

# Podbudowy z gruntów i kruszyw stabilizowanych spoiwami w budownictwie drogowym

dr inż. *Cezary Kraszewski*

Zakład Geotechniki i Fundamentowania

**Instytut Badawczy Dróg i Mostów**

Road and Bridge Research Institute

ul. Instytutowa 1, PL 03-302 Warszawa, Polska / Poland



[www.ibdim.edu.pl](http://www.ibdim.edu.pl)

# Tak było dotychczas.....

## Normy PN i dokumenty związane z podbudowami drogowymi stabilizowanymi spoiwami

- **PN-S-96011:1998** Drogi samochodowe. Stabilizacja gruntów wapnem do celów drogowych.
- **PN-S-96012:1997** Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem.
- **BN-71/8933-10** Drogi samochodowe. Podbudowa z gruntów stabilizowanych aktywnymi popiołami lotnymi.
- **PN-S-96013:1997** Drogi samochodowe - Podbudowa z chudego betonu -- Wymagania i badania
- **PN-S-96014:1997** Drogi samochodowe i lotniskowe - Podbudowa z betonu cementowego pod nawierzchnię ulepszoną - Wymagania i badania
- **OGÓLNE SPECYFIKACJE TECHNICZNE (OST)**
- Aprobaty techniczne IBDiM na spoiwa drogowe

Tak jest obecnie.....

# Podział mieszanek związanych spoiwami wg norm PN-EN

Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym  
wg norm serii PN-EN-14227-xx

Mieszanka kruszywa związana  
spoiwem hydraulicznym **MZSH**  
wg PN-EN 14227-1\_5, **WT-5**  
**nowe OST - 2014**

Grunt stabilizowany spoiwem  
hydraulicznym lub wapnem **GSSH**  
wg PN-EN-14227-10\_14

Grunt związany  
spoiwem hydraulicznym  
lub wapnem

Grunt ulepszony  
spoiwem hydraulicznym  
lub wapnem

# **Nowe katalogi konstrukcji nawierzchni oparte na PN-EN**

---

## **Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych**

Załącznik do zarządzenia Nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg  
Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014

## **Katalog Typowych Konstrukcji Sztywnych**

Załącznik do zarządzenia Nr 30 Generalnego Dyrektora Dróg  
Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014

# Konstrukcja nawierzchni podatnej i półsztywnej

Konstrukcja nawierzchni (nawierzchnia)	Warstwy górne konstrukcji nawierzchni	Warstwa ścieralna	
		Warstwa wiążąca	
		Podbudowa zasadnicza	Górna warstwa podbudowy zasadniczej
			Dolna warstwa podbudowy zasadniczej
	Warstwy dolne konstrukcji nawierzchni	Podbudowa pomocnicza	
		Warstwa mrozoochronna	
Podłoże gruntowe nawierzchni	Warstwa ulepszanego podłoża		
	Grunt rodzimy w wykopie lub grunt nasypowy w nasypie, zakwalifikowany do jednej z grup nośności podłoża od G1 do G4.		

# Konstrukcja nawierzchni sztywnej

Konstrukcja nawierzchni (nawierzchnia)	Warstwy górne konstrukcji nawierzchni	Warstwa nawierzchniowa (płyta niedyblowana, dyblowana i kotwiona, zbrojona)
		Warstwa poślizgowa
		Podbudowa zasadnicza
	Warstwy dolne konstrukcji nawierzchni	Podbudowa pomocnicza
		Warstwa mrozoochronna
Podłoże gruntowe nawierzchni	Warstwa ulepszanego podłoża	
	Grunt rodzimy w wykopie lub grunt nasypowy w nasypie, zakwalifikowany do jednej z grup nośności podłoża od G1 do G4.	

# Zakres stosowania materiałów związanych spoiwami do poszczególnych warstw konstrukcji

Lp.	Rodzaj warstwy:	Materiały						
		Mieszanki mineralno – asfaltowe	Mieszanki w technologii recyklingu na zimno	Mieszanki niezwiązane	Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi	Grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi	Grunty stabilizowane wapnem	Grunty niewysadzinowe
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Warstwa ścieralna	KR1-KR7	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
2.	Warstwa wiążąca	KR1-KR7	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się	Nie stosuje się
3.	Podbudowa zasadnicza	KR1-KR7	KR1-KR4	KR1-KR7	KR1-KR7	KR1-KR2	Nie stosuje się	Nie stosuje się
4.	Podbudowa pomocnicza	Nie stosuje się	Nie stosuje się	KR3-KR7	KR3-KR7	KR3-KR4	Nie stosuje się	Nie stosuje się
5.	Warstwa mrozochronna	Nie stosuje się	Nie stosuje się	KR1-KR7	KR1-KR4	KR1-KR4	KR1-KR2	KR1-KR7
6.	Warstwa ulepszonego podłoża	Nie stosuje się	Nie stosuje się	KR1-KR7	Nie stosuje się	KR1-KR7	KR1-KR7	KR1-KR7

Uwaga: 1. Określenie „nie stosuje się” oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w *Katalogu* dla danej warstwy.  
2. W tablicy podano kategorie ruchu, dla których występują rozwiązania zaproponowane w *Katalogu*.

# Wymagania dla mieszanek MZSH w typowych konstrukcjach

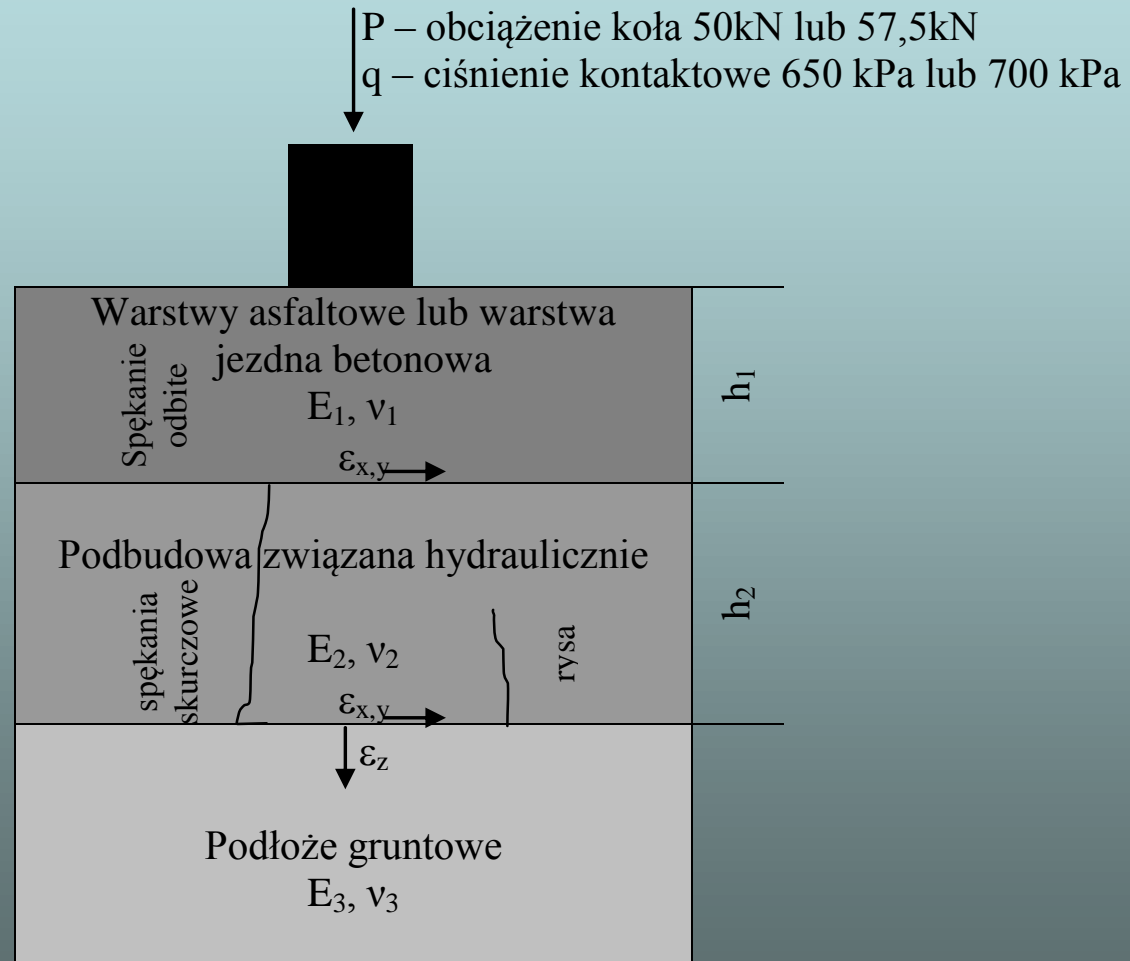
Lp.	Rodzaj warstwy	Mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi							
		Podbudowa zasadnicza			Podbudowa pomocnicza			Warstwa mrozoochronna	Warstwa ulepszonego podłoża
		KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR4	KR1-KR7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Mieszanki związane cementem wg PN-EN 14227-1	C <sub>3/4</sub> ≤ 6,0 MPa	C <sub>5/6</sub> ≤ 10,0 MPa	C <sub>8/10</sub> ≤ 20 MPa	Warstwa podbudowy pomocniczej nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla kategorii ruchu KR1-KR2.	C <sub>3/4</sub> ≤ 6,0 MPa	C <sub>5/6</sub> ≤ 10 MPa	C <sub>1,5/2</sub> ≤ 4,0 MPa	Nie stosuje się
2.	Mieszanki związane żużłem wg PN-EN 14227-2	Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR50/50; Typ B4: C <sub>3/4</sub>	Typ B4: C <sub>6/8</sub>	Nie stosuje się		Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR50/50; Typ B4: C <sub>3/4</sub>	Nie stosuje się	Typ A1, A2, A3, B1, B2: CBR50/25; Typ B4: C <sub>1,5/2</sub>	Nie stosuje się
3.	Mieszanki związane popiołem lotnym wg PN-EN 14227-3 i PN-EN 14227-4	Typ 1 i 2: C <sub>3/4</sub> ≤ 8,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 4 MPa	Typ 1 i 2: C <sub>6/8</sub> ≤ 12,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 8 MPa	Typ 1 i 2: C <sub>9/12</sub> ≤ 16 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 12 MPa		Typ 1, 2 i 5: C <sub>3/4</sub> ≤ 12,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 4 MPa	Typ 1, 2 i 5: C <sub>6/8</sub> ≤ 16,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 8 MPa	Typ 1, 2 i 5: C <sub>1,5/2</sub> ≤ 4,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 0,5 MPa	Nie stosuje się
4.	Mieszanki związane spoiwem drogowym wg PN-EN 14227-5	Typ 1 i 2: C <sub>3/4</sub> ≤ 8,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 4 MPa	Typ 1 i 2: C <sub>6/8</sub> ≤ 12,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 8 MPa	Typ 1 i 2: C <sub>9/12</sub> ≤ 16 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 12 MPa		Typ 1 i 2: C <sub>3/4</sub> ≤ 12,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 4 MPa	Typ 1 i 2: C <sub>6/8</sub> ≤ 16,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 8 MPa	Typ 1 i 2: C <sub>1,5/2</sub> ≤ 4,0 MPa; Typ 4: R <sub>c</sub> ≥ 0,5 MPa	Nie stosuje się
Uwaga: Określenie „nie stosuje się” oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w Katalogu dla danej warstwy.									



# Wymagania dla GSSH w typowych konstrukcjach

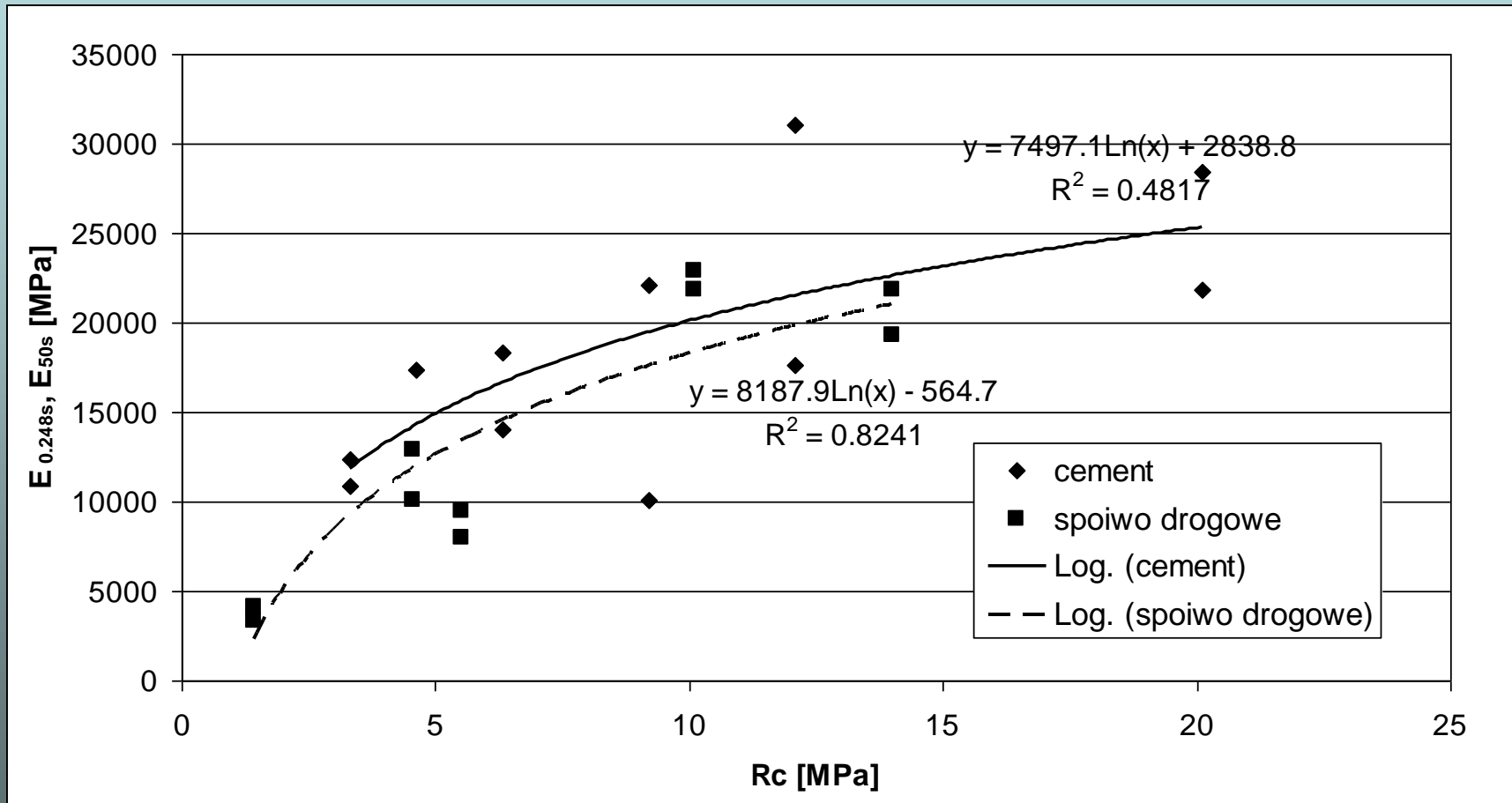
Lp.	Rodzaj warstwy	Grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym lub wapnem							
		Podbudowa zasadnicza		Podbudowa pomocnicza			Warstwa mrozoochronna		Warstwa ulepszonego podłoża
		KR1-KR2	KR3-KR7	KR1-KR2	KR3-KR4	KR5-KR7	KR1-KR2	KR3-KR4	KR1-KR7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Grunty stabilizowane cementem wg PN-EN 14227-10	$C_{3/4} \leq 6,0$ MPa	Nie stosuje się	Warstwa podbudowy pomocniczej nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w <i>Katalogu</i> dla kategorii ruchu KR1-KR2	$C_{3/4} \leq 6,0$ MPa	Nie stosuje się	$C_{1,5/2} \leq 4,0$ MPa	$C_{1,5/2} \leq 4,0$ MPa	$C_{0,4/0,5} \leq 2,0$ MPa
2.	Grunty stabilizowane wapnem wg PN-EN 14227-11	Nie stosuje się	Nie stosuje się		Nie stosuje się	Nie stosuje się	$R_{C1,0}$	Nie stosuje się	$R_{C0,5}$
3.	Grunty stabilizowane żużlem wg PN-EN 14227-12	$C_{3/4} \leq 6,0$ MPa	Nie stosuje się		$C_{3/4} \leq 6,0$ MPa	Nie stosuje się	$C_{1,5/2} \leq 4,0$ MPa	$C_{1,5/2} \leq 4,0$ MPa	$C_{0,4/0,5} \leq 2,0$ MPa
4.	Grunty stabilizowane spoiwem drogowym wg PN-EN 14227-13	$C_{3/4} \leq 6,0$ MPa	Nie stosuje się		$C_{3/4} \leq 6,0$ MPa	Nie stosuje się	$C_{1,5/2} \leq 4,0$ MPa	$C_{1,5/2} \leq 4,0$ MPa	$C_{0,4/0,5} \leq 2,0$ MPa
5.	Grunty stabilizowane popiołami lotnymi wg PN-EN 14227-14	$C_{3/4} \leq 6,0$ MPa	Nie stosuje się		$C_{3/4} \leq 6,0$ MPa	Nie stosuje się	$C_{1,5/2} \leq 4,0$ MPa	$C_{1,5/2} \leq 4,0$ MPa	$C_{0,4/0,5} \leq 2,0$ MPa
Uwaga: Określenie „nie stosuje się” oznacza, że materiał ten nie występuje w rozwiązaniach zaproponowanych w <i>Katalogu</i> dla danej warstwy.									

# Praca warstw związanych hydraulicznie w konstrukcji drogowej



Rys. 3 Model konstrukcji nawierzchni drogowej sztywnej i półsztywnej  
Fig 1. Model of rigid and semi-rigid road construction

# Zależności E od Rc



# Działania przeciwskurczowe

---

- ograniczenie skurczu podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym, zarówno co do wielkości, jak i szybkości narastania, poprzez **umiejętne projektowanie składu mieszanki** zastosowanej w podbudowie oraz przestrzeganie zasad wykonania warstwy związanej spoiwem hydraulicznym,
- **wykonywanie szczelin** w podbudowach związanych spoiwami hydraulicznymi, **warstw pośrednich** lub wprowadzanie mikrospękań i spękań w czasie wykonywania nawierzchni.
- Wielkość skurczu i zagrożenie spękaniami odbitymi jest mniejsze, jeżeli podczas wykonywania warstwy podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym spełnione są następujące warunki:
  - a) Wilgotność mieszanki związanej **jest jak najmniejsza**, jednak umożliwiająca właściwe zagęszczenie. Zaleca się, aby wilgotność była równa optymalnej z tolerancją 0%/-2%.
  - b) Uzyskano dobre zagęszczenie warstwy.
  - c) Wbudowanie nie następuje w okresie **wysokich temperatur**. Jeżeli jest to niemożliwe szczególnego znaczenia nabiera właściwa pielęgnacja warstwy.
  - d) Właściwa **pielęgnacja warstwy**, ograniczająca rozwarcie i ilość spękań skurczowych oraz uzyskanie zakładanej wytrzymałości przez mieszankę.

# Mieszanki kruszyw związane hydraulicznie MZSH – WT5

---

**Część 1.** Mieszanki związane cementem wg PN-EN 14227-1

**Część 2.** Mieszanki związane żużlem wg PN-EN 14227-2

**Część 3.** Mieszanki z popiołem lotnym wg PN-EN 14227-3 oraz PN-EN 14227-4

**Część 4.** Mieszanki związane spoiwem drogowym wg PN-EN 14227-5

# Przyjęte założenia w WT-5

---

**Przyjęto metodykę zgodną z dotychczasową praktyką krajową lub zbliżona do niej**

Energia Proctora (zagęszczenie i  $W_{opt}$ )

Smukłość próbek 1

Pielęgnacja (nasycanie próbek wodą)

Mrozoodporność

Klasyfikacja  $R_c$

# Składniki mieszanek MZSH

---

Do mieszanek związanych hydraulicznie wg PN-EN 14227-1÷5 należy stosować kruszywa zgodnie z PN-EN 12524.

Zatem mamy szeroką gamę kruszyw **naturalnych i sztucznych** oraz z **recyklingu**, łamanych oraz o ziarnach naturalnych oraz mieszanki tych kruszyw.

# Typy mieszanek **MZSH** - podział ogólny

---

- **Typ 1 – 0/31.5 mm**

---
- **Typ 2 – 0/22.4 mm**  
**0/16 mm**  
**0,11.2 mm**

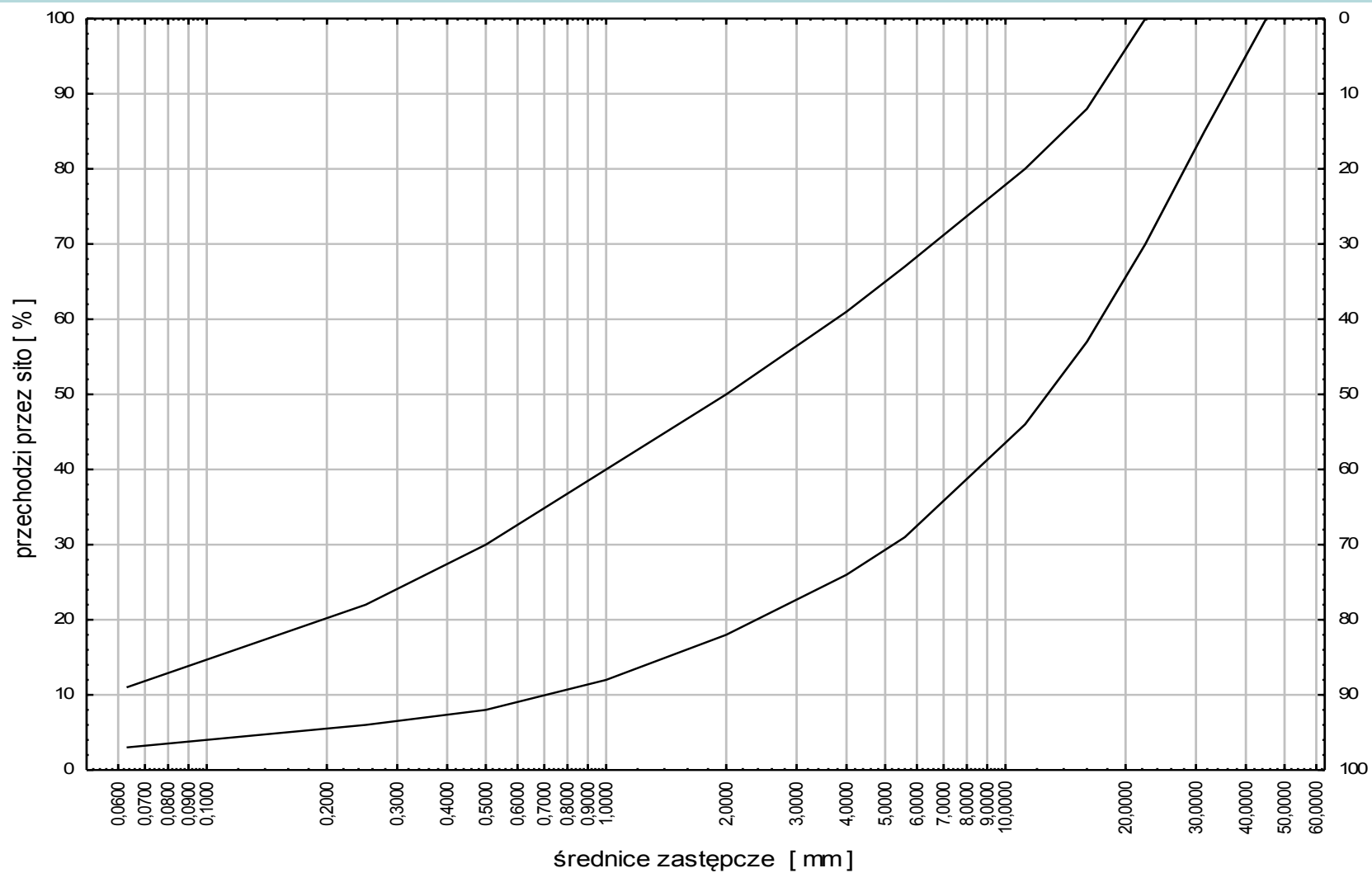
---
- **Typ 3 – 0/8 mm**

---
- **Typ 4 – uziarnienie deklarowane**

---
- **Typ 5 – 0/31.5 (szerokie granice uziarnienia)**



# Uziarnienie mieszanki typu 1 - 0/31.5



# Przygotowywanie próbek

---

- **PN-EN 13286-50 Mieszanki mineralne niezwiązane i związane hydraulicznie. Sporządzanie próbek przy zastosowaniu sprzętu Proctora lub zagęszczającego stołu wibracyjnego.**
- **PN-EN 13286-51 – Mieszanki mineralne niezwiązane i związane hydraulicznie. Sporządzanie próbek przez zagęszczanie młotem wibracyjnym.**
- **PN-EN 13286-52 Mieszanki mineralne niezwiązane i związane hydraulicznie. Sporządzanie próbek z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym przy zastosowaniu wibroprasowania.**
- **PN-EN 13286-53 Mieszanki mineralne niezwiązane i związane hydraulicznie. Sporządzanie próbek walcowych z mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym przy użyciu osiowego ściskania.**

# Przygotowywanie i pielęgnacja próbek

---

*Zagęszczanie energią Proctora*

**Mieszanki cementowe** – pielęgnacja 28 dniowa,  
**Mieszanki popiołowe i mieszanki na spoiwach drogowych** – pielęgnacja 42 dniowa,  
**Mieszanki żużlowe** – pielęgnacja 90 dniowa

Ostatnie 14 dni nasycanie wodą

Cykle zamrażania po normowym okresie pielęgnacji

# Mrozoodporność

---

Wskaźnik mrozoodporności  $F$  mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym jest określony stosunkiem wytrzymałości na ściskanie  $R_c^{z-0}$  serii próbek po okresie pielęgnacji jak do oznaczania wytrzymałości na ściskanie i 14 cyklach zamrażania i odmrażania, do wytrzymałości na ściskanie  $R_c$  serii próbek po okresie pielęgnacji jak do oznaczania wytrzymałości na ściskanie, zgodnie z równaniem:

$$F = \frac{R_c^{z-0}}{R_c}$$

- Procedura ustalania mrozoodporności powinna być skorelowana z przyjętymi reżimami pielęgnacji.
- Należy stosować 14 cykli zamrażania i odmrażania dopiero po pełnej pielęgnacji normowej

# Klasyfikacja: $R_c$ Wytrzymałość na ściskanie

Klasa $R_c$	Minimalne $R_c$ [MPa] dla cylindra o wskaźniku smukłości 2 <sup>a</sup>	Minimalne $R_c$ [MPa] dla cylindra o wskaźniku smukłości 1 <sup>a</sup> i sześciątów
C 0,4 / 0,5	0,4	0,5
C 0,8 / 1	0,8	1
C 1,5 / 2	1,5	2
C 3 / 4	3	4
C 6 / 8	6	8
C 9 / 12	9	12
C 12 / 16	12	16
C 15 / 20	15	20
C 18 / 24	18	24
C 21 / 28	21	28
C 24 / 32	24	32
C 27 / 36	27	36
$C_{DV}$	wartość deklarowana	wartość deklarowana

<sup>a</sup> jeżeli wykorzystano cylindry o wskaźniku smukłości innym niż 1 lub 2 należy przed użyciem określić ich korelację z cylindrami o wskaźnikach smukłości 1 lub 2.

# Klasyfikacja *CBR*

---

Klasa	$CBR_0$ [ % ]	$\Delta CBR_{28}$ [ % ]
$CBR_{50/25}$	$\geq 50$	$\geq 25$
$CBR_{30/25}$	$\geq 30$	$\geq 25$
$CBR_{50/35}$	$\geq 50$	$\geq 35$
$CBR_{30/35}$	$\geq 30$	$\geq 35$
$CBR_{50/50}$	$\geq 50$	$\geq 50$
$CBR_{30/50}$	$\geq 30$	$\geq 50$

# Natychmiastowy wskaźnik nośności *IP1*

---

**Wskaźnik CBR wg PN-EN 13286-47, badanie bez obciążników i nasycania wodą**

**Nośność warstwy (*przejezdność*)**

# Stabilizacja gruntów wg PN-EN GSSH

- PN-EN 14227-10:2006 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym  
- Specyfikacja - Część 10: Grunty stabilizowane cementem. (oryg.)
- PN-EN 14227-11:2006 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym  
- Specyfikacja - Część 11: Grunty stabilizowane wapnem. (oryg.)
- PN-EN 14227-12:2006 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym  
- Specyfikacja - Część 12: Grunty stabilizowane żużlem. (oryg.)
- PN-EN 14227-13:2006 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym  
- Specyfikacja - Część 13: Grunty stabilizowane hydraulicznym spoiwem drogowym. (oryg.)
- PN-EN 14227-14:2006 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym  
- Specyfikacja - Część 14: Grunty stabilizowane popiołami lotnymi.



# Spoiwo

---

W praktyce wybór odpowiedniego rodzaju i wielkości dodatku spoiwa uzależnia się od:

- rodzaju, stanu i wilgotności gruntu,
- pożądanego efektu wzmocnienia (zwiększenie nośności  $E$ ,  $CBR$  - ***ulepszenie***, uzyskanie odpowiedniej wytrzymałości na ściskanie  $R_c$  - ***związanie***).

# Właściwości GSSH

PN EN 14227-10	PN EN 14227-11	PN EN 14227-12	PN EN 14227-13	PN EN 14227-14	Parametr laboratoryjny
cement	wapno	żużel granulowany	spoiwo drogowe	Popioły lotne	Czynnik wiążący
Ziarna<63mm	Ziarna<63mm 63µm>12%, <i>I<sub>p</sub></i> >5	Ziarna<63mm	Ziarna<63mm	Ziarna<63mm	Grunty przydatne do stabilizacji
<b>Właściwości mieszanki przed związaniem</b> ←					
$W_{0.90}, W_{0.95}, W_{1.0}, W_{DV}$					$W$ – wilgotność mieszanki
$P_{30}, P_{40}, P_{50}, P_{60}, P_{DV}$					$P$ – stopień rozdrobnienia
$IPI_{10}, IPI_{15}, IPI_{20}, IPI_{25}, IPI_{30}, IPI_{40}, IPI_{50}, IPI_{DV}$					$IPI$ – natychmiastowy wskaźnik nośności
$MCV_{6/10}, MCV_{7/11}, MCV_{8/12}, MCV_{9/13}, MCV_{DV}$					$MCV$
<b>Właściwości mieszanki po związaniu</b> ←					
$CBR_{15}, CBR_{20}, CBR_{30}, CBR_{40}, CBR_{50}, CBR_{DV}$					$CBR$ wskaźnik CBR
$C_{0.5 \div 12 MPa} / R_c_{0.2, 0.5, 1.0 DV}$ (wapno)					$R_c$ wytrzymałość na ściskanie
					$R_t E$ wytrzymałość na rozciąganie, moduł sprężyst.
$LS_1, LS_3, LS_5$					$LS$ pęcznienie liniowe
$Gv_5$					$Gv$ pęcznienie objętościowe
$I_{0.6}, I_{0.7}, I_{0.8}, I_{DV}$ ( $R_i/R$ )					$I$ wytrzymałość po moczeniu
Brak metody, badać wg zasad obowiązujących w miejscu użycia					<b>Mrozoodporność</b>

# Badanie wskaźnika nośności



*Prasa CBR*

# Badania stabilizacji

---



# Badania stabilizacji

---



# Badanie modułu odkształcenia

---



# Rozkładanie spoiwa



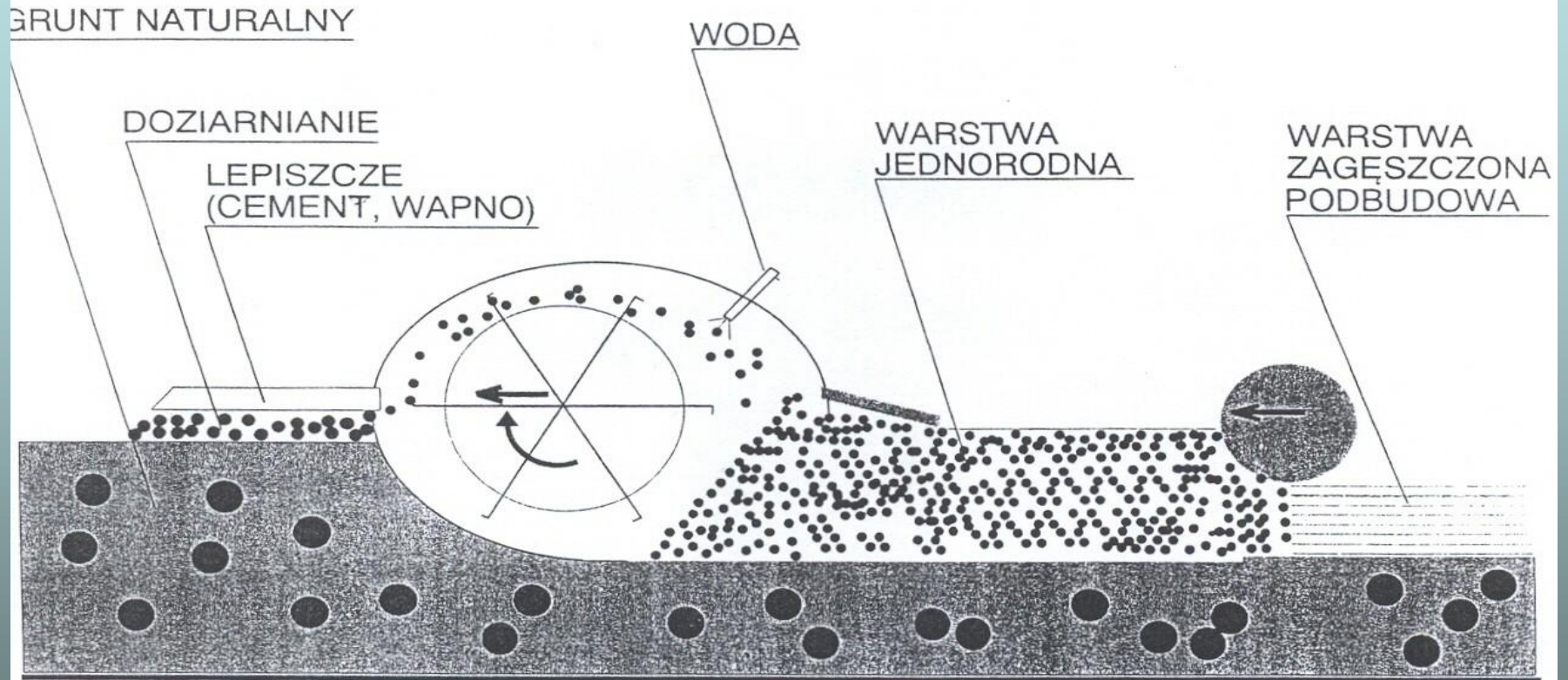
# Technologia wykonywania robót

---

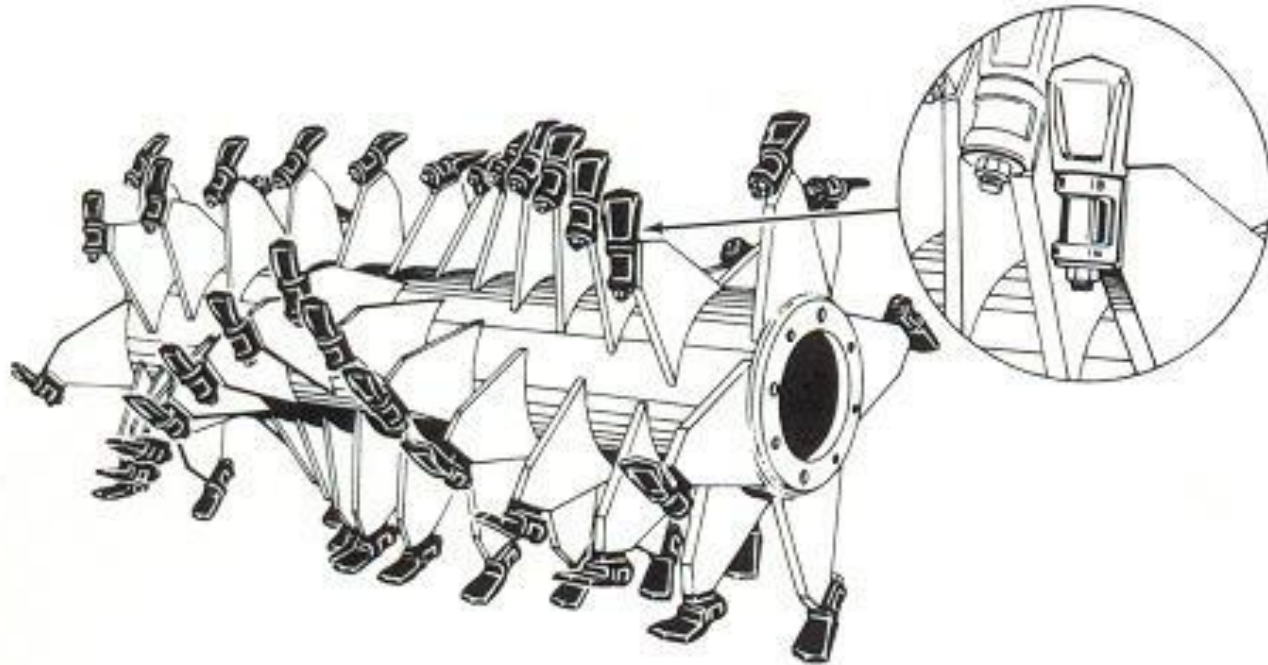




# Technologia wykonywania robót



# Bębny mieszające



# Technologia wykonywania robót

---



# Technologia wykonywania robót

---



*Dziękuję za uwagę*