



INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW

ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE



PODŁOŻE NAWIERZCHNI DROGOWEJ - AKTUALNE KIERUNKI BADAŃ

Leszek Rafalski

Michał Cwiakała, Beata Gajewska, Cezary Kraszewski, Jadwiga Wilczek

Mikołajki, 22-24 września 2019 r.











Wstęp

- **Definicja podłoża nawierzchni drogowej.**
- **Górna warstwa nasypu lub wykopu o miąższości 1÷2 m, znajdująca się pod nawierzchnią drogową.**
- **Odpowiedni rodzaj gruntu budowlanego.**
- **Nośność, odporność na oddziaływanie mrozu i wody, zagęszczalność.**
- **Grunty naturalne i antropogeniczne.**
- **Grunty ulepszane i stabilizowane.**

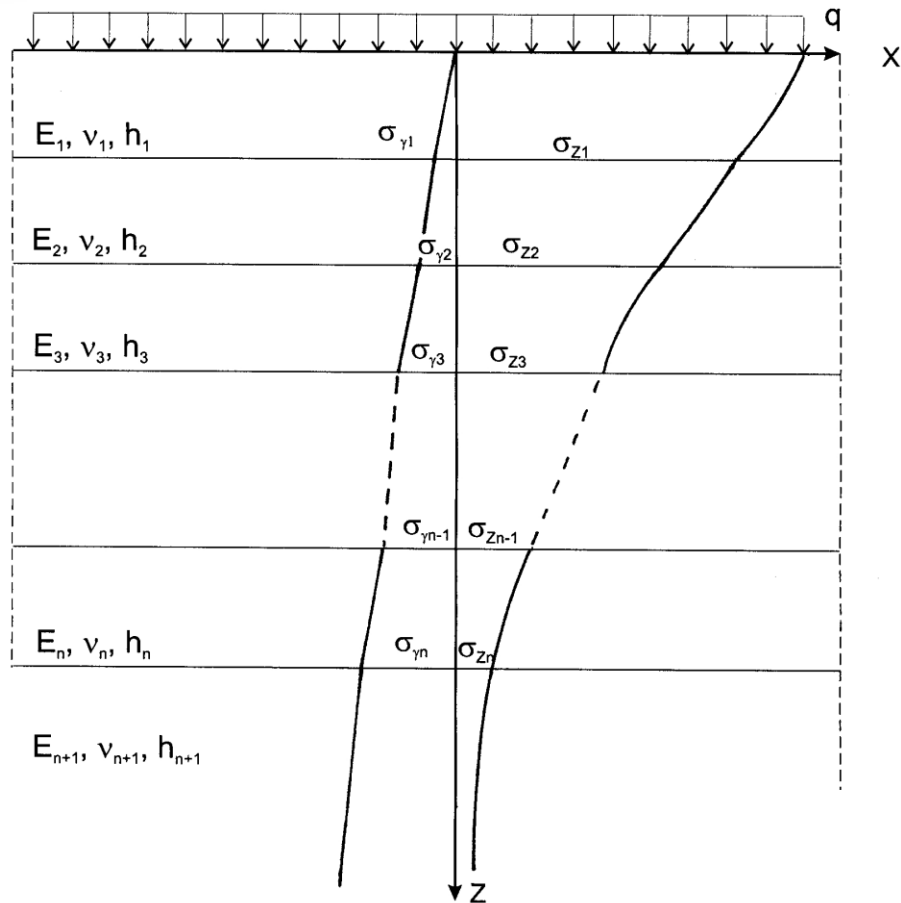
Wstęp

- **Grunt naturalny – grunt, którego szkielet powstał w wyniku procesów geologicznych.**
- **Grunt antropogeniczny – grunt powstały nie w sposób naturalny lecz w wyniku działalności człowieka (gruz, popiół, materiały syntetyczne, odpady komunalne, pyły dymnicowe, odpady poflotacyjne itp.).**

Wstęp

- **Grunty – wymagania:**
 - ✓ **wskaźnik piaskowy SE nie mniejszy niż 35,**
 - ✓ **wskaźnik różnoziarnistości C_u nie mniejszy niż 5,**
 - ✓ **kapilarność bierna H_{kb} nie większa niż 1,0 m,**
 - ✓ **wymiar ziarna nie większy niż 80 mm.**
- **Podłoże – wymagania:**
 - ✓ **Wskaźnik zagęszczenia (np. co najmniej 1,00),**
 - ✓ **Wtórny moduł odkształcenia pod dolną warstwą konstrukcji nawierzchni – co najmniej 80, 100, 120 MPa,**
 - ✓ **Wtórny moduł odkształcenia podłoża - co najmniej 50 MPa.**

Wstęp

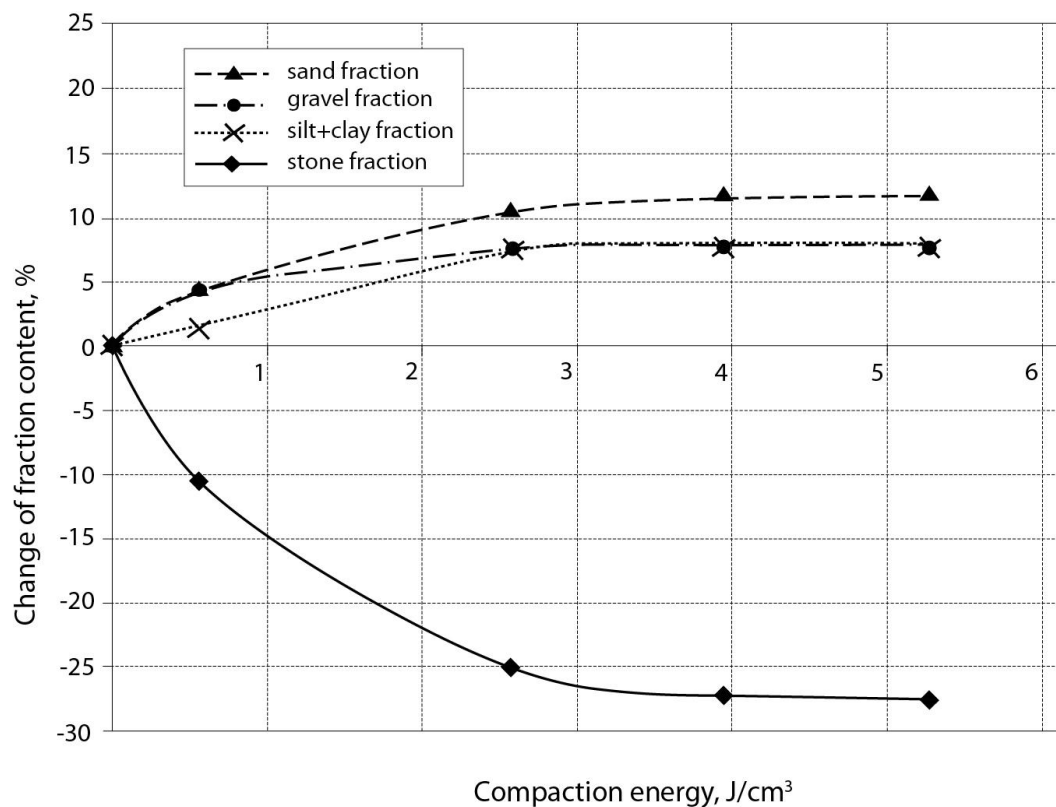


Rozkład naprężeń w nawierzchni i podłożu

Badania słabych kruszyw

- **Słabe kruszywa naturalne, np. wapienne, lub kruszywa antropogeniczne mają małą wytrzymałość i słabą odporność na ścieranie oraz oddziaływanie mrozu i wody.**
- **W takich kruszywach podczas zagęszczania, a później w czasie eksploatacji drogi, ziarna mogą pękać i ulegać ścieraniu.**
- **Prowadzi to do zmian właściwości kruszyw.**
- **Przykładem są łupki przywęglowe.**
- **Prognozowanie zmian właściwości łupków pod wpływem zagęszczenia, wody i mrozu.**

Badania słabych kruszyw



Zmiany zawartości poszczególnych frakcji łupka pod wpływem zagęszczenia











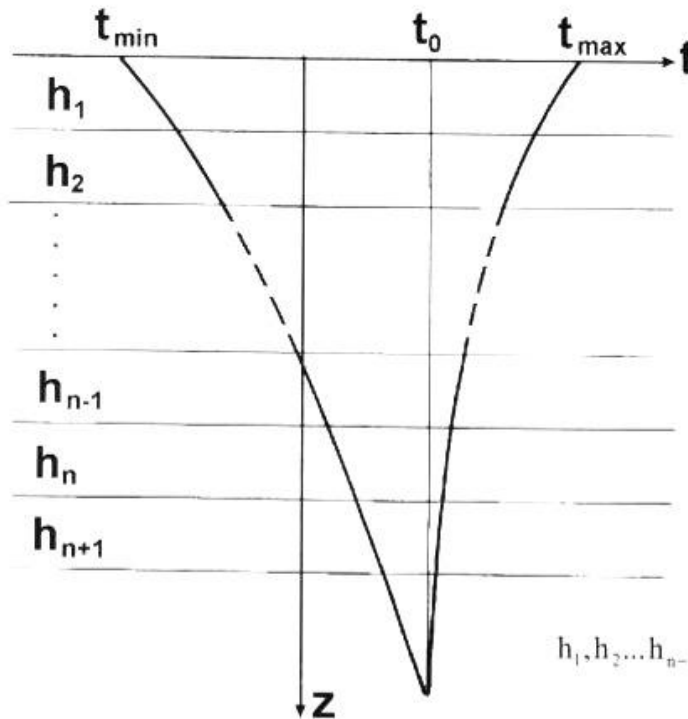






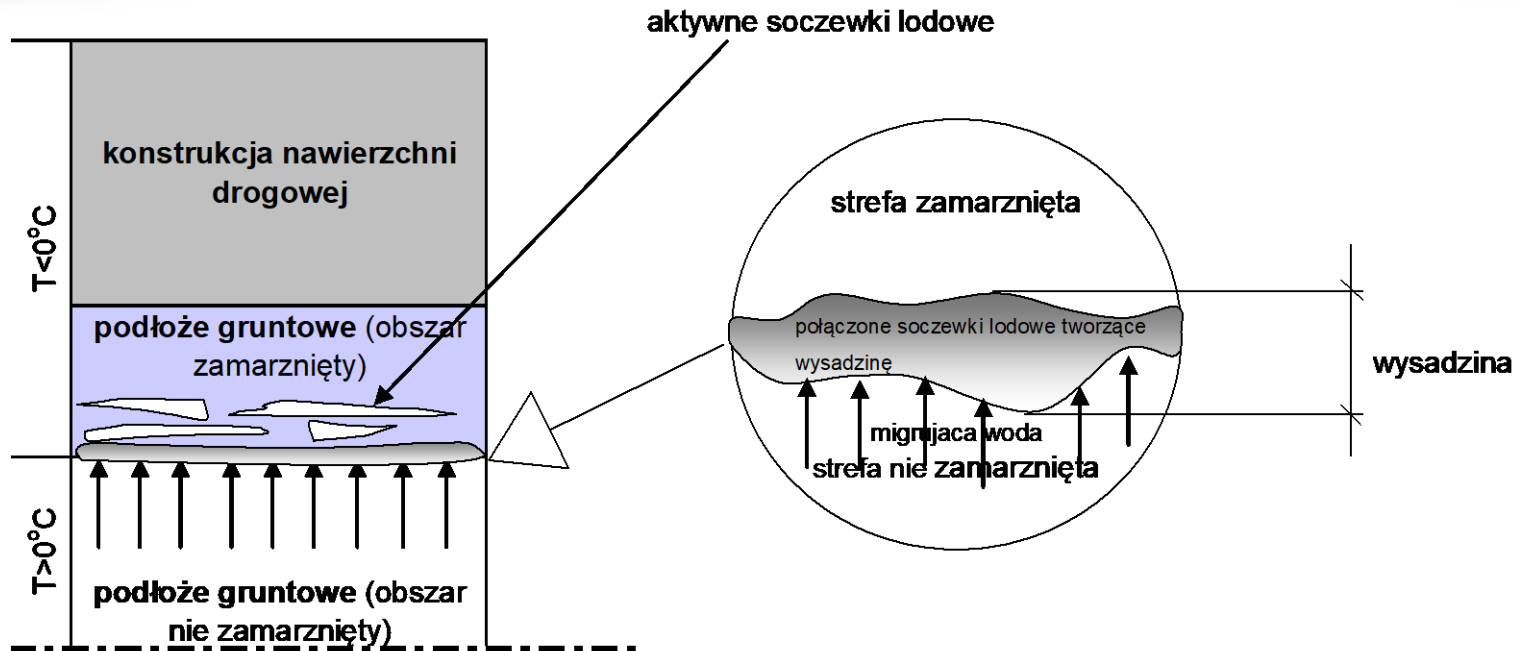


Badania wysadzinowości



- t – temperatura (°C),
- t_{\min} – temperatura minimalna w okresie zimowym (°C),
- t_{\max} – temperatura maksymalna w okresie letnim (°C),
- t_0 – stała temperatura w podłożu na dużej głębokości (°C),
- $h_1, h_2, \dots, h_{n-1}, h_n, h_{n+1}$ – grubość poszczególnych warstw nawierzchni i podłoża (m)

Badania wysadzinowości



Badania wysadzinowości

- **Metody bezpośrednie i pośrednie oceny wysadzinowości.**
- **Właściwości wysadzinowe gruntów lub kruszyw zależą m.in. od zawartości cząstek drobnych.**
- **Wpływ uziarnienia na wysadzinowość zbadano na kruszywach, które w praktyce były przeznaczone do wykonywania konstrukcji drogowych.**
- **Cel: ustalenie zależności pomiędzy wysadziną a właściwościami kruszyw.**
- **Badanie wysadziny metodą bezpośrednią i korelacje.**

Badania wysadzinowości

- **Próbki kruszyw przygotowano w normowej formie CBR rodzaju B.**
- **Granulat CO₂ - temperatura od -29 do -36°C na górnej powierzchni próbki.**
- **Dolna część próbki w wodzie o temperaturze od +4 do +6°C.**
- **Pomiar trwał 4 doby, z rejestracją wysadziny 2 razy w ciągu doby.**

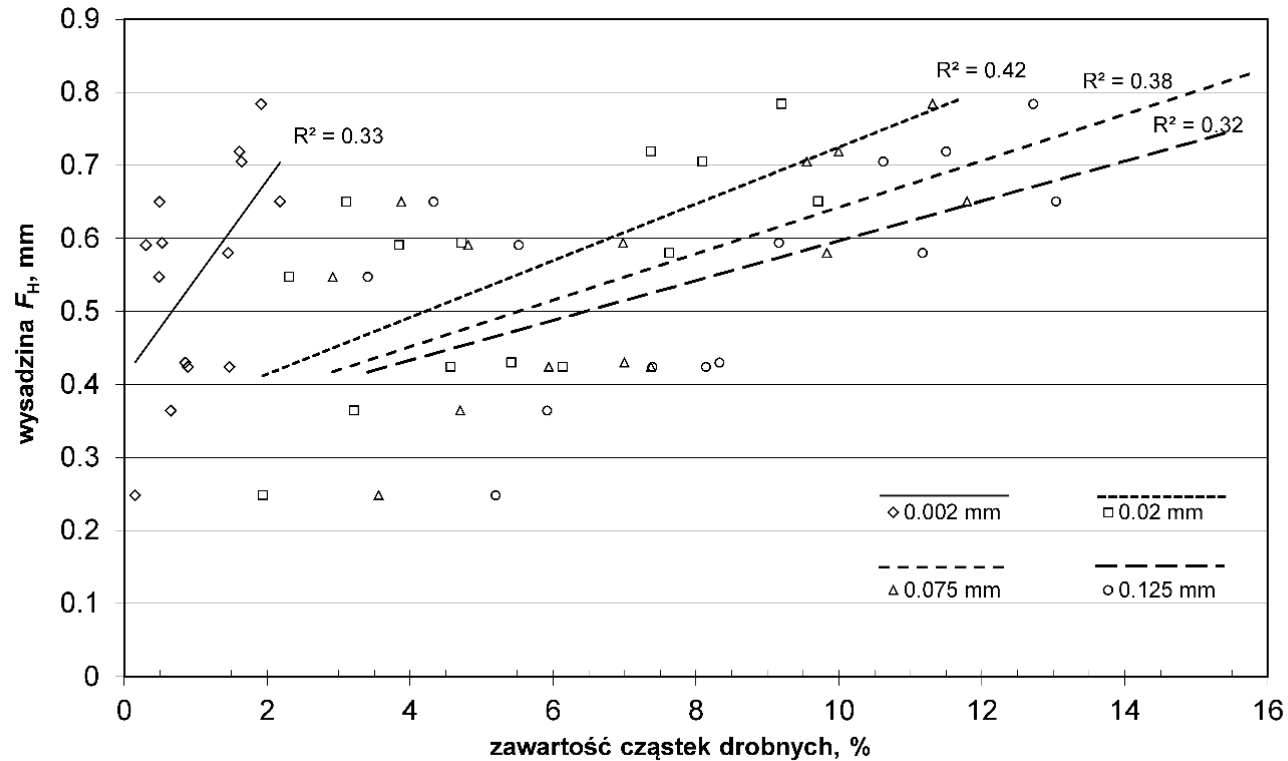
Badania wysadzinowości



Badania wysadzinowości

- Wartość wysadziny F_H w zależności od zawartości frakcji $<0,002\text{mm}$, $<0.02\text{mm}$, $<0.075\text{mm}$ i $<0.125\text{mm}$.
- Pomędzy zawartościami cząstek drobnych, mniejszych niż: 0.02mm , 0.075mm , 0.125mm i 0.002mm a wysadziną mrozową F_H uzyskano korelacje ze współczynnikiem determinacji $R^2=0.32\div 0.42$.

Badania wysadzinowości

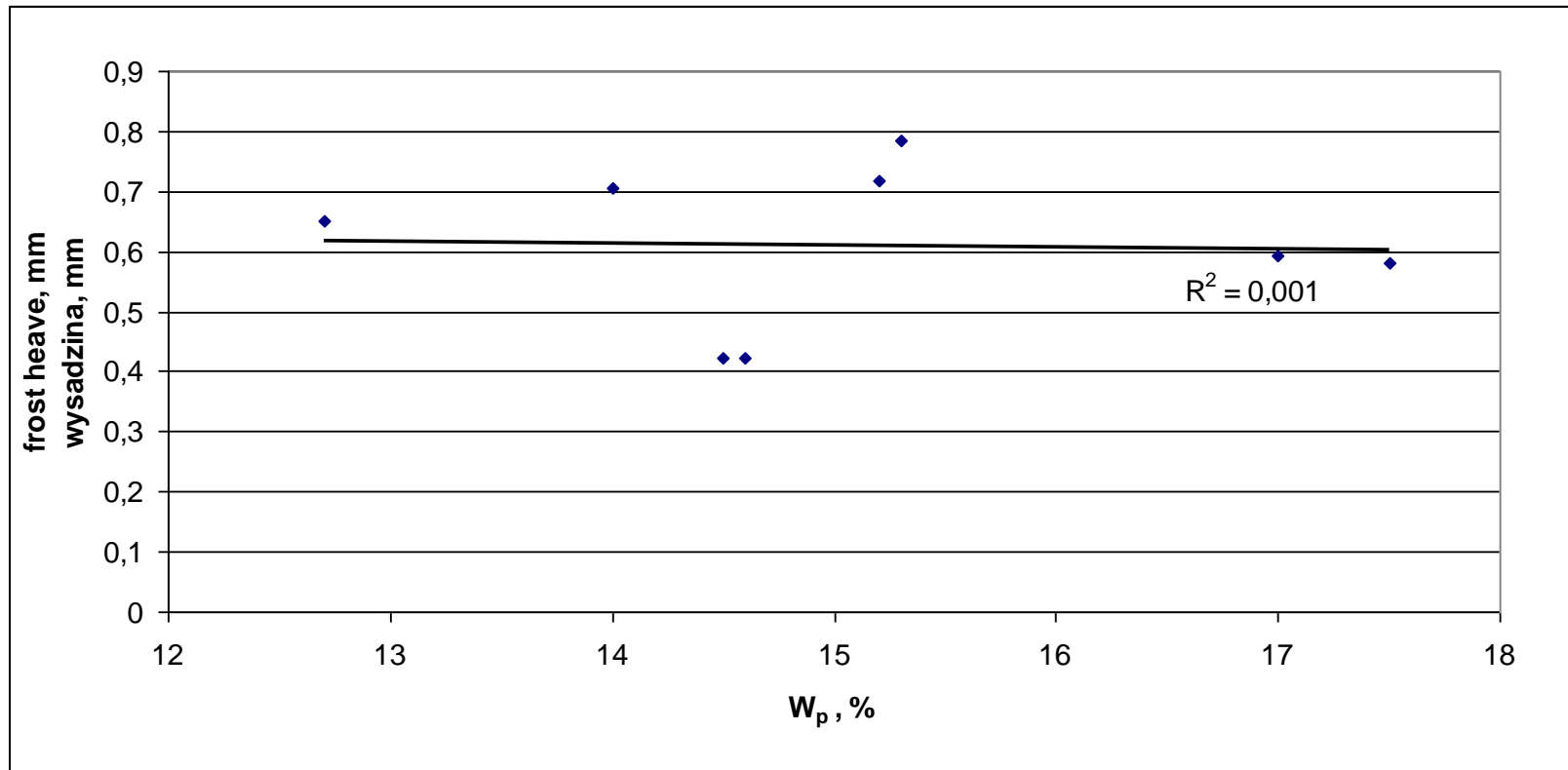


Wpływ uziarnienia kruszyw na ich wysadzinowość

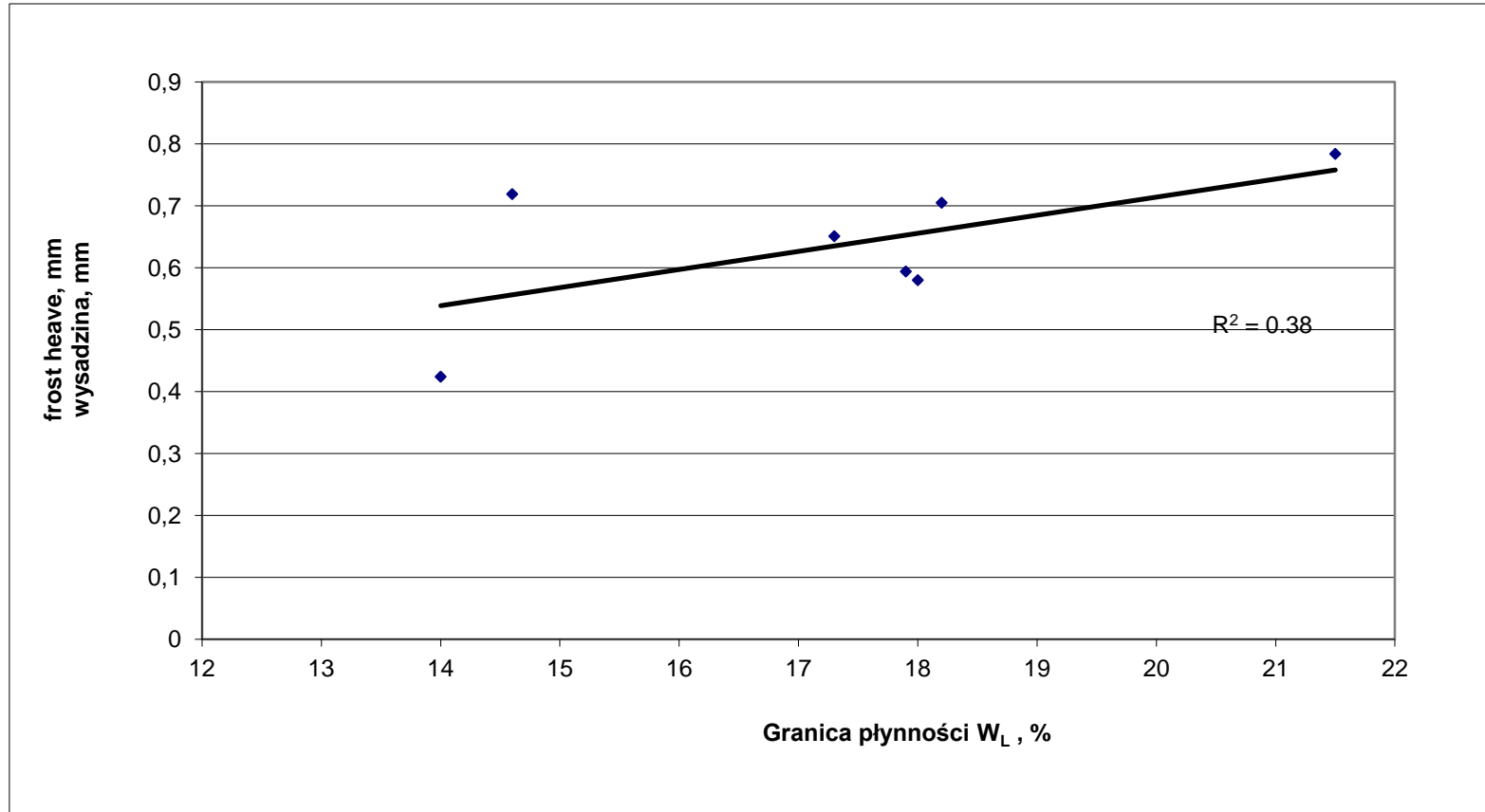
Badania wysadzinowości

- Do oceny wysadzinowości gruntów i kruszyw często stosuje się wskaźnik plastyczności I_p .
- Granica plastyczności, granica płynności oraz obliczony wskaźnik plastyczności.
- Stwierdzono brak korelacji pomiędzy wskaźnikiem plastyczności, a także granicą plastyczności badanych kruszyw a wysadziną.
- Pomędzy granicą płynności a wysadziną stwierdzono korelację ze współczynnikiem determinacji $R^2=0.39$.

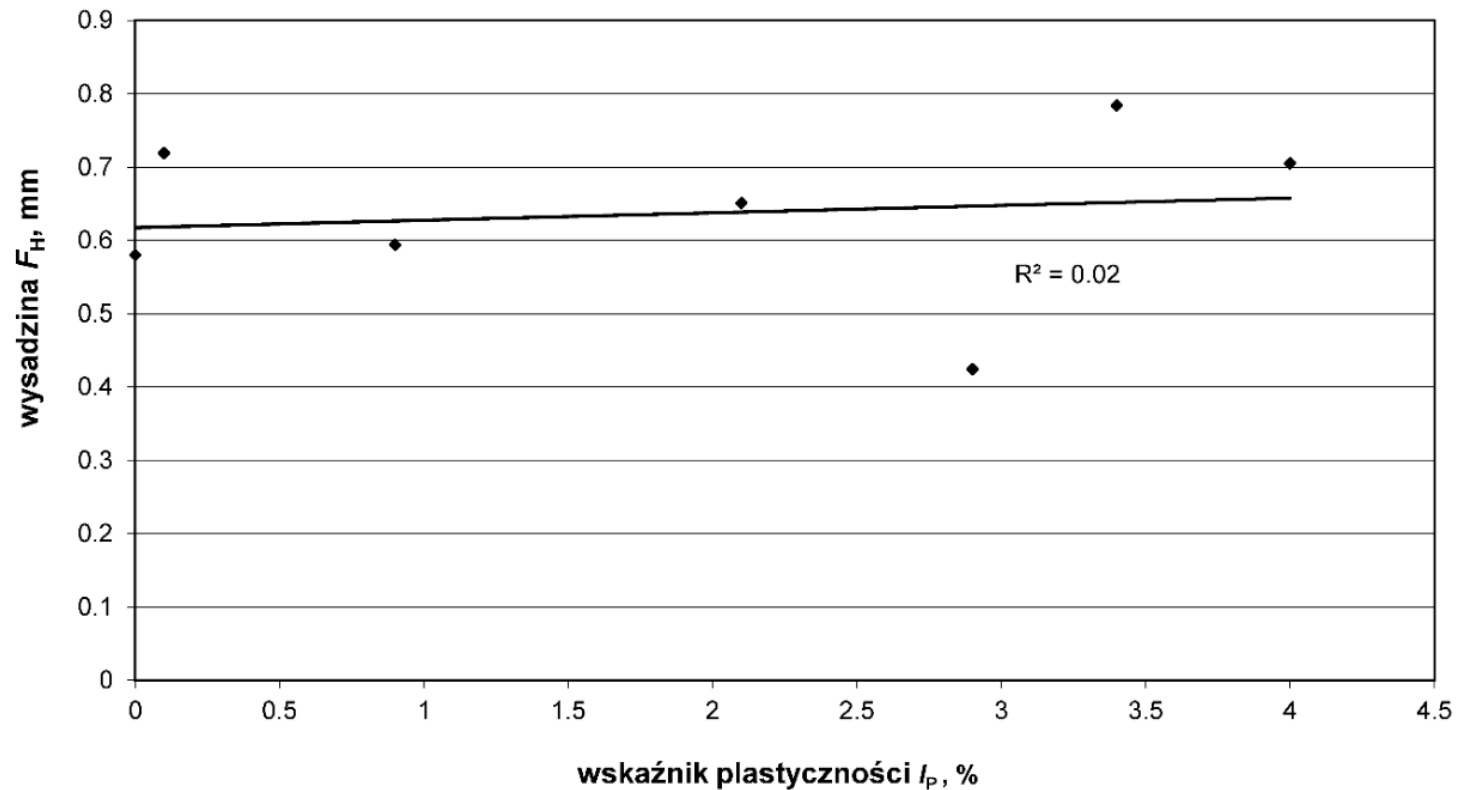
Badania wysadzinowości



Badania wysadzinowości



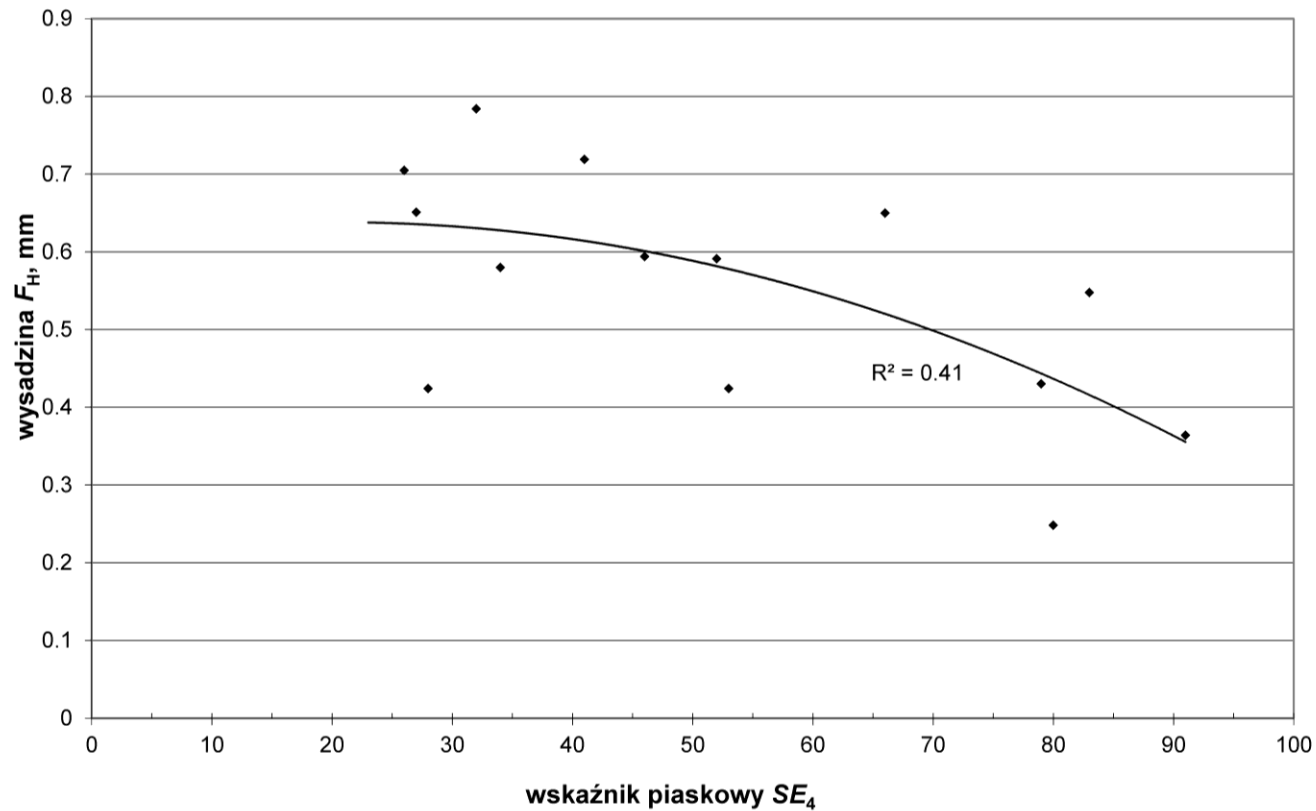
Badania wysadzinowości



Badania wysadzinowości

- **Wskaźnik piaskowy SE_4 , najczęściej stosowany w drogownictwie do prognozowania wysadzinowości gruntów i kruszyw.**
- **Procentowy stosunek objętości piasku do objętości całego badanego materiału po nasyceniu go odpowiednim roztworem.**
- **Według polskich wymagań niewysadzinowe są grunty lub kruszywa, których $SE_4 \geq 35$.**
- **Wskaźnik piaskowy może być wykorzystany do prognozowania wysadzinowości.**

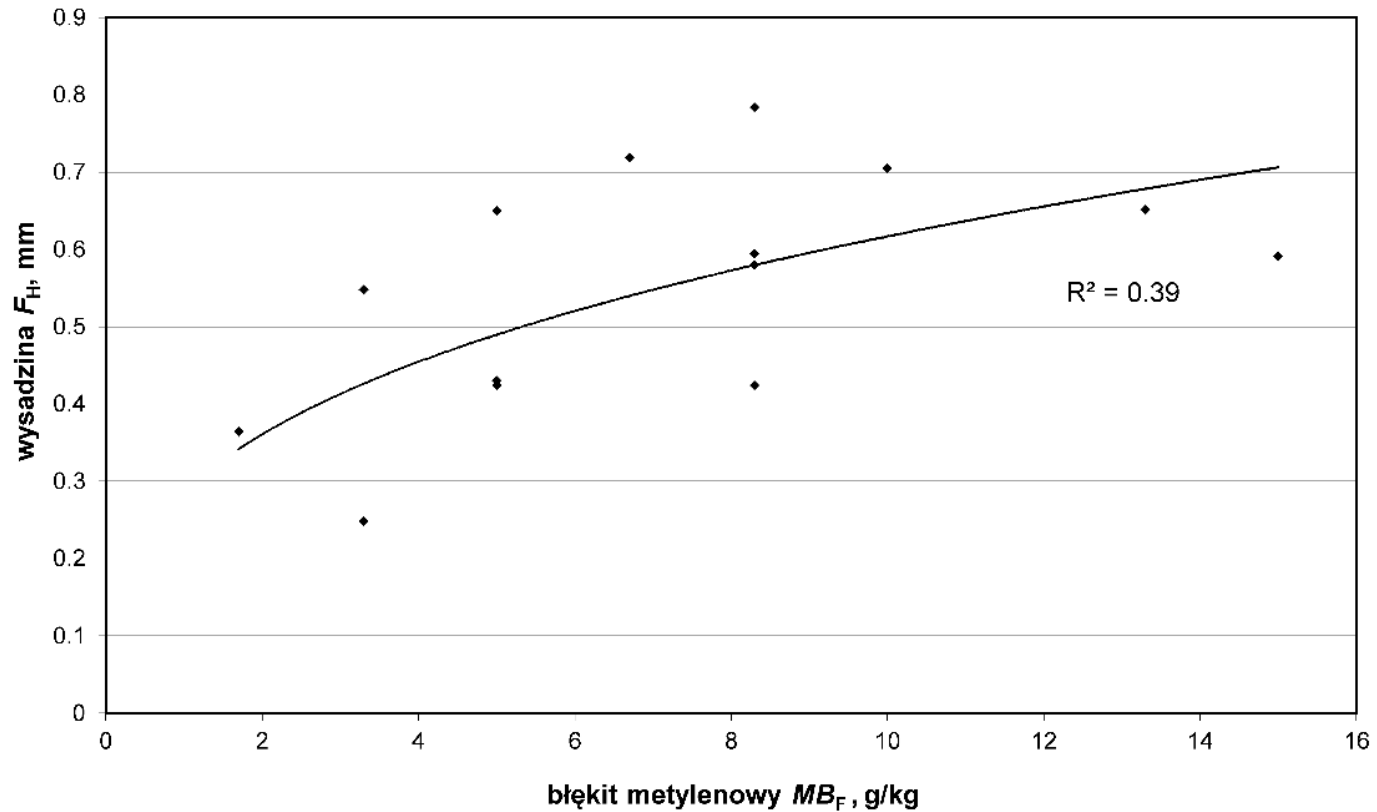
Badania wysadzinowości



Badania wysadzinowości

- Sorpcją błękitem metylenowym a wysadzinowością kruszyw.
- W polskich wymaganiach przyjmuje się, że materiały niewysadzinowe powinny charakteryzować się sorpcją $MB_F \leq 10\text{g/kg}$.
- Sorpcja błękitem metylenowym może także być wykorzystana do prognozowania wysadzinowości.

Badania wysadzinowości



Badania wysadzinowości

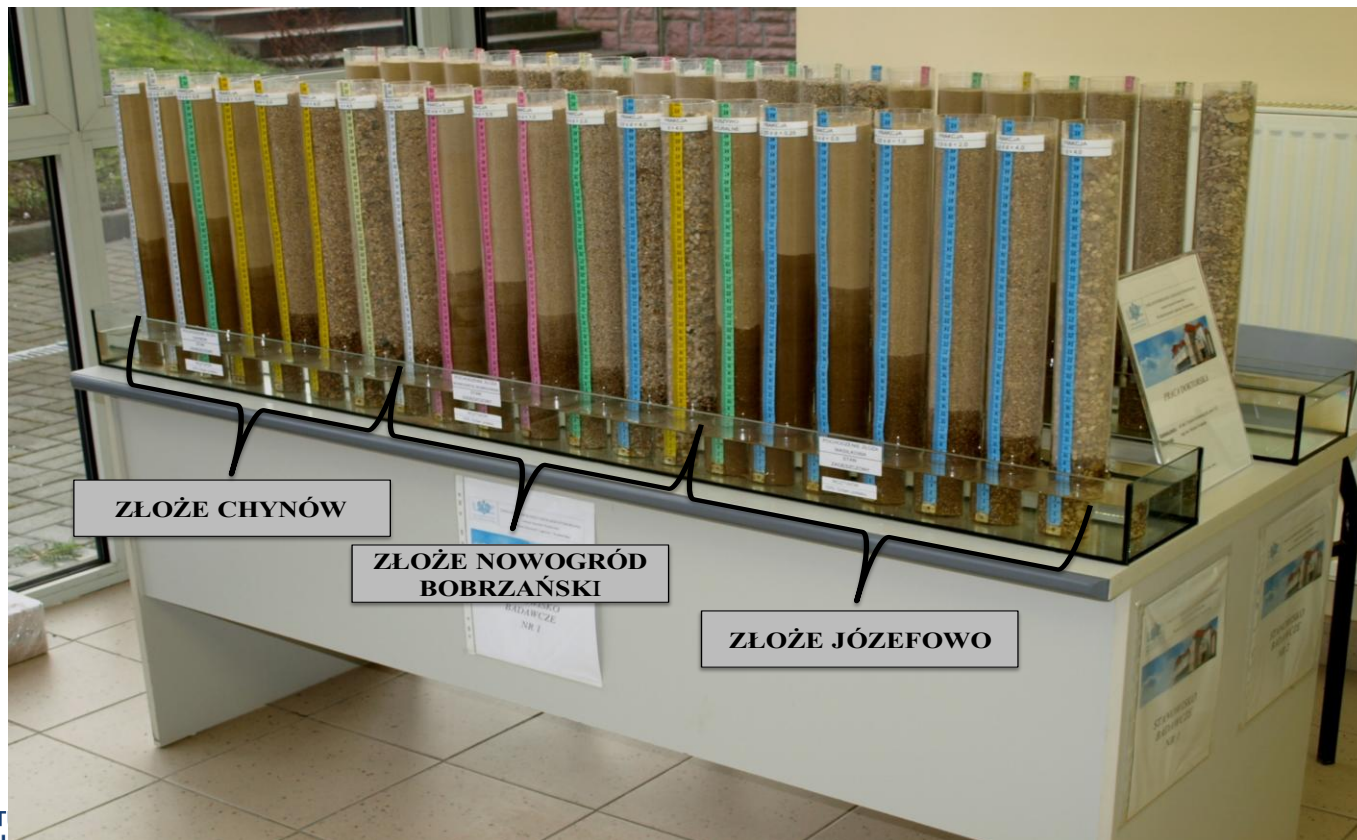
Przyjmując na przykład dopuszczalną wysadzinę $F_H=0.60\text{mm}$, kryteria wysadzinowości mogą być następujące:

- zawartość cząstek $<0.02\text{mm} \leq 7\%$,
- zawartość cząstek $<0.075\text{mm} \leq 9\%$,
- zawartość cząstek $<0.125\text{mm} \leq 10\%$,
- wskaźnik piaskowy ≥ 38 ,
- sorpcja błękitu metylenowego $\leq 8\text{g/kg}$.

Badania wpływu środków odladzających na kapilarność gruntów

- **W zimowym utrzymaniu dróg stosuje się różne związki chemiczne, które mają wpływ na kapilarność gruntów.**
- **Wykonano badania porównujące kapilarność gruntów przy użyciu wody destylowanej oraz roztworów środków stosowanych w zimowym utrzymaniu dróg.**
- **Środki te spowodowały zmniejszenie kapilarności gruntów.**
- **Zjawisko to może mieć wpływ na wysadzinowość gruntów.**

Badania wpływu środków odładzających na kapilarność gruntów



Badania wpływu środków odladzających na kapilarność gruntów

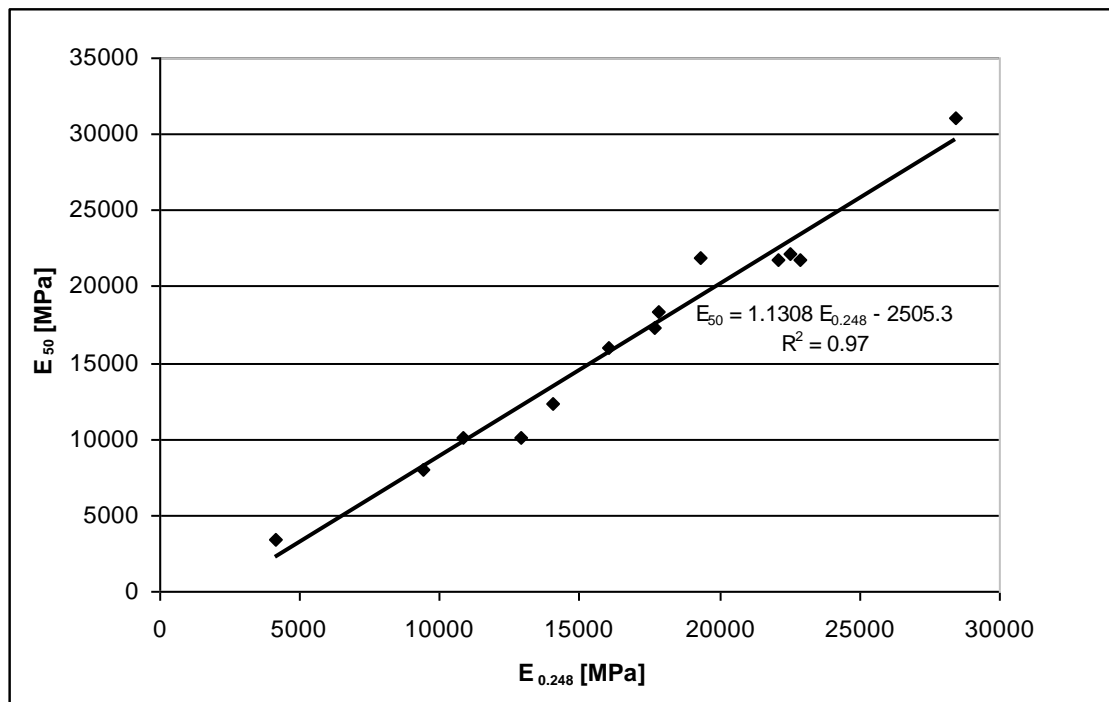
| Związek chemiczny | Grunt 1 [%] | Grunt 2 [%] | Grunt 3 [%] |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| CaCl ₂ | 39 | 40 | 55 |
| NaCl+CaCl ₂ | 34 | 35 | 44 |
| sól drogowa | 31 | 27 | 43 |
| H ₂ NCONH ₂ | 26 | 25 | 29 |
| NaCl | 24 | 18 | 23 |
| (CH ₃ COO) ₂ Ca | 20 | 15 | 17 |
| CH ₃ COOK | 12 | 14 | 15 |
| NaCl+MgCl ₂ | 11 | 13 | 13 |
| (CH ₃ COO) ₂ Mg | 8 | 12 | 7 |
| MgCl ₂ | 7 | 6 | 3 |

Badania modułu sprężystości gruntów stabilizowanych cementem

- **Badania wpływu prędkości obciążenia na wartość modułu sprężystości:**
 - ✓ dynamicznie – czas obciążenia 0,248 s,
 - ✓ statycznie - czas obciążenia 50 s.

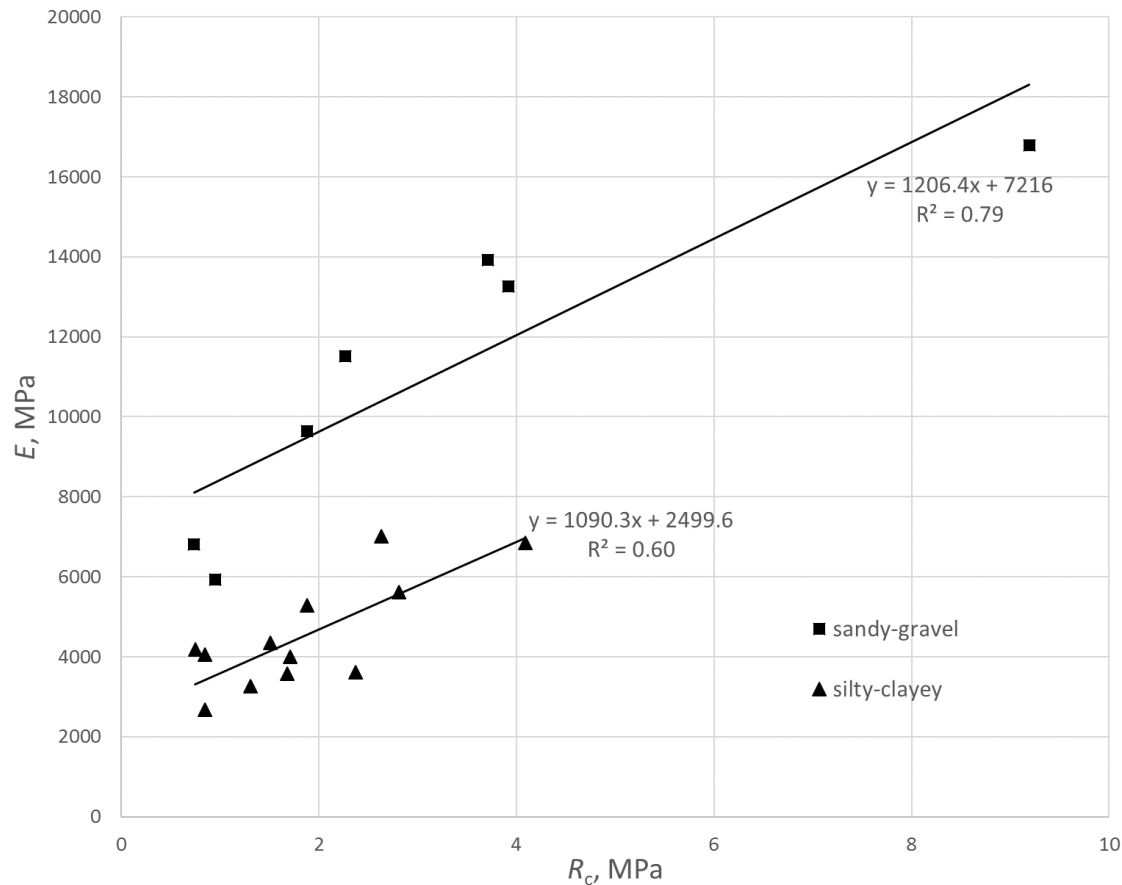
- **Badania wpływu uziarnienia gruntów na wartość modułu sprężystości:**
 - grunty gruboziarniste i sypkie,
 - grunty spoiste.

Badania modułu sprężystości gruntów stabilizowanych cementem



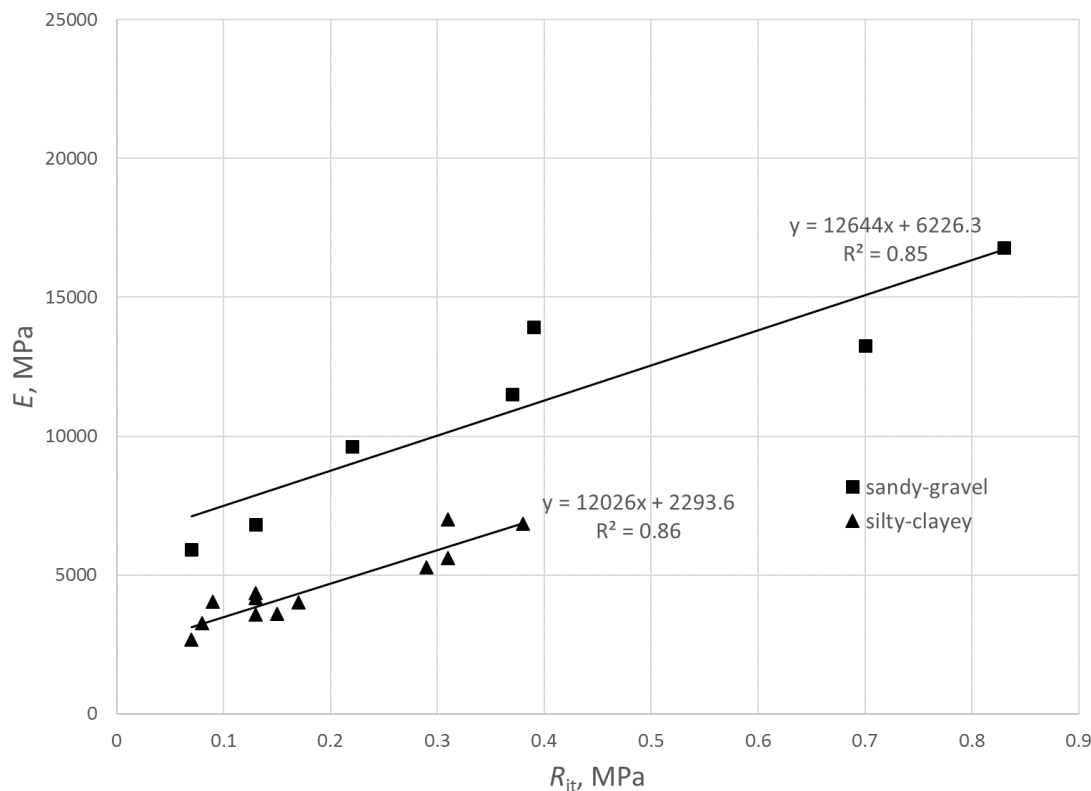
Zależność pomiędzy modułem badanym metodą dynamiczną i statyczną

Badania modułu sprężystości gruntów stabilizowanych cementem



Zależności pomiędzy wytrzymałością na ściskanie a modułem sprężystości dwóch grup gruntów

Badania modułu sprężystości gruntów stabilizowanych cementem



Zależności pomiędzy wytrzymałością na rozciąganie a modułem sprężystości dwóch grup gruntów

Publikacje w czasopismach

- **Journal of Soils and Sediments**
- **Road Materials and Pavement Design**
- **Roads and Bridges – Drogi i Mosty**
- **Baltic Journal of Road and Bridge Engineering**
- **Civil and Environmental Engineering Reports**
- **Springer Series in Geomechanics and Geoengineering, Springer-Verlag**

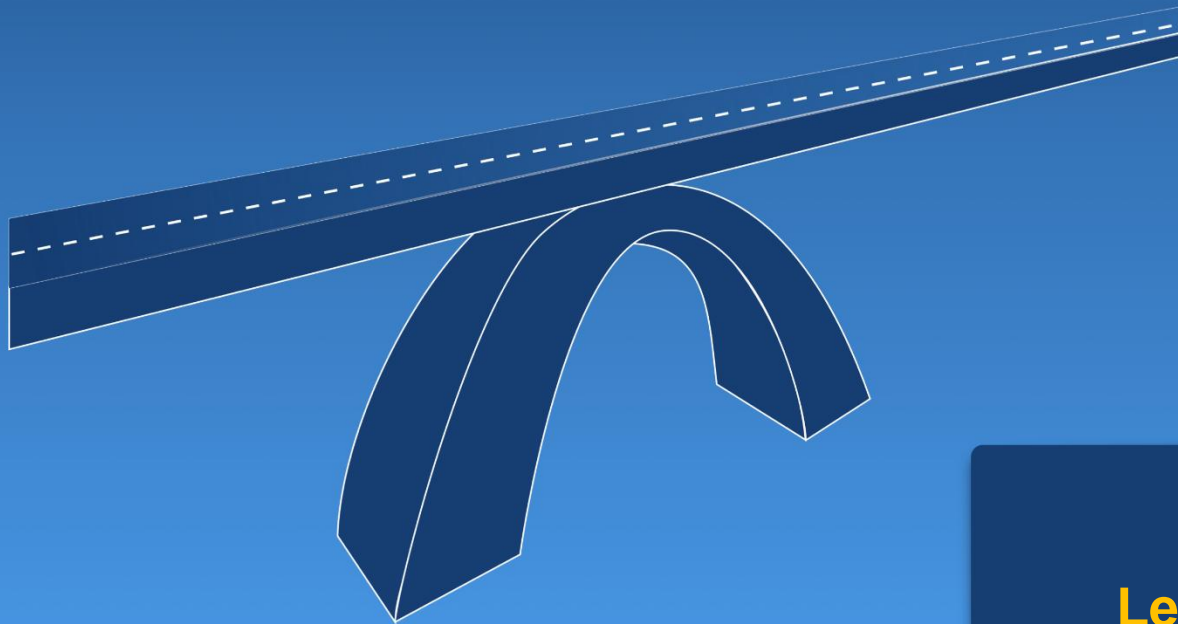
Referaty na konferencjach

- **Proceedings of China-Europe Conference on Geotechnical Engineering, Springer Nature Switzerland AG, 2018**
- **The 3rd International Conference on Transportation Geotechnics, Guimaraes, Portugal, 2016**
- **Proceedings of 6th Transport Research Arena, Transportation Research Procedia, Warsaw, 2016**
- **XV Danube – European Conference on Geotechnical Engineering (DECGE 2014), Wien, Austria**

Dziękuję za uwagę



INSTYTUT BADAWCZY
DRÓG I MOSTÓW
ROAD AND BRIDGE
RESEARCH INSTITUTE



Leszek Rafalski
z zespołem