



KATARZYNA JASKULSKA

Generalna Dyrekcja Dróg
Krajowych i Autostrad
Oddział w Lublinie
Rejon w Puławach
kjaskulska@gddkia.gov.pl

Perspektywa rozwoju krajowych dróg betonowych

Krótki rys historyczny

Do początku XIX wieku w Polsce nie było dróg twardych. Dopiero po utworzeniu Królestwa Polskiego tzw. Kongresowego w 1815 r. rozpoczęto starania budowy tzw. „dróg bitych” o nawierzchni tłuczniowej, a w Warszawie o nawierzchni brukowcowej. W latach 1820–1823 wybudowano pierwszą drogę bitą zwaną Traktem Brzeskim. W następnych latach wybudowano kilka innych traktów jak na przykład Trakt Kowieński, Trakt Białostocki, Trakt Kaliski, Trakt Krakowski [1]. Po upadku powstania listopadowego w 1831 r. ziemie Królestwa Polskiego włączono do carskiej Rosji, a inwestycji drogowych praktycznie zaniechano. Powodem tego było również rozpoczęcie budowy linii kolejowych.

W 1918 r. powstałe państwo polskie odziedziczyło drogi w opłakanym stanie. Rozpoczęto odbudowę zniszczonych dróg i budowę nowych. Kolejność zadań ustalana była według najpilniejszych potrzeb. Budowa dróg o nawierzchni betonowej cały czas nierozłącznie towarzyszyła polskiemu drogownictwu, aż do września 1939 r. W okresie międzywojennym budowano nawierzchnie dróg krajowych głównie z kostki kamiennej, kostki klinkierowej oraz betonu cementowego, a dopiero w późniejszych latach tego okresu nawierzchnie bitumiczne (smołowe i asfaltowe) [1].

W latach 1928–1929 udało się w znacznym stopniu poprawić sieć dróg w Polsce. Środki na rozbudowę dróg przewidziane w budżecie państwa i samorządach wystarczały, aby utrzymać drogi w zadowalającym stanie. Potem światowy

kryzys gospodarczy pozbawił jednak samorządy drogowe prawie wszystkich środków potrzebnych na rozbudowę dróg. Najbardziej krytyczny był rok budżetowy 1932/1933, kiedy oszczędności w budżecie wprowadzono w pierwszej kolejności kosztem drogownictwa. Fakt, że w okresie kryzysu nie prowadzono prawie żadnych prac utrzymaniowych, a także występujące w tamtych latach niekorzystne warunki pogodowe sprawiły, że budownictwo drogowe stało się po okresie kryzysu najpilniejszym ze wszystkich zadań państwa [1].

Nie ma dokładnych danych o powierzchni dróg utwardzonych nawierzchniami z betonu cementowego w latach 1936–1939. Niektóre źródła wskazują, że w tym czasie wykonano około 185 km dróg krajowych o nawierzchni z betonu cementowego. Można zatem zakładać, że w tym okresie udało się wybudować około 1,4–2,0 milionów metrów kwadratowych dróg o nawierzchni z betonu cementowego, czyli niewspółmiernie więcej niż w latach 1926–1935. Jeśli weźmie się pod uwagę tylko drogę krajową Warszawa–Białystok, na której w większości wykonano nawierzchnię z betonu cementowego, to można wnioskować, że w latach 1936–1939 wykonano znacznie powyżej miliona metrów kwadratowych nawierzchni z betonu cementowego [1].

Znaczna część nawierzchni z betonu cementowego wybudowanych w latach 1926–1939 przetrwała do końca lat siedemdziesiątych ubiegłego stulecia w dobrym stanie technicznym. Przykładami mogą być zarówno droga Warszawa–Modlin, jak i droga Warszawa–Wyszaków. Pęknięcia płyt zdarzały się sporadycznie. Równość podłużna i poprzeczna nawierzchni była na tyle dobra, że jadąc nawet w czasie ulewnego deszczu nie zauważało się problemów z odwodnieniem. Ogólnie znanym, słabym ogniwem przedwojennych nawierzchni był charakterystyczny hałas generowany na styku opona–nawierzchnia w miejscu przejazdu przez dylatację (szczelinę rozszerzania). Szczeliny te w okresie powojennym nie były praktycznie utrzymywane i wszystkie bez wyjątku stały się nieszczelne. Powodowało to stopniowe wykruszanie się górnych krawędzi tych szczelin oraz stopniowe, coraz to większe ich poszerzanie [1].

Na drogach strategicznych budowanych w Polsce w latach 1951–1953, około 200 km rocznie, wykonywano wyłącznie nawierzchnie betonowe. Do ich wykonania używano betoniarek samojezdnych na gąsienicach firmy Ransome oraz układarek wibracyjnych Blaw Knox. Maszyny te Polska otrzymała po II wojnie światowej w ramach pomocy Administracji Narodów Zjednoczonych do spraw Pomocy i Odbudowy (z ang. *United Nations Relief and Rehabilitation Administration – UNRRA*). Ostatni odcinek (Sobienie – Wilga, obecnie droga wojewódzka nr 801) o nawierzchni betonowej wykonano w roku 1960 [1].



Fot. 1. Budowa drogi o nawierzchni z betonu cementowego na odcinku drogi krajowej Warszawa–Modlin, rok 1935 (źródło: Aleksander Kobyliński, „Die Landstraßen in Polen” miesięcznik „Die Straße”, rocznik 2, Nr 17 z 1 września 1935 r.



Fot. 2. Widok odcinka drogi Sobienie – Wilga w dniu 11.11.2015 r. Nawierzchnia betonowa wykonana w roku 1960. Jezdnia szerokości 6 m, szczeliny poprzeczne co 5 m. Szerokość szczelin rzędu 20 mm. Nawierzchnia użyteczna technicznie bez ograniczeń. Beton był wykonany bez domieszki napowietrzającej – źródło [1]

W latach 1961–1993 nie budowano w Polsce dróg o warstwie ścieralnej z betonu cementowego. Na dużą skalę wykorzystywano natomiast cement do wykonywania stabilizacji gruntów oraz do budowy warstw chudego betonu w celu naprawy dróg o nawierzchniach asfaltowych i smołowych. Pierwszy odcinek stabilizacji gruntu cementem wykonano już w 1951 r. w miejscowości Chylice koło Warszawy. Od 1955 r. wykonywano masowo stabilizację gruntu cementem. Budowano 2000–3000 km dróg rocznie, z tego około 75% ze stabilizacją cementem. W latach sześćdziesiątych na dużą skalę budowano warstwy z chudego betonu o grubości 15–25 cm na nawierzchniach bitumicznych dróg Warszawa–Kraków i Warszawa–Poznań. Po ułożeniu warstwy z chudego betonu wykonywano dwie warstwy asfaltowe (4 + 4 cm) [1].

W latach 1990–1993 prawie zanikła budowa dróg w Polsce. Nakłady na drogownictwo spadły 5-krotnie w stosunku do nakładów w latach osiemdziesiątych, które były i tak już małe w stosunku do lat poprzednich. Główny nacisk kładziono na to, aby nie dopuścić do szybkiej degradacji nawierzchni drogowych [1]. Przykładem może być działanie GDDP mające na celu rozwój powierzchniowych utrwaleń. W latach 2000–2004 wykonano nawierzchnie betonowe na autostradzie A4 i A18 oraz na odcinku drogi ekspresowej S8 pod Piotrkowem Trybunalskim. Ale dopiero w programie budowy dróg krajowych na lata 2014–2023 rozpoczęto budowę dróg o nawierzchni betonowej na dużą skalę, głównie na drogach ekspresowych. Przewiduje się, że do końca 2019 r. będzie w Polsce 750 km dróg betonowych.

Program budowy dróg krajowych na lata 2014–2023 (z perspektywą do 2025 r.)

Etapy przygotowania inwestycji drogowej

Przygotowanie i wybudowanie nowej drogi jest długotrwałym procesem. W przypadkach nieskomplikowanych warunków środowiskowych i terenowych trwa 4–6 lat, a w przypadkach bardziej skomplikowanych 7–10 lat. Realizacja zwłaszcza autostrad i dróg ekspresowych silnie obciążonych ruchem ciężarowym wymaga specjalistycznej wiedzy, dyscypliny, ogromnych nakładów finansowych,

współpracy wielu urzędów i profesjonalnej inżynierskiej realizacji.

Cykl realizacji inwestycji drogowej zaczyna się od prac przygotowawczych. Proces złożony i długotrwały, który wymaga ścisłej współpracy urzędów oraz współdziałania z podmiotami zewnętrznymi. To na tym etapie ustalany jest korytarz drogi, analiza gdzie i dlaczego będzie budowana nowa droga albo gdzie na pewno nie można budować, ponieważ realizowana inwestycja miałaby negatywny wpływ np. na środowisko naturalne. Poniżej zaprezentowano najważniejsze etapy procesu przygotowania inwestycji drogowej, procesu kluczowego, skomplikowanego i jednocześnie czasochłonnego. Na jego tle przygotowanie projektu budowlanego i wykonawczego oraz prace budowlane są co do zasady etapem krótszym.

Pierwszy krok to opracowanie Studium Korytarzowego (SK). To przejście od pomysłu do pierwszych prac. Jest podstawowym dokumentem projektowym, przedstawiającym nowe, drogowe zamierzenie inwestycyjne. SK jest pierwszym elementem dokumentacji projektowej, określającym lokalizację pasa (korytarza) terenu pod nową drogę z uwzględnieniem regionalnych i lokalnych uwarunkowań geograficznych, przyrodniczych i społecznych. Służy wstępnej ocenie zasadności budowy drogi i pozwala podjąć decyzję o prowadzeniu dalszych prac.

Kolejny krok, którego celem jest doprowadzenie do wskazania konkretnego wariantu przebiegu drogi, to opracowanie Studium Techniczno-Ekologiczno-Środowiskowego (STES). Obecnie często łączymy opracowanie STES z wykonaniem elementów Koncepcji Programowej (STES-R), co pozwala skrócić czas przygotowań do realizacji drogi. W tym ostatnim przypadku przeprowadzany jest jeden przetarg bez potrzeby ogłaszania drugiego na wykonawcę KP. STES, jak i I etap STES-R to opracowanie projektowe o charakterze ogólnym. Większość elementów zadania inwestycyjnego ma być szacowanych wstępnie, a tylko ich niewielka liczba jest określana szczegółowo (obiekty drogowe, obiekty inżynierskie i infrastruktury technicznej, urządzenia ochrony środowiska, urządzenia bezpieczeństwa i organizacji ruchu, urządzenia infrastruktury związanej i niezwiązanej z drogą). To etap ważny również dla społeczeństwa, gdyż w trakcie prac projektanci kreślą bardziej szczegółowe warianty przebiegu przyszłej drogi. Organizowane są spotkania informacyjne z mieszkańcami terenów, przez które ma przebiegać droga, a uwagi składane przez lokalną społeczność służą opracowaniu jak najlepszego wariantu przebiegu trasy. Takie spotkania są szczególnie ważne, gdy planowana droga przebiega przez tereny zurbanizowane i trudno jest znaleźć rozwiązanie, które pogodzi interes wszystkich zainteresowanych. Możliwe warianty przebiegu trasy analizowane są pod względem technicznym, ekonomicznym i środowiskowym, w tym również pod względem społecznym. Najkorzystniejszy z nich wskazywany jest jako rekomendowany we wniosku o wydanie decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach.

Złożenie wniosku do właściwej miejscowo regionalnej dyrekcji ochrony środowiska jest zwieńczeniem opracowywania STES. W przypadku STES-R złożenie wniosku kończy I etap, a praca nad II etapem toczy się równoległe z uzyskiwaniem decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach.

To także pozwala skrócić łączny czas przygotowania dokumentacji, gdyż wykonawca odpowiedzialny jest również za przygotowanie elementów Koncepcji Programowej.

Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach (DŚU, decyzja środowiskowa) wydawana jest w postępowaniu administracyjnym, podczas którego prowadzone są konsultacje społeczne. W przypadku większości inwestycji drogowych realizowanych przez GDDKiA, przed jej wydaniem przeprowadzana jest procedura oceny oddziaływania na środowisko, w ramach której m.in. weryfikowany jest sporządzony wcześniej raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na środowisko. Uzyskanie decyzji środowiskowej umożliwia dokończenie II etapu STEŚ-R, czyli:

- uściślenie zakresu rzeczowego i finansowego przez określenie szczegółowego zakresu rozwiązań geometrycznych dróg, konstrukcji drogowych obiektów inżynierskich, granic terenu zadania inwestycyjnego oraz przedmiaru robót i kosztorysu dla kluczowych elementów przedsięwzięcia,
- określenie wytycznych dla projektu budowlanego,
- sporządzenie analizy wielokryterialnej w celu wyboru najkorzystniejszych wariantów technicznych do dalszej realizacji.

Wykonywane są także badania geologiczne dla wskazanego w DŚU przebiegu trasy.

Jeśli przed uzyskaniem DŚU opracowany był tylko „zwykły” STEŚ to kolejnym krokiem jest wykonanie Koncepcji Programowej (KP), czyli trochę bardziej rozbudowanego II etapu STEŚ-R. Końcowy efekt pracy projektantów nad KP lub STEŚ-R umożliwia przejście do następnego etapu w cyklu realizacji inwestycji.

Możliwości są dwie. W pierwszej, tradycyjnej, GDDKiA wybiera w przetargu biuro projektowe, którego zadaniem jest opracowanie dokumentacji potrzebnej do złożenia wniosku o wydanie decyzji o zezwoleniu na realizację inwestycji drogowej (ZRID). Oprócz projektu budowlanego opracowywany jest również projekt wykonawczy, a po uzyskaniu decyzji ZRID w odrębnym przetargu wybierany jest wykonawca inwestycji, który zrealizuje ją w terenie. W drugiej wersji, po odebraniu KP lub STEŚ-R, ogłaszany jest przetarg na wyłonienie wykonawcy inwestycji w systemie projektuj i buduj. Wykonawca opracowuje potrzebną dokumentację, składa wniosek o wydanie decyzji ZRID, a po jej otrzymaniu rozpoczyna prace w terenie. Przetarg na wyłonienie wykonawcy inwestycji, w systemie tradycyjnym lub projektuj i buduj, także rządzi się swoimi prawami, jest procesem dynamicznym, a czas jego trwania w zależności od wielu, często niezależnych od inwestora czynników, może się zmieniać.

Roboty budowlane są zwieńczeniem całego procesu i trwają zdecydowanie krócej niż czas potrzebny na przejście od pomysłu do rozpoczęcia prac w terenie. Trzeba pamiętać, że dla robót budowlanych przewidziany jest w Polsce tzw. okres zimowy od 15 grudnia do 15 marca, w którym wykonawca nie musi prowadzić robót ze względu na warunki pogodowe.

Konsultacje społeczne prowadzone są dwukrotnie. Po raz pierwszy podczas wydawania decyzji środowiskowej. Po raz drugi w trakcie uzgadniania warunków realizacji przedsięwzięcia na etapie ZRID. W procedurach z udziałem społeczeństwa zagwarantowana jest możliwość składania uwag i wniosków, które następnie rozpatruje organ administracyjny (Regionalny Dyrektor Ochrony Środowiska w przypadku DŚU i Wojewoda w przypadku ZRID) oraz odnosi się do nich w wydawanej decyzji lub postanowieniu. W przypadku niezadowolenia z treści wydanych rozstrzygnięć przysługuje odwołanie, a następnie skarga do sądu administracyjnego.

Zakładając optymistyczny wariant, gdy nie ma odwołań od rozstrzygnięć przetargowych lub wydawanych decyzji administracyjnych, a poszczególni wykonawcy pracują sprawnie, to na przejście od pomysłu do efektu potrzeba minimum 100 miesięcy, czyli osiem lat i cztery miesiące (wariant ze STEŚ-R i realizacją w systemie projektuj i buduj). Prowadząc inwestycję w systemie tradycyjnym, gdzie wykonawca drogi zajmuje się tylko jej realizacją w terenie, na końcowy efekt czeka się ok. 116 miesięcy, czyli dziewięć lat i osiem miesięcy. W obu przypadkach należy jeszcze uwzględnić co najmniej dwie przerwy zimowe, czyli dodatkowe sześć miesięcy.

Odwołania od rozstrzygnięć przetargów składane przez wykonawców wydłużają cały proces i przesuwają w czasie moment zawarcia umowy. W przypadku decyzji administracyjnych (DŚU lub ZRID) nadawany jest im rygor natychmiastowej wykonalności, co pozwala prowadzić dalsze prace przygotowawcze (DŚU) lub budowlane (ZRID) bez wstrzymywania ich do czasu uzyskania ostateczności decyzji. Jednak w przypadku odwołań od DŚU, przetarg na realizację inwestycji możemy ogłosić dopiero po zakończeniu procedury odwoławczej [11].

Odwołania od rozstrzygnięć przetargów składane przez wykonawców wydłużają cały proces i przesuwają w czasie moment zawarcia umowy. W przypadku decyzji administracyjnych (DŚU lub ZRID) nadawany jest im rygor natychmiastowej wykonalności, co pozwala prowadzić dalsze prace przygotowawcze (DŚU) lub budowlane (ZRID) bez wstrzymywania ich do czasu uzyskania ostateczności decyzji. Jednak w przypadku odwołań od DŚU, przetarg na realizację inwestycji możemy ogłosić dopiero po zakończeniu procedury odwoławczej [11].

Program Budowy Dróg Krajowych (PBDK) na lata 2014–2023 (z perspektywą do 2025 r.)

Inwestycje na drogach krajowych realizowane są obecnie zgodnie z Programem Budowy Dróg Krajowych na lata 2014–2023 (z perspektywą do 2025 r.), który został zatwierdzony 8 września 2015 r. uchwałą Rady Ministrów. Program ten określa kierunki działań oraz priorytety inwestycyjne w zakresie rozwoju sieci dróg krajowych w Polsce. Program dokonuje diagnozy stanu obecnego sektora drogowego, definiuje zarówno cele planowane do osiągnięcia, jak i kluczowe obszary stanowiące tzw. wąskie gardła w transporcie osobowym i towarowym oraz odnosi się do zobowiązań i wyzwań, jakie stoją przed Polską w najbliższym czasie. Dokument ten zakłada dokończenie budowy ciągów dróg ekspresowych i autostrad oraz budowę obwodnic w ciągach dróg krajowych. Realizacja wszystkich zadań inwestycyjnych pozwoli na stworzenie sieci autostrad oraz dróg ekspresowych.

20 czerwca 2017 r. Rada Ministrów przyjęła uchwałę nr 97/2017, zmieniającą uchwałę w sprawie ustanowienia programu wieloletniego pod nazwą Program Budowy Dróg Krajowych na lata 2014–2023 (z perspektywą do 2025 r.). Uchwała wprowadziła zmianę limitu finansowego Programu Budowy Dróg Krajowych ze 107 mld zł do 135 mld zł.

12 lipca 2017 r. Rada Ministrów przyjęła kolejną uchwałę. Dokument dokonał priorytetyzacji drogowych zadań inwestycyjnych, z uwzględnieniem nowego limitu dostępnego na inwestycje realizowane na sieci dróg krajowych. Lista klu-



Rys.1. Plany na najbliższe lata (źródło GDDKiA)

czowych projektów została uzupełniona o zadania stanowiące dopełnienie ciągów drogowych, m.in. S3 Świnoujście – Troszyn, S17 w. Drewnica – w. Zakręt, S52 Północna Obwodnica Krakowa, S74 Przełom/Mniów – Kielce. W ramach limitu 135 mld zł powstaną również nowe obwodnice w ciągach dróg krajowych, m.in. obwodnica Olesna S11, obwodnica Chełma S12, obwodnica Opatowa nr 9/S74, obwodnica Nowego Sącza i Chełmca nr 28 czy obwodnica Poręby i Zawiercia nr 78 [15].

Budowa dróg w Polsce jest dofinansowana ze środków Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko (POIŚ) perspektywy finansowej UE na lata 2014–2020. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad jest największym beneficjentem Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko (POIŚ). Skutecznie wykorzystuje przyznane środki – rozliczono ich już ponad 56 proc. Rozliczanie finansowe projektów UE w obecnej perspektywie zakończy się 31 grudnia 2023 r. Nie ma ryzyka utraty dofinansowania unijnego [12].

Z danych GDDKiA wynika, iż do dofinansowania w tej perspektywie przewidziano 91 projektów, na które przyznano środki UE w kwocie ponad 42 mld zł. Pełen potencjał finansowy projektów unijnych GDDKiA (wkład UE) wynosi około 47 mld zł. Oznacza to, że GDDKiA posiada zdecydowanie większy potencjał finansowy projektów niż przyznana w ramach POIŚ kwota dofinansowania. Według informacji zamieszczonych w sierpniu 2019 r. na stronie internetowej, GDDKiA w ramach POIŚ zawarła już 54 umowy o dofinansowanie ze środków unijnych. Trwa już ich wdrażanie i rozliczanie. Trzy kolejne wnioski o dofinansowanie są w trakcie rozpatrywania. Łączna wartość inwestycji, dla których zawarto umowy o dofinansowanie, wynosi około 64,5 mld zł. Wykorzystano już ok. 72 proc. przyznanych środków unijnych. Do końca 2019 r. planowane jest złożenie wniosków o dofinansowanie dla 9 kolejnych projektów, a także ogłoszenie w ramach nowo realizowanych inwestycji z Programu Budowy Dróg Krajowych postępowań na 11 zadań o łącznej długości około 250 km. Koszty robót budowlanych szacowany jest na kwotę blisko 12 miliardów złotych.

Obecnie kierowcy mają do dyspozycji 3836,3 km dróg szybkiego ruchu, w tym 1671,5 km autostrad i 2164,8 km dróg ekspresowych (dane ze strony GDDKiA, stan na dzień 28.08.2019 r.).

Pierwsza oddana kierowcom inwestycja drogowa w 2019 r. to obwodnica Suwałk w ciągu S61 (obejście Suwałk w ciągu trasy Via Baltica). Ta 13-kilometrowa trasa została wykonana w technologii betonowej. W następnej kolejności oddano betonówkę w ciągu S17 między Warszawą i Lublinem (w sumie 86 km, które mają być sukcesywnie kończone od czerwca do końca roku). W tym roku w sumie powinno zostać oddanych 182 km dróg szybkiego ruchu o nawierzchni z betonu cementowego. W technologii betonowej powstaje także m.in. autostrada A1, której trzy odcinki mają być gotowe w 2019 roku, tj.

Błachownia – Zawodzie, Zawodzie – Woźniki, oraz Woźniki – Pyrzowice (w sumie 36,6 km), a także dwa odcinki trasy S8: Radziejowice – Przeszkoda i Przeszkoda – Paszków (łącznie 21,5 km).

Technologia betonowa na drogach staje się coraz bardziej powszechna. Na pewno sprzyja jej większy nacisk położony na analizę kosztów inwestycji w całym cyklu życia – uważa prof. Jan Deja, dyrektor Biura Stowarzyszenia Producentów Cementu, który od lat optuje za współobecnością dwóch technologii budowy dróg. – Zdrowa konkurencja służy nam wszystkim. Ostatecznie celem jest to, byśmy jeździli po drogach, które zostały możliwie tanio wybudowane, ale jednocześnie będą gwarantowały odpowiednio długą żywotność – stwierdza Jan Deja [5].

W dyskusji publicznej od czasu do czasu wraca pomysł, by wybór technologii nawierzchni pozostawić wykonawcy. – *Nie byłby to najlepszy pomysł* – stwierdził podczas konferencji Stowarzyszenia Producentów Cementu Janusz Miłuch, członek Zarządu SPC, prezes Zarządu spółki Cement Ożarów. Zwrócił uwagę, że wykonawca będzie się kierował przede wszystkim optymalizacją kosztów wykonania, podczas gdy z punktu widzenia inwestora należałoby brać pod uwagę wszystkie koszty, razem z nakładami na utrzymanie. Do tego dochodzą aspekty związane z natężeniem ruchu, czy uwarunkowaniami lokalnymi, w tym choćby gruntowymi. – *To są ważne elementy technologiczne, które być może nie będą istotne z punktu widzenia wykonawcy, natomiast dla inwestora, kogoś, kto będzie odpowiedzialny za utrzymanie tej drogi, będą one znaczące* – mówi Janusz Miłuch. *Kluczowe w każdej inwestycji jest egzekwowanie jakości produktu końcowego* – podkreśla, również ostrożnie podchodzący do tego pomysłu prof. Jan Deja. – *Chodzi o odpowiednie zapisanie parametrów jakościowych, które należy osiągnąć, niezależnie od rodzaju technologii. Jeśli takie wymogi zostaną zapisane, to jestem głęboko przekonany, że technologie betonowe mając wiele przewag, będą obecne* – stwierdza Jan Deja. Jeśli natomiast chodzi o argumenty ekonomiczne, Janusz Miłuch z SPC podaje przykład autostrady A2 Nowy Tomyśl – Świecko, która została wykonana i jest zarządzana przez podmiot prywatny. *Trasa ma nawierzchnię z betonu cementowego. Firmy, które inwestowały, wiedziały, że w okresie 30–50 lat to się zwróci, że koszty utrzymania będą niższe. To jaskrawy przykład tego,*

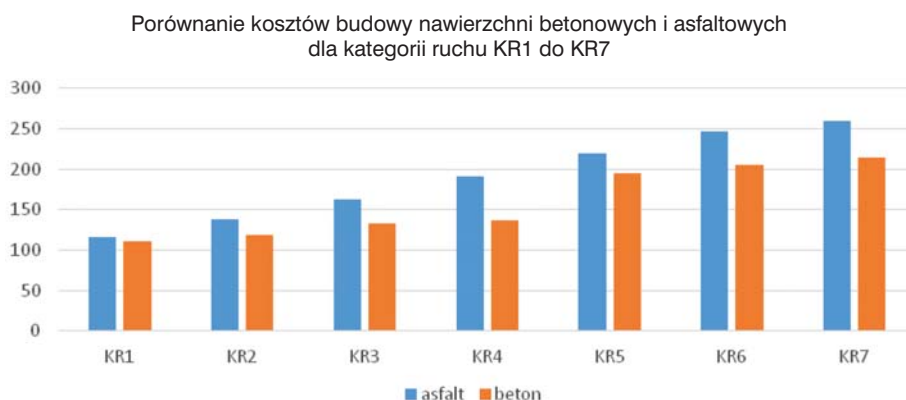
że gdy liczymy pieniądze, to wiemy, że [wybór technologii betonowej] to duży benefit – stwierdza szef spółki Cement Ożarów [17].

Zalety i wady nawierzchni z betonu

Za budową nawierzchni betonowych (sztywnych) przemawiają pozytywne doświadczenia ich użytkowników w Polsce i na świecie, jak również wiele publikacji naukowych i opracowań. CEMEX Polska jako największy producent betonu w kraju od lat współtworzy polską sieć dróg betonowych. Poniżej zaprezentowano podsumowanie najmocniejszych stron nawierzchni sztywnych [9].

• Koszty:

Wbrew obiegowej opinii, przewaga nawierzchni betonowych nie polega tylko na dużo niższych kosztach utrzymania drogi – technologia betonowa okazuje się również tańsza na etapie budowy. Oszczędność liczona względem kosztu nawierzchni asfaltowej rośnie wraz z kategorią ruchu drogi.



Rys. 2. Porównanie kosztów nawierzchni betonowych i asfaltowych – na podstawie łącznego zestawienia opracowanego przez Piotra Kijowskiego ze Stowarzyszenia Producentów Cementu na Kongres Drogowy, który miał miejsce w Lublinie w listopadzie 2018 r. (dane: Sekocenbud III kw. 2018) [9]

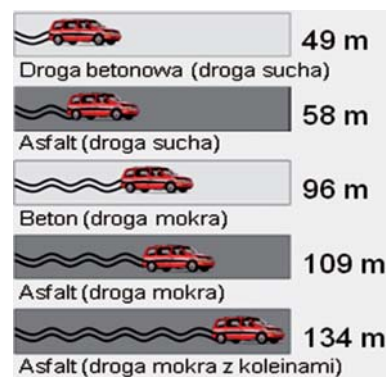


Fot. 3. Porównanie jasności nawierzchni betonowej i asfaltowej. Źródło: Stowarzyszenie Producentów Cementu

- Przewagi technologiczne:
 - Trwałość – żywotność dobrze skonstruowanej nawierzchni sięga nawet 80 lat i jest wielokrotnie wyższa od wytrzymałości asfaltu;
 - Dobra nośność i podział obciążeń – obciążenia pojazdu rozkładają się na całą płytę;
 - Niski koszt utrzymania – brak konieczności remontów nawet przez 30 lat;
 - Odporność na zmienne warunki atmosferyczne, tj. wysokie temperatury, mróz, środki odladzające.
- Przewagi użytkowe:
 - Zużycie paliwa niższe o ok. 2–2,5 proc., dzięki sztywniejszej nawierzchni;
 - Nieprzerwana przejeżdżalność – ograniczenie liczby korków i utrudnień w ruchu spowodowanych robotami drogowymi: oszczędność czasu dla użytkowników drogi, oszczędność kosztów dla firm transportowych;
 - Estetyka – beton jako materiał budowlany ma swoich gorących entuzjastów; zastosowanie betonu z ekspozowanym kruszywem na chodnikach czy ścieżkach rowerowych ma kapitalny wpływ na walory estetyczne otoczenia.

• Bezpieczeństwo:

- Krótsza droga hamowania, również na mokrej nawierzchni;

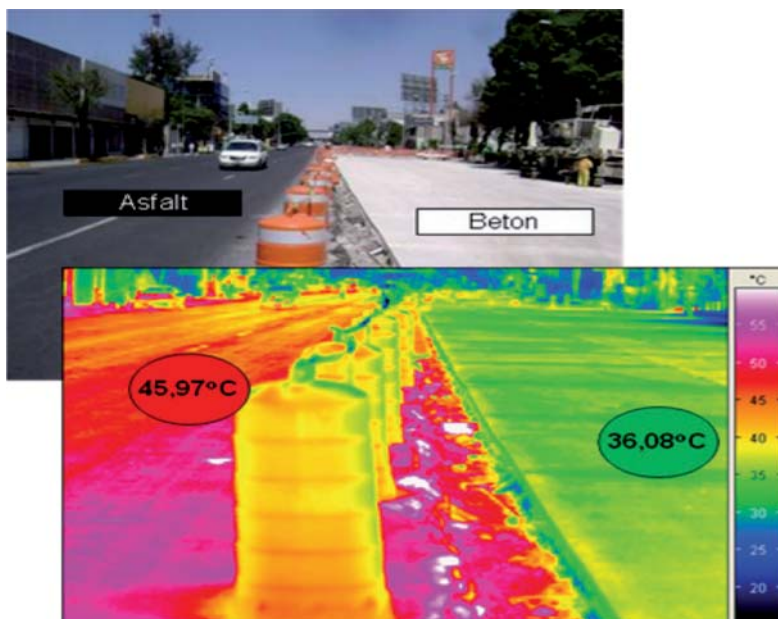


Rys. 3. Droga hamowania. Źródło: EUPAVE

- Odporność na odkształcenia – brak kolein i innych deformacji jezdni;
- Jasna nawierzchnia, korzystnie wpływająca na widoczność;
- Dobra przyczepność, potwierdzona badaniami, niższa wypadkowość niż na drogach asfaltowych;
- Sprawne odprowadzanie wody deszczowej z powierzchni drogi, dzięki równej nawierzchni.

• Środowisko naturalne:

- Ograniczenie efektu „miejskiej wyspy ciepła” – zdolność jasnej



Rys. 4. Nagrzewanie nawierzchni. Źródło: EUPAVE

nawierzchni betonowej do odbijania światła jest ok. trzy razy większa niż ciemnej nawierzchni asfaltowej;

- Możliwość całkowitego recyklingu zużytych płyt betonowych – *Construction Materials Recycling Association* (CMRA) uznała beton za materiał konstrukcyjny o największym na świecie potencjale recyklingowym;
- Lokalnie dostępne surowce ograniczają koszty środowiskowe związane z transportem [5].

Nawierzchnie betonowe zapewniają wyższą trwałość konstrukcjom drogowym niż nawierzchnie z mieszanki mineralno-asfaltowej. Są jednak bardziej wrażliwe na błędy wykonawcze i eksploatacyjne, popełniane w trakcie realizacji nawierzchni betonowej oraz w trakcie cyklu jej życia. Uszkodzenia powierzchniowe to wady nawierzchni, które dotyczą **powierzchni betonu**. Mają one znaczenie dla estetyki, komfortu jazdy i trwałości nawierzchni, jednakże nie wpływają bezpośrednio na parametry mechaniczne płyt betonowych. Zalicza się do nich [10]:

- ubytki powstające w wyniku wyluskania ziarna kruszywa z powierzchni betonu. Najbardziej narażone na wyluskanie są ziarna otoczkowe, ze względu na małe rozwinięcie powierzchni, zwłaszcza jeśli są mocno zapyłone,
- odpryski ziarna kruszywa, czyli niewielkie zagłębienie w powierzchni betonu o kształcie zbliżonym do stożka, z widocznym najczęściej na jego dnie fragmentem rozłupanego ziarna kruszywa. Powstają, gdy ziarna kruszywa grubego zlokalizowane blisko powierzchni pęcznią, niszczą i odspajają się wraz z fragmentami przyległej zaprawy. Najczęstszą przyczyną jest brak mrozoodporności kruszywa, np. lekkich ziaren, które wypływają na wierzch podczas wibrowania mieszanki betonowej, gdzie chłoną wodę i szybko ulegają zniszczeniu w wyniku zamrażania,
- kratery powstające na skutek reakcji glinu z wodorotlenkiem wapnia, co prowadzi do wydzielania się lotnego wodoru,

- pęknięcia włoskowate – efekt skurczu plastycznego, czyli zmniejszenia objętości wiążącego betonu znajdującego się jeszcze w stanie plastycznym. Skurcz, a w efekcie powstawanie rys wywołany jest przez szybsze odparowywanie wody z powierzchni świeżego betonu niż jej sąsiednie z niższych warstw. Kluczową rolę w tym przypadku odgrywa pielęgnacja wilgotnościowa świeżego betonu,
- siatka spękań – może powstawać na skutek drgań wywołanych ruchem, także ruchem technologicznym, wprowadzonym zanim beton osiągnie odpowiednią wytrzymałość. Możliwą przyczyną jest też zbyt intensywne prowadzenie zabiegów wykończeniowych, takich jak zacieranie,
- ścieranie – w kontakcie z kołami pojazdów powoduje utratę antypoślizgowej tekstury, a w skrajnych przypadkach koleinowanie. Pojawiają się drobne zagłębienia, w których zbiera się woda. Nadmierne ścieranie się nawierzchni jest związane przede wszystkim z zastosowaniem nieodpowiedniego kruszywa, przy czym zasadnicze znaczenie dla odporności zaprawy ma piasek – jego

ścieralność i przyczepność do zaczynu. Ważne jest też, aby kruszywo grube miało odpowiednią odporność na polerowanie,

- złuszczenie – polega na odspajaniu fragmentów zaprawy i kruszywa grubego z powierzchni płyty betonowej i prowadzi do powstawania zagłębień, nierówności oraz obniżenia trwałości nawierzchni. Beton łuszczy się pod wpływem działania mrozu i środków odładzających,
- odpryskiwanie betonu – to odrywanie się pojedynczych, większych fragmentów materiału z powierzchni płyty. Ma podobne podłoże jak złuszczenie – zazwyczaj działanie mrozu i środków odładzających. Odpryski powstają również jako efekt korozji elektrochemicznej stali zbrojeniowej,
- rdzawe plamy występujące tylko w płytach zbrojonych, spowodowane korozją zbrojenia. Pojawienie się odbarwień często poprzedza odpryskiwanie betonu. Ich wystąpieniu sprzyja zbyt płytko umieszczona siatka zbrojeniowa,
- niedostatecznie rozwinięta tekstura, inaczej niedostateczna szorstkość powierzchni – zmniejsza przyczepność kół pojazdów, wpływa na bezpieczeństwo jazdy. Wada ta może być spowodowana błędem wykonawczym – wadliwym teksturoowaniem lub nadmiernym ścieraniem się powierzchni betonu w czasie eksploatacji.

Natomiast do grupy uszkodzeń strukturalnych należą takie wady, które wpływają na geometrię i pracę betonowych elementów nawierzchni, szczególnie te, które zaburzają ciągłość płyt i osłabiają przekrój elementu. Należą do nich [8]:

- pęknięcia płyt przebiegające przez całą grubość warstwy betonowej, dzieląc płytę na mniejsze fragmenty, które zaczynają pracować niezależnie, powodują progi w nawierzchni, obniżające komfort jazdy lub mogące przyczynić się do awarii zawieszenia pojazdów. Powstaje szczelina, do której dostają się zanieczyszczenia, które wraz

- z wodą mają swobodę penetracji aż do warstwy podbudowy. Krawędzie są podatne na obrywanie, co potęguje efekt niszczenia nawierzchni. Istnieją dwa podstawowe typy pęknięć – w narożach i poprzeczne. Przyczyną pęknięcia płyt jest kilka zjawisk: występowanie odkształceń i naprężeń termicznych związanych z dobowym i rocznym cyklem zmian temperatury, naprężenia termiczne wynikające z ograniczonej swobody podłużnego odkształcania się płyt, wadliwe podparcie płyty spowodowane niejednorodnością podbudowy związaną z nierównym zagęszczeniem lub działaniem wody,
- klawiszowanie występujące na skutek nierównego podparcia płyt przy krawędziach (częste w przypadku konstrukcji niedyblowanych) powoduje powstanie poprzecznego progów w nawierzchni. Jest niekorzystne dla trwałości nawierzchni – zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia spękań płyt, obrywanie krawędzi i przyczynia się do degradacji wypełnienia szczeliny dylatacyjnej. Może być spowodowane niedbałym zagęszczeniem podbudowy czy zjawiskiem „pompowania” hydrodynamicznego, kiedy to woda gromadząca się pod dylatacją na skutek dynamicznego obciążenia kołami pojazdów jest pompowana przez szczelinę dylatacyjną, wypłukując drobne frakcje z podbudowy. Następuje erozja materiału podbudowy w okolicy szczeliny poprzecznej, a płyty zaczynają klawiszować,
 - degradacja szczelin dylatacyjnych, np. zmiana geometrii dylatacji, może być spowodowana nadmiernym klawiszowaniem lub poziomym przemieszczeniem krawędzi płyt. Prowadzi do powstania progów, uskoków, nieciągłości. Zmniejsza komfort i bezpieczeństwo jazdy, a także powoduje pogorszenie współpracy krawędzi płyt z materiałem uszczelniającym, co prowadzi do penetracji wody i zanieczyszczeń w głąb dylatacji i do warstwy podbudowy. Kiedy dylatacja wypełnia się materiałem obcym, takim jak okruchy betonu, pyły, gleba, przestaje prawidłowo pracować. Płyty betonowe zostają pozbawione odkształceń, co powoduje występowanie naprężeń termicznych. Zanieczyszczone szczeliny, zwłaszcza zarośnięte drobną roślinnością, utrzymują wysoką wilgotność, co przyspiesza korozję mrozową betonu i reakcję alkalia – krzemionka,
 - wysadziny, które skutkują najczęściej klawiszowaniem lub pękaniem płyty ze względu na zmianę warunków podparcia. Spowodowane są wadliwym działaniem dylatacji. Płyty nie mają swobody odkształceń termicznych – jeśli nie popękają, to w pewnych miejscach zostają wysadzone do góry.
 - degradacja wgłębna, czyli lokalne lub globalne obniżenie parametrów wytrzymałościowych materiału, występuje gdy mieszanka betonowa jest układana po rozpoczęciu procesu wiązania. Układanie i zagęszczanie niszczy powstającą strukturę hydratów,
 - obrywanie krawędzi – uszkodzenie charakterystyczne dla poprzecznych szczelin dylatacyjnych, polega na odspajaniu się materiału z obrzeża płyty. Może być spowodowane korozją lub błędami wykonawczymi (zbyt wczesne nacięcie dylatacji przed uzyskaniem przez beton odpowiedniej wytrzymałości),

- rozwarstwienia – wady polegające na niejednorodności betonu na grubości płyty. Są skutkiem segregacji mieszanki betonowej spowodowanej niewłaściwie zaprojektowanym betonem, „poprawianiem” konsystencji przez dodawanie wody lub złym zagęszczeniem („przewibrowanie” mieszanki),
- pustki wewnętrzne, czyli duże pęcherze powietrza zamknięte w betonie, istotnie zmniejszają wytrzymałość materiału. Ich obecność wskazuje na źle przeprowadzone zagęszczenie, podczas którego mieszanka betonowa nie została prawidłowo odpowietrzona,
- spękania przyszczelinowe – występują jako spękania w okolicy szczeliny dylatacyjnej, równoległe do niej. Towarzyszą im zabarwienia betonu na ciemny szaro-brunatny kolor. Powodują je nasiąkliwe ziarna kruszywa grubego, poddane wielokrotnemu cyklowi zamrażania – rozmrażania, które pęczniąc i pękając, powodują powstanie drobnych rys w zaczynie cementowym. Pęknięcia powstają w dolnej części płyty, przy krawędziach i propagują do góry.

Nie da się tego tematu zamknąć i powiedzieć, że rozstrzygnęliśmy, która technologia jest lepsza, bo wiemy, że jedna i druga muszą funkcjonować. Do zamknięcia dyskusji o asfalcie i betonie droga jeszcze daleka, a uznanie jednej technologii jako lepszej od drugiej nie jest chyba ani możliwe, ani właściwe.

Technologia wykonania nawierzchni betonowej na przykładzie budowy drogi ekspresowej S17 Garwolin – Kurów

Rodzaje nawierzchni betonowych

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad zdaje sobie sprawę, że nawierzchnie wykonane w nowoczesnych technologiach w połączeniu z fachową wiedzą i właściwym nadzorem laboratoryjnym pozwalają na budowanie nawierzchni betonowych, których prawidłowe utrzymanie zapewni trwałość na lata. Wyrazem zaangażowania w budowę dróg betonowych są m.in. wprowadzone do stosowania 7 czerwca 2018 r. zarządzeniem Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad *Ogólne specyfikacje techniczne dla nawierzchni z betonu cementowego* (OST). Prace nad OST dla nawierzchni betonowych rozpoczęły się już w 2013 r., a w ich tworzeniu brali udział eksperci ze Stowarzyszenia Producentów Cementu z prof. Janem Deją jako kierownikiem zespołu. OST – fundamentalne dokumenty niezbędne dla projektantów i wykonawców dróg betonowych w Polsce, posiadając status załącznika do Zarządzenia Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad, oznaczają w praktyce otwarcie nowego rozdziału w projektowaniu i budowie dróg z nawierzchnią betonową. Dzięki OST zarówno inwestorzy, jak i wykonawcy, mogą korzystać z rozwiązań, które w niczym nie ustępują najwyższym światowym standardom i bazują na długoletnich doświadczeniach krajów, w których drogi betonowe funkcjonują i doskonale spełniają swoją funkcję już od wielu lat [16].

W światowej technice drogowej wyróżnia się kilka rodzajów nawierzchni betonowych. Nawierzchnie niezbrojone i niedyblowane (płyty krótkie) to najstarszy rodzaj nawierzchni, zwanej kalifornijską. Obecnie ten typ nawierzchni jest podzielony szczelinami podłużnymi i poprzecznymi wykonywanymi na jednej trzeciej grubości płyty i spoczywa na podbudowach odpornych na erozję lub warstwach drenujących. Kolejny rodzaj to nawierzchnie dyblowane i kotwione. Jak wykazały obserwacje, dyblowanie płyt znacząco polepsza ich współpracę na szczelinach dylatacyjnych – płyty mniej klawiszują. W przypadku nieprawidłowego zastosowania dybli mogą pojawić się zniszczenia nawierzchni przy szczelinach dyblowanych, najczęściej jako tzw. owalizacja, polegająca na wykuszaniu betonu wokół dybla. Dyble nie zapewniają wówczas współpracy płyt i mogą swobodnie przemieszczać się na krawędzi. Zjawiskiem niebezpiecznym dla dybli jest także korozja oraz niedokładne ułożenie (nierównoległe do osi i powierzchni górnej płyty), które może prowadzić do pęknięcia płyt. Nawierzchnie zbrojone, tworzone z płyt zbrojonych krótkich, to kolejny rodzaj nawierzchni betonowych. Zbrojenie płyt zaleca się m.in. w przypadkach spodziewanych nierównomiernych osiadań podłoża (np. nad przepustami).

Jak wynika z doświadczeń, zbrojenie płyt istotnie wpływa na:

- zmniejszenie liczby rys, ich rozwartości oraz pęknięć,
- zmniejszenie liczby szczelin skurczowych,
- przeciwdziałanie stopniowemu rozszerzaniu pęknięć.

Licznymi zaletami cechują się nawierzchnie o ciągłym zbrojeniu (płyty długie), ponieważ:

- nie mają szczelin, nie wymagają wysokich nakładów na utrzymanie,
- nie występuje zjawisko przenikania wody do podłoża i zjawisko pompowania w szczelinach,
- zapewniają komfortową jazdę (równość, brak klawiszowania płyt) i długi okres eksploatacji.

Z połączenia nawierzchni z betonu cementowego z nawierzchnią wykonaną z mieszanki mineralno-asfaltowej

powstają nawierzchnie złożone, wśród których wyróżnia się:

- nawierzchnie z betonu cementowego o ciągłym zbrojeniu przykryte cienką warstwą mieszanki mineralno-asfaltowej,
- nawierzchnie z betonu cementowego niezbrojonego lub zbrojonego układane na istniejących nawierzchniach asfaltowych, tzw. *whitetopping* lub *ultra-thin whitetopping*,
- nawierzchnie z betonu cementowego umieszczone pomiędzy istniejącymi w planie nawierzchniami asfaltowymi lub betonowymi.

Oprócz wymienionych rodzajów typowych nawierzchni, stosowanych na światową skalę w budownictwie drogowym, coraz powszechniej budowane są nawierzchnie betonowe zbrojone włóknom rozproszonym, z betonu wałowanego, piaskowego czy porowatego (drenującego) [4].

Etapy budowy drogi w technologii betonu cementowego na przykładzie odcinka drogi ekspresowej S17 Garwolin – Kurów

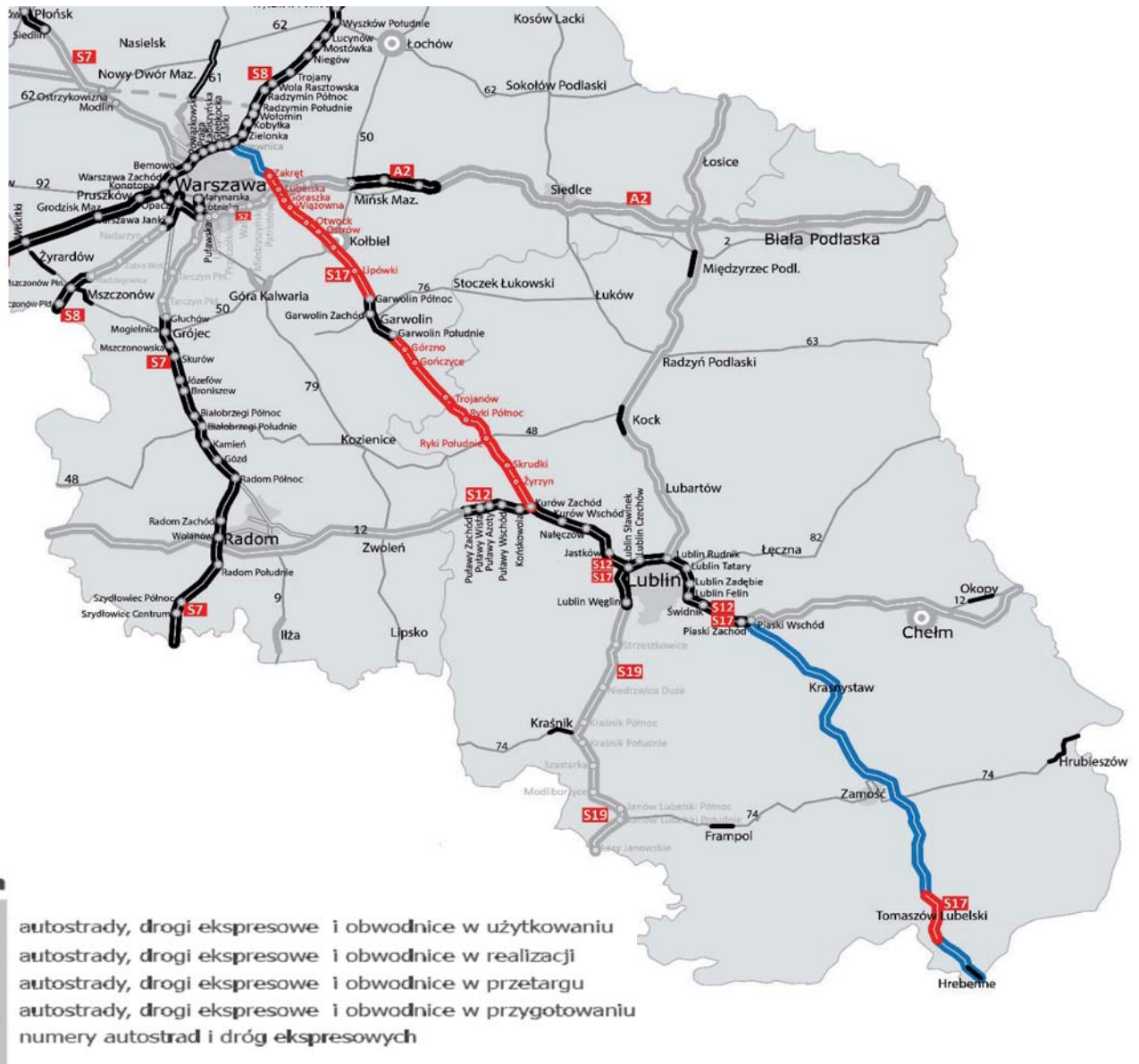
Droga ekspresowa S17 to droga biegnąca z Warszawy do Hrebennego (granica z Ukrainą) w ciągu trasy europejskiej E372. W przyszłości połączy aglomerację warszawską z Lubelszczyzną i poprowadzi dalej w kierunku Lwowa. Pomiędzy Kurowem a Piaskami odcinek wspólny z drogą ekspresową S12 tworzy główną oś transportową w województwie lubelskim. Na początkowym odcinku droga ma stanowić wschodnią obwodnicę Warszawy (WOW), część ekspresowej obwodnicy Warszawy [18].

Oddana do użytkowania w 2007 r. obwodnica Garwolina zyskała wśród kierowców jeżdżących na trasie Warszawa – Lublin określenie „siedem minut szczęścia”. Tyle mniej więcej czasu zajmowało przejechanie zgodnie z przepisami całej blisko 13-kilometrowej trasy. To była zapowiedź gruntownych zmian, jakie czekały wytyczony jeszcze w czasach Franciszka Christianiego i Dyrekcji Jeneralnej Dróg i Mostów Królestwa Polskiego nowy trakt łączący Warszawę z Lublinem [13].

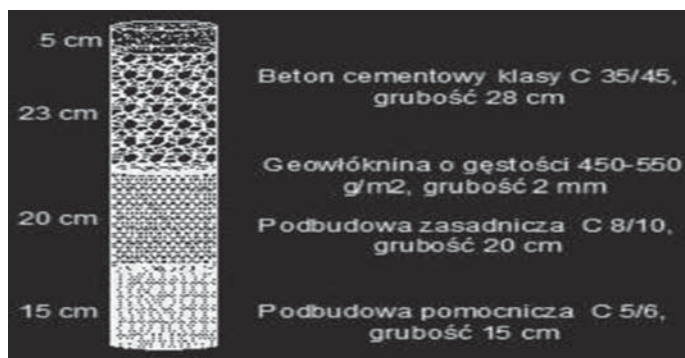
Rys. 5. Typowe konstrukcje nawierzchni (źródło: referat Prof. dr hab. inż. Antoniego Szydło „Nowy katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych”)

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 101,25	> 101,25
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	> 38,00
Typ I							
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona
Legenda:	<p>warstwa nawierzchniowa z betonu cementowego</p> <p>warstwa podbudowy zasadniczej z mieszanki niezwiązanej z kruszywem C₂₀₀</p> <p>wymagany wtórny moduł odkształcenia E₂</p>						

Rys. 6. Przebieg drogi ekspresowej S17 (źródło GDDKiA)



Nawierzchnia dwujezdniowej drogi ekspresowej S17 pomiędzy Warszawą a węzłem Kurów Zachód wykonywana jest w technologii betonu cementowego.



Rys. 7. Typowy układ warstw nawierzchni z betonu cementowego – źródło [3]

Prezentowany w niniejszym artykule rozdział dotyczący technologii wykonania nawierzchni betonowej opracowany został na przykładzie prac prowadzonych na odcinku drogi od granicy województw mazowieckiego i lubelskiego do węzła Skrudki. Wykonawcą tego odcinka S17 w trybie „Projektuj i buduj” została firma PORR Polska Infrastructure. Długość całego odcinka wynosi 20,2 km. 9 listopada 2015 r. podpisano umowę na realizację drogi. Wartość kontraktu to ok. 608,8 mln zł [14].

Na wykonanie nawierzchni betonowej składa się wiele skomplikowanych procesów, począwszy od produkcji mieszanki betonowej o ściśle określonym i kontrolowanym składzie, poprzez odpowiednią logistykę transportu, do poprawnego ułożenia warstw nawierzchni.

Górne warstwy konstrukcji nawierzchni mogą spoczywać na jednej lub kilku spośród następujących warstw:

- podbudowie pomocniczej,
- warstwie mrozoochronnej,
- warstwie odcinającej,
- warstwie ulepszonego podłoża.

Podbudowa pomocnicza, warstwa mrozoochronna i warstwa odcinająca tworzą dolne warstwy konstrukcji nawierzchni. Ulepszone podłoże gruntowe jest najwyższą częścią korpusu ziemnego, na którym spoczywa konstrukcja nawierzchni.

W skład górnych warstw nawierzchni wchodzi: warstwa nawierzchniowa (betonowa płyta dyblowana i kotwiona, zbrojona), warstwa poślizgowa (geowłóknina) i podbudowa zasadnicza [15].

Budowa dróg o nawierzchni betonowej rozpoczyna się gdy zostaje stwierdzona poprawność rozłożenia geowłókniny. Rozpoczynają się prace pomiarowe oraz pozycjonowanie kołków prowadzących po obu stronach jezdni i rozprowadzenie kabli będących punktem odniesienia dla elektronicznego systemu napędu i niwelacji wykańczarki. Przy budowie drogi betonowej mocuje się stalowe linki, które mają za zadanie odzwierciedlić równość i szerokość drogi według wartości projektowych. Są one wyznaczane przez geodetów. Przed rozpoczęciem układania nawierzchni betonowej wykonuje się odcinki próbne poza trasą główną w celu: dostosowania ustawień układarek do rzeczywistych warunków na terenie budowy, kontroli konsystencji mieszanki betonowych oraz dostosowania konsystencji recepturowej do wymagań maszyn układających oraz opracowania metodologii i sprawdzenia skuteczności sprzętu podczas najistotniejszych faz układania nawierzchni, tj. zagęszczania mieszanki, pracy systemów dyblujących i kotwiących, teksturowania i pielęgnacji betonu. Po rozmieszczeniu maszyn i regulacji wszystkich głównych parametrów układarek, przystępuje się do produkcji i układania nawierzchni betonowej.

Poniżej, za pomocą kilku zdjęć i krótkiej charakterystyki przedstawiono etapy „powstawania” drogi z betonu:

1. Po przygotowaniu dolnych warstw konstrukcji nawierzchni, układana jest warstwa poślizgowa, czyli geowłóknina. Mocowana jest do podbudowy przy pomocy szpilek wstrzelanych pneumatycznie.



Fot. 4. Ułożenie geowłókniny (fot. autora)

2. Nawierzchnia wykonywana jest przy użyciu zestawu maszyn:

- rozkładarki do górnej warstwy betonu,
- pomostu roboczego do nanoszenia środka pielęgnacyjnego oraz opóźniającego wiązanie.

Najpierw samochód ciężarowy rozsypuje beton przed maszyną. Układarka za pomocą ślimaka lub miecza rozprowadza beton na całej szerokości maszyny, zaś za pomocą deskowania ślizgowego kształtuje beton w jezdnię. Między szalunkami z wysoką częstotliwością pracują wibratory, wybijając powietrze z betonu, który jest tym sposobem zagęszczany. Zacieraczkę podłużną i poprzeczną wyrównują ułożoną jezdnię.



Fot. 5. Rozkładarka do górnej warstwy betonu (fot. autor)

Równocześnie układarka może wwirowywać dyble i kotwy w świeży beton. Służą one jako zbrojenie. Powyżej elementów zbrojeniowych zostaną później wycięte spoiny w jezdni. W ten sposób zagwarantuje się, by pęknięcia, które powstaną nieuchronnie na skutek obciążeń i wahań temperatur, powstawały w betonowym korpusie w sposób kontrolowany.



Fot. 6. Wwirowywanie dybli i kotew w świeży beton (fot. autora)

Za ułożoną warstwą betonową jedzie pomost roboczy, który za pomocą zamocowanych pac zaciera świeży beton i spryskuje mieszankę preparatem do opóźniania hydratacji cementu. Po odpowiednim czasie, w zależności od warunków pogodowych (temperatury i wilgotności), rozpoczyna się wiązanie cementu i narasta wytrzymałość betonu.



Fot. 7. Pomost roboczy do nanoszenia środka pielęgnacyjnego oraz opóźniającego wiązanie (fot. autor)

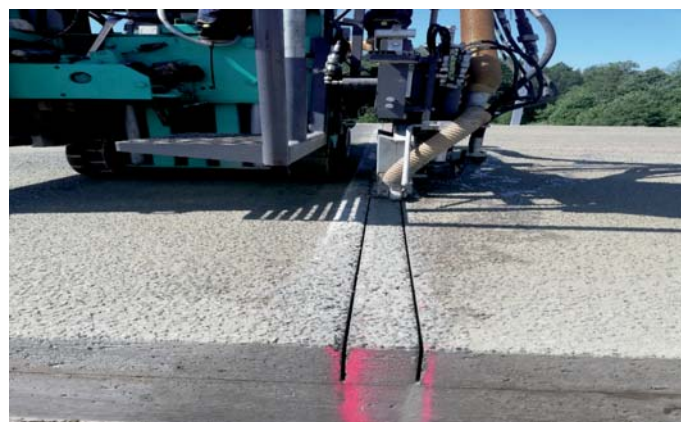
3. Mechaniczne usuwanie zaczynu cementowego z powierzchni tzw. teksturowanie nawierzchni, czyli wykończenie nawierzchni uzyskiwane przez usunięcie niezwiązanej zaprawy cementowej i odstonięcie kruszywa grubego. By sprawdzić czy szczotkowanie mechaniczne za pomocą stalowej obrotowej szczotki przymocowanej do ładowarki jest możliwe, wykonuje się szczotkowania ręczne. Gdy można osiągnąć odpowiednią ekspozycję kruszywa, kontynuuje się mechaniczne szczotkowanie betonu na powierzchni górnej warstwy nawierzchni. Maszyny szczotkują zaprawę cementową do momentu uzyskania wymaganej szorstkości nawierzchni drogi betonowej. Po teksturowaniu następuje faza rozpylania środka do pielęgnacji, w celu zabezpieczenia betonu przed odparowywaniem wody.



Fot. 8. Mechaniczne usuwanie zaczynu cementowego z nawierzchni (fot. autor)

4. Nacinanie szczelin – po stwierdzeniu odpowiedniej wytrzymałości betonu (by uniknąć niekontrolowanych pęknięć), nacinają się szczeliny dylatacyjne (poprzeczne i podłuż-

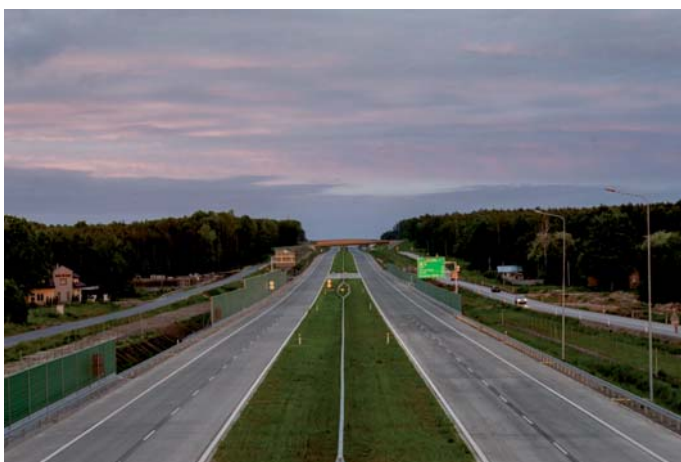
ne). Pierwsze cięcie wykonuje się po 8–24 godzinach od ułożenia betonu. Szczeliny dylatacyjne w późniejszym czasie wypełnia się masą zalewową bądź profilami wypełniającymi, by ograniczyć dostęp wody oraz środków odładzających do dolnej warstwy nawierzchni i podbudowy.



Fot. 9. Nacinanie szczelin dylatacyjnych (fot. autor)

Według informacji uzyskanej od wykonawcy odcinka drogi ekspresowej S17 od granicy województw mazowieckiego i lubelskiego do węzła Skrudki – firmy PORR Polska Infrastructure – czynnikami wpływającymi na jakość wykonania nawierzchni betonowej są:

- odpowiednio zaprojektowane recepty,
- węzeł betoniarski znajdujący się na placu budowy o wydajności zapewniającej ciągłość pracy rozkładarki,
- racjonalnie dobrana ilość środków transportowych,
- właściwie dobrana konsystencja do parametrów rozkładarki,
- precyzyjna obsługa geodezyjna,
- jednorodne naniesienie środka pielęgnacyjnego i opóźniającego wiązanie,
- na każdym etapie realizacji stały nadzór technologiczno-laboratoryjny.



Fot. 10. Odcinek drogi ekspresowej S17 Garwolin – Kurów wykonanej w technologii betonu cementowego (źródło GDDKiA)

Utrzymanie dróg o nawierzchni betonowej

Bieżące utrzymanie dróg o nawierzchni betonowej

Nawierzchnie betonowe są co prawda trudniejsze w wykonaniu i czasami droższe od bitumicznych odpowiedników, lecz ich wielką zaletą jest trwałość, która sięga nawet powyżej 50 lat. Konstrukcje podatne wymagają remontów już po kilku latach eksploatacji, podczas gdy nawierzchnie sztywne mogą funkcjonować bez większych napraw nawet 15–20 lat i więcej.

Poddane są działaniom różnych czynników zewnętrznych, takich jak: temperatura (oddziałująca na poszczególne warstwy, a w szczególności na nawierzchnię), środki chemiczne stosowane w zimowym utrzymaniu dróg, obciążenia ruchem pojazdów, działanie wody powierzchniowej i gruntowej.

Diagnostyka nawierzchni i odpowiednia reakcja na wyniki przeprowadzanych przeglądów stanu dróg pozwalają na efektywne zarządzanie nimi w czasie oraz bezpieczne użytkowanie przez uczestników ruchu. Bez względu na rodzaj nawierzchni, każda droga po jakimś czasie ulega degradacji, mając określony cykl życia. Monitorowanie stanu dróg, naprawy, przebudowy, utrzymanie i ochrona to zadania każdego zarządcy. Jednak tylko odpowiedzialne podejście do tych zagadnień zapewni właściwą eksploatację drogi w zakładanym czasie jej żywotności

W pierwszym roku eksploatacji prace związane z utrzymaniem tego typu nawierzchni ograniczają się do przeglądu ich stanu, sprawdzenia szczelin dylatacyjnych. Jeśli występują ubytki, dokonuje się ich wypełnienia (aby zapewnić szczelność). W następnych latach eksploatacji w pobliżu dylatacji mogą występować pęknięcia krawędzi płyt. Po 10 latach wykonuje się pierwsze zabiegi poprawiające szorstkość nawierzchni, po 20–30 latach mogą się pojawić spękania siatkowe oraz pęknięcia narożne i pęknięcia na krawędziach płyt. Jeżeli na etapie wykonawstwa powstały błędy, wady oraz uszkodzenia nawierzchni betonowych, ujawnią się wcześniej niż zakładano [7].

Naprawy powierzchniowe nawierzchni betonowej polegają na uzupełnieniu ubytków powierzchniowych, złuszczeń czy wykruszeń. Jeśli w wyniku błędów wykonawczych nie uzyskano właściwej szorstkości nawierzchni, wówczas konieczne jest uszorstnienie nawierzchni przez piaskowanie lub śrutowanie powierzchni: *gridding* wodą, *gridding* tarczami lub rowkowanie. W przypadku różnic poziomów płyt, jedną z metod ich wyrównania jest podnoszenie i stabilizacja płyt przez iniekcję zaczynem cementowym lub spienionym poliuretanem. Polepszenie współpracy oraz przenoszenia obciążeń sąsiadujących płyt uzyskuje się przez dyblowanie pionowe, które ponadto ogranicza przemieszczanie się płyt. Z kolei dyblowanie poziome ma na celu przywrócenie odpowiedniej współpracy sąsiednich płyt oraz ograniczenie przemieszczeń pionowych tych płyt względem siebie. Aby wyrównać poziom płyt, usuwa się część betonu przez sfrezowanie. Jeżeli żadna z wymienionych metod naprawy nie zagwarantuje uzyskania i spełnienia pożądanych właściwości trwałościowych i eksploatacyjnych, wówczas konieczna jest wymiana całości bądź fragmentów płyt [6].

Reasumując: najważniejsza w utrzymaniu dróg betonowych jest ich stała obserwacja i szybka reakcja, gdy dojdzie do niewielkich uszkodzeń.

Zimowe utrzymanie dróg o nawierzchni betonowej

Nasze warunki klimatyczne sprawiają, że w okresie zimowym nawierzchnie drogowe często pokrywa śnieg i lód. Utrzymanie bezpieczeństwa związane jest z koniecznością usunięcia ich z nawierzchni drogowych.

Drogi asfaltowe i betonowe są utrzymywane różnymi metodami, zwłaszcza w sezonie zimowym. Nawierzchnie betonowe są bardziej wymagające. Jeśli chodzi o drogi betonowe, należy stosować inny reżim i obserwować, jak beton zachowuje się pod wpływem działania chemikaliów i innych środków stosowanych przy zimowym utrzymaniu nawierzchni. Drogi betonowe są bowiem bardziej podatne na erozję pod wpływem takich środków.

Do usuwania i łagodzenia skutków śliskości zimowej stosuje się [6]:

- 1) materiały chemiczne: sól kamienną suchą (chlorek sodu NaCl); solankę – roztwór NaCl lub CaCl₂ o stężeniu 20÷25%; sól zwilżoną – 30% solanki (roztworu NaCl lub CaCl₂ o stężeniu 20÷25) + 70% suchej soli NaCl; chlorek wapnia techniczny (77÷80% CaCl₂); chlorek magnezu MgCl₂; mieszaniny NaCl z CaCl₂ lub z MgCl₂ w stosunku wagowym 4:1, 3:1, 2:1; octan wapniowo-magnezowy (CMA); octan potasu (KAc); mocznik; mrówczan; alkohole; glikole;
- 2) materiały uszorstniające (stosowane do uszorstniania lodu, zlodowaciałego i ubitego śniegu): piasek o uziarnieniu do 2 mm; kruszywo naturalne o uziarnieniu do 4 mm; kruszywo kamienne łamane o uziarnieniu 2÷4 mm; żużel wielkopiecowy kawałkowy; kruszywo niesortowalne o uziarnieniu do 4 mm i do 8 mm; żużel kotłowy (paleniskowy); jednorodne mieszaniny kruszyw z solą o składzie wagowym od 95 do 97% kruszywa i od 3 do 5% soli;
- 3) ogrzewanie nawierzchni – metoda polega na montowaniu w nawierzchni specjalnej instalacji grzewczej; ze względu na wysoki koszt stosowanie ogranicza się jedynie do miejsc szczególnie niebezpiecznych, np. wjazdy i wyjazdy z tuneli, wiadukty i mosty, wejścia i wyjścia z przejść podziemnych.

Środki chemiczne stosowane do posypywania nawierzchni drogowych w zimowym utrzymaniu dróg powinny spełniać następujące wymagania:

- skutecznie i szybko topić lód i zapobiegać gołoledzi,
- zachowywać trwałość działania w założonym czasie,
- nie być toksyczne w stosunku do środowiska,
- nie wchodzić w reakcje i nie powodować dodatkowych uszkodzeń materiałów używanych do konstrukcji nawierzchni,
- dać się łatwo rozsypywać na nawierzchni,
- nie być łatwo usuwalne przez ruch pojazdów i wiatr,
- nie powodować korozji karoserii pojazdów i konstrukcji stalowych.

- Nie jest możliwe spełnienie jednocześnie wszystkich tych wymagań. Środkiem spełniającym te wymagania najbardziej optymalnie jest chlorek sodu NaCl i większość zalet dotyczących zimowego utrzymania dróg jest przygotowywanych pod kątem jego użycia.

Niekorzystne działanie chlorku sodu udaje się ograniczyć, dzięki rozwijaniu w ostatnich latach technologii pozwalających zmniejszyć jego zużycie przy zachowaniu dużej skuteczności działania, stosowanie nowoczesnych rozsypywarek, które pozwalają rozsypywać środki chemicznie precyzyjnie i w odpowiednich dozowaniach, co umożliwia zmniejszenie ilości soli wysypywanej na drogi przy zachowaniu skuteczności tej soli.

Wpływ soli odladzających na stopień destrukcji betonu jest niezaprzeczalny. Uszkodzenia betonu spowodowane mrozem w obecności środków odladzających mają przede wszystkim naturę fizyczną. Niektóre sole, np. CaCl₂, mogą wprawdzie powodować uszkodzenia natury chemicznej, ale głównie przy wysokich stężeniach i długim okresie ekspozycji. Badania prowadzone w Polsce i w wielu innych krajach nie dały jeszcze jasnego wytłumaczenia zjawisk powstających przy połączonym działaniu roztworów chlorków, mrozu i ruchu na nawierzchnie betonowe. Na ogół pomija się działanie chemiczne chlorków na nawierzchnie, jeżeli chlorki te nie zawierają związków siarki, gdyż materiały kamienne stosowane w budownictwie drogowym są w zasadzie odporne na działanie roztworów chlorków.

W Polsce wielokrotnie podnoszony był problem solenia tzw. młodych nawierzchni betonowych. Funkcjonował zapis, że nawierzchni betonowych nie można solić w pierwszym roku eksploatacji. Projektowanie betonów nawierzchniowych spełniających kategorię mrozoodporności FT2 według normy PN-EN 13877-2:2007 umożliwia stosowanie środków odladzających na tzw. młode nawierzchnie betonowe. Oczywiście należy zachować ostrożność i używając do budowy nawierzchni cementów charakteryzujących się znacznym przyrostem wytrzymałości także po 28 dniach, stosować środki chemiczne po 56 czy po 90 dniach dojrzewania betonu, do momentu uzyskania założonej wytrzymałości i uszczelnienia się betonu.

Podsumowanie

Celem artykułu było przedstawienie perspektywy rozwoju krajowych dróg betonowych. Zaprezentowano historię budowy dróg betonowych w Polsce, plany związane z wykonaniem w niedalekiej przyszłości tego typu nawierzchni oraz zalety i wady.

Zdaniem autora, beton to dobra i konkurencyjna alternatywa dla asfaltu. Dywersyfikacja technologii wykonania nawierzchni jest konieczna, ponieważ zdrowa konkurencja wymusza coraz lepsze wykonanie. Dzięki temu jakość budowanych dróg systematycznie się podnosi. Nie chodzi jedynie o to, aby budować wyłącznie drogi betonowe lub asfaltowe.

Budowane drogi mają być dobre i trwałe. Technologię budowy należy dopasować do potrzeb inwestorów i warunków, w jakich będą eksploatowane. Warto również zaplanować jak najdłuższe odcinki wykonane w tej samej technologii. Ułatwia to późniejsze działania utrzymaniowe.

Dobra droga to droga wykonana rzetelnie i z zachowaniem najwyższych standardów. Zasada ta obowiązuje bez względu na planowaną technologię i formułę. Wypracowane przez lata dokumenty techniczne pozwalają zachować jakość i trwałość nowo budowanych i modernizowanych nawierzchni drogowych wykonywanych w technologii betonowej. Warto też podkreślić, że firmy budowlane prowadzące działalność w sektorze nawierzchni betonowych dysponują nowym i bardzo nowoczesnym sprzętem, co pozwoli na wybudowanie nawierzchni betonowych na światowym poziomie.

Wobec tego, śmiało można stwierdzić, iż rozwój nawierzchni betonowych w najbliższych latach jest nieunikniony a zarazem nieodwracalny.

Bibliografia

- [1] Dąbrowski W., *Nawierzchnie betonowe w Polsce – rozwój w oparciu o tradycję. Wybrane zagadnienia z zakresu budowy i utrzymania.*, Budownictwo, Technologie, Architektura”, nr 2, 2016, s. 34–39.
- [2] Jackiewicz-Rek W., Konopska-Piechurska M., Dudziec P.: *Nawierzchnie betonowe – klasyfikacja i przyczyny powstawania uszkodzeń.* VIII Konferencja Dni betonu 2014, Wisła, 13–15 października 2014.
- [3] Radziszewski P.: „*Katalog typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych*”. Materiały z zajęć na PW w ramach Studiów Podypłomowych.
- [4] Szydło A.: *Nawierzchnie drogowe z betonu cementowego. Teoria, wymiarowanie, realizacja.* Kraków 2004.
- [5] <http://www.betonowki.pl/zalety-nawierzchni-betonowych>
- [6] <https://www.bta-czasopismo.pl/wp-content/uploads/2019/05/527.pdf>
- [7] <http://www.inzynierbudownictwa.pl/drukuj/11579/>
- [8] http://www.inzynierbudownictwa.pl/technika,materiały_i_tehnologie,artykul,uszkodzenia_i_naprawy_nawierzchni_betonowych,8842
- [9] http://kongresdrogowy.pl/files/upload/LUB2018_PKijowski_nawierzchnie.pdf
- [10] <http://www.izolacje.om.pl/artykul/id2089,nawierzchnie-betonowe-uszkodzenia-i-naprawy>
- [11] <https://www.gddkia.gov.pl/pl/a/34339/Cykl-przygotowania-inwestycji-drogowej>
- [12] <https://www.gddkia.gov.pl/pl/a/34080/Jestesmy-skutecznym-beneficjentem-funduszy-unijnych>
- [13] <https://www.gddkia.gov.pl/pl/a/32841/Przedstawiamy-S17-Warszawa-Lublin-Hrebenne>
- [14] <https://www.gddkia.gov.pl/pl/a/8064/s17-garwolin-od-granicy-woj-lubelskiego-kurow>
- [15] <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/program-2014-2023>
- [16] <http://www.polskicement.pl>
- [17] <https://www.rynekinfrastruktury.pl/wiadomosci/drogi/w-tym-roku-przybedzie-182-km-betonowek-66867.html>
- [18] <http://s17-granica-skrudki.pl/>