



With support from the
Research Fund for Coal
and Steel of the European
Community

ZAPROSZENIE NA SEMINARIUM

„INSAPTRANS - Zastosowanie stali odpornych na korozję
w transporcie samochodowym”.

Seminarium INSAPTRANS będzie poświęcone tematowi wykorzystania stali nierdzewnych w autobusach i w wagonach metra.

Stale odporne na korozję mają do zaoferowania innowacyjne rozwiązania dla transportu publicznego. Ich mechaniczne właściwości pomagają projektantom zredukować ciężar, polepszyć odporność na zderzenia oraz podnieść bezpieczeństwo pożarowe. Stale odporne na korozję łączą w sobie odporność na korozję z łatwością przeprowadzania napraw. Co ważne, mogą być zaskakująco atrakcyjne kosztowo. Innowacyjne rozwiązania w budowie busów oraz w projektowaniu i produkcji wagonów metra oraz innych pojazdów torowych były analizowane w prowadzonych ostatnio projektach badawczych. Ich wyniki będą prezentowane w dużym gronie ekspertów z branży podczas serii seminariów, które odbędą się jesienią 2008 roku w wielu miejscach w Europie.

**W Polsce seminarium INSAPTRANS odbędzie się dnia 7 października 2008,
w Warszawie, w biurcu Oxford Tower przy ul. Chałubińskiego 8.**

INSAPTRANS jest projektem wspieranym przez Unię Europejską z Funduszu Badawczego dla Węgla i Stali (RFCS). W projekt zaangażowane są następujące firmy i organizacje: Acerinox (Hiszpania), ArcelorMittal Stainless Belgium (Belgia), Centro Sviluppo Materiali (Włochy), Euro Inox (Belgia), OCAS (Belgia), Outokumpu (Finlandia) i VTT we współpracy z Helsińskim Uniwersytetem Technologii (Finlandia).

Organizatorem wydarzenia jest Polska Unia Dystrybutorów Stali, a jego partnerem i sponsorem jest firma Outokumpu, będąca „opiekunem” wydarzenia w tej części Europy.

Program seminarium:

- 10.30-10.45 Otwarcie – Andrzej Ciepiela (PUDS)
- 10.45-11.10 Projekt INSAPTRANS - poradnik - Mika Sirén (VTT)
- 11.10-12.00 Lekkie konstrukcje pojazdów transportu publicznego
ze stali nierdzewnej - Mika Sirén (VTT)
- 12.00-12.25 Przerwa kawowa
- 12.25-13.35 Dobór materiału - Tero Taulavuori (Outokumpu)
- 13.35-14.05 Gatunek Duplex - Paweł Chamczyk (Outokumpu)
- 14.05-14.45 Panel dyskusyjny

Więcej informacji dostępnych na stronach www.puds.pl oraz www.stalnierdzewne.pl

Organizator:

Sponsor:

Patroni medialni:



INSAPTRANS

Lekkie konstrukcje pojazdów transportu publicznego ze stali nierdzewnej

Nowatorskie zastosowania stali nierdzewnej
w pojazdach transportowych
– INSAPTRANS –



With support from the
Research Fund for
Coal and Steel of the
European Community.

INSAPTRANS

1. Własności profili zamkniętych ze stali nierdzewnej podczas zderzenia – crash testu
 - Badania własności przy osiowym i bocznym uderzeniu
 - Badanie ram podczas uderzenia i ich symulacja
2. Panele wielowarstwowe typu sandwich ze stali nierdzewnej
 - Projektowanie paneli i ich wymiary
 - Wytwarzanie paneli: spawane laserowo, klejone oraz wypełniane poliuretanem (PU)
 - Badania paneli: próba zginania i crash test
3. Podsumowanie i wnioski



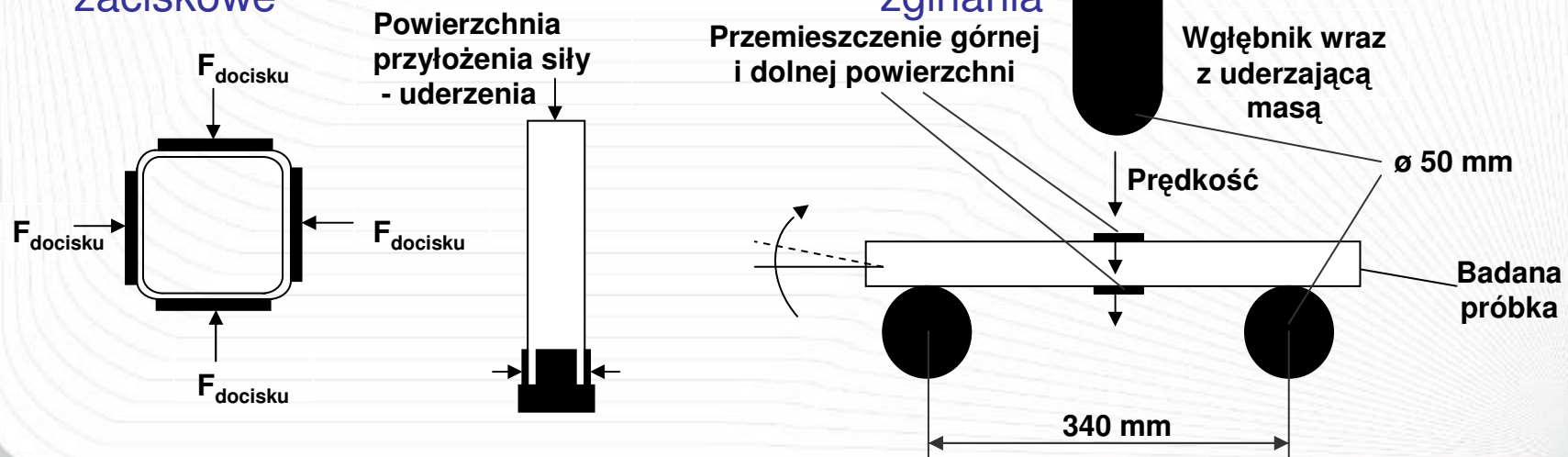
1. Własności profili zamkniętych ze stali nierdzewnej podczas zderzenia 3

- Cele: zbadanie zachowania podczas zderzenia / uderzenia
 - Typowych elementów konstrukcji nadwozi autobusów
 - W sytuacji zderzenia możliwość wystąpienia przeciążeń
 - Porównanie różnych gatunków stali nierdzewnych
- Badania:
 - Uderzenie osiowe
 - Uderzenie boczne
 - Uderzenie w ramę: $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Dodatkowo (źródłowe projekty AUTOBUSÓW określają):
 - Boczne uderzenie młota spadowego: profile SHS (profil zamknięty kwadratowy) i inne profile
 - Symulacje podczas zderzenia i dachowania



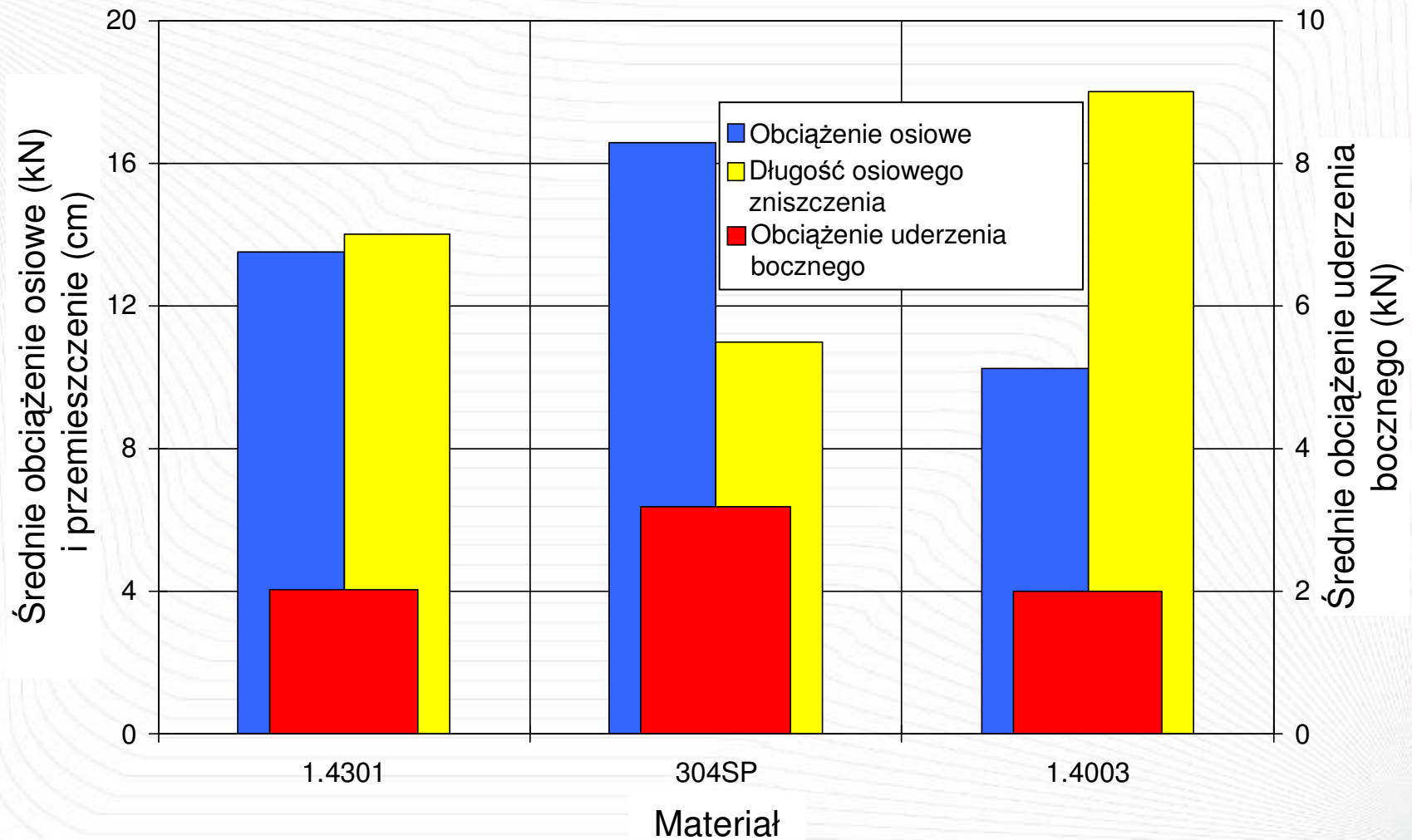
- Profil SHS 40 × 40 × 1,5 mm, pozioma kolumna do crash testu
- Do porównania między materiałami zastosowano wartość „obciążeń średnich”
 - średnia wartość obciążeń podczas całego uderzenia, wyższa = tym lepiej
- Energia uderzenia 7,5 kJ @ 8,7 m/s
- Profile mocowane przez szczęki zaciskowe

- Energia uderzenia 1 kJ @ 3,0 m/s
- Stanowisko do 3-punktowego zginania



Osiowe i boczne uderzenie: wyniki badań

5



With support from the
Research Fund for
Coal and Steel of the
European Community.

INSAPTRANS

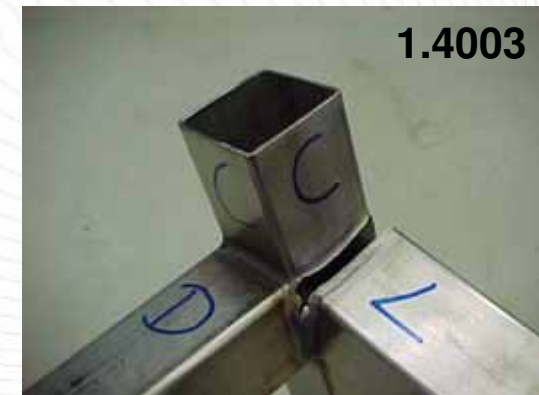
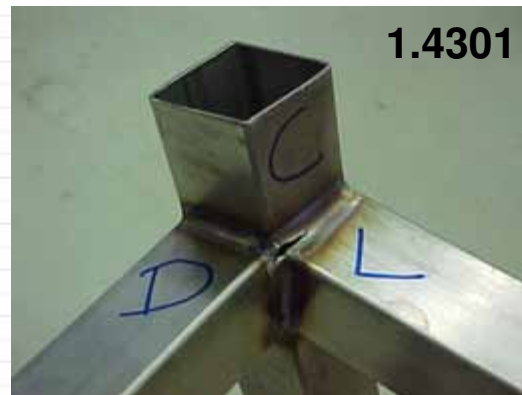
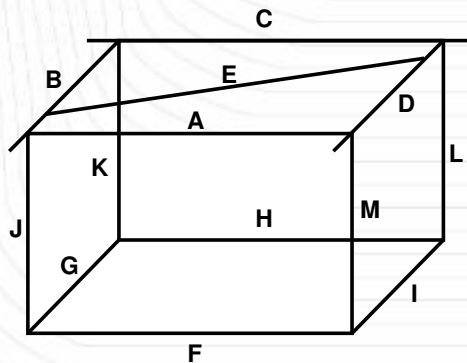
- Modele ram pomocniczej autobusu z profili SHS, 40 × 40 × 1,5 mm
 - 1.4301, 1.4003, 304 SP, 16-7 Mn, galwanizowana St37
 - Ramy spawane łukiem plazmowym, drutem proszkowym
- Pozioma kolumna to crash testu, energia uderzenia 5,1 kJ @ 5,7 m/s
 - cylinder odbojowy ø 230 mm na przedzie zderzaka
 - badanie w -20 °C i +5 °C



Badanie ram podczas uderzenia : wyniki badań

7

Miejsce	Ugięcie		Ugięcie elementów bocznych		Odształcenie słupków pionowych		Średnia całkowita długość pęknięcia	
	A, C, E		J, M, K, L		B, D		linie spawów	
	+5°C	-20°C	+5°C	-20°C	+5°C	-20°C	+5°C	-20°C
1	304SP	304SP	304SP	304SP	304SP	304SP	1.4301	1.4003
2	16-7Mn	16-7Mn	16-7Mn	16-7Mn	16-7Mn	1.4301	1.4003	1.4301
3	1.4003	1.4301	1.4003	1.4301	1.4003	16-7Mn	16-7Mn	304SP
4	1.4301	1.4003	1.4301	1.4003	1.4301	1.4003	304SP	16-7Mn
5	St37	St37	St37	St37	St37	St37	St37	St37



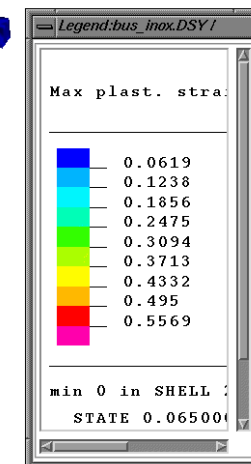
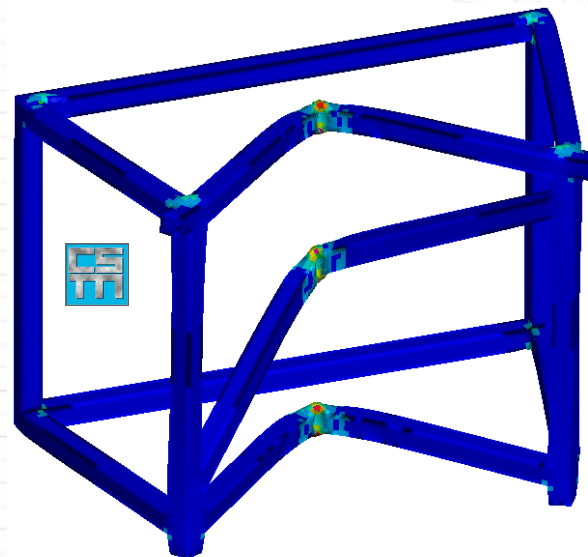
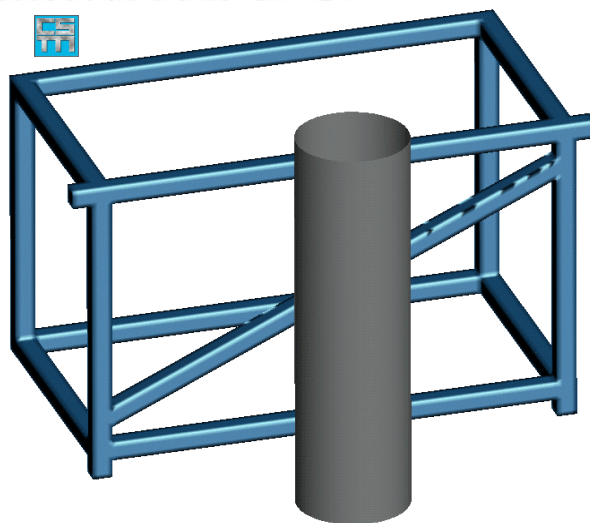
With support from the
Research Fund for
Coal and Steel of the
European Community.

INSAPTRANS

Symulacja uderzenia w ramę

8

- Modele ramy pomocniczej autobusu z profili SHS, 40 × 40 × 1,5mm
 - Sztywny wgłębnik walcowy \varnothing 230 mm @ 13 m/s
 - 1.4301, CMn300 dla porównania
 - 1.4301 także z $t = 2$ mm \rightarrow 15% spadek odkształcenia plastycznego



With support from the
Research Fund for
Coal and Steel of the
European Community.

INSAPTRANS

- Porównania wyników symulacji z wynikami badań doświadczalnych:

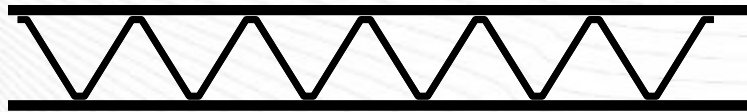
	Symulacja CSM	Badania doświadczalne TNO	
		+5°C	-20°C
Średnie ugięcie wykrzywionych elementów A, C i E	247 mm	260 mm	210 mm
Średnie ugięcie elementów bocznych J, K, L i M	203 mm	225 mm	170 mm
Średnie odkształcenie słupków pionowych B i D	33 mm	33 mm	37 mm

- Średnie odkształcenie słupków pionowych jest niższe w symulacji
- Ściegi spoin wykazują wyższą odporność na uderzenie (nie brane pod uwagę w symulacjach)?

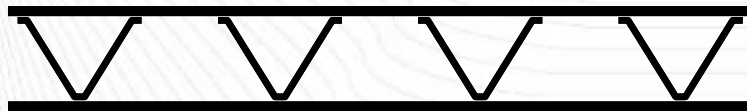
⇒ Symulacja dostarcza możliwą do przyjęcia (wystarczającą?) dokładność

- **Wprowadzenie:**
 - Zapotrzebowanie na rozwój lekkich konstrukcji przeznaczonych dla transportu ciężkiego
 - Rozwój całkowicie metalowych paneli typu sandwich w szczególności przeznaczonych do budowy statków
 - Zastosowanie stali nierdzewnych w konstrukcjach autobusów
- **Cele**
 - Opracowanie technologii wytwarzania i metod projektowania lekkich konstrukcji z paneli typu sandwich ze stali nierdzewnych
 - Przedstawienie własności jakie posiadają panele oraz korzyści płynących z ich zastosowania





rdzeń typu V



rdzeń typu V_f



rdzeń typu I

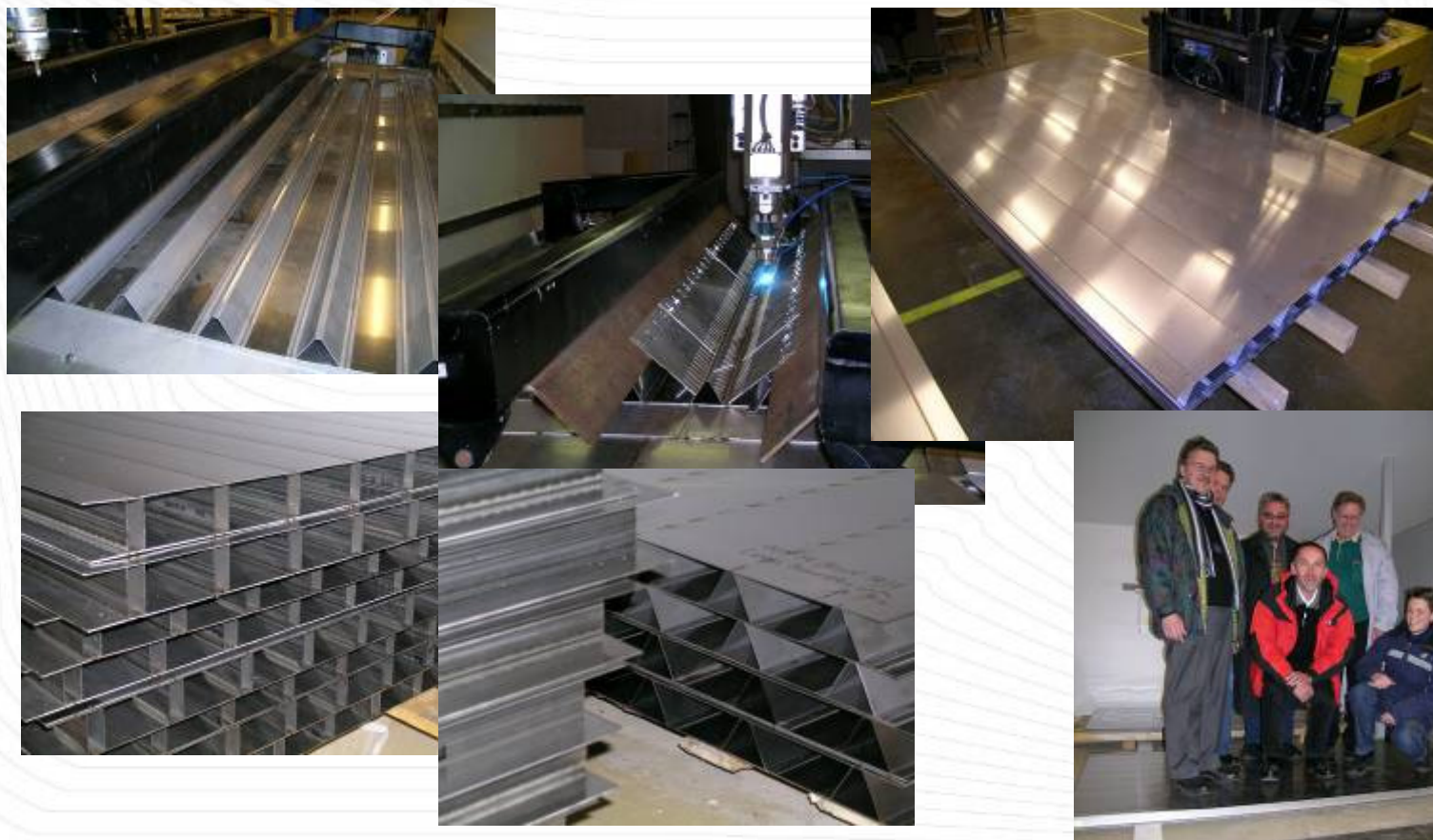


rdzeń typu O

- Sztywność w obu kierunkach
 - Rdzeń formowany przez profilowanie rolkowe: OK
 - Rdzeń kształtowany przez gięcie: tolerancje!
- Lekka konstrukcja, sztywność poprzeczna
- Rdzeń walcowany lub gięty
- Zazwyczaj najłżejsza konstrukcja
 - Sztywność poprzeczna?
 - Trudne wytwarzanie zoptymalizowanego panelu
- Różnice w sztywności:
 - Wzdłużnie OK, poprzecznie nie OK
 - Ograniczona optymalizacja rdzenia



- Panele stropowe ze stali nierdzewnej (DOLTRAC)



With support from the
Research Fund for
Coal and Steel of the
European Community.

INSAPTRANS

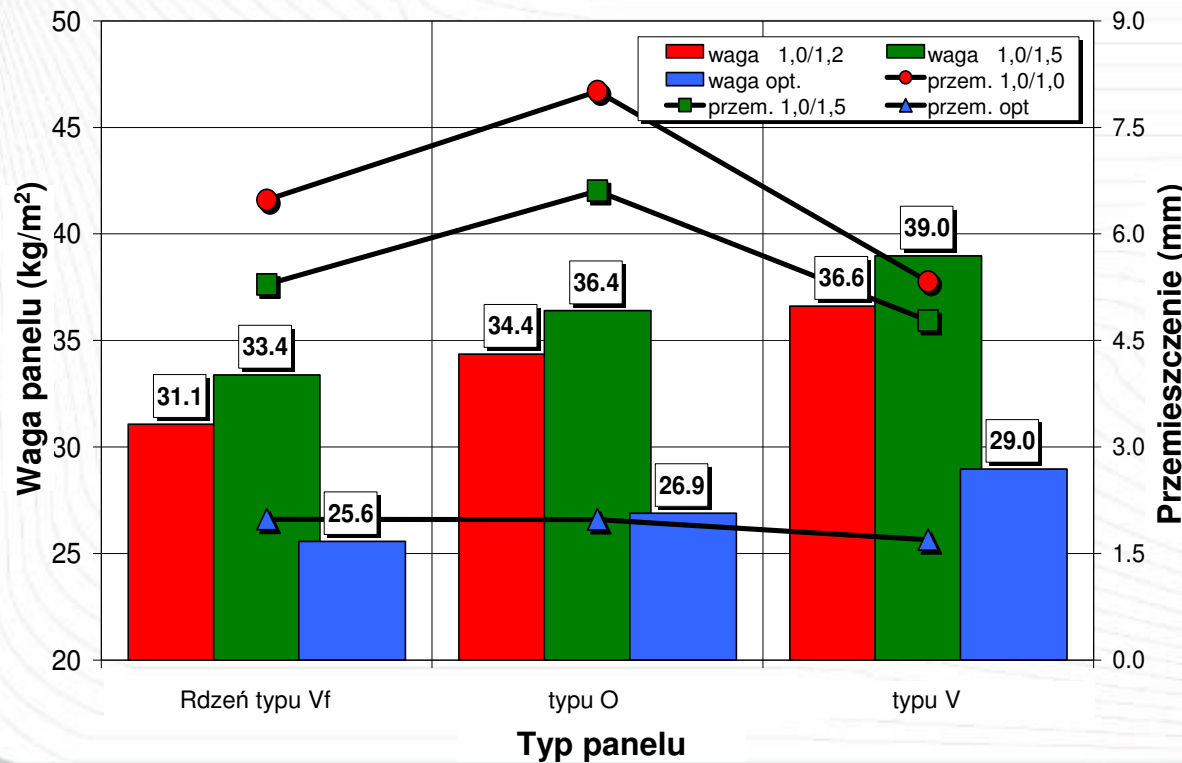
- Punk początkowy: istniejące materiały
 - Własności stali 1.4318 z walcowaniem wygładzającym dla kształtowników i paneli
 - W porównaniu do stali:
304SP (Mn&S ↓ + Mo&N ↑ = odporność na korozję wżerową ↑)

Materiał		Producent	Skład chemiczny (w-%)					
EN	ASTM		C	N	Cr	Ni	Mn	Mo
-	304SP	Acerinox	0,05	0,010	18,21	8,33	0,21	0,75
1.4318	301LN	Outokumpu	0,025	0,120	17,50	6,80	1,21	-
1.4318	301LN	Ocas/Arcelor	0,025	0,102	17,36	6,63	1,66	0,19

Materiał		Producent	grubość (mm)	R _{p0.2} (N/mm ²)	R _{p1.0} (N/mm ²)	R _m (N/mm ²)	A ₅₀ (%)
typ	stan						
304SP	2B	Acerinox	1,0	338	378	682	51 (A ₈₀)
1.4318	C850	Outokumpu	1,0	637	689	948	38
			1,5	576	654	919	37
1.4318	C1000	Ocas/Arcelor	1,2	820	838	1004	23 (A ₈₀)
			1,9	883	912	1086	25



- Projektowanie panelu za pomocą dostosowanego do własnych potrzeb oprogramowania ESAComp
 - Warunki obciążenia podczas projektowania wg Siemens: $480 \text{ kg/m}^2 + 1,5 \text{ kN}$
 - Dwie iteracje, kryteria: waga i max. przemieszczenie $L/300$



	Typ panelu		
	O	V _f	V
Płyta wierzchnia (mm)			
1.4318 C1000	1,9	1,9	1,9
Rdzeń (mm)			
geometry	20×50	60°	60°
304 SP	1,0	1,0	1,0
1.4318 C850	1,0	1,0	-
Płyta spodnia (mm)			
1.4318 C1000	1,2	1,2	1,2
1.4318 C850	1,5	1,5	-

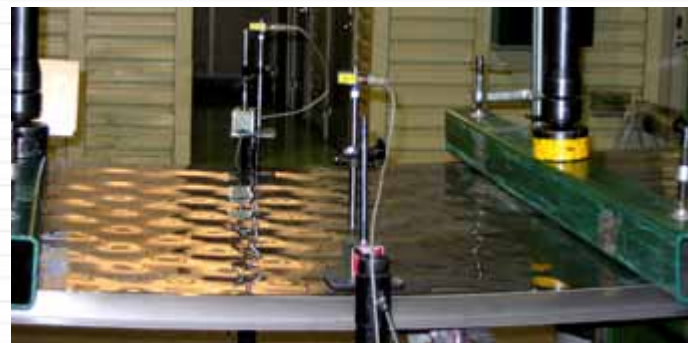
- Ogółem 40 sztuk paneli o wymiarach $1,25 \times 2,2 \text{ m}^2$ wykonanych z zastosowaniem spawania laserowego
- Opcje do porównania:
 - Panele punktowo zgrzewane laserowo
 - Panele sklejane
 - Własności w porównaniu do paneli spawanych?
 - Płaskość powierzchni i wygląd zewnętrzny?
 - Panele wypełniane pianką poliuretanową
 - Własności izolacyjne?
 - Wpływ na własności?



- Próby zginania
 - Obciążenie obliczeniowe $1,25 \times 2,2 \text{ m}^2$, statyczne
 - $480 \text{ kg/m}^2 + 1,5 \text{ kN}$, $s_{\text{max}} \leq L/300$
 - Obciążenie za pomocą układu pneumatycznego (różnicą ciśnienia atmosferycznego)
 - ⇒ ***Wszystkie panele przeszły badania pozytywnie***
 - 4-punktowe zginanie $1,25 \times 2,2 \text{ m}^2$, statyczne
 - 3-punktowe zginanie $0,5 \times 1,0 \text{ m}^2$, statyczne
 - 3-punktowe zginanie $0,5 \times 1,0 \text{ m}^2$, zmęczeniowe
- Badania podczas zderzenia - crash test
 - Obciążenie dynamiczne = uderzenie $\sim (0,2 - 0,42) \times 1,8 \text{ m}^2$
 - Poprzecznie i wzdłużnie



Próba cztero-punktowego zginania: warunki prób doświadczalnych 17



With support from the
Research Fund for
Coal and Steel of the
European Community.

INSAPTRANS

Próba cztero-punktowego zginania: wyniki badań

18

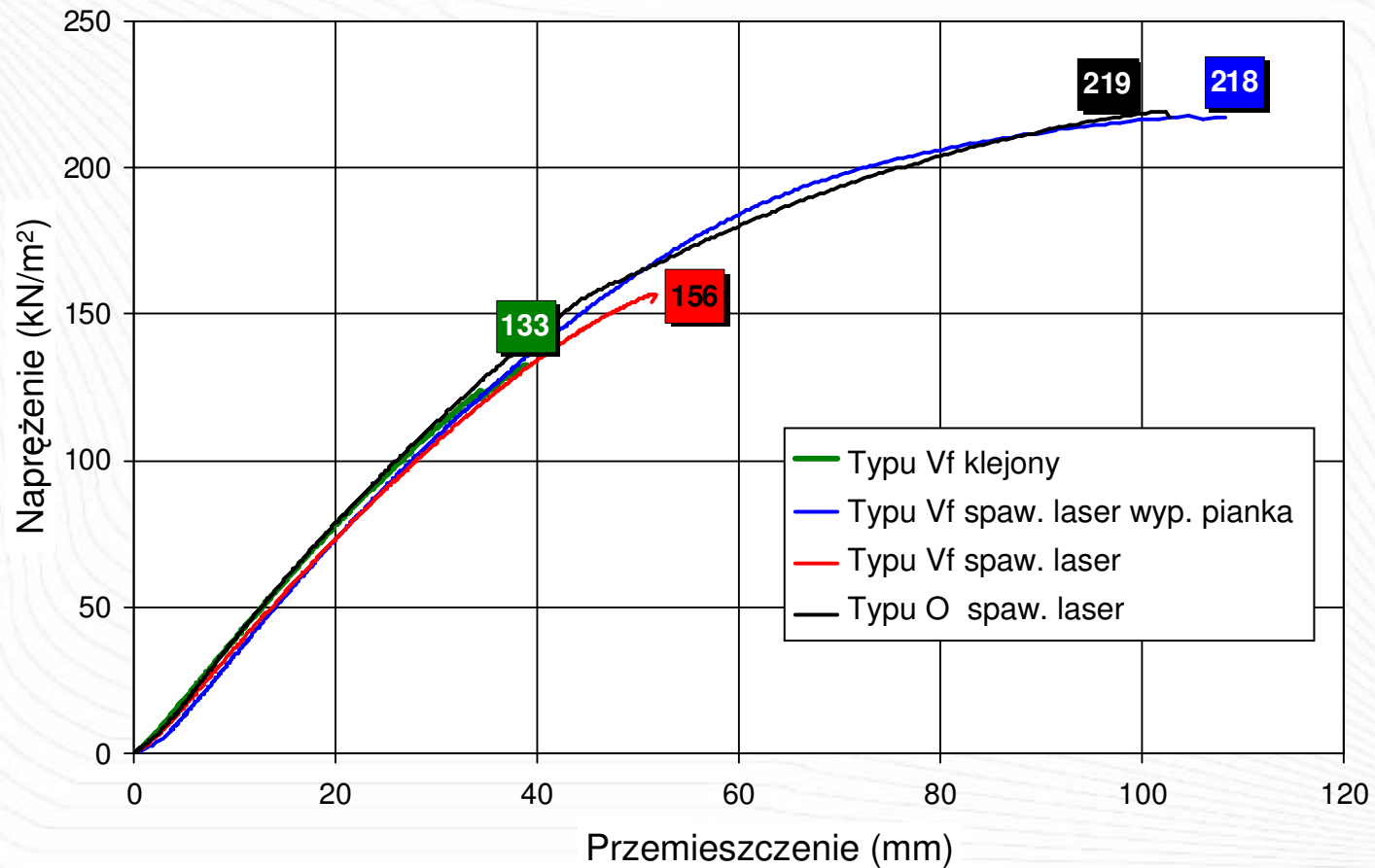
Nr panelu	mat. rdzenia	t _c (mm)	mat. wierzch.	t ₁ (mm)	mat. spod.	t ₂ (mm)	spoina	σ _{L/300} (kN/m ²)	σ _{max} (kN/m ²)	S _{max} (mm)
O-1-2	1.4318	1,0	1.4318	1,9	1.4318	1,2	ciągła.	19	203	103
O-1-4	C850		C1000		C1000		punkt.	22	190	84
O-2-2	304SP	1,0	1.4318	1,9	1.4318	1,2	ciągła.	22	150	79
O-2-5	2B		C1000		C1000		punkt	22	129	44
O-3-2	1.4318	1,0	1.4318	1,9	1.4318	1,5	ciągła.	24	219	102
O-3-4	C850		C1000		C850		Punkt	26	184	76
O-4-1	304SP	1,0	1.4318	1,9	1.4318	1,5	ciągła.	26	186	76
O-4-5	2B		C1000		C850		punkt	26	142	48
V _f -1-3	1.4318	1,0	1.4318	1,9	1.4318	1,2	ciągła.	20	181	68
V _f -1-5	C850		C1000		C1000		punkt	23	88	29
V _f -2-2	304SP	1,0	1.4318	1,9	1.4318	1,2	ciągła.	17	127	45
V _f -2-5	2B		C1000		C1000		punkt	18	92	35
V _f -3-1	1.4318	1,0	1.4318	1,9	1.4318	1,5	ciągła.	11	126	39
V _f -3-3	C850		C1000		C850		pianka	22	218	105
V _f -3-4							ciągła.	19	157	52
V _f -4-0	304SP	1,0	1.4318	1,9	1.4318	1,5	klej.	25	166	39
V _f -4-1	2B		C1000		C850		ciągła.	23	172	42



With support from the
Research Fund for
Coal and Steel of the
European Community.

INSAPTRANS

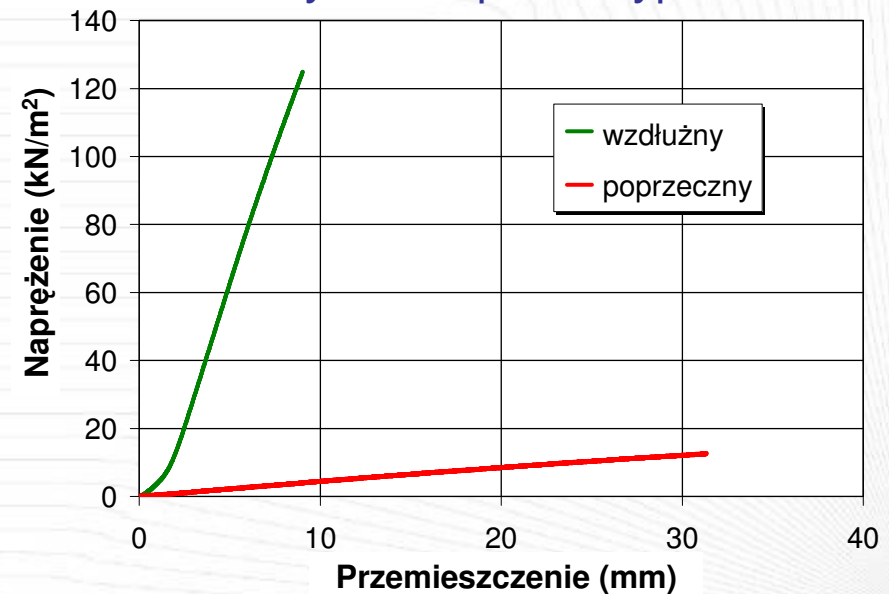
- Płyta spodnia 1,5 mm 1.4318 C850, spoina ciągła spawana laserowo



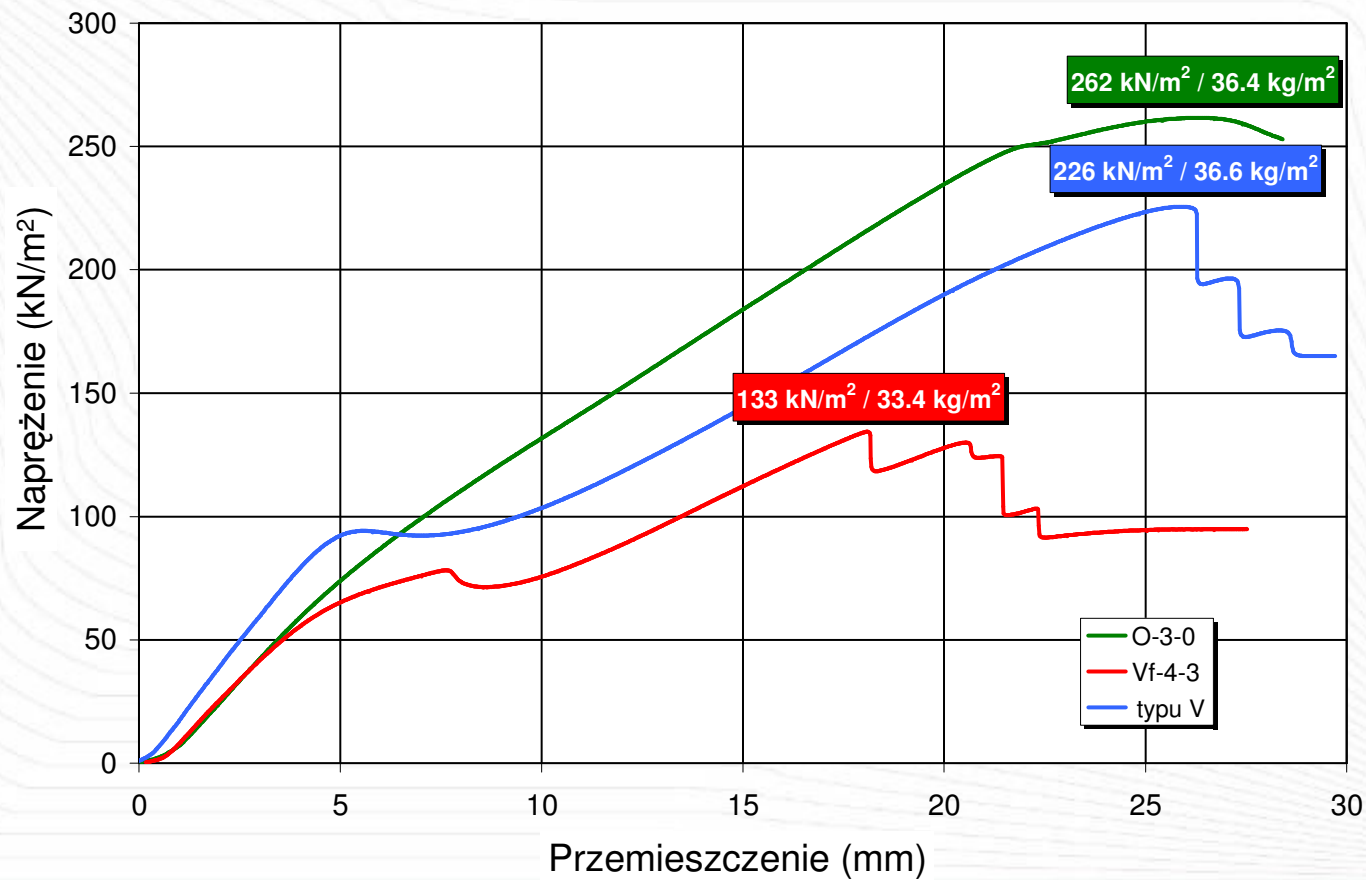
- Porównanie różnych typów paneli
- Dane wejściowe do badań zmęczeniowych



Sztywność paneli typu O



- Porównanie różnych typów paneli – badanie w kierunku wzdluznym

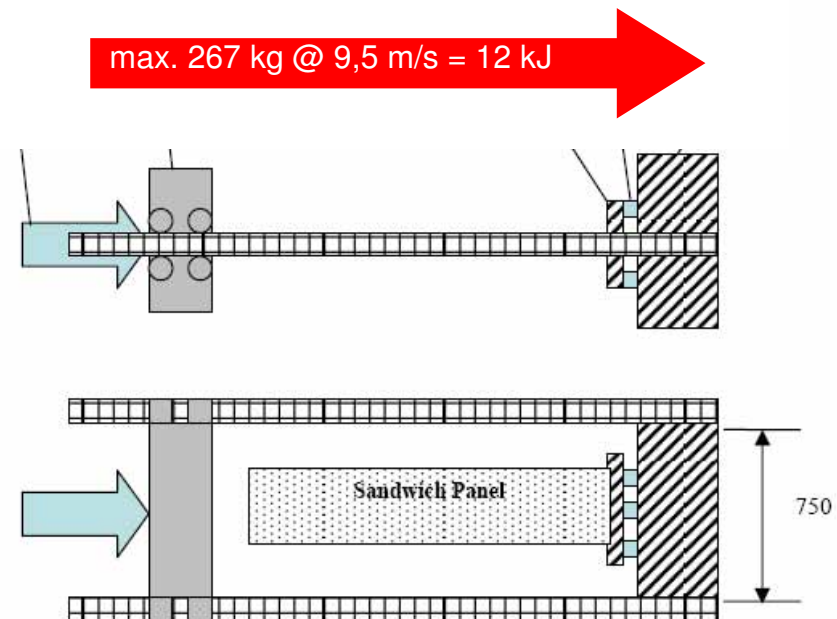


- Kryterium: $7,5 \text{ kN/m}^2 \pm 1,5 \text{ kN/m}^2$ dla 10^7 cykli
- Wszystkie badane panele spełniły założone kryterium
 - typu O i V_f : $1,5 \times 10^6$ cykli @ $63 \text{ kN/m}^2 \pm$ obciążenie 20 %

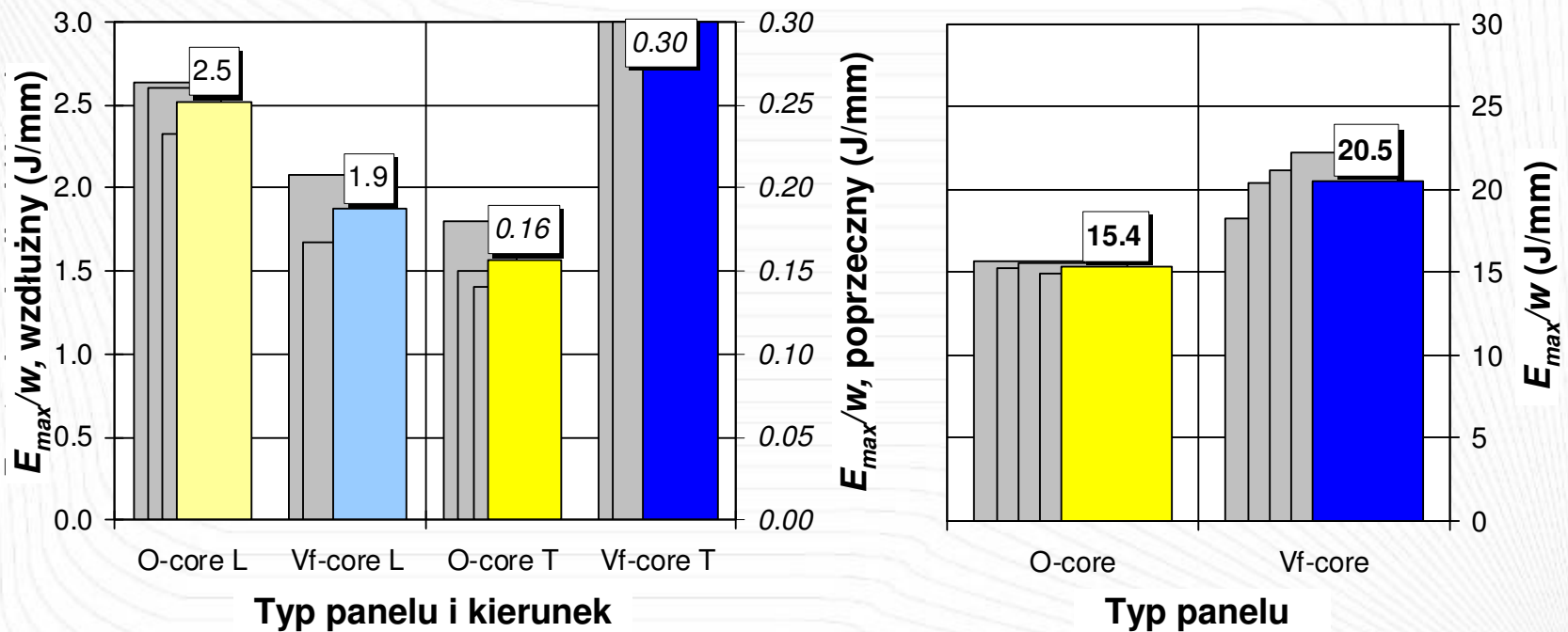
panel	rdzeń	σ (kN/m ²)	f (Hz)	N	Δs (mm)
O-2-3	wzdłuż.	$7,5 \pm 1,5$	20 → 30	17 022 750	0,19
O-4-2	wzdłuż.	63 ± 13	10	1 538 000	1,31
O-4-3A	wzdłuż.	100 ± 20	5	1 724 400	2,00
O-4-3B	wzdłuż.	188 ± 38	5	12 140	4,00
V-2-1	wzdłuż.	$7,5 \pm 1,5$	30 → 40	10 506 280	0,17
V_f -4-3	wzdłuż.	$7,5 \pm 1,5$	30	15 568 000	0,18
V_f -4-2	wzdłuż.	63 ± 13	8 → 5	1 580 500	1,74
V_f -4-3B	wzdłuż.	75 ± 15	5	1 767 800	2,10
V_f -4-2B	wzdłuż.	100 ± 20	5	166 060	2,60



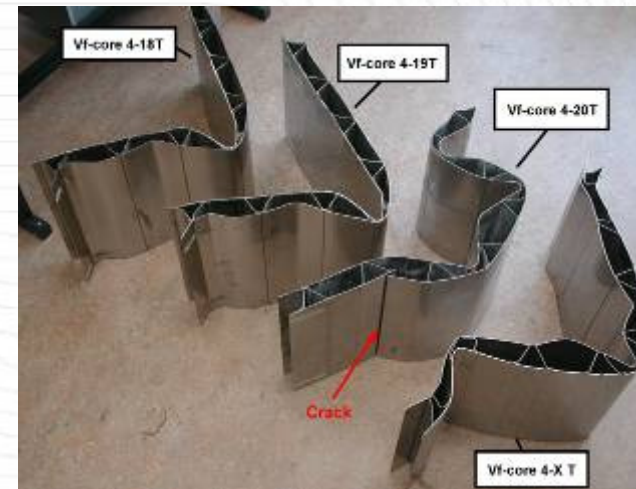
- Badania wstępne w "quasi-statycznej" próbie ściskania
 - Badanie własności podczas wyboczenia
 - Dane początkowe do crash testu
- Próbki paneli typu O i V_f wzdłużne i poprzeczne, typu V tylko wzdłużne
 - Próbki wzdłużne
 - $(175 - 424) \times 1800 \text{ mm}^2$
 - Próbki poprzeczne
 - $(355 - 424) \times 1200 \text{ mm}^2$



- Quasi-statyczna próba ściskania
- Crash test



- Tylko niewielkie różnice w przypadku badań w kierunku wzdłużnym
 - $V \geq O \geq V_f (E/w)$
 - **Wszystkie panele wytrzymały ponieważ E_{max} była zbyt mała!**
 - różne sposoby zniszczenia podczas crash testu i badań quasi-statycznych
 - ⇒ lokalne wyboczenie w porównaniu do całkowitego wyboczenia
- Wyraźne różnice w badaniach w kierunku poprzecznym ($V_f \geq O$)
 - panele typu V_f bardziej „izotropowe”



- Profile zamknięte przy osiowym i bocznym uderzeniu:
 - Gatunki austenityczne wykazują lepsze własności przy uderzeniu osiowym w porównaniu do gatunków ferrytycznych
 - Różnice między gatunkami austenitycznymi nawet większe niż między austenitycznymi / ferrytycznymi
- Rama z profili zamkniętych - badania własności podczas uderzenia / zderzenia
 - Gatunki austenityczne lepsze niż ferrytyczne, lecz brak bardzo wysokiej różnicy
 - gatunki CrMn wykazują obiecujące własności, stale węglowe niższe własności
 - Symulacje dostarczają rzetelne wyniki o możliwej do zaakceptowania dokładności



- **Projektowanie paneli:**
 - Znaczne zwiększenie wagi w porównaniu do przypadków zoptymalizowanych paneli
 - Uwzględnienie metody produkcji, zastosowanego gatunku stali, etc.
 - ⇒ Istnieje dalsza możliwość zmniejszenia wagi!
- **Wytwarzanie paneli:**
 - Trudności w wytwarzaniu dokładnych rdzeni typu V kształtowanych przez gięcie
 - ⇒ Trudności w montażu z zastosowaniem spawania laserowego
 - ⇒ Profilowanie rolkowe w zależności od ilość/koszt
 - Montaż z zastosowaniem klejenia i/lub wypełnienie pianką OK, ale:
 - Studium wykonalności danej produkcji? Kwestie kosztów w zależności od ciężaru w produkcji?



- Wyniki prób zginania paneli:
 - Wszystkie panele spełniły założone podczas projektowania kryterium obciążeń statycznych
 - Panele klejone i wypełniane pianką porównywalne z całkowicie metalowymi panelami spawanymi laserowo
 - Różnice we własnościach końcowych i/lub obciążeniu dynamicznym?
 - Przewymiarowanie stało się oczywiste ($\sigma_{L/300}$ vs. σ_e vs. σ_{max})
 - Wszystkie panele spełniły kryteria badań zmęczeniowych
- Wyniki crash testu paneli:
 - Widoczne różnice podczas warunków quasi-statycznych i sytuacji crash testu
 - Badania w kierunku wzdłużnym: $V \geq O \geq V_f$, jeżeli kryterium jest E/w
 - E/(m/A)? panele klejone lub wypełnione pianką PU? wpływ materiałów?
Zachowanie podczas crash testu z zastawianiem wyższej energii uderzenia?
 - Badania w kierunku poprzecznym: $V_f \geq O \Rightarrow$ bardziej izotropowe



Dziękuję bardzo za uwagę!

... proszę także pamiętać o:

Kyröläinen, A., Sánchez, R., Santacreu, P.-O., Picozzin, V. and Gales, A. 2003. Stainless steels in bus constructions. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, Technical Steel Research, Special and Alloy Steels, Report EUR 20884, ISBN 92-894-6635-9. 457 p.

Gales, A., Sirén, M., Säynäjäkangas, J., Akdut, N., van Hoecke, D. and Sánchez, R. 2007. Development of lightweight train and metro cars by using ultra high strength stainless steels. Office for Official Publications of the European Communities, Technical Steel Research, Report EUR 22837, ISBN 92-79-05526-3. 266 p.



With support from the
Research Fund for
Coal and Steel of the
European Community

INSAPTRANS