



## Stabilizacja podłoża – diagnostyka i dobór technologii



**Przemysław Stałowski**  
Doradca Techniczny w Segmencie  
Infrastruktura

A member of  
**LafargeHolcim**

## Plan prezentacji:



- Co to jest stabilizacja?
- Kiedy możemy wykonać stabilizację na miejscu a kiedy z dowozu?
- Dobór spoiw do stabilizacji.
- Mieszanki związane cementem jako warstwy konstrukcyjne podbudowy.
- Jakość stabilizacji wykonanej na miejscu na przykładzie najczęściej popełnianych błędów w trakcie realizacji.

## Układ warstw w konstrukcji nawierzchni drogowej



|                                                                     |           |              |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| Warstwa ścieralna                                                   |           | Nawierzchnia |
| Warstwa wiążąca                                                     |           |              |
| Podbudowa zasadnicza                                                | Podbudowa |              |
| Podbudowa pomocnicza                                                |           |              |
| Podłoże ulepszone (warstwa mrozoochronna, odcinająca, wzmacniająca) |           | Podłoże      |
| Podłoże gruntowe                                                    |           |              |

# Klasyfikacja metod wzmacniania podłoży



## Ulepszanie podłoża –

kontrolowana zmiana fizycznych i mechanicznych właściwości materiału podłoża, której celem jest osiągnięcie odpowiedniej reakcji podłoża na istniejące lub projektowane oddziaływanie środowiska i budowli.

Ulepszenie podłoża

## Wzmacnianie gruntu –

polega na zmianie właściwości gruntu rodzimego w całym obszarze podłoża, decydującym o stateczności budowli

Wzmacnianie gruntu

Zbrojenie gruntu

## Metoda zmiany składu –

wprowadzenie do gruntu stabilizatora, powodującego wzrost sztywności szkieletu gruntowego oraz sił międzycząsteczkowych, decydujących o jego właściwościach mechanicznych. Skrajnym przypadkiem zmiany składu jest całkowita wymiana, czyli usunięcie gruntu słabego i zastąpienie go gruntem mocnym

Metodą zmiany stanu

Metodą zmiany składu

Zbrojenie gruntu w podłożu (in-situ)

Konstrukcje z gruntu zbrojonego

# Co to jest stabilizacja gruntu spoiwem hydraulicznym?



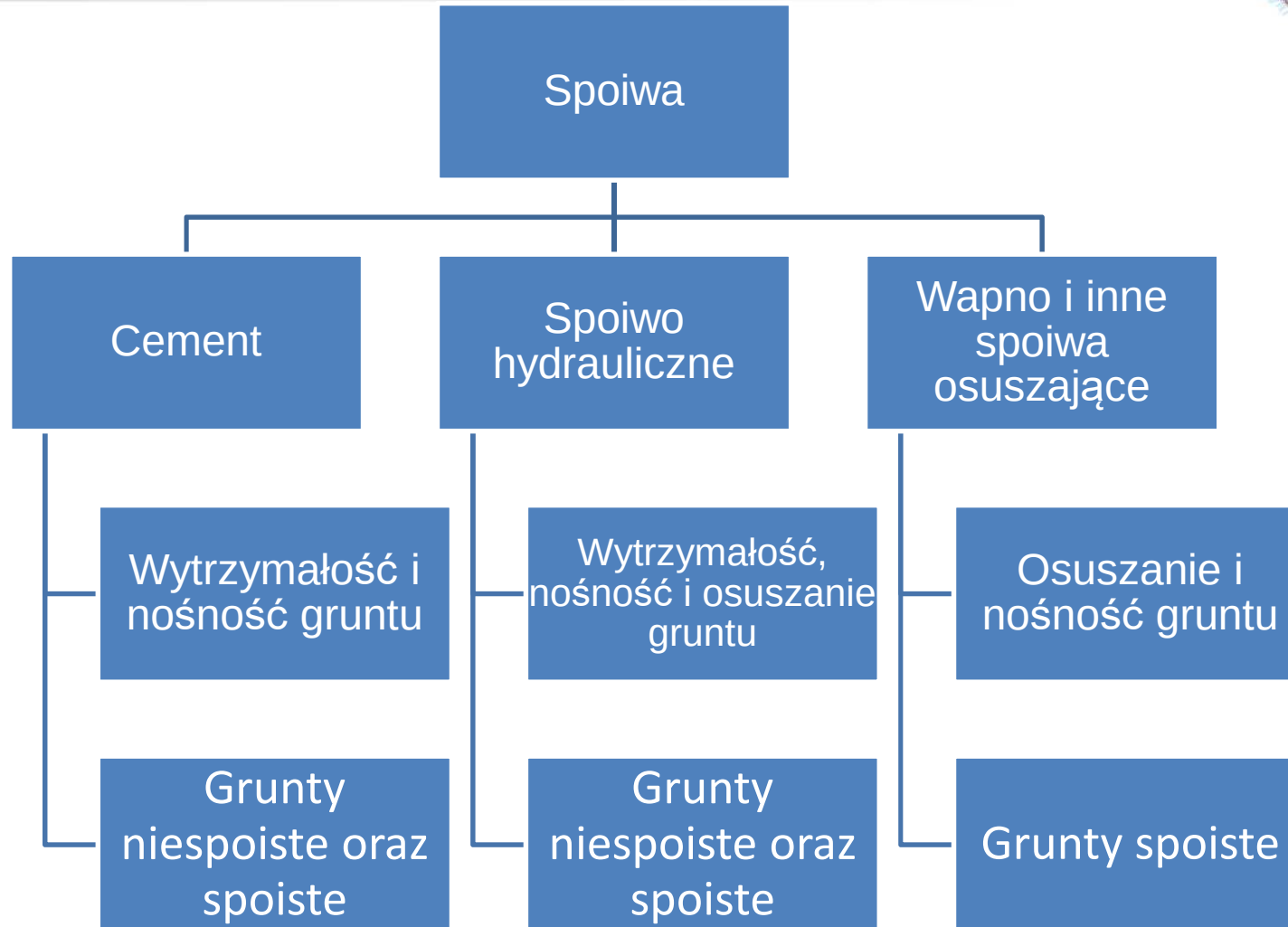
## **Stabilizacja powierzchniowa:**

Polega na wymieszaniu spoiwa z gruntem i odpowiednim zagęszczeniu tej warstwy.

## **Ze względu na rodzaj mieszania wyróżnia się 3 grupy:**

- ✓ Mieszanie na miejscu – w koronie drogi przy użyciu recyklerów lub sprzętu rolniczego;
- ✓ Mieszanie w mieszarkach mobilnych – przemieszczają się w miarę postępu prac, cykl mieszania odbywa się w bębnie mieszarki a gotowa warstwa rozkładana jest w koronie drogi;
- ✓ Mieszanie w mieszarkach stacjonarnych – pełna produkcja mieszanki związanej spoiwem lub stabilizacji grunto-cementowej. Produkt dostarczany jest na plac budowy i rozkładany równiarką lub rozścielaczem.

## Rodzaje i dobór spoiw



Kiedy można wykonać stabilizację na miejscu, a kiedy należy ją dowieźć?



- **Stabilizacja na miejscu** wg PN-S-96012 – **ZAWSZE!** Najważniejszym kryterium jest ocena wytrzymałości mieszanki grunto-cementowej, czyli zapewnienie odpowiedniej klasy stabilizacji po zmieszaniu gruntu ze spoiwem.
- **Mieszanka związana cementem** – wg PN-EN 14227-1 lub WT-5 – produkcja z węzła – **ZAWSZE!** Rodzaj stabilizacji należy określić zgodnie z projektem lub dobrać wg WT-5.
- Mieszanka związana cementem – wg PN-EN 14227-10 lub WT-5 – produkcja na miejscu – spełnienie wymagań zawartych w SST lub normie lub innych wytycznych technicznych



## Dokumenty powiązane



- Norma PN-S-96012:1997 Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem.
- PN-EN 14227-1:2013 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 1. Mieszanki związane cementem.
- PN-EN 14227-5:2013 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 5. Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym.
- Wytyczne techniczne WT-5 Dokument opracowany przez GDDKiA – zbiór wytycznych do produkcji mieszanek związanych cementem serii norm PN-EN 14227-1:5:2013



## Czym się różni MZC od $R_m$



- Stabilizacje wg PN-S-96012 posiadają tylko 3 klasy wytrzymałości:  $R_m=1,5$  MPa (0,5-1,5);  $R_m=2,5$  MPa (1,5-2,5);  $R_m=5,0$  MPa (2,5-5,0).
- Warunek mrozoodporności może być określany tylko w kilku sytuacjach: na życzenie nadzoru, w przypadku gruntów wysadzinowych, w przypadkach wątpliwych
- Stabilizacje wg PN-S-96012 można wykonać ze wszystkiego – parametrem wymaganym jest spełnienie wytrzymałości po 28 dniach.
- Na stabilizację typu  $R_m$  jest tylko jedna norma, na MZC jest seria kilku norm powiązanych

## Co jest lepsze dla Inwestora?



### PN-S-96012:1997

- Pełna instrukcja wykonywania stabilizacji na miejscu oraz w mieszarkach stacjonarnych;
- Wytyczne dla materiałów wsadowych do stabilizacji i jasne kryterium oceny prawidłowości wykonanej stabilizacji;
- Tańsza w produkcji – nie wymaga wyselekcjonowanych surowców mineralnych;
- Ocena wytrzymałości i cech fizycznych już po kilku dniach od wykonania.

### PN-EN 14227-1

- Norma podaje sposób klasyfikowania i sposoby oceny mieszanki związanej;
- Mieszanki związane wymagają selekcjonowanych materiałów wsadowych pod względem uziarnienia;
- W 90% przypadkach spełniona jest wartość mrozoodporności dla mieszanki związanej;
- Większe pole doboru wytrzymałości mieszanki związanej cementem;
- Droga w produkcji ze względu na określenie krzywych granicznych dla produktu;

**WNIOSEK – rodzaj warstwy podbudowy należy dobrać do istniejących warunków podłoża lub też kierować się względami ekonomicznymi**

## Kruszywo do stabilizacji spoiwem hydraulicznym



### PN-S-96012:1997

- Brak ograniczeń co do kwestii jakościowych – ostatecznym kryterium przydatności kruszywa do stabilizacji jest osiągnięcie wymaganych parametrów wytrzymałościowych dla stabilizacji;
- Stabilizowanie gruntów spoistych i niespoistych po wykonaniu recept laboratoryjnych zgodnie z ww. normą.

### PN-EN 14227-1

- Kruszywo spełniające określone krzywe graniczne;
- Kruszywo zgodne z PN-EN 13242+A1:2010 – norma klasyfikuje kruszywo;
- Kruszywo zgodne z WT-5.

## Kruszywo wg WT-5 do Mieszanek związanych



- Większość parametrów fizycznych jest deklarowanych przez producenta – duży wachlarz doboru kruszyw – praktycznie ograniczeniem jest głównie dobór krzywej granicznej zgodnej dla określonej mieszanki;
- Parametrem wykluczającym dużo dobrej jakości kruszyw jest wartość siarczanów rozpuszczalnych w kwasie PN-EN 1744-1 o wartości 0,2 – **AS0,2** – dla porównania – **w betonie wymaga się parametru AS0,8.**

## Korozja siarczanowa



- Występuje w konstrukcjach narażonych na działanie wód gruntowych, ścieków, wody wypłukanej z nawozów sztucznych czy też wody morskiej;
- Jony siarczanowe reagują z matrycą cementową i tworzą duże ilości gipsu bądź ettringitu, który jest niezwykle ekspansywny. W wyniku takich wtórnych procesów następuje spękanie, obniżenie wytrzymałości czy też rozsadzenie lub zniszczenie mieszanki związanej cementem.
- **Zapobiec korozji siarczanowej** można poprzez zastosowanie cementu o wysokiej odporności na siarczany – z indeksem HSR – np. **CEM II B-V 32,5 R-HSR Lafarge**;
- Dobór parametrów dla siarczanów należałoby skonfrontować z warunkami budowy, przede wszystkim poziomem wód gruntowych i agresji chemicznej materiału sąsiadującego z mieszanką związaną cementem.





## **Jakość wykonania stabilizacji „mix in place”**



**LH** A member of  
LafargeHolcim

## Procesy wykonywania stabilizacji na miejscu



Profilowanie i zagęszczenie terenu



Dozowanie spoiwa



Wymieszanie gruntu ze spoiwem



Profilowanie i zagęszczenie stabilizacji



# Dozowanie spoiwa



Gdzie jest błąd i jaka jest jego przyczyna?





## Wilgotność stabilizacji



- Grunt przed wykonaniem stabilizacji musi być odpowiednio zagęszczony.
- W przypadku gruntów spoistych zagęszczona warstwa jest na tyle szczelna, że woda prędzej po niej spłynie niż w nią wsiąknie.
- Grunty spoiste należy wzruszyć przed stabilizowaniem np. zdzierakami równiarki, aby powstały rynny, przez które woda będzie mogła filtrować w głąb warstwy. Zabieg taki można wykonać np. dzień przed wykonaniem stabilizacji

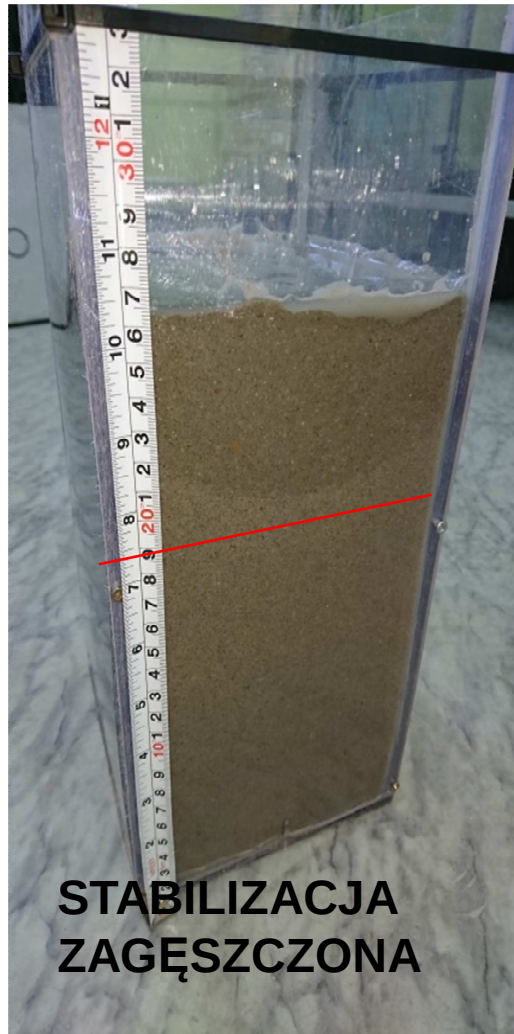
## Wytrzymałość stabilizacji w różnym stanie wilgotności



| Wilgotność | Wytrzymałość na ściskanie<br>po 7 dniach [MPa] |      |      | Średnia [MPa]: | Waga próbki<br>średnio [g] |
|------------|------------------------------------------------|------|------|----------------|----------------------------|
| 7%         | 0,83                                           | 0,95 | 0,71 | <b>0,83</b>    | 838,6                      |
| 14%        | 1,22                                           | 1,12 | 1,05 | <b>1,13</b>    | 875,6                      |

Test przeprowadzony na gruncie spoistym przy wilgotności naturalnej  $W_n$  równej ok. 7% i przy wilgotności optymalnej  $W_{opt}$  równej ok. 14%. Dodatek spoiwa to 5%.

## Penetracja wody w głąb stabilizacji



**STABILIZACJA  
ZAGĘSZCZONA**



**STABILIZACJA  
NIEZAGĘSZCZONA**

Rys. 1. Fotografia przenikania wody przez zagęszczoną stabilizację. Zagęszczono piasek zawierający 7% dodatku cementu w wilgotności naturalnej (ok 4,5%). Po czym dodano kolejne 4% wody do uzyskania wilgotności optymalnej dla badanego materiału. Zdjęcie z lewej strony przedstawia filtrację wody w stabilizacji zagęszczonej. Zdjęcie z prawej przedstawia filtrację wody w stabilizacji niezagęszczonej. Całkowita miąższość materiału wynosiła 26 cm. Woda przefiltrowała na głębokość ok 16 cm, czyli ok 2/3 grubości całej warstwy.

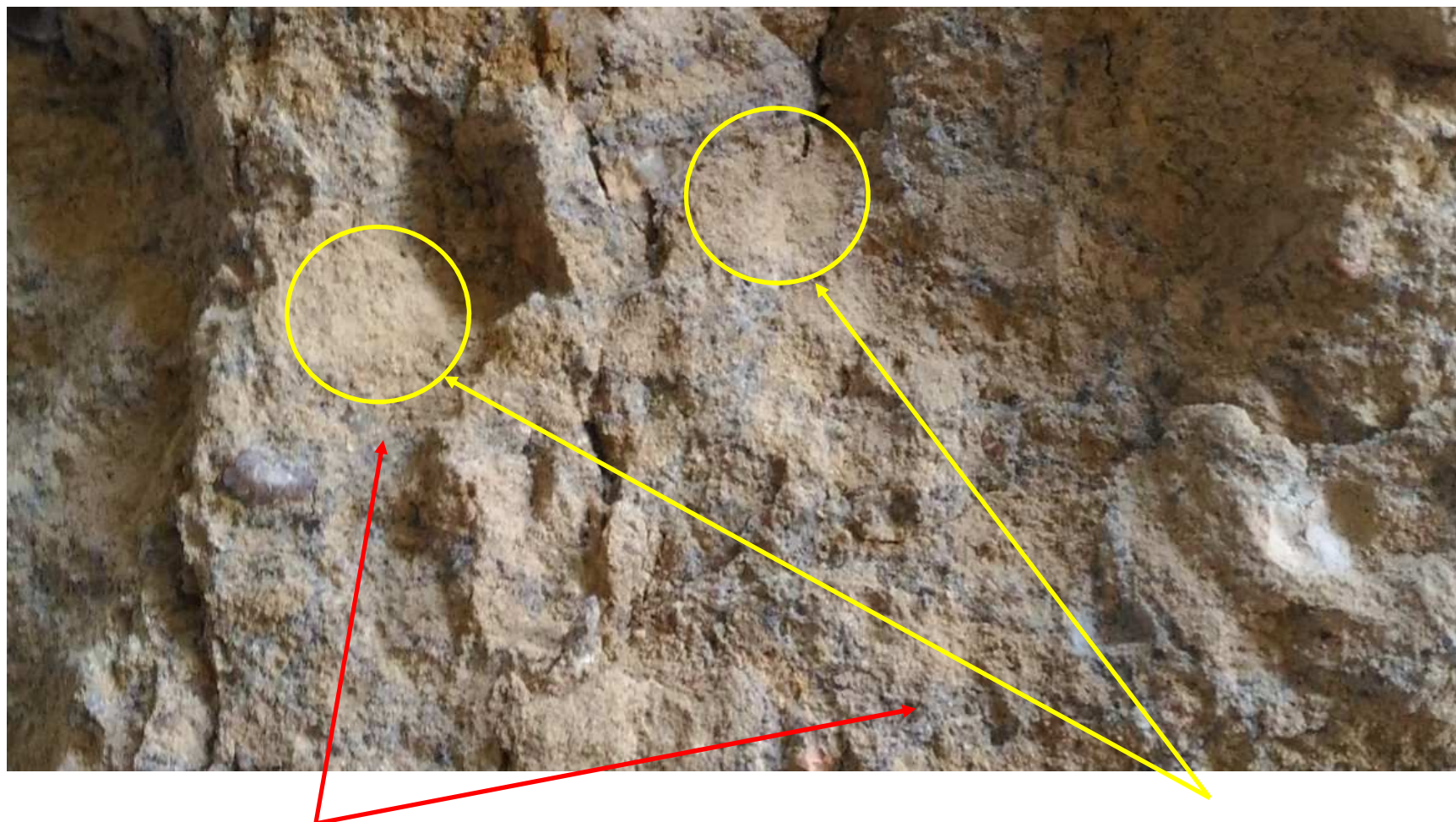


Czy ta stabilizacja została prawidłowo wymieszana?





## Jednorodność stabilizacji – grunt spoisty



**CEMENT**

**AGREGATY GLINY**



A member of  
**LafargeHolcim**



Jak zapobiec takiemu zjawisku?



**Wskaźnik różnoziarnistości ~4**  
**Wskaźnik krzywizny uziarnienia ~0,6**

**Dobór sprzętu zagęszczającego - tandem**

## Czas wykonania stabilizacji



- Według najbardziej aktualnych wytycznych zawartych w specyfikacjach technicznych i przepisach, czas wykonywania stabilizacji od momentu dodania cementu do zakończenia jej zagęszczania **nie powinien przekraczać dwóch godzin**

## Czas wykonania stabilizacji



| Czas | Wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach [MPa] |      |      | Średnia [MPa]: |
|------|---------------------------------------------|------|------|----------------|
| 0h   | 1,22                                        | 1,18 | 1,27 | 1,22           |
| 3h   | 0,98                                        | 1,10 | 1,05 | 1,04           |
| 6h   | 0,78                                        | 0,98 | 0,99 | 0,92           |

**Ciekawostka:** stabilizacja przechowywana bez utraty jej wilgotności i zagęszczona na drugi dzień, osiągnęła wyniki ok. 50% gorsze od stabilizacji zagęszczanej natychmiast po wykonaniu – test na materiale spoistym.

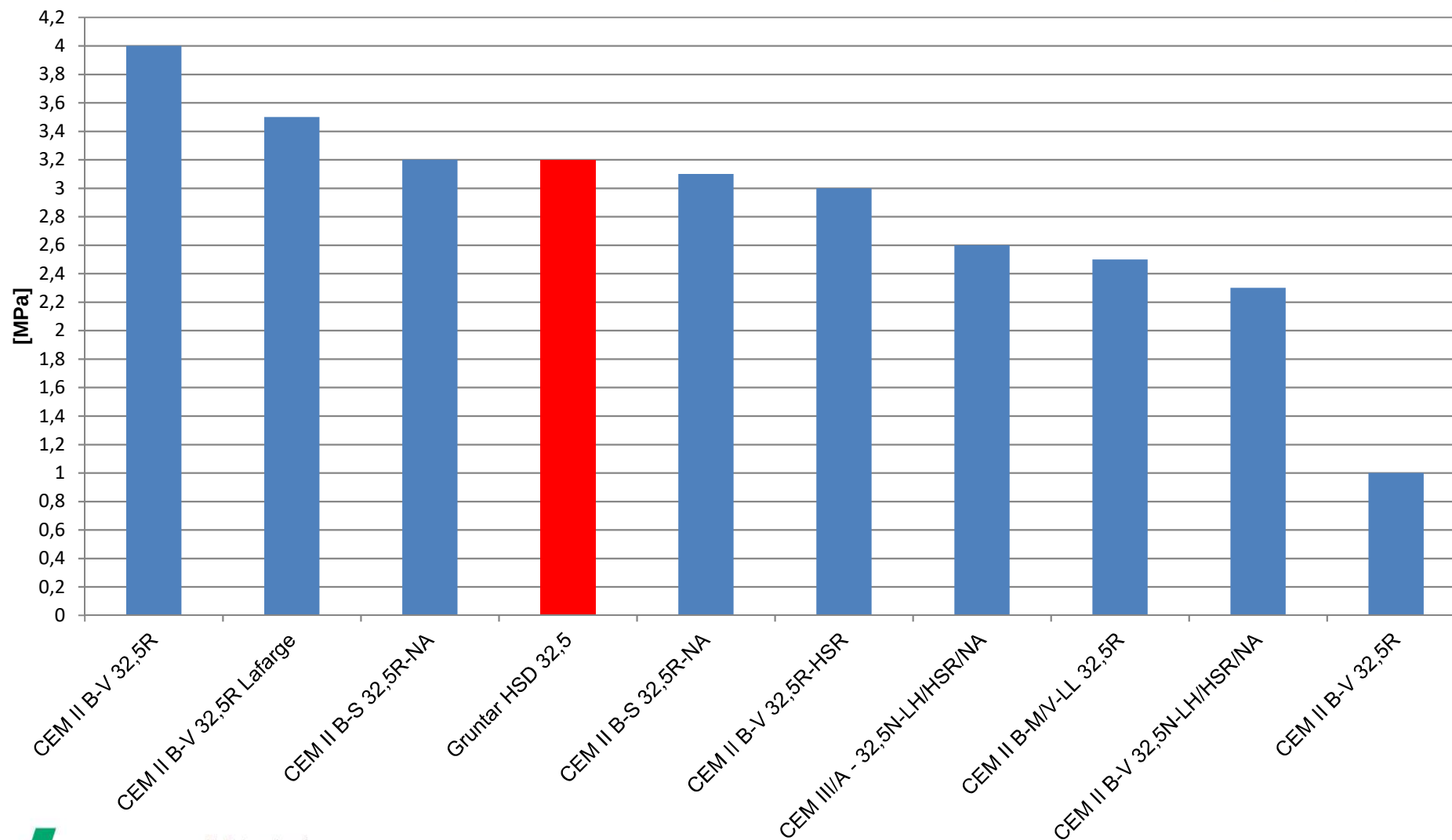
## Czas wiązania cementu



| Parametry fizyko-chemiczno-mechaniczne produktu (wartości średnie)*  | Produkowanego w cementowni Kujawy | Produkowanego w cementowni Małogoszcz |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| Powierzchnia właściwa wg Blaine'a                                    | 4237 cm <sup>2</sup> /g           | 3599 cm <sup>2</sup> /g               |
| Początek czasu wiązania                                              | 243 min                           | 278 min                               |
| Koniec czasu wiązania                                                | 346 min                           | 394min                                |
| Wytrzymałość na ściskanie po 2 dniach, badana zgodnie z PN-EN 196-1  | 20,3 MPa                          | 18,4 MPa                              |
| Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach, badana zgodnie z PN-EN 196-1 | 45,7 MPa                          | 48,4 MPa                              |



## Porównanie Gruntara HSD 32,5 z cementami klasy 32,5 – dodatek 9%



## Pęcznienie gruntów spoistych



### Gruntar HRB E3

- Wilgotność 20%,
- dodatek spoiwa 9%

### Konkurencja

- Wilgotność 20%,
- dodatek spoiwa 9%



**Dziękuję za uwagę**