

# Beton wałowany – szansą na tanie i trwałe drogi lokalne



Dr inż. Maciej Gruszczyński, Politechnika Krakowska, Stowarzyszenie Producentów Betonu Towarowego w Polsce

## 1. Wprowadzenie

W perspektywie budżetowej na lata 2014–20 na drogi lokalne w Polsce przeznaczone jest 5,2 mld zł w znacznej ilości pochodzących z funduszy pomocowych UE. Jak się wydaje, jedną z możliwych technologii, która zapewni wybudowanie trwałych nawierzchni o dużej nośności jest technologia betonu wałowanego. Jest to metoda, która łączy zalety tradycyjnej technologii betonu nawierzchniowego z łatwością i wydajnością układania nawierzchni bitumicznej. Z tych też powodów od przeszło pół wieku z powodzeniem wykorzystywana jest do budowy nawierzchni drogowych, placów przemysłowych, powierzchni postojowych w Stanach Zjednoczonych, Niemczech i Belgii.

W artykule zaprezentowano podstawowy zarys technologii betonu wałowanego ze szczególnym naciskiem na czynniki materiałowo-technologiczne warunkujące trwałość i wysoką nośność nawierzchni w perspektywie co najmniej 30-letniej eksploatacji. Prezentowane opisy zostały poparte przykładami praktycznymi z realizacji kilkudziesięciu odcinków dróg lokalnych na terenie Polski.

## 2. Drogi w Polsce – struktura i potencjał dróg lokalnych

Drogi lokalne (gminne i powiatowe) stanowią w Polsce 88% udziału w całej długości sieci drogowej. Struktura polskiej sieci drogowej zobrazowana została na rysunku 1.

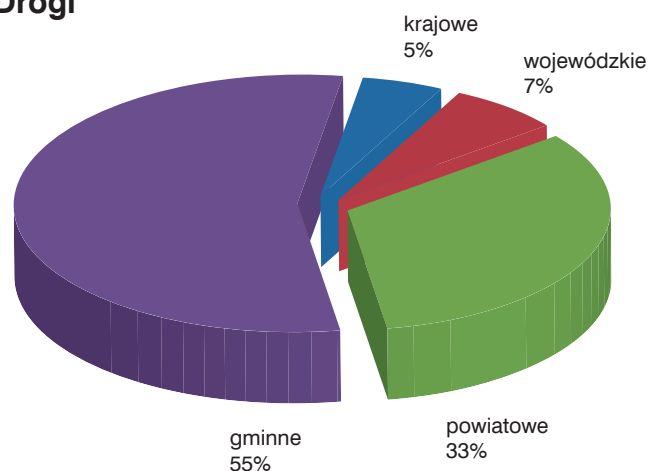
Analiza powyższych danych pokazuje, że samorządy terytorialne są największymi zarządcami dróg w Polsce. Administrują one łącznie siecią liczącą 365 tys. km. Dla porównania drogi krajowe w tym autostrady i drogi ekspresowe to tylko 18,5 tys. km.

Niestety pomimo realizacji wieloletnich planów inwestycyjnych ponad 115 tys. km (tj. 45% ogólnej ilości) dróg gminnych nie ma nawierzchni utwardzonej. Skala problemu zobrazowana została na mapie – rysunek 2.

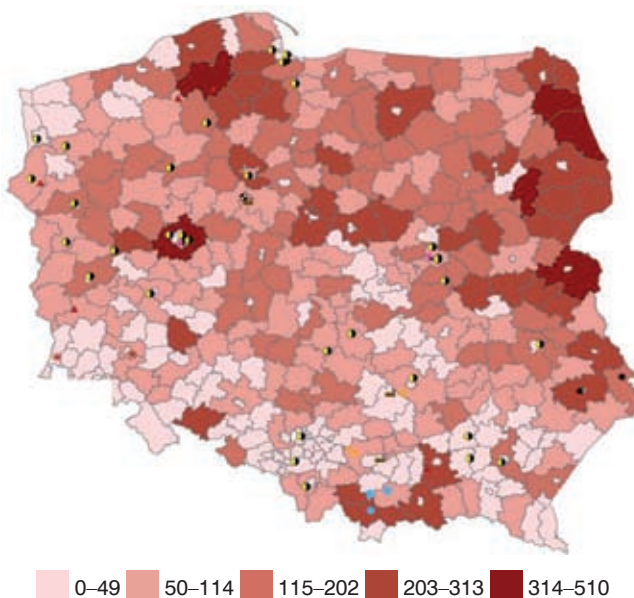
Szansą poprawy tego stanu rzeczy wydają się środki pomocowe przyznane Polsce w ramach perspektywy budżetowej na lata 2014–20 w kwocie 5,2 mld zł.

Jedną z możliwości zwiększenia udziału dróg

## Drogi



Rys. 1. Struktura dróg w Polsce (źródło: GUS)



Rys. 2. Drogi lokalne bez nawierzchni utwardzonej w Polsce (źródło: GUS)

o nawierzchni utwardzonej w strukturze dróg lokalnych jest wykorzystanie nawierzchni betonowych, a w szczególności jej specyficznej odmiany – a mianowicie technologii betonu wałowanego.

### 3. Beton wałowany

Technologia betonu wałowanego (RCC – *Roler Compacted Concrete*) jest od wielu dziesiątek lat z powodzeniem stosowana do budowy nawierzchni betonowych w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i wielu krajach Europy Zachodniej. Ze względu na swoją specyfikę znajduje ona zastosowanie do budowy dróg lokalnych o projektowanej niskiej prędkości (*Low Speed Roads*), nawierzchni przemysłowych, placów składowych i manewrowych.

Swoją popularność technologia betonu wałowanego zawdzięcza połączeniu zalet tradycyjnych nawierzchni betonowych (bardzo wysoka trwałość, niskie koszty utrzymania, możliwość przenoszenia dużych obciążeń bez zjawiska koleinowania) i nawierzchni bitumicznych (szybkość i łatwość układania, ogólna dostępność sprzętu do budowy tego rodzaju nawierzchni).

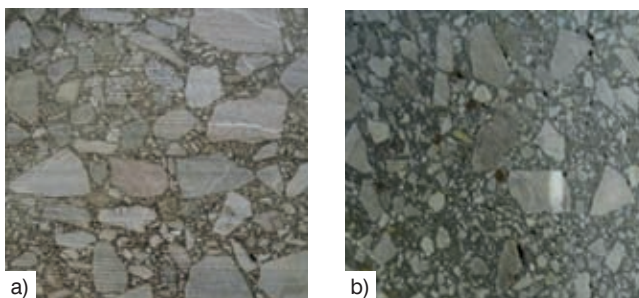
Mieszanka betonu wałowanego produkowana jest na standardowych wytwórniach betonu towarowego, z wykorzystaniem tych samych surowców co do produkcji betonów tradycyjnych (cementy, kruszywa, dodatki mineralne, domieszki chemiczne) ale ich proporcje w mieszance są inne.



**Rys. 3.** Układanie nawierzchni w technologii betonu wałowanego za pomocą standardowego rozścielacza – lipiec 2013 (źródło: Lafarge)



**Rys. 4.** Zagęszczanie ułożonej nawierzchni z betonu wałowanego – Miastko, ul. Fabryczna, 2009 r. (źródło: Firma Harat S.J.)



**Rys. 5.** Przekrój próbki betonu wałowanego (a) i betonu zwykłego (b) – źródło: CEMEX BRCMA

Układanie mieszanki odbywa się za pomocą standardowego rozścielacza do mas bitumicznych, który to nadaje odpowiedni profil nawierzchni i wstępnie zagęszcza mieszankę przy pomocy stołu intensywnego wibrowania (rys. 3).

Jako że mieszanki betonu wałowanego charakteryzują się konsystencją wilgotną, do ich pełnego zagęszczenia stosuje się walce drogowe o masie co najmniej 8 t, wyposażone w wibrację wału (rys. 4).

Po zagęszczeniu właściwości betonu wałowanego RCC są takie same jak betonu tradycyjnego (rys. 5).

Trwają obecnie intensywne prace zmierzające do opracowania takiej konstrukcji rozścielaczy, które będą w stanie zapewnić właściwe zagęszczenie mieszanki betonowej bez konieczności wykorzystania walców drogowych. W Polsce pierwsze doświadczenia w tym zakresie zebrała firma Harat z Miastka [8]. Wstępne, pozytywne doświadczenia wynikające z eksploatacji pierwszych doświadczalnych odcinków wykazują, że tak wykonana nawierzchnia drogowa charakteryzuje się znacznie poprawioną równością, a tym samym możliwe będzie spełnienie wymagań co do tego parametru dla dróg o projektowanej prędkości ponad 50 km/h [2].

### 4. Wymagania materiałowo-technologiczne wobec betonu wałowanego

Zasadniczo do produkcji mieszanek betonu wałowanego używa się tych samych surowców co do tradycyjnych betonów konstrukcyjnych. Jedynie zmianie ulegają proporcje składników. Do wytwarzania betonu RCC wykorzystuje się kruszywa o max. wymiarze ziarna 31,5 mm w przypadku podbudowy i do 22,4 mm dla warstwy ścieralnej. Zaleca się, aby dla kategorii ruchu KR5 i KR6 udział kruszyw łamanych w składzie mieszanki wznosił co najmniej 50% [1].

W odróżnieniu od tradycyjnych betonów konstrukcyjnych do produkcji betonu wałowanego RCC nie ma potrzeby stosowania kruszyw płukanych. W betonie zwykłym frakcje pylaste są niepożądane ze względu na wysoką wodożądność, o tyle w przypadku betonu RCC są one niezbędne dla poprawy stabilności mieszanki podczas zagęszczania walcami wibracyjnymi. Z tego też powodu Ogólne Specyfikacje Techniczne GDDKiA [1] dla tego

rodzaju nawierzchni zalecają, aby łączna ilość ziaren o wymiarach  $\leq 0,25$  mm (pochodzących ze spoiwa, dodatków mineralnych i kruszywa) wynosiła co najmniej  $400 \text{ kg/m}^3$ . Jest niezwykle istotne, aby mieszanka betonu RCC miała po zagęszczeniu zwartą strukturę i nie była skłonna do segregacji.

Do produkcji betonu wałowanego stosuje się głównie cementy z dodatkiem popiołu lotnego CEM II A/V i CEM II B/V klasy 32,5 i 42,5. W przypadku warstwy ścieralnej minimalną ilość cementu należy przyjmować na poziomie  $270 \text{ kg/m}^3$  [1]. Przy tym należy brać pod uwagę, że zastosowanie dodatków takich jak popiół lotny krzemionkowy zwiększa podatność mieszanki na zagęszczenie. Z tego też powodu OST GDDKiA [1] zalecają stosowanie do betonu wałowanego dodatku popiołu lotnego w ilości  $90 \text{ kg/m}^3$ . Skład betonu wałowanego powinien być tak dobrany, aby:

- mieszanka nie była podatna na segregację składników i zachowywała jednorodność w czasie wszystkich niezbędnych procesów technologicznych,
- warstwa świeżo ułożonej mieszanki unosiła na swojej powierzchni walce zagęszczające i jednocześnie poddawała się zagęszczaniu.

Ilość dozowanej wody do mieszanki betonu wałowanego ma ścisły związek z wilgotnością optymalną, przy której beton najłatwiej zagęszcza się i osiąga maksymalną gęstość. Optymalna zawartość wody powinna zostać określona przy pomocy zmodyfikowanej metody Proctora wg PN-EN 13286–2.

Typowa ilość wody w mieszance betonu wałowanego waha się w przedziale od  $90$  do  $120 \text{ kg/m}^3$  (tj. 5–7% w odniesieniu do masy suchych składników). Wskaźnik  $w/c$  kształtuje się w przedziale 0,30–0,45. Jednak jak pokazuje doświadczenie, wartość wskaźnika  $w/c$  nie ma bezpośredniego przełożenia na wytrzymałość betonu wałowanego, w odróżnieniu od typowych betonów konstrukcyjnych [2, 4, 7].

**Tabela 1.** Wymagania wobec betonu wałowanego wg OST GDDKiA dla dróg lokalnych

Właściwość	Wymagania
Klasa wytrzymałości betonu wg PN-EN 206, min.	C25/30
Wytrzymałość betonu na rozciąganie przy rozłupywaniu, min.	2,5 N/mm <sup>2</sup>
Kategoria odporności na powierzchniowe złuszczenie w obecności soli odładzających wg PN-EN 13877-2	FT1
Minimalny wskaźnik zagęszczenia mieszanki wg zmodyfikowanej metody Proctora	96 %
Minimalna zawartość cementu	270 kg/m <sup>3</sup>
Odchylenia grubości układanej warstwy względem projektu	-1 cm, +3 cm

W tabeli 1 zestawiono wymagania materiałowe i technologiczne dla mieszanek betonu RCC zgodnie z wymaganiami OST GDDKiA [1].

Jak widać, wymagania odnośnie betonu wałowanego stawiane przez OST nie są kompatybilne z normą PN-EN 206:2014–04, która wobec betonu eksploatawanego w klasie ekspozycji XF4 (wobec dróg lokalnych, gdzie nie przewiduje się stosowania soli odładzających można złagodzić klasę ekspozycji do XF3) stawia następujące wymagania:

- $w/c \leq 0,50$ ;
- min. klasa wytrzymałości – C30/37;
- min. zawartość cementu –  $320 \text{ kg/m}^3$ ;
- min. poziom napowietrzenia – 4%.

Jak pokazuje doświadczenie i wyniki badań, nawierzchnie z betonu wałowanego zachowują bardzo wysoki poziom mrozoodporności pomimo stosowania niższych niż wymagana w normie PN-EN 206 ilości cementu oraz braku napowietrzenia. Jak pokazują doświadczenia amerykańskie, stosowanie domieszek napowietrzających do betonu RCC nie przyczynia się do poprawy jego mrozoodporności. W przypadku mieszanek gęstych uzyskanie właściwego poziomu napowietrzenia i optymalnej struktury porów jest niemożliwe [5, 6].

Gwarantem trwałości mrozowej betonu RCC jest niska wartość wskaźnika  $w/c$  z reguły znacznie poniżej 0,40. Nadto skład mieszanki betonu wałowanego i technika jego zagęszczania jest tak dobrana, że uzyskuje się materiał o wysokiej szczelności, gdzie regułą jest zawartość powietrza na poziomie nieprzekraczającym 1,5% vol. Doświadczenia niemieckie, a zwłaszcza kanadyjskie pokazują, że nawierzchnie z betonu wałowanego charakteryzują się wysokim poziomem mrozoodporności [7].

## 5. Produkcja mieszanek betonu wałowanego RCC

Mieszanka betonowa przeznaczona do wykonywania nawierzchni w technologii betonu wałowanego powinna być produkowana w profesjonalnej wytwórni. Czas mieszania składników betonu musi zostać zweryfikowany doświadczalnie i winien zagwarantować uzyskanie jednorodnej mieszanki. Zgodnie z wymaganiami OST GDDKiA czas mieszania składników betonu wałowanego nie powinien być krótszy niż 60 sek. Należy mieć na uwadze, że ze względu na gęstą konsystencję składników i wymagany dłuższy czas mieszania komponentów, nakład energii niezbędny do produkcji wzrasta o ok. 30% w stosunku do mieszanek tradycyjnych betonów konstrukcyjnych, jak również zmniejszeniu ulega wydajność produkcji wężła.

Dozowanie składników musi być na tyle wydajne, aby zapewnić ich odpowiednią ilość w zarobie, zgodnie z opracowaną recepturą. Dopuszczalne odchyłki przy naważaniu składników muszą mieścić się w granicach tolerancji podanych w normie PN-EN 206.

Niezwykle istotne jest, aby wszelkie operacje technologiczne (tj. transport, wbudowanie i zagęszczenie) tak zsynchronizować, aby zakończyć je w ciągu 90 minut od chwili pierwszego kontaktu spoiwa z wodą. Z tego też powodu, szczególnie w okresie podwyższonych temperatur, konieczne jest stosowanie domieszek opóźniających proces wiązania cementu, jak również podejmowanie zabiegów ograniczających nadmierne odparowywanie wody z mieszanki (bezwzględne stosowanie plandek na samochodach podczas transportu, natychmiastowe po zagęszczeniu rozpoczęcie pielęgnacji nawierzchni).

## 6. Układanie nawierzchni z betonu wałowanego

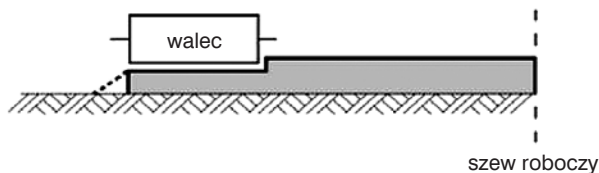
Co do zasady nawierzchnie drogowe z betonu wałowanego powinny być układane warstwami o grubości do 20 cm. Do tego celu wykorzystuje się z reguły standardowe rozścielacze do nawierzchni bitumicznych. Minimalna grubość układanej warstwy betonu wałowanego nie powinna być mniejsza niż 12 cm [1]. Stosowanie do budowy standardowych rozścielaczy do nawierzchni asfaltowych jest niezwykle korzystne dla inwestora, albowiem gwarantuje to ogólną dostępność sprzętu i obsługi oraz nie rości konieczności angażowania specjalistycznych układek do betonu cementowego.

Nadto producenci sprzętu budowlanego dysponują rozkładarkami, które gwarantują właściwe zagęszczenie betonu, przy zachowaniu założonego profilu podłużnego i poprzecznego nawierzchni bez konieczności dalszego zagęszczania walcami drogowymi. Pozytywne doświadczenie w tym zakresie posiada firma Harat z Miastka, która współpracowała w tym zakresie rozścielacz BOMAG BF 800C [8] – rysunek 6.

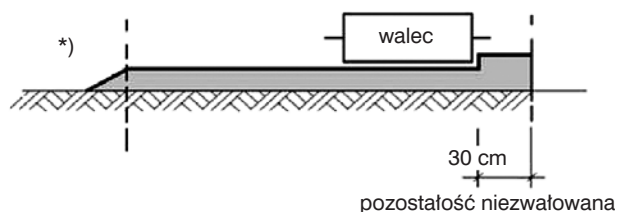


**Rys. 6.** Rozścielacz BOMAG BF800C w trakcie układania nawierzchni z betonu wałowanego (źródło: Firma Harat S.J.)

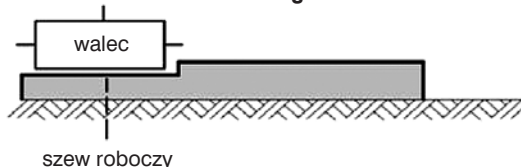
### 1. Wałowanie brzegu



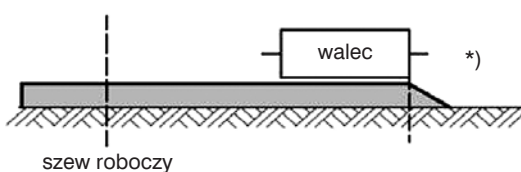
### 2. Wałowanie reszty pola



### 3. Wałowanie szwu roboczego



### 4. Wałowanie reszty pola



**Rys. 7.** Schemat wałowania nawierzchni pasami – formowanie szwu i krawędzi [1]

W przypadku stosowania do wbudowania mieszanki tradycyjnych rozścielaczy do nawierzchni bitumicznych, beton wałowany zaleca się zagęszczać walcami o masie 8 t lub większej – rysunek 7. Jak pokazuje praktyka, przy stosowaniu walców o kołach ogumowanych uzyskuje się nawierzchnie o większej szczelności i równości w porównaniu do walców z bębniami stalowymi [2, 3].

Po ułożeniu betonu w nawierzchni zagęszcza się przez 2 statyczne przejazdy walca, z następnie kontynuuje się zagęszczanie z włączoną wibracją wału aż do osiągnięcia założonego stopnia zagęszczenia. Natychmiast po zakończeniu zagęszczania nawierzchni należy przystąpić do pielęgnacji betonu poprzez natrysk białego preparatu hydrofobowego na powierzchnię i boczne ściany płyt.

Analogicznie, jak w przypadku nawierzchni z betonu tradycyjnego, nacięcia szczelin wykonuje się w takim momencie, by nie dochodziło do uszkodzeń krawędzi

w postaci wykruszeń płyt i wrywania ziaren kruszywa. Szczeliny wykonuje się w typowym rozstawie co 6 m dla płyt o grubości do 20 cm (w przypadku większej grubości nawierzchni odległości szczelin ustala się jako jej 36–48-krotność). Nacięcia szczelin wykonuje się na  $\frac{1}{3}$  grubości nawierzchni. Zasady działu nawierzchni wykonanej z betonu wałowanego na pola dylatacyjne są analogiczne jak w przypadku betonu tradycyjnego.

## 7. Podsumowanie

Jak pokazują zebrane w Polsce doświadczenia budowy dróg lokalnych w technologii betonu wałowanego na przestrzeni minionych 10 lat, jest to metoda niezwykle ekonomiczna. Przeciętny koszt wykonania 1 m<sup>2</sup> drogi w tej technologii jest nawet o 20 % niższy od nawierzchni bitumicznej dla tej samej kategorii ruchu. Pamiętać przy tym należy, że trwałość nawierzchni betonowej to co najmniej 30 lat, przy praktycznie zerowych kosztach utrzymania. Technologia betonu wałowanego cechuje się krótkim czasem realizacji. Przeciętna wydajność budowy to 60–120 m/godz. Szybko uzyskuje się sprawność użytkową nawierzchni – obciążenie ruchem pojazdów osobowych możliwe jest po 24–48 godz.

Nadto do wykonania nawierzchni w technologii betonu wałowanego nie ma konieczności angażowania specjalistycznego sprzętu. Realizacja budowy odbywa się z wykorzystaniem takich samych urządzeń i maszyn (rozścielacze i walce), jak w przypadku nawierzchni bitumicznej.

Reasumując, nawierzchnie z betonu wałowanego mają podstawowe zalety tradycyjnego betonu drogowego, tj. wysoką trwałość, przenoszenie dużych obciążeń bez zjawiska koleinowania a dzięki jasnej barwie poprawie ulega widoczność i – co niezwykle ważne dla inwestora – o 30–40% zmniejsza się zapotrzebowanie w zakresie oświetlenia w porównaniu do ciemnych nawierzchni asfaltowych.

Podstawowym ograniczeniem prezentowanej technologii jest trudność uzyskania właściwej dla wyższych kategorii ruchu (KR4–KR6) równości podłużnej i gładkości powierzchni ale dla dróg lokalnych o projektowanej

prędkości do 50 km/h nie jest to istotnym problemem. Stwierdzić można, że nawierzchnie z betonu wałowanego są niezwykle atrakcyjne dla inwestorów budujących drogi lokalne, dojazdowe, zlokalizowane na obszarach leśnych, jak również parkingi i powierzchnie przemysłowe. W tych zastosowaniach technologia betonu wałowanego okazuje się niezwykle konkurencyjna cenowo względem nawierzchni bitumicznej. Inwestor uzyskuje od wykonawcy wydłużony okres gwarancji i praktycznie bezremontowe utrzymanie w perspektywie co najmniej 30 lat.

Z tych też powodów od 2010 roku firmy Harat Sp. J., CEMEX Polska i Lafarge wybudowały w technologii betonu wałowanego liczne drogi lokalne (w powiatach chrzanowskim, częstochowskim, słupskim, bytowskim), jak również powierzchnie przemysłowe (Cementownia Rudniki, Prefabet Białe Błota, Pro-Mont k. Opoczna). Jak pokazuje doświadczenie, nawierzchnie w technologii betonu wałowanego, których oferty zostały wybrane w przetargach wariantowych były tańsze o 5–10% w stosunku do najtańszej oferty złożonej w technologii asfaltowej [3, 4].

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Ogólne Specyfikacje Techniczne – Nawierzchnia z betonu wałowanego. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 2013
- [2] Woyciechowski P., Harat K., Nawierzchnia drogowa z betonu wałowanego. Budownictwo, Technologia, Architektura 1 (57)/2012
- [3] Gruszczyński S., Nawierzchnie z betonu cementowego gwarancją trwałości dróg lokalnych, Lafarge 2013
- [4] Senderski M., Beton wałowany – idea i zastosowanie, Inżynier Budownictwa 4/2015
- [5] Frost Durability of Roller-Compacted Concrete Pavements, Service d'Expertise en Matériaux Inc., Canada, Portland Cement Association, 2004
- [6] Roller Compacted Concrete Pavements Design and Construction, U.S. Army Corps of Engineers, Washington DC 2000
- [7] Rendchen K., Hersel O., Erfahrungen mit Verkehrsflächen aus Walzbeton in Deutschland. UPDATE – 4/2006
- [8] Rozkładarki BOMAG – niezawodne także na betonie – informacja prasowa Firmy Fayat Bomag, Warszawa, 2013
- [9] Production of Roller-Compacted Concrete, Portland Cement Association, 2006
- [10] European Ready Mixed Concrete Organization, ERMCO Guide to roller compacted concrete for pavements, Bruksela 2013

[www.przegladbudowlany.pl/archiwum](http://www.przegladbudowlany.pl/archiwum)



**Archiwum od ręki**  
 archiwalne spisy treści  
 na stronach www