

Emulsje asfaltowe modyfikowane nanostrukturami z polimerów odpadowych innowacją w drogownictwie i szansą dla środowiska naturalnego



Grzegorz Nieradka



Abstract

The Flukar company, as a beneficiary of the EU LIFE project, implements highly technically and ecologically advanced project aimed to demonstrate functioning of innovative technology of producing bitumen emulsion modified with polymer recyclate and mineral nanofillers, with improved parameters of durability and adhesion compared with currently used in road construction. It is planned to build a prototype and pilot plant composed of four processing nodes.

Streszczenie

Firma Flukar jako beneficjent unijnego projektu LIFE realizuje wysoce zaawansowane pod względem technicznym i ekologicznym przedsięwzięcie, mające na celu demonstrację innowacyjnej technologii pozwalającej na uzyskanie emulsji asfaltowych modyfikowanych nanostrukturami z polimerów odpadowych, charakteryzujących się lepszymi parametrami wytrzymałościowo-szczepnymi w stosunku do obecnie stosowanych w drogownictwie. Planowana jest budowa prototypowej i pilotażowej instalacji składającej się z współdziałających czterech węzłów technologicznych.

Ochrona środowiska naturalnego stanowi obecnie jedno z największych wyzwań, z którym współczesny świat musi się zmierzyć. Choć wpływ działalności przemysłowej człowieka na tzw. ocieplenie klimatu jest sprawą dyskusyjną, to wytwarzanie na gigantyczną skalę różnego typu odpadów pozostaje bezspornym faktem. Ze względu na dynamiczny rozwój przemysłu tworzyw sztucznych, który od 1950 roku

odnotował średnioroczny wzrost światowej produkcji na poziomie ok. 8,6% [1], odpady polimerowe stały się obiektem szczególnego zainteresowania międzynarodowych organizacji ekologicznych, instytucji państwowych i pozarządowych.

Produkcja tworzyw sztucznych w Polsce na tle rynku europejskiego

Polska, która wciąż zaliczana jest do gospodarek rozwijających się, w dziedzinie przemysłu tworzyw sztucznych od kilkunastu lat odnotowuje systematyczny wzrost, którego motorem pozostaje rozwój branż powiązanych, w szczególności sektora produkcji opakowań, budownictwa, motoryzacji, sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Jak wynika z raportu Stowarzyszenia Producentów Tworzyw Sztucznych „Plastics Europe” [1], krajowe zapotrzebowanie na tworzywa w roku 2014 wzrosło o ponad 4,1% w porównaniu do roku poprzedniego i przekroczyło 3 mln ton. Wielkość ta stanowi ok. 6,3% zużycia tworzyw w Europie, co stawia Polskę na szóstą pozycję po takich krajach jak Niemcy, Włochy, Francja, Hiszpania i Wielka Brytania.

Plastics Europe wskazuje jednoznacznie, że największa ilość tworzyw sztucznych trafia do przemysłu zajmującego się produkcją opakowań (ok. 33%) oraz do sektora budownictwa (ok. 27%). Pozostałe ilości to 8,5% tworzyw dla motoryzacji, 6,0% dla sektora elektrycznego i elektronicznego oraz 25,6% zdefiniowanych jako inne. Ciekawą informacją zaprezentowaną w raporcie jest struktura zużycia tworzyw sztucznych ze względu na rodzaj polimeru. I tak

największą popularnością cieszy się polietylen o wysokiej gęstości (HDPE) i polietylen o niskiej gęstości (LDPE), którego łączne zużycie wynosi ok. 30%. Dalsze pozycje zajmują: polipropylen (18%), polichlorek winylu (14%) i polistyren (14%). Krajowa produkcja tworzyw sztucznych obejmuje wytwarzanie poliolefin (PE, PP), polichlorku winylu (PVC), polistyrenu (PS), politereftalanu etylenu (PET), poliamidu 6, systemów poliuretanowych oraz poliestrów i żywic epoksydowych. Warto zaznaczyć, że poprzez lokalnych przedstawicieli na polskim rynku obecni są również wszyscy wiodący światowi producenci tworzyw sztucznych.

Faktem jest, że innowacyjne tworzywa zrewolucjonizowały sposób życia współczesnego człowieka i wciąż dostarczają rozwiązań, które nie byłyby możliwe jeszcze kilka lat temu. Nowe materiały i technologie powinny jednak nie tylko oznaczać podwyższenia jakości życia, ale wpisywać się w ideę zrównoważonego rozwoju, poprzez zwiększanie efektywnego wykorzystania zasobów naturalnych i generując oszczędność energii.

Odpady tworzyw sztucznych wyzwaniem dla współczesnego świata

W Polsce w 2014 roku powstało ok. 1,54 mln ton odpadów tworzyw sztucznych [1]. Recyklingowi poddano zaledwie 25% z nich, a energię odzyskano z 19%. Niestety pozostałe 56% trafiło na składowiska odpadów. Od wielu lat wysypiska pozostają więc głównym sposobem „unieszkodliwiania” odpadów z tworzyw sztucznych w Polsce. Przyczyn tego niekorzystnego zjawiska doszukiwać się można w niezbyt skutecznym systemie selektywnej zbiórki odpadów komunalnych, który stanowi główną przyczynę braku surowca do recyklingu. Dodatkowo pewne nieprawidłowości we wdrażaniu nowych przepisów spowodowały, że w niektórych regionach dostępność odpadów recyklowanych zamiast wzrosnąć zmniejszyła się. Zgodnie z szacunkami Plastics Europe Polska recyklery odzyskują rocznie ok. 390 tys. ton odpadów tworzyw sztucznych. Wśród nich największą grupę stanowią odpady opakowaniowe, których odzysk wynosi ok. 68%. Znacznie mniej odzyskiwanych jest odpadów z branży budowlanej (ok. 18%), motoryzacyjnej (ok. 18%) oraz zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ok. 17%).

Problem z odpowiednim, efektywnym zagospodarowaniem odpadów nie dotyczy wyłącznie Polski. Podobne kłopoty posiada większość krajów Europy Środkowo-Wschodniej, głównie ze względu na cywilizacyjne opóźnienia wynikające z narzuconego przed

laty systemu gospodarczego, które od ponad dwóch dekad starają się nadrobić. Po wejściu Polski do Unii Europejskiej w 2004 roku przepisy krajowe musiały zostać dostosowane do prawa wspólnotowego. Dla nowych krajów członkowskich otwarte zostały liczne programy wsparcia gospodarczego. Stosunkowo nową propozycją z dziedziny ochrony środowiska i klimatu jest Program LIFE.

Czym jest Program LIFE?

Program LIFE [2] jest jedynym instrumentem finansowym Unii Europejskiej poświęconym wyłącznie współfinansowaniu projektów z dziedziny ochrony środowiska i klimatu. Jego podstawowym celem jest wspieranie procesu wdrażania wspólnotowego prawa ochrony środowiska oraz identyfikacja i promocja nowych, innowacyjnych rozwiązań dla problemów dotyczących przyrody i środowiska naturalnego. Jak informuje na swoich stronach Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej [3], w ciągu ponad 20 lat funkcjonowania programu Komisja Europejska przyznała dofinansowanie dla blisko 4180 projektów z całej Europy, w tym 69 z Polski. Obecny Program LIFE obejmuje perspektywę finansową 2014-2020 i stanowi kontynuację instrumentu finansowego LIFE+ funkcjonującego w latach 2007-2013. Przywołany NFOŚiGW od 2008 roku pełni rolę Krajowego Punktu Kontaktowego LIFE oraz wspiera polskich wnioskodawców programem dodatkowego współfinansowania projektów. Rozwiązanie to sprawiło, że obecnie w Polsce realizowane są 64 projekty LIFE o budżecie ok. 620 mln zł i wsparciu Funduszu w wysokości 260 mln zł.

LIFE EMU NEW

Zespół ekspertów firmy Flukar Sp. z o.o. przy aprobacie kadry zarządzającej Spółki opracował koncepcję innowacyjnej w skali światowej technologii, która przyczyni się do rozwiązania części problemów związanych z zagospodarowaniem odpadów polimerowych. Celem dokonania wdrożenia proekologicznej instalacji pilotażowej do produkcji emulsji asfaltowych modyfikowanych nanostrukturami z polimerów odpadowych (w skrócie LIFE EMU NEW) firma złożyła wniosek w ramach programu LIFE, który uzyskał dofinansowanie z Komisji Europejskiej oraz Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

LIFE EMU NEW to wysoce zaawansowane pod względem technicznym i ekologicznym przedsięwzięcie realizowane przez firmę Flukar, którego podstawowym celem jest demonstracja innowacyjnej technologii pozwalającej na uzyskanie emulsji asfaltowych modyfikowanych

nanostrukturami z polimerów odpadowych, charakteryzujących się lepszymi parametrami wytrzymałościowo-szczepnymi w stosunku do obecnie stosowanych w drogownictwie. Cel ten zostanie osiągnięty poprzez wybudowanie prototypowej i pilotażowej instalacji pozwalającej na uzyskanie skalowalności do skali przemysłowej. Innowacyjne rozwiązania techniczne zakładają współdziałanie czterech węzłów technologicznych: produkcji asfaltu zmodyfikowanego, produkcji nanowłókien, upłynniania, oczyszczania i modyfikacji polimerów odpadowych oraz produkcji emulsji. O proekologicznej wartości projektu świadczy fakt wykorzystania na dużą skalę polimerów odpadowych do produkcji modyfikatorów lepiszcza asfaltowego oraz wytwarzania nanowłókien, stanowiących dodatkowo, innowacyjny sposób poprawy właściwości emulsji asfaltowych. Wprowadzenie nanowłókien polimerowych do końcowego etapu produkcji emulsji asfaltowej winno skutkować wzrostem odporności niskotemperaturowej, która jest jedną z głównych przyczyn odspojenia głównych warstw nawierzchni drogowej oraz do poprawy właściwości mechaniczno-sprężystych w kierunku wzdłużnym i poprzecznym. Przewiduje się, że w wyniku wdrożenia nowego sposobu wytwarzania emulsji asfaltowej modyfikowanej recyklatem polimerowym i nanonapełniaczami mineralnymi (montmorylonit MMT i nanokrzemionka) nastąpi wydłużenie cyklu życia nawierzchni asfaltowej i poprawa bezpieczeństwa ruchu drogowego [4-7]. W ramach projektu równolegle prowadzone są spójne działania informacyjno-promocyjne wśród grup docelowych oraz podejmowane są starania wpływające na wzrost świadomości społecznej na temat potencjału związanego z zastosowaniem nanotechnologii w drogownictwie i budownictwie.

Obiecujące wyniki badań

Istotne podczas wdrażania nowych technologii, nawet tych o charakterze początkowo demonstracyjnym, jest przeprowadzenie specjalistycznych badań literaturowych i laboratoryjnych. Takie podejście do realizacji zadań pozwala na uniknięcie kosztownych błędów i podjęcie stosownych kroków jeszcze przed głównym etapem inwestycyjnym. Mając powyższe na uwadze firma Flukar zleciła wykonanie prac badawczych zespołowi naukowców i ekspertów z Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki.

Celem pierwszego etapu prac była weryfikacja poprawności wyboru asfaltów do zastosowania w procesie technologicznym. W ramach zawartej pomiędzy Spółką a Uczelnią umowy wykonane zostały badania analityczne

wytypowanych przez zamawiającego rodzajów bitumów w oparciu o sparometryzowane właściwości według dokumentów odniesienia, takich jak PN-EN 14023:2011 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Zasady klasyfikacji asfaltów modyfikowanych polimerami” i PN-EN 12591:2010 „Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Wymagania dla asfaltów drogowych”. Wnikliwa analiza informacji uzyskanych od producentów emulsji asfaltowych wykluczyła możliwość użycia asfaltu produkowanego poza Unią Europejską oraz pozwoliła na ustalenie czterech rodzajów lepiszczy spełniających kryteria norm zharmonizowanych obowiązujących na terenie Unii Europejskiej. W związku z powyższym, dalszej analizie laboratoryjnej poddano lepiszcza pięciu europejskich koncernów rafineryjnych. Pełen zakres badań analitycznych objął: oznaczenie temperatury łamliwości asfaltów metodą Fraassa (PN-EN 12593), oznaczenie nawrotu sprężystego w temperaturze 25°C (PN-EN 13398), oznaczenie penetracji w asfaltach (PN-EN 1426: 2015-08), oznaczenie wpływu oddziaływania ogrzewania na asfalty i lepiszcza asfaltowe – zmiana masy po starzeniu (PN-EN 12607-1:2014-12), oznaczenie temperatury mięknięcia asfaltów (PN-EN 1427:2015-08), oznaczenie lepkości dynamicznej w asfaltach lub lepiszczach asfaltowych w temperaturze 60°C (PN-EN 12596:2014-12), oznaczenie lepkości dynamicznej asfaltu w temperaturze 135°C (ASTM D 4402), oznaczenie pomiaru gęstości w asfaltach w temperaturze 15°C (PN-EN 15326+A1:2010), oznaczenie ciągliwości (PN-C-04132) oraz zmianę masy po starzeniu metodą RTFOT (PN-EN 12607-1:2014-12). Na podstawie wyników badań analitycznych przeprowadzonych w dwóch niezależnych akredytowanych laboratoriach stwierdzono, że wszystkie asfalty z tą samą klasą penetracji są produkowane według zharmonizowanych norm i spełniają wymagania w zakresie norm krajowych. Mogą zatem służyć jako surowiec do produkcji emulsji asfaltowej. Z uwagi na różnorodność zastosowań poszczególnych rodzajów asfaltów dokonano wnikliwej analizy czynników determinujących wybór lepiszcza. Za najważniejsze przyjęto czynnik szczepności międzywarstwowej, czynnik wszechstronności zastosowania emulsji asfaltowej, czynnik wrażliwości temperaturowej emulsji na stabilność oraz czynnik stabilności okresowej. Następnie uzupełniono je o takie dodatkowe kryteria jak czynnik modyfikacji polimerami, czynnik jakościowy asfaltu, czynnik bezpieczeństwa dostaw i czynnik ekonomiczny.

W toku badań przeanalizowano wybrane rodzaje lepiszcza asfaltowego o indeksie penetracji 70/100, 100/150 i 160/220 stwierdzając, że asfalt o penetracji 70/100 ma najszersze per-

spektywy i możliwości zastosowania jako baza produkcyjna dla emulsji asfaltowej do połączeń międzywarstwowych. W przypadku innych technologii drogowych i budowlanych zalecono rozważenie możliwości zastosowania innych rodzajów lepiszczy. Ponadto zwrócono uwagę na fakt, że do produkcji emulsji asfaltowej nie można wskazać jednego uniwersalnego asfaltu, a jego rodzaj należy zawsze dobierać pod kątem konkretnej technologii drogowej z jednoczesnym uwzględnieniem technicznych możliwości wytwórczych producenta, odpowiedniej normy przedmiotowej oraz uwarunkowań lokalizacyjnych zakładu produkcyjnego wraz z czynnikami bezpieczeństwa dostaw.

Drugi etap prac badawczych obejmował doprecyzowanie parametrów wytypowanych rodzajów polimerów odpadowych i włókien mineralnych wraz z weryfikacją emulgatora. W tym celu przeprowadzono kontrolne badania analityczne próbek odpadów polimerowych pozyskanych od dostawców, a uprzednio wytypowanych do procesu, potwierdzając ich przydatność z punktu widzenia procesowego, tj. w kontekście eliminacji ryzyka poprzez wykluczenie polimerów błędnie dobranych i nie nadających się do zastosowania ze względu na parametry rozkładu i/lub upłynnienia w toku procesu wytwarzania emulsji oraz technologicznego, tj. w kontekście przydatności do procesu elektroprzędzenia, wydajności procesu, zmienności parametrów jakościowych w zależności od rodzaju użytego odpadu bądź mieszaniny odpadów polimerowych. Celem zweryfikowania właściwości polimerów odpadowych wykonano badania gęstości, rozpuszczalności, zawartości fazy krystalicznej metodą różnicowej kalorymetrii skaningowej oraz struktury i morfologii polimerów odpadowych metodami spektroskopii w podczerwieni, skaningowej mikroskopii elektronowej i dyfrakcji rentgenowskiej. Stabilność polimerów i zawartość stałej pozostałości po dekompozycji określono przy wykorzystaniu metody termogravimetrycznej. Nanonapełniacze natomiast scharakteryzowano metodami dyfrakcji rentgenowskiej, skaningowej mikroskopii elektronowej, mikroskopii sił atomowych i termogravimetrycznej. Na tej podstawie stworzona została baza danych odpadów polimerowych wybranych finalnie do zastosowania w cyklu technologicznym w instalacji pilotażowej, w szczególności w procesie produkcji nanowłókien. Baza danych, oprócz parametrów odpadów i dostępnego wolumenu, objęła również listę potencjalnych dostawców i cenę odpadu przy jego akceptowalnym poziomie jakościowym. Przeprowadzona analiza odpadowych tworzyw sztucznych pozwoliła w sposób jednoznaczny wskazać grupę odpadów,

które z powodzeniem mogą być zastosowane do wzmocnienia asfaltów. Do otrzymywania nanowłókien metodą elektroprzędzenia z roztworu szczególnie korzystne było zastosowanie polimerów z grupy: polistyren, poliamid 6 oraz polichlorek winylu. Wyniki prac badawczych pozwoliły na wyciągnięcie wniosku, że najlepszym rozwiązaniem było zastosowanie polichloru winylu i poliamidu 6. Przemawiała za tym m.in. łatwość doboru warunków procesu przędzenia, brak problemów technicznych i zastosowanie jednego rozpuszczalnika, a nie mieszaniny rozpuszczalników. Polistyren został wybrany jako tworzywo alternatywne do polichloru winylu ze względu na wysoką podatność na rozpuszczanie. Polipropylen, wymieniany jako jedno z tworzyw dedykowanych do otrzymania mieszanek asfaltowych, nie powinien być brany pod uwagę do otrzymywania nanowłókien metodą elektroprzędzenia z roztworu. Powodem wysunięcia takiego wniosku było kłopotliwe rozpuszczanie polipropylenu przy zastosowaniu mieszaniny szkodliwych rozpuszczalników o wysokich temperaturach wrzenia. Stabilność otrzymanego roztworu polipropylenu o małym stężeniu polimeru była niska. Ponadto, występowały zjawiska lokalnej fluktuacji gęstości. Ogólnie zarekomendowano przeprowadzenie badań nad wytwarzaniem nanowłókien polimerowych przy zastosowaniu elektroprzędzenia ze stopu, przy czym do tego celu niezbędny jest dostęp do aparatury pracującej w skali przemysłowej. Stosowane w procesie elektroprzędzenia polimery odpadowe nie mogą być zanieczyszczone, gdyż mogłyby powodować blokowanie przepływu w igle i/lub dyszy. Stosowane nanonapełniacze mineralne, w tym MMT, OMMT43 i OMMT72 oraz dwa rodzaje nanokrzemionki płomieniowej A200 (nanokrzemionka hydrofilowa) i A974 (nanokrzemionka hydrofobowa) scharakteryzowano metodami dyfrakcji rentgenowskiej, skaningowej mikroskopii elektronowej, mikroskopii sił atomowych i termogravimetrycznej. W ramach drugiego etapu prac badawczych wytypowano i przeprowadzono badania z wykorzystaniem różnych rodzajów emulgatorów wytworzonych przez Instytut Nafty i Gazu w Krakowie. Zestaw tych emulgatorów obejmował pełną gamę emulgatorów przewidzianych do badań w ramach projektu, tj. emulgatory anionowe, kationowe, amfoteryczne i niejonowe. Przeprowadzono usystematyzowane próby, których celem było potwierdzenie wytworzenia trwałej emulsji modyfikowanej (asfalt + polimer odpadowy + emulgator + woda). Stwierdzono, że najskuteczniejszymi emulgatorami do tworzenia emulsji z wytypowanych rodzajów bitumów z dodatkiem stopionego polimeru odpadowego były emulgatory: anionowy Fluxiten 16, katio-

nowy Fluxiten 23, amfoteryczny Fluxiten 15 oraz niejonowy Fluxiten 80. Emulgatory wykorzystywane do produkcji emulsji przeznaczonej na rynek krajowy winny być wybrane z grupy emulgatorów kationowych. Z uwagi jednak na zasięg projektu nie należy wykluczać potrzeby zastosowania emulgatorów anionowych. W przypadku wątpliwości, co do charakteru podłoża (kwaśne lub zasadowe) na etapie finalnym rekomendowano przeprowadzenie prób dotyczących wykorzystania emulgatorów amfoterycznych, natomiast gdy instalacja do produkcji emulsji asfaltowych będzie wykorzystywała twardą wodę, należy kontynuować badania z emulgatorami niejonowymi. Wszystkie przeprowadzone badania oraz rozeznanie literaturowe przeprowadzone przez zespół badający wskazują, że w zależności od przeznaczenia emulsji i rodzaju użytego emulgatora jego zużycie wahać się będzie w przedziale od 0,5-5,0%, a ostateczna weryfikacja parametrów granicznych dotyczących wybranych emulgatorów tj. stężenia, optymalnej temperatury procesu i czasu mieszania zostanie dokonana przy testowaniu produktu gotowego z prototypowej instalacji. Przy decyzji dotyczącej zakupu konkretnego emulgatora do procesu, oprócz ujętych warunków, zostaną uwzględnione czynniki takie jak cena, udział procentowy i temperatura dozowania, które stanowią elementy składowe technicznego kosztu wytworzenia emulsji.

Celem trzeciego etapu prac badawczych było opracowanie ogólnej koncepcji technicznej instalacji pilotażowej oraz dopracowanie koncepcji komory upłynnienia polimeru odpadowego z uwzględnieniem wyników uzyskanych w poprzednich etapach. Przygotowanie ogólnej koncepcji miało na celu stworzenie założeń i wytycznych technologicznych będących podstawą do opracowania dokumentacji projektowej budowy prototypowej instalacji pilotażowej. Wiele uwagi poświęcono pracom związanym z ustaleniem warunków upłynnienia polimerów odpadowych modyfikowanych nanonapełniaczem mineralnym. Określono warunki upłynnienia wybranych polimerów, w tym polietylenu, polipropylenu i polistyrenu z wykorzystaniem urządzeń wytłaczających oraz wprowadzania nanonapełniaczy mineralnych (montmorylonitu i nanokrzemionki). Poczyniono także obserwacje związane z przebiegiem procesu upłynnienia kompozycji polimerowych. Wyszczególniono kwestie związane z doбором surowców, ich odpowiednim przygotowaniem, mieszaniami składników i ich dozowaniem oraz przetłaczaniem tworzyw w kierunku otrzymania stopionego kompozytu. Przeprowadzono również badania weryfikujące właściwości kompozycji polimerowych otrzymanych w różnych warun-

kach przetwarzania, w tym oznaczenie struktury i morfologii kompozytów polimerowych metodami spektroskopii w podczerwieni i dyfrakcji rentgenowskiej, oznaczenie masowego i objętościowego wskaźnika płynięcia oraz gęstości w warunkach przetwarzania, oznaczenie zmiany lepkości w funkcji temperatury. Procesy upłynniania polimerów i wytworzenia kompozytów polimerowych zostały zrealizowane przy użyciu wyciążarki jednoślismakowej, a dla kompozycji odznaczających się najlepszymi właściwościami wykonano również próby przetwarzania przy użyciu wyciążarki dwuślismakowej. Pozwoliło to na dokonanie oceny wpływu sposobu upłynniania w określonych warunkach przetwarzania na właściwości polimerów i kompozytów. Na podstawie przeprowadzonych badań określono warunki upłynniania polimerów i przetwarzania kompozycji w skali laboratoryjnej. Uzyskane dane dostarczyły szeregu informacji niezbędnych do właściwego zaprojektowania węzła upłynniania i modyfikacji polimerów odpadowych.

Podsumowanie

Wstępny etap realizacji projektu pn. „Proekologiczna instalacja pilotażowa do produkcji emulsji asfaltowych modyfikowanych nanostrukturami z polimerów odpadowych” uniemożliwia podanie wszystkich szczegółów technicznych przedsięwzięcia i dokonanie szerokiego, wnikliwego omówienia jego wpływu

na poprawę krajowych wskaźników recyklingu odpadów polimerowych. Daje jednak podstawy do sformułowania wniosków o pozytywnym wpływie inwestycji nie tylko w dziedzinie rozwoju polskiej myśli technicznej, ale również wkładu w propagowanie i realne wdrażanie idei zrównoważonego rozwoju. Dodatkowo, projekt wykazuje pozytywny wpływ na podnoszenie poziomu świadomości społecznej o konieczności stopniowego wycofywania składowania odpadów, zwłaszcza tych nadających się do recyklingu.

Zachęcamy do odwiedzania strony poświęconej projektowi LIFE EMU NEW, gdzie można znaleźć szczegółowe informacje oraz śledzić postępy jego realizacji. Strona znajduje się pod adresem www.emunew.pl.

Przypisy:

- [1] 2015, Raport roczny 2014 Plastics Europe, www.plasticseurope.pl/centrum-informacji/aktualnoci/aktualnoci-2015.aspx
- [2] http://ec.europa.eu/environment/basics/natural-capital/life/index_pl.htm
- [3] <https://www.nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-zagraniczne/instrument-finansowy-life/>
- [4] Michał Kacperski, 2002, Nanokompozyty polimerowe Cz. I Charakterystyka ogólna, napełniacze oraz nanokompozyty na podstawie polimerów utwardzalnych, *Polimery*, 47, 801-807

- [5] Michał Kacperski, 2003, Nanokompozyty polimerowe Cz. II Nanokompozyty na podstawie polimerów termoplastycznych i krzemianów warstwowych, *Polimery*, 2, 85-90
- [6] Sprawozdanie z pracy badawczej pt.: „Analiza stanu wiedzy, SWOT, PT, PPT w zakresie technologii nanoprośzków i nanoceramik oraz wprowadzenie informacji do bazy danych” oraz „Analiza stanu wiedzy, SWOT, PT, PPT dla technologii uzgodnionej wykonanej w ramach projektu Nr WKP_1/1.4.5/2/2006/23/26/604 pt.: Scenariusze rozwoju technologii nowoczesnych materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych”. Projekt finansowany przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego UE w ramach działania 1.4 SPO-WKP
- [7] Lech Czarniecki, 2011, Nanotechnologia w budownictwie, *Przegląd budowlany*, 1, 40-53

mgr inż. Grzegorz Nieradka
Specjalista ds. procesu technologicznego

Artykuł recenzowany
Artykuł nadesłano do redakcji: 25.05.2016 r.
Artykuł przyjęto do druku: 9.06.2016 r.

PRENUMERATA

**Najlepszym sposobem na regularne otrzymywanie
WIADOMOŚCI NAFTOWYCH I GAZOWNICZYCH**

Zamówienia: tel./fax: 18 352 64 84
<http://www.wnig.pl> e-mail: prenumerata@wnig.pl

E-wydanie
<http://wnig.pl/e-wydanie>