejdssource\Source 201	2\JUST\Ramme4\Ekser	mpel\EksempelBetonSøj	le] _ 🗆 🗙
Filer Opsætning Oversigt Naturlast Redigér	Zoom Brand Beregning	Hjælp	<u>_8×</u>
🗋 🗁 🔳 进 🏹 🧖 💭 🖾 🛛 🖽 🗒 🖼	ର୍ ର୍ ର୍ 🗇 🖪	₽ 🔗	
▶ 🖻 🖻 🗒 🥐 🕮 প 🌧 🖋 ∔	₩ •• */	2 🗙 📑	
₽	Knuder	Stænger Lastgrupper 1	Tværsnit 3D
<u></u>	Nr. ×[r	mm] Y[mm] x y d z	GCF
₹	1 50	10 0 + + - -	
	2 30		
· · · · ·			
 		X: 810, Y	: 4720

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 Inkludér 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: W1.
- 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 W1 og inkluderes.

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 og derefter *W1*.

LAK Brand: $1,0 \cdot G + 0,2 \cdot W1$

Der trykkes OK.

Med ovenstående kombination, lukkes oversigten over lastkombinationer. Gem sag med 🗔

10.7. Laster

Tryk på **b** 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 **H**, 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 tværsnitsoversigten 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.

rærsnit	×
Nummer: 1 Beskrivelse: Betonsøjle	Geometri Vis profil Profilype: Ikke defineret
Type: C Træ C Stål ⊙ Beton C Andet	ID: 1
Miljøklasse: C C Passiv © Moderat © Aggressiv © Ekstra aggressiv Dæklag (inkl. tolerance): Cot Theta: © mm Implementer 12,5 Implementer 12,5 Implementer 12,5 Implementer 12,5 Implementer 12,5 Implementer 12,5	Opret: Rektangulær profil Pladeprofil T- profil T- profil Cirkulær profil Cirkulær profil T- profil/plade
Beton: Styrke, fck: 25	
Faktor 1,2 på materialepartialkoefficienter i brud og ulykke	<u>OK</u> <u>A</u> nnuller <u>H</u> iælp

Figur 100: Opret nyt rektangulær betontværsnit.

Herefter trykkes på

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

Ændre forudsætninger, dimension og armering

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 placereres 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.

Dimensioner: Højde, h: 400 mm Bredde, b: 400 mm	0S
Armering: Leengde: Y · Tentor V 12 V Underside: 12 V Bøjle: Y · Tentor V 8 V	US (bøjler vises ikke)
Armeringslag: Placering angives fra overside (OS) Placering angives fra underside (US) Lag nummer: Artial armeringestanger:	Oversidearmering. Nr: Antat Fast: Auto: Afstand:

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.

Tværsnit		×
Nummer: 1	Geometri Vis profil	
Beskrivelse: Betonsøjle		
Туре:	OS	
O Træ O Stål O Beton O Andet		4 Y 12
Miljøklasse: Kontrol: C Passiv C Skærpet G Moderat G Normal C Aggressiv O Normal	400	
C Ekstra aggressiv		
Daeklag (inkl. tolerance): Cot Theta: Cot Alpha: © mm 2.5 0		4 Y 12
▼ Trykarmering medtages i deformations-/bæreevnebereg.	↓y /	⊐7 løjlen:Y8 erik
Beton:		
Styrke, fck: 25 MPa Densite:		
Max. komstørrelse: 32 💌 mm 2400 kg/m²		
🔽 Insitu støbt beton 🗌 Letkonstruktionsbeton		
E Sikringsrum		
Der regnes med trækspændinger i uarmeret beton		
JFaktor 1,2 på materialepartialkoefficienter i brud og ulykke	<u>O</u> K <u>A</u> nnuller	<u>H</u> jælp

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 \square 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 \square 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.

Søjlevirkning – Seilevirkning		Kipning
 Soljevilkning undersøges: Ikke I plan vha. knæklængde I plan/vinkelret på plan vha. 	knæklængde	Kipningslængde:
Knæklængde i plan: Knæklængde vinkelret på plan:	1] [
Max. slankhedsforhold (for stål):	200	

Figur 103: Opret søjlevirkning.

Godkend ændringerne med OK.

10.10. Brand

For at definere brandpåvirkningen af søjlen trykkes på 2. 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".

🦉 Brand - beton	
Brandtid: 30 💌 minutter Fremstillingsproces for armeringen Inger	krav 🔽
Tværsnit	Brand på side
Betonsøjle - 1	13 Under, Venstre, Højre,
	<u>QK</u> Annuller <u>Hj</u> ælp

Figur 104: Opret Brand påvirkning.



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

10.11. Beregning af konstruktionen

Nu kan sagen beregnes. Tryk på in 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 bog 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 bøjleafstand er 180 mm. Dvs. tværsnittet er i orden.



Luk vinduet.

Figur 106: Udnyttelse for søjle.