






# TECHNOLOGIA BETONU

# Nawierzchnie drogowe z wałowanego betonu cementowego – RCC

## Efektywność, trwałość, dostępność

**Sylwester Gruszczyński**  
Kierownik Segmentu Drogi Lokalne

-  Zarys technologii betonu wałowanego.
-  Specyfika mieszanki betonowej – parametry techniczne, charakterystyka.
-  Technologia układania RCC
-  Czynniki mające wpływ na trwałość i efektywność ekonomiczną (metody napraw i rewitalizacji)
-  Koszty budowy i utrzymania w całym cyklu życia.

# Zarys technologii betonu wałowanego





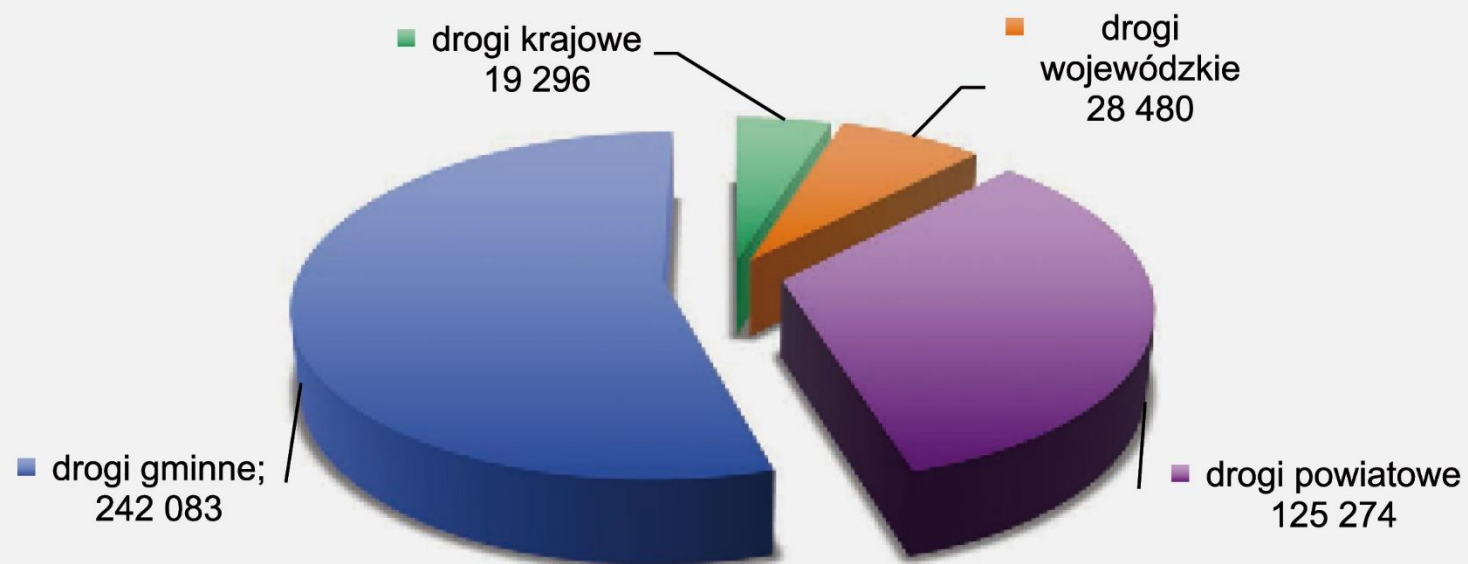
# Czy jest w Polsce miejsce dla RCC?

## Zarys technologii betonu wałowanego

| Kategoria drogi   | Długość w km | O nawierzchni twardej <sup>1</sup> | O nawierzchni twardej ulepszonej <sup>2</sup> | O nawierzchni twardej ulepszonej [%] | Udział w całości sieci |
|-------------------|--------------|------------------------------------|---|--------------------------------------|------------------------|
| drogi krajowe     | 19 296       | 19 295                             | 19 291  | 100%                                 | 4,6%                   |
| drogi wojewódzkie | 28 480       | 28 424                             | 28 374  | 100%                                 | 6,9%                   |
| drogi powiatowe   | 125 274      | 114 410                            | 110 550                                       | 88%                                  | 30,2%                  |
| drogi gminne      | 242 083      | 123 037                            | 104 361                                       | 43%                                  | 58,3%                  |
|                   | 415 133      | 285 165                            | 262 576                                       |                                      | 100%                   |

# Czy jest w Polsce miejsce dla RCC?

## Zarys technologii betonu wałowanego



Źródło: GUS 2013

# Beton wałowany jest... BETONEM.

## Zarys technologii betonu wałowanego

Definicja: **Beton wałowany** (z angielskiego: RCC – Roller Compacted Concrete) – to warstwa mieszanki betonowej o optymalnej wilgotności (zbliżonej do wilgotności naturalnej gruntu), wyznaczanej zmodyfikowaną metodą Proctora – układana i zagęszczana przy użyciu maszyn do robót drogowych.

- Materiały są takie same, jak w betonie tradycyjnym, wyselekcjonowane kruszywa, cement i woda, ale stosowane są inne proporcje mieszanki .
- Po zagęszczeniu właściwości RCC są podobne do betonu tradycyjnego

**Beton  
tradycyjny**



Fot: Martin Ashfield Cemex BRMCA

**Beton  
wałowany**





# Beton wałowany – czy to jest nowość?



Lata 30-te: Wykorzystanie wałowania przy układaniu nawierzchni betonowej w Szwecji.



Lata 40-te: RCC w USA - budowa lotniska w m. Yakima w stanie Washington

Lata 70-te: Kanada. RCC jako standardowa nawierzchnia placów sortowania drewna w Kanadzie

Lata 80-te: Korpus Inżynieryjny Armii USA używa RCC do wykonywania nawierzchni w obiektach wojskowych.



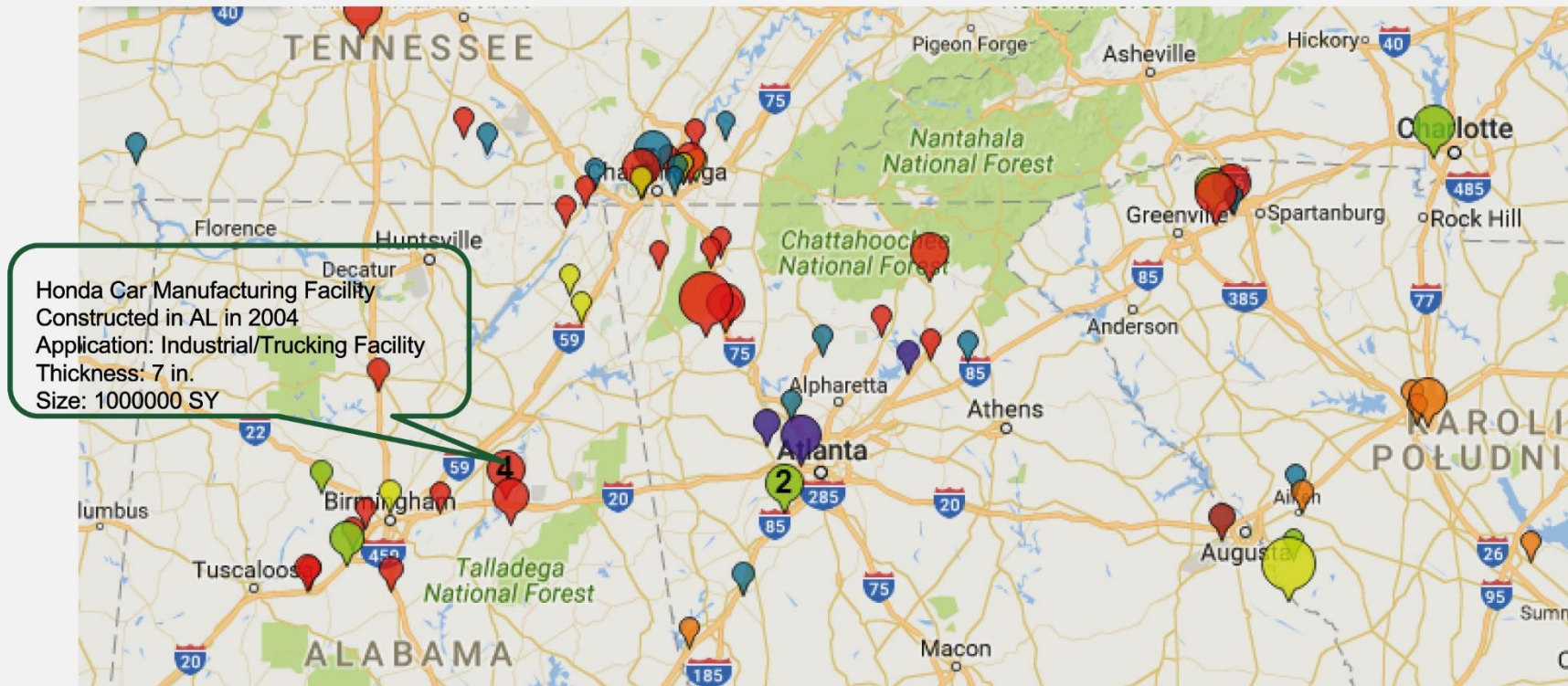
Koniec lat 80-tych i początek lat 90-tych: RCC w portach i terminalach intermodalnych w USA

Pierwsza dekada XXI wieku: RCC w nawierzchniach ulic o niskim do średniego natężeniu ruchu i dróg drugorzędnych .



Źródło: Guide for RCC pavements, IOWA State University 2011

# Alabama, Tennessee, Georgia – 300 obiektów RCC

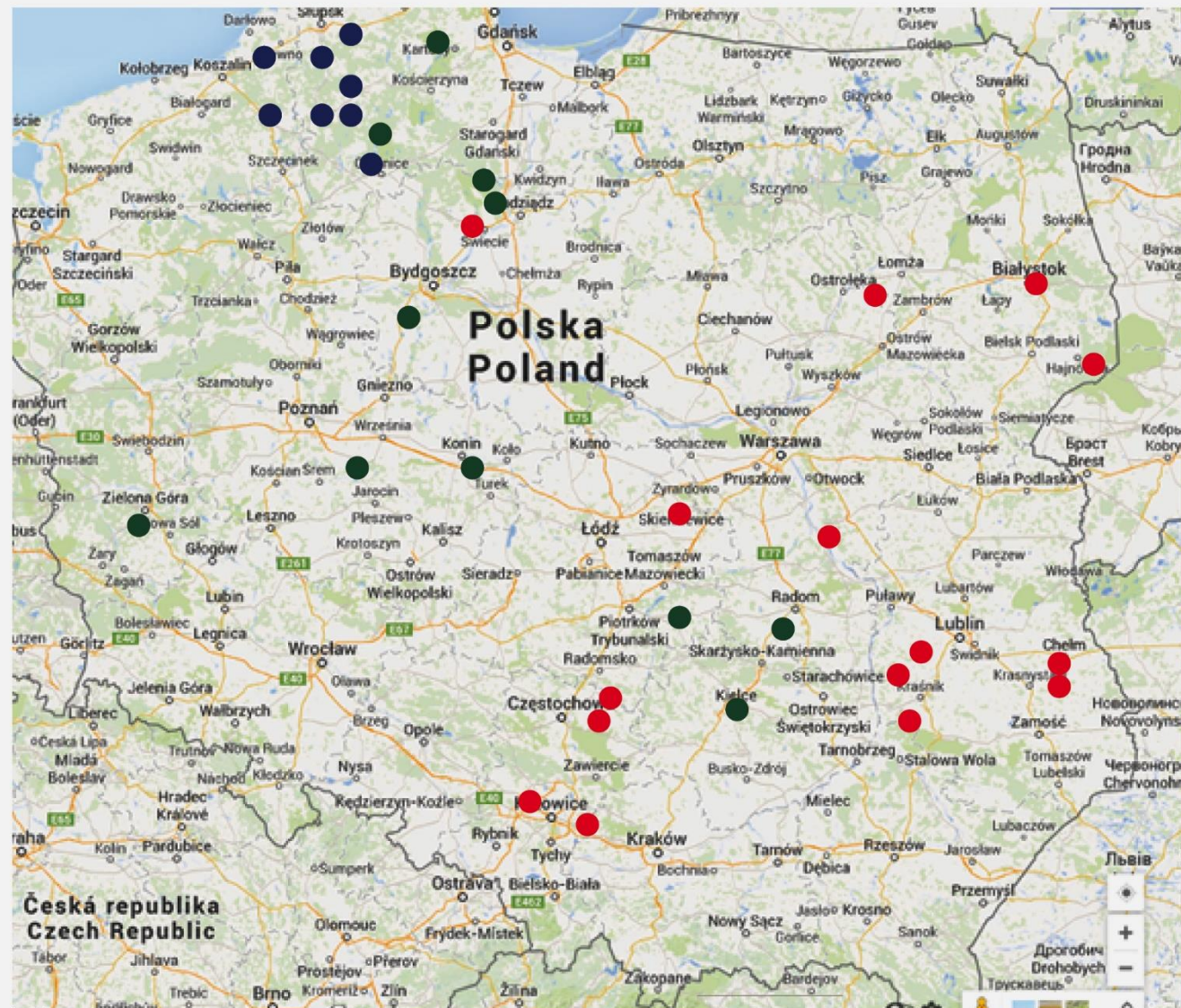


<http://www.acpa.org> (American Concrete Pavement Association)



# Polska

- **Ponad 40 obiektów RCC**
- **200 000 m<sup>2</sup>**





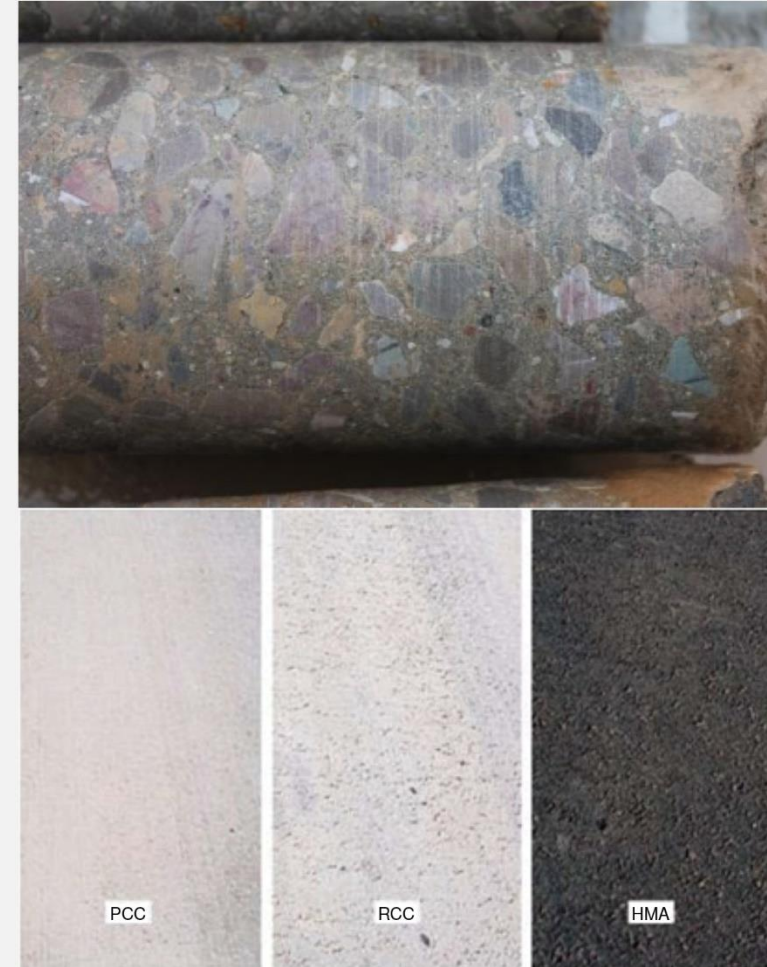
# Specyfika mieszanki betonowej RCC



# Cechy charakterystyczne betonu wałowanego

## Specyfika mieszanki betonowej

1. Beton wałowany zawiera te same podstawowe składniki, jak tradycyjna mieszanka betonowa, chociaż w innych proporcjach. (cechy użytkowe betonu)
2. Powierzchnia betonu wałowanego ma bardziej otwartą strukturę powierzchni, która po walcowaniu jest podobna do powierzchni nawierzchni asfaltowych.
3. Cicha nawierzchnia z powodu porowatej struktury.
4. Mniejszy skurcz betonu oraz niska przepuszczalność (szczelność), powodują mniejszą ilość spękań.
5. Prawidłowo wykonany beton wałowany charakteryzuje się wysoką mrozoodpornością nawet bez dodatkowego napowietrzenia
6. Nawierzchnia betonu wałowanego jest podatna na obróbkę mechaniczną (Grinding – frezowanie, NGCS). Możliwa rewitalizacja i poprawa własności użytkowych.



Źródło: Guide for RCC pavements, IOWA State University 2011, LafargeHolcim – materiały własne



# Cechy mieszanki betonowej RCC



# Technologia układania RCC





## Przykład wykonania na podstawie przeprowadzonej inwestycji



**Przebudowa drogi gminnej nr 06001F relacji Radomia – Słone ETAP II w ramach Narodowego Programu Przebudowy Dróg Lokalnych**

Parametry główne:

1. Długość – 2200m.
2. Szerokość : 5 m.
3. Podbudowa: grunt stabilizowany spoiwem hydr. + 15 cm kruszywo
4. Nawierzchnia: warstwa ścieralna z betonu cementowego-wałowanego c30/37 gr. 17cm. Powierzchnia betonowej nawierzchni: 11000 m<sup>2</sup>
5. Koszt całkowity: 1 576 018 PLN.
6. Wykonawca wyłoniony w trybie postępowania przetargowego.
7. Okres gwarancji: 180 m-cy.
8. Realizacja : październik 2015.

 Niezbędne jest wykonanie kompleksowych badań mieszanki RCC



1. Przygotowanie podłoża.
2. Mieszanka betonowa  
– recepta i badania wstępne.



# Technologia układania RCC

 Dostępność sprzętu nie jest barierą.



3. Transport samochodami samowyładowczymi

# Technologia układania RCC

 Bardzo ważne jest zachowanie reżimu wykonawczego



4. Układanie mieszanki betonowej



- ❖ Zagęszczanie ułożonej nawierzchni RCC wykonuje się tak samo jak przy MMA



5. Wałowanie. Optymalny zestaw maszyn – walec stalowy + walec gumiony



# Technologia układania RCC



5. Wałowanie c.d.



# Technologia układania RCC

 Kluczem do sukcesu jest właściwe zorganizowanie procesu budowy



6. Organizacja placu budowy



# Technologia układania RCC

 Zapewnienie odpowiedniej ilości sprzętu i wykwalifikowanej kadry



6. Organizacja placu budowy c.d.



# Czynniki mające wpływ na trwałość RCC



# Skąd pewność że nawierzchnia RCC będzie trwała?



## Czynniki mające wpływ na trwałość RCC

| CECHY   | KORZYŚCI  |
|---|---|
| Wysoka wytrzymałość na zginanie – od 500 do 1000 psi* (3,4 – 6,9Mpa)                  | Zdolność do przenoszenia ciężkich, powtarzających się obciążeń bez pęknięć i odkształceń powierzchniowych. Podwyższona tolerancja na nierównomierność nośności podbudowy.<br>W efekcie mniejsze koszty konserwacji.           |
| Wysoka wytrzymałość na ściskanie – od 4000 do 10000 psi* (28 – 69MPa)                 | Wytrzymuje skupione obciążenia od nacisków punktowych. Odporność na naciski ciężkich pojazdów drogowych, w tym: pojazdów gaśnicowych, wózków kontenerowych i wszelkiego rodzaju wozideł stosowanych w przemyśle i górnictwie. |
| Wysoka wytrzymałość na ścinanie   | Eliminacja kolein i pęknięć pionowych (uskoków), Brak drogich wymian warstwy ścieralnej.  |
| Wysoka gęstość, niska absorpcja i przepuszczalność wody.                              | Zapewnia doskonałą trwałość, nawet w warunkach częstego przejścia przez „0” (zamrażania i rozmrażania); Nie ma praktycznie możliwości przesączania się wody przez nawierzchnię.   |
| Niska zawartość wody, niski stosunek woda / cement                                    | Wysoka wytrzymałość i mniejsza przepuszczalność. Jednocześnie większa wytrzymałość i odporność na działanie chemiczne i warunki atmosferyczne.  |
| Duża ilość frakcji kruszywa 8-16 (22) sprawia że powstaje wytrzymały zamek kruszywowy | Zapewnia wysoką odporność na ścinanie w dylatacjach ale również w miejscach niekontrolowanych pęknięć (brak klawiszowania)  |
| Nie zawiera stali zbrojeniowej (dyble, kotwy)   | Brak możliwości uszkodzeń konstrukcji w wyniku niewłaściwego wbudowania zbrojenia.<br>Brak odpowiedniej otuliny.  |
| Jasna nawierzchnia  | Oszczędność energii do oświetlenia parkingów i placów magazynowych. Lepsza widoczność obiektów znajdujących się na nawierzchni betonowej.   |



# Najważniejsza cecha RCC: ultra-wytrzymałość

 Zapewnić odpowiedniej ilości sprzętu i wykwalifikowanej kadry



Trwałość  
i bezpieczeństwo

# Parametry betonu wałowanego, obowiązkowo badane wg OST



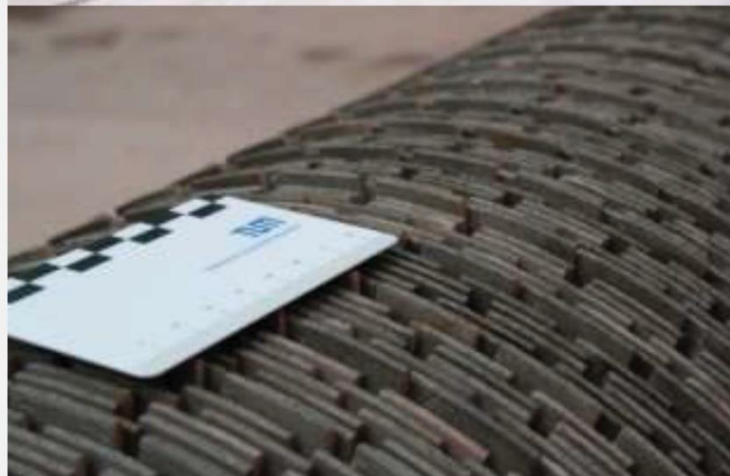
Fot: archiwum Lafarge

## Kontrolę mieszanki prowadzi się, określając takie parametry jak:

1. Gęstość betonu, obliczaną z masy wszystkich materiałów składowych i całkowitej objętości poszczególnych składników. Badanie gęstości betonu wykonuje się wg normy PN-EN 12390-7.
2. Wytrzymałość na ściskanie wykonuje się wg normy PN-EN 12390-3.
3. Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu wykonuje się na próbkach sześciennych o wymiarach 150 x 150 x 150 mm lub na próbkach walcowych o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm – wg normy PN-EN 12390-6.
4. Oznaczenie odporności na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odladzającej należy wykonać wg PKN-CEN/TS EN 12390-9. Z badania odporności na zamrażanie/rozmarzanie z udziałem soli odladzających zwolnione są betony, przeznaczone na drogi polne i leśne, place składowe, podłogi hal fabrycznych, ścieżki rowerowe i inne, nie narażone na równoczesne oddziaływanie mrozu i chemicznych środków zimowego utrzymania dróg.



# Rewitalizacja zużytych nawierzchni. Metoda „Grinding” – dobra również dla RCC



## Optimalizacja tekstury nawierzchni betonowych metodą „Grinding”

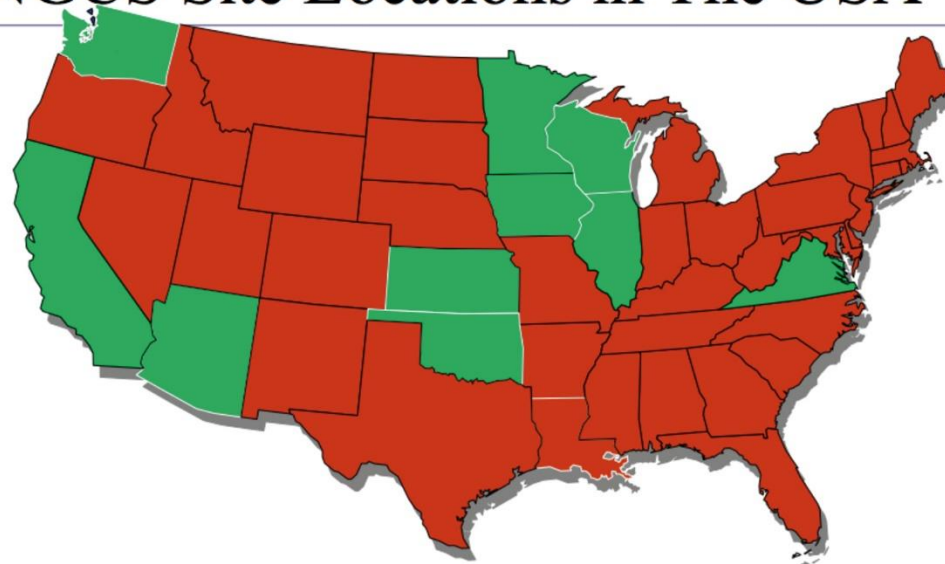
Metoda intensywnie rozwijana w Niemczech. Duży program badawczy (Villaret Ingenieurgesellschaft, TU München, OAT GmbH, Müller-BBM, RWTH Aachen)

Źródło: Dipl.-Ing. Jens Skarabis, TU München, (Quelle): Bast

# Next Generation Concrete Surface (NGCS) 50 + 20 dodatkowych lat użytkowania (amerykańskie szacunki)



## NGCS Site Locations in The USA



**Amerykański program badań tekstury nawierzchni betonowych:** prowadzony przez IGGA (International Grooving & Grinding Association) przy udziale: American Concrete Pavement Association, State Paving Associations (21), National Concrete Pavement Technology Center, Portland Cement Association

**Faza Laboratoryjna:** przeprowadzona na Purdue University Herrick Laboratories od roku 2005

Od października 2007 – **faza realizacyjna** 17 odcinków NGCS w 10 stanach.

Pierwsza specyfikacja techniczna NGCS 2013 – Caltrans (Kalifornia).



# RCC na autostradach? Tak: RCC + NGCS = A78 (Aiken USA)



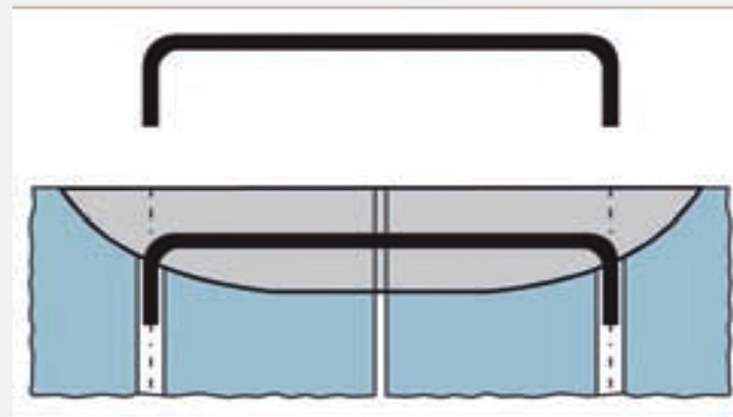
- Największy, obejmujący 104,000 jardów kwadratowych projekt NGCS zrealizowano na drodze I-35 w mieście Duluth, Minnesota w 2010. Naprawa odcinków 20 i 45 letniej nawierzchni PCC.
- **We wrześniu 2010 – pierwsza realizacja RCC, autostrada 78 w Aiken (Karolina pld.).** Usunięto asfalt i położono 254mm RCC. Długość 1,6km, cztery pasy ruchu, zagęszczenie – walec 12t + walec ogumiony. Nawierzchnia wykończona metodą NGCS.
- **Zalety:** zwiększenie odporności na poślizg, zmniejszenie hałasu, ograniczenie szorstkości, poprawa bezpieczeństwa, niski koszt: CDG – 8,2\$, NGCS – 12,5\$ (wycena dokonana na bazie krótkich odcinków).

# Technologia napraw miejscowych, wykruszenia.

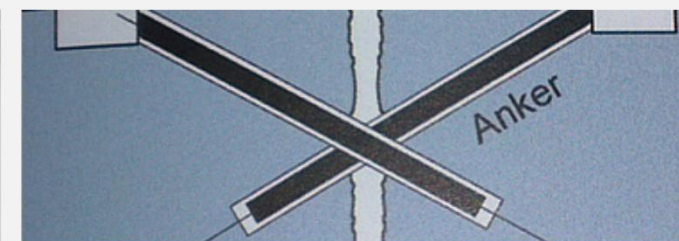




# Naprawa betonu – naprawy pojedynczych pęknięć



Klamrowanie rozdzielonych pęknięciem części płyty betonowej



Kotwienia diagonalne rozdzielonych pęknięciem części płyty betonowej

Foto: dzięki uprzejmości IDiL dr inż. Wiesław Dąbrowski

# Naprawa betonu – naprawa poprzez wymianę płyt

Przykłady zabiegów utrzymaniowych – wymiana płyt.





# Naprawa betonu – naprawa poprzez wymianę płyt cd.

Przykłady zabiegów utrzymaniowych – wymiana płyt cd.



# Skąd pewność że nawierzchnia RCC będzie trwała?



## Czynniki mające wpływ na trwałość RCC

**Kluczowe parametry określające moment oddania naprawianego odcinka do ruchu (wg U.S. FHWA\*)**

- Minimalna wytrzymałość (Compressive Strength : 13.8MPa)
- Minimalna wytrzymałość na zginanie (Modulus of Rupture : 2.1 Mpa)
- Minimalny czas po wbudowaniu: poniżej typowe czasy określające oddanie do użytku dla różnego typu mieszanek.

| Rodzaj mieszanki  | Przeciętny czas oddania drogi |
|---|-------------------------------|
| Mieszanki „momentalne”  | 2 - 4 godziny                 |
| Mieszanki CSA (Calcium Sulfo Aluminate) cement                            | 2 - 4 godziny                 |
| Typ III cement z bezchlorkową domieszką przyspieszającą (nanotechnologia) | 4 - 6 godzin                  |
| Typ III cement z chlorkiem wapnia (CaCl <sub>2</sub> )                    | 4 - 6 godzin                  |
| Typ I cement z chlorkiem wapnia (CaCl <sub>2</sub> )                      | 6 - 8 godzin                  |
| Typ III cement z domieszką redukującą wodę                                | 12 - 24 godzin                |
| Typ I mieszanki napowietrzane bez dodatku popiołu lotnego                 | 12 - 24 godzin                |



# Technologia betonu wałowanego – oferta LafargeHolcim



## Zapewniamy wsparcie techniczne – laboratoryjne a w szczególności:

1. **Doradztwo** w zakresie doboru odpowiedniej konstrukcji nawierzchni.
2. **Projekt** konstrukcji nawierzchni w oparciu katalog typowych nawierzchni GDDKiA.
3. **Badania terenowe** stanu istniejącej nawierzchni oraz określenie warunków gruntowych.
4. **Pobór i przygotowanie próbek** oraz badania laboratoryjne istniejącego podłoża.
5. **Zaprojektowanie recepty mieszanki betonowej** + testy laboratoryjne.
6. **Wsparcie przy realizacji kontraktu**, wbudowania mieszanki betonowej oraz badań kontrolnych zgodnie z zapisami norm oraz specyfikacji.
7. **Powołana w 2017 roku spółka LH Engineering świadczy kompleksowo wszystkie w/w usługi**, łącznie z wykonaniem całości zamówienia.



# ROLLTEC



®

SlideShare

#lafargepolska



# Dziękujemy za uwagę

## Sylwester Gruszczyński

Kierownik Segmentu Drogi Lokalne

tel.: +48 502 78 60 67

mail: [Sylwester.gruszczyński@lafargeholcim.com](mailto:Sylwester.gruszczyński@lafargeholcim.com)