

dr hab. Jerzy Telak, prof. nadzw.

Towarzystwo Naukowe „Bezpieczeństwo i Ratownictwo”

dr Oksana Telak

Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego

Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie

Innowacyjna technologia dla infrastruktury drogowej w warunkach szczególnych

Abstrakt

Transport to ważna gałąź gospodarki. Zapotrzebowanie na usługi transportowe ma charakter trwały i nieograniczony. Transport samochodowy w Polsce stanowi ważny sektor gospodarki krajowej, dla którego funkcjonowanie niezbędna jest właściwa infrastruktura. Niejednokrotnie potrzeby i zlecenia transportowe wykraczają poza obszar infrastruktury drogowej. Niekiedy w wyniku katastrofy naturalnej czy awarii technicznej zostaje uszkodzona lub zniszczona infrastruktura drogowa. W takich przypadkach można stosować rozwiązania tymczasowe i prowizoryczne. Celem artykułu jest wykazanie, iż tradycyjne metody budowania czasowych dróg lądowych oparte są o płyty betonowe i żelbetowe. Mogą one być zastąpione efektywniejszymi płytami z zagęszczonego tworzywa polietylenowego, które są lżejsze, trwalsze i mniej podatne na uszkodzenia, co ułatwia ich składowanie, przechowywanie, transport, załadunek i rozładunek. Wielokrotne układanie płyt kompozytowych odbywa się bez szczególnego wyrównania powierzchni, co skraca czas i koszty ich montażu. Na potrzeby artykułu dokonano analizy publikacji, informacji ze stron internetowych i wyników badań laboratoryjnych.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, zarządzanie, infrastruktura drogowa, ekologia, płyty drogowe

Innovative Technology for Road Infrastructure in Special Conditions

Abstract

Transport belongs to important economic categories. The demand for transport services is permanent and unlimited. Road transport in Poland is an important sector of the national economy. The proper infrastructure is necessary for the smooth functioning of road

transport. Often the needs and transport orders go beyond the area of road infrastructure. Sometimes as a result of a natural disaster or technical failure road infrastructure is damaged or destroyed. In such cases temporary and provisional solutions may be used. The purpose of the article is to indicate that traditional methods of building the temporary land roads are based on concrete and reinforced concrete slabs that can be replaced by more effective plates of compacted polyethylene, which are lighter, more durable and less susceptible to damage, which facilitates their storage, transport, loading and unloading. Repeatedly, laying composite panels happens without particular leveling of the surface, which reduces time and costs of their installation. For the purposes of the article, publications, website information and laboratory results were analyzed.

Keywords: safety, management, road infrastructure, ecologistics, road slabs

Wstęp

Transport należy do ważnych kategorii gospodarczych. Pełni podwójną funkcję dawcy i biorcy, polegającą na świadczeniu usług podstawowych i pomocniczych, które prowadzą do przemieszczania z punktu nadania do punktu odbioru. Żeby świadczenie zostało zrealizowane, niezbędne są elementy, tj.: infrastruktura, środki transportu, ludzie i konkretne zasady wykonywania usług [1, s. 532–536]. Działalność transportowa ma charakter czynnościowo-usługowy, wynikający z braku formy materialnej, przy jedności miejsca, czasu i konsumpcji usługi transportowej bez możliwości jej rozdzielania [2, s. 9–12].

Planowanie tras przewozowych to ważna czynność organizacyjna, natomiast czynnością wykonawczą jest proces przewozu. Właściwości charakteryzujące usługi transportowe uwzględniają odległość przestrzenną (dostępność sieci transportowej, bezpośredniość, wydłużenie drogi, przepustowość), czas (szybkość, odpowiednia dostępność w czasie, niezawodność, częstotliwość, rytmiczność, regularność, punktualność) i przedmiot przewozu (masowość, bezpieczeństwo, wygoda pasażera, pewność, kompleksowość w zakresie obsługi) [3, s. 27–34].

Zapotrzebowanie na usługi transportowe, przy charakterze trwałym i nieograniczonym, dzięki postępowi technologicznemu, zyskuje coraz więcej możliwości [4, s. 51–56]. Potrzeby transportowe tworzone są w formie wynikającej z różnych przesłanek [5, s. 388–393; 6, s. 1633–1637]. Do źródeł tworzenia potrzeb transportowych należy: wielkość, struktura, organizacja kooperacyjna produkcji i konsumpcji oraz dystrybucji [7, s. 36–42; 8, s. 30–34].

Rozmiary transportu współczesnego wymagają regulacji prawnych. Podstawowym źródłem prawa w ramach Unii Europejskiej jest prawo wspólnotowe, które jest zgodne z pierwotnym prawem, ustalonym w traktatach (założycielski, adhezyjne). Wtórne prawo to: rozporządzenia, dyrektywy, decyzje i rekomendacje. Większość przepisów ma na celu wprowadzenie zrównoważonego i zintegrowanego rozwoju transportu i utrzymanie proporcji międzygałęziowych [9, s. 501–505]. Pakiet drogowy UE tworzą trzy regulacje stanowiące zasady:

- dotyczące warunków wykonywania zawodu przewoźnika drogowego [10];
- dostępu do rynku międzynarodowych przewozów drogowych [11];
- dostępu do międzynarodowego rynku usług autokarowych i autobusowych [12].

Krajowe prawo transportowe podzielono na kilka zasadniczych gałęzi, w tym transportu drogowego [13].

1. Infrastruktura drogowa w sytuacjach szczególnych

Transport samochodowy w Polsce wykorzystuje 3,5 mln samochodów ciężarowych i 1,7 mln ciągników balastowych i rolniczych, wykonując pracę przewozową na poziomie 303,5 mln tkm, przewożąc 1 mln 546 tys. t ładunków [14, dz. 15]. Transport, jako sektor gospodarki krajowej, zatrudnia około 300 tys. kierowców autobusów i 550 tys. kierowców samochodów ciężarowych, a wraz z obsługującymi go przedsiębiorstwami (spedycja, części, materiały eksploatacyjne) około 1 mln osób, co odpowiada 7,5% wszystkich zatrudnionych w kraju [15, s. 235].

Warunkiem koniecznym dla funkcjonowania transportu drogowego jest infrastruktura transportowa: „(...) urządzenia i obiekty stałe i trwale zlokalizowane, umożliwiające przemieszczanie ładunków” [16, s. 23], ustawowo określone jako: „każdy wydzielony pas terenu, przeznaczony do ruchu lub postoju pojazdów oraz do ruchu pieszych, wraz z leżącymi u jego ciągu obiektami inżynierskimi, placami, zatokami, ścieżkami rowerowymi, drogami zbiorczymi, drzewami, krzewami, urządzeniami technicznymi związanymi z prowadzeniem i zabezpieczeniem ruchu” [17], do wykorzystania przez środki transportu podczas postoju i ruchu. Naturalne i sztuczne drogi wyposażone w środki trwałe i przedmioty nietrwałe. Infrastrukturę transportu cechuje długotrwałość użytkowania oraz mobilność funkcjonalna i przestrzenna [18, s. 114–115]. Drogowa infrastruktura liniowa w Polsce to ok. 420 tys. km dróg kołowych, z których 291 tys. km to drogi utwardzone. Daje to na 100 km² ok. 93 km dróg. Długość dróg krajowych wynosiła ponad 18 tys. km, zaś 131 km/km² to średnia ich gęstość [14, dz. 15].

Infrastruktura liniowa wiąże się infrastrukturą punktową, z przestrzennie wyodrębnionymi obiektami służącymi stacjonarnej obsłudze środków przewozowych transportu i ładunków [19].

Niejednokrotnie zlecenia transportowe wykraczają poza obszar infrastruktury drogowej. Niekiedy w wyniku katastrofy naturalnej lub awarii technicznej zostaje uszkodzona lub zniszczona infrastruktura drogowa. Często są także ograniczone możliwości przemieszczania się spowodowane zdarzeniami incydentalnymi (kolizje, wypadki, kontrole itp.) oraz planowymi, czasowymi wyłączeniami odcinków dróg z eksploatacji z powodu remontu lub prowadzonych inwestycji. Przekraczalność terenu i znajdujących się na nim różnych naturalnych przeszkód była i jest odwiecznym problemem struktur transportu i kluczową kwestią dla organizujących go operatorów. Przy prowadzonych inwestycjach drogowych powinno się umożliwiać tymczasowe sprawne przemieszczanie użytkowników.

Tradycyjne metody budowania tymczasowych dróg lądowych oparte są o płyty betonowe i żelbetowe, które ze względu na dostępność i trwałość stosowane są od wielu lat. Najczęściej używany komponent do budowania czasowych nawierzchni stanowią płyty żelbetowe o wymiarach: $3,00 \times 1,25 \times 0,12$ m; $3,00 \times 1,00 \times 0,12$ m; $3,00 \times 1,00 \times 0,18$ m; $3,00 \times 1,50 \times 0,18$ m [20].

Składowanie takich płyt wymaga zabezpieczenia przestrzeni, w tym dróg manipulacyjnych dla ciężkiego sprzętu, służącego do załadunku i rozładunku ze środków transportu. Dla składów wymagane są co najmniej dwie lokalizacje o zbliżonej powierzchni. Mimo możliwości zastosowania zasady *Just in Time*, ze względów technologicznych planuje się miejsce składowania dla płyt MON. Po osiągnięciu przez beton wytrzymałości minimum 0,5 R, transport płyt żelbetowych i betonowych można wykonywać specjalistycznymi środkami transportu kołowego lub kolejowego.

Przed układaniem płyt żelbetowych i betonowych należy przygotować jednolite, przepuszczalne i zabezpieczone przed skutkami przemarzania podłoże. Wskaźnik zagęszczenia gruntu powinien wynosić $Is^3 1,0$. Podłoże gruntowe pod nawierzchnię powinno być przygotowane zgodnie z określonymi wymogami [21].

Podbudowę pod ułożenie nawierzchni z płyt betonowych może stanowić:

- podłoże z gruntu rodzimego, ulepszone piaskiem, żwirem, odpadami z kamieniołomów, wyprofilowane i zagęszczone do $Is^3 1,0$;
- istniejąca nawierzchnia żwirowa, tłuczniowa lub brukowa z zastosowaniem warstwy wyrównawczej z piasku od 3 do 5 cm lub inny rodzaj podbudowy zgodny z dokumentacją projektową [22; 23, s. 19–21].

Nawierzchnia z płyt żelbetowych wykonana w układzie pasowym lub płytowym jest trwała, ale wymaga przygotowania podłoża z odpowiednią podbudową. Wymaga ona także specjalistycznej technologii do układania, w szczególności na łukach, przy użyciu specjalistycznego ciężkiego sprzętu. Czas jej przygotowania jest długi i pracochłonny, ponieważ wymaga zaangażowania wielu przygotowanych montażystów i specjalistycznego sprzętu. Problem przy montowaniu płyt stanowią spoiny i szczeliny dylatacyjne, które powinny być wypełnione odpowiednimi mastykami. Nawierzchnia z płyt żelbetowych jest trwała przy ułożeniu jej zgodnie z reżimem technologicznym. Z drugiej strony przy wielokrotnym użyciu ulegają uszkodzeniom, a koszt ich utylizacji jest znaczny. Kosztowna jest również rekultywacja terenu, na którym one leżały [23, s. 19–21].

2. Innowacyjne rozwiązanie dla czasowej infrastruktury drogowej

Czasowe objazdy powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby po zakończeniu remontów czy realizowaniu inwestycji nie powodowały degradacji środowiska. Powinny pozwalać na jego pełne odtworzenie. W przypadku wystąpienia sytuacji nadzwyczajnych (klęski żywiołowe, wypadki, katastrofy i awarie), ze względu na bezpieczeństwo, zastosowane procedury powinny umożliwić szybkie przygotowanie dróg czasowych, zapewniających właściwy poziom zarządzania kryzysowego, w tym szybkie dotarcie do poszkodowanych, z zachowaniem tzw. zasady złotej godziny. Płyty z zagęszczonego tworzywa polietylenowego dostępne są w trzech formach: M-mat, L-mat i XL-mat, różnią się wymiarami, wytrzymałością i elementami wykończenia, stanowią alternatywne rozwiązanie w stosunku do płyt betonowych i żelbetowych [24].

Od zarania natura wpływała na postęp cywilizacji. Fauna i flora zawsze stanowiły dla człowieka źródło inspiracji. Owady, ptaki, ssaki itd. to konstruktorzy, wykorzystujący dostępne materiały i wypracowujący rozwiązania, które zapewniają im optymalne warunki życia, w tym bezpieczeństwa, komunikacji, magazynowania, przetwarzania itp. [23, s. 19–21].

Wzorując się na kształcie pszczelego „plastra miodu”, przygotowano z kompozytu polietylenowego elementy (płyty) powierzchni drogi tymczasowej, do zastosowania w każdych warunkach klimatycznych. Lekkie, odporne na zginanie, zgniatanie, rozciąganie, wytrzymałe i przenoszące duże obciążenia, ogólnodostępne i tanie. Płyty te o trzech poziomach nośności (M-mat, L-mat, XL-mat) stanowią innowacyjny produkt na rynku polskim [25].

Do produkcji płyt wykorzystywany jest polietylen o wysokiej gęstości (HDPE) lub polietylen o ultrawysokiej masie cząsteczkowej (UHMW), do używania w zalecanym zakresie temperatury roboczej: od -50°C do $+80^{\circ}\text{C}$. Jest odporny na działanie substancji chemicznych (kwasy, zasady i rozpuszczalniki), słońca, wody i wiatru – we wszystkich warunkach pogodowych na ziemi. Płyty produkuje się w kolorze beżowym, czarnym lub innym (na szczególne zamówienie). Kolor czarny występuje w przypadku poddania recyklingowi polietylen HD lub UHMWE (w 100% nadający się do recyklingu). Materiał ten nie wywołuje żadnego zagrożenia dla zdrowia człowieka i środowiska, a jego rozkład nie stanowi niebezpieczeństwa pod względem toksykologicznym i ekologicznym. Degradacja tego materiału w normalnych warunkach nie występuje. Następuje powyżej temperatury rozkładu termicznego, powyżej 390°C , przy temperaturze samozapłonu powyżej 360°C . W przepisach transportowych nie został sklasyfikowany jako niebezpieczny [26, 24].

Testowana w laboratoriach instytutów badawczych Słowenii jednostka HDPE o wymiarach $2400 \times 1200 \times 12$ posiadała właściwości:

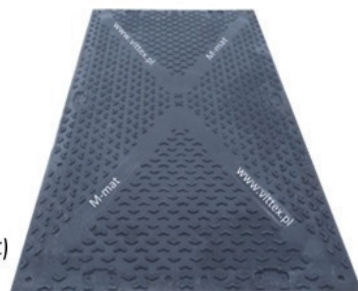
- mechaniczne:
 - wytrzymałość na rozciąganie 23–26 MPa i zginanie 25–28 MPa;
 - moduły zginania 1936–1967 MPa;
 - uderność w próbie Charpy'ego 5–6 kJ/m²;
 - współczynnik Poissona (teoretycznie) 0,35–0,38;
 - testy kompresji (maks. wartość przed ukończeniem testu) 250 t;
- ogólne:
 - gęstość 940–965 kg/m³;
 - kurczliwość 2–4%;
 - absorpcja wody 0,01%;
 - rozszerzalność cieplna $110\text{--}130 \text{ e}^{-6}/\text{K}^{-1}$;
 - przewodność cieplna 0,46–0,52 W/(m·K);
 - ciepło właściwe 1800–2700 J/(kg·K);
 - temperatura topnienia $108\text{--}134^{\circ}\text{C}$, użytkowa od -30 do $+85^{\circ}\text{C}$, zeszklenia -110°C ;
 - rezystywność $5\text{e}+17 - 1 \text{e}+21 \Omega\cdot\text{m}$;
 - wartość napięcia przebicia 17,7–19,7 kV/mm;
 - współczynniki: stratności 0,0005–0,0008; tarcia 0,25–0,30; załamania 1,52–1,53 [24].

Obciążenie powyżej 110 kg/cm² zostało zarejestrowane w testach laboratoryjnych [27, 28, 29, 30, 31, 32].

Dostępne na polskim rynku płyty M-mat z polietylenu koloru czarnego odpornego na pęknięcia, o wadze 35 kg, posiadają wymiary $2440 \times 1220 \times 12$ mm, przy nośności 80 t/m^2 , o powierzchni obustronnie profilowanej [24]. Płyta M-mat została przedstawiona na rys. 1.

Dane techniczne:

Materiał:	Polietylen odporny na pęknięcia
Wymiary:	$244 \times 122 \times 1,2$ cm
Masa:	35 kg/panel
Powierzchnia:	obustronnie profilowana
Kolor:	czarny
Nośność:	ok. 80 t/m^2
Transport:	600 paneli M-mat na samochód cięż. (24t)



Rys. 1. Płyta M-mat

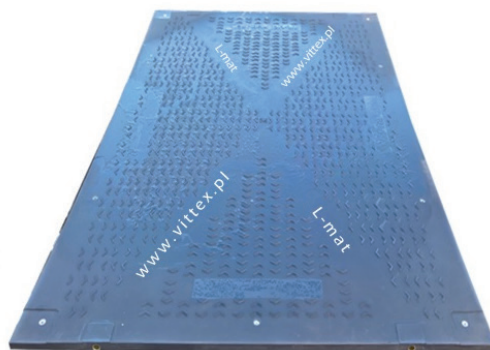
Źródło: Zbiory przedsiębiorstwa Vitex Sp. z o.o.

Warunkiem prawidłowej eksploatacji drogi z płyt M-mat, której pojedynczy element przedstawiono na rys. 1, jest odpowiednie podłoże, na którym zostanie ona rozłożona. Transport 600 takich płyt wykonuje się przy użyciu samochodu ciężarowego o nośności 24 t. Układanie z nich drogi nie wymaga zastosowania sprzętu i może odbywać się wyłącznie ręcznie.

Płyty L-mat z polietylenu koloru czarnego o dużej gęstości (UHMW) posiadają wymiary $3000 \times 2000 \times 47$ mm oraz wagę jednostkową 235 kg, obciążenie 160 t/m^2 i powierzchnię obustronnie profilowaną [33]. Płyta L-mat została przedstawiona na rys. 2.

Dane techniczne:

Materiał:	Polietylen wysokiej gęstości (UHMW)
Wymiary:	$300 \times 200 \times 4,7$ cm
Masa:	235 kg/panel
Powierzchnia:	obustronnie profilowana
Kolor:	czarny
Nośność:	ok. 160 t/m^2
Transport:	100 paneli L-mat na samochód cięż. (24t)



Rys. 2. Płyta L-mat

Źródło: Zbiory przedsiębiorstwa Vitex Sp. z o.o.

Transport 100 płyt L-mat wykonuje się przy użyciu samochodu ciężarowego o nośności 24 t, mieszczącego 20 palet po 5 płyt [33]. Układanie drogi czasowej z płyt L-mat z użyciem sprzętu zostało przedstawione na rys. 3.



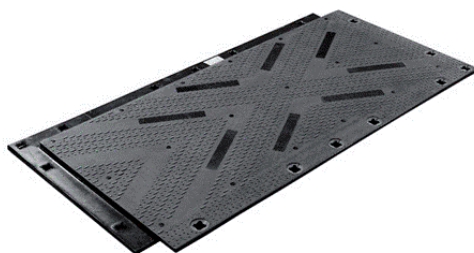
Rys. 3. Układanie drogi czasowej z płyt L-mat z użyciem sprzętu

Źródło: Zbiory Vittex sp. z o.o.

Do integrowania płyt w większe płaszczyzny stosuje się łączniki – widoczne na rys. 3 – wykonane ze stalowego płaskownika ocynkowanego i śrub odpornych na korozję (M10 M-mat, M16 L-mat), które w trakcie eksploatacji zmniejszają drgania i likwidują możliwość ślizgania się na styku płyt [34]. Powierzchnia zapewnia optymalną przyczepność i redukuje ryzyko przesunięcia, zapewniając bezpieczny ruch sprzętu ciężkiego, maszyn i pojazdów. Na odwrocie płyty powierzchnia jest nisko profilowa. Temperatura topnienia płyty wynosi 135–145°C [35], a wydajność obciążenia zależy od warunków gruntowych, wagi i rodzaju pojazdów i maszyn [36].

Płyty XL-mat z polietylenu dużej gęstości (UHMW) posiadają wymiary 4000 × 2000 × 94 mm, o wadze jednostkowej (modułu) 360 kg, w kolorze beżowym lub innym na zamówienie, o nośności 415 t/m² i powierzchni obustronnie profilowanej [37]. Płyta XL-mat została przedstawiona na rys. 4.

Materiał:	Polietylen wysokiej gęstości (UHMW)
Wymiary:	400 x 200 x 9,4cm
Waga:	360kg
Powierzchnia:	obustronnie profilowana
Kolor:	beż, inne kolory na zamówienie
Nośność:	ok. 415t/m ²
Transport:	56 płyt na samochód ciężarowy (24t)



Rys. 4. Płyta XL-mat

Źródło: Zbiory przedsiębiorstwa Vittex Sp. z o.o.

Transport 56 płyt XL-mat wykonuje się samochodem ciężarowym o nośności 24 t, a najlepsza technologia układania drogi czasowej wiąże się z użyciem sprzętu. Zestawienie zasobów procesu przygotowania inwestycji drogi czasowej przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie zasobów procesu przygotowania inwestycji drogi czasowej

Płyty drogowe betonowe i żelbetowe	Płyta XL-mat
Przygotowanie podłoża wstępnego	
Wymagane i niezbędne	Nie wymagane
Składowanie	
Na przestrzeni otwartej, potrzeba zabezpieczenia ze względów technologicznych placów załadunkowych i wyładunkowych, ograniczone stosowanie zasady <i>Just in Time</i>	Na przestrzeni otwartej, przy montażu nieograniczone stosowanie zasady <i>Just in Time</i>
Transport	
Ciągniki siodłowe (24 t)	W zależności od zamówienia, furgony od 2,5 t do ciągników 24 t
Załadunek i rozładunek	
Specjalistyczne dźwigi i podnośniki hydrauliczne	Ręczny lub dźwigiem

Układanie powierzchni	
Kosztowne, czasochłonne, wymagające przygotowania podłoża	Tanie, szybkie, ograniczone przygotowanie podłoża
Dodatkowe spoinowanie i wypełnianie mastykami	
Wymagane	Niewymagane
Liczba zatrudnionych pracowników	
Uzależnione od technologii, co najmniej 8 osób	4 osoby
Liczba pojazdów transportowych przy 1200 płytach	
100	24
Czas wykonania 1 km drogi	
15 dni	5 dni

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Vittex Sp. z o.o.

Z przeprowadzonych testów płyt betonowych i żelbetowych oraz płyt kompozytowych, a następnie po porównaniu parametrów ich rezultatów, przedstawionych w tabeli 1, wynika przewaga eksploatacyjna tych drugich w stosunku do tradycyjnych – pierwszych. Płyty z zagęszczonego tworzywa polietylenowego są lżejsze, trwalsze i mniej podatne na uszkodzenia od płyt żelbetowych i betonowych, a to ułatwia ich składowanie, przechowywanie, transport, załadunek i rozładunek. Nadają się one do wielokrotnego użytku i mogą być składowane bez zadaszenia, podkładek i przekładek na dowolnym, wyrównanym i odwodnionym podłożu z przestrzenią do manewrowania sprzętem do ładowania i rozładowania oraz mogą być przewożone standardowymi środkami transportu. Ze względu na podatność do dostosowania się kształtem do podłoża, w wielu przypadkach układanie płyt kompozytowych odbywa się bez wyrównania powierzchni, co skraca czas i koszty ich montażu.

Podsumowanie

Koszty, trwałość, czas montażu i wiele innych czynników fizycznych i chemicznych wskazują na przewagę płyt kompozytowych nad tradycyjnymi płytami betonowymi żelbetowymi. W sytuacjach po zaistnieniu zdarzeń negatywnych – katastrof naturalnych i awarii technicznych – w stanie kryzysowym, w tym klęski żywiołowej, w celu podniesienia efektywności zarządzania i reagowania kryzysowego, a także dla ochrony środowiska podczas przedsięwzięć plenerowych, wskazane jest stosowanie płyt z zagęszczonego tworzywa polietylenowego w zależności od potrzeb w formie M-mat, L-mat i XL-mat. Mając na względzie potrzebę przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę [38], w sytuacji czasowych przeszkód w budowie lub przy likwidacji istniejących trwałych dróg pożarowych, np. podczas realizacji inwestycji w aglomeracjach (budowy metra), wykorzystanie płyt kompozytowych może być przydatne do zorganizowania takich prowizorycznych ciągów komunikacyjnych.

Wnioski

1. Ze względu na koszty i szybkość montażu należy promować stosowanie płyt kompozytowych do budowania dróg czasowych.
2. Stosownie do występujących zagrożeń, wydziałom zarządzania kryzysowego urzędów wojewódzkich i jednostkom administracji zespolonej właściwym do reagowania kryzysowego, należy zapewnić dostęp do płyt M-mat, L-mat i XL-mat.
3. W celu ograniczenia kosztów, użyczenie płyt kompozytowych w sytuacjach szczególnych należy zapewnić poprzez przedsiębiorstwa świadczące układanie dróg czasowych.

Literatura

- [1] Biniasz D., *Rola i funkcje transportu wewnętrznego małych przedsiębiorstw produkcyjnych – studium przypadku*, „Logistyka” 2014, nr 3.
- [2] Stajniak M., *Transport i spedycja. Podręcznik do kształcenia w zawodzie technik logistyk*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2007.
- [3] Rydzkowski W., *Transport*, PWN, Warszawa 2007.
- [4] Wojewódzka-Król K., *Transport: nowe wyzwania*, PWN, Warszawa 2016.

- [5] Ziembicki M., *Potrzeby przewozowe w aspekcie posiadanego taboru i zdarzeń zaburzających jego pracę*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej” 2017, nr 117.
- [6] Mądziel M., *Potrzeby transportowe w odniesieniu do systemów komunikacji miejskiej*, „Autobusy” 2016, nr 12.
- [7] Gozdek A., *Wewnętrzne determinanty funkcjonowania transportu w przedsiębiorstwach przemysłowych*, „Zeszyty Naukowe US” 2015, nr 31.
- [8] Wierzejski T., *Transport i spedycja*, UWM, Olsztyn 2014.
- [9] Bentkowska-Senator K., *Regulacje prawne w transporcie samochodowym*, „Autobusy” 2016, nr 6.
- [10] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1071/2009 z 21 października 2009 r. ustanawiające wspólne zasady dotyczące warunków wykonywania zawodu przewoźnika drogowego i uchylające dyrektywę Rady 96/26/WE (Dz. Urz. UE L300/51 z 14.11.2009 r.).
- [11] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1072/2009 z 21 października 2009 r. dotyczące wspólnych zasad dostępu do rynku międzynarodowych przewozów drogowych (Dz. Urz. UE L 300/72 z 14.11.2009 r.).
- [12] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1073/2009 z 21 października 2009 r. dotyczące wspólnych zasad dostępu do międzynarodowego rynku usług autokarowych i autobusowych i zmieniające rozporządzenie (WE) nr 561/2006 (Dz. Urz. UE L 300/88 z 14.11.2009 r.).
- [13] Ustawa z 6 września 2001 r. o transporcie drogowym (Dz.U. z 2019 r. poz. 58, 60, 125, 690, 730, 1123, 1180, 1466, 1495, 1556).
- [14] *Mały Rocznik Statystyczny Polski 2017*, Główny Urząd Statystyczny, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/roczniki-statystyczne/roczniki-statystyczne/maly-rocznik-statystyczny-polski-2017,1,18.html> [dostęp: 07.09.2019 r.].
- [15] Janczewski J., *Czynniki sukcesu małego przedsiębiorstwa transportowego. Analiza wybranego przypadku*, „Przedsiębiorczość” 2015, nr 11.
- [16] Neider J., *Transport międzynarodowy*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2008.
- [17] Ustawa z 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz.U. z 2018 r. poz. 2068, ze zm. z 2019 r. poz. 698, 730, 1495).
- [18] Gołębska E., *Kompendium wiedzy o logistyce*, PWN, Warszawa 2010.
- [19] *Infrastruktura punktowa*, Logistyka.net.pl, Instytut Logistyki i Magazynowania, https://www.logistyka.net.pl/slownik-logistyczny/szczegoly/392,infrastruktura_punktowa [dostęp: 07.09.2019 r.].

- [20] Norma branżowa BN-80/6775=03/01 i BN-80/6775=03, *Budownictwo. Prefabrykaty budowlane z betonu, elementy nawierzchni dróg, ulic, parkingów i torowisk tramwajowych. Wspólne wymagania i badania*, UKO 691.327-41;625.815:625.888, Grupa katalogowa 0733.
- [21] Norma ST D-04.01.01 *Szczegółowe specyfikacje techniczne, Koryto wraz z profilowaniem i zagęszczeniem podłoża, Ogólne Specyfikacje Techniczne*, GDDP, GDDKiA, Branżowy Zakład Doświadczalny Budownictwa Drogowego i Mostowego Sp. z o.o.
- [22] Grzęda M., Magierski M., *Nowoczesne technologie w rozwoju infrastruktury transportu kołowego*, [w:] J. Adamkiewicz, M. Marciniak (red.), *Dylematy współczesnej obronności i bezpieczeństwa państwa. Aspekty logistyczne, techniczne i ekologiczne*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2018.
- [23] Sioma S., Magierski M., *Drogi tylko na chwilę*, „Głos Lasu” 2018, nr 12 (575).
- [24] *Informacje techniczne o produkcie M-mat*, Vittex Sp. z o.o., <https://www.vittex.pl/> [dostęp: 07.09.2019 r.].
- [25] *Informacje techniczne o produkcie*, Vittex Sp. z o.o., <https://www.vittex.pl/> [dostęp: 07.09.2019 r.].
- [26] Report No. P 0920/17-460-1, *About tesing of the „Isotrack L / Isotrack e-MAT” PE sheet*, Departament of Materials Laboratory for Polymers Slovenian National Bulding and Civil Engineering Institute, Ljubljana, 21.09.2017.
- [27] *Certifikat o preskusu. Test certificate. Isotrack L*. Certificate number 512-L356-17-3, Lotric Metrology, Stevilka Certifikata, 20.06.2017.
- [28] Testing Certicate Report Nr 053/2015-Imk/AI, 30.10.2015, 3 point bending test Isotrack X-Specimen 4, PEHD, Univerza v Mariboru, Faculty of Civil Engineering, Transportation Engineering and Architecture.
- [29] Testing Certicate Report Nr 053/2015-Imk/AI, 30.10.2015, 3 point bending test Isotrack X-Speciner 9, HMW-PE, Univerza v Mariboru, Faculty of Civil Engineering, Transportation Engineering and Architecture.
- [30] Report No. P 0659/17-460-1, *About the determination of the mechanical properties of the Polyethylene „PORTADECK”*, Departament of Materials Laboratory for Polymers Slovenian National Bulding and Civil Engineering Institute, Ljubljana, 27.06.2017.
- [31] *Summary of Compression Test Report for Isotrack X Temporary Road Mat*, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, 24.04.2017.

- [32] Statement of resistance of Portadeck mats against termites and rodents, Isokon, Innovaive Plastic Solutions, Slovenske Konjice, 16.06.2017.
- [33] *Informacje techniczne o produkcji L-mat*, Vittex Sp. z o.o., <https://www.vittex.pl/> [dostęp: 07.09.2019 r.].
- [34] *Akcesoria*, <https://www.vittex.pl/akcesoria/> [dostęp: 07.09.2019 r.].
- [35] Summary of Fatigue Test Report for Isotrack X Tempomary Road MAT – Three Point Bending cyclic Testing, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, 21.12.2016.
- [36] Certifikat o preskusu. Test certificate. Isotrack X. Certificate number 512-L356-17-4, Lotric Metrology, Številka Certifikata, 20.06.2017.
- [37] *Informacje techniczne o produkcji XL-mat*, Vittex Sp. z o.o., <https://www.vittex.pl/> [dostęp: 07.09.2019 r.].
- [38] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia w wodę oraz dróg pożarowych (Dz.U. z 2009 r. nr 124 poz. 1030).