
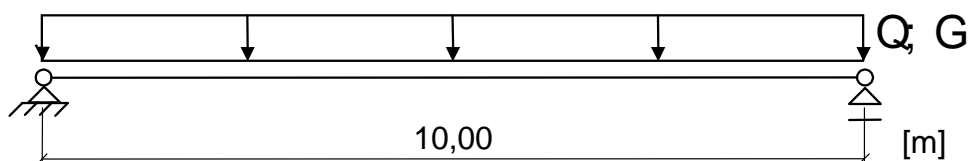


ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX005a-EN-EU</i>	Strona	<i>1 z 6</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Dobór grupy jakościowej stali</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-10</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>

Przykład: Dobór grupy jakościowej stali

Celem przykładu jest wyjaśnienie procedury doboru grupy jakościowej stali według Tablicy 2.1 w normie PN-EN 1993-1-1, przy projektowaniu prostej konstrukcji. Pokazano, jak należy wyznaczać dane potrzebne do takiego doboru: grubość elementu, temperaturę obliczeniową i poziom naprężeń obliczeniowych.




Dane podstawowe

Dobór odmiany jakościowej stali belki w budynku wielokondygnacyjnym wykonano na podstawie następujących danych.

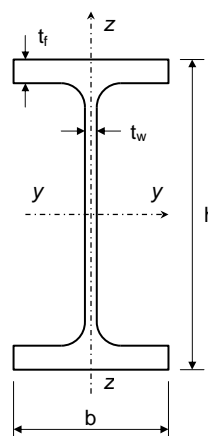
- Rozpiętość przęsła: 10,00 m
- Rozstaw belek: 6,00 m
- Grubość płyty stropowej: 15 cm
- Ciężar ścianek działowych: 0,75 kN/m²
- Obciążenie użytkowe: 2,50 kN/m²
- Ciężar objętościowy betonu: 24 kN/m³
- Gatunek stali: S355

Ciężar płyty stropowej: $0,15 \times 24 \text{ kN/m}^3 = 3,60 \text{ kN/m}^2$

ARKUSZ OBLICZENIOWY  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX005a-EN-EU</i>	Strona	2	z	6
	Tytuł	<i>Przykład: Dobór grupy jakościowej stali</i>				
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-10</i>				
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>		
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>		

IPE 500 – Gatunek stali S355

Wysokość	$h = 500$ mm
Szerokość	$b = 200$ mm
Grubość środnika	$t_w = 10,2$ mm
Grubość stopki	$t_f = 16,0$ mm
Promień wyokrąglenia	$r = 21$ mm
Masa jednostkowa	$90,7$ kg/m



Euronorm
19-57

Pole przekroju poprzecznego	$A = 116$ cm ²
Moment bezwładności przekroju wzgl. osi y-y	$I_y = 48200$ cm ⁴
Moment bezwładności przekroju wzgl. osi z-z	$I_z = 2140$ cm ⁴
Moment bezwładności przy skręcaniu	$I_t = 89,30$ cm ⁴
Sprężysty wskaźnik wytrzymałości na zginanie	$W_{el,y} = 1928$ cm ³
Wskaźnik oporu plastycznego	$W_{pl,y} = 2194$ cm ³

Ciężar własny belki: $(90,7 \times 9,81) \times 10^{-3} = 0,89$ kN/m

Oddziaływania stałe: $G = 0,89 + (3,6 + 0,75) \times 6,00 = 26,99$ kN/m

Oddziaływania zmienne (obciążenie użytkowe): $Q = 2,5 \times 6,0 = 15,00$ kN/m

Granica plastyczności

Gatunek stali S355

Największa grubość ścianki wynosi 16,0 mm < 40 mm, więc:

$$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$$

PN-EN
1993-1-1
Tablica 3.1

Kombinacja oddziaływań (wiodącym oddziaływaniem jest temp. T_{Ed}):

$$E_d = E \{ A[T_{Ed}] \text{ "+" } \sum G_K \text{ "+" } \psi_1 Q_{K1} \text{ "+" } \underbrace{\sum \psi_{2,i} Q_{Ki}} \}$$


W tym wypadku nieistotne

PN-EN 1993-1-10 §2.2(4)
(2.1)

Gdzie:

$$\psi_1 = 0,5$$

PN-EN 1990
[A1.2.2](#) (1)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX005a-EN-EU</i>	Strona	3 z 6
	Tytuł	<i>Przykład: Dobór grupy jakościowej stali</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-10</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>

Wyznaczenie temperatury obliczeniowej T_{Ed}

$$T_{Ed} = T_{md} + \Delta T_r + \Delta T_\sigma + \Delta T_R + \Delta T_{\dot{\epsilon}} + \Delta T_{\epsilon_{cf}}$$

Gdzie:

$$T_{md} = -25 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{najniższa temperatura powietrza})$$

$$\Delta T_r = -5 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{składnik uwzględniający straty promieniowania})$$

$$\Delta T_\sigma = 0 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{składnik uwzględniający naprężenia i granicę plastyczności materiału})$$

$$\Delta T_R = 0 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{składnik bezpieczeństwa umożliwiający zróżnicowanie poziomów niezawodności przy różnych zastosowaniach})$$

$$\Delta T_{\dot{\epsilon}} = 0 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{składnik uwzględniający inną szybkość odkształcenia niż szybkość podstawowa } \dot{\epsilon}_0)$$

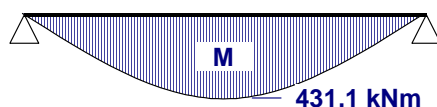
$$\Delta T_{\epsilon_{cf}} = 0 \text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{składnik uwzględniający stopień kształtowania na zimno})$$

$$T_{Ed} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$$

Obciążenia wynikające z kombinacji oddziaływań

$$Q_K + \psi_1 G_{K1} = 26,99 + 0,5 \times 15,00 = 34,49 \text{ kN/m}$$

Wykres momentu zginającego



Moment maksymalny w połowie rozpiętości:

$$M_{y,Ed} = 34,49 \times 10^2 / 8 = 431,1 \text{ kNm}$$

Naprężenie normalne wywołane zginaniem:

$$\sigma_{Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{el,y}} = \frac{431,1 \times 1000}{1928} = 223,6 \text{ N/mm}^2$$

PN-EN 1993-1-10

[§2.2](#)/(2.2)

Załącznik krajowy do PN-EN 1991-1-5


Załącznik krajowy do PN-EN 1991-1-5

PN-EN 1993-1-10 [§2.2](#) (5)
Uwaga 2

EN 1993-1-10 [§2.2](#) (5)
Uwaga 1

PN-EN 1993-1-10 [§2.2](#) (5)

PN-EN 1993-1-10 [§2.2](#) (5)

	Dokument Ref:	<i>SX005a-EN-EU</i>	Strona	<i>4 z 6</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Dobór grupy jakościowej stali</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-10</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>

Poziom naprężeń odniesiony do nominalnej granicy plastyczności

$$\sigma_{Ed} = 223,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_y(t) = f_{y,nom} - 0,25 \times \frac{t}{t_0}$$

gdzie:

$$t = 16 \text{ mm (grubość stopki)}$$

$$t_0 = 1 \text{ mm}$$

$$f_y(t) = 355 - 0,25 \times \frac{16}{1} = 351 \text{ N/mm}^2$$

Uwaga: wartość $f_y(t)$ może zostać przyjęta jako R_{eH} z normy wyrobu stalowego PN-EN 10025

Stosunek naprężeń do nominalnej granicy plastyczności

$$\sigma_{Ed} = \frac{223,6}{351} \times f_y(t) = 0,64 f_y(t)$$

Dobór odmiany jakościowej stali

Uwaga: Mogą zostać użyte dwie metody doboru odpowiedniej odmiany jakościowej stali. Pierwsza metoda jest konserwatywna i wykonuje się ją bez stosowania interpolacji. Druga, prowadząca do bardziej ekonomicznego doboru, opiera się na interpolacji liniowej. Poniżej zaprezentowano obie możliwe ścieżki doboru odmiany jakościowej stali.

1. Metoda konserwatywna

Dane początkowe:


Stosunek naprężeń do nominalnej granicy plastyczności:

$$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t) > \sigma_{Ed} = 0,64 f_y(t)$$

$$\text{Temperatura obliczeniowa: } T_{Ed} = -30 \text{ } ^\circ\text{C} = T_{Ed} = -30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Grubość elementu: } t = 25 \text{ mm} > t_f = 16 \text{ mm}$$

PN-EN 1993-1-10 [§2.3.2](#)

	Dokument Ref:	SX005a-EN-EU	Strona	5 z 6	
	Tytuł	Przykład: Dobór grupy jakościowej stali			
	Dot. Eurokodu	EN 1993-1-10			
	Wykonał	Matthias Oppe	Data	czerwiec 2005	
	Sprawdził	Christian Müller	Data	czerwiec 2005	

Tablica 1: Konserwatywna metoda wyznaczenia maksymalnej dopuszczalnej grubości elementu

PN-EN 1993-1-10
Tablica 2.1

Gatunek stali	Grupa jakości	Praca łamania T [°C] J _{min}	Temperatura obliczeniowa T _{Ed} [°C]																													
			10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50									
			σ _{Ed} = 0,75 f _y (t)					σ _{Ed} = 0,50 f _y (t)					σ _{Ed} = 0,25 f _y (t)																			
S235	JR	20 27 60 50 40 35 30 25 20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60	125	105	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60
	JO	0 27 90 75 60 50 40 35 30	125	105	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60	175	155	135	115	100	85	75	65	60					
	J2	-20 27 125 105 90 75 60 50 40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100																
S275	JR	20 27 55 45 35 30 25 20 15	80	70	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60	125	110	95	80	70	60	55	125	110	95	80	70	60	55		
	JO	0 27 75 65 55 45 35 30 25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70	200	190	165	145	125	110	95	200	190	165	145	125	110	95		
	J2	-20 27 110 95 75 65 55 45 35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95																
S355	M, N	-20 40 135 110 95 75 65 55 45	180	155	130	115	95	80	200	200	190	165	145	125	110																	
	ML, NL	-50 27 185 160 135 110 95 75 65	200	200	180	155	130	115	230	200	200	200	190	165	145																	
	JR	20 27 40 35 25 20 15 15 10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45	150	130	110	95	80	70	60	150	130	110	95	80	70	60		
S420	JO	0 27 60 50 40 35 25 20 15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60	200	175	150	130	110	95	80	200	175	150	130	110	95	80		
	J2	-20 27 90 75 60 50 40 35 25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80																
	K2, M, N	-20 40 110 90 75 60 50 40 35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95																
S460	ML, NL	-50 27 155 130 110 90 75 60 50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130																
	M, N	-20 40 95 80 65 55 45 35 30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85																
	ML, NL	-50 27 135 115 95 80 65 55 45	190	165	140	120	110	85	70	200	200	200	185	160	140	120																
S690	Q	0 30 70 60 50 40 30 25 20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70	200	175	155	130	115	95	80	200	175	155	130	115	95	80		
	QL	-40 30 105 90 70 60 50 40 30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95																
	QL1	-50 27 125 105 90 70 60 50 40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115																
S690	QL1	-60 30 150 125 105 90 70 60 50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130																
	Q	0 40 40 30 25 20 15 10 10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45	140	120	100	85	75	60	50	140	120	100	85	75	60	50		
	QL	-20 40 60 50 40 30 25 20 15	80	65	55	45	35	30	20	165	140	120	100	85	75	60																
S690	QL	-20 40 90 75 60 50 40 30 25	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75																
	QL1	-40 40 90 75 60 50 40 30 25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85																
	QL1	-60 30 110 90 75 60 50 40 30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100																

Stal S355JO zapewnia dopuszczalną grubość 25mm > t_f = 16mm

2. Metoda dokładna

W celu wyznaczenia odmiany jakościowej stali na podstawie rzeczywistej wartości stosunku naprężeń do nominalnej granicy plastyczności, w Tablicy 2.1 normy PN-EN 1993-1-10 może zostać użyta interpolacja liniowa

Stosunek naprężeń do nominalnej granicy plastyczności:

$$a) \sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$$

$$b) \sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$$

Temperatura obliczeniowa:

$$T_{Ed} = -30 \text{ °C}$$

$$T_{Ed} = -30 \text{ °C}$$


Największa dopuszczalna grubość elementu w przypadku stali S355JR

$$t(\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)) = 15 \text{ mm}$$

$$t(\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)) = 30 \text{ mm}$$

korzystając z interpolacji liniowej:

$$t(\sigma_{Ed} = 0,64 f_y(t)) = 21,6 \text{ mm} > t_f = 16 \text{ mm}$$

ARKUSZ OBLICZENIOWY  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX005a-EN-EU</i>	Strona	6 z 6	
	Tytuł	<i>Przykład: Dobór grupy jakościowej stali</i>			
	Dot. Eurokodu	<i>EN 1993-1-10</i>			
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>	
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>czerwiec 2005</i>	

Tablica 2: Dokładne wyznaczenie największej dopuszczalnej grubości elementu

PN-EN 1993-1-10
Tablica 2.1

Gatunek stali	Grupa jakości	Praca łamania		Temperatura obliczeniowa T_{Ed} [°C]																									
		T [°C]	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50					
		$\sigma_{Ed} = 0,75 f_t(t)$										$\sigma_{Ed} = 0,50 f_t(t)$										$\sigma_{Ed} = 0,25 f_t(t)$							
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60					
	JO	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75					
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100					
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55					
	JO	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	65	50	40	165	145	125	110	95	80	70					
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95					
	M, N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110					
	ML, NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145					
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45					
	JO	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60					
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80					
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95					
	ML, NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130					
	M, N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85					
S420	ML, NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	110	85	70	200	200	200	185	160	140	120					
	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70					
	M, N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80					
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95					
	ML, NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115					
S460	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130					
	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45					
	M, N	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50					
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60					
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75					
S690	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85					
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100					

Stal **S355JR** zapewnia dopuszczalną grubość $21,6 \text{ mm} > t_f = 16 \text{ mm}$

Protokół jakości

Tytuł zasobu	Przykład: Dobór grupy jakościowej stali		
Odniesienie			
ORIGINAŁ DOKUMENTU			
	Imię i nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Matthias Oppe	RWTH	16/06/05
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Christian Müller	RWTH	06/07/05
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez	D C Iles	SCI	15/07/05
Zawartość techniczna zaaprobowana przez:			
1. Wielka Brytania	G W Owens	SCI	30/6/05
2. Francja	A Bureau	CTICM	30/6/05
3. Szwecja	A Olsson	SBI	30/6/05
4. Niemcy	C Müller	RWTH	30/6/05
5. Hiszpania	J Chica	Labein	30/6/05
Zasób zatwierdzony przez Koordynatora Technicznego	G W Owens	SCI	21/05/06
TŁUMACZENIE DOKUMENTU			
Tłumaczenie wykonał i sprawdził:	L. Ślęczka		
Tłumaczenie zatwierdzone przez:			

Informacje ramowe

Tytuł*	Przykład: Dobór grupy jakościowej stali	
Seria		
Opis*	Celem przykładu jest wyjaśnienie procedury doboru grupy jakościowej stali według Tablicy 2.1 w normie PN-EN 1993-1-1, przy projektowaniu prostej konstrukcji. Pokazano, jak należy wyznaczać dane potrzebne do takiego doboru: grubość elementu, temperaturę obliczeniową i poziom naprężeń obliczeniowych	
Poziom dostępu*	Umiejętności specjalistyczne	Specjalista
Identyfikator*	Nazwa pliku	P:\CMP\CMP554\Finalization\SX files\SX005\SX005a-EN-EU.doc
Format	Microsoft Office Word; 8 stron; 1672kb;	
Kategoria*	Typ zasobu	Przykład obliczeniowy
	Punkt widzenia	Inżynier
Temat*	Obszar stosowania	Budynki wielokondygnacyjne
Daty	Data utworzenia	15/07/2005
	Data ostatniej modyfikacji	
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*		Polski
Kontakt	Autor	Matthias Oppe, RWTH
	Sprawdził	Christian Müller, RWTH
	Zatwierdził	
	Redaktor	
	Ostatnia modyfikacja	
Słowa kluczowe*	Stal, odmiana jakościowa	
Zobacz też	Odniesienie do Eurokodu	
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	Inne	
Sprawozdanie	Przydatność krajowa	Europa
Instrukcje szczególne		