



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# Technologia Materiałów Drogowych

**prowadzący: dr inż. Marcin Bilski**

**Zakład Budownictwa Drogowego  
Instytut Inżynierii Lądowej  
pok. 324B (bud. A2); K4 (hala A4)  
*[marcin.bilski@put.poznan.pl](mailto:marcin.bilski@put.poznan.pl)  
[bilski.put.poznan.pl](http://bilski.put.poznan.pl)***





## WYKŁAD 3

### Tematyka wykładu:

- kruszywa i wypełniacze do mieszanek mineralno-asfaltowych (normy, WT-1),
- mieszanki niezwiązane (WT-4),
- mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi (WT-5),
- technologia budowy dolnych warstw nawierzchni drogowych.



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# KRUSZYWA I WYPEŁNIACZE DO MIESZANEK MINERALNO- ASFALTOWYCH



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

## OKREŚLENIA WG:

- PN-EN 13043:2004
- WT-1





**Kruszywo** – ziarnisty materiał stosowany w budownictwie, który może być: naturalny, sztuczny lub z recyklingu

**Kruszywo naturalne** – kruszywo ze źróz naturalnych pochodzenia mineralnego, które może być poddane wyłącznie obróbce mechanicznej



**Rys. 1. Przykładowe kruszywo do zastosowania w mieszance mineralno-asfaltowej (kruszywo łamane – kliniec)**

*Źródło:* <http://www.wamax.pl/uploads/images/cc131c07ec84e512b4d0c8feb4f6e4b0.jpg>



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

**Kruszywo sztuczne** – kruszywo pochodzenia mineralnego, uzyskiwane w wyniku procesu przemysłowego obejmującego obróbkę termiczną lub inną modyfikację





**Kruszywo z recyklingu** – kruszywo powstałe w wyniku przeróbki nieorganicznego materiału zastosowanego uprzednio w budownictwie

**Wymiar kruszywa** – wielkość ziaren kruszywa, określona przez dolny ( $d$ ) i górny ( $D$ ) wymiar sita





**Kruszywo grube** – kruszywo o wymiarach ziaren:  
 $D \leq 45 \text{ mm}$  oraz  $d \geq 2 \text{ mm}$

**Kruszywo drobne** – kruszywo o wymiarach ziaren  
 $D \leq 2 \text{ mm}$ , którego większa część pozostaje na sicie  
 $0,063 \text{ mm}$

**Pyły** – kruszywo o wymiarach ziaren  $< 0,063 \text{ mm}$

**Wypełniacz** – kruszywo, którego większa część  
(min. 70%) przechodzi przez sito  $0,063 \text{ mm}$



**Uziarnienie** – skład ziarnowy kruszywa, wyrażony w procentach masy ziaren przechodzących przez określony zestaw sit

**Kruszywo o ciągłym uziarnieniu** – kruszywo, które składa się z kruszywa grubego i drobnego, które może być uzyskiwane bez rozdzielania na kruszywo grube i drobne lub przez połączenie kruszywa grubego i drobnego



**Rys. 2. Przykładowy wypełniacz do zastosowania w mieszance mineralno-asfaltowej (wypełniacz wapienny)**

Źródło: <https://pl.all.biz/img/pl/catalog/137666.jpeg>



---

**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**

---

**WYBRANE WYMAGANIA I KATEGORIE  
DLA KRUSZYW WG PN-EN 13043:2004**



# Wymiary otworów sit do określania wymiarów ziarn kruszywa

Zestaw podstawowy mm	Zestaw podstawowy plus zestaw 1 mm	Zestaw podstawowy plus zestaw 2 mm
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
—	5,6 (5)	—
8	—	6,3 (6)
—	8	8
—	—	10
—	11,2 (11)	—
—	—	12,5 (12)
16	—	14
—	16	16
—	—	20
31,5 (32)	22,4 (22)	—
—	31,5 (32)	31,5 (32)
—	—	40
—	45	—
63	63	63

**UWAGA** Wymiarów zaokrąglonych w nawiasach można używać przy uproszczonym opisie wymiarów kruszywa.

# Podstawowe wymagania dotyczące uziarnienia

Kruszywo	Wymiar mm	Procent przechodzącej masy					Kategoria G
		$2D$	$1,4D^a$	$D^b$	$d$	$d/2^a$	
Grube	$D > 2$	100	100	od 90 do 99	od 0 do 10	od 0 do 2	$G_C90/10$
		100	od 98 do 100	od 90 do 99	od 0 do 15	od 0 do 5	$G_C90/15$
		100	od 98 do 100	od 90 do 99	od 0 do 20	od 0 do 5	$G_C90/20$
		100	od 98 do 100	od 85 do 99 <sup>c</sup>	od 0 do 15	od 0 do 2	$G_C85/15$
		100	od 98 do 100	od 85 do 99 <sup>c</sup>	od 0 do 20	od 0 do 5	$G_C85/20$
		100	od 98 do 100	od 85 do 99 <sup>c</sup>	od 0 do 35	od 0 do 5	$G_C85/35$
Drobne	$D \leq 2$	100	–	od 85 do 99	–	–	$G_F85$
O ciągłym uziarnieniu	$D \leq 45$ mm i $d = 0$	100	od 98 do 100	od 90 do 99	–	–	$G_A90$
		100	od 98 do 100	od 85 do 99	–	–	$G_A85$

<sup>a</sup> Gdy sита obliczone z  $1,4D$  i  $d/2$  nie są dokładnymi wymiarami sit wg ISO 565:1990, seria R20, należy przyjąć następny najbliższy wymiar sita.

<sup>b</sup> Jeśli pozostałość na sicie  $D$  jest mniejsza niż 1 % masy, producent powinien udokumentować i deklorować uziarnienie typowe, w tym z wykorzystaniem sit  $D$ ,  $d$ ,  $d/2$  oraz sit z zestawu podstawowego plus zestaw 1 lub zestawu podstawowego plus zestaw 2 dla wartości pośrednich pomiędzy  $d$  i  $D$ .

<sup>c</sup> Dla poszczególnych wymiarów kruszyw grubych  $d/D$ , gdzie  $D/d < 2$ , o kategorii  $G_C85/15$ ,  $G_C85/20$  i  $G_C85/35$ , wartość masy przechodzącej przez  $D$  – zgodnie z danym zastosowaniem – może być zmniejszona o 5 %.



## Kategorie maksymalnych wartości współczynnika Los Angeles

Współczynnik Los Angeles	Kategoria <i>LA</i>
$\leq 15$	<i>LA</i> <sub>15</sub>
$\leq 20$	<i>LA</i> <sub>20</sub>
$\leq 25$	<i>LA</i> <sub>25</sub>
$\leq 30$	<i>LA</i> <sub>30</sub>
$\leq 40$	<i>LA</i> <sub>40</sub>
$\leq 50$	<i>LA</i> <sub>50</sub>
$> 50$	<i>LA</i> <sub>Deklarowana</sub>
Brak wymagania	<i>LA</i> <sub>NR</sub>



---

**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**

---

**PN-87 B-01100**  
**KRYSZYWA MINERALNE – KRUSZYWA SKLANE –**  
**PODZIAŁ, NAZWY I OKREŚLENIA**  
**(norma nieaktualna)**



# OKREŚLENIA wg normy PN-87 B-01100

Rodzaj kruszywa	Wymiar ziaren wg oczek kwadratowych sit kontrolnych		Asortyment												
			Grupy												
			Kruszywa naturalne				Kruszywa łamane								
			Podgrupy												
	od	do	Naturalne niekruszone			Naturalne kruszone		Zwykłe		Granulowane					
Drobne	0,0	2,0	piasek zwykły	pospółka	mieszanka kruszywa naturalnego	piasek kruszony	mieszanka z otoczków	miął	niesort	piasek łamany	mieszanka kruszywa łamanego sortowana				
	2,0	4,0				grys z otoczków									
Grube	4,0	8,0	żwir									kliniec		grys	
	8,0	16,0													
	16,0	31,5													
	31,5	63,0					tłuczeń								
Bardzo grube	63,0	250,0	otoczaki					kamień naturalny							



**Kruszywo naturalne** – materiał uzyskany ze skał luźnych

**Kruszywo naturalne uszlachetnione** – kruszywo uzyskane w wyniku przeróbki mechanicznej

**Kruszywo naturalne kruszone** – kruszywo otrzymane w wyniku kruszenia surowca skalnego luźnego, charakteryzuje się zawartością ziarn ostrokrawędzistych o powierzchniach szorstkich



**Kruszywo łamane** – materiał ziarnisty uzyskany przez mechaniczne rozdrobnienie skał litych

**Kruszywo łamane zwykłe** – kruszywo uzyskane w wyniku co najmniej jednokrotnego przekruszenia skał litych, charakteryzujące się ziarnami ostrokrawędzistymi o nieforemnych kształtach

**Kruszywo łamane granulowane** – kruszywo zwykłe poddane dodatkowemu uszlachetnieniu, charakteryzujące się przewagą ziarn o kształcie foremnym ze stępionymi krawędziami i narożami



**Rys. 3. Pospółka**

Źródło: [https://img01-olxpl.akamaized.net/img-olxpl/370459675\\_3\\_644x461\\_pospolka-drogowa-kruszywo-na-zageszczenie-kruszywo-0-63-materialy-budowlane.jpg](https://img01-olxpl.akamaized.net/img-olxpl/370459675_3_644x461_pospolka-drogowa-kruszywo-na-zageszczenie-kruszywo-0-63-materialy-budowlane.jpg)



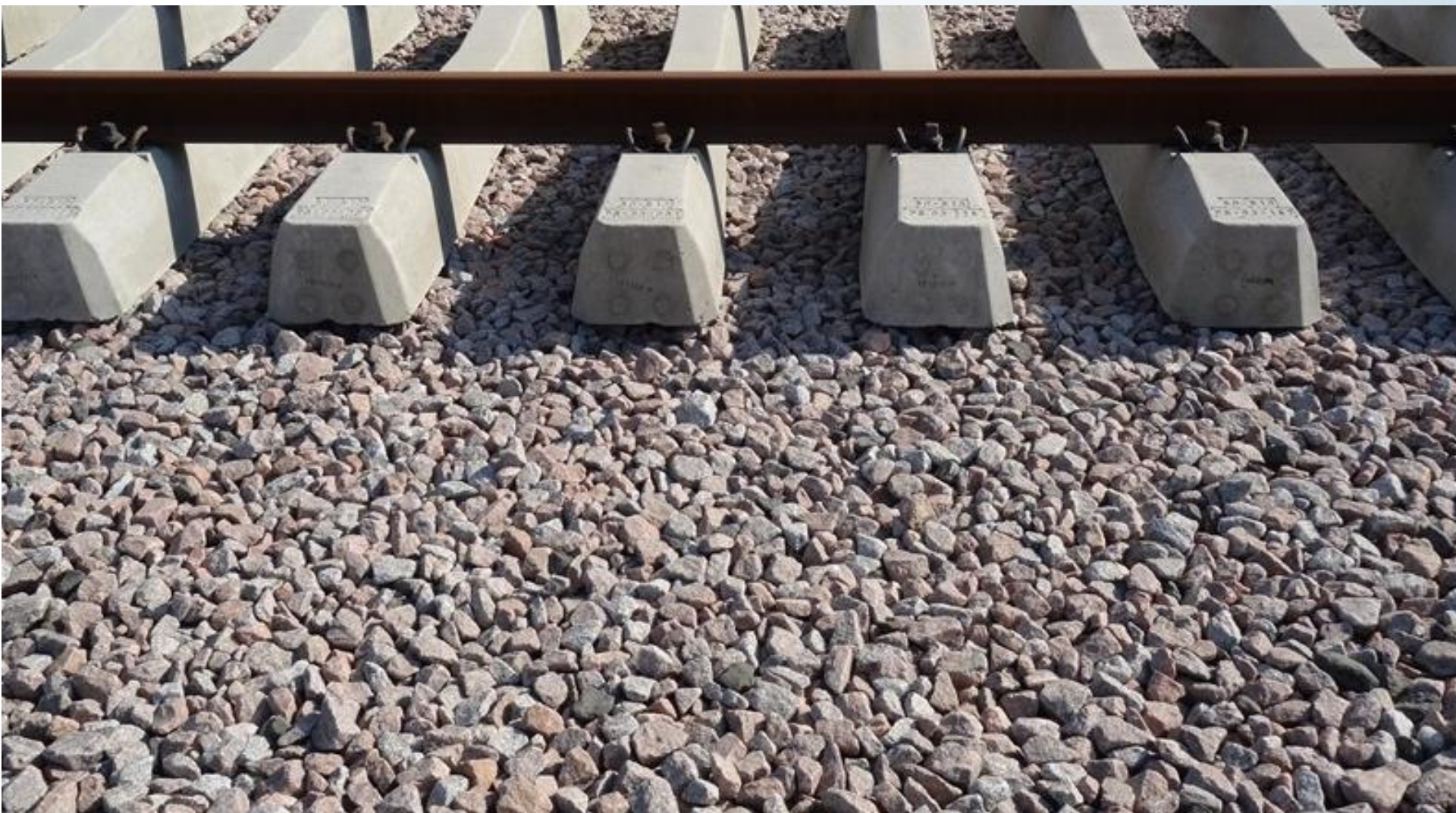
**Rys. 4. Grys granitowy 8/16**

Źródło: <https://herkam.pl/images/stories/virtuemart/product/grys-granitowy-8-16mm-04.jpg>



**Rys. 5. Kliniec granitowy 8/31,5**

Źródło: <https://6.allegroimg.com/s512/0196d7/187648aa456487e6ab1e57e0e9f6>



## Rys. 6. Tłuczeń

Źródło: <http://yeoman-poland.com.pl/repository/images/pkm.JPG>



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# KRUSZYWA I WYPEŁNIACZE DO MIESZANEK MINERALNO- ASFALTOWYCH (WT-1)



## 5.2 KURSOWA DO WARSTWY WIĄZĄCEJ, WYRÓWNAWCZEJ I WZMACNIAJĄCEJ Z BETONU ASFALTOWEGO

W tabelach 8÷11 podano wymagane właściwości kruszywa naturalnego lub sztucznego stosowanego do warstwy wiążącej, wyrównawczej i wzmacniającej z betonu asfaltowego.

**Tabela 8. Wymagane właściwości kruszywa grubego do warstwy wiążącej, wyrównawczej i wzmacniającej z betonu asfaltowego**

Właściwości kruszywa	Wymagania w zależności od kategorii ruchu		
	KR1÷KR2	KR3÷KR4	KR5÷KR7
Uziarnienie według PN-EN 933-1; kategoria nie niższa niż:	$G_{C85/20}$	$G_{C85/20}$	$G_{C90/20}$
Tolerancja uziarnienia; wymagane kategorie:	$G_{25/15}$ , $G_{20/15}$ , $G_{20/17,5}$	$G_{25/15}$ , $G_{20/15}$ , $G_{20/17,5}$	$G_{25/15}$ , $G_{20/15}$ , $G_{20/17,5}$
Zawartość pyłów według PN-EN 933-1; kategoria nie wyższa niż:	$f_2$		
Kształt kruszywa według PN-EN 933-3 lub według PN-EN 933-4; kategoria nie wyższa niż:	$FI_{35}$ lub $SI_{35}$	$FI_{25}$ lub $SI_{25}$	$FI_{25}$ lub $SI_{25}$
Procentowa zawartość ziaren o powierzchni przekruszonej i łamanej w kruszywie grubym według PN-EN 933-5; kategoria nie niższa niż:	$C_{Deklarowana}$	$C_{50/10}$	$C_{50/10}$
Odporność kruszywa na rozdrabnianie według normy PN-EN 1097-2, rozdział 5, badana na kruszywie o wymiarze 10/14; kategoria nie wyższa niż:	$LA_{40}$	$LA_{30}$	$LA_{30}$
Gęstość ziaren według PN-EN 1097-6, rozdz. 7, 8 lub 9:	deklarowana przez producenta		
Nasiąkliwość według PN-EN 1097-6, rozdz. 7, 8 lub 9:	deklarowana przez producenta		
Mrozoodporność według PN-EN 1367-1 badana na kruszywie o wymiarze 8/11, 11/16 lub 8/16; kategoria nie wyższa niż:	$F_2$		
„Zgorzel słoneczna” bazaltu według PN-EN 1367-3, wymagana kategoria:	$SB_{LA}$		
Skład chemiczny - uproszczony opis petrograficzny według PN-EN 932-3:	deklarowany przez producenta		
Grube zanieczyszczenia lekkie według PN-EN 1744-1 p. 14.2, kategoria nie wyższa niż:	$m_{LPC} 0,1$		
Rozpad krzemianu dwuwapniowego w kruszywie z żużla wielkopiecowego chłodzonego powietrzem według PN-EN 1744-1, p. 19.1:	wymagana odporność		
Rozpad związków żelaza w kruszywie z żużla wielkopiecowego chłodzonego powietrzem według PN-EN 1744-1, p. 19.2:	wymagana odporność		
Stalność objętości kruszywa z żużla stalowniczego według PN-EN 1744-1, p.19.3; kategoria nie wyższa niż:	$V_{3,5}$		

**Tabela 1. Wymiary otworów sit do określania wymiaru kruszywa**

Zestaw podstawowy sit plus zestaw 1, #, [mm]										
0	1	2	4	5,6 (5)	8	11,2 (11)	16	22,4 (22)	31,5	45
Do uproszczonego opisu wymiaru kruszywa mogą być używane wymiary otworów sit podane w nawiasach										

Wymiar kruszywa mniejszy niż 1 mm należy określać za pomocą sit #: 0,063 mm; 0,125 mm.

W tabeli 2 przedstawiono zestawy sit pośrednich do oznaczania uziarnienia kruszywa.

**Tabela 2. Wymiary sit do oznaczania uziarnienia kruszywa**

Sito #, [mm]	Sito #, [mm]			
<i>D</i> lub <i>d</i>	$2 D$	$1,4 D$	$D/1,4$	$D/2$ lub $d/2$
45	90	63	31,5	22,4
31,5	63	45	22,4	16
22,4	45	31,5	16	11,2
16	31,5	22,4	11,2	8
11,2	22,4	16	8	5,6
8	16	11,2	5,6	4
5,6	11,2	8	4	2
4	8	5,6	2	2
2	4	2	1	1
1	2	1,4	-	0,5



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# MIESZANKI NIEZWIĄZANE (WT-4)





---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

**Mieszanka niezwiązana** – ziarnisty materiał, zazwyczaj o określonym składzie ziarnowym, który jest stosowany do wykonania ulepszonego podłoża gruntowego oraz warstw konstrukcji nawierzchni dróg



**Stabilizacja mechaniczna gruntu** - to zespół czynności prowadzących do uzyskania odpowiedniego zagęszczenia podłoża gruntowego zapewniającego trwałą wzrost jego wytrzymałości mechanicznej. Metoda polega na zaprojektowaniu składu granulometrycznego mieszanki (doziarnienia), a następnie in-situ jej odpowiedniego wyprofilowania i zagęszczenia przy wilgotności optymalnej



---

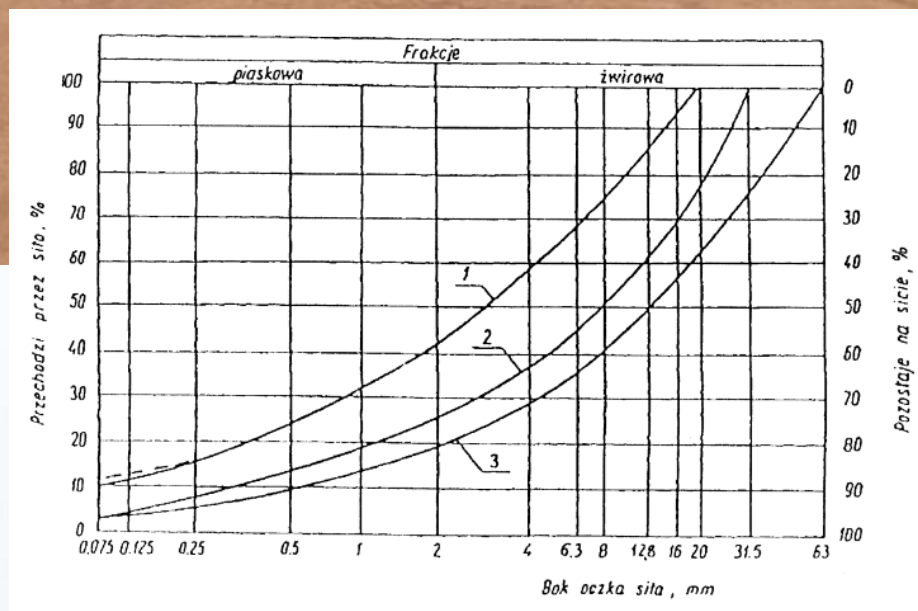
**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**

---



**Rys. 7. Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej**

Źródło: [http://s17-pulawy.pl/foto/zdjecia/listopad2016/P\\_11.jpg](http://s17-pulawy.pl/foto/zdjecia/listopad2016/P_11.jpg)



Źródło: <https://www.nascon.pl/stabilizacja/stabilizacja-mechaniczna/>



## Następujące mieszanki kruszyw mogą być stosowane:

- do warstw podłoża ulepszonego:  
0/8; 0/11,2; 0/16; 0/22,4; 0/31,5; 0/45; 0/63,
- do warstw podbudowy:  
0/31,5; 0/45; 0/63,
- do warstw podbudowy zasadniczej:  
0/31,5; 0/45; 0/63,





- do wykonywania nawierzchni z kruszywa niezwiązanego:  
 $0/8$ ;  $0/11,2$ ;  $0/16$ ;  $0/22,4$ ;  $0/31,5$ ;  $0/45^*)$ ;  $0/63^*)$ .

**\*) Mieszanki  $0/45$  i  $0/63$  dopuszcza się tylko wyjątkowo, w przypadkach przewidywanego wykonania powierzchniowego utrwalenia na nawierzchni z tych mieszanek, w ciągu najbliższego sezonu budowlanego.**



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWAMI HYDRAULICZNYMI (WT-5)





**Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym** – mieszanka, w której następuje wiązanie twardnienie na skutek reakcji hydraulicznych. Może być wykonywana na miejscu (in-situ) lub w węźle stacjonarnym

**Materiał hydrauliczny** – materiał, który wiąże i twardnieje w obecności wody, tworząc stabilne i trwałe struktury



**Materiał pucolanowy** – materiał (np. popiół wulkaniczny, popiół z kotłowni), który zmieszany z wapnem [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$  lub  $\text{CaO}$ ] w obecności wody wiąże i twardnieje, tworząc stabilne i trwałe struktury

**Spoiwo drogowe** – spoiwa hydrauliczne do podbudów są gotowymi wyrobami wytwarzanymi w zakładzie produkcyjnym i dostarczane w stanie gotowym do użycia



**Wapno** – wapno jest spoiwem powietrznym tzn., że wiąże i zachowuje swoje właściwości tylko w środowisku powietrznym; uzyskujemy je, gdy wapienie użyte do produkcji wapna zawierają do 8% frakcji iłowej; w przypadku, gdy zawartość frakcji iłowej przekracza 8% zaliczamy takie wapno, jako spoiwo hydrauliczne



**Popiół lotny** – drobny proszek powstały w wyniku spalania w elektrowniach energetycznych pyłu węglowego lub lignitu, uzyskany w trakcie mechanicznego lub elektrostatycznego procesu wytrącania



$R_C$  – wytrzymałość na ściskanie, w megapaskalach (MPa).

$R_C^{Z-O}$  – charakterystyczna wytrzymałość na ściskanie próbek po wymaganym okresie pielęgnacji (w zależności od rodzaju mieszanki) i 14 cyklach zamrażania i odmrażania, w megapaskalach (MPa).



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---



Źródło: <https://www.nascon.pl/stabilizacja/stabilizacja-chemiczna-gruntu/>





---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# MIESZANKI ZWIĄZANE CEMENTEM

## WT-5 Część 1





***Ilość oraz rodzaj stosowanego cementu jest zależny od roli warstwy (umiejscawiania w konstrukcji), w którą ma być wbudowany grunt. Orientacyjne ilości dozowanego cementu to zwykle 2-10% w stosunku do masy suchego gruntu.***



***Mieszanka cementowo-gruntowa powinna przede wszystkim spełniać wymagania dotyczące wytrzymałości na ściskanie. Dodatkowym kryterium może być wskaźnik mrozoodporności próbek. Skład ilościowy mieszanki projektuje się każdorazowo dla konkretnego materiału gruntowego laboratoryjnie. Zaleca się zagęszczanie materiału in-situ w wilgotności optymalnej.***

Tablica 1.2. Klasy wytrzymałości wg normy PN-EN 14227-1.

Kolumna	1	2	3
Wiersz	Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach, MPa		Klasa wytrzymałości
	Wytrzymałość charakterystyczna $R_c$		
	Próbki walcowe $H/D^a=2,0$	Próbki walcowe $H/D^a=1,0^b$	
1	brak wymagań		$C_0$
2	1,5	2,0	$C_{1,5/2,0}$
3	3,0	4,0	$C_{3/4}$
4	5,0	6,0	$C_{5/6}$
5	8,0	10,0	$C_{8/10}$
6	12	15	$C_{12/15}$
7	16	20	$C_{16/20}$
8	20	25	$C_{20/25}$

<sup>a</sup>  $H/D$ = stosunek wysokości do średnicy próbki  
<sup>b</sup>  $H/D$ = 0,8 do 1,21

Dopuszcza się podawanie wytrzymałości na ściskanie  $R_c$  z dodatkowym indeksem informującym o czasie pielęgnacji, np.  $R_{c7}$ ,  $R_{c14}$ ,  $R_{c28}$



Tablica 1.3. Minimalna zawartość spoiwa w mieszance wg PN-EN 14227-1

<b>Maksymalny nominalny wymiar kruszywa, mm</b>	<b>Minimalna zawartość spoiwa, % m/m</b>
> 8,0 do 31,5	3
2,0 do 8,0	4
<2,0	5



## **Rys. 8. Podbudowa z gruntu stabilizowanego cementem**

**Źródło:** [http://www.rozbudowadw761.pl/wp-content/uploads/2017/06/DSC\\_0227.jpg](http://www.rozbudowadw761.pl/wp-content/uploads/2017/06/DSC_0227.jpg)



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# MIESZANKI ZWIĄZANE ŻUŻLEM

## WT-5 Część 2





---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

***Najczęściej żużel jest stosowany jako dodatek do mieszanek stabilizowanych innymi spoiwami hydraulicznymi.***







---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# MIESZANKI Z POPIOŁEM LOTNYM

## WT-5 Część 3





***Popioły lotne stosuje się przy stabilizacji cementem gruntów sypkich oraz spoistych, ale także samodzielnie jako spoiwo do stabilizacji gruntów spoistych i mało spoistych. Dla stabilizacji tylko popiołami lotnymi, orientacyjne dozowanie ilościowe to 5-10% w stosunku do suchej masy gruntu.***



**Rys. 9. Podbudowa z kruszywa stabilizowanego popiołem lotnym**

Źródło: [http://www.trans-kop.com.pl/Upload/0podbudowa\\_stabilizacja\\_TRANS-KOP\\_P%C5%82ock.jpg](http://www.trans-kop.com.pl/Upload/0podbudowa_stabilizacja_TRANS-KOP_P%C5%82ock.jpg)



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# MIESZANKI ZWIĄZANE SPOIWEM DROGOWYM

## WT-5 Część 4





***Spoiwo drogowe stanowi mieszaninę spoiw hydraulicznych z ewentualnymi dodatkami.***

***Celem zastosowania spoiwa drogowego jest możliwość osiągnięcia wymaganych parametrów stabilizowanego gruntu przy jednoczesnej redukcji kosztów w stosunku do stabilizacji cementem, czy wapnem.***



## Rys. 10. Podłoże ulepszone za pomocą spoiwa drogowego

Źródło: [https://www.gorazdze.pl/sites/default/files/styles/header\\_slider/public/assets/images/20170224\\_114814.jpg?itok=s9NE25Up](https://www.gorazdze.pl/sites/default/files/styles/header_slider/public/assets/images/20170224_114814.jpg?itok=s9NE25Up)



***Stabilizacja gruntu wapnem*** - stosowana jest w celu osuszania gruntów, a także do stabilizacji gruntów spoistych, kwaśnych czy humusowych. Wapno sucho gaszone (hydratyzowane) stosuje się przy stabilizacji gruntów średnio spoistych, lub jako dodatek ulepszający przy wykonywaniu stabilizacji cementem gruntów bardzo spoistych. Wapno palone niegaszone natomiast stosuje się w przypadku stabilizacji gruntów bardzo spoistych oraz takich, których wilgotność jest znacznie większa od optymalnej.



***Silnie reaguje ono z wodą, czemu towarzyszy wydzielanie dużej ilości ciepła, która powoduje osuszenie gruntu. W przypadku gruntów spoistych obniżenie poziomu wilgotności wpływa na zmniejszenie wartości wskaźnika plastyczności gruntu. Orientacyjne wartości ilości dozowanego wapna to mniej więcej 3-8% w stosunku do masy suchego gruntu. Przy osuszaniu przyjmuje się, że każdy 1% wapna dodany do gruntu zmniejsza jego wilgotność o 1-5%.***





---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

## INNE METODY - pianobeton





POLITECHNIKA POZNAŃSKA

## INNE METODY - keramzyt





---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# TECHNOLOGIA BUDOWY DOLNYCH WARSTW NAWIERZCHNI DROGOWYCH



## **Metody in-situ:**

- **stabilizacja mechaniczna**
- **stabilizacja spoiwami hydraulicznymi**
- **pianobeton/keramzyt**

## **Metody stacjonarne:**

- **stabilizacja spoiwami hydraulicznymi**



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**

