

Przykładowe receptury betonu SCC

Składnik	CEM I 42,5R	CEM III/A 32,5NA
	Ilość, kg/m ³	
Cement	450	360
Dodatek mineralny	mączka kwarcowa: 100 kg mikrokrzemionka: 20 kg	popiół lotny: 170
Kruszywo 0/8 mm	1690	-
Kruszywo 0/16 mm	-	1680
Woda	210	160
Superplastyfikator FM 38	9	-
Superplastyfikator FM 34	-	4,3
w/c	0,46	0,44

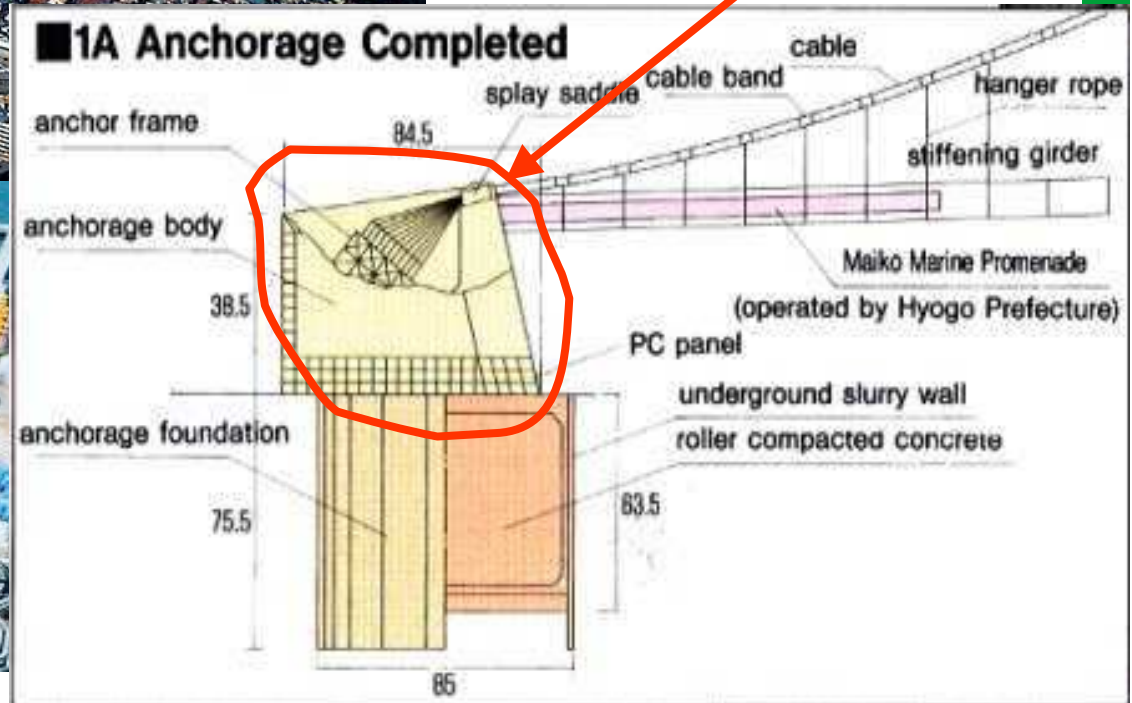
Właściwość	CEM I 42,5R	CEM III/A 32,5NA
	Wyniki badań	
Rozpływ	65 cm	71 cm
Wytrzymałość po 1 dniu	20,0 MPa	-
Wytrzymałość po 3 dniach	32,0 MPa	12,0 MPa
Wytrzymałość po 7 dniach	-	29,0 MPa
Wytrzymałość po 28 dniach	61,0 MPa	48,0 MPa
Wytrzymałość po 56 dniach	-	54,0

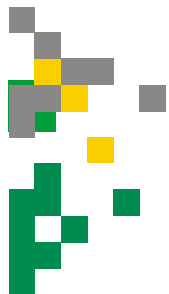
Most Akashi Kaikyo Japonia

3,911 km rozpiętości

Bloki kotwiące kabli
niosących konstrukcję
podwieszoną

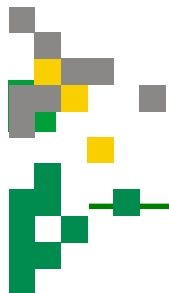
Beton SCC





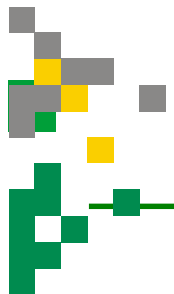
Beton reaktywny RPC (Reactive Powder Concrete)

**Właściwości, składniki
i zastosowanie**



Właściwości betonu RPC

- Wysoka jednorodność betonu uzyskana wskutek zmniejszenia wymiaru cząstek
- Gęstość objętościowa 2500-3000 kg/m³
- Wysoka odkształcalność betonu
- Wytrzymałość na ściskanie 200-800 MPa
- Wytrzymałość na zginanie 25-150 MPa



Składniki betonu RPC

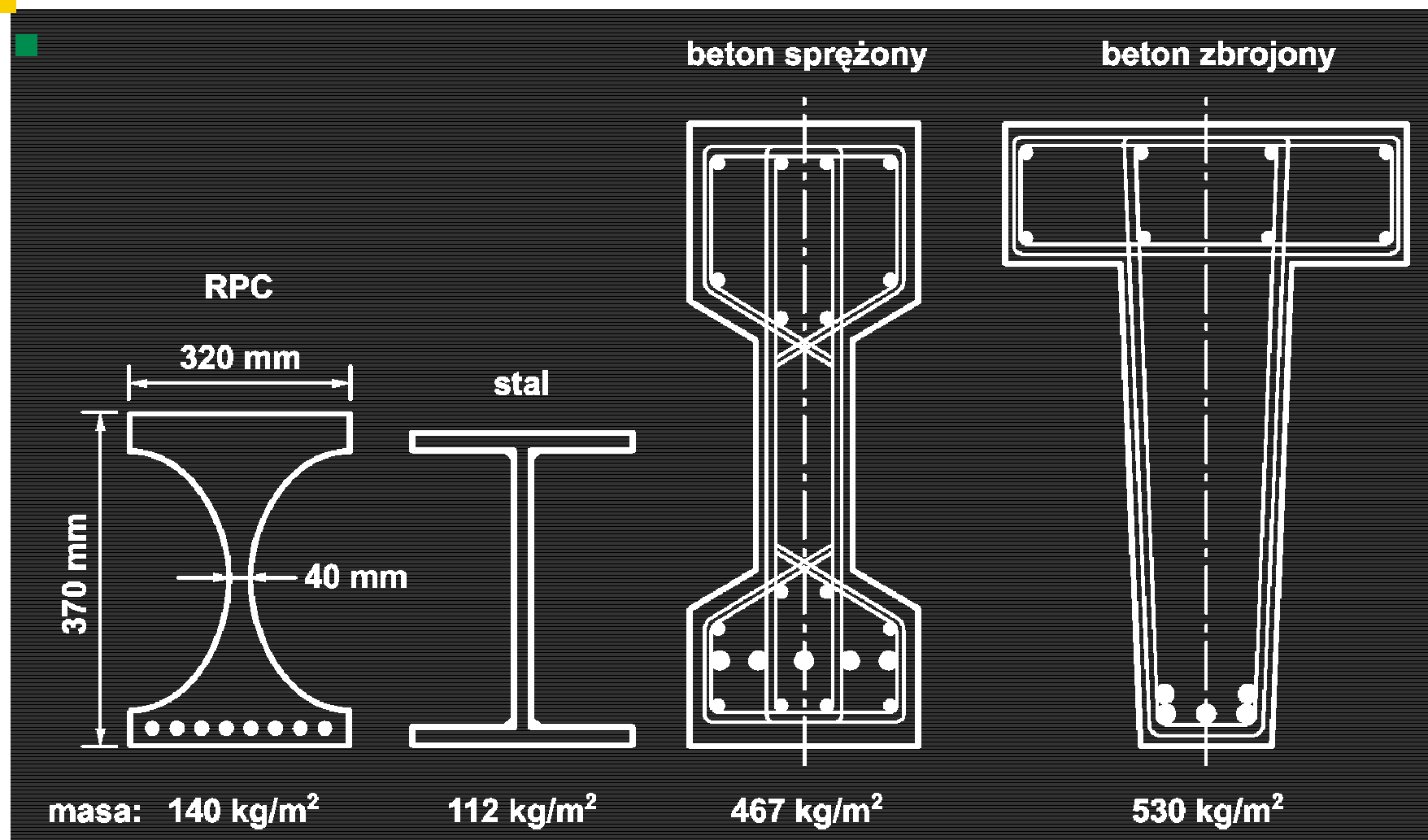
- Cement CEM I 42,5 lub 52,5 (700-1000 kg/m³)
- Zmielone ziarna kwarcu i drobny piasek (900-1300 kg/m³)
- Pył krzemionkowy (230 kg/m³)
- Włókna stalowe dł. 13 mm (100-500 kg/m³)
- Woda (130-180 kg/m³)
- Superplastyfikator



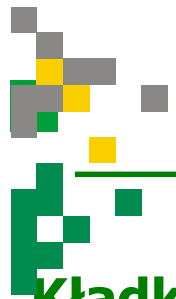
Porównanie cech betonu zwykłego i betonu RPC

Cecha	Beton zwykły	Beton RPC
Gęstość	2,2 – 2,5 kg/dm ³	2,45 – 2,55 kg/dm ³
Wytrzymałość na ściskanie	15 – 60 MPa	180 – 220 MPa
Wytrzymałość na zginanie	2 – 8 MPa	36 – 40 MPa
Wytrzymałość na rozciąganie	1 – 4 MPa	8 – 10 MPa
Moduł sprężystości	20 – 40 GPa	55 – 60 GPa
Moduł sprężystości stali	190 – 210 GPa	

Efekt stosowania betonu RPC



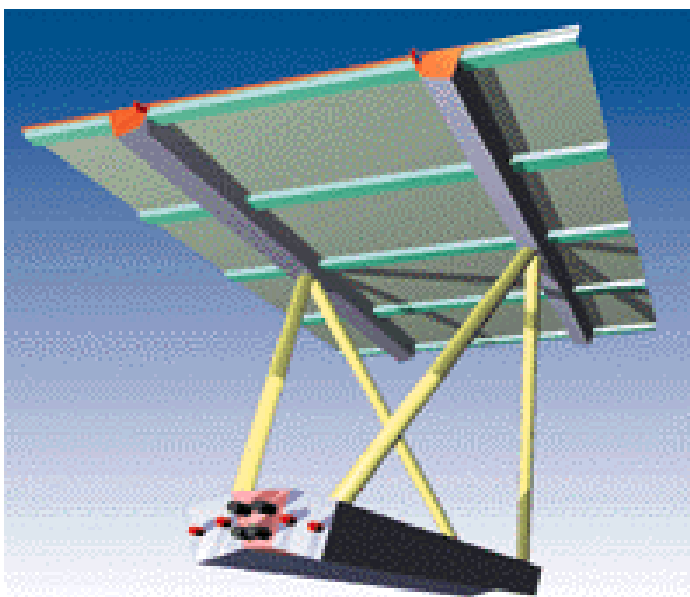
Przekroje belek o tej samej nośności wykonanych z betonu RPC, stali, betonu sprężonego i żelbetu (ciężar kg/m²)



Zastosowanie technologii RPC

Kładka dla pieszych w Sherbrooke (Kanada)

- RPC 200 MPa – pas dolny, podłużnice, żeberka poprzeczne i płyta pomostu
- RPC 300 MPa - krzyżulce

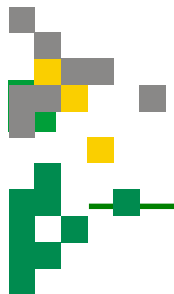


Fragment konstrukcji:

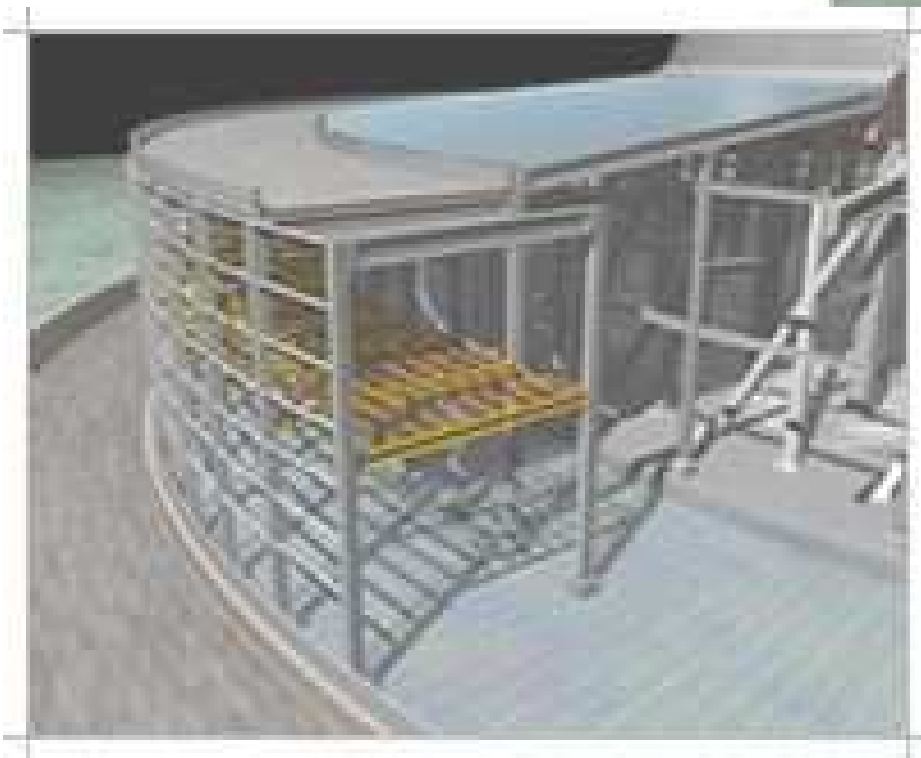
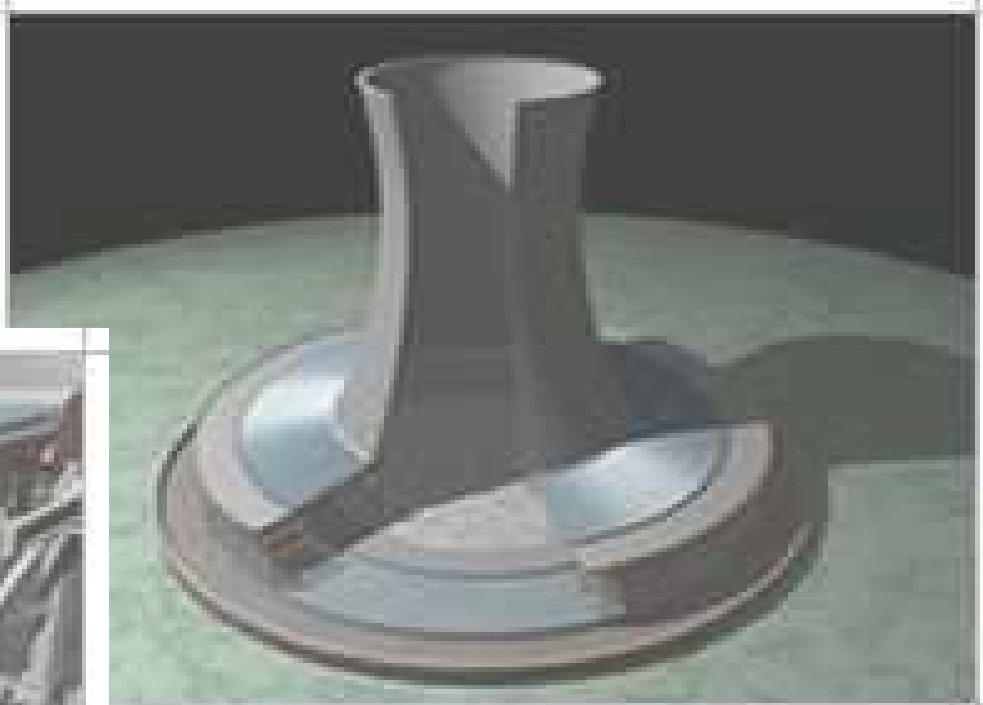
Rozpiętość: 60 m

Szerokość płyty pomostu: 4,2 m

Grubość płyty pomostu: 3,0 cm !!

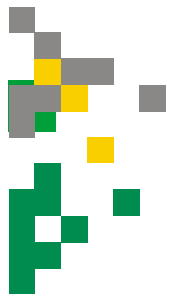


Zastosowanie technologii RPC



Poziome dźwigary powłoki chłodni kominowej (wysoka odporność na sole oraz mrozoodporność)

**Elektrownia atomowa Cattenon,
Belgia**



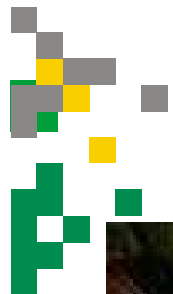
Fibrobetony

Właściwości, składniki i zastosowanie



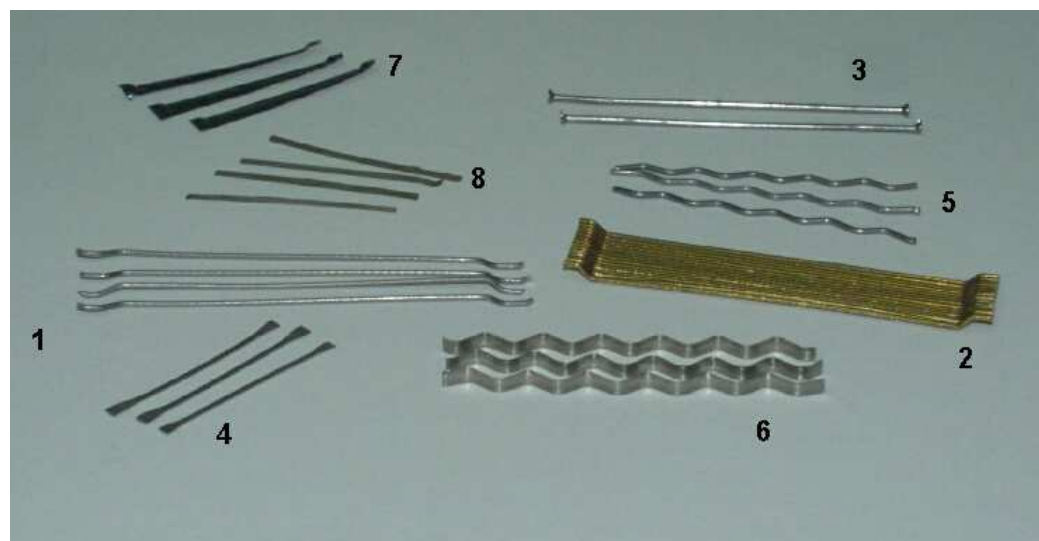
Składniki fibrobetonu

- **Włókna: stalowe, szklane, syntetyczne o różnych wymiarach wprowadzane często jednocześnie (30-60 kg/m³)**
- **Cement (zwykle CEM I)**
- **Kruszywa naturalne lub sztuczne – maksymalny wymiar ziarna 10 mm (ew. 20 mm)**
- **Dodatki mineralne**
- **Domieszki chemiczne**
- **W/c = 0,3 – 0,4**



Włókna do betonu

Włókna szklane cięte i w rulonie



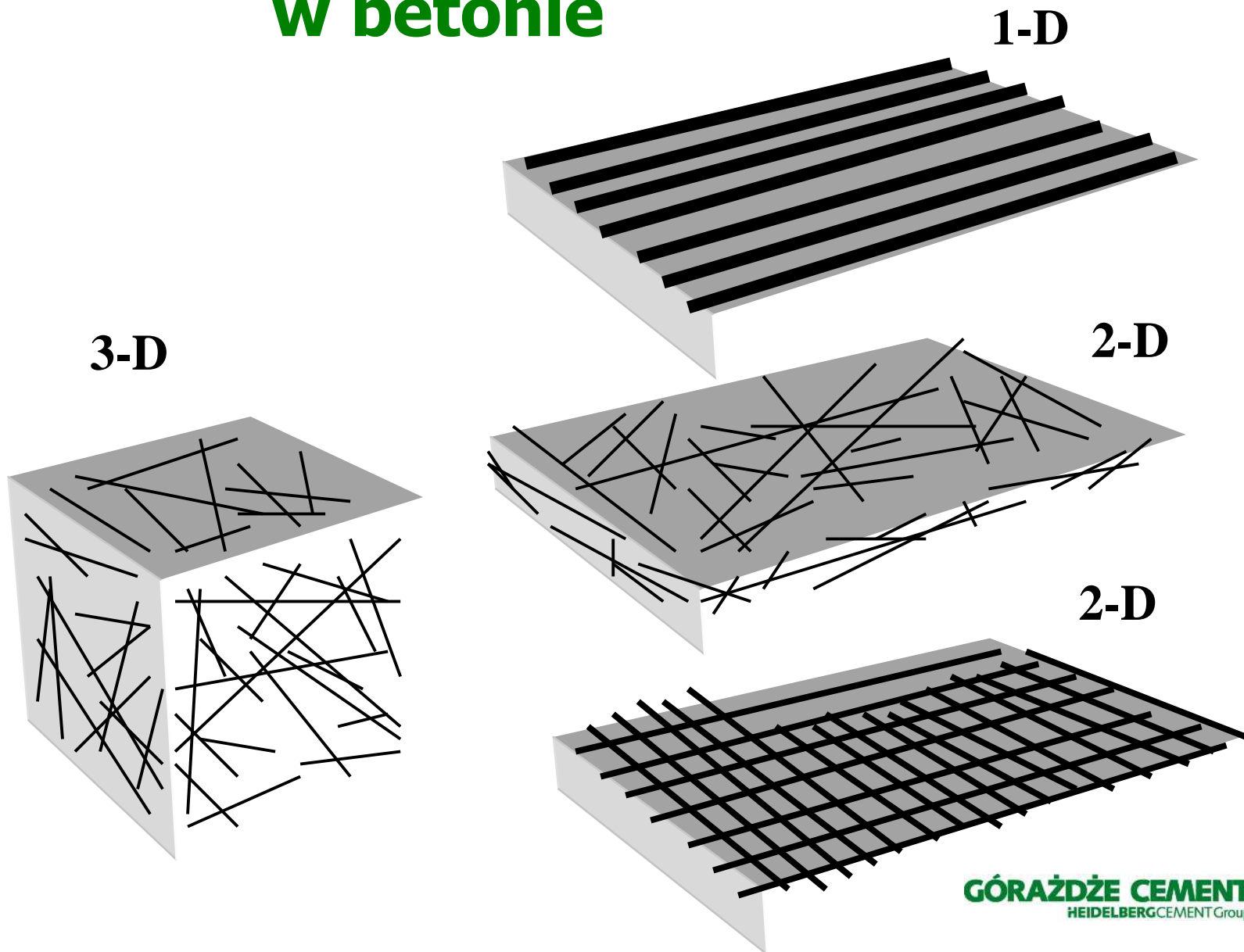
Włókna metalowe

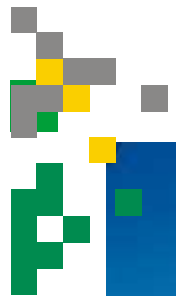
Wpływ włókien na właściwości betonu

Właściwość	Włókna stalowe	Włókna polipropylenowe
Skurcz	redukcja o 30-50 %	redukcja 30-50 %
Wytrzymałość na ściskanie	wzrost 10-30 %	niewielki wzrost
Wytrzymałość na rozciąganie	wzrost 20-40 %	niewielki wzrost
Wytrzymałość na zginanie	wzrost 30-70 %	niewielki wzrost
Udarność	wzrost do 6 razy	wzrost do 3 razy
Moduł sprężystości	praktycznie bez zmian	praktycznie bez zmian
Mrozoodporność	wzrost 30-60 %	wzrost 30 %
Ścieralność	redukcja do 50 %	praktycznie bez zmian
Wodoszczelność	praktycznie bez zmian lub niewielkie polepszenie	polepszenie o 20 %



Przestrzenne ułożenie włókien w betonie





Przykłady zastosowań fibrobetonów



Elewacje



Dachówki



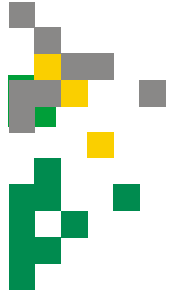
Ekrany



Okładziny tuneli

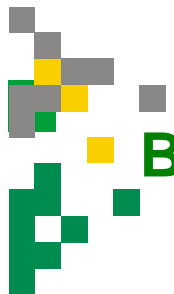


Naprawa nawierzchni drogowych
„whitetopping”



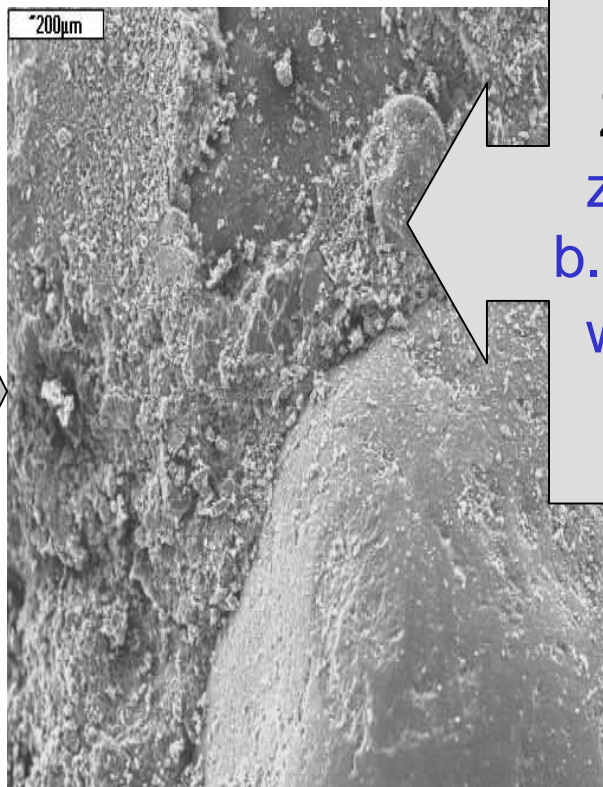
Beton – materiał przyjazny środowisku

- wymywalność metali ciężkich z betonu,
- ocena radioaktywności betonu i jego składników,
- recykling gruzu betonowego.

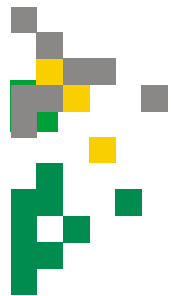


Beton – przepuszczalność – wymywalność składników - trwałość w środowisku wody

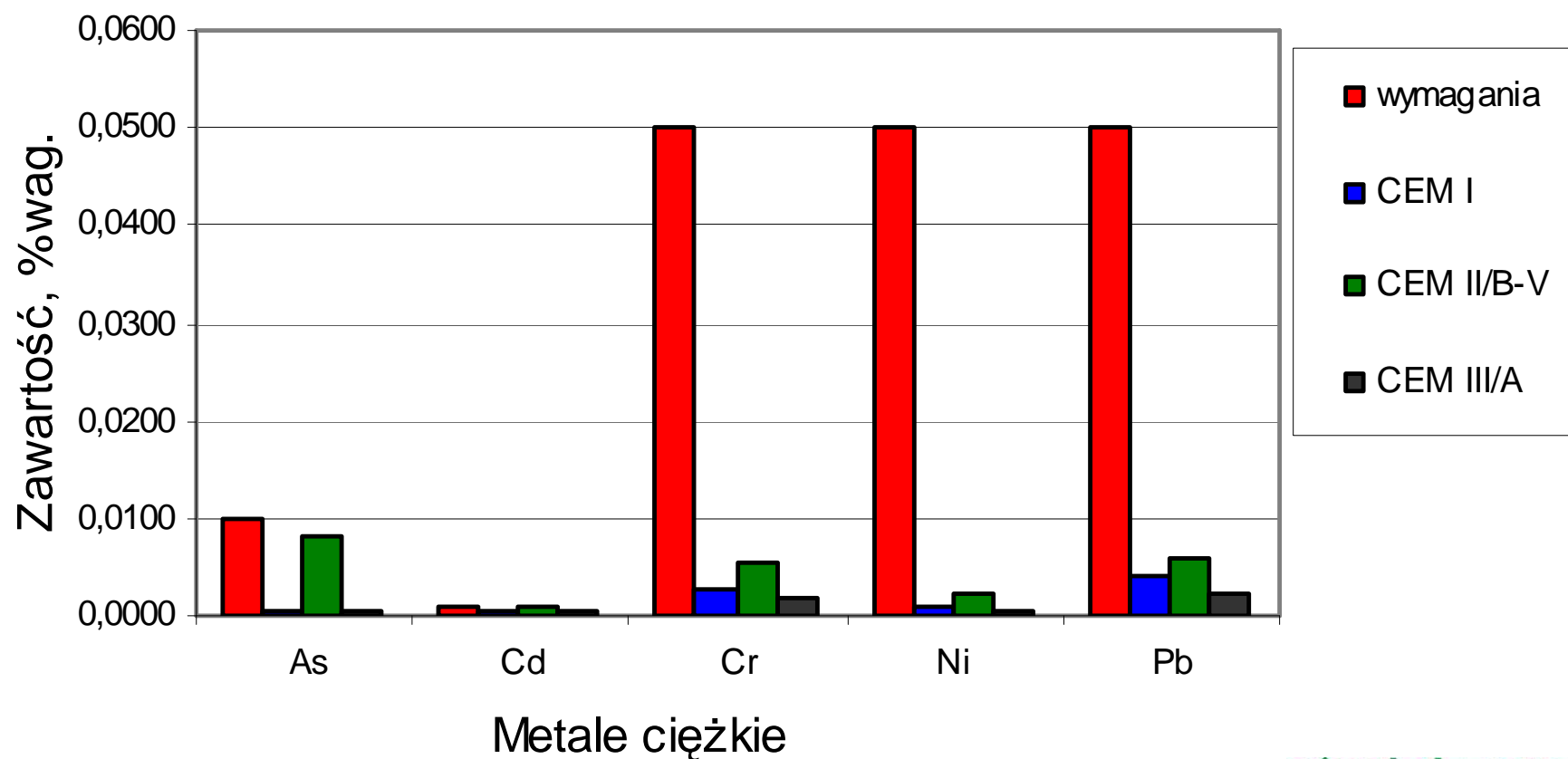
Beton nie uwalnia
do otoczenia
składników ciekłych;
trwały w środowisku
zasadowym
i obojętnym

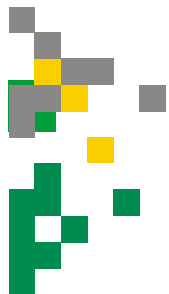


Zaczyn cementowy:
zwarta mikrostruktura
b.mała rozpuszczalność
własności buforujące



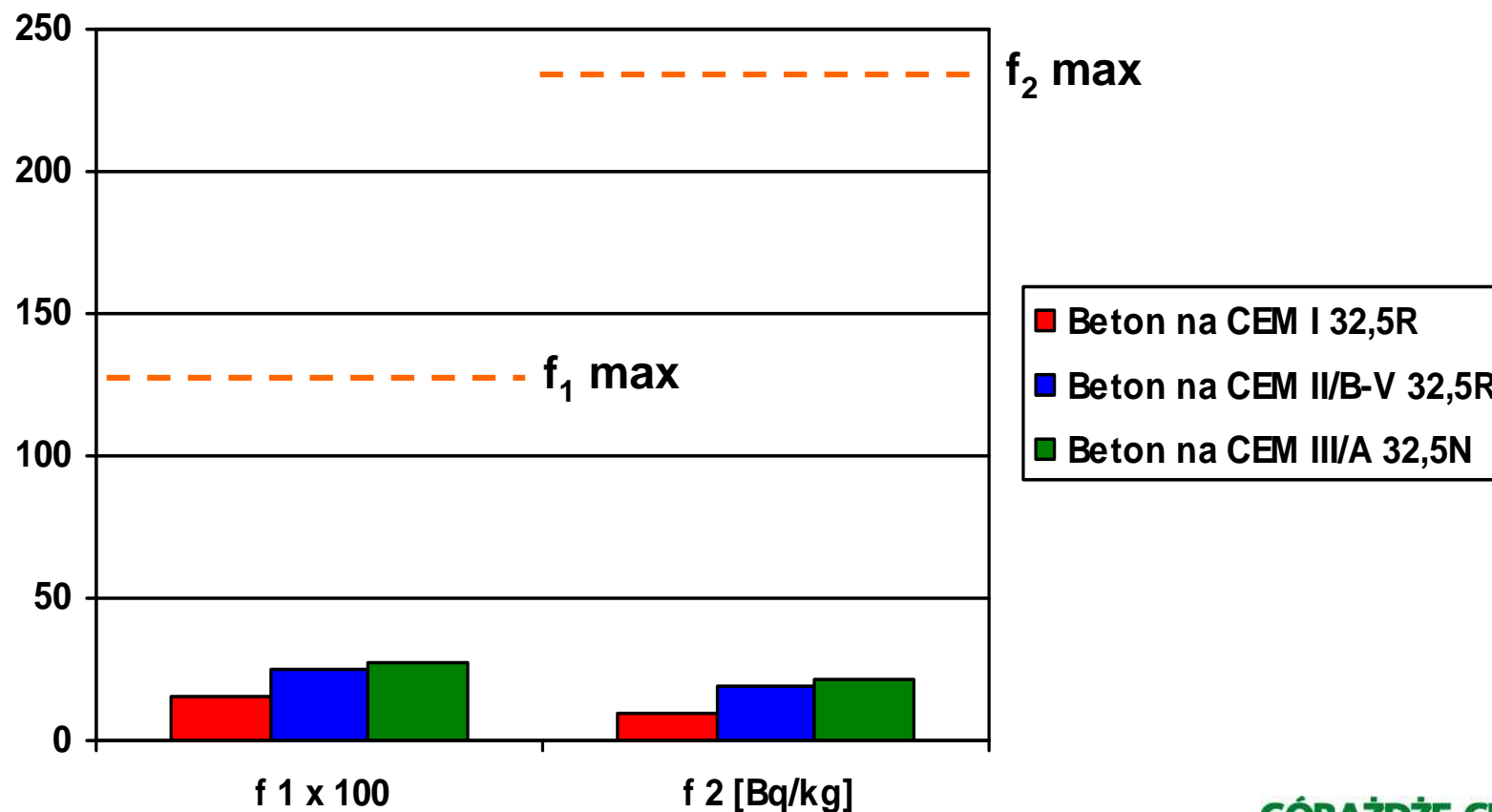
Zawartość metali ciężkich w cementach a wymagania niemieckie dla cementu stosowanego w budowie obiektów na wodę pitną





Poziom radioaktywności betonu i jego składników

Wymaganie: $f_1=1,2$; $f_2=240$ Bq/kg

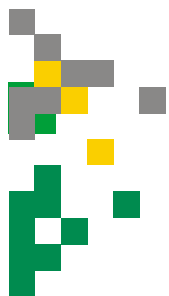


Argumenty za betonem

- **beton jest niepalny**
- **beton zachowuje wysoką odporność na działanie ognia – nawet w temperaturach rzędu 750°C zachowuje od 30÷50% swojej wytrzymałości**
- **wysokie bezpieczeństwo osób w pomieszczeniach sąsiadujących z miejscem pożaru**
- **w warunkach pożarowych beton nie wydziela toksycznych substancji**

Bezpieczeństwo pożarowe tunelach

Zdarzenia pożarowe w europejskich tunelach					
Pożar	Typ tunelu	Rok	Czas / temperatura	Ofiary	Zniszczone pojazdy
St Gotthard Switzerland	Droga (1 otwór) 16,3 km	2001	24 h / 1200°C	11 śmiertelnych	10 samochodów 23 TIR
Gleinalm Austria	Droga (1 otwór) 8,3 km	2001	35 min	5 śmiertelnych	2 samochody
Kitzsteinhorn Austria	Kolejka wagonikowa 3,2 km	2000	nie znane	155 śmiertelnych	1 wagonik
Tauren Austria	Droga (1 otwór) 6,4 km	1999	14 h / 1200°C	12 śmiertelnych	26 samochodów 14 TIR
Mont-Balnc Francja- Włochy	Droga (1 otwór) 11,6 km	1999	53 h / 1000°C	39 śmiertelnych	10 samochodów 23 TIR
Palermo Włochy	Droga	1999	nieznane	5 śmiertelnych	19 samochodów 1 autobus
Eurotunnel Channel	Kolej 52 km	1996	20 h / 1100°C	2 ranne	1 pociąg



Gruz betonowy

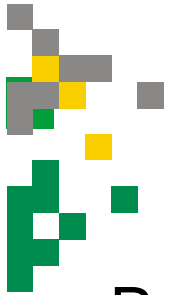
**Składowisko
odpadów**

- wykonywanie warstw przesypowych
- budowa dróg dojazdowych na kwatery

**Kruszywa
wtórne**

- budownictwo komunikacyjne
- produkcja betonu

Beton a środowisko



Produkcja betonu jest bezodpadowa (recykling resztek mieszanki)

Recykling starego betonu (produkcja kruszywa dla budownictwa komunikacyjnego)

Możliwość zastosowania bardzo wielu produktów ubocznych z:


- >energetyki
- >metalurgii
- >górnictwa
- >innych przemysłów

w charakterze składników betonu i/lub materiałów do produkcji spoiwa bądź kruszywa

Beton nie tylko nie uwalnia do środowiska zanieczyszczeń ale jest także skuteczną matrycą służącą unieszkodliwianiu odpadów niebezpiecznych zawierających metale ciężkie (trwale wiąże)



Czy beton ma przyszłość?



„Nie ma dla betonu żadnej alternatywy, która mogłaby sprostać mu w inżynierskiej skali. Beton to naprawdę materiał o wciąż niewyczerpanych możliwościach”

prof. Peter Hewlett

Nowoczesna Infrastruktura Podziemna

Brzeg, 5.04.2006

Dziękuję za uwagę

Zbigniew Giergiczny
Dział Doradztwa Technologicznego

GÓRAŹDŹE CEMENT
HEIDELBERGCEMENT Group