

**DZIAŁANIA LOGISTYCZNE W RECYKLINGU
TWORZYW SZTUCZNYCH**

LOGISTIC ACTIONS IN RECYCLING PLASTICS

Marcin Józef MAŁUSZYŃSKI

marcin_maluszynski@sggw.pl

Anna BŁASZCZAK

Ilona MAŁUSZYŃSKA

ilona_maluszynska@sggw.pl

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Streszczenie: Tworzywa sztuczne to materiały wytworzone przez człowieka i niewystępujące w naturze. Właściwości tworzyw sztucznych, pozwalające na ich szerokie zastosowanie w życiu codziennym, powodują powstawanie ogromnych ilości odpadów, których unieszkodliwienie staje się wyzwaniem logistycznym i ekonomicznym. Działania logistyczne związane z gospodarką odpadów tworzyw sztucznych to szereg działań, które należy wykonać, tak aby w możliwie jak największym stopniu zabezpieczyć środowisko przed ich negatywnym oddziaływaniem. W prezentowanym artykule autorzy przedstawili działania logistyczne w recyklingu tworzyw sztucznych w oparciu o dane literaturowe i własne doświadczenie zawodowe. Wskazano na złożoność procesu recyklingu i wpływ zaplanowanych działań logistycznych na efektywność tego procesu oraz bariery jego zastosowania.

Abstract: Plastics are man-made and non-natural materials. The properties of plastics, which allow them to be widely used in everyday life, create huge quantities of waste, which disposal becomes a logistical and economic challenge. Logistical activities related to the management of plastic waste are a number of activities that need to be carried out in order to protect the environment as much as possible from their negative impact. In the paper presented, the authors presented logistic activities in the recycling of plastics based on the literature data and their own professional experience. The complexity of the recycling process and the impact of planned logistics activities on the effectiveness of the process and the barrier to its use were highlighted.

Słowa kluczowe: tworzywa sztuczne, logistyka, recykling, odpady

Keywords: plastics, logistics, recycling, waste

WPROWADZENIE

Korzystając każdego dnia z dóbr konsumpcyjnych powodujemy stopniowe wyczerpywanie się zasobów środowiska, które w większości są nieodnawialne. Mając na uwadze dobro i stan środowiska naturalnego, powinniśmy zdawać sobie sprawę z konieczności dbania o to, co nas otacza. Tempo życia, wzrost konsumpcji, wieczna pogoń w obecnych czasach powodują, że bardzo trudno jest zwrócić uwagę ludzi na dalsze losy zużytych przez nich produktów. Nowe rzeczy bardzo często stają się odpadami jeszcze zanim

do końca tracą swoją użyteczną wartość. Współcześnie wiele materiałów zastąpiono tworzywami sztucznymi, z których produkowane są masowe ilości przedmiotów codziennego użytku. Tymczasowość i niska trwałość to główne cechy nowoczesnej produkcji bazującej na tworzywach sztucznych i dbającej o rosnącą ilość wytwarzanych produktów przy równocześnie malejących kosztach wytwarzania. Zgodnie z danymi przedstawionymi przez Kijęńskiego, Błędzkiego i Jeziórkę (2011) „*rozwój gospodarczy prowadzi do wzrostu produkcji i rynku oraz wzrostu obszaru zastosowań polimerów w gospodarce*” i w konsekwencji do wzrostu ilości zużytych polimerów w strumieniu odpadów.

Przyzwyczajenie do myśli o tym, że odpady są rzeczami nieprzydatnymi, innymi słowy śmieciami przeszkadzającymi w utrzymaniu otoczenia w należytym porządku to postawa, która zdaniem Szołtyska i Twaroga (2017) przez wiele lat towarzyszyła naszemu społeczeństwu. W obecnych czasach uwidacznia się to w częstej niechęci osób do uczestnictwa w akcjach mających na celu wzmoczenie dbałości o środowisko poprzez gospodarowanie odpadami w sposób zgodny z przepisami. Podobnie świadomość jednorazowego charakteru produktów wytwarzanych z tworzyw sztucznych powoduje, że nie staramy się o właściwe zagospodarowanie odpadów. Tymczasem większość zużytych produktów można ponownie poddać procesowi przetworzenia, a więc recyklingowi. Wsparty działaniami logistycznymi znacznie uwydatnia proces przetwarzania i daje możliwość ponownego wykorzystania. Jednym z rodzajów odpadów, które można z powodzeniem wykorzystać wielokrotnie, są odpady z tworzyw sztucznych (Wolniak, Stachurek, Binkiewicz 2014).

1. TWORZYWA SZTUCZNE

Tworzywa sztuczne to materiały, w skład których wchodzi wiele substancji chemicznych, głównie związki polimerów syntetycznych tzw. tworzywa polimerowe. Są to materiały wytworzone sztucznie przez człowieka i niewystępujące w naturze. Niebywałą zaletą produktów wytwarzanych z tworzyw sztucznych jest ich wysoka łatwość przetworstwa, zdolność do wielokrotnego przetwarzania oraz wszechstronność zastosowania. Ponadto tworzywa sztuczne mogą z powodzeniem zastępować wiele tworzyw naturalnych między innymi szkło lub drewno. Oprócz wielu substancji chemicznych, z których składają się tworzywa sztuczne, mogą zawierać również wiele ulepszczy oraz barwników, co zwiększa możliwości ich zastosowania w różnych gałęziach gospodarki. Wadą tego rodzaju materiału

jest jego niska odporność na wysoką temperaturę, a także bardzo długi czas rozkładu (Osiecka 2005, Ehrenstein i Brocka-Krzemińska 2016). Ze względu na te właściwości, zagospodarowanie tworzyw sztucznych i odpadów je zawierających, niezgodne z przepisami przyczynia się do zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego.

W ogólnej produkcji wyróżnia się wiele rodzajów tworzyw. Wynika to z zapotrzebowania konsumentów na konkretne produkty o zróżnicowanych właściwościach. Podział tworzyw na poszczególne rodzaje opiera się na ich składzie, właściwościach fizyczno-chemicznych, sposobie wytwarzania oraz zastosowaniu (Osiecka, 2005). Najbardziej popularnymi tworzywami sztucznymi pod względem użytkowania są: PE-LD (polietylen), PP (polipropylen), PS (polistyren) i PA (poliamid), oraz poboczne (również często wykorzystywane) takie jak: PVC (polichlorek winylu), PET (politereftaran etylenu) (PN-EN ISO 1043-1 2011).

Obecnie z przedmiotów wytwarzanych z tworzyw sztucznych korzystamy każdego dnia, w większości nawet nie zdając sobie z tego sprawy. Głównie wynika to z faktu przyzwyczajenia. Jednak gdyby spojrzeć szerzej na ten aspekt zdawać by się mogło, że jesteśmy wręcz otoczeni rzeczami wykonanymi z tworzyw sztucznych. Pomimo braku świadomości ich produkcji przemysłowej jak i możliwości przetworzenia, większość z nas zdaje sobie sprawę, iż takie rozwiązanie jest możliwe.

Wymienione powyżej rodzaje tworzyw sztucznych znajdują szerokie zastosowanie. Polietylen wykorzystywany jest do produkcji folii oraz torebek jednorazowych. Polipropylen jest tworzywem o najszerszym zastosowaniu wśród wyżej wymienionych tworzyw. Znajduje on zastosowanie w produkcji przedmiotów gospodarstwa domowego. Produkuje się z niego między innymi: krzesła ogrodowe, stoły ogrodowe, miski, wiadra, doniczki, zabawki itp. Kolejnym tworzywem wykorzystywanym przede wszystkim w przemyśle ze względu na wysokiej jakości właściwości jest poliamid. Dzięki odporności na ścinanie oraz długą eksploatację tworzywo to wykorzystuje się między innymi do produkcji części do maszyn i urządzeń. Polistyren jako tworzywo o dużej możliwości modyfikowania wykorzystuje się w produkcji przedmiotów codziennego użytku, jako: wieszaki do ubrań, naczynia jednorazowe i sztuczne.

2. DZIAŁANIA LOGISTYCZNE W RECYKLINGU TWORZYW SZTUCZNYCH

Duża różnorodność tworzyw sztucznych, i ich szerokie zastosowanie, wpływają na konieczność zastosowania wielu działań logistycznych, które zdaniem Szołtyśka (2009) składają się na „ogół procesów zarządzania przepływami odpadów (w tym produktów uszkodzonych) i informacji (związanych z tymi przepływami), od miejsc ich powstawania (pojawiania się) do miejsca ich przeznaczenia w celu odzyskania wartości (poprzez naprawę, recykling lub przetworzenie) lub właściwego ich unieszkodliwienia i długoterminowego składowania w taki sposób, by przepływy te były efektywne ekonomicznie i minimalizowały negatywny wpływ odpadów na środowisko naturalne człowieka”.

Potwierdza to również analiza literatury tematu przeprowadzona przez Witkowskiego (2015), według którego sedno logistyki zagospodarowania odpadów stanowi recykling umożliwiający powtórne przetworzenie substancji i materiałów wyselekcjonowanych z ogólnego strumienia odpadów w tym odpadów tworzyw sztucznych.

Zgodnie z ustawą z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. 2016 poz. 1987) recykling to „odzysk, w ramach którego odpady są ponownie przetwarzane na produkty, materiały lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach; obejmuje to ponowne przetwarzanie materiału organicznego (recykling organiczny), ale nie obejmuje odzysku energii i ponownego przetwarzania na materiały, które mają być wykorzystane jako paliwa lub do celów wypełniania wyrobisk”

Wielu autorów określa recykling jako jedną z metod ochrony środowiska polegającą na przetwarzaniu zużytych odpadów. Celem recyklingu jest zmniejszenie ilości odpadów zalegających środowisko. Recykling polega na odzyskaniu surowców wtórnych i ponownym przetworzeniu uzyskanych materiałów. Ten sposób przetwórstwa daje możliwość kilkukrotnego przetwarzania i wykorzystywania odpadów bez konieczności wytwarzania nowych produktów oraz składowania coraz to większych ilości odpadów. Recykling mechaniczny charakteryzuje się sposobem niszczenia odpadów z tworzyw sztucznych za pomocą ich rozdrabniania do postaci przemiału bądź regranulatu. Wykorzystując ten sposób gospodarowania odpadami w znacznym stopniu redukuje się liczbę szkodliwych substancji w naturalnym środowisku (Kijeński, Błędzki i Jeziórska 2011, Pach 2011, Kozera-Szałkowska 2013).

Recykling jest procesem wieloetapowym, który zdaniem Kijeńskiego, Błędzkiego i Jeziórskiej (2011) obejmuje szereg takich działań logistycznych jak:

- zbiórka i składowanie odpadów;
- identyfikacja odpadów, rozdział i sortowanie;
- rozdrabnianie;
- mycie i suszenie;
- przetwórstwo.

Działania logistyczne, które należy podjąć aby jak najefektywniej przeprowadzić proces recyklingu tworzyw sztucznych powinny spełniać zadania stawiane przed logistyką odzysku.

Do zadań jakie ma spełniać logistyka odzysku zdaniem Merkisz-Guranowskiej (2010) należy przede wszystkim:

- 1) koordynacja przepływu produktów, w tym produktów wycofanych z eksploatacji i klasyfikowanych jako odpady, od konsumentów do producentów bądź do innych wyznaczonych w tym celu podmiotów,
- 2) podporządkowanie działalności logistycznej osiągnięciu korzyści ekonomicznych, poprzez odzysk wartości ze zwracanych produktów oraz minimalizacji kosztów procesu.

Dużym wyzwaniem dla logistyki odzysku w przypadku tworzyw sztucznych jest organizacja zbiórki tej grupy odpadów, ze względu na zróżnicowany skład i szerokie zastosowanie. Identyfikacja odpadów, rozdział i sortowanie przy tak dużym zróżnicowaniu składu odpadu wymaga poznania źródeł odpadów. Tworzywa sztuczne są najczęściej stosowane jako opakowania, a także w branży budowlanej, motoryzacyjnej, elektronicznej i elektrotechnicznej oraz w rolnictwie jak również jako artykuły gospodarstwa domowego, meble, artykuły sportowe, medyczne i inne (PlasticsEurope 2015). Dlatego też nie dziwią dane przytaczane przez Cichy i Sobczyk (2014), wskazujące, że tworzywa sztuczne stanowią około 10% wagowo i 40% objętościowo odpadów powstających w samych tylko gospodarstwach domowych.

Chcąc uzyskać jak najwyższe poziomy odzysku, należy stworzyć system zbiórki na tyle prosty aby nie generował zbyt wielu kosztów i jednocześnie pozwalał na uzyskanie jak najwyższych efektów gospodarowania odpadami. Dodatkowo system ten powinien być na tyle rozbudowany aby w jak największym stopniu pozwalał na koordynację przepływu produktów i odpadów zawierających tworzywa sztuczne.

Znaczne zróżnicowanie zastosowań tworzyw sztucznych oraz źródeł pochodzenia odpadów je zawierających, powoduje, że w systemie zbiórki trzeba uwzględnić oddzielny system dla odpadów zmieszanych, jak i system zorganizowanej zbiórki dla odpadów opakowaniowych oraz pochodzących ze zużytych pojazdów mechanicznych, sprzętu elektrycznego i elektronicznego, folii rolniczej i innych.

Odpady powstają już podczas wytwarzania produktów, dlatego jednym z elementów systemu musi być odbiór odpadów zawierających tworzywa sztuczne bezpośrednio od producenta.

Produkty oferowane klientom w wielu przypadkach są opakowane w tworzywa sztuczne, dlatego kolejnym elementem systemu musi być podsystem zbiórki odpadów opakowaniowych. Należy w tym miejscu dodać, że ze względu na łatwość oddzielenia tworzyw sztucznych opakowaniowych oraz obowiązek zbierania narzucony ustawowo, ten element systemu zbiórki odpadów zawierających m. in. tworzywa sztuczne, w Polsce funkcjonuje dobrze i uzyskuje wymagane poziomy odzysku.

Odpady z tworzyw sztucznych powstają w gospodarstwach domowych, dlatego również i to źródło odpadów należy uwzględnić w systemie zbiórki. Niezależnie od działań mających na celu zwiększenie udziału systemu selektywnej zbiórki w pozyskiwaniu odpadów, ciągle znaczącym źródłem odpadów zawierających tworzywa sztuczne są odpady komunalne.

W celu prawidłowego przetwórstwa odpadów z tworzyw sztucznych należy poddać je wstępnej weryfikacji nie tylko pod względem źródła ich powstania ale także rodzajów tworzyw w nich zawartych. Firmy recyklingowe przeważnie nabywają konkretne rodzaje odpadów wcześniej już posegregowane na odpowiadające im kategorie. Jednak czasem zdarza się iż zakład zajmujący się recyklingiem przetwarza kilka rodzajów tworzyw. W tym przypadku konieczna jest ich segregacja na terenie zakładu bądź w innym przeznaczonym do tego miejscu. Jest to najważniejszy etap w procesie przetwórczym tworzyw sztucznych. Od efektywności tego działania zależy ilość nadającego się do ponownego wykorzystania materiału (Tartakowski Błędzki 2011).

Efektywność segregacji poprawiają właściwie przygotowane specjalne linie sortownicze, zwłaszcza gdy segregacji poddawane są odpady zarówno ze zbiórki ogólnej (odpady zmieszane) jak i selektywnej. Odpady w takiej postaci składowane są najczęściej w workach wielkogabarytowych, co pozwala na ich transport do miejsca docelowego, w którym

zostaną poddane dalszemu etapowi przetwórstwa. W celu zapewnienia wysokiego standardu sortowania odpadów, linia do sortowania powinna być zaopatrzona w odpowiedni zespół urządzeń. Najbardziej popularnymi sposobami jest sortowanie mechaniczne - wykorzystujące sита obrotowe, ręczne - wykorzystujące linie sortownicze ręczne oraz zautomatyzowane. Podczas segregacji wstępnej odpady ulegają również podzieleniu na gabaryty. Celem tego zabiegu jest usprawnienie dalszego etapu przetwórstwa tzn. rozdrabniania odpadów. Sortowanie podstawowe odpadów obejmuje wydzielenie ze strumienia odpadów, konkretnych rodzajów tworzyw, dzięki czemu dalszy etap segregacji nie obejmuje już podziału z uwzględnieniem właściwości odpadów (Szołtysek, Twaróg, 2017, Tartakowski Błędzki 2011).

Istotnym elementem w procesie sortowania jest oddzielenie innych materiałów z odpadów m. in. metalu, drewna, szkła. Najłatwiej z tworzyw sztucznych jak i innych odpadów usuwa się wszelkie elementy żelazne. W celu usunięcia wyrobów żelaznych używa się separatorów magnetycznych. Do usuwania materiałów skonstruowanych z metali nieżelaznych używane są separatory opierające na zasadzie działania prądów wirowych wytwarzanych w metalu. Prądy te indukują w metalu nieżelaznym pole magnetyczne, które skierowane jest przeciwnie do głównego pola. W efekcie zabieg ten powoduje odpychanie metalu i wyrzucenie go na zewnątrz. Kolejne etapy sortowania odpadów opierają się na rozdziale pod względem koloru. Podział ten stosuje się przy większych ilościach odpadów. Niepodważalnymi zaletami sortownia odpadów jest przede wszystkim zwiększenie wydajności dalszych etapów przetwórczych, uzyskanie większej powtarzalności produkcji tych samych elementów z odpadów przetworzonych, a także niższe koszty eksploatacyjne (Tartakowski Błędzki 2011). Zgodnie z danymi PlasticEurope (2017) „*Współczesne technologie sortowania, mycia i wstępnego przygotowania odpadów umożliwiają uzyskanie strumienia odpadów dobrej jakości do recyklingu i odzysku*”. Posortowane odpady z tworzyw sztucznych mogą być przekazane do dalszych etapów przetwarzania w tym do recyklingu.

W procesie związanym z recyklingiem tworzyw sztucznych istotnym elementem jest przygotowanie linii technologicznej, bazującej na maszynach pozwalających na precyzyjne wykorzystanie odpadów przy zużyciu minimalnej ilości energii w celu ich przetworzenia. Konieczność właściwego doboru maszyn, dla uzyskania jak najwyższej wydajności procesu potwierdza m. in. doświadczenie zawodowe Pana Bogdana Błaszczaka z miejscowości Sochocin w województwie Mazowieckim, związane zarówno z produkcją maszyn jak i z procesem recyklingu tworzyw sztucznych.

Początkową fazą doboru linii przemysłowej maszyn do recyklingu jest logistyczne rozplanowanie oraz wytyczenie zapotrzebowania na konkretne rodzaje maszyn. W tym celu niezbędna jest znajomość całkowitego procesu przetwórstwa. Planowanie logistyczne w aspekcie konkretyzacji maszyn dokonuje się bazując na analogiach działań gałęzi przemysłowych. Szczególnie istotne jest tu wykorzystanie wszystkich elementów spełniających kryterium funkcjonalności. Złożoność, oraz różnorodność potencjalnych maszyn odpowiednich do wykorzystania na danym szczeblu przemysłu jest bardzo szeroka. Opierając się na ogólnie przyjętych schematach, firmy zajmujące się recyklingiem tworzyw sztucznych w swojej działalności stosują często kilka linii. Linie mogą być spójne i nie przerwane bądź różnić się od siebie wielkością i mocą wykorzystywanych maszyn. Ten stan rzeczy następuje w zakładach przetwórczych charakteryzujących się mnogością przetwarzanych produktów. Firmy zajmujące się potencjalnie jednym rodzajem odpadu korzystają zwykle z podstawowej linii bez konieczności zaopatrywania zakładu w kolejne maszyny pomocnicze.

Standardowa linia technologiczna w przetwórstwie tworzyw sztucznych składa się z kruszarki, młyna oraz wyciarki z odpowiednią głowicą. Zadaniem kruszarki jest wstępne rozdrobienie przygotowanych wcześniej odpadów na mniejsze elementy o różnorodnym kształcie i wielkości. W kolejnym etapie, rozdrobione w kruszarce elementy wysypuje się do młyna, którego zadaniem jest ponowne rozdrobienie tworzywa do postaci ziaren o różnym kształcie i wielkości uzależnionej od średnicy sita umieszczonego w maszynie. Obecnie dostępne są modele młynów do tworzyw z wygłuszeniem lub bez a także o różnej budowie. Przykładowo do butelek PET młyny wyposażone mogą być w spirale dodatkowo dociskające materiał. Nowoczesne młyny projektowane są w celu rozdrabniania materiałów o ustalonej frakcji podczas jednego cyklu pracy. Środek młyna wyposażony jest w system noży stałych i ruchomych o różnych kontaktach mocowania. Zwarta stalowa konstrukcja maszyny zapewnia jej wysoką wytrzymałość. Następną maszyną w linii recyklingu jest wyciarka zwykle jednoślismakowa. Składa się ona z układów napędowego oraz uplastyczniania tworzywa. Proces wyciarkania polega na ciągłym uplastycznianiu tworzywa i przepychaniu go przez kanały głowicy. Głowica zaopatrzona jest w dyszę wyciarkarską. Tworzywo sztuczne topi się pod wpływem działania nagrzanego cylindra do temperatury 190 stopni Celsjusza. W kolejnym etapie ulega ujednorodnieniu dzięki ścinaniu oraz sprężaniu. Materiał uplastyczniony transportowany jest przez odpowiednie dysze, które nadają pożądany kształt jednocześnie chłodząc przepychane tworzywo.

Niezależnie czy odpady z tworzyw sztucznych pochodzą z selektywnej zbiórki czy były pozyskane w trakcie procesu sortowania, mogą zawierać zanieczyszczenia, które mogą utrudnić dalsze przetwórstwo. Dlatego w firmach recyklingowych rozdrobnione tworzywa poddaje się procesowi mycia i suszenia. Podstawowym urządzeniem przy myciu odpadów jest myjka do której opady są podawane podajnikiem. Zanurzone w wannie myjki mieszało, przyspiesza proces mycia. Umyte odpady są pobierane z wanny przy pomocy podajnika ślimakowego i kierowane do wirówki gdzie podlegają suszeniu (Tartakowski Błędzki 2011).

Prawidłowo zaplanowane i prowadzone działania logistyczne, zwiększają wydajność procesu recyklingu w całej złożoności systemu przetwórstwa tworzyw sztucznych. Dzięki technikom planowania i gospodarowania, firmy zajmujące się recyklingiem nieprzerwanie przechodzą na kolejne etapy przetwórstwa. Działania w zakresie planowania i gospodarowania zauważalne są na każdym etapie życia. W procesach związanych z szeroką gamą materiałów, dużym zespołem pracowników oraz współpracą różnych firm, działania logistyczne obejmujące identyfikację potrzeb i obszarów działań poszczególnych kontrahentów usprawniają pracę. Techniki logistyczne związane z planowaniem czasu i zakresu obowiązków, pozwalają na efektywniejsze wykorzystanie osób wykonujących swoją pracę oraz zmniejszenie kosztów przetwórstwa. Precyzyjne określenie zadań dla poszczególnych osób pracujących przy recyklingu, pozwala na skrócenie czasu wykonywanych operacji i efektywniejsze wykorzystanie personelu i maszyn w danej firmie.

Ostatnim etapem procesu przetwarzania odpadów z tworzyw sztucznych jest przekazanie wytworzonych materiałów do dalszego przetwórstwa. W zależności od rodzaju odpadu podejmowane są różne działania, które mają na celu przekazanie odpadu producentom do dalszej produkcji. Przekazanie surowców do producentów odbywa się według ustalonego harmonogramu i łańcuchów dostaw.

Bazując na dostępnej wiedzy oraz własnych doświadczeniach zaproponowano szereg działań o charakterze logistycznym, które należy podjąć aby powstał kompletny system zagospodarowania odpadów tworzyw sztucznych. W proponowanym systemie przyjęto jego podział na podsystemy obejmujące gromadzenie odpadów, transport, przeładunek, przetwarzanie i unieszkodliwianie odpadów zawierających tworzywa sztuczne.

Przygotowując propozycję systemu uwzględniono szereg czynników, które w znaczący sposób mogą obniżyć nie tylko koszty organizacji całego systemu ale również koszty jego funkcjonowania.

Większość odpadów pozyskiwanych w systemie zbiórki wymaga transportu od miejsca powstawania do miejsca przetwarzania, dlatego ważne jest aby szykując system zbiórki uwzględnić wielkość obsługiwanego obszaru i ilość źródeł odpadów, tak aby proces gromadzenia odpadów i ich odbioru nie wymagał dodatkowych przestrzeni oraz nadmiernej liczby środków transportu. Wiele funkcjonujących obecnie firm recyklingowych posiada place magazynowe, na bazie których można stworzyć lokalne centra gromadzenia odpadów. Centra takie pozwoliłyby na recykling tworzyw sztucznych na miejscu lub przewiezienie do innego punktu, w sytuacji braku lokalnego zapotrzebowania na dany rodzaj tworzywa.

Poprawienie efektywności gromadzenia odpadów można uzyskać poprzez dobór odpowiedniej wielkości pojemników na odpady i dopasowanie częstotliwości odbioru pojemników do czasu ich zapełnienia. Zbyt małe pojemniki lub brak reakcji firmy odbierającej na przepełniające się pojemniki, zwłaszcza w przypadku zbiórki odpadów komunalnych, skutkuje obniżeniem motywacji mieszkańców i zniechęceniem do selektywnej zbiórki odpadów. Zwiększenie motywacji mieszkańców do sortowania odpadów i dbałości o środowisko, można uzyskać poprzez zastosowanie szeregu ulg bądź zwolnień z niektórych opłat uwzględniających regionalne możliwości ekonomiczne lub uwarunkowania prawne. Istotną poprawę powinny przynieść również działania o charakterze informacyjnym, dzięki którym mieszkańcy będą wiedzieć gdzie znajduje się najbliższy pojemnik i jakie odpady można do niego wrzucać, a także kiedy nastąpi odbiór zbieranych odpadów. Prowadzone przez autorów akcje edukacyjne na temat selektywnej zbiórki odpadów wskazują, że działania informujące są potrzebne, a nawet wskazane, gdyż bardzo często obserwuje się niechęć mieszkańców do selektywnej zbiórki.

Kolejnymi działaniami, które mogą wpłynąć na poprawę efektywności gromadzenia odpadów są mechanizacja załadunku odpadów, a także hermetyzacja pojemników przeznaczonych do transportu odpadów. Podjęcie tych działań powinno przyczynić się także do zmniejszenia negatywnego wpływu odpadów na środowisko.

Zgromadzone odpady należy przetransportować albo bezpośrednio do miejsca przetwarzania albo do miejsca przeładunkowego. Najbardziej logicznym wydaje się ulokowanie punktu przeładunku odpadów blisko lokalnych sortowni co zmniejszy koszty transportu, jak również obniży potrzebę przeładunku zbyt dużej ilości odpadów. Ten podsystem powinien funkcjonować w oparciu o istniejące sortownie, po dostosowaniu ilości takich punktów do potrzeb systemu zbiórki odpadów zawierających tworzywa sztuczne. Podczas transportu i przeładunku na każdym etapie zagospodarowania odpadów z tworzyw sztucznych, należy zwracać uwagę na efektywne wykorzystanie floty pojazdów poprzez

odpowiedni dobór pojazdów i pojemników, co przyczyni się do obniżenia kosztów jak również zmniejszy negatywny wpływ na środowisko.

Duża różnorodność tworzyw sztucznych wykorzystywanych w różnych gałęziach gospodarki powoduje, znaczne zróżnicowanie składu odpadów zawierających tworzywa sztuczne. Zróżnicowanie rynku pod względem zapotrzebowania na konkretne polimery powoduje, że przeglądając strony internetowe z ofertami firm recyklingowych, daje się zauważyć pewną specjalizację tych firm w przetwarzaniu tylko wybranych rodzajów tworzyw. Ten fakt należy również uwzględnić przygotowując system gospodarowania odpadami tworzyw sztucznych. Konieczne jest dopasowanie punktów zbiórki, sortowania jak również przeładunku do specyfiki regionu, tak aby nie tworzyć niepotrzebnych elementów systemu. Jednakże ze względu na możliwą zmienność rynku produktów warto pozostawić w systemie pewną rezerwę mocy przerobowych, tak aby system był elastyczny i mógł bez większych kosztów dopasować się do zmian na rynku tworzyw. Elastyczność systemu gospodarowania odpadami tworzyw sztucznych zapewni również sprzężenie z bazą firm recyklingowych, która odpowiednio często aktualizowana przyczyni się do większej efektywności systemu i pozwoli sprostać wciąż rosnącym wymogom związanym z poziomami odzysku i recyklingu.

Część odpadów tworzyw sztucznych z różnych przyczyn nie może być poddana recyklingowi. Dotyczy to odpadów o niepełnej informacji co do ich składu lub odpadów o znacznym zanieczyszczeniu, w szczególności odpadów medycznych. W tej sytuacji recykling jest nieopłacalny lub nawet wręcz ustawowo zabroniony. Odpady tworzyw sztucznych, które nie mogą być poddane recyklingowi należy poddać procesowi spalania w specjalistycznej instalacji pozwalającej na odzysk energetyczny. Odpady powstałe po spalaniu tworzyw sztucznych są składowane, więc w systemie należy uwzględnić transport na składowiska.

Działania logistyczne podjęte w celu poprawy efektywności systemu zbiórki oraz recyklingu tworzyw sztucznych, należy wspierać edukacją i akcjami informacyjnymi prowadzonymi w różnej formie i miejscach. Edukacja pozwala na zrozumienie roli człowieka w ochronie i kształtowaniu środowiska poprzez prawidłowe gospodarowanie jego zasobami oraz odpadami. Kształtowanie właściwych nawyków w społeczeństwie niezależnie od wieku, a także miejsca zamieszkania, przyczynia się do sprawniejszego działania systemu.

PODSUMOWANIE

Właściwości tworzyw sztucznych, pozwalające na ich szerokie zastosowanie w życiu codziennym, powodują powstawanie ogromnych ilości odpadów, których unieszkodliwienie staje się wyzwaniem logistycznym i ekonomicznym.

Przetwórstwo wtórne to kluczowy sposób na prawidłowe zagospodarowanie odpadów. W czasach kiedy ilość odpadów staje się problemem coraz silniej wpływającym na środowisko w sposób destrukcyjny, należy próbować coraz to nowszych metod na przetwarzanie jak największej ilości odpadów. Wzrastająca efektywność działań logistycznych, powoduje coraz większe zainteresowanie, tworzeniem nowych łańcuchów rozwiązań. Częstym błędem popełnianym przez ludzi jest uznanie produktów z przetwórstwa za rzeczy mające gorsze właściwości oraz stopień wytrzymałości od produktów wytwarzanych z oryginałów. Wszystkie rzeczy wytworzone z przetwórstwa wtórnego tworzyw sztucznych są pełnowartościowymi produktami, jednakże ze względów sanitarnych, niektóre produkty nie mogą być wytwarzane z materiałów przetworzonych. Produkty z przetwórstwa i powstające z oryginału, różnią się jedynie cyklem całkowitej linii produkcyjnej. Zaletami tych produktów jest ich zmniejszona szkodliwość dla środowiska naturalnego, oraz niższe koszty eksploatacyjne.

Recykling odpadów tworzyw sztucznych choć często możliwy nie zawsze jest opłacalny. Znaczne zanieczyszczenie odpadów tworzyw sztucznych lub niepełna informacja o ich składzie może spowodować, że recykling staje się nieopłacalny. W takiej sytuacji odpady tworzyw sztucznych mogą być spalane w specjalistycznej instalacji pozwalającej na odzysk energetyczny.

Pomimo wielu dotychczas prowadzonych działań, mających na celu poprawę systemu gospodarki odpadami, duże znaczenie ma wciąż edukacja prowadzona w różnej formie i na różnych szczeblach administracji. Edukacja pozwalająca na zrozumienie roli człowieka w ochronie i kształtowaniu środowiska poprzez prawidłowe gospodarowanie jego zasobami oraz odpadami, jest elementem koniecznym do uwzględnienia jako wsparcie działań logistycznych dla uzyskania lepszej efektywności systemu. Kształtowanie właściwych nawyków w społeczeństwie niezależnie od wieku, a także miejsca zamieszkania, przyczynia się do sprawniejszego działania systemu.

Przygotowując propozycję systemu zagospodarowania odpadów tworzyw sztucznych założono, że będzie to układ działający w oparciu o już funkcjonujące elementy systemu gospodarki odpadami. Sugestie działań logistycznych prowadzących do zwiększenia szczelności a co za tym idzie efektywności systemu, wynikały z analizy rynku jak również własnych doświadczeń autorów. Autorzy pragną zaznaczyć iż w żadnym wypadku

przedstawione propozycje lub sugestie nie miały na celu zanegowanie prowadzonych dotychczas działań, a jedynie wsparcie trudnych prac nad wypełnieniem rosnących wymagań z zakresu recyklingu i odzysku odpadów tworzyw sztucznych.

LITERATURA

1. Cichy J., Sobczyk W., 2014 *Odpady z tworzyw sztucznych i ich recykling*. Edukacja – Technika – Informatyka tom 1, numer 5, s. 348-353
2. Dz. U. 2016 poz. 1987 Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 listopada 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o odpadach.
3. Ehrenstein G.W. Brocka-Krzemińska Ż. 2016. *Materiały polimerowe - struktura, właściwości, zastosowanie*. Warszawa: Wydawnictwo PWN. ss.348
4. Kijęński J., Błędzki A.K., Jeziórska R., 2011 *Odzysk i recykling materiałów polimerowych*. Warszawa: Wydawnictwo PWN ss. 319.
5. Kozera- Szalkowska A. (2013). *Wartość do odzyskania*. Recykling. Tom (1), s. 4-7.
6. Osiecka E. (2005). *Materiały budowlane, tworzywa sztuczne*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. ss. 266
7. Merkisz-Guranowska A. (2010), *Logistyka recyklingu odpadów jako jeden z elementów systemu logistycznego Polski*. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. z. 75, 89-96.
8. PlasticsEurope 2015 Tworzywa sztuczne – fakty 2015 http://www.plasticseurope.org/documents/document/20151123112635-fakty_o_tworzywach_2015_pl.pdf
9. PlasticEurope 2017 Zbiórka odpadów <http://www.plasticseurope.pl/tworzywa-sztuczne-a-rodowisko/zagospodarowanie-odpadow---odwrot-od-skadowania/zbiorka-odpadow.aspx>
10. Pach J. (2011). *Tworzywa sztuczne - odzysk i recykling*. Recykling. Tom (9), s.32-33.
11. PN-EN ISO 1043-1:2011 - Tworzywa sztuczne - Symbole i skróty nazw -- Część 1: Polimery podstawowe i ich cechy charakterystyczne
12. Szoltysek J., 2009, *Logistyka zwrotna – Reverse logistics*. Wydawnictwo Instytutu Logistyki i Magazynowania w Poznaniu, Poznań ss.158
13. Szoltysek J. Twaróg S. (2017). *Logista zwrotna. Teoria i praktyka*. Warszawa: PWE. ss.153

14. Tartakowski Z., Błędzki A.,(2011). *Maszyny i urządzenia w procesie recyklingu.* w red. Kijeński J., Błędzki A.K., Jeziórska R., *Odzysk i recykling materiałów polimerowych.* Warszawa: Wydawnictwo PWN, s. 49-77.
15. Wolniak R., Stachurek I., Binkiewicz P., 2014, *Procesy logistyki odwrotnej na przykładzie recyklingu opakowań z tworzyw sztucznych.* Gospodarka Materiałowa i Logistyka nr 12, s. 15-22.
16. Witkowski K., 2015 *Aspekt logistyki zwrotów i recyklingu tworzyw sztucznych.* Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Nr 383, s. 302-317