

Analiza porównawcza możliwości wykonywania nawierzchni dróg lokalnych w technologii betonu wałowanego oraz SMA JENA

Comparative analysis of the possibility of constructing local road surfaces in rolled concrete technology and SMA JENA

dr inż. Patryk Przybylski, dr inż. Stanisław Tkaczyk, Uczelnia Techniczno-Handlowa im. Heleny Chodkowskiej

DOI 10.5604/01.3001.0053.6996

Streszczenie: Budowa dróg lokalnych w Polsce odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu bezpiecznej i sprawnie funkcjonującej infrastruktury drogowej dla mieszkańców, rolnictwa oraz przemysłu. W Polsce dominującą technologią na drogach lokalnych jest standardowa technologia asfaltowa. Należy zadać pytanie, czy wybór tej technologii jest rozwiązaniem optymalnym. Na pewno warto rozważyć zastosowanie obecnych możliwości inżynierii drogowej i zaproponować wykonywanie dróg lokalnych w technologiach, które są uznawane za długotrwałe, takie jak beton wałowany czy SMA JENA. Tego typu rozwiązania wydają się być korzystne zarówno dla budżetu samorządu terytorialnego, jak i dla środowiska naturalnego.

Słowa kluczowe: beton wałowany, SMA JENA, drogi lokalne, nawierzchnie betonowe, nawierzchnie asfaltowe.

Abstract: The construction of local roads in Poland plays a key role in ensuring safe and efficiently functioning road infrastructure for residents, agriculture and industry. In Poland, the dominant technology on local roads is the standard asphalt technology. One should ask oneself whether the choice of this technology is an optimal solution. It is certainly worth considering the use of current road engineering possibilities and suggesting the construction of local roads in technologies that are considered long-lasting, such as roller compacted concrete or SMA JENA. Such solutions seem to be beneficial both for the budget and for the natural environment of the local government.

Keywords: rolled concrete, SMA JENA, local roads, concrete surfaces, asphalt surfaces.

1. Wprowadzenie

Budowa dróg lokalnych w Polsce odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu bezpiecznej i sprawnie funkcjonującej infrastruktury drogowej dla mieszkańców, rolnictwa oraz przemysłu. Drogi lokalne stanowią często ważne połączenia dróg krajowych i wojewódzkich z drogami gminnymi, a także sieć dróg gminnych, powiatowych i wojewódzkich. Ze względu na duże zapotrzebowanie na budowę nowych dróg w Polsce w ciągu ostatnich lat przeprowadzono wiele inwestycji w celu rozbudowy i modernizacji infrastruktury drogowej, co pozwoliło na poprawę dostępności, skrócenie czasu przejazdu i zwiększenie bezpieczeństwa. W ciągu kolejnych lat planowane są dalsze inwestycje w budowę i modernizację dróg lokalnych w Polsce, co pozwoli na jeszcze lepszą obsługę ruchu drogowego oraz zwiększenie konkurencyjności regionów. Analizując statystyki, zauważamy, że zdecydowana większość dróg lokalnych w Polsce wykonywana jest w standardowej technologii asfaltowej. Według danych GUS za 2020 r. mamy w Polsce 313 tys. km dróg

o „nawierzchni twardej”, a w tym 275 tys. km zarządzane jest przez jednostki samorządu terytorialnego. Z przedstawionych danych wynika, że 275 tys. km, czyli 88% wszystkich dróg należy do samorządów. Wśród nich zaledwie niespełna 1% wykonana jest w innej technologii niż standardowa technologia bitumiczna. Wynika to z wielu czynników, a jednym z kluczowych jest obawa lokalnych inwestorów, w szczególności samorządów terytorialnych przed stosowaniem nieznanymi im technologii.

2. Opis analizowanych technologii

Beton wałowany i SMA (*Stone Mastic Asphalt*) JENA (Jednowarstwowa Nawierzchnia Asfaltowa) to dwie różne technologie stosowane do budowy nawierzchni drogowych, które uznawane są za długotrwałe i stanowią dla siebie bezpośrednią konkurencję.

Beton wałowany to rodzaj betonu, który powstaje z mieszanki betonowej charakteryzującej się niskim stosunkiem w/c (około 0,3; zerowy opad stożka) oraz typową zawartością

cementu (około 270 kg/m³). Proces technologiczny wykonania nawierzchni z betonu wałowanego jest bardzo zbliżony do wykonywania nawierzchni bitumicznych, gdyż odbywa się za pomocą rozkładarki asfaltowej oraz walców drogowych. Proces ten pozwala na uzyskanie betonu o gładkiej powierzchni i jednorodnej strukturze, a także na usunięcie pęcherzyków powietrza z mieszanki, co poprawia jego wytrzymałość i trwałość oraz, co ważne, nie ma negatywnego wpływu na mrozoodporność. Beton wałowany można wytwarzać z różnych rodzajów kruszyw i spoiw, w zależności od wymagań technicznych i warunków, w jakich będzie stosowany. Dopuszczalne jest stosowanie kruszyw lokalnych, nieplukanych, co może znacząco obniżyć koszty takiej mieszanki. Według definicji z Ogólnej Specyfikacji Technicznej [1]: „beton wałowany – jest to beton powstały z mieszanki betonowej o optymalnej wilgotności (zbliżonej do wilgotności naturalnej gruntu), wyznaczonej zmodyfikowaną metodą Proctora, układanej i zagęszczanej przy użyciu maszyn do robót ziemnych. Wbudowywanie betonu wałowanego może odbywać się za pomocą tradycyjnego sprzętu do wykonywania nawierzchni: rozkładanie za pomocą rozścielaczy do asfaltu, a zagęszczanie walcami drogowymi o masie co najmniej 8 t”.

W przeciwieństwie do tradycyjnej technologii betonowej charakterystycznym dla betonu wałowanego aspektem jest szybki przyrost wytrzymałości oraz krótki czas oddania inwestycji do użytku publicznego. Technologia betonu wałowanego łączy zatem ze sobą zalety dróg betonowych, takie jak trwałość, odporność na koleinowanie czy niskie koszty eksploatacji z zaletami nawierzchni bitumicznych, takimi jak szybkość ułożenia i oddania do użytku oraz łatwość procesu technologicznego.

Podobnie jak beton wałowany jednowarstwowa nawierzchnia asfaltowa SMA 16 JENA to relatywnie nowy produkt na polskim rynku drogownictwa. Może ona być stosowana zarówno jako materiał do budowy nowych nawierzchni asfaltowych, ale także jako materiał do nakładek. Grubość warstwy asfaltowej z SMA 16 JENA wynosi od 5 do 10 cm. Podstawowe zalety, które można wyróżnić dla tej technologii to m.in.: brak skropienia międzywarstwowego (mniejsze koszty oraz zaangażowanie ludzi i sprzętu), krótszy czas budowy w porównaniu do standardowej technologii bitumicznej czy możliwość zastosowania podstawowego asfaltu drogowego D50/70.

Zastąpienie kilku warstw bitumicznych jedną warstwą monolityczną powoduje podniesienie wskaźnika wytrzymałości przekroju na zginanie i zmniejszenie ugięć warstwy, co ma wpływ na zwiększenie nośności konstrukcji. Poza tym pozytywny wpływ na trwałość takiej nawierzchni (m.in. na deformacje trwałe) ma także nieciągłość uziarnienia mieszanki mineralnej (mastyks). Do mieszanki SMA 16 JENA można stosować praktycznie dowolny asfalt drogowy, a także dodawać destrukta asfaltowy z recyklowanych starych nawierzchni. Ilość asfaltu dodawanego do tego typu mieszanki



Rys. 1. Budowa nawierzchni z betonu wałowanego, ul. Makowska, Warszawa, 2018 r. [3]

powinna wynosić około 5,2%, zatem jest to znacząco mniej od mieszanek typu SMA-S (6,6–7,2%).

3. Porównanie kosztowe analizowanych technologii

Koszty produkcji materiału do budowy nawierzchni drogowej można podzielić na trzy podstawowe elementy:

- spoiwa,
- kruszywa,
- produkcja i ułożenie.

Do porównania przyjęto 1 m² nawierzchni. Dla ułatwienia kalkulacji oraz pokazania jedynie tendencji kosztowej przyjęto następujące założenia:

- warstwa ścieralna wykonana z betonu wałowanego C30/37 o grubości 15 cm oraz SMA 16 JENA o grubości 10 cm,
- dolne warstwy konstrukcyjne są takie same,
- wtórny moduł na górnej powierzchni podbudowy pomocniczej wynosi 120 MPa,
- podłoże G1,
- droga klasy L, KR1
- koszty oparte o aktualne ceny z I kwartału 2023 r.

3.1. Spoiwa

Jednym z kluczowych materiałów zarówno dla mieszanki mineralno-asfaltowej, jak i betonowej jest spoiwo, czyli w analizowanych przypadkach cement lub asfalt. Według recepty dla nawierzchni z betonu wałowanego o kategorii ruchu KR1 zawartość cementu CEM II/A-S 42,5R wynosi 13% masy suchego kruszywa, czyli 270 kg na 1 m³. Analogicznie dla nawierzchni z SMA 16 JENA zawartość asfaltu drogowego D50/70 wynosi 5,2% masy mma, czyli 150 kg na 1 m³.

Przeliczając te dane na 1 m² nawierzchni otrzymano:

- CEM II/A-S 42,5R → 40,5 kg/m²,
- asfalt drogowy D50/70 → 15,0 kg/m².

W przypadku gdy w momencie kalkulacji średnia cena asfaltu wynosi 2050 PLN/t natomiast cementu CEM II/A-S 42,5R – 550 PLN/t otrzymano:

- nawierzchnia z betonu wałowanego – koszt spoiwa na 1 m² → 24,75 PLN (100%),
- nawierzchnia z SMA 16 JENA – koszt spoiwa na 1 m² → 30,75 PLN (124%).

Analizując koszt spoiwa w obu mieszankach, można zauważyć, że spoiwo w 1 m² nawierzchni z SMA 16 JENA jest około 24% droższe od spoiwa w betonie wałowanym.

3.2. Kruszywa

Obok spoiw kluczową składową są także kruszywa. W przypadku SMA 16 JENA dla KR1 kruszywo powinno spełniać wymagania według WT-1 2014, jak do mieszanki SMA-S. W składzie mieszanki mineralnej SMA 16 JENA jest także mączka wapienna, która jest materiałem kosztownym (około 200% ceny grysów). W przypadku betonu wałowanego natomiast dopuszczalne jest stosowanie zarówno kruszyw polodowcowych, jak i wapieni dewońskich czy oczywiście twardych kruszyw z Dolnego Śląska (m.in. granity, bazalty).

Analizując koszt mieszanki mineralnej w obu przypadkach, można zauważyć, że dla nawierzchni z SMA 16 JENA mamy do czynienia z około 23% większym kosztem kruszyw na 1 m² nawierzchni niż w przypadku nawierzchni z betonu wałowanego. Należy jednak pamiętać, że analizowana warstwa z SMA 16 JENA ma 10 cm grubości, a z betonu wałowanego 15 cm grubości.

3.3. Produkcja i ułożenie

Technologia produkcji mieszanki i ułożenia nawierzchni z betonu wałowanego jest bardzo podobna do wykonywania dróg asfaltowych. Do wykonania nawierzchni z SMA 16 JENA oraz z betonu wałowanego potrzebujemy dokładnie tych samych zestawów maszyn, którymi dysponuje praktycznie każda firma drogowa w Polsce. W odróżnieniu od wykonywania dróg w standardowej betonowej technologii w przypadku betonu wałowanego nie są potrzebne kosztowne i czasochłonne deskowania, zbrojenie czy dyble, a samą mieszankę można transportować wywrotkami samowyładowczymi, tak jak mieszankę mineralno-asfaltową. Proces produkcji samej mieszanki jest procesem typowym, zarówno dla betonu wałowanego jak i dla SMA 16 JENA.

Oba typy nawierzchni, z uwagi na ich grubość, zaleca się zagęszczać walcami o masie równej 8 t lub większej. Planując czynność zagęszczania, zarówno dla betonu wałowanego jak i dla SMA 16 JENA trzeba brać pod uwagę wyniki doświadczeń z odcinka próbnego. Dla określenia wymaganej liczby przejść walca należy regularnie kontrolować stopień zagęszczenia. Właściwe zagęszczenie nawierzchni ma decydujący wpływ na jej wytrzymałość i trwałość.

4. Porównanie jakościowe analizowanych technologii

Trwałość, czyli zdolność do zachowania swoich właściwości w czasie jest bardzo ważna dla nawierzchni drogowych. Technologie betonu wałowanego oraz SMA 16 JENA są dla siebie bezpośrednią konkurencją właśnie z uwagi na deklaracje wysokiej trwałości eksploatacyjnej.

W przypadku odporności na odkształcenia trwałe (koleinowanie) beton wałowany (jak wszystkie nawierzchnie sztywne) spełnia wszystkie wymagania. Dla SMA 16 JENA odporność na koleinowanie wynika ze szkieletu typowego dla mastyksu grysowego oraz uzyskanego wysokiego kąta tarcia wewnętrznej mieszanki kruszywa.

Nie mniej ważnym parametrem jest odporność na działanie wody i mrozu, które jest w naszym klimacie jednym z podstawowych parametrów warunkujących trwałość warstwy ścieralnej. W przypadku SMA 16 JENA badanie wykonywane jest w oparciu o normę PN-EN 12697-12 z jednym cyklem zamrażania próbek kondycjonowanych w wodzie. Końcową oceną mieszanki jest wskaźnik ITSR, który informuje nas o stopniu zachowania wytrzymałości (100% świadczy, że analizowana próbka nie straciła wytrzymałości w stosunku do próbki nie zamrażanej). Należy podkreślić, że uzyskanie odpowiedniej odporności na działanie wody i mrozu w przypadku mastyksu grysowego jest łatwiejsze niż w przypadku betonu asfaltowego. Jest to związane z grubością otoczki asfaltowej na ziarnach kruszywa.[2]

Tabela 1. Odporność na wodę i mróz mieszanki SMA 16 JENA oraz innych mieszanek mineralno-asfaltowych [2]

Rodzaj mieszanki	ITSR [%]
AC 11 S 50/70	92
AC 16 W 50/70	85
SMA 8 45/80-55	93
SMA 16 JENA 50/70	99



Rys. 2. Przygotowana próbka betonu wałowanego przed badaniem mrozoodporności [3]

Tabela 2. Wyniki badań odporności na powierzchniowe złuszczenie betonu wałowanego [3]

Czas badania [dni]	Średnia masa złuszczonego materiału z badanej powierzchni próbki [kg/m ²]
7±1	0,063
14±1	0,081
28±1	0,096
42±1	0,086
56±1	0,106

W przypadku betonu wałowanego badanie wykonywane było zgodnie z normą PKN-CEN/TS 12390-9:2007. Plastry betonowe o grubości 5 cm wycięte z sześciennych próbek betonowych poddano 56 cyklom zamrażania/odmrażania. Powierzchnia badawcza była pokryta warstwą 3% roztworu NaCl. Uzyskane wyniki powierzchniowego złuszczenia potwierdziły, że beton wałowany charakteryzuje się dobrą mrozoodpornością, która była zbliżona do mrozoodporności prefabrykowanej kostki betonowej, a jej wartość jest znacznie niższa od wartości dopuszczalnej. Uzyskano 0,432 kg/m², gdzie maksymalna wartość dopuszczalna wynosi 1 kg/m² [3].

5. Podsumowanie

Podsumowując, wybór między betonem wałowanym a SMA JENA zależy od wielu czynników, takich jak wymagania co do wytrzymałości, kosztów budowy, czasu budowy, wymagania dotyczące gruntu i bezpieczeństwa drogowego. Dla dróg lokalnych, gdzie wymagania co do wytrzymałości nie są bardzo wymagające, a koszty budowy muszą być jak najniższe, obie technologie są dobrym wyborem. Nie można rozstrzygnąć, która technologia lepiej sprawdziłaby się na nawierzchniach dróg lokalnych. Obie technologie są ciekawą alternatywą dla samorządów terytorialnych, żeby budować trwałe drogi na lata, których koszty wykonania nie odbiegają dużo od tradycyjnie stosowanych technologii. Biorąc pod uwagę niestabilność cenową zarówno rynku cementów, jak

i asfaltów, ostateczna decyzja o wyborze technologii powinna być podjęta w oparciu o aktualną sytuację rynku spoiw w momencie podejmowania decyzji.

Analizując podstawowe aspekty betonu wałowanego i SMA 16 JENA, można wyciągnąć następujące wnioski:

- wytrzymałość: beton wałowany jest zwykle bardziej wytrzymały niż SMA JENA, co oznacza, że jest bardziej odporny na ścieranie i uszkodzenia mechaniczne;
- czas budowy: budowa nawierzchni drogowej w technologii SMA JENA jest zwykle szybsza niż w przypadku betonu wałowanego. SMA JENA wymaga mniejszej liczby procesów technologicznych i jest mniej pracochłonna, co pozwala na skrócenie czasu budowy;
- wymagania dotyczące podłoża: beton wałowany wymaga bardziej stabilnego podłoża gruntowego, ponieważ jest mniej podatny niż SMA JENA;
- bezpieczeństwo drogowo: oba rodzaje nawierzchni drogowych są bezpieczne dla użytkowników drogi, ale beton wałowany jest bardziej skuteczny w zapobieganiu poślizgom, ponieważ ma większą szorstkość oraz z uwagi na swój jasny kolor jest bardziej bezpieczny, gdy droga nie jest oświetlona;
- ostatnim aspektem, który należy wziąć pod uwagę jest doświadczenie lokalnych wykonawców, dla których bezwzględnie produkcja i wykonanie bitumicznej nawierzchni SMA JENA wiąże się z mniejszym ryzykiem, gdyż większość z nich nie miała do czynienia z nawierzchniami z betonu cementowego.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ogólne Specyfikacje Techniczne, Rozdział III Prace konstrukcyjne, Dział 06 Nawierzchnie betonowe, 06.02 Nawierzchnia z betonu wałowanego
- [2] Błażejowski K., Strugała I., Nawierzchnie jednowarstwowe z SMA 16 JENA, Rettenmaier Polska, Warszawa, 2019
- [3] Materiały własne
- [4] Szydło A., Mackiewicz P., Nawierzchnie betonowe na drogach gminnych, SPC, Kraków, 2012
- [5] Woyciechowski P., Harat K., Nawierzchnie dróg kategorii ruchu KR1-KR2 z betonu wibrowałowanego, Budownictwo i Inżynieria Środowiska 2/2011
- [6] Deja J., Nawierzchnie betonowe – lata doświadczeń, 2013
- [7] ASTM C1176-1992 Standard Practice for Making Roller Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Table

Zapraszamy do udziału w XVII Międzynarodowym Kongresie Polimerów w Betonie – ICPIIC 2023, który odbędzie się w dniach 17-20 września 2023 r. w Warszawie.

Współorganizatorami kongresu ICPIIC 2023 jest Politechnika Warszawska i Instytut Techniki Budowlanej.



ICPIIC 2023

17TH INTERNATIONAL CONGRESS ON POLYMERS IN CONCRETE 2023

Concrete-Polymer Composite in Circular Economy