

KORZYŚCI STOSOWANIA NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII KOMPOZYTOWYCH W PROJEKTOWANIU, BUDOWIE I UTRZYMANIU BEZPIECZNEJ INFRASTRUKTURY DROGOWEJ

Jarosław Schabowski

mgr, Dyrektor ds. BRD i Rozwoju Kompozytów ALUMAST S.A. ul. Marklowicka 30A, 44-300 Wodzisław Śląski, tel. +48 32 456 02 48, e-mail: jaroslaw.schabowski@alumast.eu

Streszczenie. *Produkty kompozytowe są dziś synonimem innowacji, gdyż pozwalają przesuwać dotychczasowe granice możliwości materiałowych. Ze względu na ogromną odporność mechaniczną, a także niezwykle mały ciężar kompozyt doskonale nadaje się do budowy konstrukcji stosowanych w wielu branżach. Artykuł prezentuje zastosowanie kompozytów w słupach oświetleniowych, które stanowią znaczący udział infrastruktury drogowej. Na podstawie wymagań normy z zakresu biernego bezpieczeństwa autor wskazuje na konieczność stosowania takich rozwiązań, które eliminują skutki tragicznych wypadków z elementami wyposażenia dróg. Przedstawione zalety kompozytów zostały skonfrontowane z oszczędnościami finansowymi, które można uzyskać na etapie budowy a także utrzymania bezpiecznej infrastruktury.*

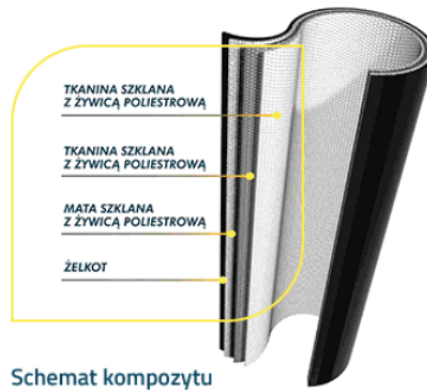
Słowa kluczowe: *kompozyt, słupy oświetleniowe, bierny bezpieczeństwo*

1. Wprowadzenie

Rozwijająca się dynamicznie w wielu branżach technika i technologia wprowadza coraz to nowe pojęcia i definicje, które przenikają do potocznego języka, jako synonimy postępu. Takim pojęciem, które zyskało sobie znaczną popularność jest **kompozyt**. Z języka łacińskiego *compositus* 'złożony', tzn. *materiał utworzony, z co najmniej 2 komponentów (faz) o różnych właściwościach w taki sposób, że ma właściwości lepsze i/lub właściwości nowe (dodatkowe) w stosunku do komponentów wziętych osobno lub wynikających z prostego sumowania ich właściwości* [4]. Już starożytni Egipcjanie wiedzieli, że z połączenia dwóch pozornie nietrwałych materiałów, jak glina i słoma, może powstać solidna konstrukcja. Innym przykładem może być powszechnie stosowana w budownictwie płyta gipsowo-kartonowa. Obecnie inżynierowie i konstruktorzy prześcigają się w szukaniu coraz lepszych rozwiązań, a współczesne kompozyty wykorzystywane są w wielu branżach, np.: kosmicznej, lotniczej, motoryzacyjnej, budowlanej czy medycznej.

Materiały kompozytowe nie występują w środowisku naturalnym – są wytworem działalności człowieka i charakteryzują się wyjątkowymi właściwościami, nierównoważnymi do materiałów naturalnych dostępnych w przyrodzie. Kompo-

zyt jest zbudowany, z co najmniej dwóch różnych składników (jednym z nich jest spoiwo) połączonych w celu uzyskania nowego, „lepszego” materiału. Najszersze stosowanymi spoiwami (matrycami) kompozytów są polimery: zarówno termoplastyczne jak i termoutwardzalne. Drugi składnik kompozytu to włókna wzmacniające, do których zaliczamy: włókna naturalne (juta, sizal) oraz włókna sztuczne (szklane, poliamidowe, polipropylenowe, bazaltowe, węglowe, metalowe). Kompozyty polimerowe, stanowiące połączenie żywic poliestrowych, tkanin szklanych oraz mat szklanych w celu uzyskania materiału o wysokich parametrach wytrzymałościowych, znalazły wsłanie zastosowanie w budownictwie drogowym, jako alternatywa do tradycyjnego wykorzystywania stalowych prętów zbrojeniowych i blach w procesie budowie mostów i kładek. Ponadto kompozyty zostały wykorzystane w produkcji urządzeń infrastruktury drogowej, do której zalicza się m.in. powszechnie stosowane słupy oświetleniowe, słupy sygnalizacji świetlnej, słupy teletechniczne i energetyczne oraz konstrukcje wsporne do znaków i tablic drogowych.



Schemat kompozytu

2. Słupy kompozytowe elementem bezpiecznej infrastruktury drogowej

Projektowanie bezpiecznych dróg to ważne i odpowiedzialne zadanie dla projektantów i administracji drogowej. Zadanie to może być skutecznie realizowane, jeżeli jest poparte celami polityki transportowej państwa, wśród których poprawa bezpieczeństwa, prowadząca do radykalnej redukcji liczby wypadków i ograniczenia ich skutków (zabici, ranni), stanowi priorytet w planowym wydawaniu środków finansowych na bezpieczną infrastrukturę drogową. Potencjał inwestycji związanych z dostosowywaniem infrastruktury drogowej w Polsce do wymagań unijnych szacowany jest na 20 mld zł – tyle mają być warte kontrakty na budowę nowych dróg w Polsce w 2019 roku. Łączna wartość drogowych inwestycji (budowanych, jak i znajdujących się w fazie projektowania) to 58 mld zł (1426 km dróg) [5].



Rys. 1. Elementy infrastruktury drogowej

Źródło: <http://forum-budowlane.pl/aktualnosci/obwodnica-ryk-w-ciagu-drogi-s17-gotowa>

Jednym z priorytetów związanych z nowymi inwestycjami, w ślad za unijnymi rozporządzeniami dotyczącymi wprowadzenia programu „Wizji Zero”, jest m.in. zwiększenie bezpieczeństwa biernego na drogach. Nie bez powodu, według Europejskiej Rady Bezpieczeństwa Transportu (ETSC) polskie drogi należą do jednych z najbardziej niebezpiecznych w Unii Europejskiej [6]. Ginie na nich trzykrotnie więcej osób niż w Wielkiej Brytanii i Szwecji, gdzie w 1997 roku wprowadzono program rządowy ograniczający liczbę ofiar wypadków drogowych. Poza zmianami prawnymi i edukacją kierowców największe różnice w podejściu do kwestii bezpieczeństwa dotyczą właśnie budowy i przebudowy infrastruktury drogowej – ewentualne zdarzenia drogowe mają być dla uczestników ruchu jak najmniej dotkliwe.

Do 2000 roku w Polsce najczęściej stosowanymi materiałami konstrukcji wsporczych były stal i żelbet. Niestety, materiały te charakteryzują się bardzo dużą sztywnością i odpornością na zginanie, co oznacza, że pojazd, który najedzie na taki obiekt, doznaje dużych przeciążeń, a kierowca i pasażer – groźnych obrażeń prowadzących do utraty zdrowia lub życia. **Konstrukcje wykonane z kompozytu polimerowego, takie jak słupy oświetleniowe, energetyczne, teletechniczne czy konstrukcje wsporcze do znaków i tablic drogowych, nie tylko nie stanowią zagrożenia dla uczestników ruchu, ale też minimalizują skutki zdarzenia drogowego.** W efekcie zderzenia to nie pojazd ulega zniszczeniu, ale element kompozytowy, który całkowicie lub częściowo pochłania energię podczas zderzenia. Kierowca i pasażerowie pozostają bezpieczni.

3. Mierzalne wskaźniki biernego bezpieczeństwa

Co to takiego – bierne bezpieczeństwo urządzeń infrastruktury drogowej, i w jaki sposób można je mierzyć, by zakwalifikować dane urządzenie do bezpiecznych?

Bezpieczne otoczenie drogi przyjazne dla kierowcy to zespół cech otoczenia mających na celu zmniejszenie skutków zaistniałej kolizji lub wypadku drogowego z punktu widzenia wszystkich jego uczestników, eliminujące do minimum skutki popełnionego, często niezamierzonego błędu kierowcy [1].

W myśl tej definicji, słupy oświetleniowe z cechami biernego bezpieczeństwa są elementami, których zadaniem jest ograniczenie skutków zdarzenia drogowego w sposób przewidywalny. W zharmonizowanej normie PN EN 12 767 „Bierne bezpieczeństwo konstrukcji wsporczych dla urządzeń drogowych – wymagania i metody badań” [7] opisane zostały parametry stanowiące wzorzec do klasyfikowania konstrukcji według ich potencjalnego zagrożenia dla uczestników ruchu drogowego. Zgodnie z tą normą [7] konstrukcja z cechami biernego bezpieczeństwa powinna być opisana przez następujące parametry:

- klasa prędkości zderzenia (50, 70 lub 100 km/h),
- kategoria pochłaniania energii (HE, LE lub NE),
- poziom bezpieczeństwa użytkowników pojazdu (1,2,3,4).

Norma [7] jest ściśle powiązana z normą PN-EN 1317-1 „Systemy ograniczające drogę. Część 1: Terminologia i ogólne kryteria metod badań” [8], w której to określono metody badań zderzeniowych takich jak pomiar wskaźników: ASI (wskaźnik intensywności przyspieszenia), THIV (teoretyczna prędkość głowy w czasie zderzenia) oraz PHD (opóźnienie głowy po zderzeniu) [2].

Dla przykładu, aby dany słup oświetleniowy zakwalifikować, jako bezpieczny w badanej klasie prędkości np. 70 km/h, musi być on poddany testom zderzeniowym przy niskiej normatywnej prędkości 35 km/h, a następnie przy prędkości 70 km/h. Jeśli przy prędkości zderzeniowej 35 km/h wskaźnik ASI przekroczy bezwymiarową wartość „1” lub wartość THIV przekroczy poziom 27 km/h, test nie zostanie zaliczony i dalsze badanie przy wyższej prędkości zderzeniowej z takim słupem będzie niezasadne.

Wymagania normy [7] zostały tak opracowane, aby chronić pasażerów w najłżejszych poruszających się po drogach samochodach, stąd masa samochodu przygotowanego do testu zderzeniowego wynosi $900 \text{ kg} \pm 25 \text{ kg}$. Energia kinetyczna, jaką posiada samochód w czasie zderzenia jest iloczynem jego masy i kwadratu prędkości, z jaką się porusza. Produkowane współcześnie samochody mają coraz większą masę własną. Dla przykładu, masa własna Audi Q7 (suw) wynosi 2220 kg, natomiast masa małego samochodu Daihatsu Copen wynosi 878 kg. Przy tej samej prędkości pojazdy te będą różniły się energią kinetyczną prawie 2,5 krotnie, co ma podstawowe znaczenie z uwagi na skutki zderzenia z słupem, który musi zachować swoje parametry wytrzymałościowe i być odpornym na statyczne i dynamiczne siły naporu wiatru. Dla słupów kompozytowych parametry wytrzymałości zostały określone w normie PN-EN 40-7 [9]. Reasumując, z jednej stronnicy chodzi o to,

by konstrukcje były wytrzymałe w okresie ich eksploatacji, a z drugiej, by były na tyle podatne (elastyczne), aby spełniały kryteria bezpieczeństwa biernego dla określonych klas prędkości. Poniższa tabela z normy [7] przedstawia wymagania, jakie muszą spełniać konstrukcje dla mierzalnych wskaźników bezpieczeństwa.

Tabela 1. Maksymalne wartości wskaźników ASI i THIV definiujące poziom pochłaniania energii przez konstrukcję (słup) oraz poziom bezpieczeństwa użytkowników pojazdu [7]

Poziom pochłaniania energii	Poziom bezpieczeństwa użytkowników pojazdu	Normatywne badanie przy prędkości 35 km/h		Badanie klasy prędkości 50 km/h, 70 km/h, 100 km/h przy zderzeniu	
		Wartości maksymalne		Wartości maksymalne	
		ASI	THIV	ASI	THIV
HE	1	1,0	27	1,4	44
	2	1,0	27	1,2	33
	3	1,0	27	1,0	27
LE	1	1,0	27	1,4	44
	2	1,0	27	1,2	33
	3	1,0	27	1,0	27
NE	1	1,0	27	1,2	33
	2	1,0	27	1,0	27
	3	0,6	11	0,6	11
	4	Bez wymagań	Bez wymagań	Pkt 5.6 normy	

Pod względem stopnia pochłaniania przez konstrukcję energii zderzenia norma [7] określa trzy poziomy pochłaniania w następujący sposób:

HE (High Energy absorbing) – konstrukcje pochłaniające energię w wysokim stopniu (ich zadaniem jest spowolnienie lub zatrzymanie pojazdu, przez co maleje zagrożenie ponownego zderzenia z innymi elementami na drodze),

LE (Low Energy absorbing) – konstrukcje pochłaniające energię w niskim stopniu,

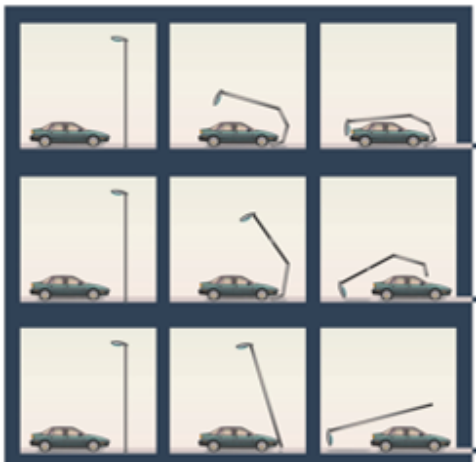
NE (non-Energy absorbing) – konstrukcje niepochłaniające energii: po uderzeniu pojazd kontynuuje jazdę ze zmniejszoną prędkością (w obszarach, gdzie nie ma potrzeby redukcji prędkości pojazdu).

Kolejnym ważnym czynnikiem kategoryzowania konstrukcji jest poziom bezpieczeństwa użytkowników pojazdu. Zgodnie z normą [7] poziom bezpieczeństwa pasażera zapewniany przez daną konstrukcję oznacza się cyframi od 1 do 4. Różnica pomiędzy poziomami bezpieczeństwa determinowana jest wartościami współczynników ASI oraz THIV uzyskanymi podczas testów zderzeniowych na wymaganej klasie prędkości. Im wyższa cyfra z tego przedziału, tym bardziej bezpieczna jest konstrukcja w czasie zderzenia ze względu na niższe wartości ASI i THIV. Poziom bezpieczeństwa 4 został zarezerwowany dla najbardziej bezpiecznych konstrukcji, dla których przewidziana jest uproszczona procedura testów zderzeniowych. W praktyce, zachowanie konstrukcji powinno prowadzić do zminimalizowania skutków zderzenia np. przez jej ścięcie, odkształcenie, czego efektem końcowym jest bezpieczna redukcja prędkości lub zatrzymanie pojazdu w sposób zamortyzowany bez efektu sprężystego odbicia. Ostatecznie wynik zderzenia jest wypad-

kową działania strefy zgniotu w pojeździe oraz właściwości absorbowania energii przez konstrukcję wsporczą.

Badania wykazały, że bezpieczna dla kierowcy i pasażerów prędkość w czasie zderzenia to 33 km/h, natomiast prędkość powyżej 44 km/h niesie za sobą ryzyko trwałych obrażeń dla uczestników wypadku znajdujących się w pojeździe.

Tabela 2. Rodzaje konstrukcji słupów wg poziomów pochłaniania energii na podstawie normy PN EN 12767

Fazy zderzenia pojazdu z słupem dla danego poziomu pochłaniania	Poziom pochłaniania	Prędkość zderzenia V_i [km/h]		
		50	70	100
		Prędkość po zderzeniu (końcowa) v_e [km/h]		
	HE	$v_e = 0$	$0 \leq v_e \leq 5$	$0 \leq v_e \leq 50$
	LE	$0 \leq v_e \leq 5$	$5 \leq v_e \leq 30$	$50 \leq v_e \leq 70$
	NE	$5 \leq v_e \leq 50$	$30 \leq v_e \leq 70$	$70 \leq v_e \leq 100$

Kompozytowe słupy, które „składają się” w momencie uderzenia (NE), przyjmują na siebie energię pojazdu amortyzując uderzenie. Dzięki temu samochód zostaje spowolniony i może bezpiecznie się zatrzymać. Słup zostaje zniszczony, ale kierowca i samochód doznają o wiele mniejszego uszczerbku niż w kontakcie ze słupami wykonanymi z innego materiału, który nie spełnia cech biernego bezpieczeństwa. Konstrukcje typu (HE i LE) w znacznie większym stopniu absorbują energię zderzenia niż konstrukcje typu NE, dzięki czemu możliwe jest zatrzymanie pojazdu na krótszym odcinku bez ryzyka obrażeń dla kierowcy i pasażerów. Konstrukcje tego typu powinny stosować się w miejscach, gdzie ograniczona jest szerokość pobocza drogi.

4. Testy zderzeniowe

W celu potwierdzenia przewidywanego zachowania się danej konstrukcji, wykonuje się symulacje komputerowe nowych rozwiązań projektowych dla danego rodzaju konstrukcji, które w ostatecznej weryfikacji poddaje się testom zderze-

niowym na torze badawczym wykonanym według założeń normy. Wiarygodność wyników badań potwierdza jednostka badawcza wykonująca tego typu badania, która uzyskała akredytację na przeprowadzanie testów według wymagań normy. Sposób montażu konstrukcji na torze zderzeniowym wykonuje się zgodnie z instrukcją montażu deklarowaną przez producenta. Raport z badań zderzeniowych jest podstawą do certyfikacji konstrukcji na zgodność z normą PN EN 12767 i oznaczenia wyrobu znakiem CE. Słupy oświetleniowe są wyrobem budowlanym, dlatego też w pierwszej kolejności muszą spełniać wymagania normy przedmiotowej PN-EN 40-7.



Rys. 2. Słup kompozytowy oświetleniowy o wysokości 9 m przygotowany do testu zderzeniowego na akredytowanym torze badawczym



Rys. 3. Badanie stopnia zagęszczenia warstwy zasypki wokół słupa. Badanie wykonuje się dla każdej zagęszczonej warstwy, co 30 cm wg wymagań normy [7]

Źródło własne Alumast S.A.



Rys. 4. Słup oświetleniowy kompozytowy wys. 9 m w czasie zderzenia uległ deformacji absorbując energię zderzenia. Pojazd zatrzymał się na odcinku 12 m. Bardzo dobre wyniki dla wskaźników

$$ASI = 0,5 \text{ oraz } THIV = 14,1 \text{ km/h}$$

Źródło własne Alumast S.A.



Rys. 5. Kadry z zapisu kamery szybkoeklatkowej poszczególnych faz zderzenia pojazdu ze słupem kompozytowym

Źródło własne Alumast S.A.

5. Korzyści ze stosowania bezpiecznych słupów kompozytowych

Inwestycja w nową, bezpieczną infrastrukturę drogową jest kluczowa nie tylko ze względu na ochronę ludzkiego życia, ale również na ograniczenie wydatków związanych z naprawą szkód, leczeniem ofiar wypadków, czy interwencją służb mundurowych. Co więcej, wykorzystanie konstrukcji kompozytowych przynosi znaczne oszczędności w dłuższej perspektywie: przede wszystkim jest to materiał charakteryzujący się długą żywotnością – urządzenia wytrzymują do 80 lat.

Do niewątpliwych zalet słupów kompozytowych należy zaliczyć:

- odporność na czynniki zewnętrzne: nie koroduje, nie odbarwia się,
- brak przewodnictwa prądu elektrycznego, gdyż są dielektrykami,
- eliminację występowania w nich zjawisko punktu rosy,
- brak zakłóceń dla fal radiowych, dlatego też mogą stanowić dobrą infrastrukturę dla sieci 5G i innych urządzeń pomiarowych instalowanych wzdłuż drogi,

- brak wartości złomowej, dzięki czemu nie są cennym łupem dla złodziei,
- możliwość wprowadzenie do wnętrza słupów oświetlenia powodującego efekt prowadzenia optycznego dla kierowców, a tym samym znaczne oszczędności energii,
- odporność na silne napory wiatru, nawet do prędkości 200 km/h,
- odporność na wibrację i wstrząsy sejsmiczne,
- ultralekkość i modułowość konstrukcji zapewniająca obniżenie kosztów transportu i łatwość montażu. Słup kompozytowy wkopywany o wysokości 9 m waży zaledwie 59 kg (15 razy mniej niż betonowy i 7 razy mniej od stalowych odpowiedników).

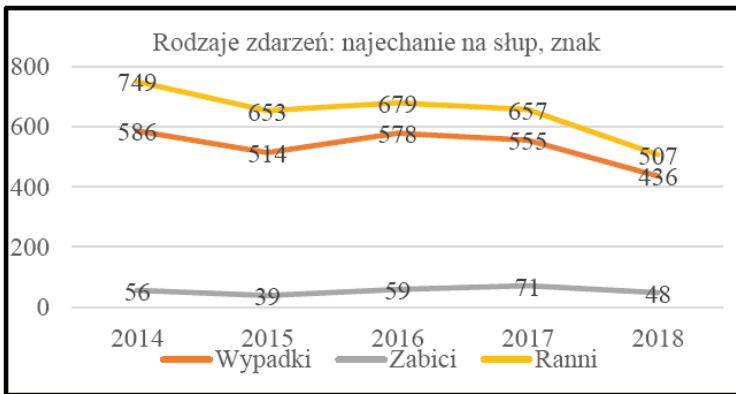
Korzyści z inwestycji w innowacyjne tworzywa kompozytowe są niewspółmierne. Średni koszt instalacji słupów stalowych oświetleniowych na odcinku 1 kilometra wraz z montażem barier ochronnych sięga 200 tys. zł. Tymczasem koszt słupów kompozytowych na takim odcinku wynosi jedynie ok. 74 tys. zł. Stosując bezpieczne słupy kompozytowe zyskujemy prawie trzykrotną oszczędność na samym koszcie inwestycji. Nie ma również problemu z utylizacją elementów kompozytowych, ponieważ materiał zastosowany do produkcji może być w 100% poddany recyklingowi, a produkcja i wytwarzanie kompozytów zużywa mniej energii niż produkcja metali.

KOMPOZYT – nie jest plastikiem! Włókna polimerowe, żywice i włókna szklane podlegają całkowitemu recyklingowi i ponownemu przetworzeniu. W tym przypadku nie ma produkcji śmieci i problemu z ich utylizacją. Ponadto, co jest niezmiernie istotne z punktu widzenia zdrowia i ekologii, produkcja słupów kompozytowych generuje bardzo niską emisję CO₂, co w porównaniu z produkcją słupów betonowych czy stalowych stawia kompozyt w rzędzie materiałów ekologicznych [10]!

Jedną z głównych przyczyn wypadków drogowych na terenie Polski, poza nieprawidłowym zachowaniem uczestników ruchu drogowego, jest niewystarczająca jakość infrastruktury drogowej. Zagrożeniem dla uczestników ruchu są nie tylko inne pojazdy, ale również nieodpowiedni stan nawierzchni jezdni, błędy projektowe drogi oraz niezabezpieczone elementy jej otoczenia. Mowa tu o drzewach, słupach i konstrukcjach instalowanych w pasie drogowym, które nie posiadają certyfikatów bezpieczeństwa. Niezwykle istotne jest zatem projektowanie dróg „wybaczących” błędy kierowcom. Tabela 3 oraz rys. 6 przedstawiają statystyki wypadków w ciągu ostatnich pięciu lat, do jakich doszło na polskich drogach w kategorii zdarzeń rejestrowanych, jako najechanie na słup czy znak. Zdecydowaną większość tych wypadków stanowią zderzenia ze słupami oświetleniowymi. Mimo, iż liczba wypadków oraz zabitych i rannych w roku 2018 odznacza się spadła, to jednak każde życie ludzkie jest bezcenne, dlatego warto nieustannie walczyć o nie, projektując i instalując słupy bezpieczne w miejscach gdzie występuje duże prawdopodobieństwo wypadków.

Tabela 3. Liczby zdarzeń typu najechanie na słup, znak w latach 2014-2018 [11]

Lata	Wypadki	Zabici	Ranni
2014	586	56	749
2015	514	39	653
2016	578	59	679
2017	555	71	657
2018	436	48	507
Ogółem	2 669	273	3 245



Rys. 6. Trend zmiany liczby zdarzeń typu najechanie na słup, znak w latach 2014-2018 [11]

Bariery drogowe zaliczane do systemów ograniczających drogę muszą spełniać parametry normy PN EN 1317, jednak zgodnie z wytycznymi ich stosowania powinny być instalowane tylko w sytuacji, gdy nie można usunąć zagrożenia poprzez działania inżynierskie, do których zaliczyć należy m.in. stosowanie bezpiecznych – certyfikowanych – konstrukcji wsporczych. Słupy oświetleniowe, konstrukcje wsporcze dla znaków drogowych czy sygnalizacji świetlnej muszą spełniać wymogi Europejskiej Normy PN-EN 12767 w zakresie biernego bezpieczeństwa konstrukcji dla urządzeń drogowych, jeśli mają stać nieosłonięte przy drogach [12].

6. Działania Europejskie i Światowe w zakresie bezpiecznej infrastruktury drogowej

W wielu krajach działania wpływające na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego określono w nośnym hasle „Wizja Zero” [3]. Ta pewnego rodzaju filozofia bezpieczeństwa drogowego, która została zapoczątkowana w Szwecji stawia sobie za główny cel „Zero wypadków drogowych – zero ofiar”. Planiści „szwedzkiej Wizji Zero” zakładają, że do 2050 roku liczba wypadków i ofiar asymptotycznie zbliży się do zera.

Dla przykładu, można wskazać też inne wizje bezpieczeństwa, które mają ten sam wspólny mianownik a mianowicie redukcję liczby wypadków i ograniczenia ich skutków:

- Wielka Brytania – „Drogi bezpieczne dla wszystkich”,

- Holandia – „Zrównoważony i bezpieczny system transportu”,
- Austria – „Poziom bezpieczeństwa porównywalny z trzema najlepszymi krajami w Europie”,
- Dania – „Jeden wypadek to zbyt wiele”,
- Kanada – „Najbezpieczniejsze drogi na świecie”,
- Australia – „Bezpieczne drogi dla całego społeczeństwa”,
- Nowa Zelandia – „Bezpieczny system drogowy, jako wzór do naśladowania dla całego Świata”.

Odnosząc się do infrastruktury drogowej, którą w dużym zakresie stanowią przytoczone słupy oświetleniowe, teletechniczne i energetyczne, a także konstrukcje wsporcze dla urządzeń drogowych, podjęto następujące działania legislacyjne:

- ✓ Europejski Komitet Normalizacji (CEN) przyjął 18.02.2000 r. normę EN-12767: 2000 „Bierne bezpieczeństwo konstrukcji wsporczych dla urządzeń drogowych.
- ✓ W Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/96/WE z dnia 19.11.2008 r. w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury Drogowej wskazano infrastrukturę drogową, jako główny filar polityki bezpieczeństwa ruchu drogowego, który powinien w znacznym stopniu przyczynić się do zmniejszenia liczby wypadków w krajach Wspólnoty.

Tabela 4. Tabela z aneksu (informacyjnego) do normy BS EN 12767:2007

rodzaj drogi	lokalizacja	rodzaj konstrukcji wsporczej		
		słupy oświetleniowe (podpunkty a, b, c według kolejności w zależności od dostępności produktu)	konstrukcje pod znaki i sygnalizację świetlną (podpunkty a, b, c według kolejności w zależności od dostępności produktu)	nieszkodliwa konstrukcja wsporcza
drogi wszelkiego typu w terenie niezabudowanym z dozwoloną prędkością powyżej 70km/h	głównie pobocza autostrad, dróg dwujezdniowych i jednojezdniowych	100:NE:1-3	100:NE:1-3	100:NE:4
	ze znaczną ilością niezmotoryzowanych użytkowników w czasie kiedy może dojść do zderzenia	100:HE:1-3	a/ 100:HE:1-3 b/ 100:LE:1-3 c/ 100:NE:1-3	100:NE:4
	gdzie występuje ryzyko spadku przedmiotów na inną jezdnię (np. węzły/skrzyżowania wielopoziomowe)	100:HE:1-3	a/ 100:HE:1-3 b/ 100:LE:1-3 c/ 100:NE:1-3	100:NE:4 lub 70:NE:4
drogi w terenie zabudowanym lub inne drogi z dozwoloną prędkością 70km/h lub mniej	wszystkie lokalizacje	a/ 70:HE:1-3 b/ 100:HE:1-3 c/ 70:LE:1-3 d/ 100:LE:1-3	a/ 70:HE:1-3 b/ 100:HE:1-3 c/ 70:LE:1-3 d/ 100:LE:1-3 e/ 70:NE:1-3 f/ 100:NE:1-3	100:NE:4 lub 70:NE:4

- ✓ Wielka Brytania, Szwecja, Finlandia, Dania, Norwegia, Holandia były pierwszymi państwami, w których wprowadzono wytyczne dotyczące projektowania dróg z uwzględnieniem wymagań normy EN 12767:2000. Ten klarowny dokument wskazywał, dla jakich kategorii dróg w zależności od lokalizacji słupów oświetleniowych czy konstrukcji do znaków drogowych należy stosować określone w normie poziomy bezpieczeństwa i pochłaniania energii przez te konstrukcje (tab. 4).

7. Podjęte działania w Polsce oraz konieczne zmiany w podejściu do bezpiecznej infrastruktury

Na przestrzeni minionych lat od wprowadzenia w UE normy EN 12767 w Polsce wykonano następujące działania:

- Polski Komitet Normalizacyjny w lipcu 2003 r. nadał normie EN 12767 statut polskie zharmonizowanej normy PN-EN 12767 **Bierne bezpieczeństwo konstrukcji wsporczych dla urządzeń drogowych**.
- W Krajowym Programie Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego GAMBIT 2005, przykładem Szwecji, Norwegii i Danii, wprowadzono Polską Wizję Zero, która zawierała następujące założenia:
 - działania chroniące życie oraz zdrowie uczestników ruchu drogowego, jako priorytetowe i stawiane ponad mobilnością i innymi cechami funkcjonowania systemu transportu,
 - system transportowy powinien być tak projektowany, budowany, eksploatowany i zarządzany, aby mógł kompensować niedoskonałości infrastruktury oraz wybaczać błędy jego użytkowników,
 - ograniczenie liczby wypadków w transporcie oraz ich konsekwencji jest podstawowym obowiązkiem wszystkich tworzących, zarządzających i korzystających z systemu transportowego w Polsce.

Należy zaznaczyć, że jednym z głównych celów Programu GAMBIT 2005 było zmniejszenie „ciężkości” i konsekwencji wypadków. W priorytecie 5.2 tego celu o tytule: „Kształtowanie dróg i ich otoczenia, jako dróg wybaczących błędy kierowców” wskazano stosowanie podatnych konstrukcji wsporczych i słupów wyraźnie zmniejszających stopień zagrożenia w przypadku kolizji.

- Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad wydaje w kwietniu 2010 r. **Wytyczne stosowania drogowych barier ochronnych na drogach krajowych**. W tym bardzo ważnym dokumencie związanym z projektowaniem barier wskazano na stosowanie, jeśli jest to tylko możliwe, konstrukcji wsporczych spełniających wymogi normy PN-EN 12767, by unikać stosowania barier ochronnych, jeśli zostałyby zastosowane tylko z tytułu ochrania słupów nieposiadający cech biernego bezpieczeństwa.
- Komisja Aprobata IBDIM zaleciła od 01.01.2015 r., by wszystkie słupy oświetleniowe przeznaczone do wbudowania na drogach publicznych speł-

niały wymagania biernego bezpieczeństwa. Słupy niespełniające wymagań można instalować pod warunkiem zastosowania ochronnych barier drogowych.



Rys. 7. Bezpieczne słupy kompozytowe nie wymagają stosowania barier ochronnych

8. Wnioski

Dzięki projektowaniu dróg z zastosowaniem bezpiecznych słupów oświetleniowych, teletechnicznych i energetycznych można eliminować zagrożenia, a także uzyskać znaczne oszczędności inwestycji na poziomie co najmniej 54%, poprzez wyeliminowanie barier ochronnych, które byłyby zainstalowane w przypadku osłaniania słupów nieposiadających cech biernego bezpieczeństwa. W przypadku zastosowania słupów kompozytowych oszczędności ulegają dalszemu zwiększeniu z powodu ich wyjątkowych cech takich jak: brak korozji, ultralekka waga, łatwość instalacji i redukująca konieczność użycia ciężkiego sprzętu, odporność na UV, właściwości dielektryczne niewymagające konieczności uziomów. Wymienione cechy w porównaniu z innymi technologiami produkcji słupów dają wymierne korzyści w rachunku ciążonym dla danej inwestycji.

Niezmiernie ważnym i oczekiwanym przez projektantów i zarządców dróg są wytyczne do stosowania bezpiecznych konstrukcji dla systemów oświetlenia i oznakowania dróg. Wprawdzie w wytycznych stosowania drogowych barier ochronnych na drogach krajowych [12] jest wzmianka o bezpiecznych konstrukcjach odpowiadających wymaganiom normy PN EN 12767 jednak brakuje w nich zasad projektowania uwzględniających lokalizację konstrukcji w odniesieniu do

klas prędkości i kategorii pochłaniania energii. Wzorem może być tu przytoczony dokument przyjęty w krajach skandynawskich (tab. 4.)

Bibliografia

- [1] Michałek J., Politechnika Wroclawska: Bezpieczeństwo bierne słupów oświetleniowych, „Drogownictwo 7-8/2013”.
- [2] Schabowski J., Koziół A., Bierne bezpieczeństwo urządzeń wyposażenia drogi –konieczność zmian podejścia w świetle norm europejskich. Zeszyt Naukowo-Techniczny SITK nr 118/2005.
- [3] Schabowski J., Słupy kompozytowe – nowy wymiar bezpieczeństwa potwierdzony w Polskiej Wizji Zero/
- [4] encyklopedia PWN – definicja kompozytu/
- [5] <https://businessinsider.com.pl/finanse/inwestowanie/budowa-drog-w-2019-r/bb6327w>
- [6] http://reports.weforum.org/global-competitiveness-index-2017-2018/competitiveness_rankings/?doing_wp_cron=1529397019.8832519054412841796875#series=EOSQ057
- [7] PN-EN 12 767: 2008 „Bierne bezpieczeństwo konstrukcji wsporczych dla urządzeń drogowych – wymagania i metody badań”.
- [8] PN-EN 1317-1: 2010 „Systemy ograniczające drogę. Część 1: Terminologia i ogólne kryteria metod badań.
- [9] PN-EN 40-7: 2004 Słupy oświetleniowe. Część 7: Słupy oświetleniowe z kompozytów polimerowych wzmocnionych włóknem szklanym. Wymagania.
- [10] <http://www.izolacje.com.pl/artukul/id1629,produkcja-betonu-a-problem-redukcji-emisji-dwutlenku-wegla>.
- [11] Komenda Główna Policji Biuro Ruchu Drogowego – wypadki drogowe w Polsce (Raporty roczne).
- [12] Więcej informacji nt. wymagań dotyczących wprowadzania na rynek wyrobów budowlanych dostępnych jest w Rozporządzeniu Ministra Rozwoju z dnia 26.07.2016 w sprawie rodzajów dokumentów, jakich może żądać zamawiający od wykonawcy w postępowaniu o udzieleniu zamówienia: https://www.uzp.gov.pl/__data/assets/pdf_file/0024/31992/Rozporzadzenie-Ministra-Rozwoju-z-dnia-26-lipca-2016-r.-w-sprawie-rodzajow-dokumentow,-jakich-moze-zadac-zamawiajacy-od-wykonawcy-w-postepowaniu-o-udzielenie-zamowienia-Dz.-U.-z-2016-r.,-poz.-1126.pdf Ustawie o wyrobach budowlanych z dnia 16.04.2004 r. <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20040920881/U/D20040881Lj.pdf>; oraz wytycznych Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego http://tau.gunb.gov.pl/dziala/wyroby_n/faq/faq2.html#7.

- [13] Wytuczne stosowania drogowych barier ochronnych na drogach krajowych- załącznik do Zarządzenia nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i autostrad

