

# Szkolenie dla projektantów i technologów drogowych

## Nawierzchnie betonowe na autostradach i drogach ekspresowych

Przemysław Jelonkiewicz

Cemex Polska Sp. z o.o.

Warszawa, 28 marca 2023

ORGANIZATOR



Stowarzyszenie Producentów Cementu  
Polish Cement Association

PARTNERZY



Stowarzyszenie Producentów  
Betonu Towarowego w Polsce



Polski Związek  
Producentów Kruszyw



## Nawierzchnie drogowe

### Podatne

### Półsztywne

### Sztywne



- *Chudy beton*
- *Grunt stabilizowany cementem*
- *Kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie*
- *Beton asfaltowy*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- **Chudy beton**
- *Grunt stabilizowany cementem*
- *Kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie*
- *Beton asfaltowy*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- *Chudy beton*
- ***Grunt stabilizowany cementem***
- *Kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie*
- *Beton asfaltowy*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- *Chudy beton*
- *Grunt stabilizowany cementem*
- *Kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie*
- *Beton asfaltowy*

## Nawierzchnie drogowe

### Podatne

### Półsztywne

### Sztywne



- *Chudy beton*
- *Grunt stabilizowany cementem*
- *Kruszywo łamane stabilizowane mechanicznie*
- **Beton asfaltowy**

## Nawierzchnie drogowe

### Podatne

### Półsztywne

### Sztywne



- *Niezbrojone i niedyblowane*
- *Dyblowane i kotwione*
- *Złożone*
- *Zbrojone*
- *O ciągłym zbrojeniu*
- *Z betonu wałowanego*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- **Niebrojone i niedyblowane**
- *Dyblowane i kotwione*
- *Złożone*
- *Zbrojone*
- *O ciągłym zbrojeniu*
- *Z betonu wałowanego*



## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- Niezbrojone i niedyblowane
- **Dyblowane i kotwione**
- Złożone
- Zbrojone
- O ciągłym zbrojeniu
- Z betonu wałowanego

## Nawierzchnie drogowe

### Podatne

### Półsztywne

### Sztywne



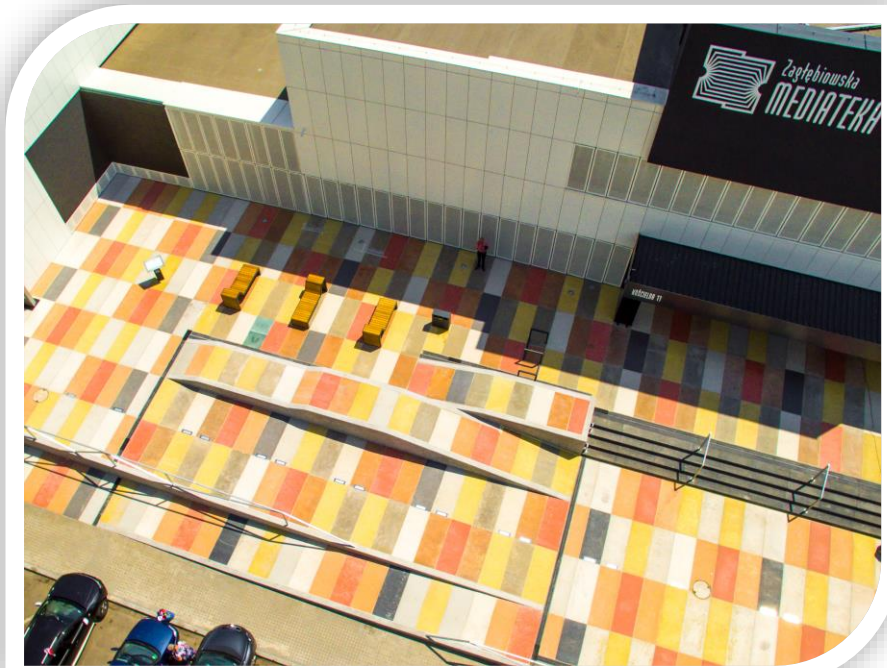
- *Niezbrojone i niedyblowane*
- *Dyblowane i kotwione*
- **Złożone**
- *Zbrojone*
- *O ciągłym zbrojeniu*
- *Z betonu wałowanego*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- Niezbrojone i niedyblowane
- Dyblowane i kotwione
- Złożone
- **Zbrojone**
- O ciągłym zbrojeniu
- Z betonu wałowanego

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- *Niezbrojone i niedyblowane*
- *Dyblowane i kotwione*
- *Złożone*
- *Zbrojone*
- **O ciągłym zbrojeniu**
- *Z betonu wałowanego*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- Niezbrojone i niedyblowane
- Dyblowane i kotwione
- Złożone
- Zbrojone
- O ciągłym zbrojeniu
- **Z betonu wałowanego**

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- *zacierane*
- *szczotkowane*
- *Odkryte kruszywo*
- *jutowane*
- *grostkowane*
- *frezowane*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



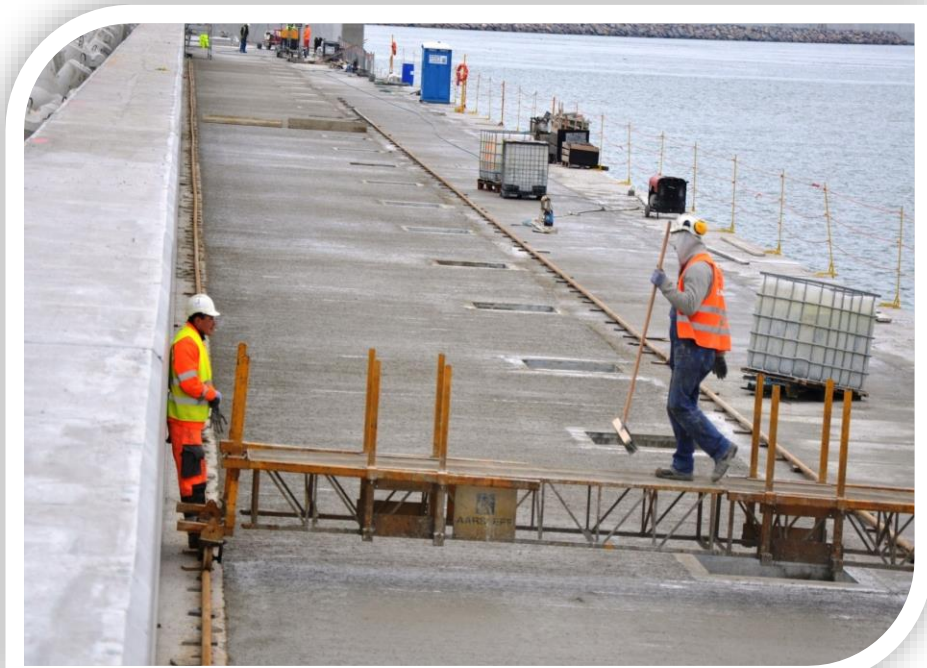
- *zacierane*
- *szczotkowane*
- *Odkryte kruszywo*
- *jutowane*
- *grostkowane*
- *frezowane*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- *zacierane*
- **szczotkowane**
- *Odkryte kruszywo*
- *jutowane*
- *grostkowane*
- *frezowane*



## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- *zacierane*
- *szczotkowane*
- **Odkryte kruszywo**
- *jutowane*
- *groszkowane*
- *frezowane*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- *zacierane*
- *szczotkowane*
- *Odkryte kruszywo*
- *jutowane*
- *grostkowane*
- *frezowane*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- *zacierane*
- *szczotkowane*
- *Odkryte kruszywo*
- *jutowane*
- ***groszkowane***
- *frezowane*

## Nawierzchnie drogowe

Podatne

Półsztywne

Sztywne



- *zacierane*
- *szczotkowane*
- *Odkryte kruszywo*
- *jutowane*
- *grostkowane*
- ***mikrofrezowane***

## Czy trudno jest zaprojektować mieszankę betonu nawierzchniowego?

*„Zadziwiająco, że składniki dobrego i złego betonu są dokładnie takie same...”*

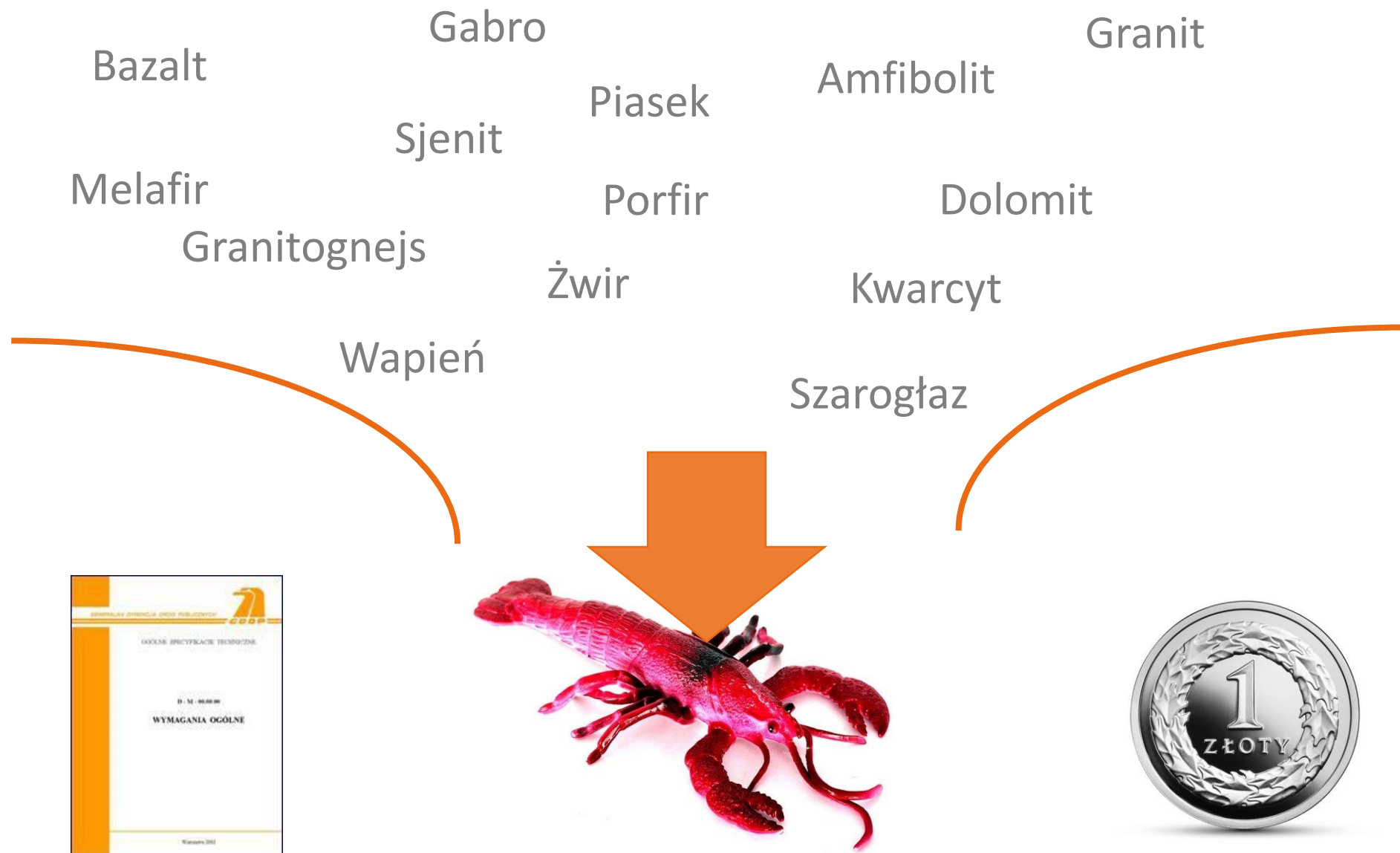
*A. M. Neville*

# 1. Projektowanie

Rodzaje nawierzchni	Rodzaj cementu	Wymagania normowe	Wymagania dodatkowe
1	2	3	4
Nawierzchnia dwuwarstwowa, gdy górna i dolna warstwa są z różnych mieszanek, a górna warstwa jest z kruszywem odkrytym.	Cement portlandzki: - CEM I 32,5 R - CEM I 32,5 N	PN-EN 197-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• początek wiązania wg PN-EN 196-3: <math>\geq 120</math> minut</li> <li>• stopień zmielenia wg PN-EN 196-6 : <math>\leq 3500\text{cm}^2/\text{g}</math></li> <li>• zawartość alkaliów<sup>3</sup> jako <math>\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%</math></li> </ul>
	Cement portlandzki : - CEM I 42,5 R - CEM I 42,5 N		<ul style="list-style-type: none"> <li>• początek wiązania wg PN-EN 196-3: <math>\geq 90</math> minut</li> <li>• stopień zmielenia wg PN-EN 196-6 : <math>\leq 3800\text{cm}^2/\text{g}</math></li> <li>• zawartość alkaliów<sup>3</sup> jako <math>\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%</math></li> </ul>
Nawierzchnia dwuwarstwowa gdy górna i dolna warstwa są z tej samej mieszanki.	Cement portlandzki żuźlowy CEM II/A-S	PN-EN 197-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• początek wiązania wg PN-EN 196-3: <math>\geq 120</math> minut</li> <li>• zawartość alkaliów<sup>3</sup> jako <math>\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%</math></li> </ul>
Nawierzchnia jednowarstwowa.	Cement portlandzki żuźlowy CEM II/B-S	PN-EN 197-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• początek wiązania wg PN-EN 196-3: <math>\geq 120</math> minut</li> <li>• zawartość alkaliów<sup>3</sup> jako <math>\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}} \leq 0,80\%</math></li> </ul>

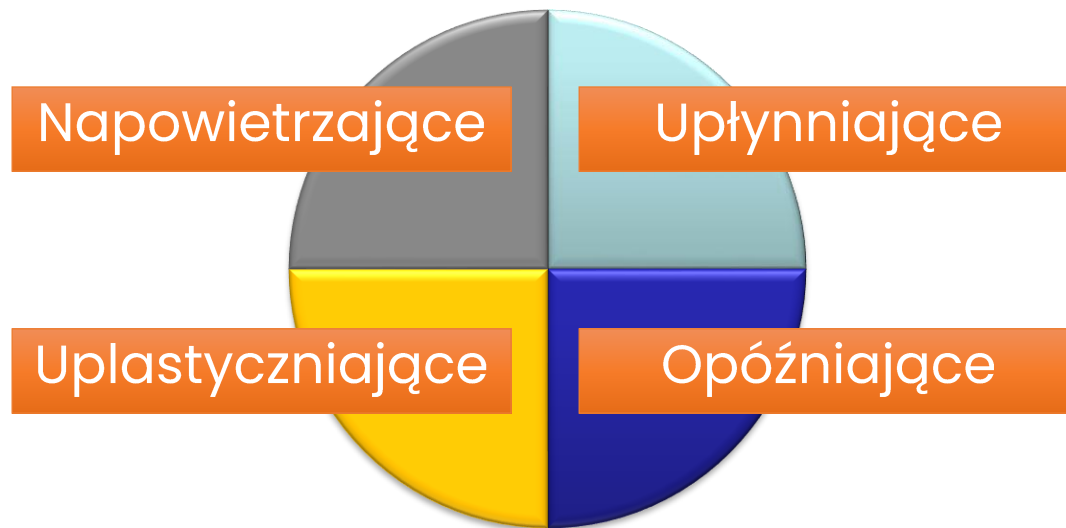


# 1. Projektowanie



## Domieszki według OST

- ✓ Spełniają wymagania norm PN-EN 934-1 i PN-EN 934-2
- ✓ Są kompatybilne ze stosowanym cementem
- ✓ Są wzajemnie kompatybilne ze stosowanym cementem





# 1. Projektowanie

## Wymagania wobec składu mieszanki

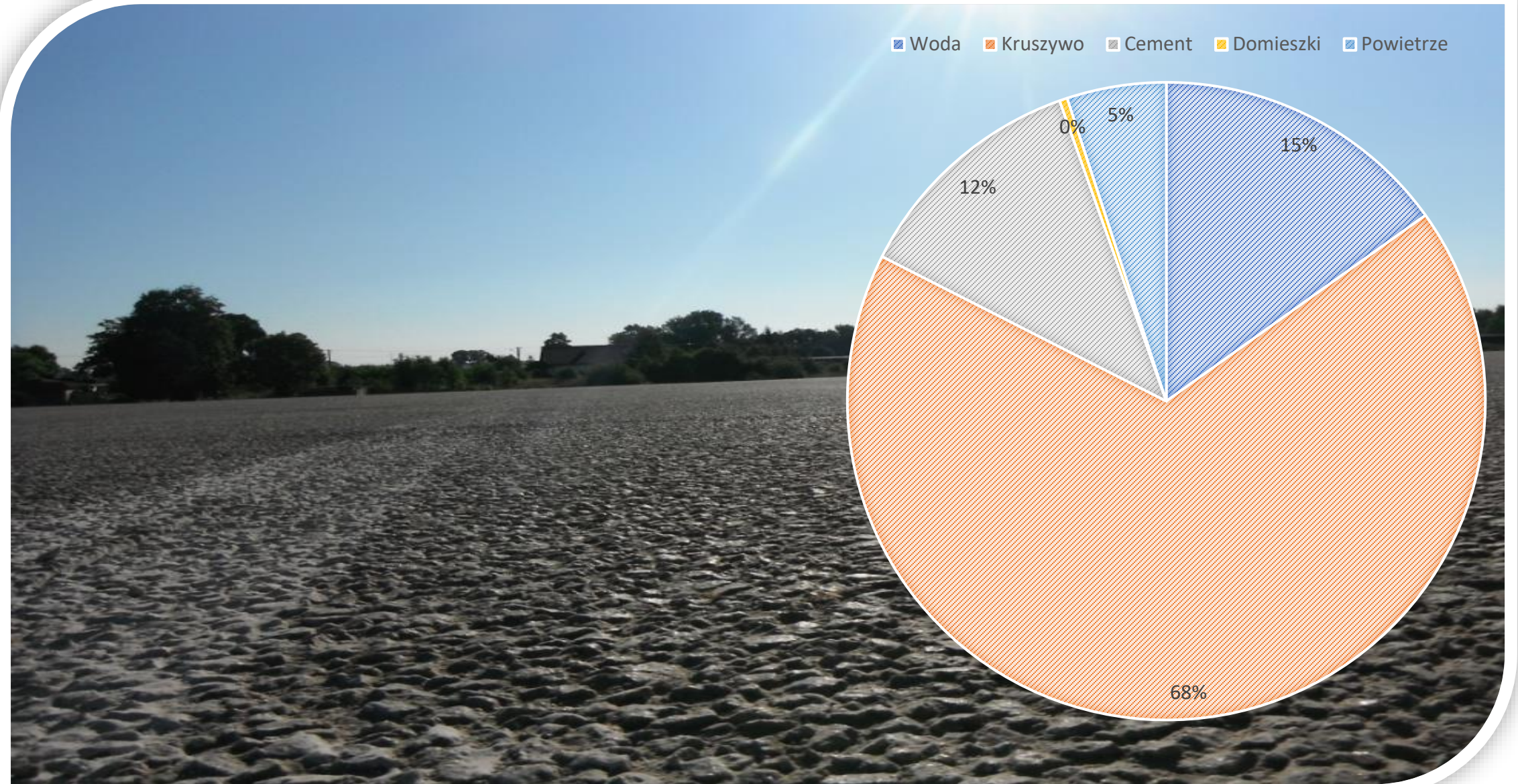
- ✓ minimalna zawartość cementu
- ✓ maksymalny W/C
- ✓ graniczne uziarnienie mieszanki DWN
- ✓ zawartość kruszywa  $\geq 4\text{mm GWN}$
- ✓ zawartość frakcji poniżej  $0.25\text{ mm}$



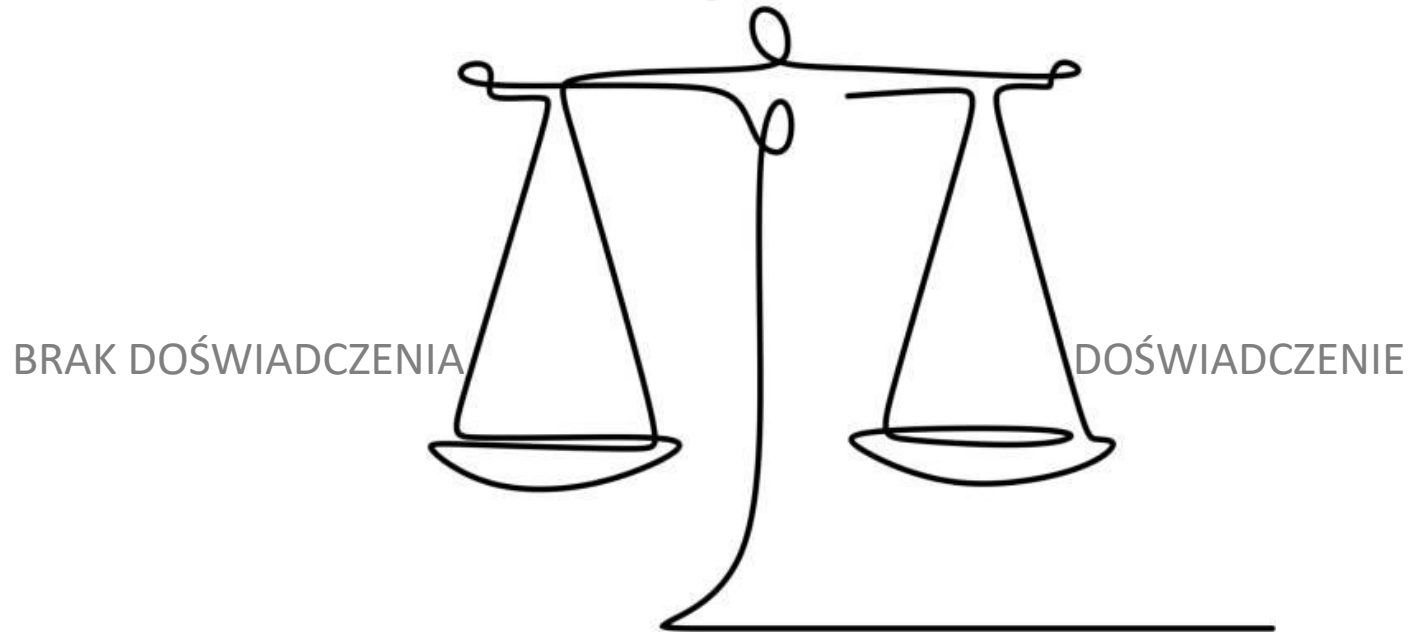
# 1. Projektowanie

Lp.	Właściwości betonu nawierzchniowego	Wymagania	Metoda badania
1	2	3	4
1	Gęstość, tolerancja w stosunku do betonu wg zatwierdzonej recepty	± 3,0 %	PN-EN 12390-7
2	Klasa wytrzymałości na ściskanie w 28 dniu <sup>1)</sup> wg PN-EN 206, nie niższa niż: <ul style="list-style-type: none"> <li>dla kategorii ruchu KR1÷KR4</li> <li>dla kategorii ruchu KR5÷KR7</li> </ul>	C30/37 <b>C35/45</b>	PN-EN 12390-3
3	Wytrzymałość betonu na zginanie w 28 dniu <sup>1)</sup> twardnienia (średnia z trzech próbek), nie niższa niż: <ul style="list-style-type: none"> <li>dla kategorii ruchu KR1÷KR4</li> <li>dla kategorii ruchu KR5÷KR7</li> </ul>	4,5 MPa <b>5,5 MPa</b>	PN-EN 12390-5
4	Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu w 28 dniu <sup>1)</sup> twardnienia (średnia z trzech próbek sześciennych), nie niższa niż: <ul style="list-style-type: none"> <li>dla kategorii ruchu KR1÷KR4</li> <li>dla kategorii ruchu KR5÷KR7</li> </ul>	3,0 MPa <b>3,5 MPa</b>	PN-EN 12390-6
5	Kategoria mrozoodporności w 28 dniu <sup>1)</sup> wg PN-EN 13877-2 (dla GWN oraz JWN), nie niższa niż: <ul style="list-style-type: none"> <li>dla betonów w klasie ekspozycji XF4 dla nawierzchni z innym rodzajem uszorstnienia niż kruszywo odkryte (Tabela 22 l.p. 2)</li> <li>dla betonów w klasie ekspozycji XF4 dla nawierzchni z kruszywem odkrytym (w poszczególnych strefach)</li> </ul>	<b>FT2</b>  Tabela 23	PKN-CEN/TS EN 12390-9
6	Charakterystyka porów powietrznych w betonie: <ul style="list-style-type: none"> <li>- zawartość mikroporów o średnicy poniżej 0,3mm (<math>A_{300}</math>), %</li> <li>- wskaźnik rozmieszczenia porów w betonie, <math>\bar{L}</math> mm</li> </ul>	<b>≥ 1,5</b> <b>≤ 0,200</b>	PN-EN 480-11 lub PB/0/18 dla odwiertów
7	Odporność na wnikanie benzyny i oleju <sup>2)</sup>	≤ 30mm	PN-EN 13877-2 Zał. B
8	Mrozoodporność F150, przy badaniu odporności betonu na działanie mrozu w 28 dniu (dla DWN i JWN) <ul style="list-style-type: none"> <li>ubytek masy próbki, nie więcej niż, %</li> <li>spadek wytrzymałości na ściskanie, nie więcej niż, %</li> </ul>	5 20	PN-B-06265
9	Dot. Dolnej warstwy nawierzchni (DWN) KR5÷KR7: Klasa wytrzymałości na ściskanie betonu wg PN-EN 13877-2 pkt 4.2.2., nie niższa niż:	CC 40	PN-EN 12390-3

# 1. Projektowanie



## Czy trudno jest zaprojektować mieszankę betonu nawierzchniowego?



# 1. Projektowanie



## 2. Próby produkcyjne / produkcja



- Dwie wytwórnie betonu,
- Blisko miejsca wbudowania mieszanki,
- Komputerowy system sterowania produkcją,
- Wydajność dostosowana do prędkości układania,
- Plac składowy zapewniający ciągłość produkcji,

## 2. Próby produkcyjne / produkcja

Produkcja betonu nawierzchniowego w liczbach:

2000 mb to:

53

Cementowozy

130

Samochodów  
piasku

29

2

25

Kontenerów  
domieszek  
chemicznych

## 2. Próby produkcyjne / produkcja

Produkcja betonu nawierzchniowego w liczbach:

150 m<sup>3</sup>/h to:

30  
min

Cementowozy

17  
min

Samochodów  
piasku

8  
min

Samochody gysu

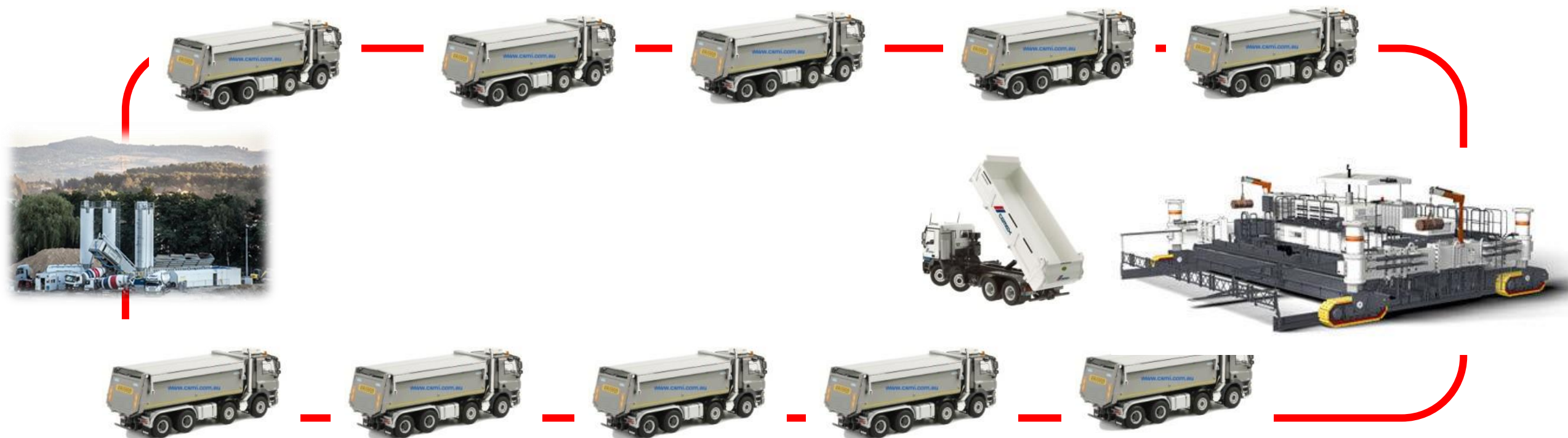
2  
god

7.

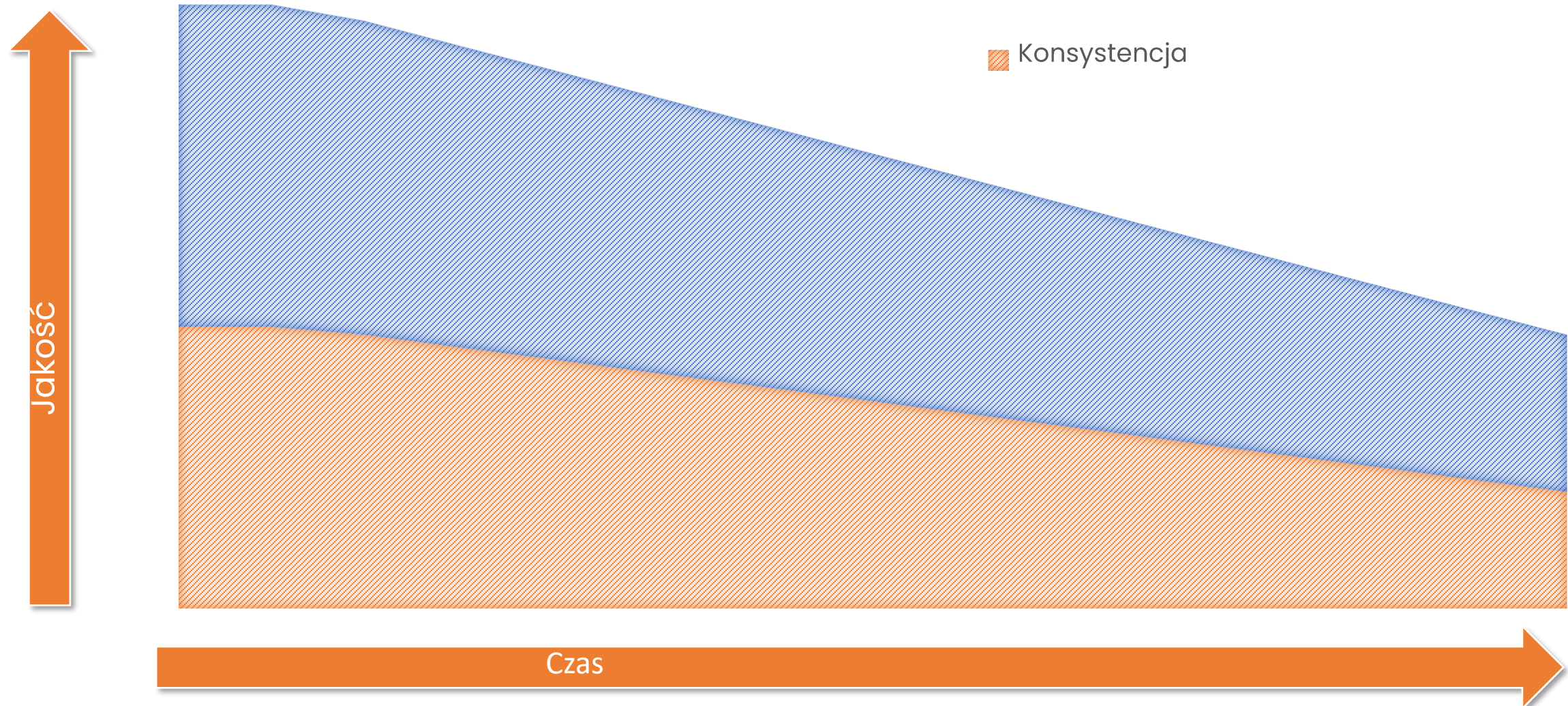


# 3. Dostawa

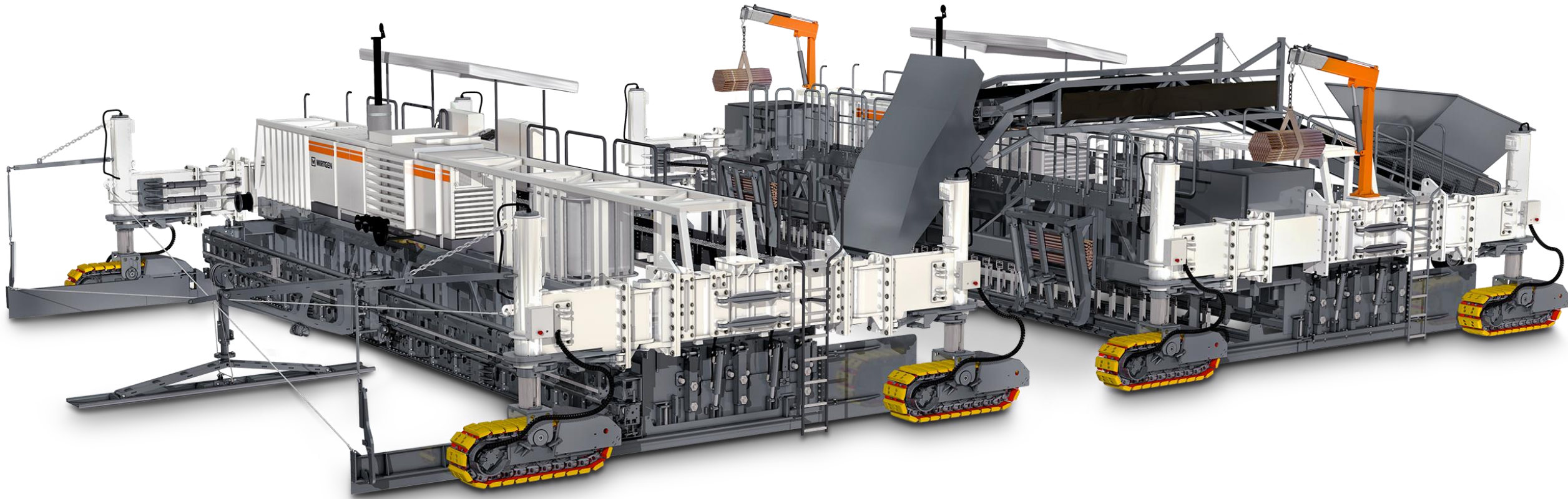
## Dostawa mieszanki betonowej:



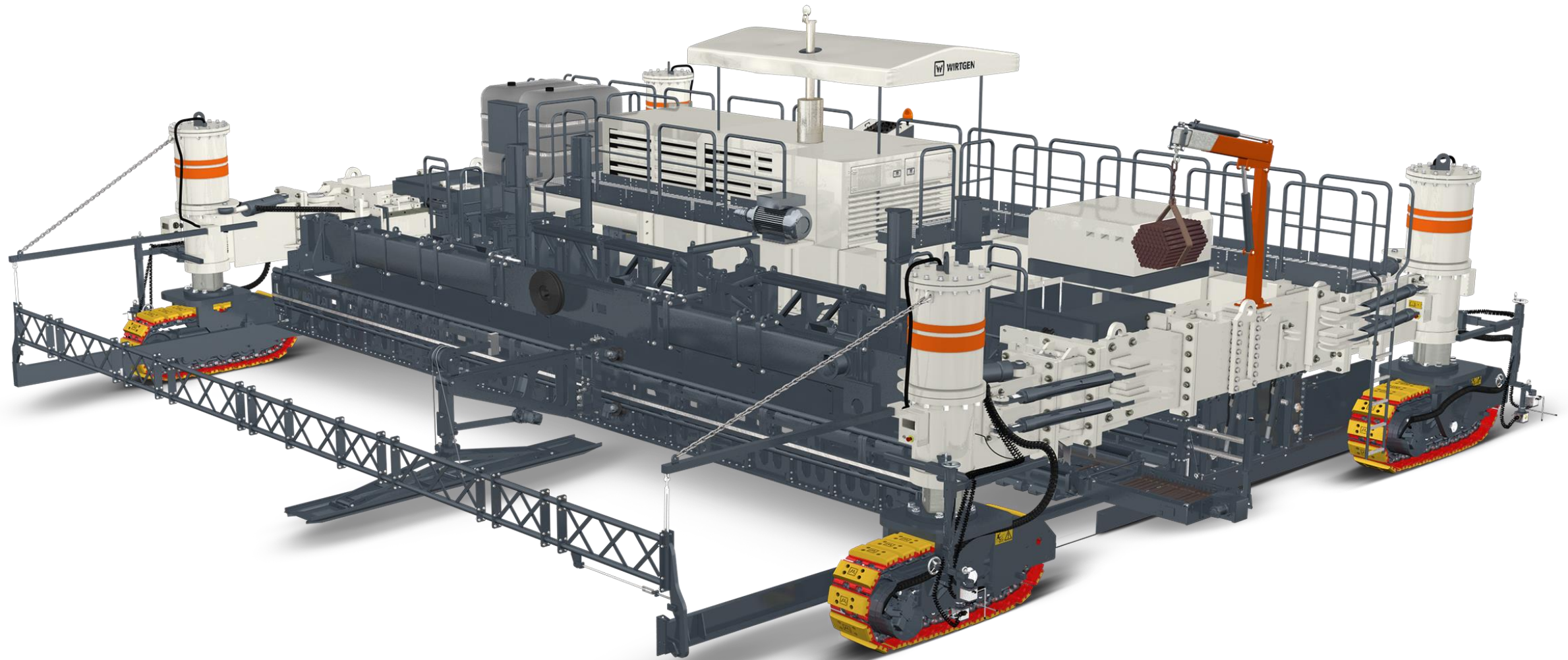
# 3. Dostawa



# 4. Maszyny do układania mieszanki betonowej



# 4. Maszyny do układania mieszanki betonowej



# 5. Układanie mieszanki betonowej

## Nowoczesne maszyny do układania betonu nawierzchniowego wyposażone są w:

- Czujnik wysokościowy maszyny bazujący na rozmieszczonych wzdłuż drogi linkach sterujących
- Sterownik ułożenia stołu w płaszczyźnie poziomej i pionowej
- Układ do wibracyjnego umieszczania dybli i kotew w świeżej mieszance
- Zespół wibracyjny wgłębny lub typu T do zagęszczania mieszanki betonowej
- Urządzenie do wyrównywania powierzchni rozkładanej mieszanki
- Dysze skraplające środkiem pielęgnacyjnym / opóźniającym
- Urządzenia do teksturowania nawierzchni

Cecha	Wartość
Waga	Do 140 ton
Szerokość układania	Od 5000 do 16000 mm
Wysokość układania	Od 0 do 450 mm
Prędkość układania	Do 5 mb/min

## 5. Układanie mieszanki betonowej



- Samochody samowyładowcze,
- Skrzynie stalowe,
- Samochody transportujące górną warstwę nawierzchni z płaskim dnem skrzyni,
- Na trzy samochody z dolną warstwą nawierzchni przypada jeden samochód z górną warstwą nawierzchni,
- Oba rodzaje mieszanki w tym samym czasie

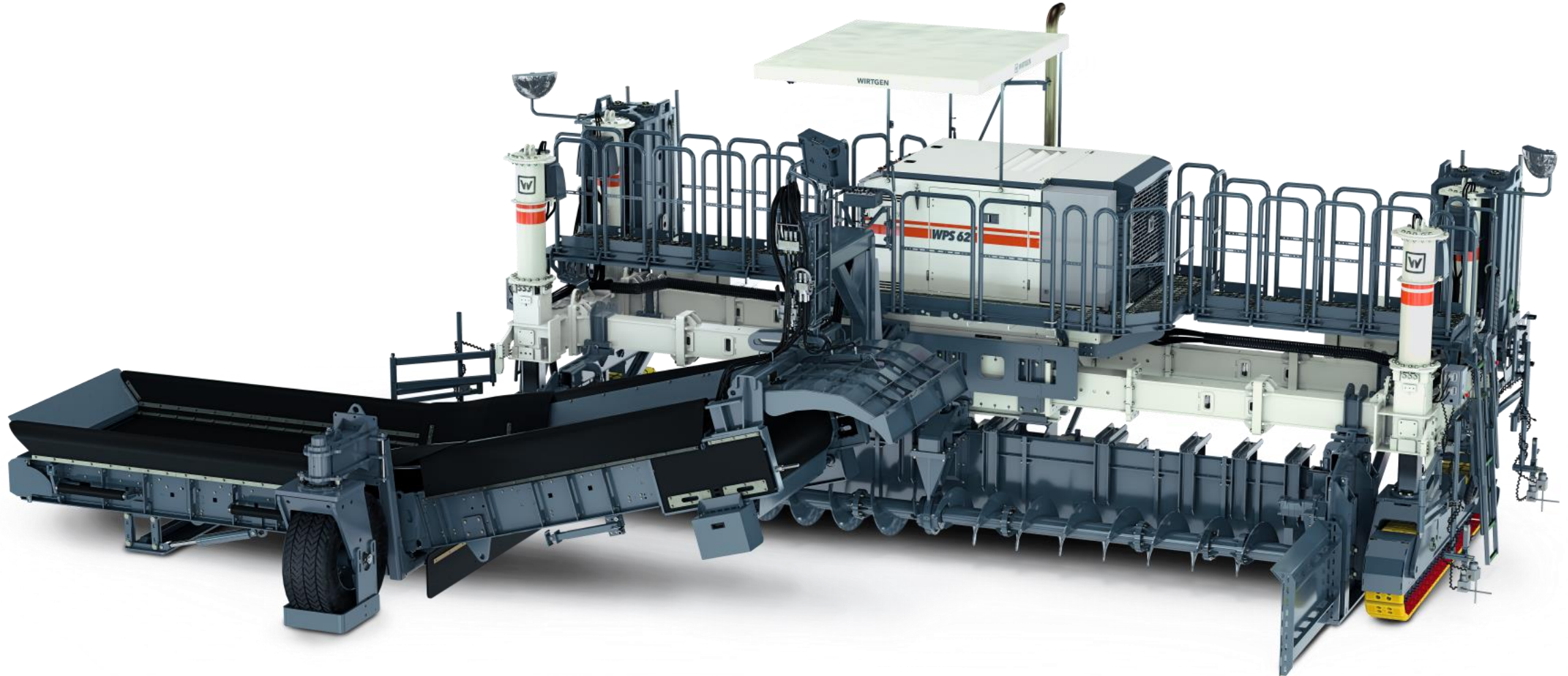
## 5. Układanie mieszanki betonowej



- Samochody samowyładowcze,
- Skrzynie stalowe,
- Samochody transportujące górną warstwę nawierzchni z płaskim dnem skrzyni,
- Na trzy samochody z dolną warstwą nawierzchni przypada jeden samochód z górną warstwą nawierzchni,
- Oba rodzaje mieszanki w tym samym czasie

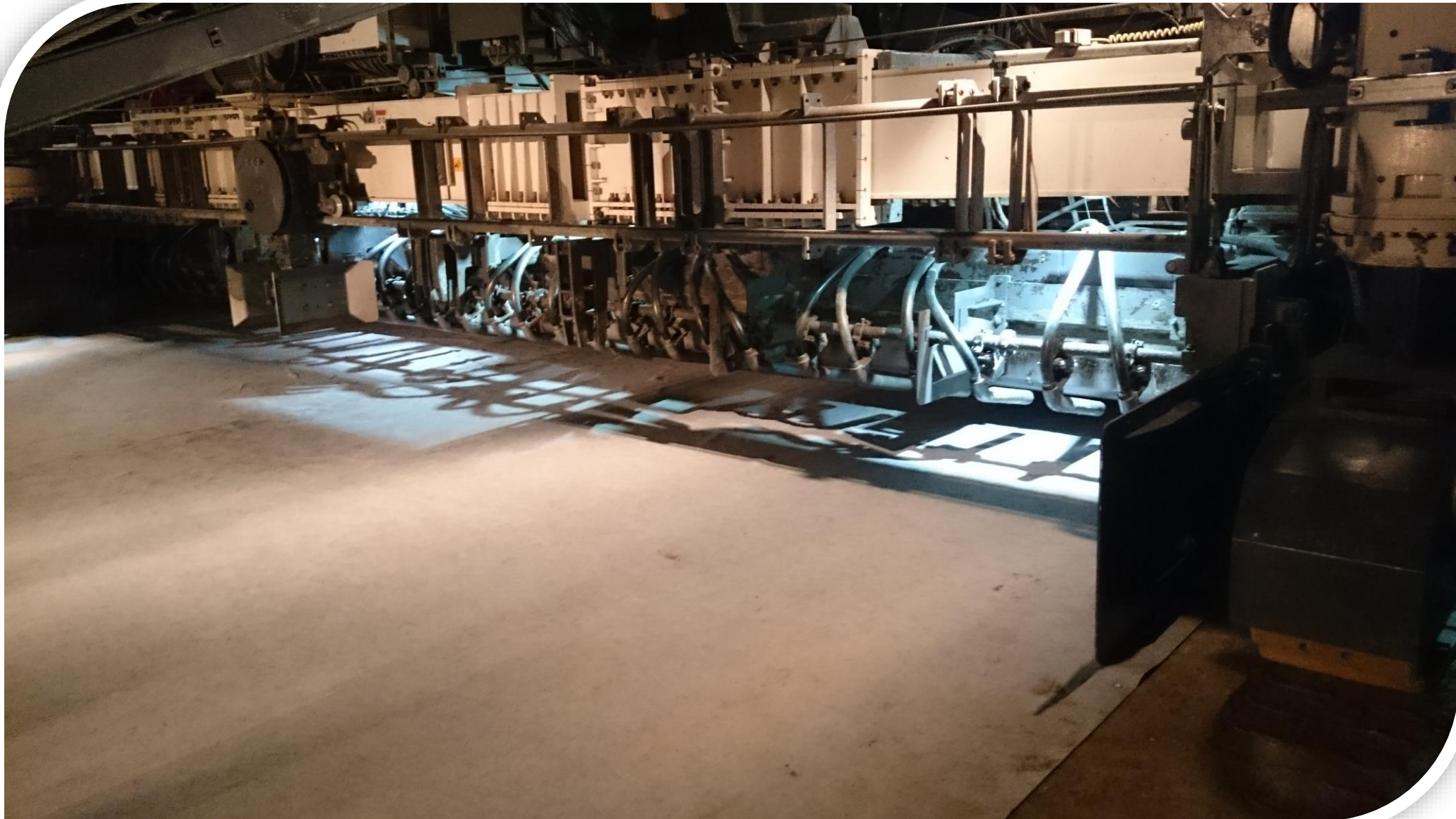
Źródło: [www.gov.pl/web/gddkia](http://www.gov.pl/web/gddkia)

# 5. Układanie mieszanki betonowej





## 6. Zagęszczanie dolnej warstwy nawierzchni



# 7. Dyble i kotwy



- Wytrzymałość dybli minimum 250 MPa,
- Dyble średnicy 25 mm i długości 500 mm
- Powleczone polimerową warstwą zapobiegającą przywieraniu betonu,
- Kotwy zgodne z PN-EN 10080,
- Kotwy średnicy 20 mm i długości 800 mm

# 7. Dyble i kotwy



- Wytrzymałość dybli minimum 250 MPa,
- Dyble średnicy 25 mm i długości 500 mm
- Powleczone polimerową warstwą zapobiegającą przywieraniu betonu,
- Kotwy zgodne z PN-EN 10080,
- Kotwy średnicy 20 mm i długości 800 mm

# 7. Dyble i kotwy



- Wytrzymałość dybli minimum 250 MPa,
- Dyble średnicy 25 mm i długości 500 mm
- Powleczone polimerową warstwą zapobiegającą przywieraniu betonu,
- Kotwy zgodne z PN-EN 10080,
- Kotwy średnicy 20 mm i długości 800 mm

## 8. Podawania mieszanki do wykonania górnej warstwy nawierzchni



- Podawanie mieszanki do wykonania górnej warstwy nawierzchni przy użyciu koparki,
- Zagęszczenie przy użyciu wibratorów wgłębnych lub typu T,
- Różnica w konsystencji w porównaniu z dolną warstwą nawierzchni,
- Kruszywo 4/8 lub 5/8 mm,

# 9. Wygładzanie powierzchni



# 10. Nanoszenie środka pielęgnującego / opóźniającego wiązanie



# 10. Nanoszenie środka pielęgnującego / opóźniającego wiązanie





# 11. Próba szczotkowania powierzchni



## 12. Szczotkowanie powierzchni



## 12. Szczotkowanie powierzchni



- Usuwanie zaprawy przy użyciu szczotki mechanicznej z możliwością regulacji nacisku i wysokości,
- Usuwanie zaprawy za pomocą specjalistycznego samochodu podającego wodę pod ciśnieniem,
- W zależności od warunków pogodowych rozpoczęcie usuwania zaprawy po 6 do 48 h

# 13. Nacinanie szczelin dylatacyjnych



- Szczeliny podłużne w przypadku jezdni szerszeni niż 6 m,
- Pierwsze nacięcie po uzyskaniu 6-10 MPa
- Drugie nacięcie po osiągnięciu przez beton ponad 12 MPa,
- Pierwsze cięcie tarczą grubości 3 mm,
- Drugie cięcie tarczą grubości 8 mm

# 13. Nacinanie szczelin dylatacyjnych



- Szczeliny podłużne w przypadku jezdni szerszeni niż 6 m,
- Pierwsze nacięcie po uzyskaniu 6-10 MPa
- Drugie nacięcie po osiągnięciu przez beton ponad 12 MPa,
- Pierwsze cięcie tarczą grubości 3 mm,
- Drugie cięcie tarczą grubości 8 mm

# 14. Oczyszczone szczeliny dylatacyjne



- Szczeliny podłużne w przypadku jezdni szerszeni niż 6 m,
- Pierwsze nacięcie po uzyskaniu 6-10 MPa
- Drugie nacięcie po osiągnięciu przez beton ponad 12 MPa,
- Pierwsze cięcie tarczą grubości 3 mm,
- Drugie cięcie tarczą grubości 8 mm

# 15. Wypełnianie szczelin dylatacyjnych



- Szczeliny poprzeczne wypełniane elastycznymi profilami gumowymi,
- Ścisłe i szczelne dopasowanie do szerokości szczeliny,
- Linka do wyciągania w przypadku wymiany,
- Ostateczne wypełnienie szczelin masą zalewową na gorąco,

# 16. Badania mieszanki betonowej i stwardniałego betonu

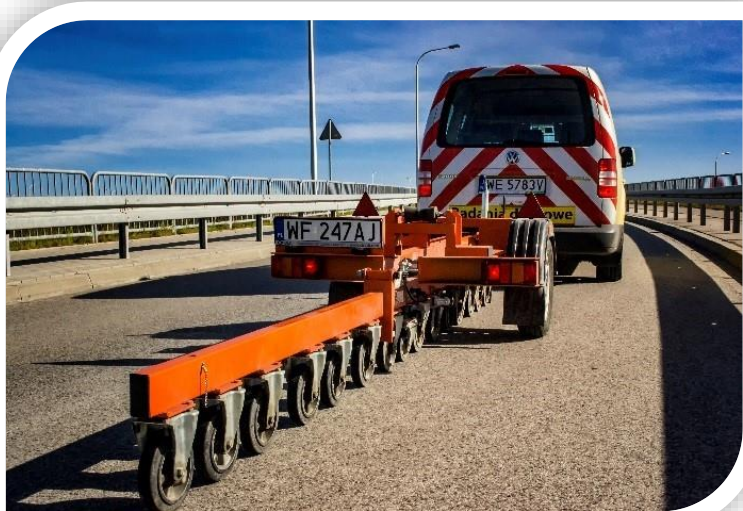
- Konsystencja,
- Gęstość,
- Zawartość powietrza,
- Wytrzymałość na ściskanie, zginanie i rozłupywanie
- Mrozoodporność,
- Mrozoodporność w środkach odladzających
- Struktura napowietrzenia,





# 17. Badania odbiorowe gotowej nawierzchni betonowej

- równość podłużna i poprzeczna,
- głębokość makrotekstury,
- współczynnik tarcia,
- grubość – pomiar na podstawie odwiertów i/lub za pomocą urządzenia elektromagnetycznego,
- położenia dybli i kotew – pomiar za pomocą urządzenia pomiarowego wg procedury ASTM E3013/E3013M-17,



Źródło: [www.gov.pl/web/gddkia](http://www.gov.pl/web/gddkia)



**Budowa drogi ekspresowej S-61  
Suwałki - Budziska z obwodnicą Szypliszek**

**Przemysław  
Jelonkiewicz**



**WWW.BETONOWKI.PL**

**WWW.CEMEX.PL**

**PRZEMYSŁAW.JELONKIEWICZ@CEMEX.COM**

**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**