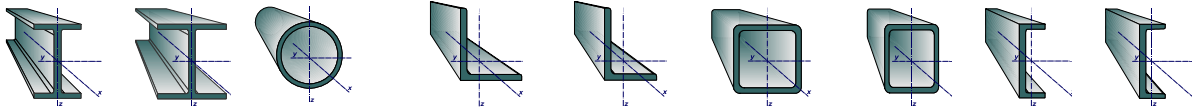




Beregningstabeller for Ståltverrsnitt etter Eurokode 3, NS-EN1993-1-1:2005.

Tabellene inneholder alle internasjonale profiltyper med geometridata, tverrsnittskonstanter, klassifisering av tverrsnitt, kapasitetsverdier, knekkkapasitetsverdier og vippekapsitetverdier i følge Eurokode 3, NS- EN1993-1-1:2005, og NA 2008. Det kan også definere egne sveiste tverrsnitt ved å gi tverrsnittsmålene



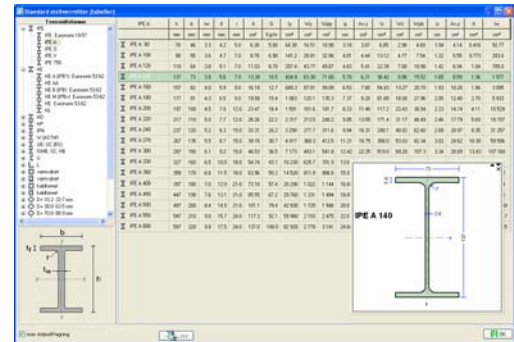
Tabeller med geometri og tverrsnittskonstanter av standard profiler

Listen til venstre lar deg velge Profiltyper (IPE, HE) etc.

Til høyre viser tabellen alle standardiserte seksjoner for denne gruppen, samt dimensjoner og egenskaper. Ved å bevege seg opp og ned på tabellen til høyre, skisses seksjon i riktig skala. (Du kan selv velge størrelse på figuren ved å klikke og dra i hjørne)

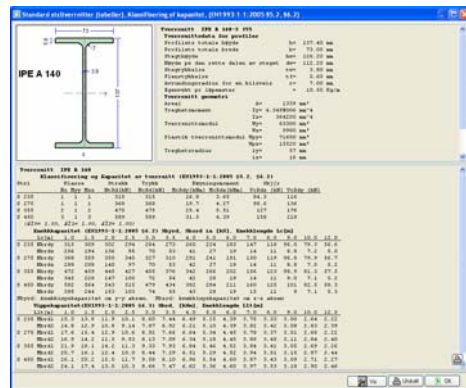


Klikk på eller dobbeltklikk på en profil og et nytt vindu viser klasse og kapasitet tabell for tverrsnitt.



Symboler

- h [mm]: Tverrsnittshøyde
- b [mm]: Tverrsnittsbredde
- hw [mm]: Stegets høyde
- dw [mm]: Høyde på den rette delen av steget
- tw [mm]: Stegtykkelse
- tf [mm]: Flenstykkelse
- r [mm]: Avrundingsradius for en kilsveis
- G [Kg/m]: Egenvekt per løpemeter
- A [cm²]: Totalt tverrsnittsareal
- Iy [cm⁴]: Tregghetsmoment om y-y akse
- Iz [cm⁴]: Tregghetsmoment om z-z akse
- Wy [cm³]: Motstandsmoment om y-y akse
- Wz [cm³]: Motstandsmoment om z-z akse
- Wpy [cm]: Plastisk motstandsmoment om y-y akse
- Wpz [cm³]: Plastisk motstandsmoment om z-z akse
- iy [cm]: Tregghetsradius om y-y akse
- iz [cm]: Tregghetsradius om z-z akse
- Avz [cm²]: Skjærareal om z-z akse
- Avy [cm²]: Skjærareal om y-y akse
- It [cm⁴]: Torsjonskonstant
- Iw [cm⁴]: Hvelvingskonstant





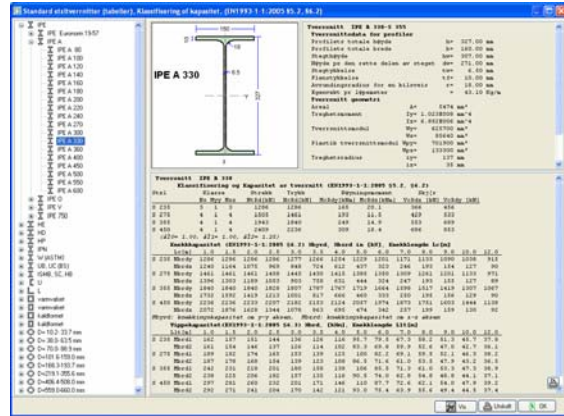
Klassifisering og kapasitet av standard profiler

Klassifisering av tverrsnitt, i henhold til NS-EN1993-1-1:2005 § 5.5
Kapasitet for normalkraft, moment av skjærkraft, i henhold til § 6.2.
Knekkapasitet, og vippekapasitet i følge NS-EN1993-1-1:2005 § 6.3

Velg ønsket profilbetegnelse fra liste til venstre. Vinduet til høyre viser en målsatt figur av profilen du har valgt med geometri og tverrsnittskonstanter.

I nedre del av høyre vindu vises:

- **Tverrsnittsklasser** (1,2,3,4) i følge NS-EN1993-1-1:2005 § 5.5, for aksiallast og bøyemomenter.
- **Tverrsnittskapasitet** for aksial last, bøyemomenter og skjærkraft i følge NS-EN1993-1-1:2005 § 6.2
- **Knekkapasitet for varierende knekk lengde** (L_c) i følge NS-EN1993-1-1:2005 § 6.3.1
- **Vippekapasitet for varierende knekk lengde** for torsjonsknekkning (L_{lt}) i følge NS-EN1993-1-1:2005 § 6.3.2



Symboler

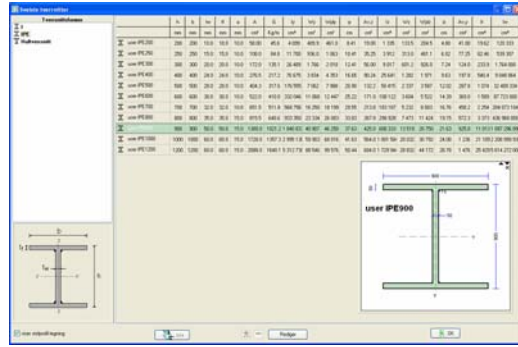
- NtRd [kN]:** Strekkraftkapasitet NS-EN1993-1-1:2005 §6.2.3
- NcRd [kN]:** Trykkraftkapasitet NS-EN1993-1-1:2005 §6.2.4
- Mcrdy [kNm]:** Momentkapasitet om sterk akse y-y NS-EN1993-1-1:2005 §6.2.5
- Mcrdz [kNm]:** Momentkapasitet om svak akse z-z NS-EN1993-1-1:2005 §6.2.5
- Vcrdz [kN]:** Skjærkraftkapasitet langs z-z akse NS-EN1993-1-1 §6.2.6
- Vcrdy [kN]:** Skjærkraftkapasitet langs y-y akse NS-EN1993-1-1 §6.2.6
- Nbrdy [kN]:** Knekkkapasitet for trykkraft for varierende knekk lengde L_c (1.00, 1.50 ..15 m) NS-EN1993-1-1:2005 §6.3.1
- Nbrdz [kN]:** Knekkkapasitet for trykkraft for varierende knekk lengde L_c (1.00, 1.50 ..15 m) NS-EN1993-1-1:2005 §6.3.1
- Mbrd1 [kNm]:** Vippekapasitet for varierende knekk lengde for torsjonsknekkning L_{lt} (1.00, 1.50 ..15 m) NS-EN1993-1-1:2005 §6.3.2
- Mbrd2 [kNm]:** Vippekapasitet for varierende knekk lengde for torsjonsknekkning L_{lt} (1.00, 1.50 ..15 m) NS-EN1993-1-1:2005 §6.3.2
- Mbrd1:** Vippekapasitet for konstant momentdiagram langs bjelke
- Mbrd2:** Vippekapasitet for parabolisk momentdiagram langs bjelke



Tabell for dimensjoner og egenskaper ved egendefinerte sveisetverrsnitt

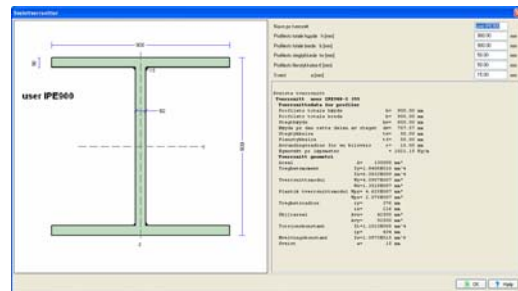
Klikk . I neste vindu definerer du dimensjoner for egendefinerte sveisetverrsnitt. Tverrsnittskonstanter beregnes og vises automatisk. Klikk for å avslutte redigering.

Klikk for å legge til eller slette tverrsnitt.



Klassifisering og kapasitet av egendefinerte sveiste tverrsnitt

Se standard profiler.



Parametere

Tverrsnitt klasse, tverrsnitt kapasitet og knekkingskapasitet er beregnet for fire stålsorter, S235, S275, S355 og S450. Det er mulighet til å endre tittel og material data fra Parametere/Konstruksjon stål.

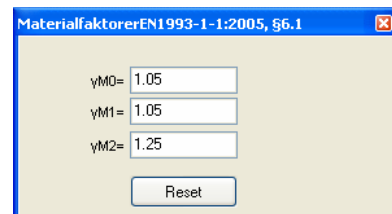
Stål	Sort	f_y (MPa) $t < 40$ mm	f_u (MPa) $t < 40$ mm	f_y (MPa) $40 < t < 100$ mm	f_u (MPa) $40 < t < 100$ mm
S 235	EN 10025-2	235	360	215	360
S 275	EN 10025-2	275	430	255	410
S 355	EN 10025-2	355	510	335	470
S 450	EN 10025-2	440	550	410	550

For å endre data, klikk for å låse opp.

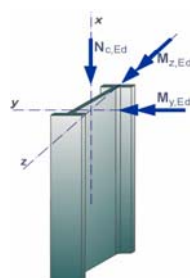
Du kan også justere partialfaktorene fra Parameter/Materialfaktorer.

For å endre data, klikk for å låse opp.

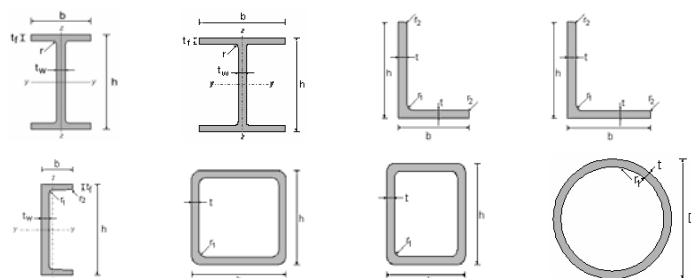
$$\gamma_{M0}, \gamma_{M1}, \gamma_{M2}$$



Koordinatsystem



Profilegenskaper





Profiltyper inkludert i programmet

I IPE	IPE Euronorm 19-57	European I-beams	IPE 80-600
	IPE A		IPE A 80-600
	IPE O		IPE O 180-600
	IPE V		IPE V 400-600
	IPE 750		IPE 750
I HE	HE A (IPB1) Euronorm 53-62	European wide flange beams	HE A 100-1000
	HE AA		HE AA 100-1000
	HE B (IPB) Euronorm 53-62		HE B 100-1000
	HE M (IPBv) Euronorm 53-62	Beams with very wide flanges	HEM 100-1000
	HE Euronorm 53-62		HE 400-1000
	HL		HL 1000/1100
I HD	HD-1	Wide flange columns	HD 260x54.1 – 400x1086
	HD-2 ASTM A6/A 6M		
I HP		Wide flange bearing piles	HP 200x57.2 – 400x231
I IPN		European standard beams	IPN 80-550 Flange slope: 14%
I W (ASTM)	W-1 ASTM A6/A 6M	American wide flange beams	W 360x370x134
	W-2 ASTM A6/A 6M		W 1100x400x499
	W-3 ASTM A6/A 6M		
I UB, UC (BS)	UB-1 BS 4 part 1-1993	British universal beams	UB 178x102x19
	UB-2 BS 4 part 1-1993	British universal columns	UB 914x419x388
	UC BS 4 part 1-1993		UC 152x152x23 UC 356x406x634
I ISMB, SC, HB	ISMB Indian Standard	I I GOST	No10..No60 GOST 8239-89
	ISSC Indian Standard		10B1..45B2 GOST 26020-83
	ISHB Indian Standard		Russian standards
C U	UPN	European standard channels	UPN 30-65 UPN 80-400
	UAP NFA 45-255	Channels with parallel flanges	UAP 80-300
	UPE		UPE 80-400
	5Y..40Y GOST 8240-89		
	5P..40P GOST 8240-89		
L L	L20x20x3..80x80x8 Euronorm 56-77	Equal angles	L 20x20x3
	L100x100x8..160x160x19 Euronorm 56-77		L 250x250x28
	L180x180x16..250x250x28 Euronorm 56-77		
L La	L30x20x3..80x40x8 Euronorm 57-78	Unequal angles	L 30x20x3
	L90x60x6..130x40x12 Euronorm 57-78		L 250x90x16
	L150x75x9..250x90x16 Euronorm 57-78		
<input type="checkbox"/> varvalset		Square hollow sections hot rolled	40x40x2.6 400x400x20.0
<input type="checkbox"/> varvalset		Rectangular hollow sections hot rolled	50x30x2.6 400x260x17.5
<input type="checkbox"/> kaldformet		Rectangular hollow sections cold formed	20x20x1.6 400x400x12.5
<input type="checkbox"/> kaldformet		Rectangular hollow sections cold formed	30x20x1.5 500x300x12.5
<input type="radio"/> D= 10.2 – 1016 mm		Circular hollow sections	Ø 10.2x1.0 Ø 1016x400
- C -	Steadman C140-C300	- Z -	Steadman Z140-Z300
	Ruukki C100-C350		Ruukki Z100-Z350
	Albion C125-Z226		Albion Z125-Z226
	Albion C246-Z401		Albion Z246-Z401
	Dimond DHS150-DHS400		Metsec Z142-Z202
			Metsec Z232-Z342
	ICS Z152-Z254		

Klassifisering av tværsnitt, NS-EN 1993-1-1:2005 § 5.5

Klassifisering av tværsnittene referer til dimensjoneringsmetoder, elastisk eller plastisk avhengig av tværsnittsklasse.

Dimensjonering av tværsnittsklasse 1 og 2, er basert på plastisk kapasitet av tværsnittet.

Dimensjonering av tværsnittsklasse 3, er basert på elastisk kapasitet av tværsnittet.

Dimensjonering av tværsnittsklasse 4, er basert på elastisk kapasitet av tværsnittet og effektive tværsnittsverdier.

Et tværsnitt klassifiseres etter den høyeste (minst gunstige) klassen av de trykkpåkjente delene. Grensene mellom klasse 1, 2 og 3 for tværsnittets deler tas fra tabell 5.2 av NS-EN 1993-1-1:2005. Tværsnittsdeler som ikke oppfyller begrensningene for klasse 3, bør antas å være av klasse 4.

Tabell 5.2 NS-EN 1993-1-1:2005 – Begge sider fastholdt og påkjent av trykk

Internal compression parts						
Axis of bending		Axis of bending				
Class	Part subject to bending	Part subject to compression	Part subject to bending and compression			
1						
	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2						
	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	when $\alpha > 0,5$: $c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ when $\alpha \leq 0,5$: $c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
3						
	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	when $\psi > -1$: $c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ when $\psi \leq -1^{*})$: $c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{-\psi}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71



Tabell 5.2 NS-EN 1993-1-1:2005 – Utstikkende flenser

Outstand flanges						
		Rolled sections		Welded sections		
Class	Part subject to compression	Part subject to bending and compression				
		Tip in compression		Tip in tension		
Stress distribution in parts (compression positive)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
2	$c/t \leq 10\epsilon$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$	$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$			
Stress distribution in parts (compression positive)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$	$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_\sigma}$ For k_σ see EN 1993-1-5				
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Tabell 5.2 NS-EN 1993-1-1:2005 - Vinkelprofiler

Angles						
Refer also to "Outstand flanges" (see sheet 2 of 3)					Does not apply to angles in continuous contact with other components	
Class	Section in compression					
Stress distribution across section (compression positive)						
3	$h/t \leq 15\epsilon; \frac{b+h}{2t} \leq 11,5\epsilon$					
Tubular sections						
Class	Section in bending and/or compression					
1	$d/t \leq 50\epsilon^2$					
2	$d/t \leq 70\epsilon^2$					
3	$d/t \leq 90\epsilon^2$					
NOTE For $d/t > 90\epsilon^2$ see EN 1993-1-6.						
$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	f_y	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71
	ϵ^2	1,00	0,85	0,66	0,56	0,51

Bruddgrensetilstander, NS-EN 1993-1-1:2005 § 6.2

**Strekk, NS-EN 1993-1-1:2005 § 6.2.3**

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.5})$$

Bruttotverrsnittets dimensjonerende plastiske kapasitet.

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.6})$$

Nettotverrsnittets dimensjonerende plastiske kapasitet langs den kritiske bruddlinje gjennom hullene.

$$N_{u,Rd} = \frac{0.9A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.7})$$

A tverrsnittsareal

A_{net} nettoareal av et tverrsnitt

f_y flytegrense

f_u strekkfasthet

γ_{M0} , γ_{M2} Partialfaktorene

Trykk, NS-EN 1993-1-1:2005 § 6.2.4

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.9})$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{for tverrsnitt av klasse 1, 2 eller 3} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.10})$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{for tverrsnitt av klasse 4} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.11})$$

A tverrsnittsareal

A_{eff} effektivt tverrsnittsareal

f_y flytegrense

γ_{M0} Partialfaktorene

Ved dimensjonerende skjærkraft er $V_{Ed} > 0.50V_{pl,Rd}$ dimensjonerende kapasitet bestemt med en redusert flytegrense.

$$(1 - \rho)f_y, \text{ der } \rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.29})$$

Bøyningsmoment, NS-EN 1993-1-1:2005 § 6.2.5

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.12})$$



Dimensjonerende kapasitet mot bøyning om hovedakse (y-y) eller om sekundærakse (z-z).

$$M_{y,Rd} = M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot fy}{\gamma_{M0}} \quad \text{for tverrsnitt av klasse 1 eller 2} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.13})$$

$$M_{z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = \frac{W_{pl,z} \cdot fy}{\gamma_{M0}} \quad \text{for tverrsnitt av klasse 1 eller 2}$$

$$M_{y,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y} \cdot fy}{\gamma_{M0}} \quad \text{for tverrsnitt av klasse 3} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.14})$$

$$M_{z,Rd} = M_{el,z,Rd} = \frac{W_{el,z} \cdot fy}{\gamma_{M0}} \quad \text{for tverrsnitt av klasse 3}$$

$$M_{y,Rd} = M_{c,y,Rd} = \frac{W_{eff,y} \cdot fy}{\gamma_{M0}} \quad \text{for tverrsnitt av klasse 4} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.15})$$

$$M_{z,Rd} = M_{c,z,Rd} = \frac{W_{eff,z} \cdot fy}{\gamma_{M0}} \quad \text{for tverrsnitt av klasse 4}$$

$W_{pl,y}$ $W_{pl,z}$ *plastisk tverrsnittsmodul om hoved-y og sekundær-z akse,*

$W_{el,y}$ $W_{el,z}$ *elastisk tverrsnittsmodul om hoved- og sekundær akse,*

$W_{eff,y}$ $W_{eff,z}$ *effektivt tverrsnittsmodul om hoved- og sekundær akse,*

fy *flytegrense*

γ_{M0} *Partialfaktorene*

Hvis aksialkraften virker samtidig med bøyemomentet, bør det tas hensyn til aksialkraftens virkning på den dimensjonerende plastiske momentkapasiteten.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.31})$$

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \left[1 - \left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 \right] \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.32})$$

Ved dimensjonerende skjærkraft er $V_{Ed} > 0.50 V_{pl,Rd}$ dimensjonerende kapasitet bestemt med en redusert flytegrense.

$$(1 - \rho)fy, \text{ der } \rho = \left(\frac{2V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.29})$$

Toakset bøyning, NS-EN 1993-1-1:2005 § 6.2.9

$$\left(\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} \right)^\alpha + \left(\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \right)^\beta \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.41})$$

I og H profiler: $\alpha=2$, $\beta=5n$, $\beta \geq 1(n=N_{Ed}/N_{pl,Rd})$

Sirkulære hulltverrsnitt: $\alpha=2$, $\beta=2$

Rektangulære hulltverrsnitt: $\alpha=\beta=1.66/(1-1.13n^2)$

**Skjær, NS-EN 1993-1-1:2005 § 6.2.6**

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.17})$$

Plastisk skjærkraftkapasitet parallelt med steget.

$$V_{z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.18})$$

Plastisk skjærkraftkapasitet parallelt med flenser.

$$V_{y,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{A_{vy} \cdot f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.18})$$

A_{vy} A_{vz} skjærareal parallelt med steget eller parallelt med flenser,

f_y flytegrense

γ_{M0} Partialfaktorene

**Knekkapasitet for staver med sentrisk trykk, NS-EN 1993-1-1:2005 § 6.3**

Knekkapasitet i stav med sentrisk trykk.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.46})$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{for tverrsnitt av klasse 1, 2 eller 3} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.47})$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{for tverrsnitt av klasse 4} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.48})$$

Reduksjonsfaktoren χ bestemmes med den relative slankhet $\bar{\lambda}$.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.49})$$

$$\Phi = 0.5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}}; N_{cr} = \frac{\pi^2 E A}{\lambda^2}; \lambda = \frac{l_{eff}}{i}; i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$\bar{\lambda}$ *relativ slankhet*

N_{cr} *elastisk kritiske knekklast*

L_{cr} *knekk lengde*

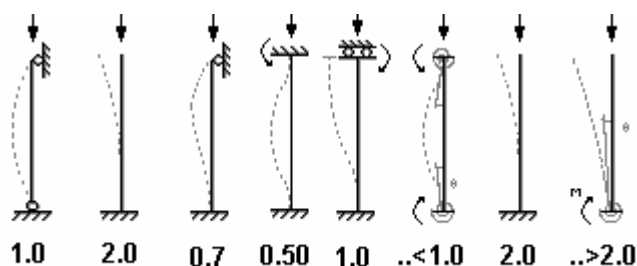
λ *slankhet*

i *treghetsradien*

Imperfeksjonsfaktoren α for de ulike knekkurvene a₀, a, b, c, d er gitt i Tabell 6.2 av Eurokode 3, EN 1993-1-1:2005

Knekkurve	a ₀	a	b	C	d
Imperfeksjonsfaktoren α	0.13	0.21	0.34	0.49	0.76

Knekk lengde L_{cr}/L





Tabell 6.2 NS-EN 1993-1-1:2005 Grunnlag for valg av knekkurve

Cross section	Limits	Buckling about axis	Buckling curve		
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460	
<p>Rolled sections</p>	$h/b > 1,2$	y-y z-z	$t_f \leq 40$ mm	a b	a ₀ a ₀
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100$	b c	a a
	$h/b \leq 1,2$	y-y z-z	$t_f \leq 100$ mm	b c	a a
			$t_f > 100$ mm	d d	c c
<p>Welded I-sections</p>	$t_f \leq 40$ mm	y-y z-z	b c	b c	
	$t_f > 40$ mm	y-y z-z	c d	c d	
<p>Hollow sections</p>	hot finished	any	a	a ₀	
	cold formed	any	c	c	
<p>Welded box sections</p>	generally (except as below)	any	b	b	
	thick welds: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	any	c	c	
<p>U-, T- and solid sections</p>		any	c	c	
<p>L-sections</p>		any	b	b	

**Vipping, NS-EN 1993-1-1:2005 § 6.3.2**

Vippekapasitet av staver med konstant tverrsnitt.

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.54})$$

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} W_y f_y}{\gamma_{M1}} \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.55})$$

$W_y = W_{pl,y}$ for tverrsnitt av klasse 1 eller 2,

$W_y = W_{el,y}$ for tverrsnitt av klasse 3,

$W_y = W_{eff,y}$ for tverrsnitt av klasse 4.

Reduksjonsfaktoren χ_{LT} bestemmes med den relative slankhet $\bar{\lambda}_{LT}$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.56})$$

$$\Phi_{LT} = 0.5 \left[1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}}$$

Imperfeksjonsfaktoren α for den ulike knekkurvene a,b,c,d:

Knekkurvene	a	b	C	d
Imperfeksjonsfaktoren α_{LT}	0.21	0.34	0.49	0.76

Anbefalte knekkurver for vipping :

Valsede profiler $h/b < 2$ knekkurve a, $h/b > 2$ knekkurve b

Sveiste profiler $h/b < 2$ knekkurve c, $h/b > 2$ knekkurve d

Kritisk moment for vipping bestemmes i følge Annex F av Eurokode 3-1-1 (1992).

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z} + (C_2 Z_g - C_3 Z_j)^2} - (C_2 Z_g - C_3 Z_j) \right]$$

C_1, C_2, C_3 , koeffisienter som ivaretar momentkurvens form og lastplassering.

For en bjelke med konstant momentkurve $C_1=1.000, C_2=0.000, C_3=1.000$

For en bjelke med parabolisk momentkurve $C_1=1.132, C_2=0.459, C_3=0.525$

I_t St. Venant torsjonskonstant

I_w hvelvningskonstant

I_z annet areal moment om sekundærakse

L bjelkelengde

k, k_w koeffisienter

Z_g avstanden mellom lastangrepspunktets koordinat og skjærsenter



Interaksjon mellom knekking og vipping, NS-EN 1993-1-1:2005 § 6.3.3

$$\frac{N_{Ed}}{x_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{Y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.61})$$

$$\frac{N_{Ed}}{x_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \frac{M_{Y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1 \quad (\text{EN 1993-1-1, 6.62})$$

$$N_{Rk} = A f_y$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} f_y \text{ for tvverrsnitt av klasse 1 eller 2,}$$

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} f_y \text{ for tvverrsnitt av klasse 3,}$$

$$M_{y,Rk} = W_{eff,y} f_y \text{ for tvverrsnitt av klasse 4}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} f_y \text{ for tvverrsnitt av klasse 1 eller 2,}$$

$$M_{z,Rk} = W_{el,z} f_y \text{ for tvverrsnitt av klasse 3,}$$

$$M_{z,Rk} = W_{eff,z} f_y \text{ for tvverrsnitt av klasse 4.}$$

Interaksjonsfaktorer $k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ er gitt i tabeller B.1 og B.2

Tabell B.1 Interaksjonsfaktorer $k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$

Interaction factors	Type of sections	Design assumption	
		elastic cross-sectional properties class 3, class 4	plastic cross-sectional properties class 1, class 2
k_{yy}	I-sections RHS-sections	$C_{my} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_y \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{my} \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
k_{yz}	I-sections RHS-sections	k_{zz}	$0,6 k_{zz}$
k_{zy}	I-sections RHS-sections	$0,8 k_{yy}$	$0,6 k_{yy}$
k_{zz}	I-sections	$C_{mz} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left(1 + (2\bar{\lambda}_z - 0,6) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 1,4 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
	RHS-sections	$C_{mz} \left(1 + 0,6 \bar{\lambda}_z \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 0,6 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$	$C_{mz} \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$ $\leq C_{mz} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$
For I- and H-sections and rectangular hollow sections under axial compression and uniaxial bending $M_{y,Ed}$ the coefficient k_{zy} may be $k_{zy} = 0$.			



Tabell B.2

Interaction factors	Design assumptions	
	elastic cross-sectional properties class 3, class 4	plastic cross-sectional properties class 1, class 2
k_{yy}	k_{yy} from Table B.1	k_{yy} from Table B.1
k_{yz}	k_{yz} from Table B.1	k_{yz} from Table B.1
k_{zy}	$\left[1 - \frac{0,05\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ $\geq \left[1 - \frac{0,05}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$	$\left[1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ $\geq \left[1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$ <p>for $\bar{\lambda}_z < 0,4$:</p> $k_{zy} = 0,6 + \bar{\lambda}_z \leq 1 - \frac{0,1\bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}}$
k_{zz}	k_{zz} from Table B.1	k_{zz} from Table B.1

Faktor	Bøyningsakse	Fastholdelser
C_{my}	y-y	z-z
C_{mz}	z-z	y-y
C_{mLT}	y-y	y-y

Tabell B.3

Moment Diagram	Range		C_{my}, C_{mz} и C_{mLT} under loading	
			Distributed	Concentrated
 M ψM	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4 \psi \geq 0,4$	
 $(-) M_h$ ψM_h $(+) M_s$ $\alpha_s = M_s / M_h$	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8 \alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8 \alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8 \alpha_s \geq 0,4$	$-0,8 \alpha_s \geq 0,4$
$-1 \leq \psi < 0$		$0,1(1 - \psi) - 0,8 \alpha_s \geq 0,4$	$0,2(-\psi) - 0,8 \alpha_s \geq 0,4$	
 $(+) M_s$ ψM_h $\alpha_h = M_h / M_s$	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05 \alpha_h$	$0,90 + 0,10 \alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05 \alpha_h$	$0,90 + 0,10 \alpha_h$
$-1 \leq \psi < 0$		$0,95 + 0,05 \alpha_h(1 + 2\psi)$	$0,90 - 0,10 \alpha_h(1 + 2\psi)$	

Referanse

Eurokode 3 EN 1993-1-1:2005



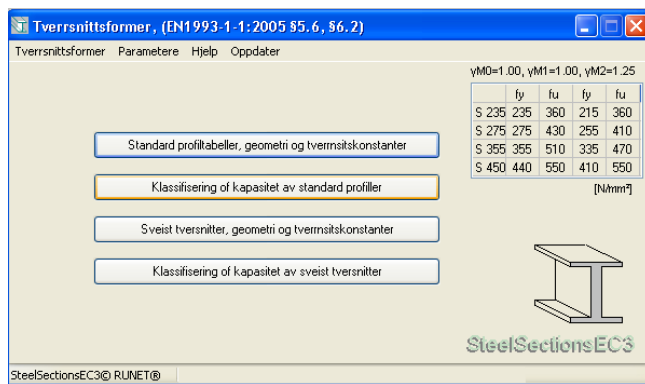
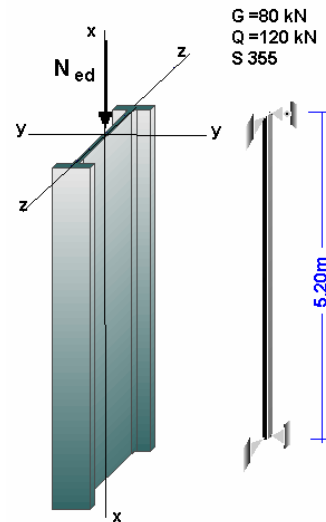
Eksempler

Eksemplene viser hvordan en velger rett stålprofil ved hjelp av tabellene i programmet.

Eksempel 1

Stålsøyle 5.20 m

Søylen er belastet med sentrisk aksial last:
 Permanent last $G = 80 \text{ kN}$
 Variabel last $Q = 120 \text{ kN}$
 Materialet er S 355
 Dimensjonerende last:
 $N_{ed} = 1.20 \times G + 1.50 \times Q = 1.20 \times 80 + 1.50 \times 120 = 276 \text{ kN}$
 Knekk lengder: $L_{iy} = 5.20 \text{ m}$, $L_{iz} = 5.20 \text{ m}$



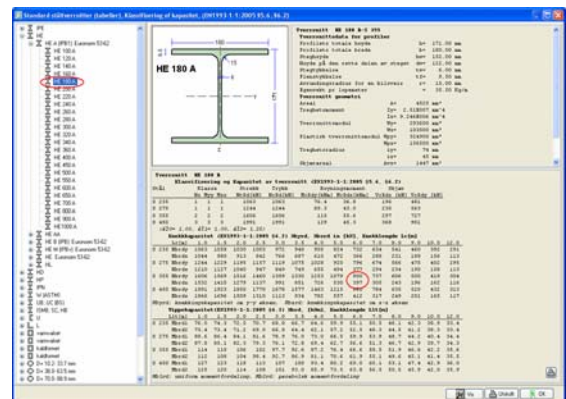
Klikk

- Fra trekkontrollen til venstre velg stål profilen **HEA**.
- Klikk +, og alle profiler HEA vises.

For stål **S 355** og knekk lengde **5.20 m** (tabellverdier mellom 5.0 m og 6.0 m), sjekk N_{byrd} og N_{bzrd} , (knekkapasitet i sentrisk trykk om y-y og z-z akse) til å være større enn søyles dimensjonerende last $N_{ed} = 276 \text{ kN}$.

- Profil **HE 180 A** er OK.

For knekk lengde **6.0 m** > 5.20 m, tverrsnitt har knekkapasitet i sentrisk trykk
 $N_{byrd} = 900 \text{ kN} > 276 \text{ kN}$ og
 $N_{bzrd} = 397 \text{ kN} > 276 \text{ kN}$.



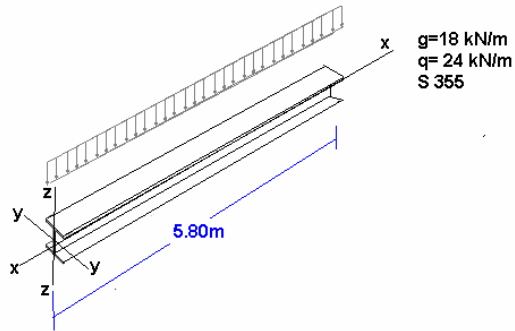


Eksempel 2

Fritt opplagt bjelke med spennvidde 5.80m

Bjelken er belastet med:
Permanent last $g = 18.0 \text{ kN/m}$
Variabel last $q = 24 \text{ kN/m}$.
Materialet er S 355.

Dimensjonerende last:
 $q_{ed} = 1.20 \times 18.0 + 1.50 \times 24.0 = 57.60 \text{ kN/m}$
Maksimalt dimensjonerende moment:
 $M_{y,ed} = 57.60 \times 5.80^2 / 8 = 242.20 \text{ kNm}$
Maksimalt dimensjonerende skjærkraft:
 $V_{z,ed} = 57.60 \times 5.80 / 2 = 167.0 \text{ kN}$



Klikk Klassifisering og kapasitet av standard profiler

- Fra trekontrollen til venstre, velg stål profilen IPE.
- Klikk +, alle profiler IPE vises.

For stål S 355 og knekk lengde for torsjonsknekking $L_{Lt} = 5.80\text{m}$ (Tabell 6.0 m), sjekk Mbrd2 (parabolisk momentdiagram) som må være større enn bjelkens dimensjonerende moment $M_{y,ed} = 242.2 \text{ kNm}$.

Profil IPE 500 er OK.

For knekk lengde for torsjonsknekking $6.0 \text{ m} > 5.80 \text{ m}$, tverrsnitt har vippkapasitet $M_{brd2} = 288 \text{ kNm} > 242.2 \text{ kNm}$

- Sjekk skjær og momentkapasitet fra tabell.

Skjærkapasitet $V_{c,rdz} = 1227 \text{ kN}$, momentkapasitet $M_{c,rdy} = 779 \text{ kNm}$.

Tverrsnitt IPE 500-S 355
Tverrsnittstørrelse for profiler
Profilens totale høyde $h = 500.00 \text{ mm}$
Profilens totale bredde $b = 200.00 \text{ mm}$
Steghøyde $h_{st} = 426.00 \text{ mm}$
Høyde på den rette delen av steget $d_{st} = 10.20 \text{ mm}$
Flansgehøyde $h_{fl} = 16.00 \text{ mm}$
Avrundingradius for en billovis $r = 21.00 \text{ mm}$
Egenskaper pr. lagenerer $\rho = 90.70 \text{ kg/m}$

Tverrsnitt geometri
Areal $A_n = 11550 \text{ mm}^2$
Tregghetsmoment $I_{yy} = 4.828006 \text{ mm}^4$
Tregghetsmoment $I_{zz} = 2.1428007 \text{ mm}^4$
Tverrsnittmodul $W_{yy} = 1.9288006 \text{ mm}^3$
Tverrsnittmodul $W_{zz} = 2142000 \text{ mm}^3$
Plastisk tverrsnittmodul $W_{pl,y} = 2.1942006 \text{ mm}^3$
Tregghetsradius $r_{yy} = 208 \text{ mm}$
Tregghetsradius $r_{zz} = 43 \text{ mm}$
Skjærareal $A_{sk} = 1995 \text{ mm}^2$

Klassifisering og kapasitet av tverrsnitt (EN1993-1-1:2005 5.4, 5.4.2)

Klasse	Størrelse	Tykk	Bygningsmoment	Skjær				
M _{brd}	M _{c,rdy}	M _{c,rdz}	M _{brd}	M _{brd}				
S 235	3	1	2744	2744	846	80.2	812	742
S 275	4	1	3176	2885	903	23.4	950	897
S 355	4	1	4100	3845	779	30.4	1227	1377
S 450	4	1	5082	4684	965	37.7	1820	1707

Knekkkapasitet (EN1993-1-1:2005 5.4.2) Mbrd, Mbrd i kNm, Knekk lengde l_{cr} i m

l _{cr} [m]	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0
S 235 Mbrd _y	2714	2714	2714	2714	2714	2714	2709	2676	2644	2611	2579	2555	2492	2389
Mbrd _z	2660	2543	2405	2247	2080	1854	1639	1246	945	733	581	470	388	274
S 275 Mbrd _y	3065	3065	3065	3065	3065	3065	3050	3013	2970	2927	2884	2832	2777	2642
Mbrd _z	2994	2844	2673	2470	2234	1900	1722	1270	959	739	582	469	386	276
S 355 Mbrd _y	3945	3945	3945	3945	3945	3945	3930	3903	3749	3691	3626	3557	3476	3300
Mbrd _z	3714	3495	3230	2926	2576	2211	1873	1246	932	757	596	477	392	277
S 450 Mbrd _y	4654	4654	4654	4654	4654	4649	4612	4579	4500	4421	4333	4230	4114	3948
Mbrd _z	4444	4142	3779	3341	2862	2397	1992	1401	1024	777	610	489	400	284

Vippekapasitet (EN1993-1-1:2005 5.4.3) Mbrd, Mbrd i kNm, Knekk lengde l_{cr} i m

l _{cr} [m]	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0
S 235 Mbrd _y	814	804	807	872	854	884	810	887	888	841	826	829	877	848
Mbrd _z	809	494	476	456	433	405	374	315	265	227	199	177	160	134
S 275 Mbrd _y	899	882	885	844	819	870	856	885	811	811	811	811	811	847
Mbrd _z	893	573	550	522	488	448	407	332	278	233	203	180	162	136
S 355 Mbrd _y	767	742	743	678	635	683	627	622	611	584	541	510	488	430
Mbrd _z	759	727	659	640	580	518	453	385	328	242	210	188	166	139
S 450 Mbrd _y	944	909	905	809	739	658	579	446	374	291	246	213	188	133
Mbrd _z	932	896	823	746	654	562	484	369	276	247	213	188	168	140