

Innowacyjność w rozwoju infrastruktury drogowej w Polsce

W rozwoju transportu drogowego i infrastruktury drogowej wprowadzane są innowacje produktowe, procesowe, marketingowe i organizacyjne. Międzynarodowe i krajowe prognozy rozwoju transportu są optymistyczne, co powinno sprzyjać wprowadzaniu innowacji w infrastrukturze drogowej.



tekst: prof. dr hab. inż. **LESZEK RAFALSKI**,
Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie

Producenci pojazdów ciężarowych i ich użytkownicy dążą do zwiększenia całkowitych ciężarów i nacisków pojazdów na oś. Organizacje międzynarodowe: Połączony Komitet Badawczy Transportu (JTTC) i Forum Europejskich Drogowych Instytutów Badawczych (FEHRL), w swoich programach badają wpływ zwiększonych obciążeń na infrastrukturę drogową oraz definiują kierunki działań proinnowacyjnych w rozwiązaniach technicznych samochodów ciężarowych i infrastrukturze drogowej. W Polsce realizowany program rozwoju dróg krajowych i samorządowych jest okazją do wdrożenia innowacyjnych rozwiązań. Pomimo barier w rozwoju innowacyjności prowadzone są badania i realizowane wdrożenia nowych rozwiązań w krajowej infrastrukturze drogowej.

Wstęp

Często za innowację uważa się wyłącznie wdrożenie nowych, dotychczas niestosowanych rozwiązań, a zwłaszcza wynalazków. Należy zauważyć, że pojęcie innowacji jest znacznie szersze i według [1] obejmuje:

- innowację produktową mającą na celu wprowadzenie na rynek nowego towaru lub usługi albo wprowadzenie na rynek ulepszonych towarów lub usług,
- innowację procesową polegającą na wprowadzeniu do praktyki nowych lub ulepszonych metod produkcji lub dostaw,
- innowację marketingową oznaczającą zastosowanie nowej metody marketingowej, obejmującej istotne zmiany w szczególności w zakresie opakowania, pozycjonowania, promocji, polityki

cenowej produktu lub usługi, wynikające z nowej strategii marketingowej,

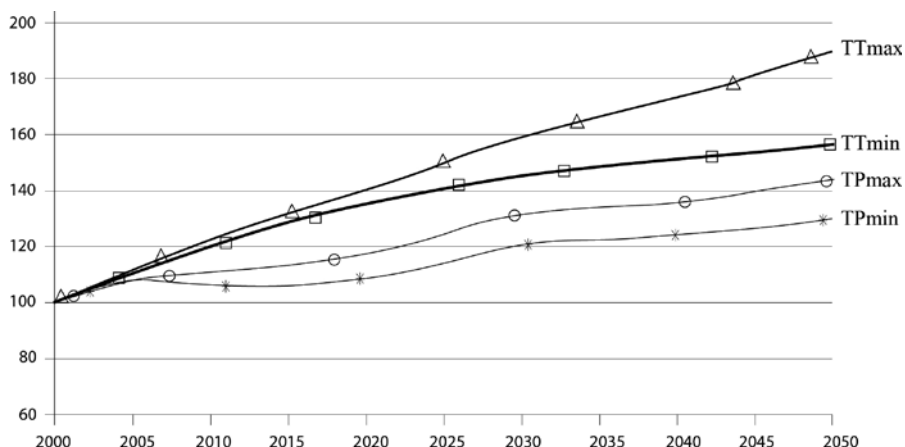
- innowację organizacyjną polegającą na zastosowaniu nowej metody organizacji działalności, nowej organizacji miejsc pracy lub nowej organizacji relacji zewnętrznych.

W rozwoju transportu drogowego i infrastruktury drogowej wprowadzane są także powyższe rodzaje innowacji, przy czym na ogół przedsiębiorstwa przemysłowe i budowlane częściej wprowadzają innowacje procesowe i produktowe, a przedsiębiorstwa usługowe – innowacje marketingowe i organizacyjne. Innowacyjne rozwiązania wdrożone do praktyki pozwalają przedsiębiorstwom na oferowanie towarów i usług o konkurencyjnej jakości. Często ceny nowych produktów i usług charakteryzują się porównywalnymi, a niekiedy nawet niższymi cenami.

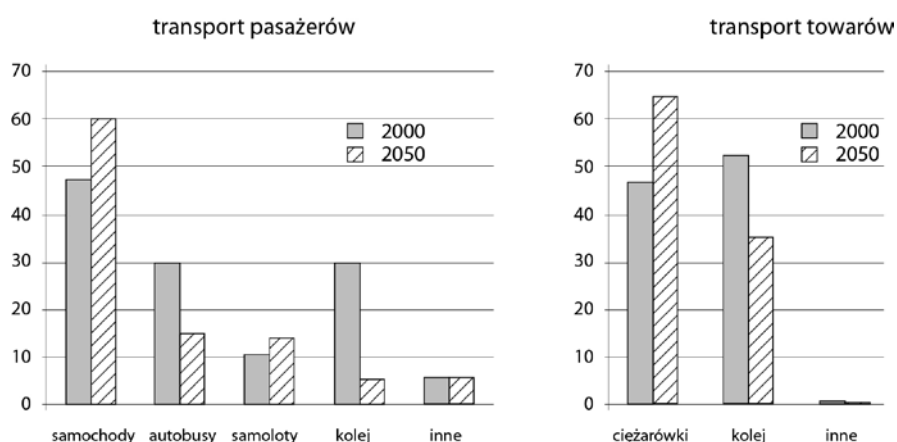
Innowacyjne rozwiązania powstają najczęściej w wyniku badań i prac rozwojowych prowadzonych w przedsiębiorstwie lub realizowanych w jednost-



Most w Koninie,
 fot. Bilfinger Berger Budownictwo SA



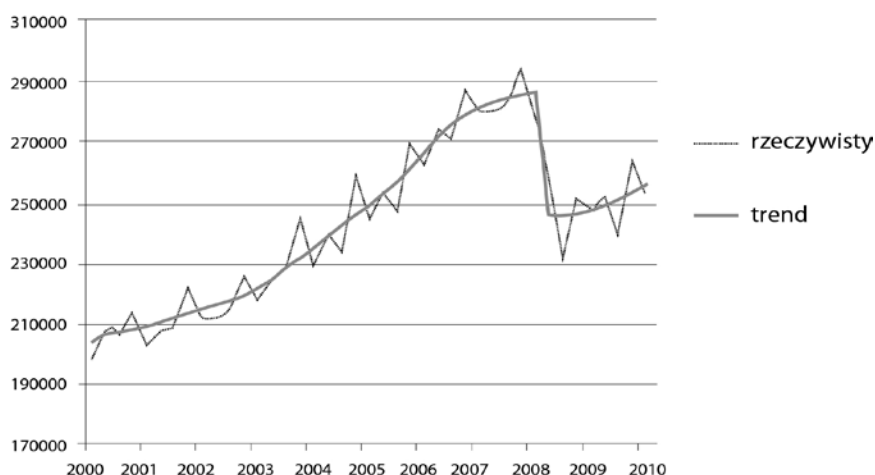
Ryc. 1. Prognoza wskaźnika rozwoju transportu pasażerskiego i towarowego w latach 2000–2050; TTmax – maksymalny transport towarowy, TTmin – minimalny transport towarowy, TPmax – maksymalny transport pasażerski, TPmin – minimalny transport pasażerski [3]



Ryc. 2. Prognoza uśrednionego wskaźnika rozwoju różnych rodzajów transportu pasażerskiego i towarowego w latach 2000–2050 [3]

kach naukowych albo innych ośrodkach. Kolejnym sposobem jest zakup wiedzy w postaci niematerialnej, np. patentów, licencji, know-how, oprogramowania, lub materialnej, np. nowoczesnych maszyn i innych urządzeń o wysokich parametrach produkcyjnych [2].

W ocenie popytu na innowacje w transporcie drogowym i infrastrukturze drogowej istotne znaczenie mają prognozy rozwoju transportu. Prognozy takie przygotowują różne ośrodki. Na rycinach 1 i 2 przedstawiono prognozę wskaźnika rozwoju transportu pasażerskiego i towarowego w latach 2000–2050, opracowaną w 2011 r. przez Międzynarodowe Forum Transportu (International Transport Forum – ITF), utworzone przez kraje zrzeszone w Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD) i ściśle współpracujące z tą organizacją. Za podstawę przyjęto rzeczywistą wielkość transportu w 2000 r. jako 100. Przedstawiona prognoza zakłada



Ryc. 3. Transport drogowy towarowy w Unii Europejskiej w latach 2000–2010 w mln tonokilometrów [4]

istotne zwiększenie pasażerokilometrów w transporcie pasażerskim i tonokilometrów w transporcie towarowym w latach 2000–2050. Podobne, optymistyczne prognozy rozwoju transportu są publikowane przez inne organizacje i stowarzyszenia. Należy jednak zauważyć, że nawet w nieodległej przeszłości optymistyczne

prognozy były zakłócone np. skutkami kryzysu, który nastąpił w 2008 r. (ryc. 3). Z takimi sytuacjami kryzysowymi należy liczyć się również w przyszłości.

W niniejszym artykule przedstawiono działania proinnowacyjne, definiowane w programach wybranych organizacji międzynarodowych zajmujących się

transportem i infrastrukturą drogową oraz oddziaływaniem tych programów w Polsce. Omówiono problemy wdrażania innowacji drogowych w naszym kraju oraz podano przykłady wdrożonych innowacji z udziałem Instytutu Badawczego Dróg i Mostów.

Działania proinnowacyjne w programach wybranych organizacji międzynarodowych

Bardzo istotną rolę w kreowaniu polityki transportowej, a w tym polityki dotyczącej innowacji w transporcie drogowym i infrastrukturze drogowej, odgrywają Międzynarodowe Forum Transportu (ITF) i Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD). W 2004 r. utworzyły one Połączony Komitet Badawczy Transportu (Joint OECD/ITF Transport Research Committee – JTRC). W JTRC działają eksperci, przedstawiciele ministrów transportu poszczególnych krajów. Polska aktywnie uczestniczy w pracach JTRC. Organizacja ta zajmuje się wszystkimi rodzajami transportu i od 2007 r. prowadzi prace w następujących obszarach strategicznych: infrastruktura, eksploatacja transportu, bezpieczeństwo transportu, koszty środowiska i zrównoważenia transportu, globalizacja, rynek i przestrzenne oddziaływanie transportu.

Natomiast ITF organizuje corocznie konferencje tematyczne z udziałem ministrów transportu. Dotychczasowe tematy konferencji były następujące: energia i zmiany klimatu (2008), globalizacja (2009), innowacje (2010), transport dla społeczeństwa (2011), transport bez przeszkód (2012).

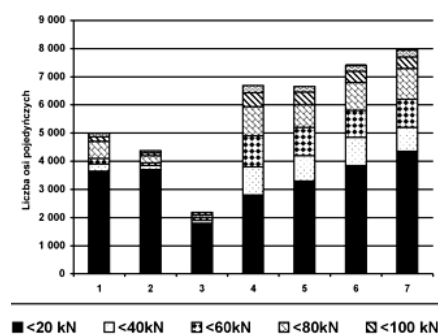
Ponieważ na nawierzchnie drogowe i drogowe obiekty inżynierskie istotnie działają pojazdy ciężkie, JTRC zrealizowało kilka programów dotyczących oceny skutków oddziaływania tych pojazdów na infrastrukturę drogową. Oddziaływanie pojazdów na nawierzchnie drogowe jest złożonym zagadnieniem. W rzeczywistości podczas ruchu pojazdów dynamiczne naciski na nawierzchnie są znacznie większe od statycznych (ryc. 4), a dynamiczne oddziaływanie pojazdu na infrastrukturę powoduje wzajemne oddziaływanie nawierzchni na pojazd. Potwierdziły to badania prowadzone w ramach wcześniejszego programu OECD DIVINE (*Dynamic Interaction between Vehicles and Infrastructure Experiment*) [5]. Również w ramach tego

programu oceniono innowacyjne rozwiązania dotyczące zawiesznień pojazdów na infrastrukturę drogową. Wprowadzone zawiesznienia pneumatyczne, mające na celu poprawę komfortu jazdy kierowców, okazały się znacznie korzystniejsze od tradycyjnych zawiesznień sprężystych z uwagi na mniejsze skutki oddziaływania dynamicznego na nawierzchnie (ryc. 5). Udowodniły to badania powtarzalnego obciążenia konstrukcji nawierzchni pojazdami z różnymi zawieszzeniami.

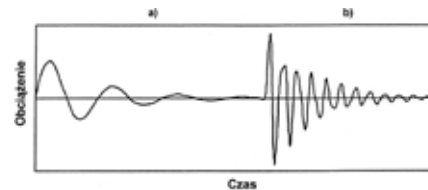
Obciążenie dynamiczne powstaje w wyniku przyspieszeń lub opóźnień pojazdów oraz przyspieszeń pionowych, które są skutkiem nierówności drogi i powodują powstawanie sił pionowych i poziomych działających na nawierzchnię. Dawniej oddziaływanie na nawierzchnie drogowe pojazdów ciężkich do pojazdów lekkich porównywano, stosując tzw. prawo czwartej potęgi, czyli przyjmowano wykładnik $\alpha = 4$. Oznaczało to, że przejazd jednego samochodu ciężarowego o obciążeniu 100 kN/oś odpowiadał 160 000 przejazdów samochodu osobowego o obciążeniu 5 kN/oś.

W ostatnich latach przeprowadzono badania mające na celu zweryfikowanie oddziaływania ciężkich pojazdów na nawierzchnie. Wyniki tych badań przedstawiono w raportach opracowanych przez OECD/ECMT – Joint OECD/ITF Transport Research Committee [7] oraz European Long-Life Pavement Group – ELLPAG [8], opublikowanych w 2009 r. Z badań podanych w tych raportach wynika, że oddziaływanie pojazdów ciężkich na nawierzchnie jest większe niż przyjmowane na podstawie wcześniejszych badań, a wykładnik α , którego wartość dotychczas przyjmowano jako 4, wynosi w przypadku nawierzchni asfaltowych 5, a nawierzchni betonowych 12. Oznacza to, że przejazd jednego samochodu ciężarowego o obciążeniu 100 kN/oś po nawierzchniach asfaltowych odpowiada 3 200 000 przejazdów samochodu osobowego o obciążeniu 5 kN/oś. Natomiast w przypadku nawierzchni betonowych przejazd jednego samochodu ciężarowego o obciążeniu 100 kN/oś odpowiada 20¹² przejazdów samochodu osobowego o obciążeniu 5 kN/oś.

Szeroko badanym i analizowanym zagadnieniem jest zwiększenie efektywności transportu drogowego. Producenci pojazdów ciężarowych i ich użytkownicy dążą do zwiększenia całkowitych cięża-



Ryc. 4. Przykład widma obciążeń [6]



Ryc. 5. Dynamiczne oddziaływanie zawiesznień pneumatycznych (a) i sprężystych (b) na nawierzchnię [5]

rów i nacisków pojazdów na oś. Uzyskują wówczas mniejsze jednostkowe koszty transportu. Powstaje jednak poważny problem skutków oddziaływania zwiększonych obciążeń na infrastrukturę drogową. Zwiększenie obciążeń może być przyczyną przyspieszonych deformacji i zniszczenia nawierzchni drogowych, a także zużycia obiektów inżynierskich.

W [9] przeanalizowano wpływ zwiększonych obciążeń na infrastrukturę drogową oraz zdefiniowano kierunki działań proinnowacyjnych w rozwiązaniach technicznych samochodów ciężarowych. Proponowane kierunki prac innowacyjnych dotyczyły głównie silników samochodowych i technologii produkcji pojazdów. Przy ich określeniu przyjęto następujące założenia: zwiększenie wydajności paliwa i zmniejszenie emisji CO₂, poprawienie wydajności pojazdu poprzez zwiększenie ładowności, zapewnienie zgodności z obowiązującymi przepisami, poprawienie bezpieczeństwa i eksploatacji ciężarówek poprzez nowoczesne systemy wspomagania kierowcy oraz odpowiednie systemy komunikacji.

W ramach zwiększenia wydajności paliwa i zmniejszenia emisji CO₂ stwierdzono, że oprócz tradycyjnych silników diesla, które dominują obecnie w pojazdach ciężarowych, istotną rolę mogą w przyszłości odgrywać silniki na gaz, zwłaszcza do transportu na obszarach wrażliwych pod względem środowiskowym. W przypadku tradycyjnych silni-

ków zwrócono uwagę, że w ciągu ostatnich 30 lat zużycie paliwa zmniejszyło się z ok. 50 l/100 km do ok. 30–35 l/100 km. Możliwe jest dalsze zmniejszenie tego wskaźnika do ok. 25 l/100 km przez m.in. zmniejszenie oporu aerodynamicznego, obniżenie oporu tarcia opon o nawierzchnię, unowocześnienia niektórych części silnika (alternatora, kompresora, pompy wspomaganie, pompy paliwa itp.). Zwrócono uwagę na konieczność badań paliw alternatywnych np. biodiesla lub Fischera-Tropscha (paliwa pozyskiwanego z syntezy gazu węgłowego, gazu naturalnego i biomasy), które mogą zastąpić tradycyjne paliwo bez konieczności wprowadzania zmian w konstrukcji dotychczasowych silników.

W zakresie zwiększenia ładowności pojazdu zauważono, że celowe jest zróżnicowanie pojazdów pod względem pojemności, odpowiednio do zróżnicowanej gęstości objętościowej transportowanych produktów. Oznacza to celowość dopasowywania typów pojazdów o zróżnicowanych rozmiarach i różnym układzie przestrzeni do przewozu towarów odpowiednio do gęstości objętościowej towarów.

Zapewnienie zgodności z obowiązującymi przepisami uznano za bardzo ważny warunek, z którego wynikały kierunki badań i wdrożeń. Poruszające się ciężarówki nie powinny przekraczać ustalonych w danym kraju obciążeń całkowitych i na oś. Tradycyjne (statyczne) metody ważenia pojazdów są jednak nieefektywne i niewydajne z uwagi na zatłoczenie sieci drogowych w wielu krajach. Ważone pojazdy wybierane są przypadkowo, a wiele pojazdów przeciążonych nie podlega sprawdzeniu. Z tych powodów powinny być wprowadzane systemy ważenia pojazdów w ruchu. Wymaga to odpowiedniego przygotowania miejsca, w którym będzie ważony pojazd (równa nawierzchnia), udoskonalenia czujników ważenia i oprogramowania weryfikującego wyniki pomiarów. Ważenie pojazdów w ruchu pozwala także na ocenę rzeczywistych obciążeń działających na nawierzchnię, co umożliwi zweryfikowanie zasad projektowania konstrukcji nawierzchni drogowych i drogowych obiektów inżynierskich. Oprócz tego wprowadzane mogą być systemy rozpoznawania rodzajów pojazdów, systemy satelitarne pozycjonowania pojazdów, a także systemy pomiaru prędkości. Na-

tomiast w pojazdach mogą być wbudowane systemy ograniczające prędkość. Ponieważ z pomiarów uzyskuje się dużą liczbę danych, konieczne jest posiadanie nowoczesnych baz danych pozwalających na gromadzenie, przechowywanie, analizowanie i prezentowanie wyników pomiarów.

Również poprawienie bezpieczeństwa i eksploatacji ciężarówek przez nowoczesne systemy wspomaganie kierowcy oraz odpowiednie systemy komunikacji otwiera możliwości opracowania i wdrożenia nowoczesnych rozwiązań. Można wprowadzać systemy kontroli stabilności pojazdów, pozwalające na sprawdzanie położenia ładunków w pojazdach i poprawności obciążenia poszczególnych części pojazdu. Innym nowoczesnym rozwiązaniem jest system monitorujący jazdę pojazdu i przestrzeń przed pojazdem. W przypadku przeszkody następuje automatyczne hamowanie pojazdu. Mogą być także wprowadzane innowacyjne systemy monitorowania ciśnienia powietrza w kołach i inne rozwiązania wspomagające jazdę.

W swoich pracach JTRC zajmował się zagadnieniami innowacji w transporcie i infrastrukturze drogowej [10, 11]. W 2012 r. JTRC zdefiniował obszary badań na lata 2012–2014 [12]. Ustalono następujące obszary badawcze dotyczące transportu drogowego i infrastruktury drogowej: partnerstwo publiczno-prywatne, finansowanie zrównoważonej infrastruktury, transport publiczny, zmęczenie i roztargnienie kierowców, opodatkowanie dróg.

Dążenie do zwiększenia całkowitego ciężaru pojazdu i obciążenia na oś ma istotny wpływ na infrastrukturę drogową. Nawierzchnie drogowe i drogowe obiekty inżynierskie były projektowane w przeszłości różnymi metodami. Jednakże niezależnie od metod projektowania można przyjąć, że zwiększanie obciążeń może spowodować skrócenie czasu trwałości infrastruktury. Oznacza to, że korzyści z tytułu transportu mogą spowodować straty w infrastrukturze drogowej. Dlatego wprowadzenie do ruchu pojazdów o większych niż dotychczas obciążeniach całkowitych lub na oś jest ryzykowne bez wcześniejszego przygotowania i wzmocnienia infrastruktury drogowej. Natomiast należy zauważyć, że w ostatnich latach obserwuje się tendencję do zwiększania tzw. czasu

życia (*lifetime*) nawierzchni drogowych do 40–50 lat. Dotychczas nawierzchnie asfaltowe najczęściej projektowano na 20 lat, a betonowe na 30 lat. Wydłużenie trwałości nawierzchni wiąże się z nowymi innowacyjnymi rozwiązaniami materiałowymi i konstrukcyjnymi, mającymi na celu umiarkowane zwiększenie kosztu długowiecznych nawierzchni drogowych.

Forum Europejskich Drogowych Instytutów Badawczych (Forum of National European Highway Research Laboratories – FEHRL) zrzesza czołowe instytuty drogowe z poszczególnych krajów europejskich. FEHRL jest międzynarodowym stowarzyszeniem utworzonym w 1989 r., a jednym z jego celów jest zwiększenie innowacyjności w budowie i eksploatacji sieci europejskich dróg. W ciągu swojej ponad 20-letniej działalności obszary badawcze FEHRL były definiowane w kolejnych Strategicznych Drogowych Programach Badawczych (Strategic Road Research Programme – SERRP). W latach 2002–2006 i 2006–2011 opracowane zostały programy SERRP III i SERRP IV. Główne obszary badawcze zdefiniowane w tych programach ilustruje tablica 1. Należy zwrócić uwagę, że obszary badawcze i działania proinnowacyjne zdefiniowane w SERRP III i SERRP IV w niewielkim stopniu obejmowały zagadnienia związane z budową nowych dróg. Wynikało to z różnic w rozwoju sieci drogowej w krajach wysoko rozwiniętych w porównaniu do Polski. W większości tych krajów (np. Niemcy, Francja, Hiszpania) sieć dróg została już zbudowana i dlatego bardziej istotne w tych krajach są problemy eksploatacji dróg. Z tego względu w programie SERRP III postanowiono wprowadzić „obszary badawcze specyficzne dla nowych krajów UE”, pozwalające na realizowanie projektów badawczych odpowiednich dla krajów nowo przyjętych do Unii Europejskiej, takich jak Polska. Umożliwiło to np. realizację projektu ARCHES – Assessment and Rehabilitation of Central European Highway Structures (Ocena stanu i metody napraw drogowych obiektów inżynierskich w Europie Centralnej), koordynowanego przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów.

W 2011 r. opracowany został program SERRP V, zaplanowany na lata 2011–2016. Jego najważniejszym składnikiem jest program definiujący transport drogowy w XXI w. Droga zawsze

otwarta (*Forever Open Road*). Program ten ma na celu opracowanie i wdrożenie nowych rozwiązań tzw. inteligentnych dróg, które będą odpowiednie dla użytkowników, zautomatyzowane i dostosowane do zmian klimatycznych. Przewiduje się, że *Forever Open Road* będzie zrealizowany w wyniku badań i wdrożeń prowadzonych w poszczególnych krajach oraz projektów międzynarodowych z udziałem wielu partnerów z sektora publicznego i prywatnego. W programie *Forever Open Road* zdefiniowano obszary i tematy innowacyjne. Wybrane obszary i tematy podano w tablicy 2.

W obu organizacjach, JTRC i FEHRL, od wielu lat przewija się problematyka bezpieczeństwa ruchu drogowego i innowacji związanych z poprawą bezpieczeństwa. W ostatnich latach analizowano zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa, np. bezpieczeństwo pieszych, przestrzeń miejska i zdrowie, mobilność i bezpieczeństwo motocyklistów, bezpieczeństwo rowerzystów w mieście, ubezpieczenie i ryzyko wypadków.

Ostatnio szczególnie intensywnie badane są zagadnienia bezpieczeństwa pieszych i rowerzystów. Analizowane są przyczyny wypadków z udziałem tych uczestników ruchu i proponowane rozwiązania poprawy ich bezpieczeństwa. Bezpośrednim przełożeniem jest wprowadzanie innowacji z tym związanych, jak np. sygnalizatory, azyle dla pieszych, znaki o zmiennej treści, wdrażane również w naszym kraju.

Przedstawiciele Polski aktywnie uczestniczą w projektach lub grupach roboczych prowadzących badania, a uzyskaną wiedzę wykorzystują w badaniach prowadzonych w kraju. Na przykład, wyniki badań uzyskane w projekcie European Long-Life Pavement Group – ELLPAG [8] zostały wykorzystane do analizy i oceny nośności nawierzchni wielowarstwowych w krajowych warunkach klimatycznych [14].

Problemy wdrażania innowacji w infrastrukturze drogowej w Polsce

W Polsce systematycznie co pięć lat wykonywane są generalne pomiary ruchu na sieci dróg krajowych. Pomiary te mają istotne znaczenie, ponieważ umożliwiają ocenę ruchu na drogach krajowych, niezbędną do prognozowania ruchu przy projektowaniu nowych dróg i przebudowie dróg istniejących.

Tab. 1. Główne obszary badawcze zdefiniowane w programach SERRP III i SERRP IV [13]

SERRP III	SERRP IV
Mobilność Bezpieczeństwo Środowisko Zarządzanie majątkiem Innowacje w budowie i utrzymaniu dróg Drogowy i kolejowy transport towarowy Obszary badawcze specyficzne dla nowych krajów UE Badania podstawowe	Mobilność, transport i infrastruktura – optymalizowanie przepustowości – wydajny transport towarów – mobilność w miastach Bezpieczeństwo – działania prewencyjne – zmniejszenie skutków zderzeń – system bezpieczeństwa transportu drogowego Energia, środowisko, zasoby – zużycie energii – ograniczanie zanieczyszczenia środowiska, do- kuczliwości i ich wpływ na społeczeństwo – zrównoważone budownictwo Projektowanie i produkcja – wdrażanie innowacji – elastyczność produkcji i utrzymania – wykorzystanie zasobów

Tab. 2. Wybrane obszary i tematy innowacyjne zdefiniowane w programie *Forever Open Road* [13]

Obszar innowacyjny	Temat innowacyjny
Trwałe i zintegrowane nawierzchnie, mosty, tunele i inne obiekty	– Długowieczne nakładki na nawierzchnie – Konstrukcje samoreperujące uszkodzenia – Trwałość nawierzchni i urządzeń dylatacyjnych – Stabilność konstrukcji geotechnicznych i system wczesnego ostrzegania
Nawierzchnie, tunele i mosty bez śniegu, lodu i powodzi	– System odwodnienia i odporność na powódź – Ulepszone zbiorniki retencyjne przy nawierzchniach – Usuwanie szkód wysadzinowych – Usuwanie śniegu i lodu – Systemy poprawy pogody
Inteligentne systemy zarządzania ruchem	– Systemy współdziałania i automatyki transportu – Optymalizacja wykorzystania sieci drogowej – Zarządzanie ruchem i utrzymanie dróg w ekstremalnych warunkach pogodowych – Zarządzanie podczas wypadków i klęsk żywiołowych – Programy do zdalnego zarządzania – Przyjazny dla użytkowników system ruchu multimodalnego i informacji dla podróżnych

Dotyczy to geometrii dróg i konstrukcji nawierzchni drogowych. Taki pomiar ruchu został przeprowadzony również w 2010 r. przez Biuro Projektowo-Badawcze Dróg i Mostów Transprojekt-Warszawa Sp. z o.o. W porównaniu do 2005 r. ruch pojazdów silnikowych na drogach krajowych w 2010 r. zwiększył się o 22% [15]. Wyniki badań rozwoju ruchu w Polsce są zatem zbieżne z prognozami opracowanymi przez OECD. Tak znaczący rozwój ruchu jest czynnikiem

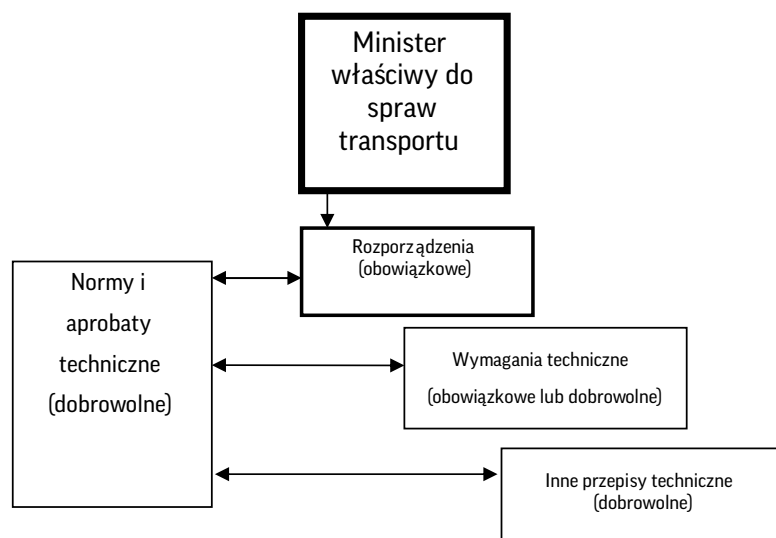
korzystnie wpływającym na możliwości wprowadzania innowacji. Drugim takim czynnikiem jest szeroki program inwestycyjny realizowany na drogach krajowych i samorządowych.

Polska niestety nie jest liderem innowacyjności i rozwoju nowoczesnych technologii. Dotyczy to także wyrobów i technologii niezbędnych do budowy oraz eksploatacji infrastruktury drogowej. Od początku transformacji z gospodarki planowej do rynkowej do Polski

przeniosły produkcję innowacyjnych wyrobów lub wprowadziły nowe usługi oraz miejsca pracy przedsiębiorstwa zagraniczne. Dotyczyło to także sektora przedsiębiorstw drogowych, które w wyniku prywatyzacji w większości przeszły w ręce firm zagranicznych. Można stwierdzić, że sprzyjało to rozwojowi innowacyjności w drogownictwie, ponieważ przedsiębiorstwa działające na rynku międzynarodowym są zmuszone do konkurencji i wprowadzania innowacyjnych rozwiązań. Oznacza to, że Polska gospodarka próbuje dogonić kraje wysoko rozwinięte, korzystając w dużym zakresie z transferu technologii. Strategia doganiania nie wyklucza możliwości bycia w przyszłości liderem pod warunkiem wyboru odpowiednich obszarów niszowych. Wzrost efektywności innowacyjności wymaga koncentracji sił i środków przeznaczonych na rozwój infrastruktury badawczej z równoczesnym monitorowaniem ich ekonomicznej efektywności. Trzeba pamiętać, że innowacje często wymagają dużych nakładów finansowych i pracy na niezbędne badania przemysłowe i działania rozwojowe oraz wdrożenie. Obecnie działania proinnowacyjne w Polsce są adresowane w dużej części do małych i średnich przedsiębiorstw, które mogą być aktywnym podmiotem innowacyjności i tworzenia innowacji.

Istotne zmiany materiałów i technologii stosowanych w budowie dróg nastąpiły po 1989 r. Otwarcie Polski i wejście na rynek polski firm zagranicznych ułatwiło wdrożenie tych rozwiązań. Jednak bardzo często zagraniczne innowacje wymagały zmian mających na celu ich dostosowanie do krajowych surowców i warunków klimatycznych. Prowadzone badania umożliwiały aplikację rozwiązań zagranicznych, a często je wzbogacały o nowe innowacje. Poniżej przedstawiono przykłady innowacji wdrożonych w budowie dróg. Wprowadzono do użycia: astyks grysowy (1991), środki adhezyjne do mieszanek mineralno-asfaltowych (1993), betony asfaltowe o wysokim module sztywności (2002), nawierzchnie betonowe na drogach szybkiego ruchu (2003), bezszczelinowe nawierzchnie betonowe ze zbrojeniem ciągłym (2005), kompaktową warstwę asfaltową (2005).

W budowie mostów uzyskano doświadczenia w projektowaniu i wyko-



Ryc. 6. System przepisów dotyczących dróg i drogowych obiektów inżynierskich w Polsce [16]

nywaniu mostów podwieszonych oraz innych nietypowych obiektów mostowych, wcześniej niebudowanych w Polsce. W ostatnich latach można zauważyć także istotny postęp we wdrażaniu nowoczesnych rozwiązań obejmujących problematykę wyposażenia dróg. Wynika to z bardzo niekorzystnych wskaźników charakteryzujących bezpieczeństwo ruchu drogowego. Nowoczesne rozwiązania dotyczą oznakowania dróg, urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego, urządzeń sterowania ruchem, systemów identyfikacji i ważenia pojazdów, ekranów przeciwhałasowych, osłon przeciwolśnieniowych, urządzeń do optycznego

wych obiektów inżynierskich i autostrad płatnych, system zamówień publicznych zachęcający do rozstrzygnięć na podstawie tylko ceny, zapisy w specyfikacjach technicznych niepozwalające na zmiany technologii, rozproszenie nakładów na badania naukowe, brak mechanizmów podatkowych zachęcających przedsiębiorców do finansowania ryzykownych badań (np. ulg podatkowych).

Pomimo przedstawionych barier w rozwoju innowacyjności w Polsce prowadzone są badania i wdrożenia nowych rozwiązań stosowanych w infrastrukturze drogowej. Poniżej przedstawiono wybrane innowacje opracowane i wdro-

W budowie mostów uzyskano doświadczenia w projektowaniu i wykonywaniu mostów podwieszonych oraz innych nietypowych obiektów mostowych, wcześniej niebudowanych w Polsce.

prowadzenia ruchu i wielu innych wyrobów. Zastosowanie nowoczesnych rozwiązań związanych z eksploatacją dróg pozwala na poprawienie płynności ruchu i bezpieczeństwa użytkowników, a czasem umożliwia uniknąć kosztownych inwestycji w zakresie przebudowy dróg.

Opracowywanie i wdrażanie nowych rozwiązań napotykało i nadal napotyka na wiele barier, do których należą: skomplikowany system przepisów prawnych i technicznych (ryc. 6), przestarzałe przepisy techniczne dotyczące dróg, drogo-

żone z udziałem Instytutu Badawczego Dróg i Mostów.

Iniekcyjne wzmocnienie podłoża pod podstawami pali. Po wywierceniu pala, przed jego zabetonowaniem do zbrojenia pala, mocuje się instalację iniekcyjną z rurki w kształcie litery U. W poziomej części rurki wykonane są otwory osłonięte opaskami gumowymi. Iniekcja zaczynu cementowego pod ciśnieniem powoduje wypełnienie podłoża pod palem. Uzyskuje się zwiększenie nośności nawet do 50% nośności pala.

Most w trzy miesiące. Opracowano nowe konstrukcje i technologie budowy obiektów mostowych z przeszłymi o małej i średniej rozpiętości. Konsorcjum biur projektowych, firm wykonawczych i jednostek naukowych opracowało nowy rodzaj prefabrykatów do budowy obiektów mostowych: przęsła, podpór oraz konstrukcji oporowych, pozwalających na szybszą realizację inwestycji komunikacyjnych.

Ciche nawierzchnie z granulatem gumowo-asfaltowym. Opracowano i wdrożono nowe rodzaje mieszanek przeznaczonych do warstw ścieralnych, charakteryzujące się obniżoną emisją hałasu pod wpływem ruchu pojazdów.

Inteligentny system kompleksowej identyfikacji pojazdów. System umożliwia automatyczne rozpoznawanie i identyfikację pojazdów na podstawie numeru rejestracyjnego, typu, marki, modelu i koloru pojazdu. Zastosowano w nim rozwiązania związane z pozyskiwaniem i przetwarzaniem danych z baz krajowych i europejskich metodą sieci neuronowych. We współpracy z wagą przejazdową system precyzyjnie rozpoznaje wszystkie parametry pojazdu przeciążonego, w tym masę całkowitą oraz naciski na poszczególne osie.

Diodowe znaki drogowe. Konsorcjum jednostek naukowych i firmy wykonawczej opracowało i wdrożyło nowe rozwiązanie dotyczące elektronicznie sterowanych znaków i tablic informacyjnych o zmiennej treści.

Podsumowanie

Wdrażaniu innowacji w infrastrukturze drogowej sprzyjają pomyślne prognozy rozwoju transportu drogowego. Zarówno krajowe, jak i międzynarodowe badania transportu i jego prognozy są optymistyczne, przy czym należy liczyć się z wahaniami intensywności transportu na skutek nieoczekiwanych zdarzeń.

Na nawierzchnie drogowe i drogowe obiekty inżynierskie istotnie działają pojazdy ciężkie. Producenci pojazdów ciężarowych i ich użytkownicy dążą do zwiększenia całkowitych ciężarów i nacisków pojazdów na oś z uwagi na możliwość zmniejszenia jednostkowych kosztów transportu. W pojazdach ciężarowych wprowadzane są innowacyjne rozwiązania mające na celu poprawę efektywności, komfortu i bezpieczeństwa. Niektóre z nich, np. rodzaje zawiesz

lub opon, mają także wpływ na infrastrukturę drogową. Zwiększenie obciążenia istotnie oddziałuje na infrastrukturę drogową i może spowodować skrócenie czasu trwałości infrastruktury. W ostatnich latach obserwuje się tendencję do zwiększania tzw. czasu życia nawierzchni drogowych do 40–50 lat. Wydłużenie trwałości nawierzchni wiąże się z nowymi innowacyjnymi rozwiązaniami materiałowymi i konstrukcyjnymi, mającymi na celu umiarkowane zwiększenie kosztu długowiecznych nawierzchni drogowych. Innym ważnym obszarem badań są zagadnienia poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego, których rezultatem są nowe rozwiązania wdrażane podczas budowy i utrzymania infrastruktury drogowej.

Polska nie jest liderem innowacyjności w zakresie nowoczesnych technologii i wyrobów niezbędnych do budowy oraz eksploatacji infrastruktury drogowej. Po 1989 r. do praktyki drogowej wprowadzono wiele nowoczesnych rozwiązań zagranicznych, lecz często ulepszanych i dostosowanych do warunków krajowych. Uzyskano doświadczenia w projektowaniu i wykonywaniu mostów podwieszonych oraz innych nietypowych obiektów mostowych, wcześniej niebudowanych w Polsce. W ostatnich latach można zauważyć także istotny postęp we wdrażaniu nowoczesnych rozwiązań obejmujących problematykę wyposażenia dróg w celu poprawy płynności i bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Sprzyjającym czynnikiem proinnowacyjnym jest szeroki program inwestycyjny realizowany na drogach krajowych i samorządowych. Jednak opracowywanie i wdrażanie nowych rozwiązań napotyka na wiele barier, zwłaszcza formalnoprawnych, utrudniających zwiększenie innowacyjności. Pomimo przedstawionych barier w rozwoju innowacyjności w Polsce prowadzone są badania i wdrożenia nowych rozwiązań stosowanych w infrastrukturze drogowej, których przykłady przedstawiono w niniejszym artykule.

Literatura

- [1] *The measurement of Scientific and Technological Activities, proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technical Innovation Data.* Wyd. pol. Komitet Badań Naukowych. Warszawa 1999.
- [2] Dąbrowski M.: *Jednostki badawczo-rozwojowe jako źródło innowacyjno-*

ści w gospodarce i pomoc dla małych i średnich przedsiębiorstw. Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości. Warszawa 2008.

- [3] *Transport Outlook Meeting the Needs of 9 Billion People.* International Transport Forum. Paris 2011.
- [4] *Statistics Brief. Global Trade and Transport.* International Transport Forum. Paris 2011.
- [5] *DIVINE Final Report.* OECD, September 1997.
- [6] Rafalski L.: *Podbudowy drogowe.* Studia i Materiały, z. 59. Wydawnictwo IBDiM. Warszawa 2007.
- [7] *Moving Freight with better Trucks improving Safety, Productivity and Sustainability.* Joint OECD/ITF Transport Research Committee, 2009.
- [8] *A Guide to the use of Long-life Semi Rigid Pavements.* European Long-Life Pavement Group Report ELLPAG, FEHRL, Brussels 2009.
- [9] Christensen J., Glaeser P.K., Shelton T., Moore B., Aarts L.: *Innovations in Truck technologies.* OECD/ITF Transport Research Committee, 2010.
- [10] *Policy mix for innovation – key issues and recommendation.* Report prepared by OECD, 2007.
- [11] *Transport and innovation. Towards a view on the role of public policy.* OECD/ITF Transport Research Committee, 2010.
- [12] *15th Session of the Joint Transport Research Committee. Research Centre program of work 2012–2014.* OECD/ITF Transport Research Committee, 2012.
- [13] *Strategic European Road Research Programme V (SERRP V).* FEHRL, Brussels 2011.
- [14] Graczyk M.: *Nośność konstrukcji nawierzchni wielowarstwowych w krajowych warunkach klimatycznych.* Studia i Materiały, z. 63. Wydawnictwo IBDiM. Warszawa 2010.
- [15] Maśkiewicz J.: *Generalny pomiar ruchu w 2010 r.* Materiały konferencyjne LIV Technicznych Dni Drogowych. Ossa 2011.
- [16] *Eksploatacja dróg.* Studia i Materiały, z. 65. Red. L. Rafalski. Wydawnictwo IBDiM. Warszawa 2010.

Referat wygłoszony podczas 58. Konferencji Naukowej Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB Rzeszów – Krynica 2012, 16–21 września 2012.

SOLEY Sp. z o. o. działa na rynku specjalistycznych robót geotechnicznych, hydrotechnicznych i podwodnych od 1991 r.

Wykonujemy między innymi:

- mikropale,
- kotwy gruntowe,
- gwoździe gruntowe,
- pale DFF, CFA i przemieszczeniowe,
- kolumny DSM i jet grouting.

Proponujemy kompleksowe rozwiązywania wielu zagadnień geotechnicznych:

- zabezpieczanie skarp i zboczy,
- stabilizacja osuwisk,
- zabezpieczanie ścian głębokich wykopów (gwoździowane ściany torkretowe, kotwienie obudów),
- stabilizacja gruntu,
- wzmacnianie nasypów (np. drogowych, kolejowych),
- wzmacnianie fundamentów (np. obiektów mostowych, budynków zabytkowych),
- ściany oporowe w technologii muru tessańskiego,
- fundamenty specjalne (np. posadowienie ekranów akustycznych, elektrowni wiatrowych, słupów wysokiego napięcia).

Ponadto oferujemy pełny zakres prac podwodnych (np. betonowanie, cięcie, montaż i demontaż, przeglądy oraz odmulania).

Wdrażamy wykonywanie otworowych wymienników ciepła, wykorzystywanych w geotermii jako dolne źródła dla pomp ciepła.

Uwaga:

Uruchomiliśmy właśnie technologię **trench mixing** pozwalającą wykonywać w postaci ciągłej ściany:

- przesłony bentonitowo-cementowe,
- ścianki grunto-cementowe (o parametrach DSM), o głębokości do 12 m i grubości od 30 cm do 40 cm.



Zabezpieczenie ścian głębokiego wykopu Muzeum Śląskie Katowice



Zabezpieczenie osuwiska - obwodnica A4 Kraków



soley
www.soley.pl

32-083 Balice, ul. Przemysłowa 33
tel. 012 638 03 50, 012 636 12 10
www.soley.pl biuro@soley.pl