


ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX012a-EN-EU</i>	Str.	<i>1 z 9</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-8, EN1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Nunez</i>	Data	<i>March 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>Aug 2005</i>

Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową

Przykład ten prezentuje sposób wyznaczenia nośności na ścinanie i ciągnięcie śrubowego, niesprężonego połączenia doczołowego belki ze słupem.

Uwaga: Kompletne obliczenia zawierają wszystkie podpunkty przedstawione poniżej. Jakkolwiek w praktyce, w przypadku typowych połączeń, podpunkty oznaczone symbolem * są najistotniejsze. W prezentowanym przykładzie tylko one zostały szczegółowo przedstawione, natomiast pozostałe podpunkty są przedstawione w informacjach uzupełniających w omówieniu nośności na ścinanie [SN014] i nośności na ciągnięcie [SN015].

Spoiny łączące środek belki z blachą czołową powinny być zaprojektowane w sposób zapewniający im wystarczającą odkształcalność (patrz Rozdział 1) i nośność (patrz Rozdział 2)

Nośność połączenia na ścinanie

Tablica 1: Nośność połączenia na ścinanie

Model zniszczenia	
Ścięcie trzpienia śruby*	$V_{Rd,1}$
Uplastycznienie ścianki otworu w blasze czołowej*	$V_{Rd,2}$
Uplastycznienie ścianki otworu w słupie	$V_{Rd,3}$
Ścięcie blachy czołowej (przekrój brutto)	$V_{Rd,4}$
Ścięcie blachy czołowej (przekrój netto)	$V_{Rd,5}$
Ścięcie blachy czołowej (ścinanie blokowe)	$V_{Rd,6}$
Zginanie blachy czołowej	$V_{Rd,7}$
Ścięcie środka belki*	$V_{Rd,8}$

* Model zniszczenia przeanalizowany w poniższym przykładzie (patrz tekst powyżej)

Jako nośność połączenia na ścinanie należy przyjąć wartość minimalną z powyższych.



Dokument Ref:	SX012a-EN-EU	Str.	2 z 9
Tytuł	Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową		
Dot. Eurocodu	EN 1993-1-8, EN1993-1-1		
Wykonał	Edurne Nunez	Data	March 2005
Sprawdził	Abdul Malik	Data	Aug 2005

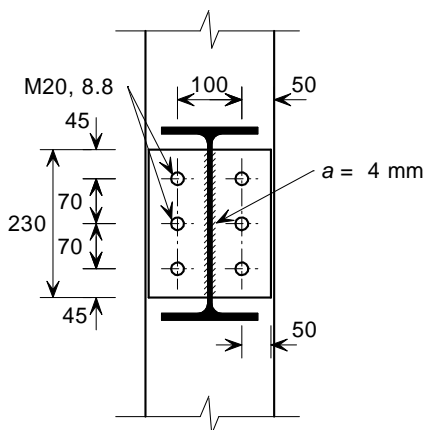
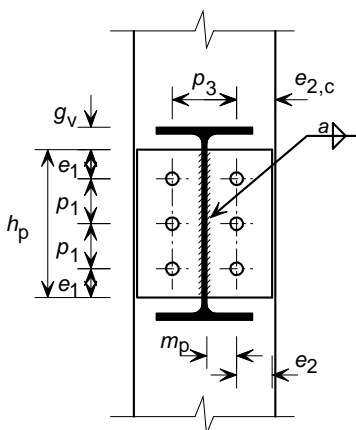
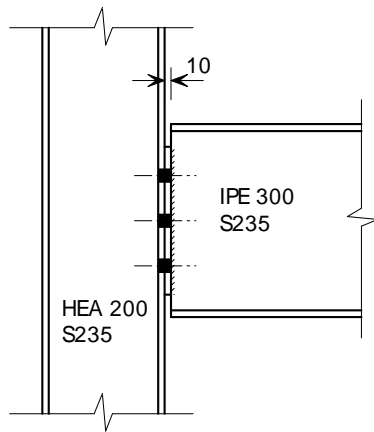
Nośność na ciągnięcie

Tablica 2: Nośność na ciągnięcie

Model zniszczenia	
Zerwanie trzpienia śruby	$N_{Rd,u,1}$
Zginanie blachy czołowej*	$N_{Rd,u,2}$
Zginanie elementów słupa	$N_{Rd,u,3}$
Rozciąganie środka belki	$N_{Rd,u,4}$


Jako nośność połączenia na ciągnięcie należy przyjąć wartość minimalną z powyższych.

Połączenie doczołowe - szczegóły



n_1 = liczba szeregów śrub
 n_2 = liczba kolumn śrub

$n_1 = 3$
 $n_2 = 2$

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX012a-EN-EU</i>	Str.	3 z 9
	Tytuł	<i>Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-8, EN1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Nunez</i>	Data	<i>March 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>Aug 2005</i>

Charakterystyka połączenia


Rodzaj połączenia	Połączenie belki ze słupem
Słup	HEA 200 S235
Belka	IPE 300 S235
Typ połączenia	Niesprężone połączenie doczołowe z blachą głowicową Kategoria A: połączenie typu dociskowego
Blacha czołowa	230 × 200 × 10, S235
Śruby	M20, grade 8.8
Spoiny pachwinowe	Grubość $a = 4$ mm

Słup HEA 200, S235

Wysokość	h	= 190 mm
Szerokość	b	= 200 mm
Grubość środnika	$t_{w,c}$	= 6,5 mm
Grubość pasa	$t_{f,c}$	= 10 mm
Promień zaokrąglenia	r	= 18 mm
Pole powierzchni	A	= 53,83 cm ²
Moment bezwładności	I_y	= 3692 cm ⁴
Odległość między środkami pasów	d_c	= 134 mm
Granica plastyczności	$f_{y,c}$	= 235 N/mm ²
Granica wytrzymałości	$f_{u,c}$	= 360 N/mm ²

Belka IPE 300, S235

Wysokość	h	= 300 mm
Szerokość	b	= 150 mm
Grubość środnika	$t_{w,b1}$	= 7,1 mm
Grubość pasa	$t_{f,b1}$	= 10,7 mm
Promień zaokrąglenia	r	= 15 mm
Pole powierzchni	A	= 53,81 cm ²
Moment bezwładności	I_y	= 8356 cm ⁴
Granica plastyczności	$f_{y,b1}$	= 235 N/mm ²
Granica wytrzymałości	$f_{u,b1}$	= 360 N/mm ²

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX012a-EN-EU</i>	Str.	4 z 9
	Tytuł	<i>Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-8, EN1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Nunez</i>	Data	<i>March 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>Aug 2005</i>

Blacha czołowa 230 × 200 × 10, S235

Odległość od krawędzi blachy do górnego pasa belki $g_v = 35 \text{ mm}$

Wysokość $h_p = 230 \text{ mm}$

Szerokość $b_p = 200 \text{ mm}$

Grubość $t_p = 10 \text{ mm}$

Granica plastyczności $f_{y,p} = 235 \text{ N/mm}^2$

Granica wytrzymałości $f_{u,p} = 360 \text{ N/mm}^2$

Kierunek równoległy do kierunku działania obciążenia (1)

Liczba rzędów śrub $n_1 = 3$

Odległość od krawędzi blachy do pierwszego rzędu śrub $e_1 = 45 \text{ mm}$

Rozstaw rzędów śrub $p_1 = 70 \text{ mm}$

Kierunek prostopadły do kierunku działania obciążenia (2)

Liczba kolumn śrub $n_2 = 2$

Odległość od krawędzi blachy do osi śruby $e_2 = 50 \text{ mm}$

Odległość od krawędzi pasa słupa do osi śruby $e_{2,c} = 50 \text{ mm}$

Odległość pomiędzy kolumnami śrub $p_3 = 100 \text{ mm}$

Śruby M20, 8.8

Liczba śrub ($n = n_1 \times n_2$) $n = 6$

Pole przekroju czynnego śruby $A_s = 245 \text{ mm}^2$

Średnica trzpienia śruby $d = 20 \text{ mm}$

Średnica otworu $d_o = 22 \text{ mm}$

Średnica podkładki $d_w = 37 \text{ mm}$

Granica plastyczności $f_{yb} = 640 \text{ N/mm}^2$

Granica wytrzymałości $f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2$

Spoiny


Grubość spoin pachwinowych $a = 4 \text{ mm}$

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M2} = 1,25$ (w przypadku nośności na ścinanie w SGN)

$\gamma_{M,u} = 1,1$ (w przypadku nośności na ciągnięcie w SGN)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX012a-EN-EU</i>	Str.	<i>5 z 9</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-8, EN1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Nunez</i>	Data	<i>March 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>Aug 2005</i>

Obliczeniowa siła ścinająca (w SGN)

$$V_{Ed} = 200 \text{ kN}$$

Wymagania odnośnie ciągłości połączenia

Podpierającym elementem jest pas słupa, dlatego połączenie powinno spełniać następujące warunki:

$$t_p \leq \frac{d}{2,8} \sqrt{\frac{f_{ub}}{f_{y,p}}}$$

lub

$$t_{f,c} \leq \frac{d}{2,8} \sqrt{\frac{f_{ub}}{f_{y,c}}}$$

$$\frac{d}{2,8} \sqrt{\frac{f_{ub}}{f_{y,p}}} = \frac{20}{2,8} \sqrt{\frac{800}{235}} = 13,18 \text{ mm}$$

$$t_p = 10 \text{ mm}$$

Ponieważ $t_p < 13,18 \text{ mm}$, ciągłość połączenia została zapewniona.

Projektowanie spoin

Belka wykonana jest ze stali klasy S235, więc wymagania odnośnie grubości spoin są następujące:

$$a \geq 0,38t_{w,b1}$$

$$0,38 \times 7,1 = 2,7 \text{ mm}$$

$$a = 4 \text{ mm}$$

Ponieważ $a > 2,7 \text{ mm}$, grubość spoin przyjęto prawidłowo.

Nośność połączenia na ścinanie

Ścięcie trzpienia śrub

$$V_{Rd,1} = 0,8nF_{v,Rd}$$


Nośność trzpienia pojedynczej śruby na ścinanie, $F_{v,Rd}$ wyznacza się według:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$$

[SN014](#)

[SN014](#)

EN1993-1-8
[Tab. 3.4](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX012a-EN-EU</i>	Str.	6 z 9
	Tytuł	<i>Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-8, EN1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Eduarne Nunez</i>	Data	<i>March 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>Aug 2005</i>

gdzie:

$\gamma_{M2} = 1,25$ w przypadku nośności na ścinanie

$\alpha_v = 0,6$ dla śrub klasy 8.8

$A = A_s = 245 \text{ mm}^2$

$$\therefore F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 800 \times 245}{1,25} \times 10^{-3} = 94,08 \text{ kN}$$

$$\therefore V_{Rd,1} = 0,8 \times 6 \times 94,08 = 452 \text{ kN}$$

Uplastycznienie ścianki otworu blachy

$$V_{Rd,2} = nF_{b,Rd}$$

Nośność na docisk dla pojedynczej śruby, $F_{b,Rd}$ wyznacza się według wzoru:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_{u,p} d t_p}{\gamma_{M2}}$$

gdzie:

$$\alpha_b = \min \left(\frac{e_1}{3d_o}; \frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_{u,p}}; 1,0 \right)$$

$$\frac{e_1}{3d_o} = \frac{45}{3 \times 22} = 0,68$$

$$\frac{p_1}{3d_o} - \frac{1}{4} = \frac{70}{3 \times 22} - \frac{1}{4} = 0,81$$

$$\frac{f_{ub}}{f_{u,p}} = \frac{800}{360} = 2,22$$

$$\therefore \alpha_b = \min(0,68; 0,81; 2,22; 1,0) = 0,68$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \frac{e_2}{d_o} - 1,7; 2,5 \right)$$


$$2,8 \frac{e_2}{d_o} - 1,7 = \frac{2,8 \times 50}{22} - 1,7 = 4,66$$

$$\therefore k_1 = \min(4,66; 2,5) = 2,5$$

$$\therefore F_{b,Rd} = \frac{2,5 \times 0,68 \times 360 \times 20 \times 10}{1,25} \times 10^{-3} = 97,92 \text{ kN}$$

[SN014](#)

EN1993-1-8
[Tab. 3.4](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX012a-EN-EU</i>	Str.	7 z 9
	Tytuł	<i>Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-8, EN1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Nunez</i>	Data	<i>March 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>Aug 2005</i>

$$V_{Rd,2} = 6 \times 97,92 = 588 \text{ kN}$$

Środek belki na ścinanie

$$V_{Rd,8} = A_v \frac{f_{y,b1}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$= 0,9 h_p t_{w,b1} \frac{f_{y,b1}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

$$V_{Rd,8} = 0,9 \times 230 \times 7,1 \times \frac{235}{\sqrt{3} \times 1,0} \times 10^{-3} = 200 \text{ kN}$$

Nośność połączenia na ciągnięcie

Zginanie blachy czołowej

$$N_{Rd,u,2} = \min(F_{Rd,u,ep1}; F_{Rd,u,ep2})$$

Nośność blachy czołowej na zginanie wyznaczona według 1 modelu zniszczenia, $F_{Rd,u,ep1}$:

$$F_{Rd,u,ep1} = F_{T,1,Rd} = \frac{(8n_p - 2e_w)M_{pl,1,Rd,u}}{2m_p n_p - e_w(m_p + n_p)}$$

Nośność blachy czołowej na zginanie wyznaczona według 2 modelu zniszczenia, $F_{Rd,u,ep2}$:

$$F_{Rd,u,ep2} = F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd,u} + n_p \sum F_{t,Rd,u}}{m_p + n_p}$$

$$e_w = \frac{d_w}{4} = \frac{37}{4} = 9,25 \text{ mm}$$

$$n_p = \min(e_2; e_{2,c}; 1,25m_p)$$

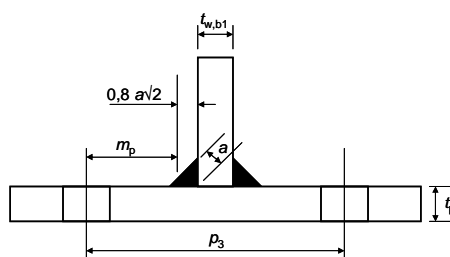
$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$e_{2,c} = 50 \text{ mm}$$

$$m_p = \frac{(p_3 - t_{w,b1} - 2 \times 0,8 \times a \times \sqrt{2})}{2} = \frac{(100 - 7,1 - 2 \times 0,8 \times 4 \times \sqrt{2})}{2} = 41,93 \text{ mm}$$

$$1,25m_p = 1,25 \times 41,93 = 52,41 \text{ mm}$$

$$\therefore n_p = \min(50; 50; 52,41) = 50 \text{ mm}$$




[SN014](#)

[SN015](#)

EN1993-1-8
[Tab. 6.2](#)

EN1993-1-8
[Tab. 6.2](#)

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX012a-EN-EU</i>	Str.	8 z 9
	Tytuł	<i>Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-8, EN1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Nunez</i>	Data	<i>March 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>Aug 2005</i>

$$M_{pl,1,Rd,u} = \frac{1}{4} \frac{h_p t_p^2 f_{u,p}}{\gamma_{M,u}} = \frac{1}{4} \times \frac{230 \times 10^2 \times 360}{1,1} \times 10^{-6} = 1,88 \text{ kNm}$$

$$\therefore F_{Rd,u,ep1} = \frac{(8 \times 50 - 2 \times 9,25) \times 1,88 \times 10^3}{2 \times 41,93 \times 50 - 9,25 \times (41,93 + 50)} = 215 \text{ kN}$$

$$M_{pl,2,Rd,u} = M_{pl,1,Rd,u} = 1,88 \text{ kNm}$$

$$F_{t,Rd,u} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M,u}}$$

$$k_2 = 0,9$$

$$\therefore F_{t,Rd,u} = \frac{0,9 \times 800 \times 245}{1,1} \times 10^{-3} = 160,4 \text{ kN}$$

$$\sum F_{t,Rd,u} = n F_{t,Rd,u} = 6 \times 160,36 = 962,4 \text{ kN}$$


n jest liczbą śrub

$$\therefore F_{Rd,u,ep2} = \frac{2 \times 1,88 \times 10^3 + 50 \times 962,4}{41,93 + 50} = 564 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,u,2} = \min(215; 564) = 215 \text{ kN}$$

Podsumowanie

Poniższa tablica przedstawia zbiorcze zestawienie nośności połączenia, wyznaczonych przy przyjęciu poszczególnych modeli zniszczenia. Wartości przedstawione w zacienionych polach nie zostały obliczone w prezentowanym przykładzie. Nośność połączenie (wartość minimalna z wyznaczonych) została wyróżniona pogrubioną czcionką.

ARKUSZ OBLICZENIOWY 	Dokument Ref:	<i>SX012a-EN-EU</i>	Str.	9 z 9
	Tytuł	<i>Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1993-1-8, EN1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Edurne Nunez</i>	Data	<i>March 2005</i>
	Sprawdził	<i>Abdul Malik</i>	Data	<i>Aug 2005</i>

Model zniszczenia	Nośność połączenia	
Ścięcie trzpienia śruby*	$V_{Rd,1}$	452 kN
Uplastycznienie ścianki otworu w blasze czołowej*	$V_{Rd,2}$	588 kN
Uplastycznienie ścianki otworu w dodatkowych kształtownikach	$V_{Rd,3}$	700 kN
Ścięcie blachy czołowej (przekrój brutto)	$V_{Rd,4}$	491 kN
Ścięcie blachy czołowej (przekrój netto)	$V_{Rd,5}$	545 kN
Ścięcie blachy czołowej (block shear)	$V_{Rd,6}$	578 kN
Zginanie blachy czołowej	$V_{Rd,7}$	∞
Ścięcie środka belki*	$V_{Rd,8}$	200 kN

Model zniszczenia	Nośność na ciągnięcie	
Zerwanie trzpienia śruby	$N_{Rd,u,1}$	962 kN
Zginanie blachy czołowej*	$N_{Rd,u,2}$	215 kN
Zginanie dodatkowych kształtowników	$N_{Rd,u,3}$	N/A
Rozciąganie środka belki	$N_{Rd,u,4}$	534 kN

Uwaga: jeżeli grubość pasa słupa jest mniejsza niż grubość blachy czołowej, wtedy pas słupa powinien być sprawdzony na zginanie.

Wymagania odnośnie ciągliwości połączenia zostały spełnione (patrz Rozdział 1).

Wymiary spoin przyjęto w sposób odpowiedni (patrz Rozdział 2).

Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU	Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową		
Odniesienie(a)			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Eduarne Nunez	The Steel Construction Institute	March 2005
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Abdul Malik	The Steel Construction Institute	Aug 2005
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez	D C Iles	SCI	16/9/05
Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:			
1. UK	G W Owens	SCI	16/9/05
2. France	A Bureau	CTICM	16/9/05
3. Sweden	A Olsson	SBI	15/9/05
4. Germany	C Müller	RWTH	14/9/05
5. Spain	J Chica	Labein	16/9/05
Zasób zatwierdzony przez technicznego koordynatora	G W Owens	SCI	09/06/06
DOKUMENT TŁUMACZONY			
Tłumaczenie wykonane przez:	A. Wojnar, PRz		
Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:	A. Kozłowski, PRz		

Informacje ramowe

Tytuł*	Przykład: Ścinane połączenie doczołowe belki ze słupem z blachą głowicową	
Seria		
Opis*	Ten przykład prezentuje sposób wyznaczenia nośności śrubowego, niesprężonego połączenia doczołowego belki ze słupem.	
Poziom dostępu*	Ekspertyza	Praktyka
Identyfikator*	Nazwa pliku	C:\Documents and Settings\awojnar\Moje dokumenty\2009\Acces Steel\2009-02-19\SX012\SX012a-PL-EU.doc
Format	Microsoft Office Word; 13 stron; 356kb;	
Kategoria*	Tytuł zasobu	Przykład obliczeniowy
	Punkt widzenia	Inżynier
Przedmiot*	Obszar zastosowania	Budynki wielokondygnacyjne
Daty	Data utworzenia	16/09/2005
	Data ostatniej modyfikacji	
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
Język(i)*	Polski	
Kontakt	Autor	Eduarne Nunez, The Steel Construction Institute
	Sprawdzony przez	Abdul Malik, The Steel Construction Institute
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
Słowa kluczowe*	Blacha czołowa, nośność na ścinanie, nośność na ciągnięcie	
Zobacz też	Odniesienie do Eurocodu	EN 1993-1-1 : 2005; EN 1993-1-8 : 2005
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	Inne	SN014, SN015
Omówienie	Narodowa przydatność	Europa
Szczególne instrukcje		