



# Niskoemisyjne cementy i betony o obniżonym śladzie węglowym w konstrukcjach drogowych

Przemysław Stałowski, Holcim Polska S.A.,  
Tomasz Rudnicki, Holcim Polska S.A.  
28-29.11.2024 r. Kongres Nawierzchni Kraków 2024

# Agenda

- . Ślad węglowy w budownictwie**
- . Zrównoważony rozwój**
- . Spoiwa w podbudowach drogowych**
- . Spoiwa niskoemisyjne w praktyce wykonawczej**
- . Podsumowanie**

# Wyzwania przed nami w zakresie prawa i ekologii

## ► UE - „Fit for 55”

- zmniejszenie emisji netto CO<sub>2</sub> o 55% do 2030 r. w porównaniu do 1990 r. osiągnięcie neutralności klimatycznej do roku 2050

## ► Rozporządzenie CPR

Nowelizacja rozporządzenia CPR w sprawie wyrobów budowlanych uwzględniająca aspekty środowiskowe planowana w XI 2024. Planowane są 3 etapy:

- Digitalizacja DoP – paszport wyrobu
- Ustanowienie zharmonizowanych zasad deklaracji właściwości użytkowych
- Zwiększenie znaczenia GPP – Zielonych Zamówień Publicznych

## ► Dyrektywa ESG – konieczność raportowania śladu węglowego

od 2025 za rok 2024 – (banki, duże spółki giełdowe)  
od 2026 za rok 2025 – firmy >250 pracowników oraz >50 mln euro przychodu  
od 2027 za rok 2026 - małe i średnie spółki

## ► Dyrektywa EPBD

Dyrektywa w sprawie charakterystyki energetycznej budynków

## ► Green Procurement – Zielone Zamówienia Publiczne

- Kryteria:
  - analiza LCA,
  - ślad węglowy,
  - stosowanie materiałów z recyklingu
  - obniżenie emisyjności transport materiałów masowych

# Ślad węglowy betonu – cementu – klinkieru

## ► Beton

Beton jest najpowszechniejszym materiałem budowlanym na świecie, znajduje się na drugiej pozycji w rankingu materiałów stosowanych przez człowieka,

Według GCCA (Global Cement and Concrete Association) w 2020 r. światowa produkcja betonu osiągnęła poziom **14 mld m<sup>3</sup>**.

## ► Cement

Głównym składnikiem odpowiedzialnym za emisyjność betonu jest cement, którego proces produkcji jest wysoce energetyczny.

Według danych za 2020r. Podanych przez International Energy Agency średni wskaźnik emisyjności cementu wyniósł ponad **580 kg CO<sub>2</sub>/kg/t**.

## ► Klinkier

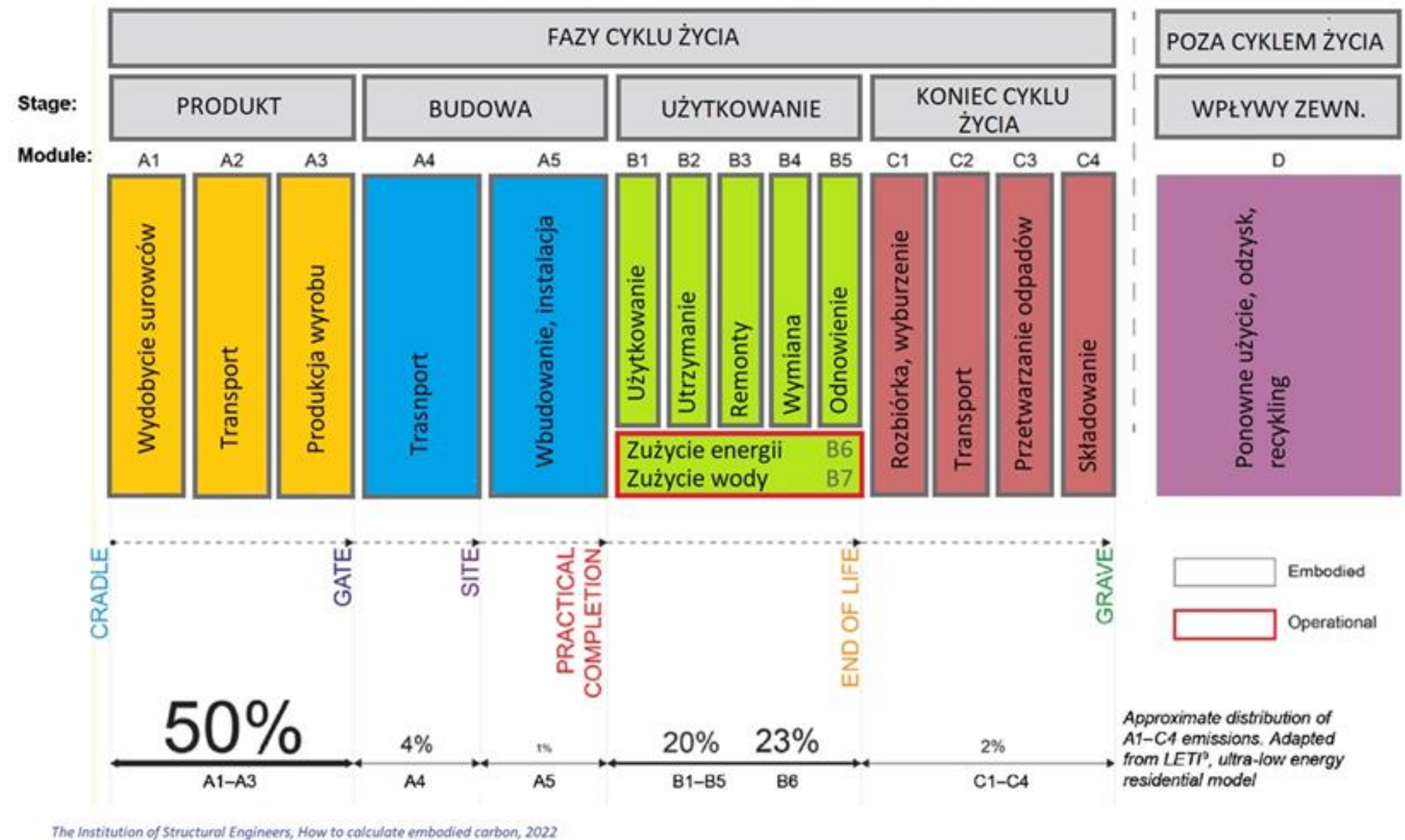
Emisja procesowa - efekt termicznego rozkładu węglanu wapnia  $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{temp.}} \text{CaO} + \text{CO}_2$  w produkcji klinkieru **emisja procesowa stanowi 63% śladu węglowego**.

# Ślad węglowy betonu – narzędzia do oceny

## ► Analiza LCA

**Ślad węglowy wbudowany** pochodzi z produkcji materiałów budowlanych, transportu oraz procesów budowy.

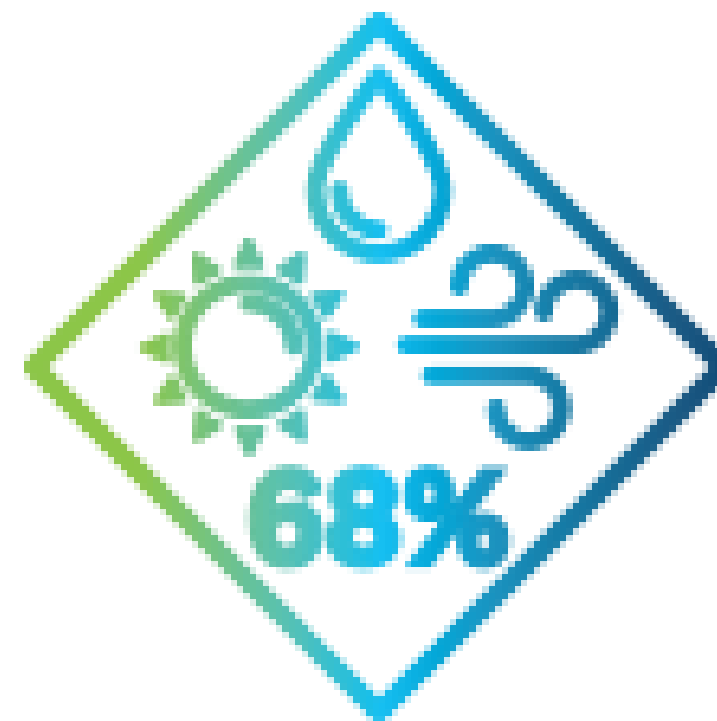
**Ślad węglowy operacyjny** ma związek z użytkowaniem obiektu. Wynika ze zużycia energii potrzebnej m.in. do oświetlenia, naprawy, wymiany bądź modernizacji nawierzchni i stanowi 50% całkowitego śladu węglowego.



# Jak HOLCIM zmniejsza emisyjność cementu?



Eliminacja paliw  
kopalnych



Energia z OZE



Mniejsza ilość klinkieru  
w cemencie



Surowce i materiały  
zdekarbonizowane



Surowce naturalne o  
wł. hydraulicznych



Inwestycje w CCUS

# Jak możemy zmniejszyć ślad węglowy betonu?



Optymalizacja przekrojów  
(BWV)



Optymalizacja receptur  
redukcja w/c



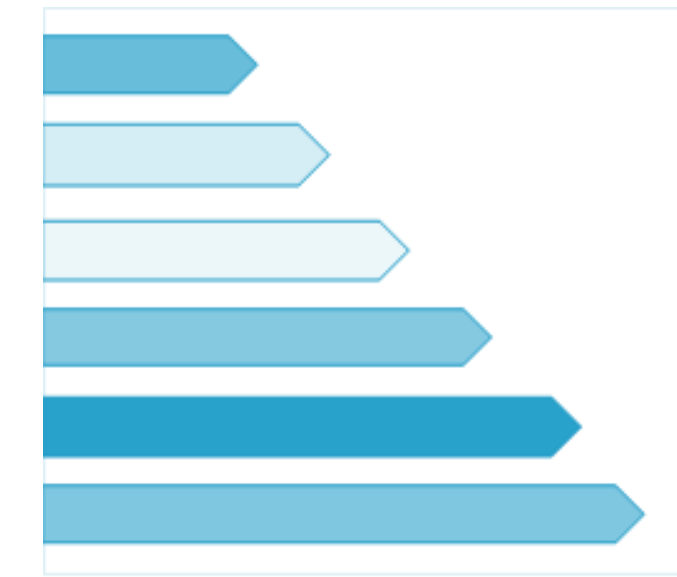
Stosując cementy  
niskoemisyjne



Certyfikaty EPD



Analiza LCA (ślad  
węglowy wbudowany)



Etykiety emisyjności

# Strategia zrównoważonego rozwoju

HOLCIM W POLSCE DO ROKU 2030

## Klimat i energia

### Redukcja emisji CO2 w cemencie



o **55%** w porównaniu z rokiem 1990

Rozwiązania dla zrównoważonego budownictwa

- ECOPact
- ECOPlanet
- Airium
- Agilia Fibro

Rozwiązania dla źródła energii



**100%** zielonej energii

## Gospodarka Obiegu Zamkniętego

### Bezpieczne przetwarzanie odpadów komunalnych



**0,5 mln ton** odpadów niepoddających się recyklingowi jako paliwa alternatywne

### Oszczędzanie zasobów naturalnych



**1,7 mln ton** odpadów z innych gałęzi jako surowiec do produkcji cementu



**1 mln ton** kruszyw z recyklingu

## Środowisko

### Oszczędzanie zasobów wody



**Projekty retencji** wód opadowych na wszystkich kopalniach i zakładach kruszywowych

Maksymalizacja udziału wody z recyklingu i obniżenie o **15%** zużycia świeżej wody



**Bieżąca rekultywacja** wszystkich terenów poeksploatacyjnych oraz plany zarządzania bioróżnorodnością na wszystkich kopalniach

## Społeczności

### Bezpieczeństwo



**0 wypadków** dążymy do eliminacji wypadków wśród pracowników, podwykonawców

### Rozwój społeczności

**30%** pracowników zaangażowanych w wolontariat

Realizacja rocznie **100 projektów** zaangażowania społecznego przez Fundację Holcim WSPÓLNIE

**1 mln** beneficjentów objętych wsparciem

# Zielone rozwiązania HOLCIM

ROZWIĄZANIA, KTÓRE PRACUJĄ DLA DOBRA PLANETY



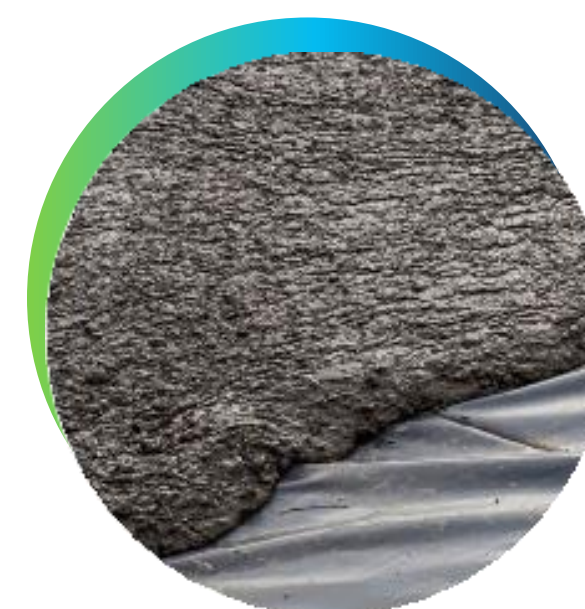
## ECOPlanet

Rodzina cementów produkowanych przy udziale materiałów z recyklingu. Posiadają ok 40% redukcji emisji CO<sub>2</sub> względem CEM I



## ECOPact

Beton niskoemisyjny z redukcją CO<sub>2</sub> między 30% a 50%.



## Agilia Fibro

Beton samozagęszczalny na fundamenty z włóknami stalowymi. Zapewnia szybkie wykonanie, zmniejsza o 50% ilość stali w fundamentach oraz obniża koszty. Mniej stali to mniej emisji.



## Agilia Sols A

Podkład podłogowy na bazie recyklingu reagipsu, o niższym śladzie węglowym i lepszych właściwościach cieplnych niż tradycyjne posadzki



## EcoSource

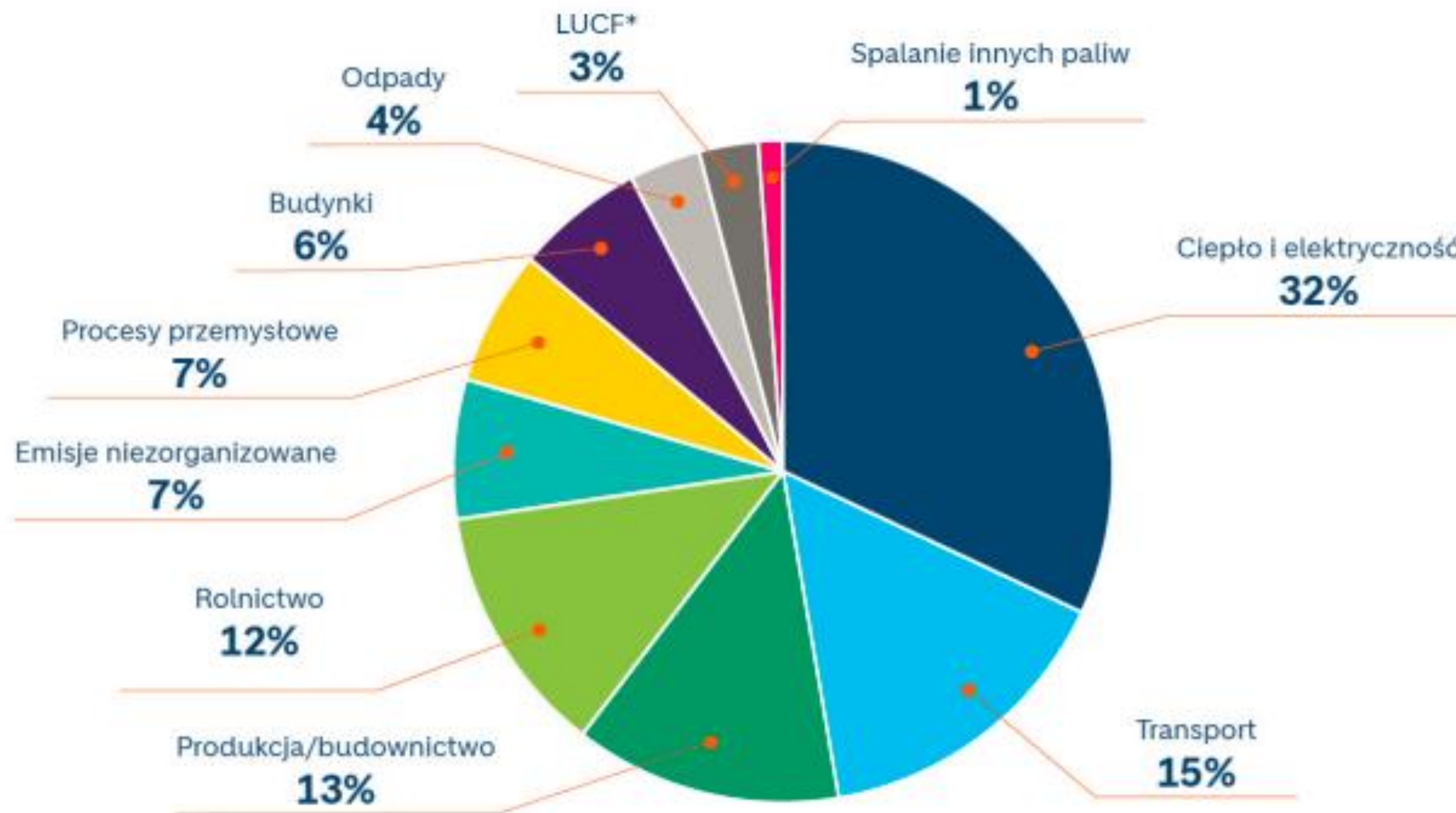
Kruszywa z recyklingu betonu można zastosować ponownie w budownictwie, dzięki czemu wpływają na oszczędność zasobów naturalnych kruszyw.



## Airium

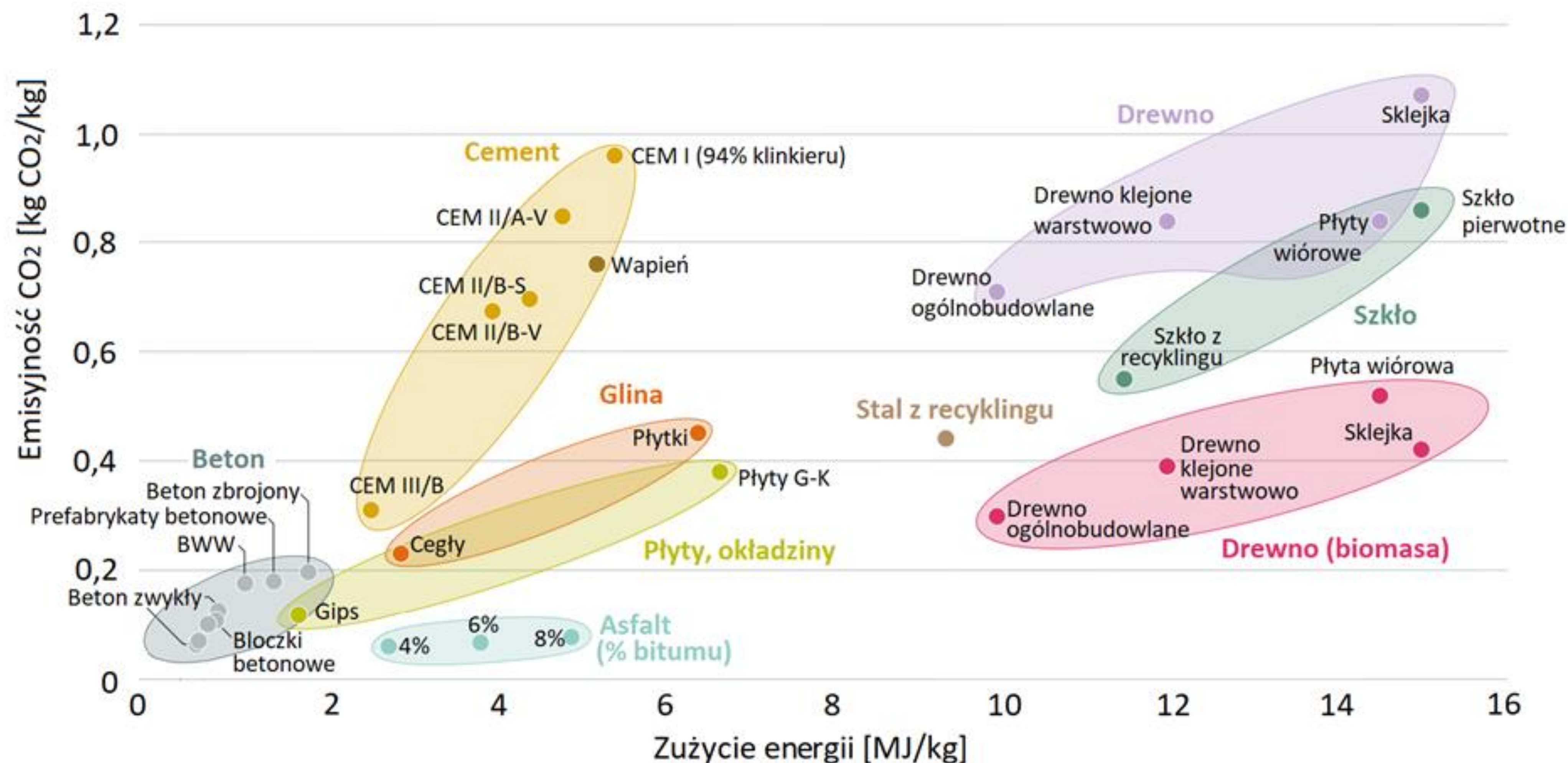
Lekka piana izolacyjna na bazie cementu, która ma wysokie właściwości izolacyjne, jest bezpieczna, bez związków lotnych i niepalna. Pozwala na wykonanie ocieplenia w kilka godzin. Jest w 100% recyklingowalna.

# Emisja CO2 dla poszczególnych sektorów przemysłu



\*Land use Change and Forestry – emisja związana użytkowania gruntów  
Źródło – Climate Watch, Historyczne emisje gazów cieplarnianych, Statista 2023

# Emisyjność podstawowych materiałów



Chatham House Report, Johanna Lehne and Felix Preston, Making Concrete Change Innovation in Low-carbon Cement and Concrete

# Ślad węglowy betonu – cementy niskoemisyjne po CCUS

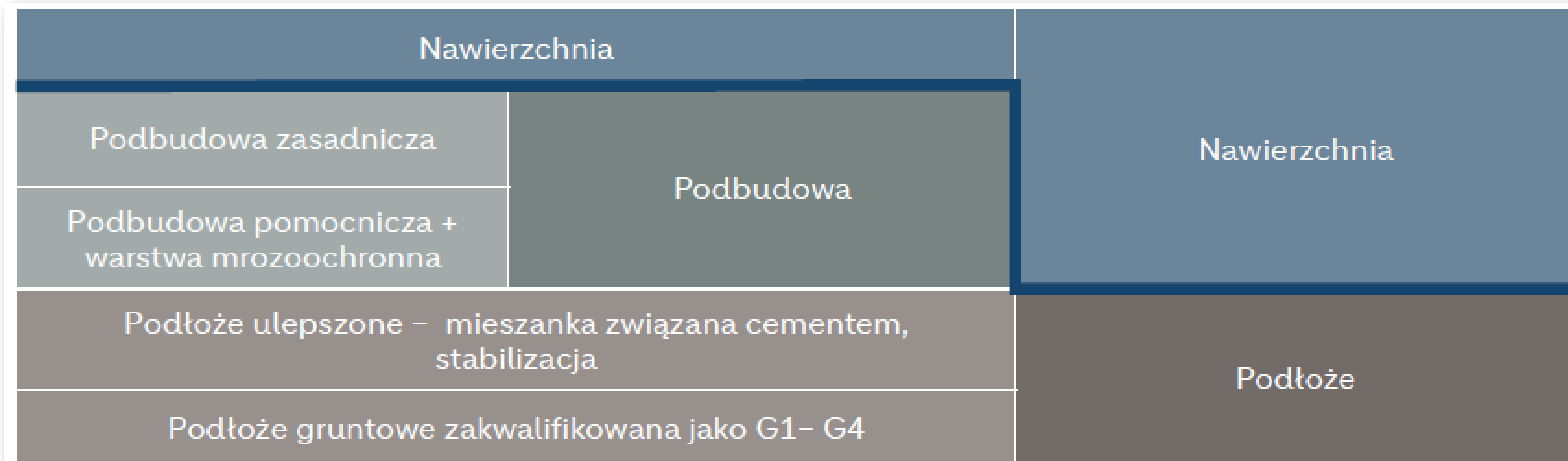
|                                                            | budynek wielorodzinny Arkada |                    |                                |                   | Wiadukt drogowy |        |        |        | Droga betonowa                |                               |
|------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------|--------|--------|--------|-------------------------------|-------------------------------|
| klasa betonu                                               | C8/10                        | C25/30<br>XC1, XC4 | C30/37<br>W8, XA1,<br>XD3, XC4 | C35/45<br>W8, XD3 | C20/25          | C30/37 | C40/50 | C50/60 | C35/45<br>nawierzchnia<br>GWN | C35/45<br>nawierzchnia<br>DWN |
| EMISJA NETTO [kg/m <sup>3</sup> ] faza cyklu życia (A1-A3) |                              |                    |                                |                   |                 |        |        |        |                               |                               |
| One Klik LCA - generic baza                                | 220                          | 280                | 300                            | 340               | 238,2           | 294,2  | 387    | 429    | 327                           | 327                           |
| CEM II A-LL                                                |                              |                    |                                |                   | 181,8           | 214,2  | 228,7  |        |                               |                               |
| redukcja do One Klik LCA                                   |                              |                    |                                |                   | -23,7%          | -27,2% | -40,9% |        |                               |                               |
| CEM IV 42,5                                                | 110,5                        | 129,7              | 136,4                          | 153,8             |                 |        |        |        |                               |                               |
| redukcja do One Klik LCA                                   | -49,8%                       | -53,7%             | -54,5%                         | -54,8%            |                 |        |        |        |                               |                               |
| CEM II AS                                                  |                              |                    |                                |                   |                 |        |        |        | 254,4                         | 234,1                         |
| redukcja do One Klik LCA                                   |                              |                    |                                |                   |                 |        |        |        | -22,7%                        | -28,4%                        |
| CEM II Dynamik                                             |                              |                    |                                |                   |                 |        |        | 251    |                               |                               |
| redukcja do One Klik LCA                                   |                              |                    |                                |                   |                 |        |        | -41,5% |                               |                               |
| CEM IV 42,5 (po CCUS)                                      | 44,9                         | 53,7               | 55,4                           | 58,9              |                 |        |        |        |                               |                               |
| redukcja do One Klik LCA                                   | -79,6%                       | -80,8%             | -81,5%                         | -82,7%            |                 |        |        |        |                               |                               |
| CEM A- LL (po CCUS)                                        |                              |                    |                                |                   | 58,2            | 70,6   | 69,2   | 78,6   |                               |                               |
| CEM A-S (po CCUS)                                          |                              |                    |                                |                   |                 |        |        |        | 84,1                          | 79,9                          |
| redukcja do One Klik LCA                                   |                              |                    |                                |                   | -75,6%          | -76,0% | -82,1% | -87,1% | -75,6%                        | -75,6%                        |

Wyliczone wartości dla fazy A1-A3 przy założeniu miejsce produkcji betonu węzeł Warszawa oraz:

- transportu kruszywa granit 430 km, cement 280 km dla drogi betonowej i wiaduktu drogowego
- transportu kruszywa 20 km, cement 280 km dla budynku

# Społiwa w podbudowach

# Podbudowa drogowa



# Podbudowy drogowe - konstrukcje

Stabilizacje wg normy PN-S 96012:1997 Drogi samochodowe -- Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem

- Ulepszone podłoża;
- Wzmocnienia gruntu
- Podbudowy pomocnicze
- Podbudowy zasadnicze

PN-S 96012:1997

← *Deklaracja wyrobu budowlanego*

Mieszanki związane wg: PN-EN 14227-1:2013-10 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym -- Specyfikacje -- Część 1: Mieszanki związane cementem; WT-5; WWiORB D-04.05.00 i WWiORB D-04.05.01

- Ulepszone podłoża - WWiORB D-04.05.00
- Wzmocnienia gruntu - WWiORB D-04.05.00
- Podbudowy pomocnicze - WWiORB D-04.05.01
- Podbudowy zasadnicze - WWiORB D-04.05.01

PN-EN 14227-1:2013-10



WT-5

↑  
*Deklaracja wyrobu budowlanego*

# Spoiwa wg wytycznych

## Norma PN-S 96012:1997

### 2.1.2 Cement

Do stabilizacji gruntu należy stosować cementy powszechnego użytku klasy 32,5 lub 32,5 R według [PN-B-19701:1997](#).

## WWiORB D-04.05.00 Warstwa ulepszanego podłoża z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym lub wapnem v02

### 2.2.2. Spoiwa hydrauliczne

2.2.2.1. Cement do stabilizacji gruntu cementem powinien spełniać wymagania PN-EN 197-1.

2.2.2.4. Hydrauliczne spoiwo drogowe do stabilizacji gruntu hydraulicznym spoiwem drogowym powinno spełniać wymagania:

- PN-EN 13282-1 w przypadku stosowania hydraulicznego spoiwa drogowego szybko wiążącego,
- PN-EN 13282-2 w przypadku stosowania hydraulicznego spoiwa drogowego normalnie wiążącego.

Hydrauliczne spoiwo drogowe do stabilizacji gruntu, które jako wyrób budowlany jest dopuszczone do stosowania na podstawie europejskiej oceny technicznej lub krajowej oceny technicznej lub aprobaty technicznej, powinno spełniać wymagania podane w dokumencie dopuszczającym.

# Spoiwa wg wytycznych

WWiORB D-04.05.01 Podbudowa i warstwa mrozochronna z mieszanki związanej cementem v03

## 2.2.1 Cement

Należy stosować cement wg PN-EN 197-1.

PN-EN 14227-1:2013-10 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym -- Specyfikacje -- Część 1:  
Mieszanki związane cementem

## 5.2 Cement

Cement shall comply with EN 197-1 or a European Technical Approval.

# Spoiwa hydrauliczne – Krajowa Ocena Techniczna a norma PN-EN 13282-2:2015-06

- KOT – Indywidualne rozpatrzenie dopuszczenia produktu;
- Właściwości zgodne z normą;
- Przeznaczenie zgodne z normą;
- Dokładna weryfikacja dopuszczenia produktu przez jednostki zatwierdzające;
- Możliwość wykorzystania do produkcji surowców dostępnych lokalnie, zapewniających stałość i jakość produktu.

 **INSTYTUT  
BADAWCZY  
DRÓG I MOSTÓW**  
03-302 Warszawa, ul. Instytutowa 1

Warszawa, 12 stycznia 2024 r.

**KRAJOWA OCENA TECHNICZNA**  
Nr IBDiM-KOT-2021/0700 wydanie 5

Na podstawie art. 9 ust. 2 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 1213), po przeprowadzeniu postępowania zgodnie z przepisami rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie krajowych ocen technicznych (Dz. U. z 2016 r. poz. 1968), na wniosek:

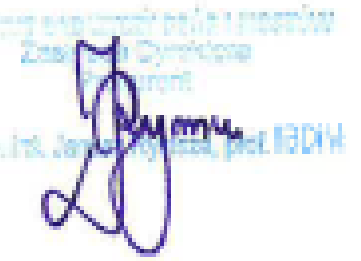
**Lafarge Cement S.A.**  
z siedzibą: **ul. Warszawska 110, 28-366 Małogoszcz**

**Instytut Badawczy Dróg i Mostów**  
stwierdza pozytywną ocenę właściwości użytkowych wyrobu budowlanego:

**Spoiwa hydrauliczne do mieszanek stosowanych na podbudowy dróg  
oraz do stabilizacji podłoża**

o nazwie handlowej: **Hydrauliczne spoiwo drogowe  
GRUNTAR 22,5 HRB E3, GRUNTAR 5 HRB N1**

do zamierzonego zastosowania w budownictwie komunikacyjnym w zakresie podanym w niniejszej Krajowej Ocenie Technicznej IBDiM.

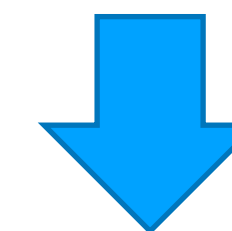
    
mgr inż. Wiesław Liszewski  
DYREKTOR  
Instytutu Badawczego Dróg i Mostów

# Podsumowanie – stosowane spoiwa

Norma PN-S 96012:1997

## 2.1.2 Cement

Do stabilizacji gruntu należy stosować cementy powszechnego użytku klasy 32,5 lub 32,5 R według [PN-B-19701:1997](#).



**Zapis powszechnie kopiowany lub ignorowany  
w przypadku powołania się na przedmiotową  
normę w SST dla konkretnej inwestycji**

WWiORB D-04.05.00; WWiORB D-04.05.01;  
PN-EN 14227-1:2013-10



**PN-EN 197-1:2012 lub KOT**

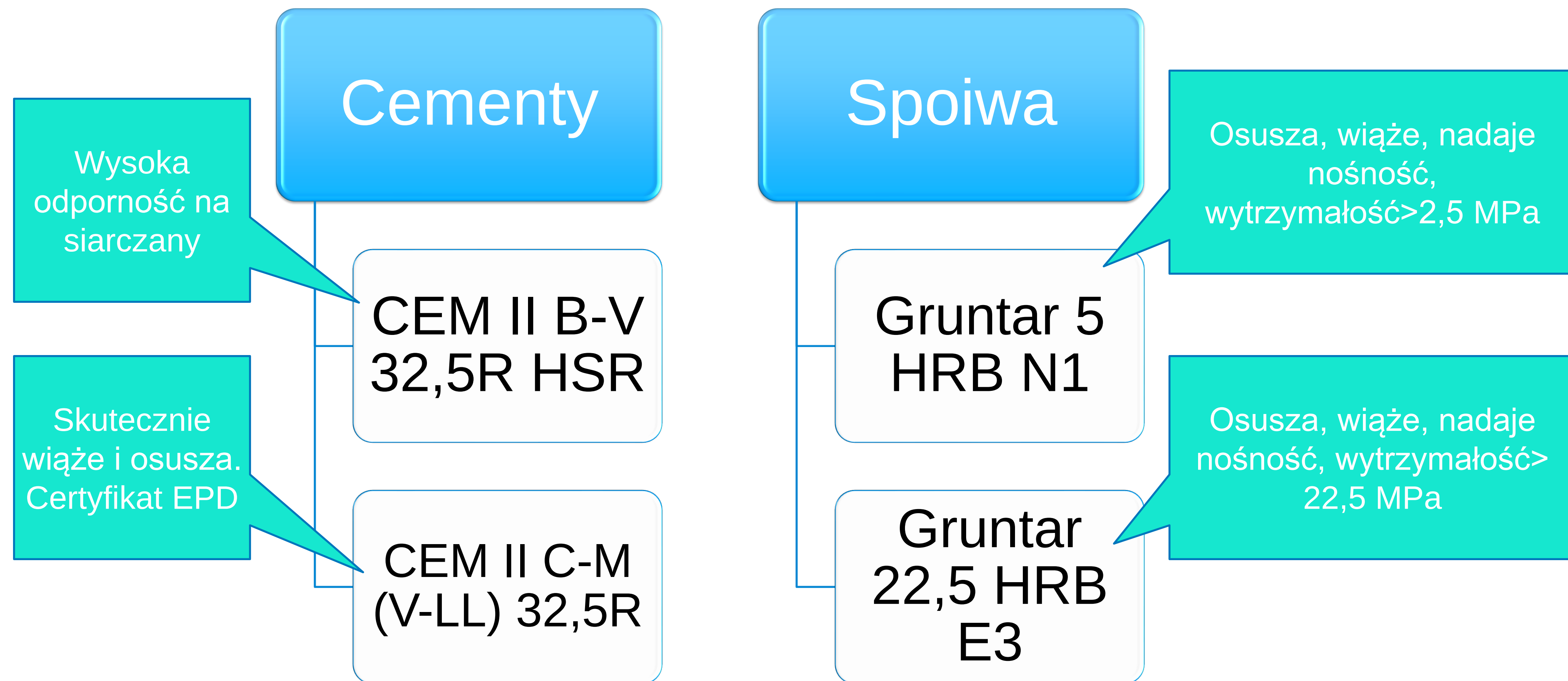
# A co z normą PN-EN 197-5:2021-07?

| Główne rodzaje | Nazwa wyrobów (rodzaje cementów)                 |                    | Skład (w procentach masy <sup>a)</sup> ) |                     |                  |              |          |              |   |              |                |                 |                       |
|----------------|--------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------|---------------------|------------------|--------------|----------|--------------|---|--------------|----------------|-----------------|-----------------------|
|                |                                                  |                    | Składniki główne                         |                     |                  |              |          |              |   |              |                |                 | Składniki drugorzędne |
|                |                                                  |                    | Klinkier                                 | Żużel wielkopiecowy | Pył krzemionkowy | Pucolana     |          | Popiół lotny |   | Łupek palony | Wapień         |                 |                       |
|                | naturalna                                        | naturalna wypalana |                                          |                     |                  | krzemionkowy | wapienny |              |   |              |                |                 |                       |
|                | Nazwa rodzaju                                    | Oznaczenie rodzaju | K                                        | S                   | D <sup>b</sup>   | P            | Q        | V            | W | T            | L <sup>c</sup> | LL <sup>c</sup> |                       |
| CEM II         | Cement portlandzki wieloskładnikowy <sup>d</sup> | CEM II/ C-M        | 50-64                                    | ←-----36-50-----→   |                  |              |          |              |   |              |                | 0-5             |                       |

PN-EN 197-5:2021-07 Cement -- Część 5: Cement portlandzki wieloskładnikowy CEM II/C-M i cement wieloskładnikowy CEM VI

- **Dodatki umożliwiające zmniejszenie śladu węglowego podczas produkcji;**
- **Właściwości i charakterystyka produktu końcowego zgodnie z założoną klasą;**
- **Dodatkowe cechy sprzyjające praktycznemu wykorzystaniu w terenie.**

# Propozycja stosowania – właściwy dobór

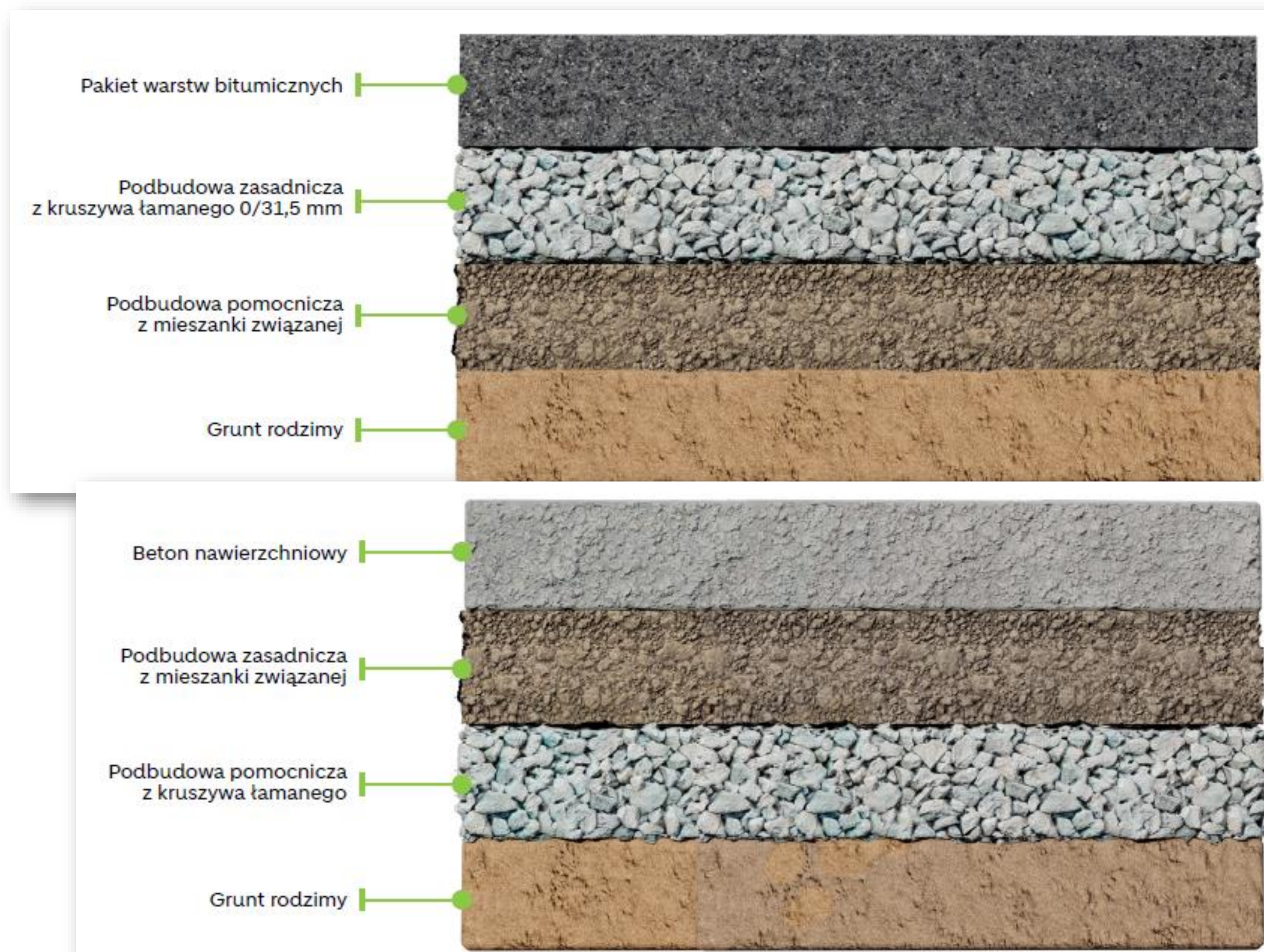


# Spoiwa i cementy niskoemisyjne – właściwy dobór

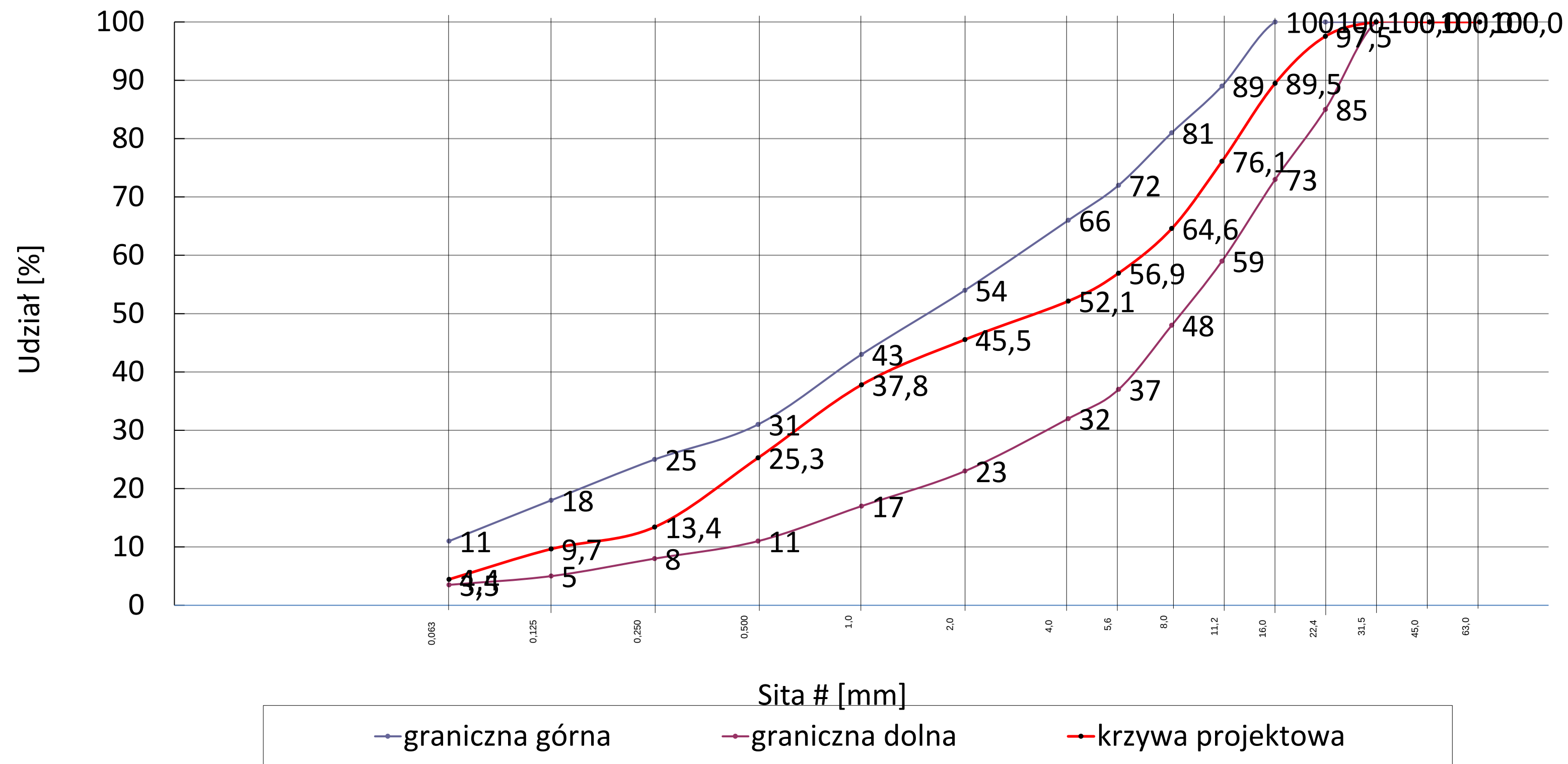
# Skala wielkości zużycia spoiw w podbudowach

Zużycie cementu – odcinek drogi ekspresowej S11:

- **Obiekty mostowe – ok 23 000 ton cementu**
- **Podbudowa z mieszanki związanej – 22 000 ton cementu**



# Prawidłowy dobór ilości spoiw

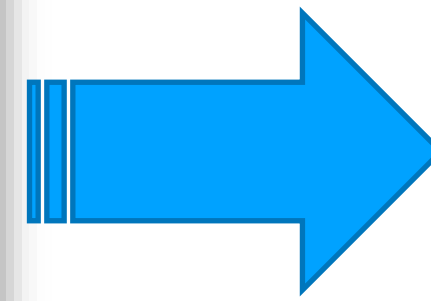


Beton C8/10 – 127 zł/m<sup>3</sup> – ilość cementu w 1 m<sup>3</sup> – **ok 180 kg**

CBGM C5/6 – 115 zł/m<sup>3</sup> ilość cementu w 1 m<sup>3</sup> – **ok 135 kg**



# Prawidłowy dobór ilości spoiw



# Prawidłowy dobór ilości spoiw



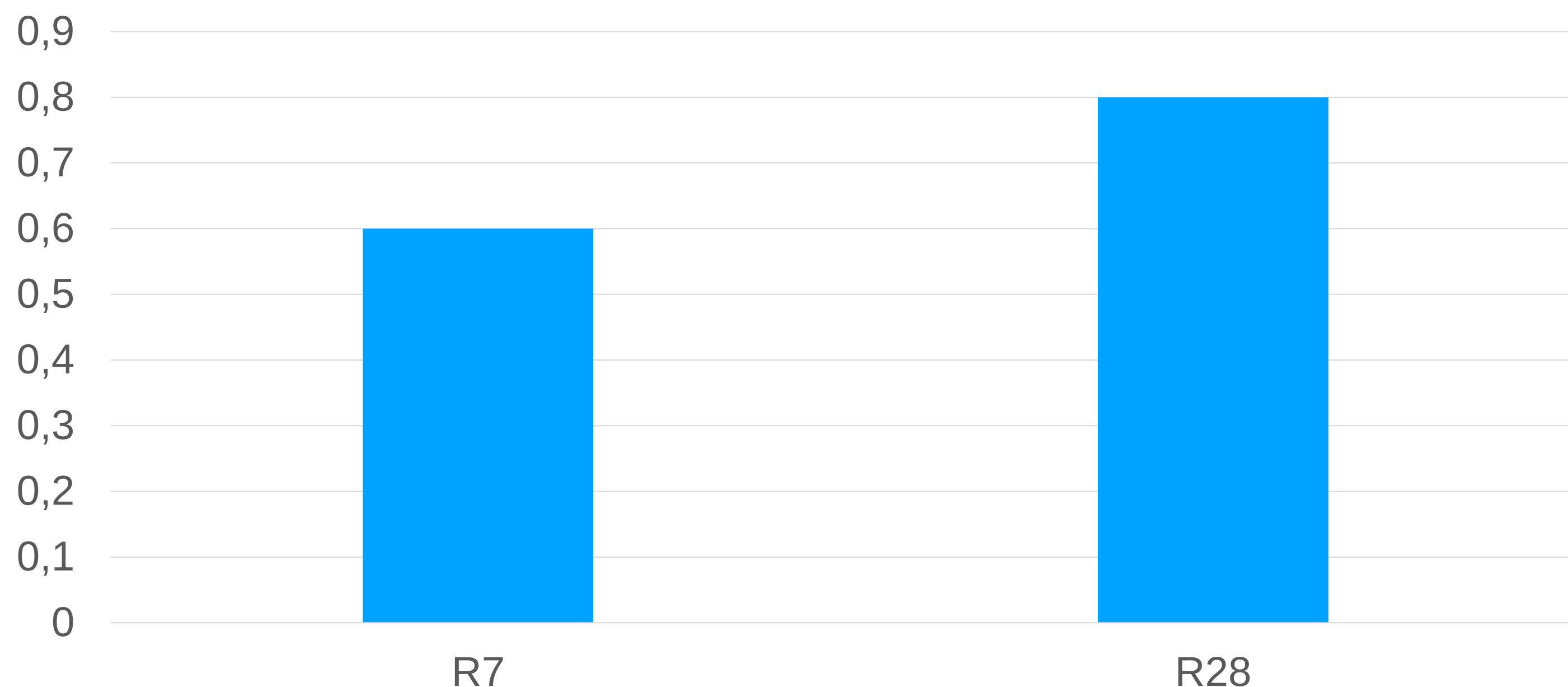
Po 4h od wymieszania  
 $E_{vd} \geq 40$  MPa

Po 24h  $E_{v2} \geq 60$  MPa

- Dozowanie około 3% spoiwa  
Gruntar HRB E3 22,5 w stosunku do gruntu;
- Uzyskanie nośności mieszanki grunto-spoiwowej już po kilku godzinach;
- Skuteczne osuszanie gruntów przekraczających wilgotność optymalną;
- Dopuszczenie do stosowania wg KOT

# Praktyczne wykorzystanie hydraulicznych spoiw drogowych

Gruntar HRB E3 - glina piaszczysta - dodatek ok 42 kg/m<sup>3</sup> – 2,8%



- Warstwa ulepszonego podłoża C0,4/0,5
- Wynik badania na płycie dynamicznej na poziomie  $E_{vd} > 40$  MPa po 4h od wymieszania
- Po 24h  $E_{v2} \geq 60$  MPa

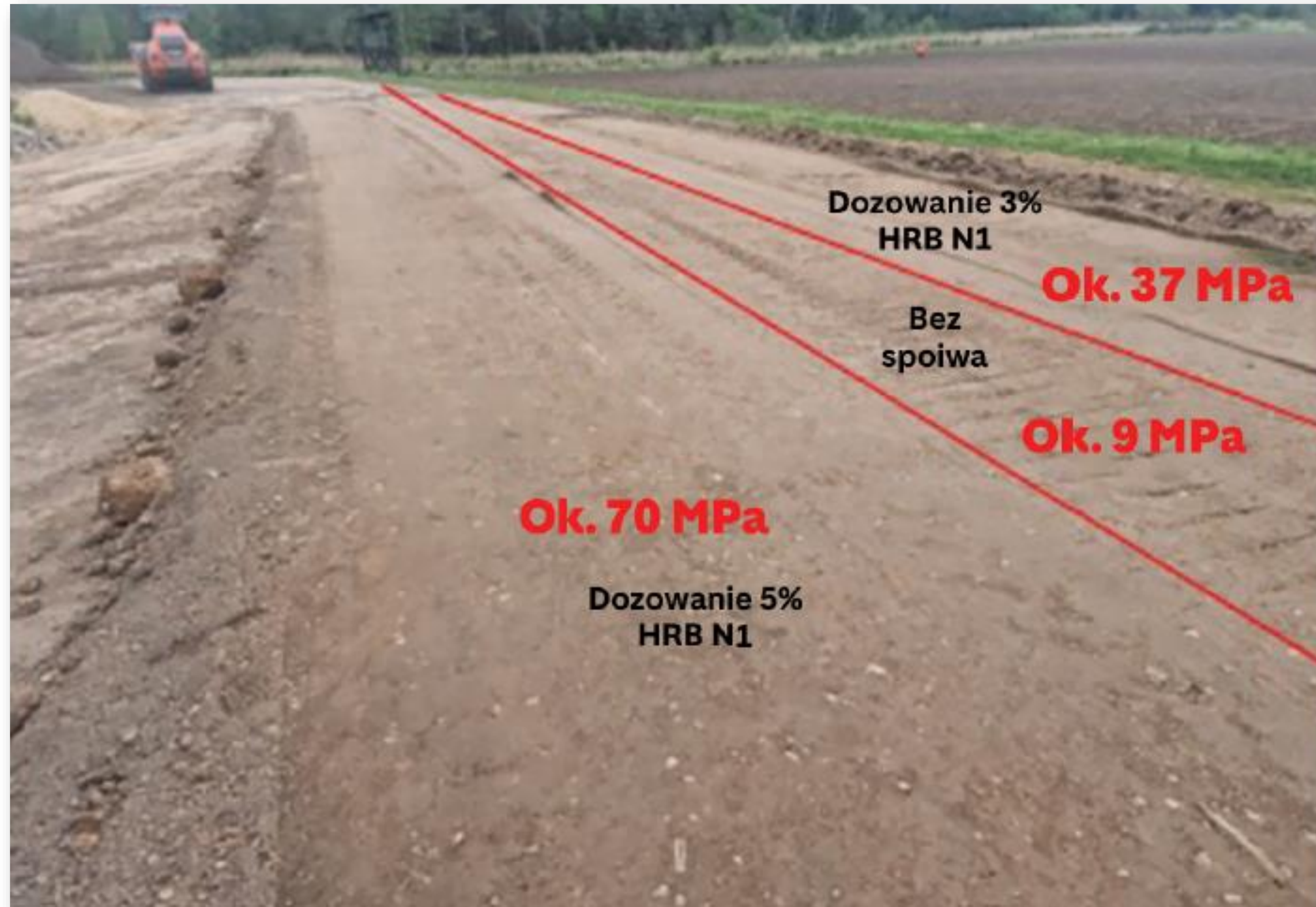
# Stosowanie składników niskoemisyjnych w spoiwach



Pierwsze przemysłowe  
zastosowanie spoiwa  
GRUNTAR 5 HRB N1 z  
dodatkiem pyłu z recyklingu

- Wilgotność gruntu – 16% - powyżej wilg. opt.
- Dozowanie ok 3,0% oraz ok 5,0% spoiwa.
- W środku pasek bez spoiwa

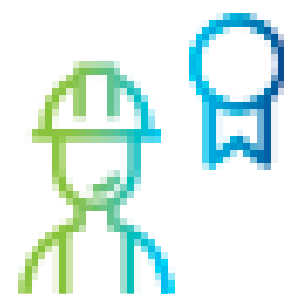
# Stosowanie składników niskoemisyjnych w spoiwach



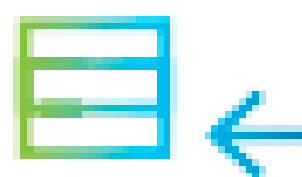
Badanie płytą  
dynamiczną LDP po  
3h od wymieszania  
stabilizacji



# Właściwości spoiw – prawidłowe zastosowanie



Warstwy ulepszonego podłoża



Warstwy podbudowy pomocniczej i zasadniczej



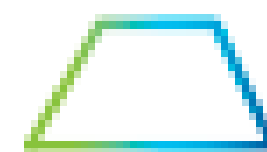
W budowie nasypów z materiałów trudnych do zagęszczenia

## GRUNTAR 5 HRB N1

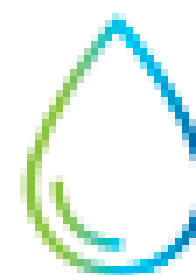
- Wodożądność na poziomie ok 60%
- Wytrzymałość po 7 dniach > 5 MPa
- Wytrzymałość po 56 dniach >15 MPa

## GRUNTAR 22,5 HRB E3

- Wodożądność na poziomie ok 50%
- Wytrzymałość po 2 dniach >10 MPa
- Wytrzymałość po 7 dniach – 18-22 MPa
- Wytrzymałość po 28 dniach – 30-32 MPa
- Wytrzymałość po 56 dniach – 35-40 MPa



W budowie nasypów z gruntów spoistych

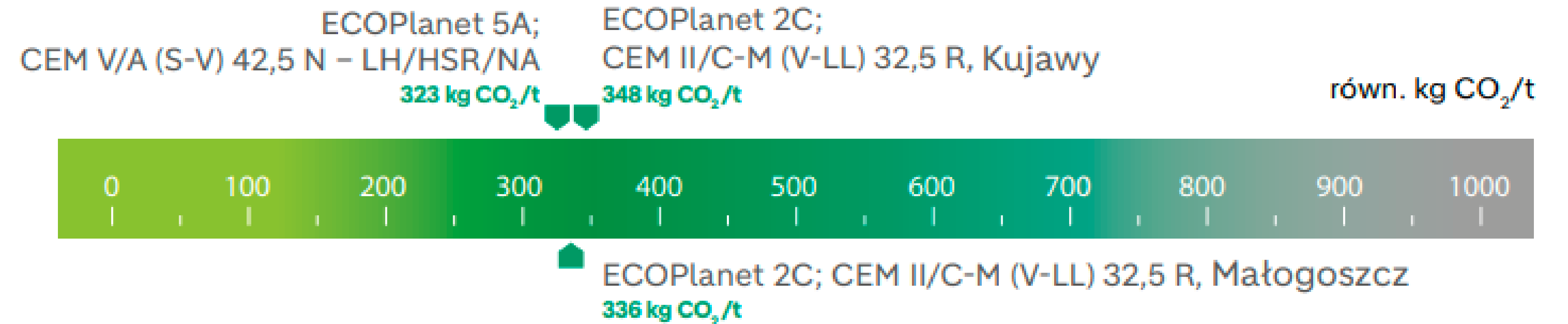


W budowie nasypów z gruntów przekraczających wilgotność optymalną



Osuszenie z jednoczesną poprawą parametrów fizykochemicznych gruntu

# Deklaracja środowiskowa typu EPD



Potencjał globalnego ocieplenia – GWP (wartość netto)



# Podsumowanie

1. Cementy i spoiwa niskoemisyjne są powszechnie wykorzystywane w budownictwie;
2. Na każdym etapie konstrukcji drogowej można wykorzystać spoiwo, które znacznie zredukuje ślad węglowy produktu końcowego;
3. Świadome projektowanie i dobór odpowiedniego spoiwa do stabilizacji w konstrukcji drogowej pozwala na obniżenie śladu węglowego końcowej warstwy;
4. Narzędzia do oceny śladu węglowego są niezbędne i konieczne do właściwej oceny emisyjności;
5. Niskoemisyjne cementy produkowane w systemie CCUS są kluczem do znaczących redukcji emisyjności.





# DZIĘKUJĘ

mgr inż. Przemysław Stałowski  
Kierownik Produktu – Spoiwa do Infrastruktury  
tel. 781 797 879  
mail: [przemyslaw.stalowski@holcim.com](mailto:przemyslaw.stalowski@holcim.com)