



---

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 6

### Tematyka wykładu:

- betonowe nawierzchnie drogowe,
- prefabrykaty betonowe w budownictwie drogowym,
- geosyntetyki stosowane do budowy dróg,
- wyroby kamienne w budownictwie drogowym.



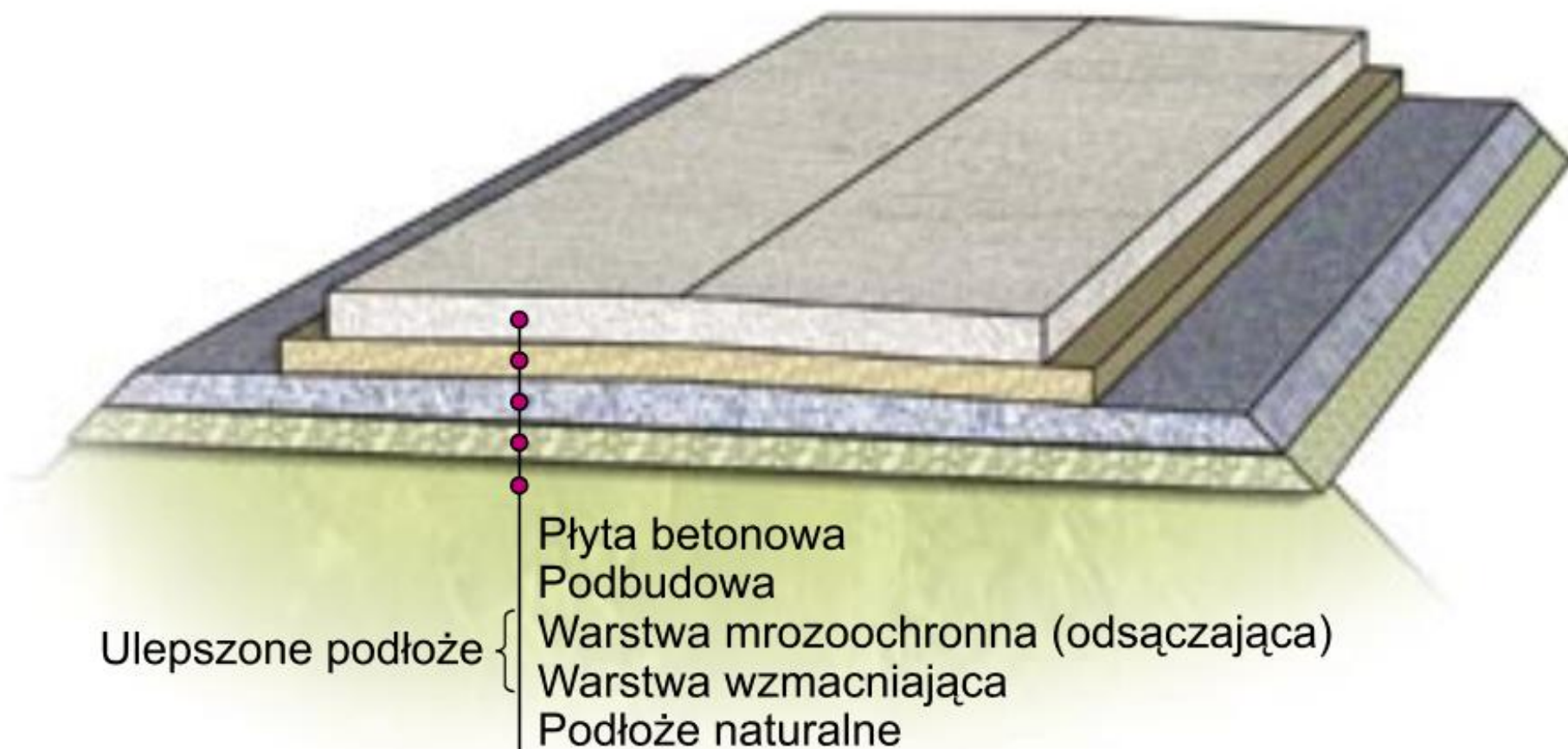
---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# BETONOWE NAWIERZCHNIE DROGOWE





**Rys. 1. Układ warstw konstrukcji nawierzchni z betonu cementowego**

Źródło: <http://www.drogibetonowe.pl/page/poradnik.pdf>



## **Typy nawierzchni betonowych (sztywnych):**

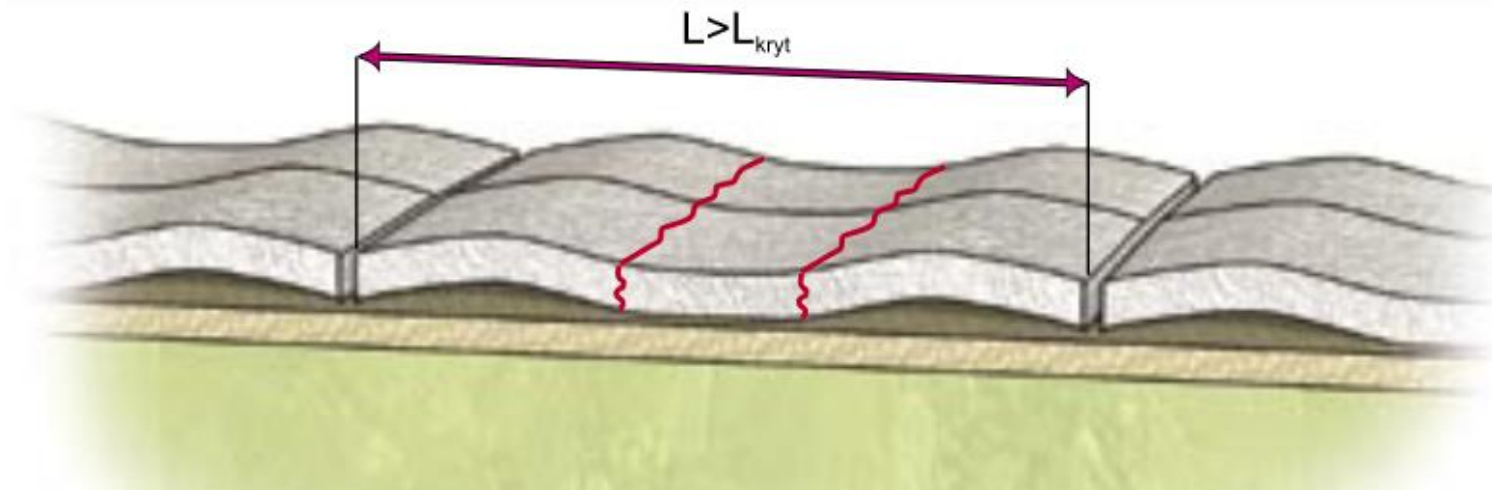
- niezbrojone niedyblowane,
- niezbrojone dyblowane z kotwami,
- zbrojone ze szczelinami dyblowanymi,
- zbrojone w sposób ciągły,
- z włóknami rozproszonymi,
- z betonu sprężonego,
- z betonu wałowanego.



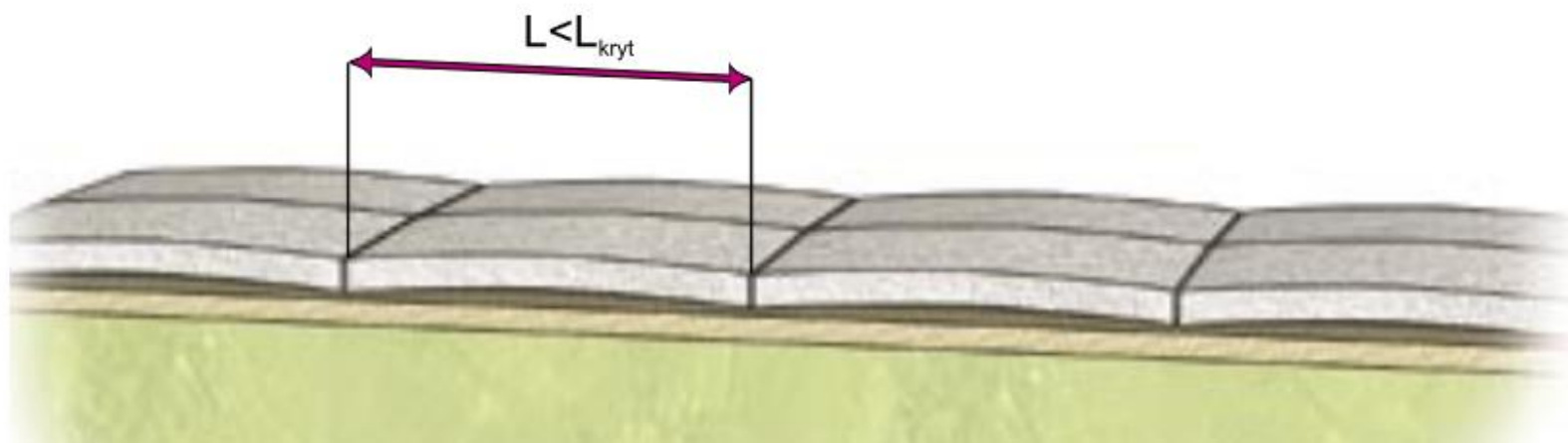
**Stosując odpowiednie wymiary płyt ogranicza się występujące w nich naprężenia termiczne.**

**W praktyce maksymalne wymiary płyt w planie nie powinny być większe od długości krytycznej. Długość krytyczna płyty  $L_{\text{kryt}}$  [m] jest równa wielokrotności grubości płyty  $h$  [m] od 22 do 24 razy.**





(a)



(b)

**Rys. 2. Schemat odkształcenia płyt długich (a) i płyt krótkich (b)**

Źródło: <http://www.drogibetonowe.pl/page/poradnik.pdf>



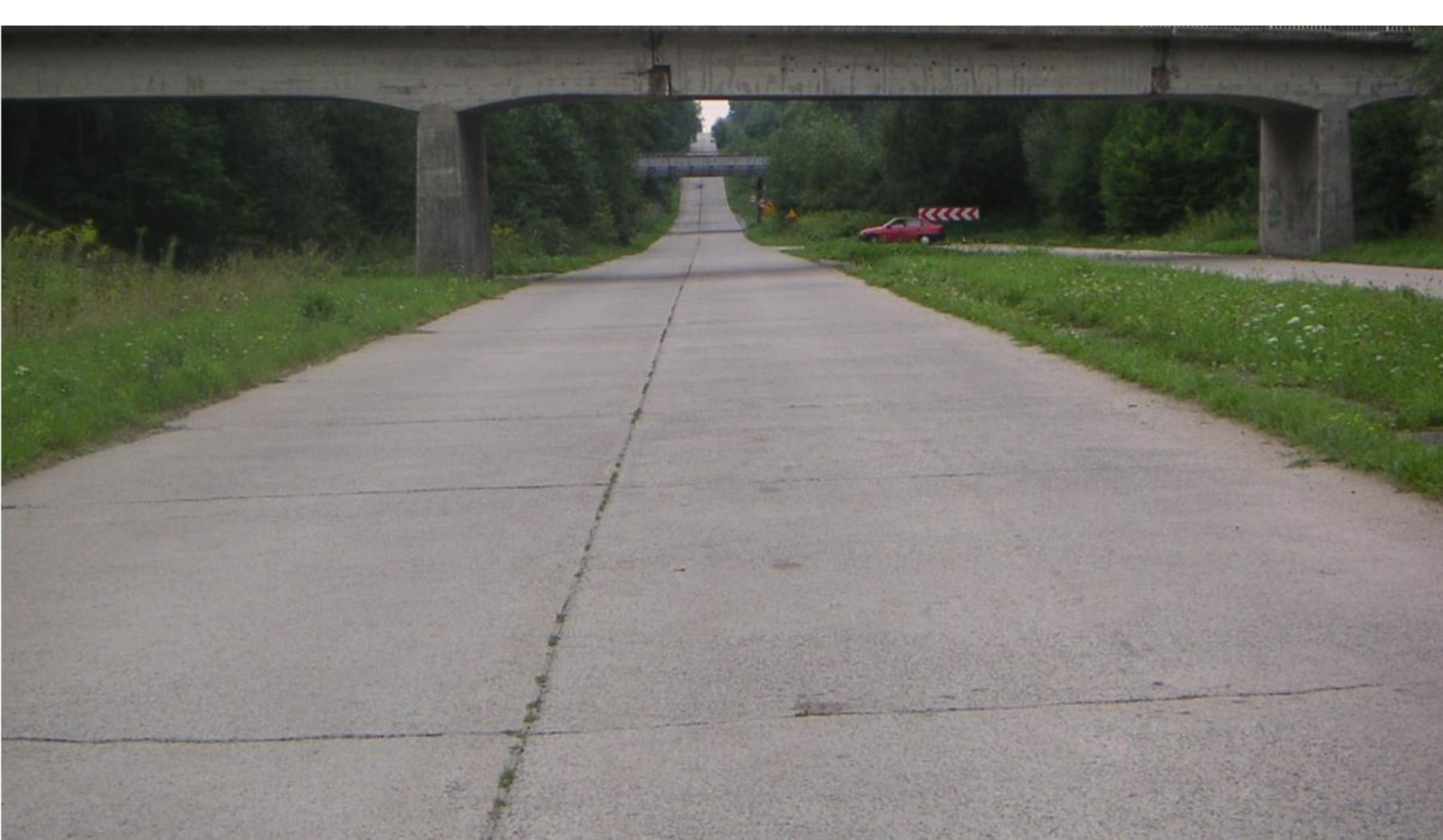
---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

**Nawierzchnia betonowa niezbrojona i niedyblowana (płyty krótkie)** – nawierzchnia betonowa podzielona szczelinami podłużnymi i poprzecznymi (pozornymi ciętymi na  $1/3$  grubości płyty).





### **Rys. 3. Szczeliny w nawierzchni z betonu cementowego**

Źródło: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Berlinka\\_%28Highway%29\\_2006.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Berlinka_%28Highway%29_2006.jpg)



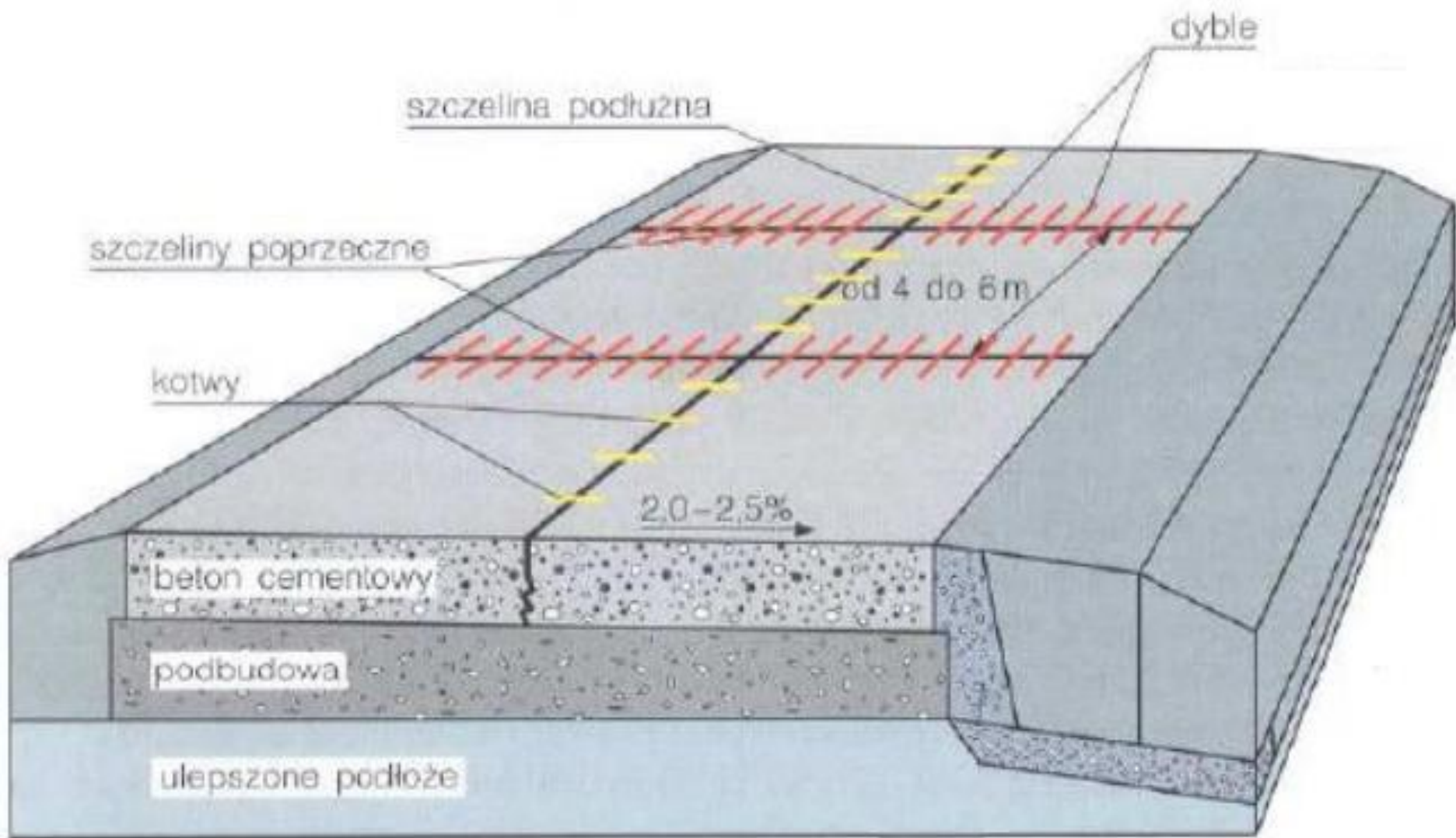
## Rys. 4. Cięcie szczelin w nawierzchni betonowej

Źródło: [http://www.satpolska.com.pl/databases/internet/\\_public/files.nsf/0/6C5FC8BB699C5F23C1257CE60032257F/\\$File/ciecie-betoenu-4y.jpg?OpenElementg](http://www.satpolska.com.pl/databases/internet/_public/files.nsf/0/6C5FC8BB699C5F23C1257CE60032257F/$File/ciecie-betoenu-4y.jpg?OpenElementg)



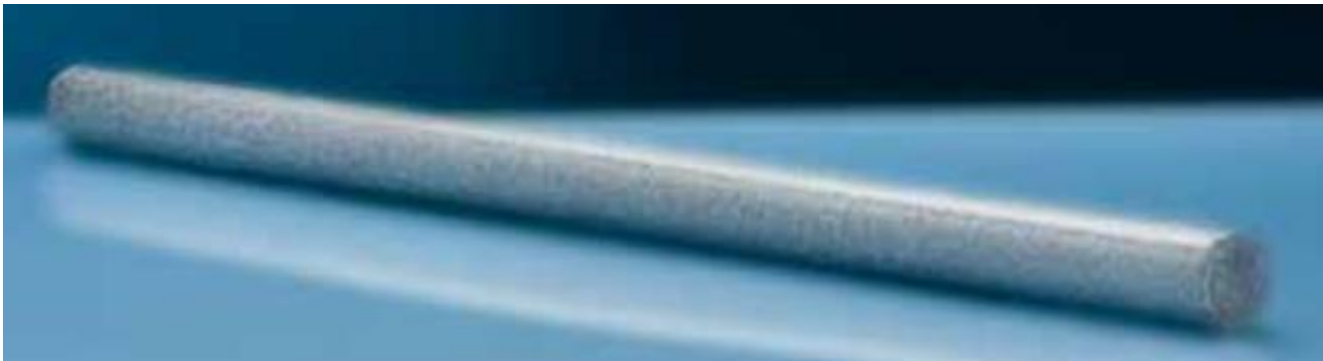
**Nawierzchnia betonowa niezbrojona z dyblami i kotwami (płyty krótkie)** – nawierzchnia betonowa wykonana z zastosowaniem dybli i kotw, dzięki którym zostaje znacznie poprawiona współpraca płyt na szczelinach (płyty mniej klawiszują i szczeliny mniej się rozszerzają).





**Rys. 5. Nawierzchnia betonowa niezbrojona z dyblami i kotwami**

Źródło: [https://www.wykop.pl/cdn/c3201142/comment\\_RxM7068w9IHKyj9VJulrLJAmlXRv4nKY.jpg](https://www.wykop.pl/cdn/c3201142/comment_RxM7068w9IHKyj9VJulrLJAmlXRv4nKY.jpg)



*(a)*



*(b)*

**Rys. 6. Dybel (a) i kotwa (b) stosowane  
w nawierzchniach betonowych**

Źródło: [https://otto-brentzel.com/wp-content/uploads/2013/01/OTTO\\_BRENTZEL\\_PL-RU.pdf](https://otto-brentzel.com/wp-content/uploads/2013/01/OTTO_BRENTZEL_PL-RU.pdf)



## **Rys. 7. Dyble i kotwy na koszach przed rozłożeniem mieszanki betonowej w nawierzchni**

*Źródło:* [https://www.wykop.pl/cdn/c3201142/comment\\_gC3ZCf0k14zQ1wUFmUicJOFMC396w9fX.jpg](https://www.wykop.pl/cdn/c3201142/comment_gC3ZCf0k14zQ1wUFmUicJOFMC396w9fX.jpg)





**Nawierzchnia betonowa zbrojona ze szczelinami dyblowanymi (płyty krótkie i długie) – nawierzchnia betonowa zbrojona dyblowana, w której dzięki zastosowaniu zbrojenia występuje mniejsza liczba rys (o mniejszej rozwartości) i wykonuje się mniejszą liczbę szczelin skurczowych.**



## Rys. 8. Zbrojenie w nawierzchni betonowej

Źródło: <http://docplayer.pl/docs-images/26/9111601/images/14-0.jpg>



**Nawierzchnia betonowa zbrojona w sposób ciągły (płyty długie)** – nawierzchnia betonowa o zbrojeniu ciągłym charakteryzuje się brakiem szczelin poprzecznych (brak klawiszowania szczelin, zjawiska przenikania wody do podłoża oraz pompowania w szczelinach, a także niższe nakłady finansowe na utrzymanie).





## Rys. 9. Zbrojenie ciągłe w nawierzchni betonowej

Źródło: [http://www.ikb.poznan.pl/almamater/biblioteka/podreczniki\\_akademicki/jj\\_technologie\\_budowlane\\_ii/nawierzchnie\\_autostradowe/fot.06.JPG](http://www.ikb.poznan.pl/almamater/biblioteka/podreczniki_akademicki/jj_technologie_budowlane_ii/nawierzchnie_autostradowe/fot.06.JPG)





## Rys. 10. Nawierzchnia betonowa zbrojona w sposób ciągły

Źródło: [http://www.ikb.poznan.pl/almamater/biblioteka/podreczniki\\_akademicki/jj\\_tehnologie\\_budowlane\\_ii/nawierzchnie\\_autostradowe/fot.06.JPG](http://www.ikb.poznan.pl/almamater/biblioteka/podreczniki_akademicki/jj_tehnologie_budowlane_ii/nawierzchnie_autostradowe/fot.06.JPG)



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

Szczeliny w nawierzchni betonowej mają na celu eliminację bądź kontrolę pęknięć, powodowanych skurczem lub rozszerzaniem płyt betonowych pod wpływem zmian temperatury i wilgotności.



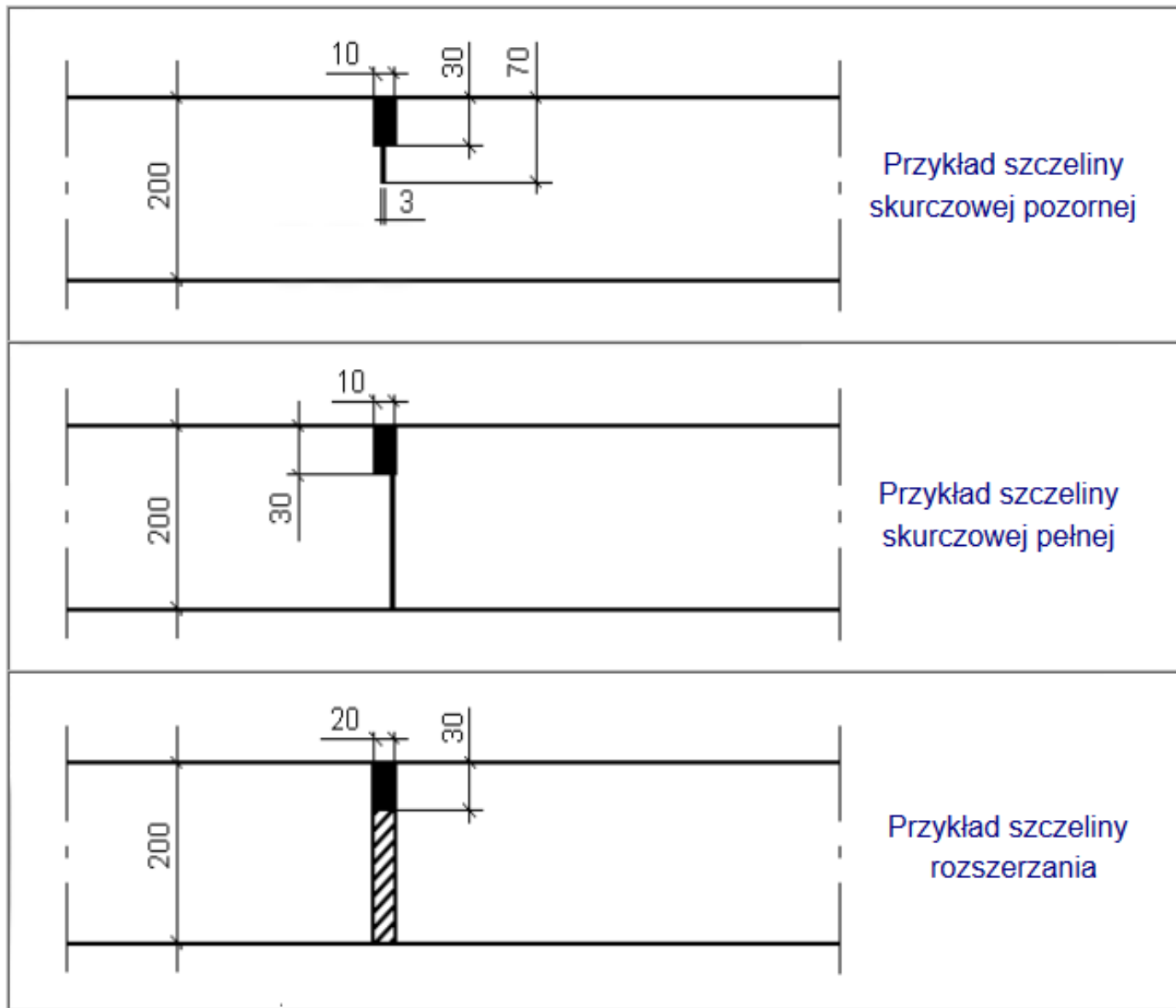


## Szczeliny dzieli się na:

- **szczeliny skurczowe** – umożliwiające kurczenie płyt, w szczególności gdy temperatura atmosferyczna spada poniżej temperatury, przy jakiej nawierzchnia została ułożona; rozróżnia się szczeliny skurczowe pełne – na pełną grubość płyty i szczeliny skurczowe pozorne – na części grubości płyty;

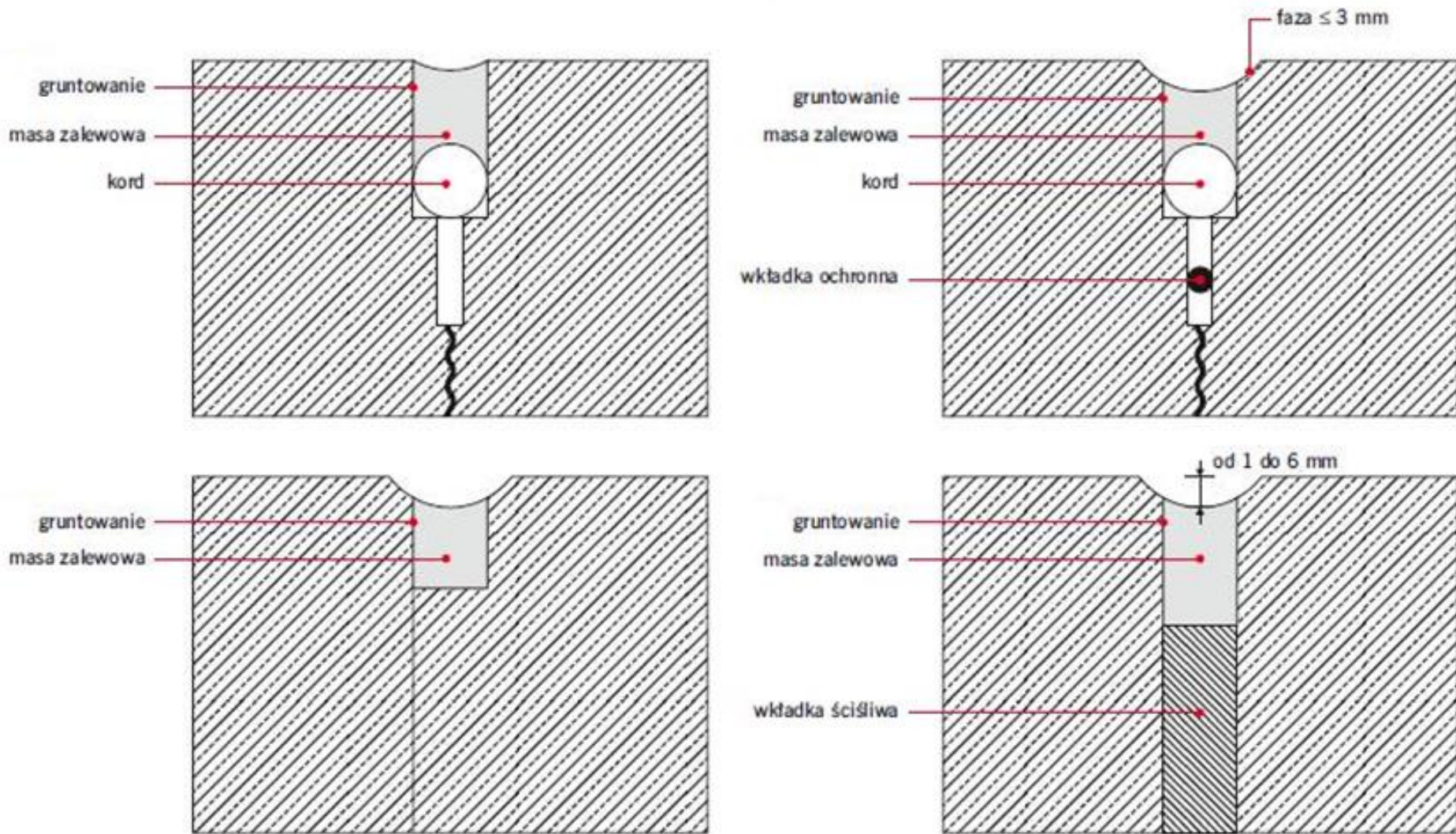


- **szczeliny rozszerzania (poprzeczne lub podłużne)**
  - na całej grubości płyty, umożliwiające wydłużenie i kurczenie płyt;
- **szczeliny konstrukcyjne (stykowe)** – stosowane przy dobetonowaniu płyty do wcześniej wykonanej płyty lub do innych budowli betonowych; swą konstrukcją spełniają rolę szczelin skurczowych pełnych, czasem rozszerzania.



**Rys. 11. Przykłady szczelin w nawierzchni betonowej**

Źródło: <http://www.drogowa.strefa.pl/uslugi/szczeliny.html>



**Rys. 12. Przykłady wypełnienia szczelin nawierzchni betonowej**

Źródło: <http://www.izolacje.com.pl/artukul-galeria/id1708,technologia-zalew-drogowych-na-goraco-zabezpieczanie-spekan-i-dylatacji?gal=1&zdjecie=5181>





## BETON

Podstawowymi materiałami używanymi do produkcji betonu są: cementy, kruszywa, piasek, woda, domieszki (napowietrzające i uplastyczniające).

## CEMENT

Cement jest podstawowym i zasadniczym składnikiem betonu. W celu zapewnienia nawierzchni betonowej odpowiednich właściwości cement powinien spełniać wymagania podane w tabeli 1.

# Tabela. 1. Cementy używane do drogowych nawierzchni betonowych

Rodzaje nawierzchni	Klasa betonu	Rodzaj cementu	Klasa cementu	Wymagania specjalne
Typowe nawierzchnie betonowe	C25/30 ÷ C40/50	Cement portlandzki CEM I	32.5 N 32.5 R 42.5 N 42.5 R	Wodożądność wg PN-EN 196-3 $\leq 28\%$ , wytrzymałość po 2 dniach wg PN-EN 196-1 $\leq 29$ MPa; Powierzchnia właściwa wg PN-EN 196-6 $\leq 3500$ cm <sup>2</sup> /g; Początek wiązania wg PN-EN 196-3 $\geq 120$ minut
		Cement portlandzki żuźłowy CEM II/A-S CEM II/B-S	32.5 N 32.5 R 42.5 N 42.5 R	
		Cement portlandzki popiołowy CEM II/A – V CEM II/B – V	32.5 N 32.5 R 42.5 N 42.5 R	
		Cement hutniczy CEM III/A	32.5 N 32.5 R 42.5 N 42.5 R	



## Tabela. 1. cd. Cementy używane do drogowych nawierzchni betonowych

Rodzaje nawierzchni	Klasa betonu	Rodzaj cementu	Klasa cementu	Wymagania specjalne
Nawierzchnie betonowe do wczesnego obciążenia ruchem	C25/30 ÷ C40/50	Cement portlandzki CEM I	42.5 N 42.5 R	Wodoządnosc wg PN-EN 196-3 ≤ 28%, wytrzymałość po 2 dniach wg PN-EN 196-1 ≤ 29 MPa;
Nawierzchnie betonowe w warunkach agresji siarczanowej	C25/30 ÷ C40/50	Cement portlandzki specjalny siarczanopodobny CEM I HSR CEM I MSR	32.5 N 32.5 R 42.5 N 42.5 R	Powierzchnia właściwa wg PN-EN 196-6 ≤ 3500 cm <sup>2</sup> /g; Początek wiązania wg PN-EN 196-3 ≥ 120 minut
		Cement portlandzki popiołowy CEM II/B-V	32.5 N 32.5 R 42.5 N 42.5 R	
		Cement hutniczy CEM III/B	32.5 N 32.5 R	
		Cement pucolanowy CEM IV/B	42.5 N 42.5 R	

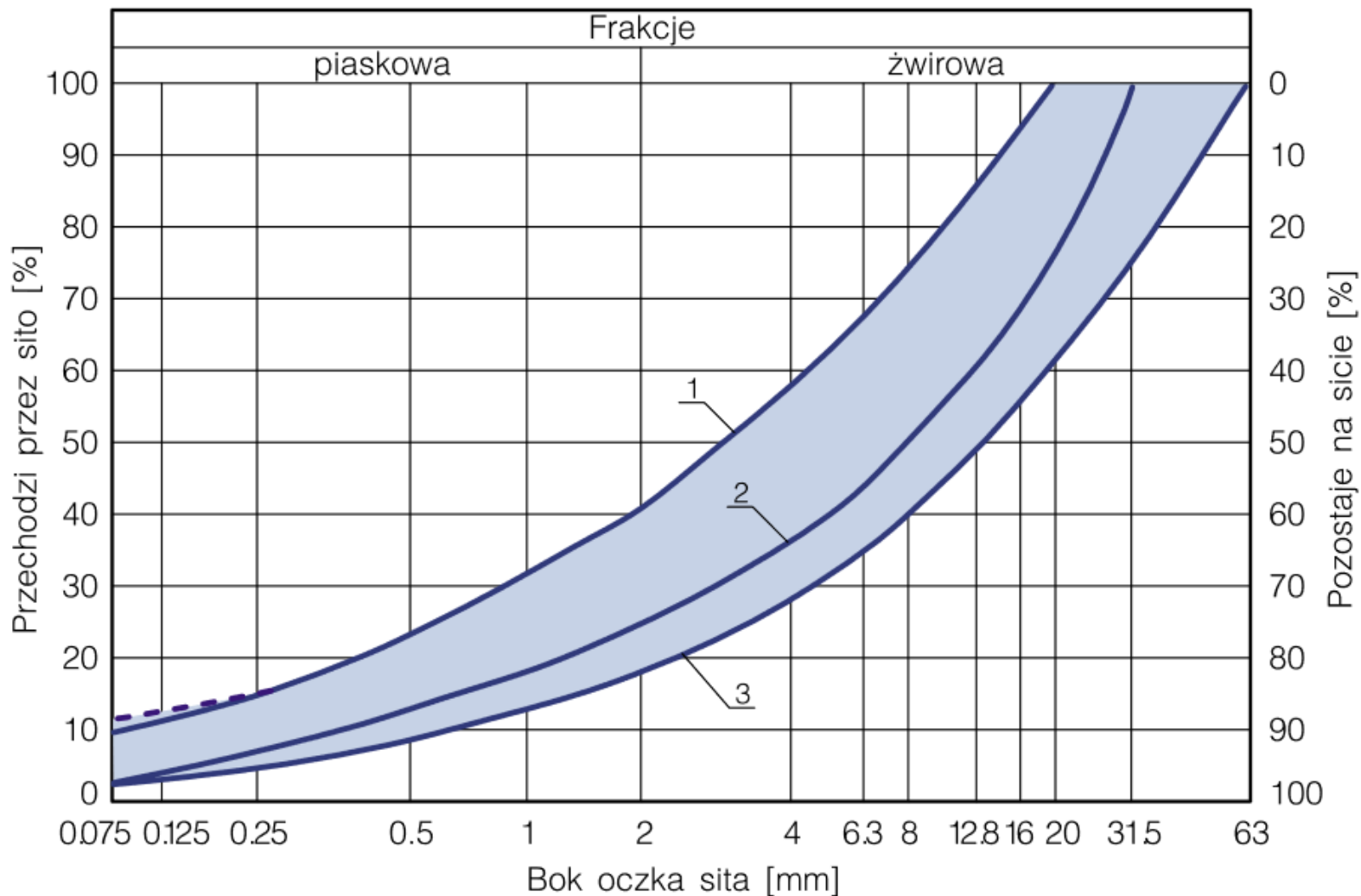


## KRUSZYWO

Do produkcji betonu cementowego najlepiej nadają się kruszywa pochodzące z następujących skał: granit, bazalt, czyste wapienie, dolomity oraz skały metamorficzne typu gnejs, łupek krystaliczny.

Stosuje się kruszywa łamane oraz zwirowe płukane.

Maksymalny wymiar ziaren wynosi 31,5 mm.



1-2 – kruszywo na górną warstwę podbudowy (lub jednowarstwową)  
 1-3 – kruszywo na dolną warstwę podbudowy

**Rys. 13. Krzywe graniczne uziarnienia betonu cementowego**

Źródło: <http://www.drogibetonowe.pl/page/poradnik.pdf>

## Tabela. 2. Wymagania dla kruszywa łamanego

Lp.	Właściwości	C35/45 C40/50	C25/30 C30/37	Badanie według
1	Ścieralność w bębnie Los Angeles, %, nie więcej niż:	25	35	PN-B-06714-42
2	Nasiąkliwość, %, nie więcej niż: a) kruszywa ze skał magmowych i przeobrażonych • frakcja od 4 mm do 8 mm • frakcja powyżej 8 mm b) kruszywa ze skał osadowych	1,5 1,2 2,0	2,0 2,0 3,0	PN-B-06714-18
3	Mrozoodporność, %, nie więcej niż: a) kruszywa ze skał magmowych i przeobrażonych b) kruszywa ze skał osadowych	2,0 2,0	4,0 5,0	PN-B-06714-19
4	Zawartość ziarn nieforemnych, %, nie więcej niż:	20	25	PN-B-06714-16
5	Zawartość zanieczyszczeń obcych, %, nie więcej niż:	0,1	0,2	PN-B-06714-12
6	Zawartość związków siarki w przeliczeniu na SO <sub>3</sub> , %, nie więcej niż:	0,1	0,1	PN-B-06714-28
7	Zawartość zanieczyszczeń organicznych. Barwa cieczy nad kruszywem nie ciemniejsza niż:	wzorcowa		PN-B-06714-26

## Tabela. 3. Wymagania dla piasku i piasku łamanego

Lp.	Właściwości	Wymagania		Badanie według
		piasek	piasek łamany	
1	Wskaźnik piaskowy, większy niż	75	65	BN-64/8931-01
2	Zawartość zanieczyszczeń obcych, %, nie więcej niż:	0,1	0,1	PN-B-06714-12
3	Zawartość związków siarki w przeliczeniu na SO <sub>3</sub> , %, nie więcej niż:	0,2	0,2	PN-B-06714-28
4	Zawartość zanieczyszczeń organicznych. Barwa cieczy nad kruszywem nie ciemniejsza niż:	wzorcowa		PN-B-06714-26
5	Zawartość ziarn poniżej 0,075 mm, %, nie więcej niż	1,0	1,0	PN-B-06714-15
6	Zawartość nadziarna pow. 2 mm, %, nie więcej niż:	15	15	PN-B-06714-15

## Tabela. 4. Wymagania dla żwiru

Lp.	Właściwości	C30/37	C25/30	Badanie według
1	Ścieralność w bębnie Los Angeles (całkowita), %,nie więcej niż	25	35	PN-B-06714-42
2	Zawartość ziarn słabych, %, nie więcej niż:	7	10	PN-B-06714-43
3	Nasiąkliwość, %, nie więcej niż:	1,0	2,5	PN-B-06714-18
4	Mrozoodporność, %, nie więcej niż:	2,5	5,0	PN-B-06714-19
5	Zawartość ziarn nieforemnych, %, nie więcej niż:	15	25	PN-B-06714-16
6	Zawartość zanieczyszczeń obcych, %, nie więcej niż:	0,1	0,2	PN-B-06714-12
7	Zawartość związków siarki w przeliczeniu na SO <sub>3</sub> , %, nie więcej niż:	0,2	1,0	PN-B-06714-28
8	Zawartość zanieczyszczeń organicznych, barwa cieczy nad kruszywem nie ciemniejsza niż:	wzorcowa		PN-B-06714-26





**Beton wałowany (RCC)** – jest to sucha mieszanka betonowa zagęszczana przy wilgotności optymalnej. Produkcja mieszanki sprowadza się do zachowania odpowiedniego balansu między jej suchością, która pozwala na bezpieczne zastosowanie walców wibracyjnych, a wilgotnością, która zapewni uzyskanie odpowiedniej równości przy rozkładaniu.



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

**Mieszanka RCC układana jest standardowym rozściełaczem asfaltowym i zagęszczania przy użyciu walców drogowych. Dużą zaletę stanowi możliwość udostępnienia nawierzchni do ruchu już po 48 godz. od wykonania nawierzchni.**



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# PREFABRYKATY BETONOWE W BUDOWNICTWIE DROGOWYM



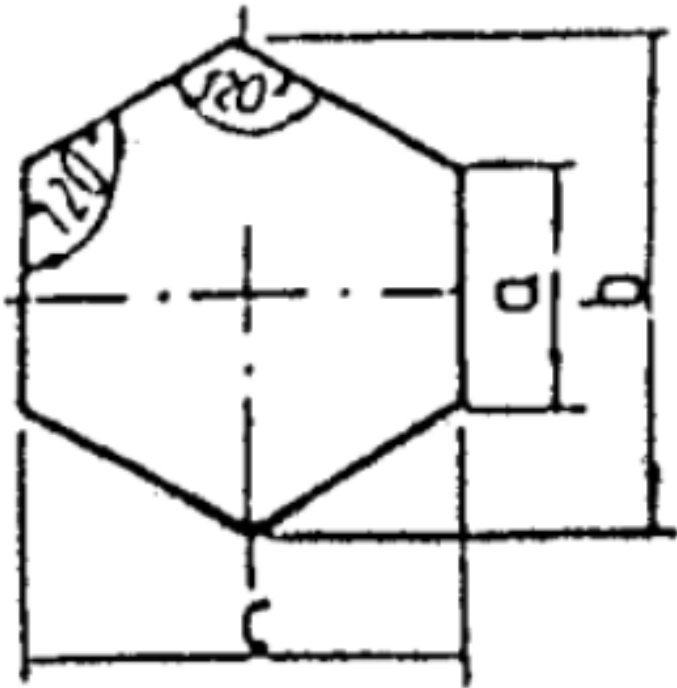
**Drogowa płyta betonowa** – materiał wykonany z betonu w postaci płyty (zwykle o kształcie sześciokątnym lub kwadratowym), stosowany do budowy nawierzchni drogowej.

**Nawierzchnia z drogowych płyt betonowych** – ulepszona nawierzchnia drogowa, której warstwa ścieralna jest wykonana z płyt betonowych.





**6-kątne płyty betonowe** tzw. „trylinka” –  
prefabrykowane elementy z betonu klasy C20/25 lub  
C25/30 o wymiarach:



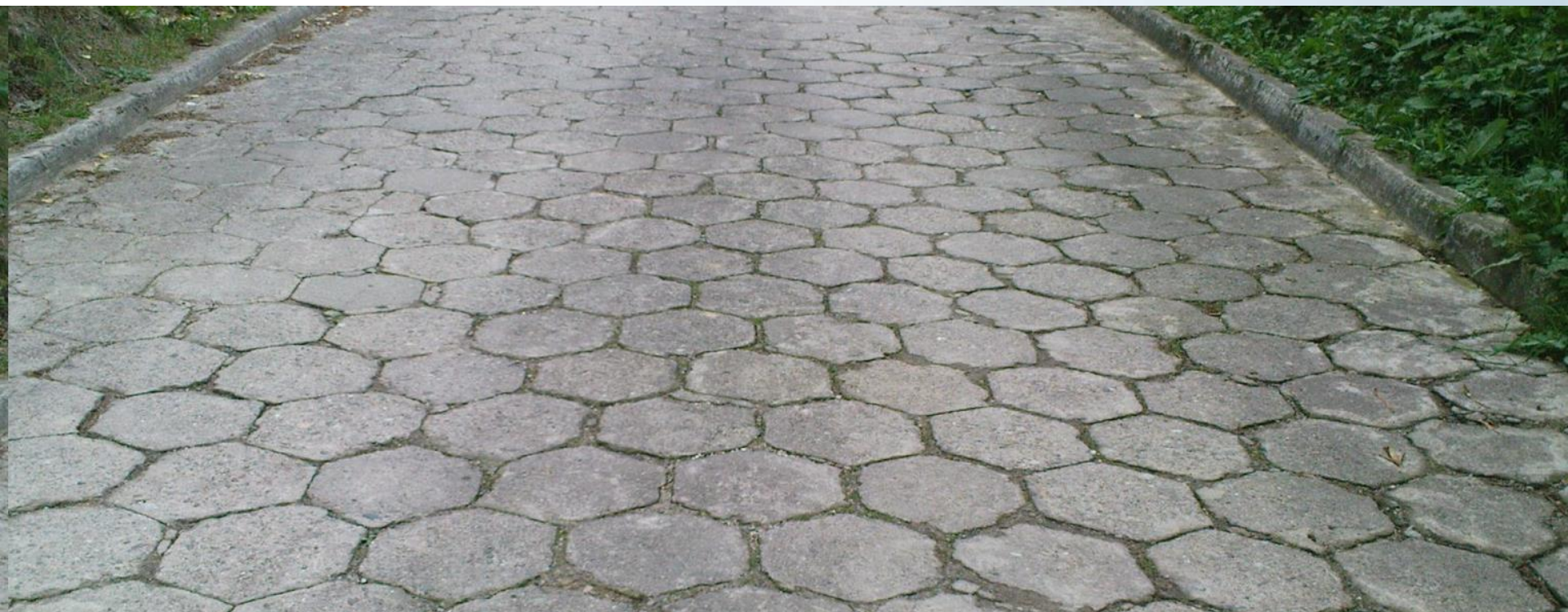
- długość ścianki bocznej  
wymiar  $a = 20$  cm,
- wysokość wymiar  $b = 40$  cm,
- szerokość wymiar  $c = 34,6$  cm,
- grubość  $12$  cm ( $8$  cm lub  
 $15$  cm).



---

**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**

---

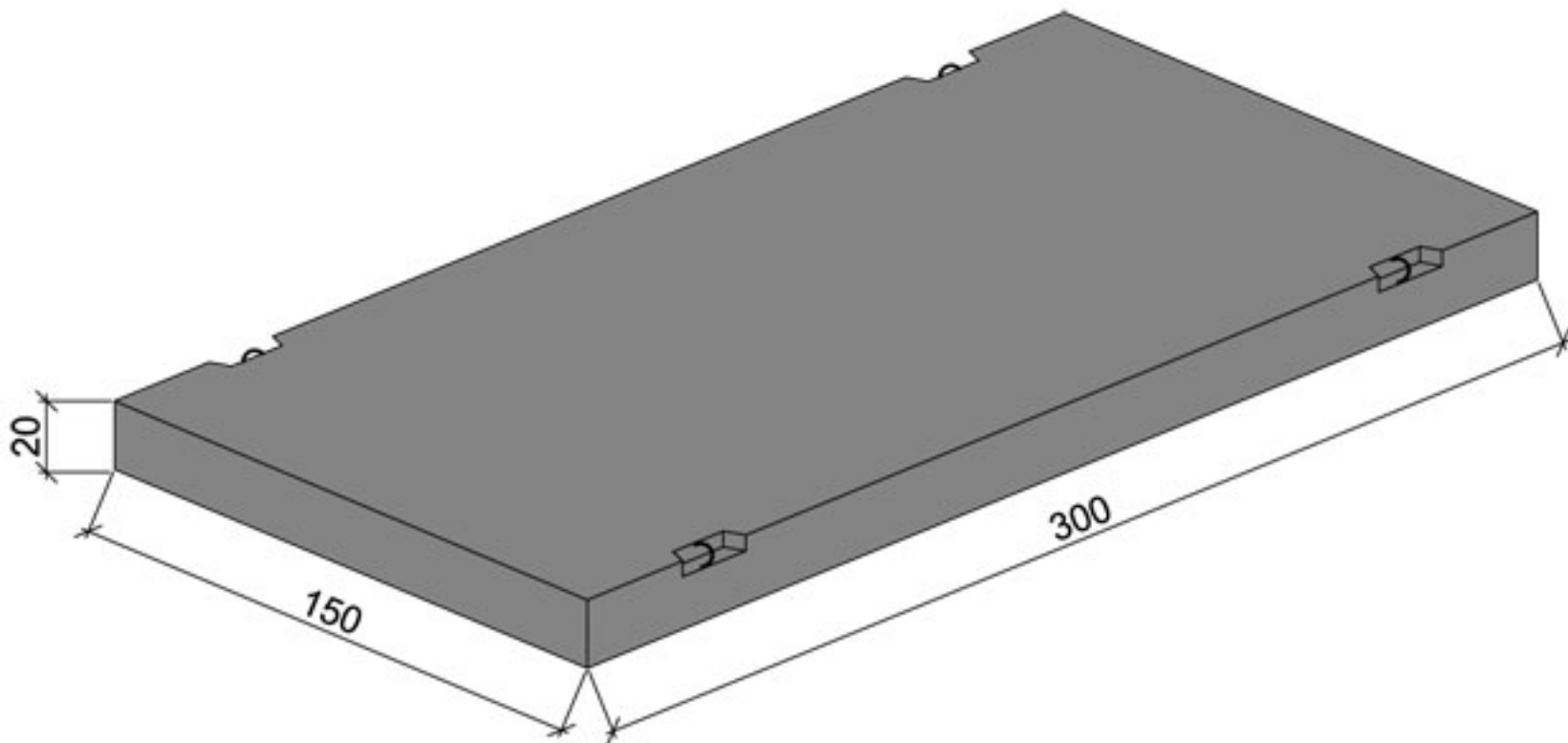


**Rys. 16. Nawierzchnia z 6-kątnych płyt betonowych**



**Płyty betonowe MON (skrót od Ministerstwa Obrony Narodowej)** – prefabrykowane elementy żelbetowe produkowane z betonu klasy C25/30, C30/37 i C35/45 zbrojone zazwyczaj podwójnie prętami (średnica 8 mm i 12 mm) lub podwójną siatką charakteryzujące się następującymi wymiarami:

- długość 300 cm, szerokość 100 cm, grubość 15 cm;
- długość 300 cm, szerokość 150 cm, grubość 15 cm;
- długość 300 cm, szerokość 150 cm, grubość 20 cm.



**Rys. 15. Płyta betonowa MON**

Źródło: <http://www.mdbeton.pl/produkty-i-uslugi/plyty-drogowe-mon/>





---

**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**

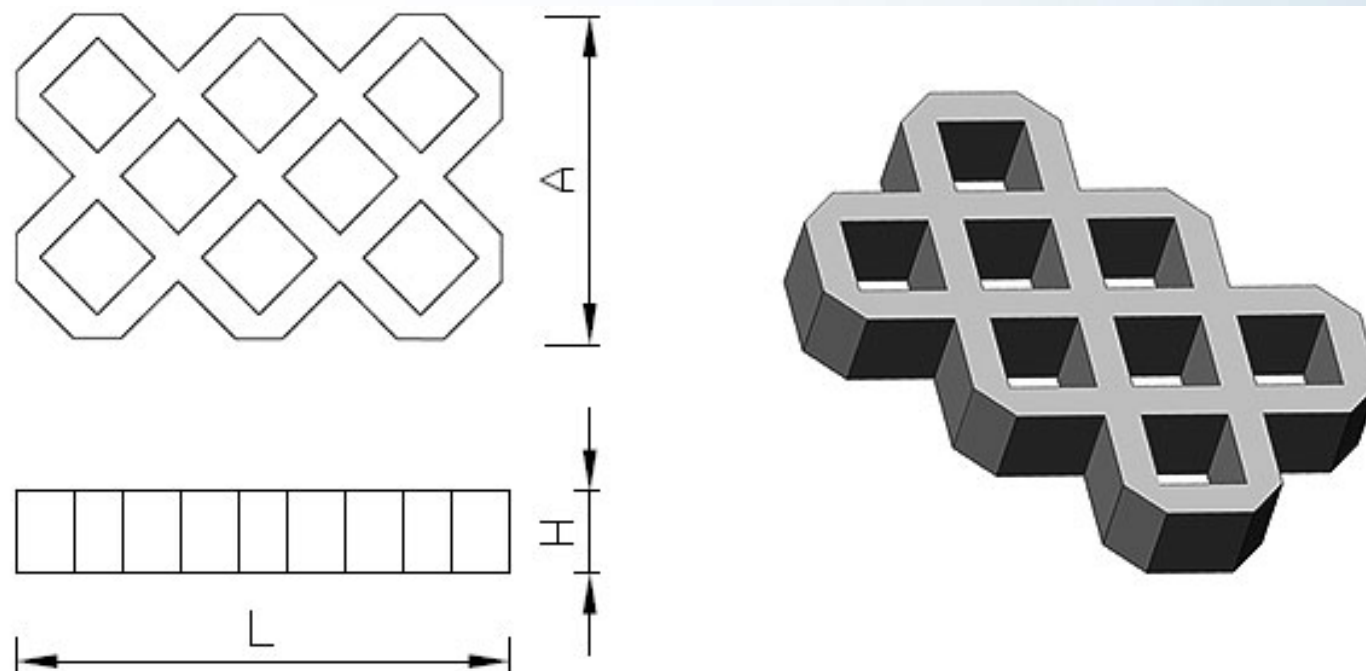
---



**Rys. 99. Nawierzchnia z płyt betonowych MON**



**Płyty ażurowe** – elementy betonowe wibroprasowane lub wibrowane metodą ślizgową o różnych wymiarach i kształcie, posiadające otwory, produkowane z betonu różnej klasy (C25/30, C30/35, C35/45) i posiadające zazwyczaj zbrojenie.



#### Wymiary

Nazwa produktu	Długość L [mm]	Szerokość A [mm]	Wysokość H [mm]	Waga [kg]	Ilość sztuk na palecie
Płyta ażurowa typ krata	600	400	80	24	28
Płyta ażurowa typ krata	600	400	100	34	24

**Rys. 17. Płyta ażurowa wibroprasowana**

Źródło: <http://www.betonbest.pl/plyty-azurowe-28>





---

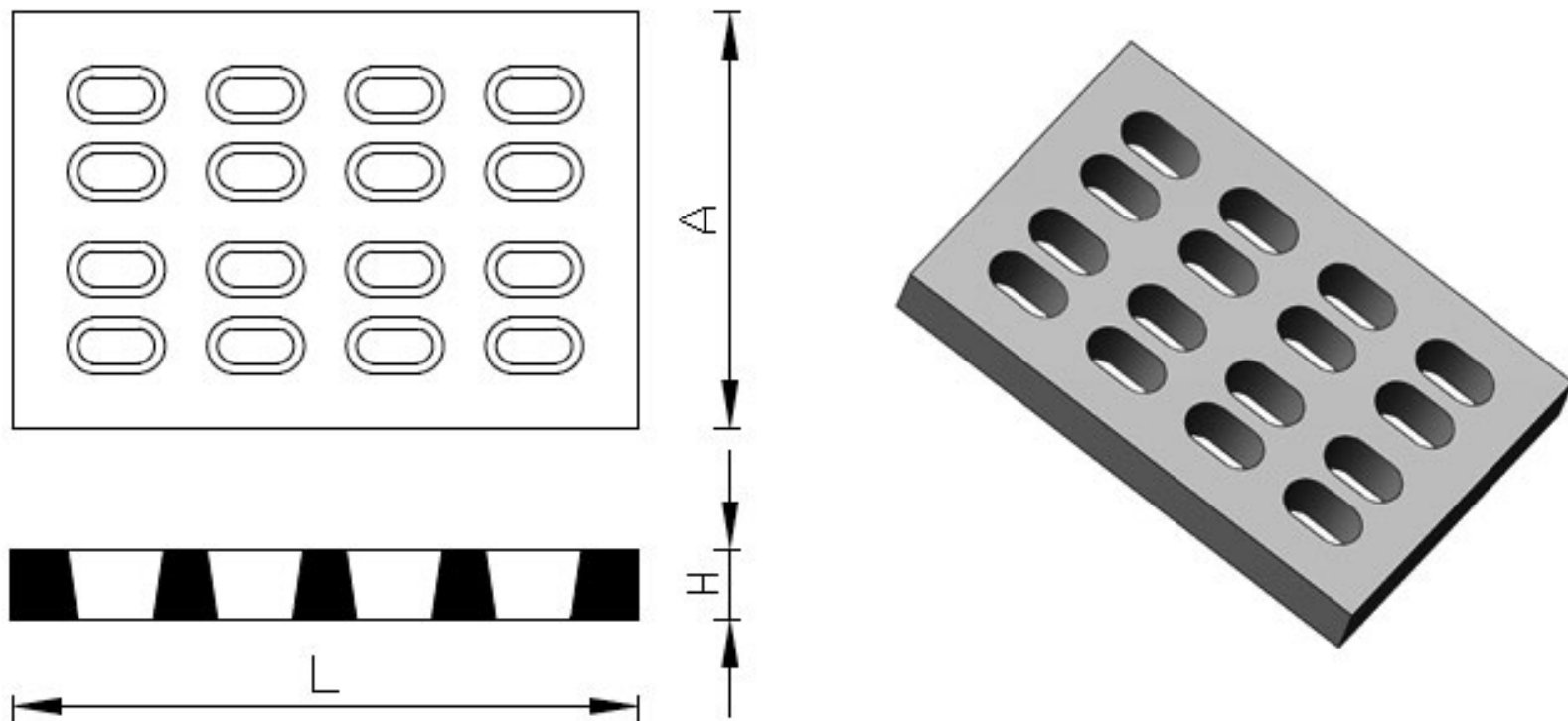
**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**

---



**Rys. 18. Nawierzchnia parkingu z płyt ażurowych**





**Wymiary**

Nazwa produktu	Długość L [mm]	Szerokość A [mm]	Wysokość H [mm]	Waga [kg]	Ilość sztuk na palecie
Płyta ażurowa	900	600	100	108	12

**Rys. 19. Płyta ażurowa wibrowana metodą ślizgową**

Źródło: <http://www.betonbest.pl/plyty-azurowe-28>



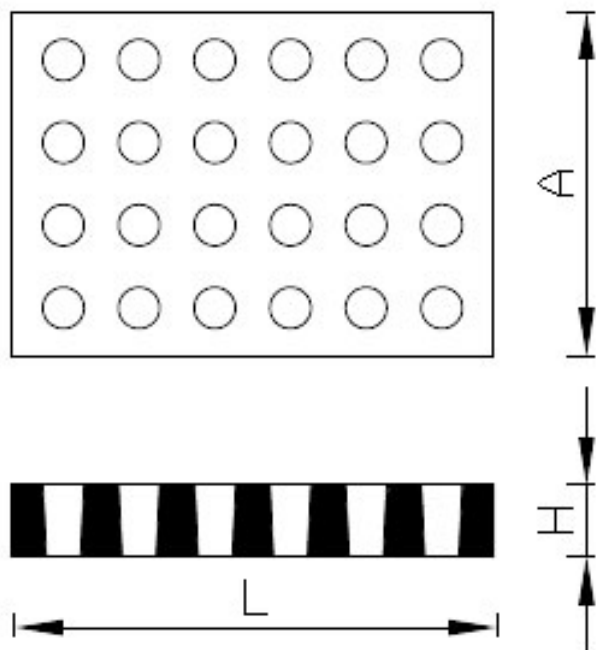
---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---



Rys. 20. Nawierzchnia z płyt ażurowych



#### Wymiary

Nazwa produktu	Długość L [mm]	Szerokość A [mm]	Wysokość H [mm]	Waga [kg]	Ilość sztuk na palecie
Płyta wielootworowa betonowa	700	500	100	71	12
Płyta wielootworowa żelbetowa	700	500	100	73	12

**Rys. 21. Płyta ażurowa wibrowana metodą ślizgową**

Źródło: <http://www.betonbest.pl/plyty-azurowe-28>





---

**POLITECHNIKA POZNAŃSKA**

---



**Rys. 22. Nawierzchnia z płyt ażurowych**





**Betonowa kostka brukowa** – element wytwarzany z betonu niezbrojonego metodą wibroprasowania niebarwiony lub barwiony, produkowany jako kształtka jednowarstwowa lub w dwóch warstwach połączonych ze sobą trwale w fazie produkcji, charakteryzujący się kształtem, który umożliwia wzajemne przystawanie elementów.



W Polsce produkowane są kostki o dwóch standardowych wymiarach grubości:

- **60 mm** – z zastosowaniem do nawierzchni nie przeznaczonych do ruchu samochodowego,
- **80 mm** – do nawierzchni dla ruchu samochodowego.

**Kostka jednowarstwowa** jest wykonana z jednego rodzaju betonu, a **kostka dwuwarstwowa** z betonu niebarwionego (warstwa spodnia konstrukcyjna) i warstwy (ścieralnej górnej) z betonu barwionego o grubości minimum 4 mm.



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---



**Rys. 23. Betonowa kostka brukowa jednowarstwowa**

Źródło: [http://www.komat.pl/images/oferta/kostka\\_betonowa/beaton/beaton\\_2.jpg](http://www.komat.pl/images/oferta/kostka_betonowa/beaton/beaton_2.jpg)



**Rys. 24. Betonowa kostka brukowa dwuwarstwowa**

Źródło: [http://www.pomtech.pl/images/big\\_holland.jpg](http://www.pomtech.pl/images/big_holland.jpg)



## Tabela. 5. Wymagania wobec betonowej kostki brukowej wg PN-EN 1338:2005 *Betonowe kostki brukowe - Wymagania i metody badań* do stosowania na zewnętrznych nawierzchniach, mających kontakt z solą odladzającą w warunkach mrozu

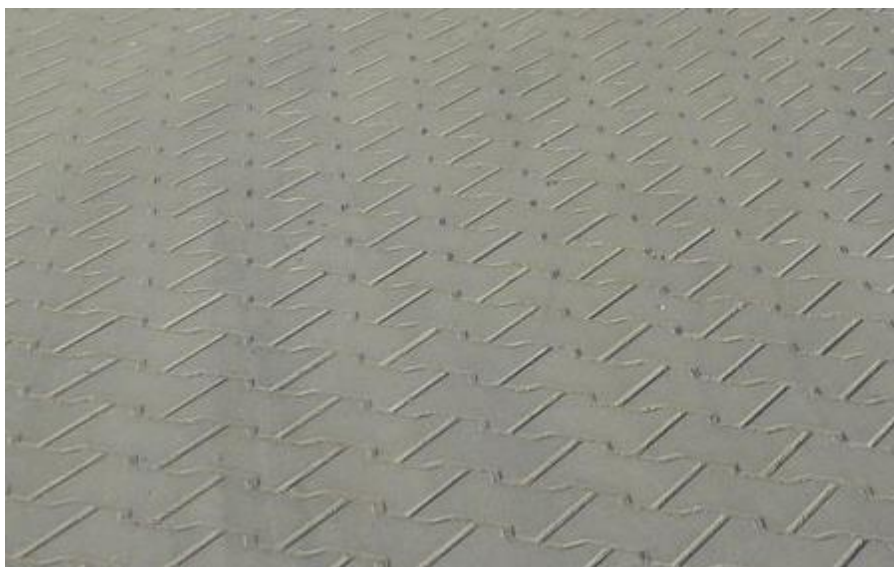
Lp.	Cecha	Załącznik normy	Wymaganie			
1	Kształt i wymiary					
1.1	Dopuszczalne odchyłki w mm od zadeklarowanych wymiarów kostki, grubości <div style="text-align: center;"> <math>&lt; 100 \text{ mm}</math>  <math>\geq 100 \text{ mm}</math> </div>	C	Długość $\pm 2$ $\pm 3$	Szerokość $\pm 2$ $\pm 3$	Grubość $\pm 3$ $\pm 4$	Różnica pomiędzy dwoma pomiarami grubości, tej samej kostki, powinna być $\leq 3 \text{ mm}$
1.2	Odchyłki płaskości i pofalowania (jeśli maksymalne wymiary kostki $> 300 \text{ mm}$ ), przy długości pomiarowej <div style="text-align: center;"> <math>300 \text{ mm}</math>  <math>400 \text{ mm}</math> </div>	C	Maksymalna (w mm)			
			wypukłość		wkłęsłość	
			1,5	1,0		
			2,0	1,5		
2	Właściwości fizyczne i mechaniczne					
2.1	Odporność na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odladzających (wg klasy 3, zał. D)	D	Ubytek masy po badaniu: wartość średnia $\leq 1,0 \text{ kg/m}^2$ , przy czym każdy pojedynczy wynik $< 1,5 \text{ kg/m}^2$			
2.2	Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu	F	Wytrzymałość charakterystyczna $T \geq 3,6 \text{ MPa}$ . Każdy pojedynczy wynik $\geq 2,9 \text{ MPa}$ i nie powinien wykazywać obciążenia niszczącego mniejszego niż $250 \text{ N/mm}$ długości rozłupania			

**Tabela. 5. cd. Wymagania wobec betonowej kostki brukowej wg PN-EN 1338:2005 *Betonowe kostki brukowe - Wymagania i metody badań* do stosowania na zewnętrznych nawierzchniach, mających kontakt z solą odladzającą w warunkach mrozu**

Lp.	Cecha	Załącznik normy	Wymaganie	
2	Kształt i wymiary			
2.3	Trwałość (ze względu na wytrzymałość)	F	Kostki mają zadawalającą trwałość (wytrzymałość) jeśli spełnione są wymagania pktu 2.2 oraz istnieje normalna konserwacja	
2.4	Odporność na ścieranie (wg klasy 3 oznaczenia H normy)	G i H	Pomiar wykonany na tarczy	
			szerokiej ściernej, wg zał. G normy – badanie podstawowe	Böhmeo, wg zał. H normy – badanie alternatywne
			≤ 23 mm	≤ 20 000 mm <sup>3</sup> /5000 mm <sup>2</sup>
2.5	Odporność na poślizg/poślizgnięcie	I	a) jeśli górna powierzchnia kostki nie była szlifowana lub polerowana – zadawalająca odporność, b) jeśli wyjątkowo wymaga się podania wartości odporności na poślizg/poślizgnięcie – należy zadeklarować minimalną jej wartość pomierzoną wg zał. I normy (wahadłowym przyrządem do badania tarcia)	

**Tabela. 5. cd. Wymagania wobec betonowej kostki brukowej wg  
PN-EN 1338:2005 *Betonowe kostki brukowe - Wymagania i  
metody badań* do stosowania na zewnętrznych nawierzchniach,  
mających kontakt z solą odladzającą w warunkach mrozu**

Lp.	Cecha	Załącznik normy	Wymaganie
3	Aspekty wizualne		
3.1	Wygląd	J	a) górna powierzchnia kostki nie powinna mieć rys i odprysków, b) nie dopuszcza się rozwarstwień w kostkach dwuwarstwowych, c) ewentualne wykwyty nie są uważane za istotne
3.2	Tekstura	J	a) kostki z powierzchnią o specjalnej teksturze – producent powinien opisać rodzaj tekstury, b) tekstura lub zabarwienie kostki powinny być porównane z próbką producenta, zatwierdzoną przez odbiorcę, c) ewentualne różnice w jednolitości tekstury lub zabarwienia, spowodowane nieuniknionymi zmianami we właściwościach surowców i zmianach warunków twardnienia nie są uważane za istotne
3.3	Zabarwienie (barwiona może być warstwa ścieralna lub cały element)		



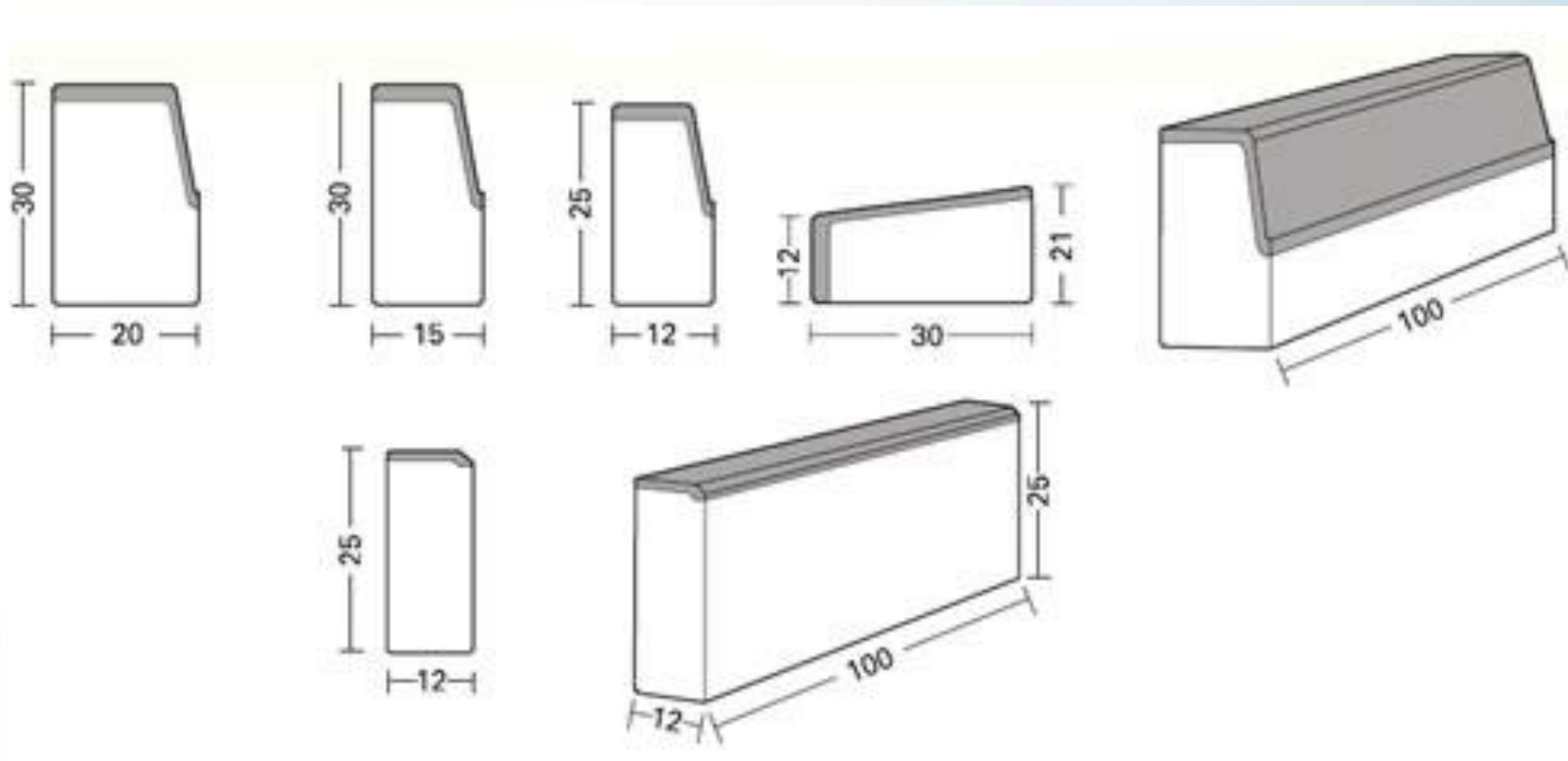
**Rys. 25. Nawierzchnie z betonowej kostki brukowej**





**Krawężnik betonowy** – prefabrykat betonowy przeznaczony do oddzielenia powierzchni znajdujących się na tym samym poziomie lub na różnych poziomach stosowany:

- w celu ograniczania lub wyznaczania granicy rzeczywistej lub wizualnej,
- jako oddzielenie pomiędzy powierzchniami poddanymi różnym rodzajom ruchu drogowego.



## Rys. 26. Wymiary krawężników betonowych

Źródło: [http://www.mocnybeton.pl/htm/a/produkty/krawezniki/prod\\_krawezniki\\_drogowe\(1\).jpg](http://www.mocnybeton.pl/htm/a/produkty/krawezniki/prod_krawezniki_drogowe(1).jpg)



**Rys. 27. Krawężnik betonowy**

Źródło: <https://i.imged.pl/kraweznik-betonowy-najzdowy-drogowy-obrzeze-kostka-brukowa-betonowa.jpg>



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

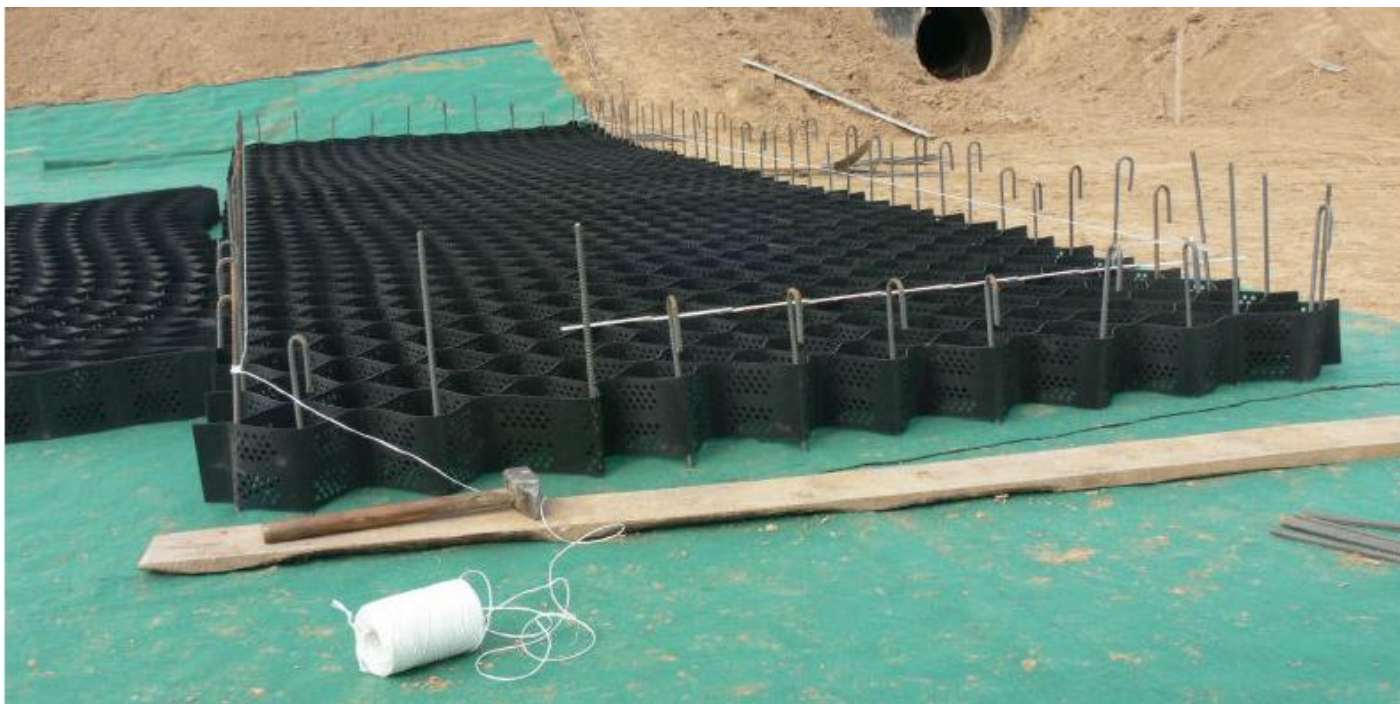
---

# GEOSYNTETYKI STOSOWANE DO BUDOWY DRÓG





**Geosyntetyk** – materiał o postaci ciągłej, wytwarzany z włókiem chemicznych jak polietylen, polipropylen, poliester, włókna szklane, charakteryzujący się m. in. dużą wytrzymałością na rozciąganie.



**Rys. 28. Przykładowe geosyntetyki stosowane do budowy dróg**

*Źródło:* <http://www.technologie-budowlane.com/images/media/geokrata/geokraty.geowloknina.05.jpg>

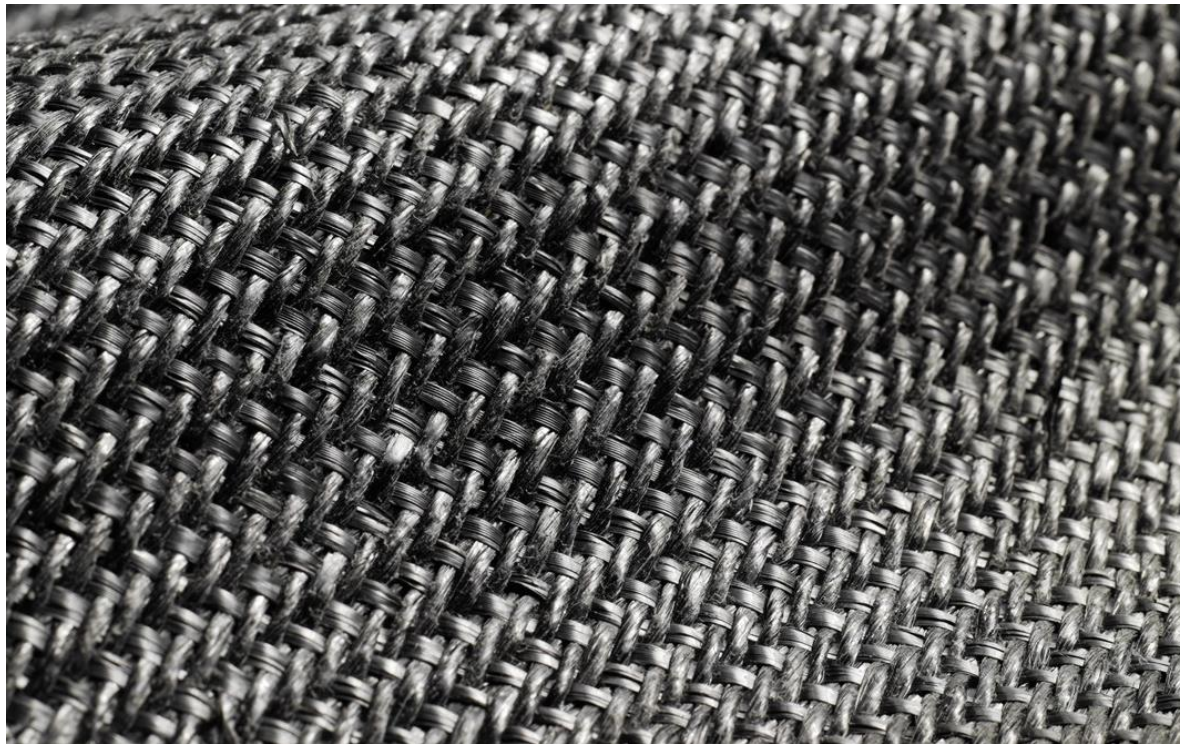


## Geosyntetyki obejmują:

- geotekstylia (geowłókniny, geotkaniny, geodzianiny),
- geosiatki,
- geomembrany,
- georuszty,
- geokompozyty.

**Geotekstylia** – wyroby przemysłu tekstylnego wykorzystywane w budownictwie, gdzie:

- **geotkaniny** – materiały otrzymywane metodami tkackimi z nitek (osnowa + wątek) lub pasemek (wstęg), które charakteryzują się dobrą wytrzymałością i małą odkształcalnością;



**Rys. 29. Geowłóknina firmy Nicolon (Holandia)**

Źródło: [http://www.mila.com.pl/images/produkty/fibertex04\\_big.jpg](http://www.mila.com.pl/images/produkty/fibertex04_big.jpg)



- **geowłókniny** – materiały nietkane otrzymywane z włókien ciągłych lub ciętych przez odpowiednie ich połączenie, które charakteryzują się małą wytrzymałością i dużą odkształcalnością;



**Rys. 30. Geowłóknina firmy Fibertex (Dania)**

Źródło: [http://www.mila.com.pl/images/produkty/fibertex04\\_big.jpg](http://www.mila.com.pl/images/produkty/fibertex04_big.jpg)





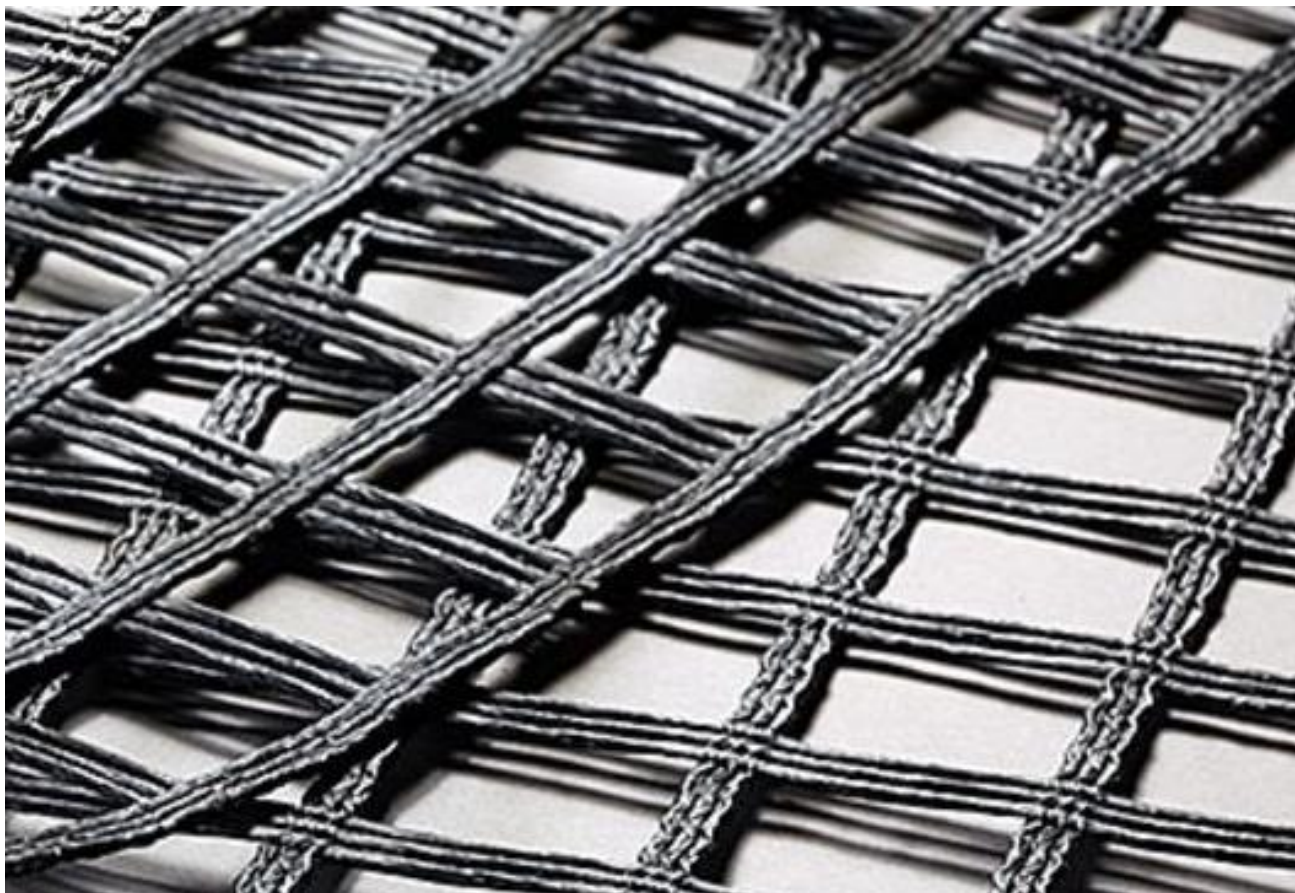
- **geodzianiny** – materiały nietkane otrzymywane metodami dziewiarskimi, które charakteryzują się dobrą wytrzymałością i małą odkształcalnością



**Rys. 31. Geodzianiny firmy Huesker (Niemcy)**

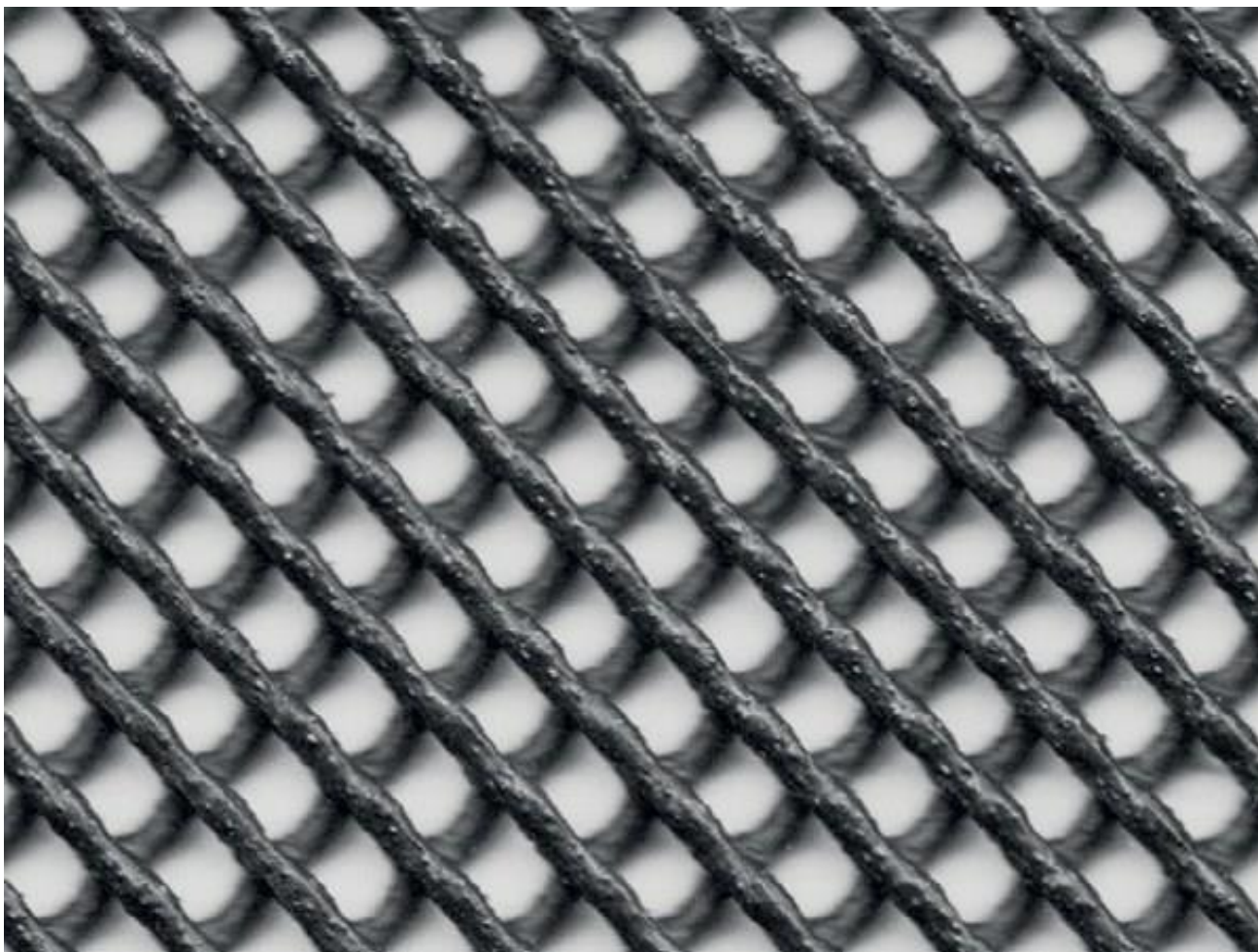
Źródło: <http://www.geotechsystems.co.nz/Data/DefaultShowcase/Images/Catalogue/Huesker%20Comtrac.PNG?thumbnail=jpg&maxwidth=649>

**Geosiatki** – materiały dwu lub trójwymiarowe  
zbudowane z żeber połączonych w węzłach.



**Rys. 32. Geosiatka przeplatana 2D firmy Huesker (Niemcy)**

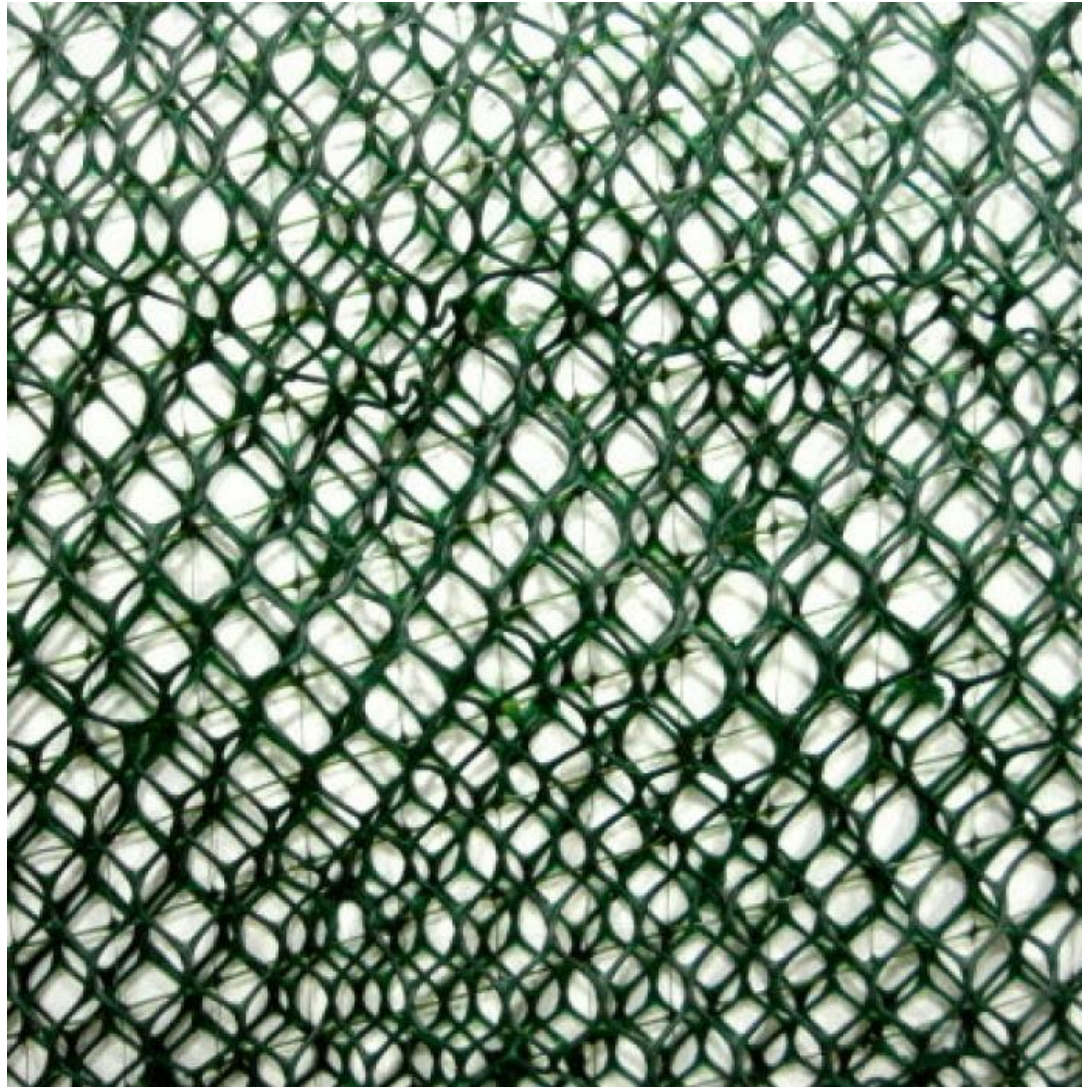
Źródło: [https://www.huesker.co.uk/fileadmin/Pictures/\\_processed\\_/3/5/csm\\_Fortrac-R-400-300-30-MPT\\_6b44cbea55.jpg](https://www.huesker.co.uk/fileadmin/Pictures/_processed_/3/5/csm_Fortrac-R-400-300-30-MPT_6b44cbea55.jpg)



**Rys. 33. Geosiatka ciągniona 2D firmy Tenax (Włochy)**

Źródło: <https://img.edilportale.com/products/prodotti-155106-relfff29c737fb442459404e576103df126.jpg>





**Rys. 34. Geosiatka 3D firmy Polyfelt (Austria)**

Źródło: [https://www.ewarehouse.atkc.com.my/image/ewarehouse/image/cache/data/all\\_product\\_images/product-6711/tct-plf-pem-g-700x700.jpg](https://www.ewarehouse.atkc.com.my/image/ewarehouse/image/cache/data/all_product_images/product-6711/tct-plf-pem-g-700x700.jpg)

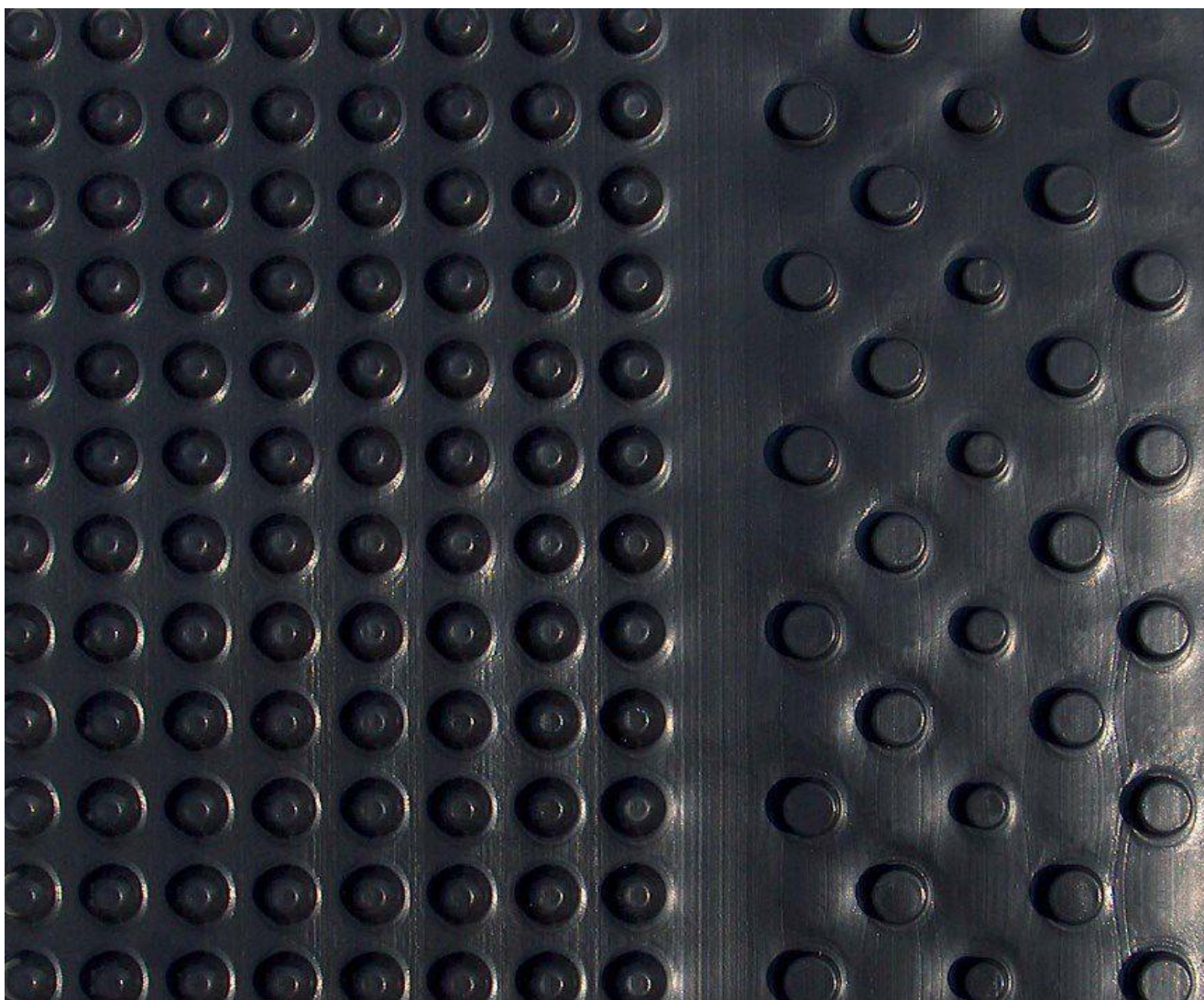


**Geomembrany** – materiały nie przepuszczające wody o powierzchni płaskiej lub z wytłoczeniami tworząc formę przestrzenną.



**Rys. 35. Geomembrana 2D firmy Los Volcanes (Meksyk)**

Źródło: <http://membranaslosvolcanes.com/wp-content/uploads/2015/09/Geomembrana2.jpg>



**Rys. 36. Geomembrana 3D firmy Te-Ma (Włochy)**

Źródło: [http://img.archiexpo.com/images\\_ae/photo-g/3140-8876200.jpg](http://img.archiexpo.com/images_ae/photo-g/3140-8876200.jpg)



**Georuszty** – materiały o płaskiej strukturze w postaci siatki z węzłami stanowiącymi jej integralną część o otworach znacznie większych niż elementy składowe.



**Rys. 37. Georuszt firmy Pietrucha (Polska)**

Źródło: [http://www.pietrucha.pl/files/pietrucha/oferta/inzynieria\\_ladowa\\_i\\_wodna/produkty/geosiatka/2013-05-09\\_114545.jpg](http://www.pietrucha.pl/files/pietrucha/oferta/inzynieria_ladowa_i_wodna/produkty/geosiatka/2013-05-09_114545.jpg)

**Geokompozyty** – materiały złożone z co najmniej dwóch rodzajów połączonych geosyntetyków np. geowłókniny i geosiatki, uformowanych w postaci maty.



**Rys. 38. Geokompozyt (geowłóknina + geosiatka)  
firmy Huesker (Niemcy)**

Źródło: [https://www.huesker.us/fileadmin/Pictures/\\_processed\\_/7/a/csm\\_HaTelit-C40-17\\_c69e786020.jpg](https://www.huesker.us/fileadmin/Pictures/_processed_/7/a/csm_HaTelit-C40-17_c69e786020.jpg)



**Tabela. 6. Zestawienie funkcji poszczególnych rodzajów geosyntetyków stosowanych w drogownictwie**

Funkcja	Rodzaj stosowanego geosyntetyku
filtracja, separacja (np. warstwa odcinająca)	geowłókniny (igłowane, przesywane, klejone termicznie i chemicznie), geotkaniny
drenaż (np. warstwa odsączająca)	grube geowłókniny (igłowane i przesywane), geokompozyty przepuszczalne
wzmocnienie nawierzchni i podłoża gruntowego	georuszty, geosiatki ciągnione, geokompozyty przepuszczalne, geowłókniny (igłowane i przesywane o zwiększonej wytrzymałości), geotkaniny

## Tabela. 6. cd. Zestawienie funkcji poszczególnych rodzajów geosyntetyków

Funkcja	Rodzaj stosowanego geosyntetyku
hydroizolacja (np. odstojniki do wody)	geomembrany jednowarstwowe i wielowarstwowe (w tym wzmocnione)
powierzchniowe zabezpieczenie przeciwerozyjne (np. skarpy wykopów)	geosiatki komórkowe, gęste geosiatki bezwęzłowe, geowłókniny (igłowane i przesywane), geotkaniny, geokompozyty przepuszczalne i w postaci mat
ochronna (np. zabiegi pielęgnacyjne nawierzchni betonowej)	geowłókniny (igłowane, przesywane, klejone termicznie i chemicznie), geotkaniny

## Warstwa odcinająca



**Rys. 39. Geowłóknina filtracyjno – separacyjna**

Źródło: <http://www.drotest.com.pl/assets/images/products/2.jpg>



# Warstwa odsączająca



**Rys. 40. Geokompozyt drenażowy**

Źródło: <http://www.drotest.com.pl/assets/images/products/7.jpg>





## **Wzmocnienia nawierzchni i podłoża gruntowego (m. in. funkcje związana z przejmowaniem naprężeń rozciągających, filtracją)**

### **W przypadku nawierzchni:**

- **ochrona przed spękaniem (w tym odbitymi),**
- **zwiększenie trwałości nawierzchni na połączeniach  
np. w wyniku poszerzenia jezdni, poszerzania  
pobocza.**



## **Rys. 41. Zastosowanie geosiatki w warstwie nawierzchni asfaltowej**

*Źródło:* <http://viacon.pl/assets/photo/upload/content/Produkty/Geosyntetyki/Geosiatki%20do%20nawierzchni%20asfaltowych%20z%20wlokien%20szklanych/Geosiatka-do-nawierzchni-asfaltowych-z-wlokien-szkalnych-ViaCon--galeria-1-scale-1000-700.jpg>



## W przypadku podłoża gruntowego:

- zmniejszenie głębokości wymiany gruntu w sytuacji wzmocniania słabego podłoża gruntowego,
- wzmocnienie podłoża gruntowego (zabezpieczenie oraz poprawa właściwości) w celu uzyskania wymaganej lub większej nośności,
- umożliwienie prowadzenia ruchu budowlanego w trudnych warunkach gruntowych.





**Rys. 42. Zastosowanie geosiatki w podłożu gruntowym**

Źródło: [http://www.fermintrade.com.pl/media\\_pliki/foto/312\\_gruntex-pet.jpg](http://www.fermintrade.com.pl/media_pliki/foto/312_gruntex-pet.jpg)



# Hydroizolacja



**Rys. 43. Geomembrana (hydroizolacja zbiornika wodnego)**

Źródło: <http://foltech.net/images/realizacje/DSC00007.JPG>

# Powierzchniowe zabezpieczenie przeciwierozyyjne



**Rys. 44. Wzmocnienie geosiatką skarpy nasypu**

Źródło: <http://www.rozenblat.pl/slope/016a.jpg>



# Geosyntetyki – funkcja ochronna



**Rys. 45. Przykrycie nawierzchni betonowej geowłókniną (zabieg pielęgnacji betonu – ochrona przed nadmierną hydratacją)**

*Źródło:* <http://viacon.pl/assets/photo/upload/content/Produkty/Geosyntetyki/Geowlokniny/Geowloknina-ViaCon--galeria-1-scale-1000-700.jpg>



**Wymagania dla geosyntetyków stosowanych w budownictwie drogowym przedstawione są w normie PN-EN 13249:2016-11 Geotekstyli i wyroby pokrewne - Właściwości wymagane w odniesieniu do wyrobów stosowanych do budowy dróg i innych powierzchni obciążonych ruchem (z wyłączeniem dróg kolejowych i nawierzchni asfaltowych).**





## Charakterystyki geosyntetyków wg normy PN-EN 13249:2016-11 dotyczą m. in.:

- wytrzymałości na rozciąganie,
- wydłużenia przy maksymalnym obciążeniu,
- przebicia statycznego,
- przebicia dynamicznego,
- wielkości porów,
- wodoprzepuszczalności w kierunku prostopadłym do powierzchni,
- trwałości w trakcie eksploatacji.



## **Surowce włókiennicze do produkcji geotekstyliów:**

### **a) włókna chemiczne organiczne:**

- naturalne: np. wiskozowe, octanowe, kazeinowe, glicyninowe, zeinowe, alginowe, gumowe;**
- syntetyczne: np. poliamidowe, poliestrowe, poliakrylonitrylowe, polipropylenowe, polichlorowinyłowe, poliwęglowe;**

### **b) włókna chemiczne nieorganiczne: np. szklane, glinokrzemianowe, węglowe, grafitowe, metalowe, borowe, miedziowe, bazaltowe.**



## Surowce do produkcji geomembran:

- **polietylen dużej gęstości (HDPE),**
- **polietylen liniowy małej gęstości (LLDPE),**
- **chlorek winylu (PVC),**
- **chlorosulfonowany polietylen (CSPE),**
- **kauczuk etylenowo-propylenowo-dienowy (EPDM),**
- **elastyczny polipropylen (fPP).**



## Surowce do produkcji geosiatek i georusztów:

- polipropylen (PP),
- polietylen (PE),
- poliester (PET),
- poliwinylalkohol (PVA),
- włókna szklane.







---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

# WYROBY KAMIENNE W BUDOWNICTWIE DROGOWYM



**Kostka kamienna** – kamienny materiał drogowy, pochodzący ze skał naturalnych (wybuchowych, osadowych i metamorficznych).

W zależności od kształtów rozróżnia się trzy typy kostki: **regularną, rządową i nieregularną.**

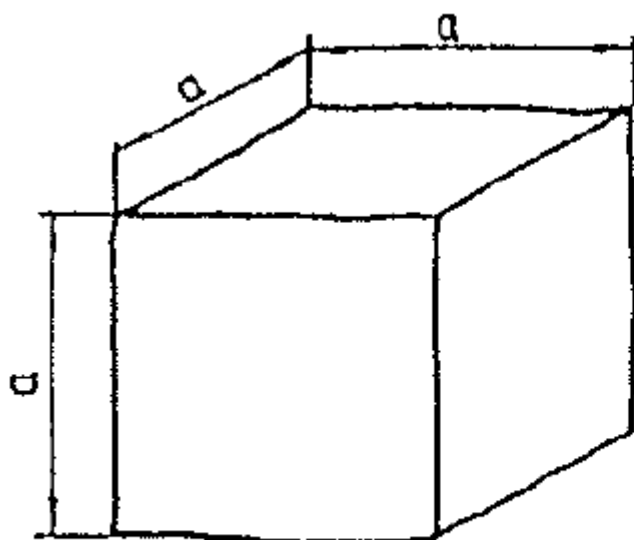
**Kostka kamienna regularna** – kostka kamienna o kształcie sześcianu lub prostopadłościanu. Rozróżnia się dwa rodzaje kostki regularnej: **normalną i łącznikową.**



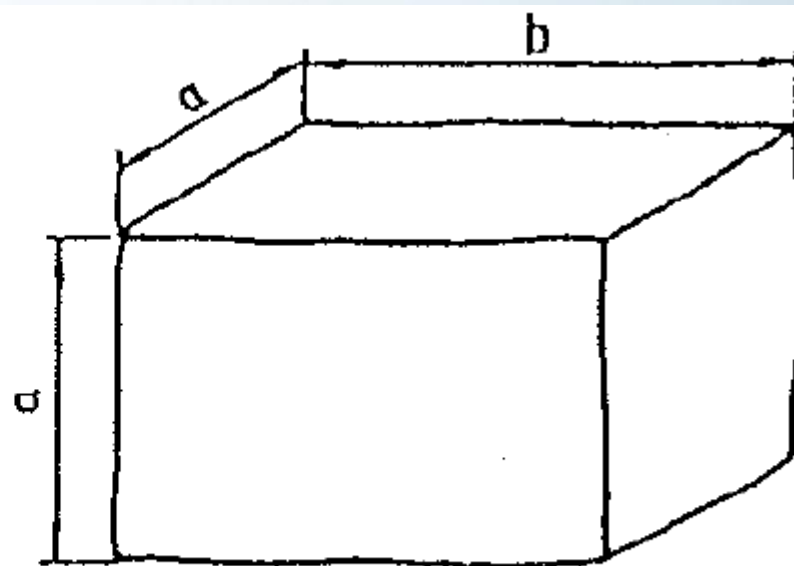
**Kostka kamienna rządowa i nieregularna** – kostka kamienna o kształcie zbliżonym do graniastostupa o górnej powierzchni czworokątnej, której wszystkie powierzchnie są surowo-łupane.

W zależności od jakości surowca skalnego użytego do wyrobu kostki rozróżnia się dwie **klasy kostki**: I, II.

W zależności od dokładności wykonania rozróżnia się trzy **gatunki kostki**: 1, 2, 3.



normalna



łącznikowa

wymiary:

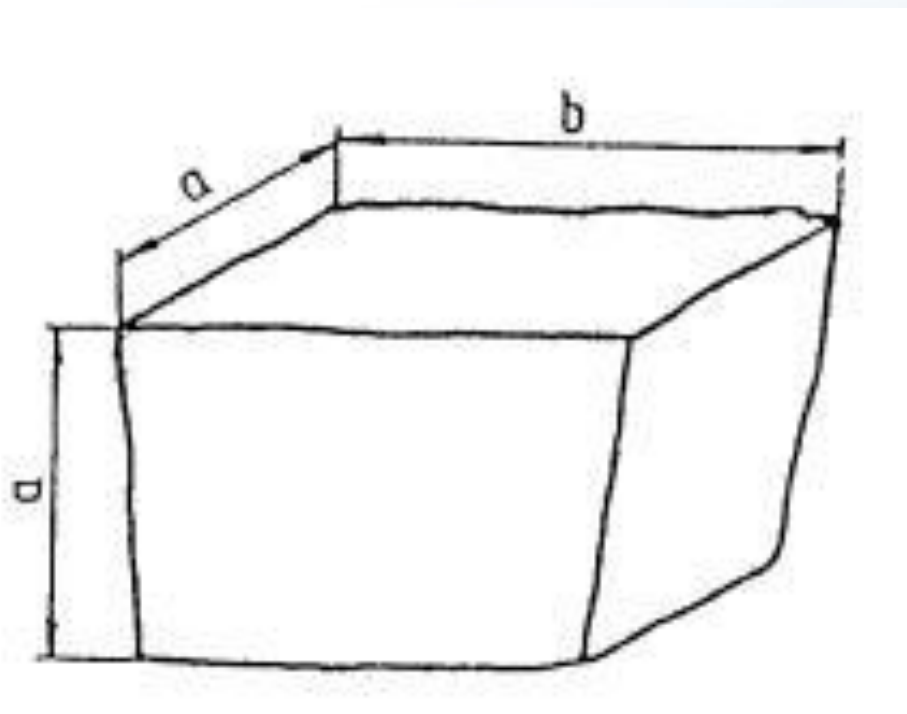
$a = 12 \text{ cm}, b = 18 \text{ cm} ; a = 14 \text{ cm}, b = 21 \text{ cm}$

$a = 16 \text{ cm}, b = 24 \text{ cm} ; a = 18 \text{ cm}, b = 27 \text{ cm}$

**Rys. 46. Kształt kostki regularnej normalnej i łącznikowej**

Źródło: *Ogólne Specyfikacje Techniczne: D - 05.03.01*





wymiary:

$a = 12 \text{ cm}$ ,  $b$  od  $12 \text{ cm}$  do  $24 \text{ cm}$

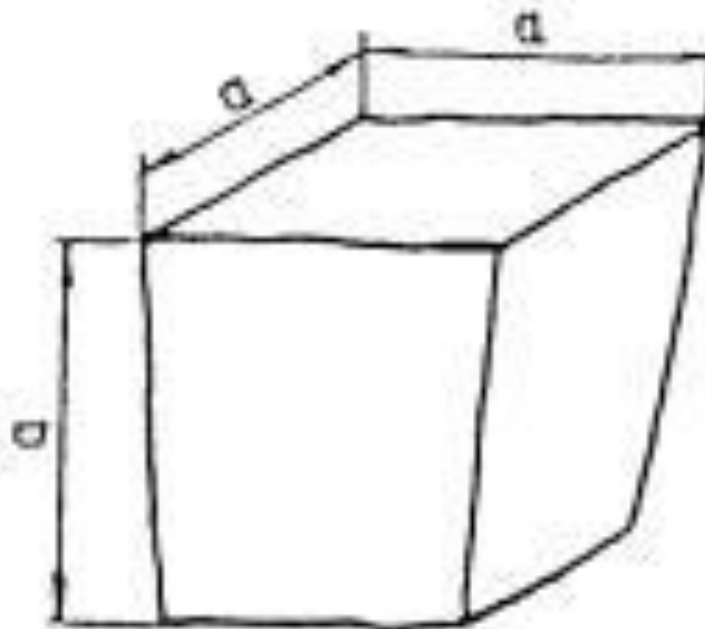
$a = 14 \text{ cm}$ ,  $b$  od  $14 \text{ cm}$  do  $28 \text{ cm}$

$a = 16 \text{ cm}$ ,  $b$  od  $16 \text{ cm}$  do  $32 \text{ cm}$

$a = 18 \text{ cm}$ ,  $b$  od  $18 \text{ cm}$  do  $36 \text{ cm}$

## Rys. 47. Kształt kostki rządowej

Źródło: *Ogólne Specyfikacje Techniczne: D - 05.03.01*



wymiar  $a = 5 \text{ cm}, 6 \text{ cm}, 8 \text{ cm}$  lub  $10 \text{ cm}$

## Rys. 48. Kształt kostki nieregularnej

Źródło: *Ogólne Specyfikacje Techniczne: D - 05.03.01*



**Rys. 49. Kostka regularna normalna**

Źródło: <http://www.zpkstrzelin.pl/big/cieta01.jpg>





**Rys. 50. Kostka nieregularna**

Źródło: <https://www.zpg-strzegom.pl/images/pages/Foto2850.jpg>





**Tabela. 7. Wymagane cechy fizyczne i wytrzymałościowe dla kostki kamiennej wg OST D - 05.03.01**

Lp.	Cechy fizyczne i wytrzymałościowe	Klasa		
		I	II	III
1	Wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym, co najmniej, w MPa	130	100	60
2	Ścieralność na tarczy Boehmego w stanie powietrzno suchym , w mm, nie więcej niż	2,5	5,0	7,5
3	Nasiąkliwość wodą, w %, nie więcej niż	0,5	1,5	3,0
4	Mrozodporność, ubytek masy po 25 cyklach	0	0	0



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

**Krawężnik kamienny** – element kamienny odgraniczający chodniki dla pieszych, pasy dzielące, wyspy kierujące oraz nawierzchnie drogowe.



## Rys. 51. Krawężnik granitowy

Źródło: <http://herkam.pl/images/stories/virtuemart/product/kraweznik-granitowy-15x30cm-01.jpg>



---

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

---

**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**

