

# ANALIZA SKUTECZNOŚCI WYKORZYSTANIA SORBENTÓW DO POCHŁANIANIA PAR WYBRANYCH OLEJÓW NAPĘDOWYCH W DZIAŁANIACH RATOWNICZYCH

*W pracy porównane zostały paliwa pod kątem ich wpływu na środowisko na podstawie źródeł literaturowych. Porównanie to miało wykazać zalety stosowania paliw alternatywnych w stosunku do ich konwencjonalnych odpowiedników. Przedstawiona została klasyfikacja oraz kryteria doboru sorbentów w działaniach ratowniczo-gaśniczych Państwowej Straży Pożarnej. Przedstawiono analizę zdolności pochłaniania par przez sorbent firmy Sintac®-Polska tj. Compact® w odniesieniu do sorbatów tj. olej napędowy Miles Plus Diesel Arktyczny, olej napędowy Ekodiesel Ultra F oraz olej napędowy B0 zgodny z normą EN-590 10 ppm. Oceniono skuteczność sorbentu Compact® poprzez analizę absorpcji par wytypowanych sorbatów.*

## WSTĘP

W dzisiejszym świecie transport ma bardzo dużo znaczenie. Nie tylko spełnia ważną funkcję społeczną, ale także i ekonomiczną. W świetle wyczerpywania się surowców mineralnych w tym również znanych ludzkości nośników energii, podjęte zostały działania mające na celu racjonalne gospodarowanie obecnymi dobrami jak również, badania nad innymi, mniej rozpoznanymi źródłami energii. Poprzez eksploatację i korzystanie z zasobów naturalnych znacznie pogarsza się środowisko, w którym żyjemy. W obliczu przedstawionych problemów świat nauki, w połączeniu z światem biznesu pracuje wspólnie na rzecz poprawy środowiska naturalnego. Zostały powołane specjalne organizacje mające na celu wymuszać na poszczególnych krajach większą troskę o środowisko, przestrzeganie międzynarodowych umów związanych z ograniczeniem negatywnego wpływu na środowisko. Pierwszy krok w ratowaniu środowiska przez społeczność międzynarodową miał miejsce w roku 1997 w Kioto, gdzie większość krajów zobowiązała się zmniejszyć ilość gazów cieplarnianych emitowanych do atmosfery. Osiągnięte porozumienie miało nie tylko za zadanie wprowadzenie do przemysłu proekologicznych technologii, ale również rozwój paliw alternatywnych, które podczas spalania wydzielają mniej niekorzystnych związków, a w konsekwencji stanowią mniejsze zagrożenie podczas katastrof.

Celem, który przyświeca naukowcom zajmującym się rozwojem paliw alternatywnych jest nie tylko ograniczenie szkodliwej emisji spalin do środowiska naturalnego, ale również rozwiązanie problemów dystrybucji, przechowywania i korzystania z tych paliw także w działaniach wskutek awarii.

Z uwagi na szerokie wykorzystanie, przetwarzanie i magazynowanie paliw konwencjonalnych i alternatywnych, a w szczególności substancji ropopochodnych nieuniknione są przypadki ich niekontrolowanego uwolnienia do środowiska na skutek wypadków, katastrof, nieszczelności, nieuwagi czy też działania umyślnego. W zależności od rodzaju i właściwości fizykochemicznych substancji ropopochodnych czy innych chemikaliów, stwarzają one różne zagrożenia, począwszy od zanieczyszczenia środowiska naturalnego, zatrucia ludzi czy też pożaru, wybuchu i zniszczenia infrastruktury. Dodatkowo, w przypadku infrastruktury drogowej rozlana ciecz,

w szczególności olej, stanowi zagrożenie dla uczestników ruchu drogowego, gdyż nawierzchnia drogi nawet po jej zebraniu pozostaje śliska i może być przyczyną kolejnych wypadków.

W każdej sytuacji związanej z uwolnieniem paliw konwencjonalnych i alternatywnych konieczne jest ich szybkie i dokładne usunięcie. Zadania te realizują ratownicy jednostek Państwowej Straży Pożarnej (PSP) najczęściej z wykorzystaniem w tym celu sorbentów w postaci sypkiej. W rozporządzeniu [6] nie ma informacji wprost o wykorzystaniu sorbentów, ale określono w nim, że w ramach organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego konieczne jest związywanie lub neutralizacja substancji niebezpiecznych i ratowanie środowiska i mienia przed skutkami bezpośrednich zagrożeń stwarzanych przez substancje niebezpieczne oraz stawianie zapór na zbiornikach, ciekach lub akwenach zagrożonych skutkami rozlania substancji niebezpiecznych (np. przy użyciu sorbentowych zapór). Podstawę prawną wykorzystania sorbentów w ratownictwie chemiczno-ekologicznym stanowi także ustawa [13] oraz dokument pt. "Wytyczne do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym" [15], które przewidują wśród zadań PSP likwidację miejscowych zagrożeń.

## 1. BADANIA ADSORPCJI WYBRANYCH PALIW STOSOWANYCH W ŚRODKACH TRANSPORTU

### 1.1. Paliwa konwencjonalne i alternatywne

Paliwa konwencjonalne to podstawowy rodzaj paliw przeznaczony do zasilania silników tłokowych w środkach transportu. Do paliw konwencjonalnych zalicza się benzynę oraz olej napędowy [3]. Są to paliwa powstałe z przetworzenia ropy naftowej. Olej napędowy jest drugim z paliw konwencjonalnych. Służy do zasilania silników o zapłonie samoczynnym. Jest mieszaniną węglowodorów parafinowych, aromatycznych i ich pochodnych o temperaturze wrzenia mieszczącej się w granicach od 170 °C do 370 °C. Skomponowany jest z frakcji węglowodorowych pochodzących z destylacji atmosferycznej oraz próżniowej, a także z procesów krakowania [4].

Olej napędowy jest paliwem cięższym od benzyny, wobec czego ważną cechą, która go charakteryzuje jest lepkość. Lepkość oleju napędowego wpływa na wielkość kropeł podczas rozpylania

paliwa. Zbyt duża wartość lepkości powoduje powstawanie dużych kropeł, które nie spalają się całkowicie, natomiast zbyt mała lepkość powoduje tworzenie się lokalnych nadmiarów paliwa w cylindrze powodujący również niecałkowite spalanie oleju napędowego [4]. Drugą ważną cechą charakteryzującą olej napędowy jest jego zdolność do samozapłonu. Do oceny zdolności oleju napędowego do samozapłonu wykorzystuje się liczbę cetanową. Wyznaczana jest przez porównanie badanego oleju napędowego i paliwa wzorcowego złożonego z mieszaniny dwóch węglowodorów:

- cetanu – nazwa systematyczna: n-heksadekan, cechuje się bardzo krótkim czasem opóźnienia samozapłonu, wobec tego w skali odpowiada mu wartość 100 [16],
- $\alpha$ -metylonafталenu – węglowódor o bardzo małej zdolności do samozapłonu, na skali odpowiada mu 0 [16].

Jeżeli w warunkach badania olej napędowy wykaże taką zdolność do samozapłonu jak mieszanina składająca się na przykład z 45% cetanu i 55%  $\alpha$ -metylonafталenu, to uznaje się, że jej liczba cetanowa wynosi LC = 45 [16]. Liczba cetanowa olejów napędowych przeciętnie powinna mieścić się w przedziale od 40 do 60. Oleje napędowe nowych generacji mają zazwyczaj liczbę cetanową LC > 51 [16].

W zależności od rodzaju węglowodorów wchodzących w skład oleju napędowego, paliwo będzie zachowywało się w różny sposób. Węglowodory parafinowe i olefiny spalają się łagodnie, charakteryzuje je krótkie opóźnienie zapłonu. Dzięki temu silnik zasilany paliwem o dużym stężeniu tego rodzaju węglowodorów pracuje miękko. Węglowodory aromatyczne cechuje zaś długi okres opóźnienia zapłonu oraz skłonność do spalania stukowego, co powoduje twarde pracę silnika. Pośrednio właściwości wykazują węglowodory naftenowe. Istotny jest fakt, iż zachowanie parafin i aromatów w silniku z samoczynnym jest inne niż w silniku z zapłonem iskrowym [16].

Paliwa alternatywne (zastępcze) są odpowiedzią na wyczerpującą się zasoby ropy naftowej. Przewiduje się, że koniec wieku XXI będzie również końcem „ery ropy naftowej” [3]. Do tego czasu konieczne jest zbadanie oraz wdrożenie nowych rodzajów paliw, czyli paliw alternatywnych. Za paliwa alternatywne uznaje się wszystkie rodzaje paliw, które nie są produktami przetwórstwa ropy naftowej [3].

## 1.2. Biopaliwa

Biopaliwa definiowane są, jako ciekłe i gazowe paliwa do silników otrzymywane z biomasy [1]. Według definicji określonej w dyrektywie biomasa to biodegradowalne frakcje produktów, opadów i pozostałości z przemysłu rolno-spożywczego, z leśnictwa oraz przemysłu do niego pochodnego, a także biodegradowalne frakcje opadów komunalnych i przemysłowych [1]. Podstawowy podział biopaliw został zawarty w aneksie 1, Komunikatu Komisji Europejskiej nr 34 z roku 2006, COM(2006)34 final. Podzielono w nim biopaliwa na ciekłe, gazowe oraz inne. Dodatkowo w przytaczanym komunikacie zdefiniowano pojęcia „syntetycznego biopaliwa”, jako syntetycznego węglowodoru lub ich mieszanin otrzymywanych z biomasy [1]. Podział biopaliw ze względu na stan skupienia został przedstawiony w tabeli 1.

**Tab. 1. Podział biopaliw ze względu na stan skupienia [15]**

Stan skupienia	Rodzaj biopaliwa
ciekły	bioetanol, biodiesel, biometanol, bio-ETBE, bio-MTBE, BtL, czyste oleje roślinne
gazowy	bio-DME, biogaz, biowodór
inne paliwa z odnawialnych źródeł które mogą być stosowane w środkach transportu	

Biopaliwa zostały również podzielone na dwie generacje. Podział ten zawarty jest w raporcie „Biofuels in the European Vision, a Vision 2013 and Beyond” [15]. Podział ten wynika z oceny przydatności biopaliw do wykorzystaniu w silnikach pojazdów, dostępności surowców, a także ich wpływu na środowisko (tabela 2).

**Tab. 2. Podział biopaliw ze względu na generację [1]**

Generacja	Rodzaj biopaliwa
pierwsza generacja (konwencjonalna)	bioetanol (jako konwencjonalny etanol trzymywany w procesach fermentacji i hydrolizy zboża, buraków cukrowych i innych)
	czyste oleje roślinne PVO
	biodiesel (jako estry metylowe oleju rzepakowego RME, estry metylowe FAME i etylowe FAEE innych roślin oleistych)
	biodiesel (jako estry metylowe posmażalnicznych odpadów olejowych)
	biogaz
	bio-ETBE
druga generacja	bioetanol (otrzymywany w zaawansowanych procesach hydrolizy i fermentacji lignocelulozy)
	syntetyczne biopaliwa (pochodzące z procesów zgazowania i syntezy na ciekłe komponenty paliwowe oraz z procesów Fischera-Tropscha)
	biodiesel (otrzymywany w wyniku hydrogenizacji olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych)
	biogaz (jako syntetycznie otrzymywany w procesach zgazowania lignocelulozy)
	biowodór (otrzymywany ze zgazowania lignocelulozy i syntezy produktów zgazowania lub z procesów biochemicznych)

Z powyższego zestawienia wynika, iż do drugiej generacji biopaliw nie można zaliczyć biopaliw pierwszej generacji poddanych przetworzeniu na przykład hydorafinacji [8].

## 1.3. Biodiesel

Biodiesel jest obok bioetanolu jednym z najpopularniejszych paliw pochodzących z biomasy. Za biodiesel uważa się estry kwasów tłuszczowych powstające poprzez estryfikację olejów i tłuszczów pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, a także odpadowych na przykład posmażalnianych za pomocą metanolu lub etanolu [1]. Biodiesel, podobnie jak większość biopaliw, można przypisać do pierwszej lub drugiej generacji biopaliw. Podział ten wynika ze sposobu otrzymywania tego paliwa. Do biopaliw pierwszej generacji zaliczany jest biodiesel stanowiący estry metylowe oleju rzepakowego (RME), estry metylowe wyższych kwasów tłuszczowych (FAME) lub estry etylowe wyższych kwasów tłuszczowych (FAEE) innych roślin oleistych, otrzymywany w wyniku tłoczenia na zimno oraz procesu ekstrakcji oraz transestryfikacji, a także estry metylowe i etylowe otrzymywane w procesie transestryfikacji z posmażalnicznych odpadów olejowych. Do biopaliw drugiej generacji zalicza się biodiesel otrzymywany w wyniku rafinacji wodorem czyli procesu hydrogenizacji olejów roślinnych i tłuszczów zwierzęcych [1].

Biodiesel, w którego skład wchodzi RME, FAME i FAEE, otrzymywany jest trzystopniowo, pierwszym procesem jest zimne tłoczenie, ekstrakcja i finalnie transestryfikacja. Estryfikacja może przebiegać w fazie homogenicznej lub heterogenicznej. Najczęściej stosowanymi substratami do transestryfikacji homogenicznej są oleje roślinne, zużyte oleje roślinne, kwasy tłuszczowe, tłuszcze zwierzęce oraz metanol lub etanol. Katalizatorem w tym procesie może być wodorotlenek sodu, wodorotlenek potasu lub kwas siarkowy(VI). Produktami procesu transestryfikacji kwasów tłuszczowych są estry metylowe kwasów tłuszczowych. Produktem ubocznym jest gliceryna o jakości technicznej, która po zażyciu do 80% może być wykorzystywana w innych gałęziach przemysłu. Estry metylowe kwasów tłuszczowych poddaje się neutralizacji, oczysz-

czaniu i odwadnianiu. Dopiero po przeprowadzeniu tych procesów można stosować je jako komponent do paliw konwencjonalnych lub jako samoistne biopaliwo. W przypadku transestryfikacji heterogenicznej, stosowanym katalizatorem jest tlenek cynku i tlenek glinu, takie warunki prowadzenia procesu pozwalają otrzymać estry metylowe kwasów tłuszczonych o wysokiej czystości oraz glicerynę o jakości farmaceutycznej. Szybkość procesu transestryfikacji zależy od temperatury, pH środowiska oraz jakości stosowanych substratów [5].

Biodiesel drugiej generacji, określane w niektórych źródłach jako „Green Diesel”, otrzymywany jest w procesie hydrotorafinacji. Substratami w tym procesie są trójglicerydy i kwasy tłuszczowe, dodatkowo stosuje się katalizator kobaltowo-molibdenowy lub niklowo-molibdenowy. Otrzymywany produkt ma skład zbliżony do typowego oleju napędowego, posiada wysoką liczbę cetanową oraz niską zawartość siarki. W porównaniu do biodiesla pierwszej generacji jego właściwości nie zależą od jakości wykorzystywanych surowców oraz łatwiej miesza się z olejem napędowym [5].

Do napędzania pojazdów stosuje czysty biodiesel oznaczony jako B100, lub jego mieszanki z olejem napędowym o stężeniach biodiesla: 5%, 7% i 30%, oznaczone odpowiednio jako: B5, B7 i B30 [1]. Stosowanie biodiesla w postaci czystej możliwe jest jedynie w silnikach specjalnie do tego przygotowanych, natomiast jako komponent do klasycznego oleju napędowego możliwe jest we wszystkich silnikach zapłonu samoczynnego. Stosowanie biodiesla ma szereg zalet w stosunku do klasycznego oleju napędowego [7]:

- mniej emisja CO, HC, PM, SO<sub>2</sub>,
- częściowe zamknięcie łańcucha obiegu CO<sub>2</sub>,
- wysoka liczba cetanowa,
- niewielkie działanie toksyczne i drażniące,
- dobra biodegradowalność,
- dobre właściwości smarne,
- bezpieczeństwo w użytkowaniu i transporcie (wysoka temperatura zapłonu).

Biodiesel, zanim zostanie wprowadzony jako paliwo, musi spełnić wymagania zawarte w normie europejskiej EN 14214 [2].

#### 1.4. Badania adsorpcji paliw z wykorzystaniem sorbentów

Przeprowadzone w pracy badania, obecnie nie są znormalizowane. Wszystkie doświadczenia dotyczące adsorpcji gazów lub par są przeprowadzane na węglach aktywnych, które mają bardzo zbliżoną strukturę budowy do sorbentów. Natomiast sorbenty w działaniach ratowniczych mogące mieć zastosowanie dzieli się na sorbenty stosowane na powierzchniach stałych i sorbenty stosowane na powierzchniach wód. W przypadku, gdy rozlewisko jest na powierzchni lustra wody stosowane są sorbenty hydrofobowe – chłone tylko oleje, substancje ropopochodne oraz inne ciecze, które nie mieszają się z wodą. Sorbenty te utrzymują się na wodzie po wchłonięciu cieczy. W przypadku, gdy rozlewisko jest na powierzchni gruntu rozróżniamy sorbenty uniwersalne (chłone wszystkie ciecze), sorbenty hydrofobowe i sorbenty chłone – pochłaniające bezpiecznie prawie wszystkie ciecze poza tymi, które reagują z agresywnymi cieczami. Klasyfikacje literaturowe natomiast podają, że w zależności od pochodzenia sorbenty można podzielić na naturalne i syntetyczne. W każdej z tych grup mogą występować sorbenty organiczne oraz nieorganiczne.

Sorbenty nieorganiczne pochodzenia syntetycznego to przede wszystkim wełna szklana, wełna mineralna i pumeks. Nie można ich stosować do zbierania cieczy ropopochodnych z powierzchni wody.

Sorbenty nieorganiczne pochodzenia naturalnego charakteryzują się niewielką zdolnością sorpcyjną i stosowane są głównie w działaniach ratowniczych mających miejsce na gruncie.

Sorbenty organiczne pochodzenia naturalnego stanowią zdecydowanie najliczniejszą grupę i są stosowane do pochłaniania cieczy ropopochodnych. Ich przewagą nad naturalnymi sorbentami nieorganicznymi jest większa na ogół zdolność sorpcyjna i możliwość utylizacji wraz z pochłoniętym medium poprzez spalanie. Najczęściej stosowanymi sorbentami z tej grupy są siano, słoma, wysuszony torf, trociny i sproszkowany węgiel brunatny. Zastosowanie mają tu również wszystkie dowolnie rozdrobnione i wysuszone odpady z produkcji roślinnej. Sorbenty te zalecane są do akcji długotrwałych.

Syntetyczne sorbenty organiczne są polimerami w postaci spienionej, włóknistej, granulowanej lub pylistej. Stosowana jest tu cała gama tworzyw sztucznych, między innymi polietylen, polipropylen, poliuretany, polietera, polistyren. Sorbenty te można łatwo przygotowywać w wygodnych formach użytkowych, np. mat, taśm, poduszek oraz zapór. Ze względu na dużą porowatość mają one wysokie zdolności sorpcyjne, a ponadto w większości przypadków nadają się do regeneracji.

Wszystkie przedstawione powyżej sorbenty działają na takiej samej fizycznej zasadzie, poprzez wchłanianie substancji do swej przestrzeni porowatej. Ich zdolność sorpcyjna w stosunku do określonej cieczy zależy od porowatości, przeciętnej wielkości porów i stopnia zwilżalności materiału przez ciecz.

Do badań została pobrana próbka sorbentu firmy Sintac®-Polska: Compact®. Wyboru dokonano na podstawie powszechności użycia tego rodzaju materiału sypkiego przez jednostki ratownictwa chemiczno-ekologicznego PSP. Sorbent Compact® bardzo dobrze sprawdza się przy zbieraniu substancji ropopochodnych na powierzchniach utwardzonych i jest najczęściej stosowanym sorbentem w Polsce przez jednostki PSP. Można go stosować w pomieszczeniach zamkniętych i na otwartych przestrzeniach. Compact® nie zawiera związków organicznych, posiada właściwości antypoślizgowe i nadaje się do absorpcji wszystkich cieczy za wyjątkiem kwasu fluorowodorowego. Używanie sorbentu Compact® jest bezpieczne dla użytkującego jak i dla środowiska naturalnego. Sorbent ten można stosować wielokrotnie do pełnego nasączenia. Dzięki odpowiednim parametrom, takim jak ciężar właściwy czy też hydrofobowość, można go stosować podczas deszczu oraz silnego wiatru. Nie reaguje z pochłanianymi substancjami.

Dokonując analizy właściwości paliw ciekłych bez dodatków biokomponentów z biopaliwami posłużono się świadectwami jakości dostarczonymi przed producentów paliw [8-13]. Z analizowanych świadectw wybrano poszczególne parametry, które najlepiej przedstawiają różnicę pomiędzy paliwami, w których zastosowano biokomponenty i tych, które biokomponentów nie zawierają. Do analizy zdolności pochłaniania par, w części doświadczalnej jako sorбаты (substancje, których pary były pochłaniane) pobrano próbki następujących paliw: biodiesel B100, diesel w wersji zimowej, diesel w wersji letniej. Efekt przeprowadzonej analizy zaprezentowano w tabeli 3.

**Tab. 3. Właściwości paliw ciekłych bez biokomponentów i biopaliw [8-13]**

Wielkość	Jednostka	Biodiesel 100	Diesel letni	Diesel zimowy	Benzyna 95 bez ETBE	Benzyna 95 z ETBE
Gęstość w temp. 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	900	837,2	832,2	755	775
Liczba cetanowa	-	51	54,1	52,9	-	-
Indeks cetanowy	-	-	55	51,9	-	-
Liczba oktanowa badawcza	-	-	-	-	95,8	95
Liczba oktanowa motory	-	-	-	-	85,2	85
Lepkość kinematyczna w temp. 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	5	3,05	2,617	-	-

Temperatura blokady zimnego filtra	°C	-20	-4	-26	-	-
Temperatura zapłonu	°C	101	68	61	-	-
Zawartość siarki	mg/kg	10	8,4	7,1	8,1	10
Zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych	%(m/m)	-	2,3	2,4	-	-
Zawartość wody	mg/kg	500	120	58	-	-
Zawartość FAME	%(V/V)	96,5	4,9	-	-	-
Zawartość ołowiu	mg/l	-	-	-	<2,5	5
Zawartość etanolu	%(V/V)	-	-	-	4,9	5
Zawartość metanolu	%(V/V)	0,2	-	-	<0,1	3
Zawartość eterów (z 5 lub więcej atomami węgla)	%(V/V)	-	-	-	<0,1	2,7
Destylacja do 70 °C odparowuje (E70)	%(V/V)	-	-	-	35	35
Destylacja do 100 °C odparowuje (E100)	%(V/V)	-	-	-	51	51
Destylacja do 150 °C odparowuje (E150)	%(V/V)	-	-	-	85	85
Destylacja do 250 °C destyluje	%(V/V)	-	29	42	-	-
Destylacja do 350 °C destyluje	%(V/V)	-	92	95	-	-

Wybór substancji, których pary były pochłaniane spowodowany był szerokim zastosowaniem tych cieczy, jak również tym, że występują one w większości zdarzeń na drogach oraz mają szerokie zastosowanie w przemyśle.

Wszystkie badania były prowadzone w warunkach pokojowych przy ciśnieniu 101325 Pa oraz temperaturze 20 °C. W części eksperymentalnej podjęto się próby sprawdzenia, jakie zdolności pochłaniania par wytypowanych sorbatów posiada sorbent stosowany obecnie w ratownictwie na podstawie analizy zależności stężeniowo-czasowych. Koszyczki wypełniano w taki sposób, aby znajdujący się w nich sorbent wypełniał za każdym razem taką samą objętość koszyczka. Koszyczki ważono puste oraz po wypełnieniu wybranym sorbentem. Po przygotowaniu koszyczków z sorbentem do naczyń wprowadzano przy pomocy pipety automatycznej 5 ml wybranego paliwa. Paliwa badano w następującej kolejności:

- 1) olej napędowy Miles Plus Diesel Arktyczny,
- 2) olej napędowy Ekodiesel Ultra F,
- 3) olej napędowy B0 zgodny z normą EN-590 10 ppm.

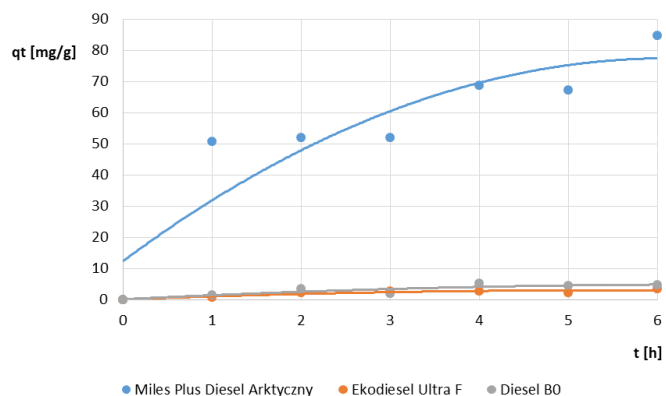
Następnie do naczyń wprowadzano koszyczki w taki sposób, aby nie stykały się z powierzchnią cieczy i szczelnie zamykano. Koszyczki zawierające sorbent ważono w godzinnych odstępach przez sześć godzin. Uzyskano w ten sposób pomiar zmiany masy koszyczka w czasie. Odejmując masę pustego koszyczka od koszyczka przed umieszczeniem w naczyniu uzyskano masę sorbentu znajdującego się w koszyczku. Odejmując od masy po czasie  $t$ , masę w czasie  $t = 0$  uzyskano przyrost masy sorbentu związany z adsorpcją par paliwa znajdującego się w naczyniu. W ten sposób uzyskano ilość zaadsorbowanego paliwa  $q$  (mg/g) wyrażonego w miligramach paliwa na gram sorbentu w funkcji czasu  $t$  wyrażonym w godzinach.

W tabeli 4 zestawiono wyniki zdolności sorpcyjnej Compact® w odniesieniu do wybranych paliw.

**Tab. 4.** Zdolność sorpcyjna sorbentu Compact® w odniesieniu do wybranych paliw

Rodzaj paliwa	Zdolność sorpcyjna $q_t$ [mg/g]						
		1	2	3	4	5	6
Miles Plus Diesel Arktyczny	0,000	50,708	51,827	51,827	68,606	67,114	84,638
Ekodiesel Ultra F	0,000	0,750	2,251	2,626	2,626	2,251	3,376
Diesel B0	0,000	1,461	3,288	1,827	5,115	4,384	4,750

Na rysunku 1 przedstawiono zależność ilości zaadsorbowanego paliwa  $q$  (mg/g) wyrażonego w miligramach paliwa na gram sorbentu w funkcji czasu  $t$  (h) wyrażonego w godzinach dla analizowanych paliw.



**Rys. 1.** Zdolność sorpcyjna Compact® w odniesieniu do wybranych paliw

Na podstawie rysunku 1 stwierdzić można wysoki wzrost zdolności sorpcyjnej podczas badania oleju napędowego Miles Plus Diesel Arktyczny w porównaniu do pozostałych dwóch paliw, najgorzej natomiast sorbowane były pary oleju napędowego Diesel B0. Można to tłumaczyć faktem obecności lub braku domieszek biokomponentów w paliwach. Oleje napędowe, które nie zawierają biokomponentów mają wyższą prężność par niż oleje napędowe które zawierają biokomponenty. Można zatem przypuszczać że, zgodnie z deklaracją producenta, olej napędowy Miles Plus Diesel Arktyczny faktycznie pozbawiony jest dodatków bio, natomiast Diesel B0, mimo swojej nazwy, zawiera w swoim składzie biokomponent.

## PODSUMOWANIE

W wyniku przeprowadzonej analizy literaturowej stwierdzono, iż paliwa bio stanowią rozsądną alternatywę w stosunku do obecnie stosowanych, konwencjonalnych paliw. Szczególną uwagę należy zwrócić na biopaliwa drugiej, a także kolejnych generacji, które pełniej wpisują się w ideę paliw „bio” niż generacja pierwsza. Przedstawione zestawienia cech biopaliw oraz paliw konwencjonalnych unaoczniają zasadnicze podobieństwa obu tych grup. Ich znaczne podobieństwa wpływają na możliwość skutecznego stosowania biopaliw w środkach transportu w postaci komponentów z paliwami konwencjonalnymi w różnych stężeniach lub też w postaci czystych biopaliw.

Celem artykułu było określenie zdolności sorpcyjnej sorbentu Compact® w stosunku do wybranych paliw na bazie oleju napędowego. W badaniach posłużono się sorbentem ratowniczym - najpopularniejszym sorbentem stosowanym w jednostkach ochrony przeciwpożarowej jaki jest sorbent Compact®. W wyniku przeprowadzonych badań zaobserwowano różnicę pomiędzy ilością zaabsorbowanych par w zależności od rodzaju paliwa. Stwierdzono, iż fakt ten musi być związany z zawartością estrów metylowych kwasów tłuszczowych w oleju napędowym, które obniżają jego prężność par. Zmniejszone parowanie z nad powierzchni paliwa w oczywisty sposób wpływa na poprawę bezpieczeństwa stosowania i magazynowania danego paliwa.

## BIBLIOGRAFIA

1. Biernat K., *Biopaliwa drugiej generacji*, „Studia Ecologiae et Bioethicae” 2007, nr 5.

2. Bosch R., *Napędy hybrydowe, ogniwa paliwowe i paliwa alternatywne*, tłum. M. Brzeżański, Z. Juda, Warszawa 2010.
3. Gronowicz J., *Ochrona środowiska w transporcie lądowym*, Radom 2004.
4. Podniało A., *Paliwa oleje i smary w ekologicznej eksploatacji*, Warszawa 2002.
5. Rostek E., *Biopaliwa pierwszej i drugiej generacji – metody otrzymywania i właściwości*, „Logistyka” 2011, nr 6.
6. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego z dnia 18 lutego 2011 roku Dz.U. 2011 nr 46 poz. 239).
7. Szylak J., Piekarski W., Zając G., *Odnawialne źródła energii jako alternatywa paliw konwencjonalnych w pojazdach samochodowych i ciągnikach*, „Inżynieria Rolnicza” 2006, nr 4.
8. Świadectwo jakości benzyna bezołowiowa 95, paliwo letnie.
9. Świadectwo jakości benzyna bezołowiowa 95, paliwo zimowe.
10. Świadectwo jakości olej napędowy Ekodiesel Ultra F.
11. Świadectwo jakości olej napędowy Miles Plus Diesel Arktyczny.
12. Świadectwo jakości olej napędowy, paliwo letnie.
13. Świadectwo jakości olej napędowy, paliwo zimowe.
14. Ustawa o Państwowej Straży Pożarnej z dnia 24 sierpnia 1991 (Dz.U.91.88.400 z późn. zm.).
15. Uzdowski M., *Problematyka wykorzystania paliw alternatywnych do zasilania silników trakcyjnych*, „Motrol” 2008, nr 10.
16. Zasady organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym.
17. Zwierzycki W., *Płyny eksploatacyjne do środków transportu drogowego. Charakterystyka funkcjonalna i ekologiczna*, Poznań 2006.

## Efficiency analysis of the sorbents use to absorb the vapors of selected diesel oil products during rescue and firefighting actions

*The paper presents a comparison of products of combustion of conventional fuels and alternative fuels based on literature sources. Unfavorable balance of fossil fuels increased interest in alternative fuels that could replace the existing motor fuels. The paper presents the classification and selection factors of sorbents during rescue and firefighting actions of the State Fire Service. There is presented the correspondence analysis of the steam absorption capacity of chosen sorbent of the company Sintac®-Polska, i.e., Kompakt® in relation to the sorbates, i.e., diesel oil Miles Plus Diesel Arctic, diesel oil Ekodiesel Ultra F and diesel oil B0 according to EN-590 10 ppm. It is assessed how sorbent absorbs chosen steams and it is presented the inter-relationship between the factors.*

Autorzy:

mł. bryg. dr inż. **Bożena Kukfisz** – adiunkt, Szkoła Główna Służby Pożarniczej ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego,  
e-mail: bkukfisz@sgsp.edu.pl

JEL: Q01 DOI: 10.24136/atest.2018.051

Data zgłoszenia: 2018.05.21 Data akceptacji: 2018.06.15