

**LOGISTYKA RECYKLINGU ODPADÓW NA PRZYKŁADZIE
PRZETWORZENIA I ZAGOSPODAROWANIA ZUŻYTYCH AKUMULATORÓW
KWASOWO-OŁOWIOWYCH**

**WASTE RECYCLING LOGISTICS USING THE EXAMPLE OF PROCESSING
AND UTILIZATION OF THE DISUSED LEAD-ACID BATTERIES**

Ewa KAMIŃSKA

ewa.kaminska@its.waw.pl

Instytut Transportu Samochodowego
Centrum Badań Materiałowych
Pracownia Analiz Materiałów

Streszczenie: Celem artykułu jest przedstawienie założeń dotyczących stanu prawno-organizacyjnego gospodarowania zużytymi samochodowymi akumulatorami kwasowo-ołowiowymi, ze szczególnym uwzględnieniem aspektu logistycznego oraz ekologicznego zagadnienia. Przedstawiono w jaki sposób tematyka wpisuje się w założenia polityki ekologicznej Unii Europejskiej oraz Polski, szczególnie zapisów dotyczącej gospodarki zamkniętej oraz państwa minimalizującego masę odpadów nie poddawanych powtórному zagospodarowaniu. W części badawczej przedstawiono analizę przedsiębiorstw realizujących procesy odzysku surowców ze zużytych akumulatorów.

Abstract: The aim of this article is to present assumptions about the state of the legal and organizational management of disused automotive lead acid batteries with a special focus on the logistical and ecological aspects of the issue. It shows how the topic fits into the foundation of the environmental policy of the European Union and the Poland, and particularly the provisions relating to a closed economy and the state minimizing the amount of waste that is not undergoing reuse. The research part presents the analysis of enterprises implementing processes for resource recovery from the disused batteries.

Słowa kluczowe: logistyka, recykling, odpady, zagospodarowanie.

Key words: logistic, recycling, waste, management,

WSTĘP

Zużyte akumulatory kwasowo-ołowiowe zaliczane są do grupy odpadów niebezpiecznych, których unieszkodliwienie ma na celu przeprowadzenie działań pozwalających na eliminację zawartych w nich substancji zagrażających środowisku i zdrowiu organizmów żywych, np. szkodliwych związków ołowiu. Procesy umożliwiające odzysk surowców wtórnych z odpadów użytkowych, w tym akumulatorów, prowadzone są w oparciu o zasady logistyki recyklingu (Merkisz-Gruranowska, 2010). Jednym z ważnych rodzajów logistyki odzysku jest logistyka związana z recyklingiem odpadów. Posiada ona własną infrastrukturę, jednak należy do systemu logistycznego kraju. Zakłady przerabiające

zużyte akumulatory kwasowo-ołowiowe podlegają ustawie o bateriach i akumulatorach w prawie krajowym (Ustawa, 2009) oraz Dyrektywie (Dyrektywa 2013/54/EC). Szczegółowe wymagania stawiane tego rodzaju instalacjom, zawarto w rozporządzeniu dotyczącym procesu przetwarzania zużytych baterii kwasowo-ołowiowych (Rozporządzenie, 2010). Istotne jest, że powtórne wykorzystanie odpadów pozwala zachować wartość dodaną produktów oraz zmniejszyć poziom ich powstawania. W artykule scharakteryzowano technologię recyklingu zużytych akumulatorów kwasowo-ołowiowych. Przedstawiono poziom korzyści środowiskowych wynikający z odzysku surowców wtórnych oraz wykorzystaniu ich do produkcji nowych produktów takich jak: ołów surowy (Pb), polipropylen (PP), krystaliczny siarczan sodu. Tak prowadzone działania wpisują się w zasady gospodarki o obiegu zamkniętym, opisanym (*ang. circular economy*) w (Komunikat KE, 2014). Zgodnie z jej wymaganiami cykl życia produktu zawiera się w schemacie: produkcja – użytkowanie – ponowne wykorzystanie odpadu. Taki model gospodarki prowadzi do zmniejszenia zużycia surowców pierwotnych i masy składowanych odpadów.

1. Wybrane zagadnienia prawne w zakresie gospodarowania zużytymi bateriami kwasowo-ołowiowymi

Ogólne zasady gospodarowania zużytymi akumulatorami kwasowo-ołowiowymi są zawarte w Dyrektywie UE w sprawie baterii i akumulatorów (Dyrektywa 2013/54/EC a). Określa ona obowiązki związane z przetwarzaniem zużytych akumulatorów kwasowo-ołowiowych w odniesieniu do podmiotów, tworzących system gospodarowania bateriami i akumulatorami, do których należą:

- producenci baterii i akumulatorów,
- użytkownicy baterii i akumulatorów,
- podmioty zajmujące się zbieraniem zużytych baterii i akumulatorów,
- przedsiębiorstwa prowadzące ich recykling.

W zapisach Dyrektywy kraje członkowskie zobowiązano do prowadzenia działań polegających między innymi na:

- promowaniu wysokiego poziomu zbierania oraz recyklingu zużytych baterii i akumulatorów,
- usprawnieniu działań na rzecz ochrony środowiska, podejmowanych przez wszystkie podmioty związane z cyklem życia baterii i akumulatorów. użytkownicy końcowi,
- najpóźniej do dnia 26 września 2009 r. opracowaniu - z wykorzystaniem najlepszych dostępnych technik (BAT) - przez producentów lub osoby trzecie systemów przetwarzania i recyklingu zużytych baterii i akumulatorów.

W dyrektywie zakazano prowadzenia procesów unieszkodliwiania zużytych baterii i akumulatorów przemysłowych oraz samochodowych poprzez składowanie ich na składowiskach odpadów lub poprzez spalanie. Państwa Członkowskie ze swojej strony powinny prowadzić działania umożliwiające producentom lub działającym w ich imieniu osobom trzecim, ponoszenie wszystkich kosztów netto wynikających ze zbierania, przetwarzania i recyklingu zużytych baterii i akumulatorów przemysłowych i samochodowych,

W dyrektywie znajdują się wymagania dotyczące systemów zbierania zużytych baterii i akumulatorów, usuwania zużytych baterii i akumulatorów, transportu, unieszkodliwiania i recyklingu zużytych baterii i akumulatorów.

2. Główne wymagania stawiane wprowadzonym akumulatorom samochodowym kwasowo-ołowiowym oraz przedsiębiorcom je wprowadzającym

Przez wprowadzającego akumulatory kwasowo-ołowiowe należy rozumieć podmioty dokonujące importu, wewnątrzwspólnotowego nabycia akumulatorów oraz zlecającego ich produkcję, o ile jego oznaczenie umieszczane jest na produkcie. Wprowadzającym jest również wykonujący wprowadzenia baterii do obrotu, również zamontowanych w sprzęcie lub pojazdach, po raz pierwszy na terytorium kraju. Ciężar organizowania oraz finansowania recyklingu leży po stronie wprowadzającego akumulatory. Istnieje możliwość zawarcia porozumienia w tych kwestiach, pomiędzy wprowadzającym a użytkownikiem baterii. Część obowiązków ustawowych wprowadzający mogą przenieść na podmiot pośredniczący, zobowiązany do posiadania wdrożonego systemu jakości zgodnego z wytycznymi EMAS bądź wymaganiami normy ISO 14001. Wprowadzający ma obowiązek odebrania od użytkownika końcowego na własny koszt zużytych akumulatorów i przekazania ich do przetwarzających akumulatory. Wprowadzone akumulatory nie mogą zawierać więcej niż 0,0005% wagowo rtęci. Jeżeli zawierają więcej niż 0,004 % wagowo ołowiu powinny być odpowiednio oznakowane. Akumulatory powinny zawierać informacje o pojemności, zgodną z wymaganiami rozporządzenia (Rozporządzenie Komisji UE, 2010). Akumulatory niespełniające wymagań odnośnie zawartości pierwiastków toksycznych, są wycofywane z obiegu na wniosek Głównego Inspektora Ochrony Środowiska. Obowiązek ten leży po stronie wprowadzającego. Sposób umieszczenia akumulatorów w innych urządzeniach, powinien umożliwiać ich proste wymontowanie, w celu oddania bądź wymiany.

3. Ogólne zasady postępowania ze zużytymi akumulatorami samochodowym kwasowo-olowiowym

3.1. Wymagania stawiane zakładom przetwarzającym zużyte akumulatory kwasowo-olowiowe

Wszystkie zużyte akumulatory kwasowo-olowiowe powinny być zagospodarowane w istniejącym systemie recyklingu. Zgodnie z zapisami ustawy o bateriach i akumulatorach użytkownik końcowy ma obowiązek przekazać akumulator do:

- sprzedawcy detalicznego,
- podmiotowi prowadzącemu usługi w zakresie wymiany zużytych baterii i akumulatorów,
- zbierającego zużyte baterie i akumulatory,
- prowadzącego zakład przetwarzania zużytych baterii i akumulatorów,
- wprowadzającego baterie i akumulatory samochodowe na rynek.

Zużyte akumulatory kwasowo-olowiowe muszą być zbierane selektywnie, przy uwzględnieniu ich poszczególnych rodzajów. Ma to na celu ułatwienie późniejszego ich przetwarzania. Magazynowanie zużytych akumulatorów kwasowo-olowiowych, w zakładach przetwarzania, musi mieć miejsce na powierzchni nieprzepuszczalnej, z wybudowaną kanalizacją o obiegu zamkniętym, posiadającej zbiorniki, w których przechowywane są powstałe odcieki, później kierowane do odpowiedniej instalacji. Prowadzący zakład przetwarzania zużytych akumulatorów, ma obowiązek prowadzenia działalności w sposób nie zagrażający środowisku i zdrowiu ludzi. Wszystkie operacje związane z przetwarzaniem akumulatorów muszą być prowadzone w zakładach do tego przystosowanych. Prowadzący zakład przerobu zużytych akumulatorów musi posiadać pozwolenie zintegrowane, wymagane ustawą prawo ochrony środowiska (Ustawa, 2001). Pozwolenie zintegrowane wydawane jest jedynie podmiotom, które osiągają minimalny poziom wydajności recyklingu, wynoszący 65 % masy zużytych akumulatorów. Należy podkreślić, że poziom recykling ołowiu powinien być osiągany w stopniu najwyższym i możliwym do uzyskania na obecnym poziomie technologii, jednak z uwzględnieniem unikania nadmiernych kosztów. Do 1 stycznia 2017 r. obowiązuje zapis, art. 63 ust.2. ustawy (Ustawa, 2009a), w którym zapisano, że zużyte baterie kwasowo ołowiowe muszą być poddawane recyklingowi wyłącznie w zakładach do tego przystosowanych, w których ma miejsce również recykling ołowiu, jego związków oraz tworzyw sztucznych. Zakłady przerabiające zużyte akumulatory kwasowo-olowiowe podlegają przede wszystkim ustawie o bateriach i akumulatorach w prawie krajowym. Szczegółowe wymagania stawiane tego rodzaju instalacjom zawarto w rozporządzeniu dotyczącym procesu przetwarzania zużytych baterii kwasowo-olowiowych (Rozporządzenie,

2010a). Obowiązkowe etapy przetwarzania zużytych samochodowych akumulatorów kwasowo-ołowiowych:

- wydzielenie zużytych baterii kwasowo-ołowiowych samochodowych i przemysłowych ze strumienia akumulatorów innego typu oraz innych rodzajów odpadów,
- usunięcie i zagospodarowanie zużytego elektrolitu. W zależności od zastosowanej technologii może być częściowo zwracany do procesu produkcyjnego surowego ołowiu i/lub wykorzystywany do produkcji krystalicznego siarczanu sodowego będącego produktem handlowym, bądź przekazany do zagospodarowania przedsiębiorstwu zewnętrznemu,
- rozdrobnienie metali oraz i separacja na, co najmniej: frakcje metaliczne, frakcje tworzyw sztucznych, pastę ołowiową,
- pozyskanie ołowiu surowego poprzez przetopienie pasty ołowiowej oraz frakcji metalicznej,
- rafinacja otrzymanego ołowiu surowego w celu ulepszenia jego właściwości, uzyskanie produktu handlowego,
- recykling pozostałych wyodrębnionych elementów tj. polipropylenu (PP) odzyskanego z obudów zużytych akumulatorów (Rozporządzenie, 2010b).

Po dniu 1 stycznia 2017 r. nastąpi zmiana wymagań odnośnie przetwarzania w jednym miejscu wszystkich elementów zużytego akumulatora kwasowo-ołowiowego. Będzie możliwy przekazywanie powstałych w jednym zakładzie frakcji zawierających ołów i jego związki, tworzyw sztucznych do instalacji prowadzących ich recykling i zagospodarowanie, znajdujących się na terenie innego zakładu.

Kary pieniężne związane z nie przestrzeganiem powyższego zapisu będą, oscyływały w granicach od 5000 do 1 000 000 PLN i będą określone w zależności od zakresu naruszeń oraz dotychczasowej historii prowadzonych działań danego podmiotu. Prowadzący zakład recyklingu zużytych akumulatorów ma obowiązek sporządzania i przesyłania do marszałka województwa sprawozdań dotyczących uzyskanego poziomu wydajności recyklingu (Ustawa, 2009b).

3.2. Opłata depozytowa

Sprzedawca detaliczny ma obowiązek przyjąć zużyte akumulatory od użytkownika końcowego, z wyjątkiem akumulatorów będących częścią składową bądź przynależnych do innych urządzeń. W przypadku kupna nowego akumulatora sprzedawca detaliczny pobiera od kupującego opłatę depozytową, jeżeli kupujący nie jest przedsiębiorcą. Transakcja jest potwierdzana gdy kupujący nie oddaje jednocześnie zużytego akumulatora. Wysokość opłaty

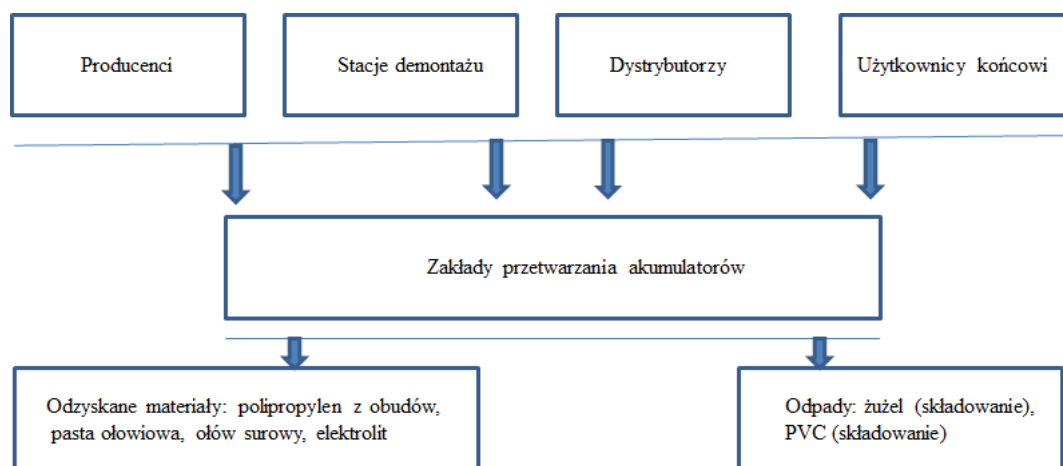
depozytowej wynosi 30 zł za akumulator kwasowo-ołowiowy. W przypadku nieodebrania przez kupującego opłaty depozytowej jest ona przekazywana na rachunek urzędu marszałkowskiego. Sprzedawca do dnia 15 marca danego roku jest zobowiązany do sporządzenia i przesłania do właściwego marszałka województwa sprawozdania o wysokości opłat depozytowych (Ustawa 2009c).

Według rejestrów prowadzonych przez Głównego Inspektora Ochrony Środowiska system gospodarowania akumulatorami obsługiwany jest przez 2050 przedsiębiorców (stan na 28.04.2016 r. <http://rzseie.gios.gov.pl>). Do tej grupy należą podmioty - wprowadzający akumulatory – 3148, przedsiębiorcy prowadzący zakłady przetwarzania zużytych baterii lub zużytych akumulatorów - 24, podmioty łączące obie formy działalności - 2.

3.3. Powtórne wykorzystanie odpadów pochodzących ze zużytych akumulatorów kwasowo-ołowiowych

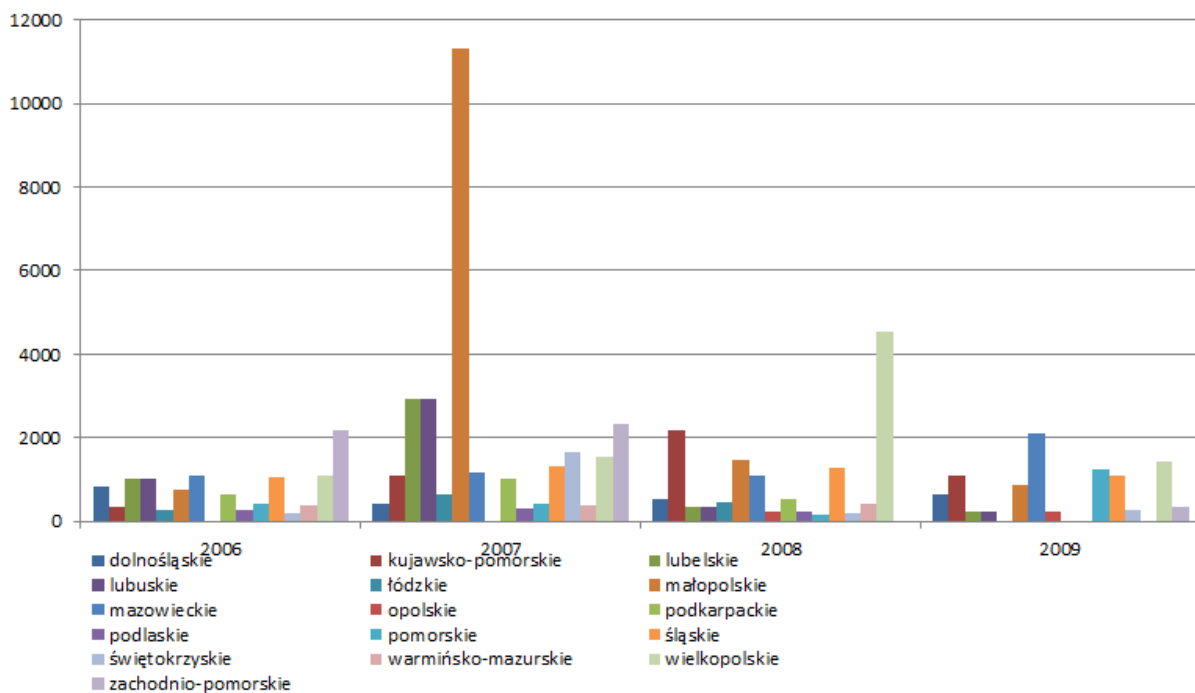
Według informacji pochodzących z rejestrów Głównego Inspektora Ochrony Środowiska (Rejestr, 2016) zarejestrowane są 24 przedsiębiorstwa prowadzące przetwarzanie baterii i akumulatorów, w tym: kwasowo-ołowiowych (5 przedsiębiorstw). Recykling zużytych baterii kwasowo-ołowiowych realizowany jest przede wszystkim w procesach R4 – recykling lub regeneracja metali i związków metali, R6 – regeneracja kwasów lub zasad, R3 – recykling lub regeneracja substancji organicznych, które nie są stosowane jako rozpuszczalniki, włączając kompostowe i inne biologiczne procesy przekształcania (Ustawa o odpadach, 2012). Istotne jest aby przetwarzający zużyte akumulatory starali się prowadzić gospodarkę w obiegu zamkniętym, która charakteryzuje się utrzymanie przez optymalny czas na wysokim poziomie wartości materiałów i energii wykorzystywanych w produktach. Według tych założeń akumulatory powinny być efektywnie wykorzystane we wszystkich etapach cyklu życia, a odpady, jeżeli powstają są traktowane jako potencjalne surowce.

Na Rys.1. przedstawiono ogólny system zbiórki, przerobu oraz przepływ odzyskanych materiałów ze zużytych akumulatorów kwasowo-ołowiowych.



Rys.1. Schemat ideowy gospodarowania zużyтыми akumulatorami kwasowo-ołowiowymi.

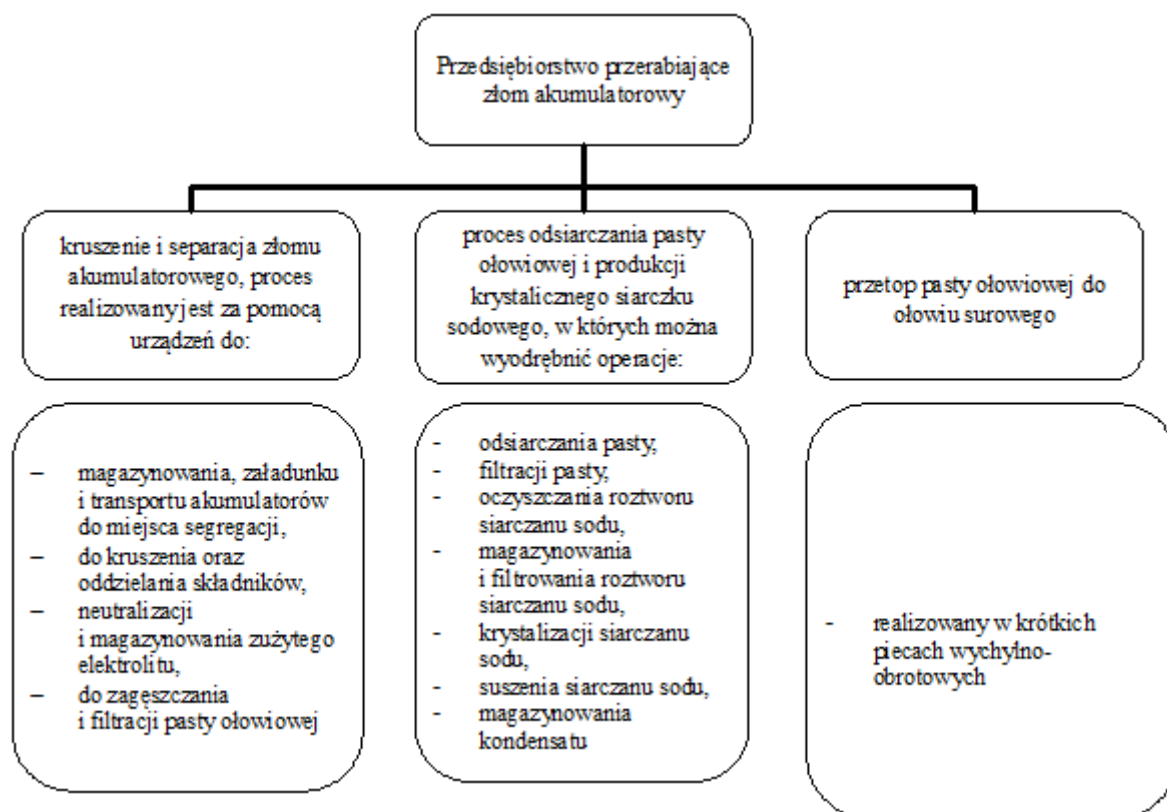
Na Rys.2. przedstawiono masy zużytych akumulatorów [Mg] wytworzone w latach 2006-2009 w poszczególnych województwach w kraju. Jak wynika z danych przedstawionych na Rys.2., największą masę zużytych akumulatorów wytworzono w 2008 roku. Była to wartość 27 702,11 Mg odpadu. Od tego czasu masa wytwarzanych odpadów zmalała do poziomu 8 881,349 Mg w roku 2010. Do województw, dla których wartości wytwarzanych odpadów o kodzie 160601* są najwyższe, należą województwo mazowieckie, w którym zlokalizowanych jest najwięcej podmiotów wprowadzających baterie i akumulatory, oraz województwo śląskie, w którym znajdują się dwa zakłady przerabiające złom akumulatorowy.



Rys.2. Masy wytworzonych odpadów w Polsce w latach 2006-2009

Źródło: Kamińska E. (2013)

Na Rys.3. przedstawiono operacje związane z procesem recyklingu w przedsiębiorstwie realizującym przetwarzanie zużytych akumulatorów kwasowo-ołowiowych, tj. od etapu kruszenia zużytych akumulatorów po etap produkcji ołowiu surowego.



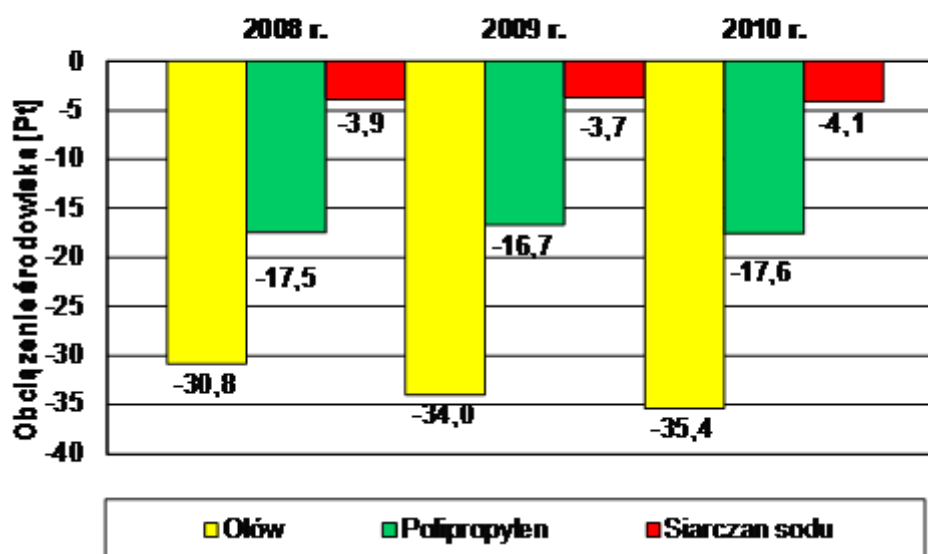
Rys.3. Procesy jednostkowe technologii przerobu złomu akumulatorowego Źródło: Opracowanie własne na podstawie (Chmielarz, A., Folwarczny K., Bednarek A., i in, 2007)

W efekcie zastosowanej technologii, ze zużytych akumulatorów kwasowo-ołowiowych odzyskuje się, przy przerobie 70 000 Mg złomu akumulatorowego:

- 17 500 Mg ołowiu metalicznego,
- 28 500 Mg pasty ołowiowej,
- 3 500 Mg polipropylenu,
- 1 400 Mg elektrolitu (Bendkowski, J. Wengierek, M., 2004).

Na Rys. 4 przedstawiono wyniki analizy ekobilansowej w ujęciu korzyści środowiskowych, wynikających z powtórnego wykorzystania zużytych akumulatorów kwasowo-ołowiowych, wykorzystanych do produkcji ołowiu, polipropylenu oraz siarczanu sodu. Wyniki przedstawiono dla lat 2008 - 2010. Szczegółowa analiza została przeprowadzona w pracy doktorskiej (Kamińska. E, 2013a).

Powtórne wykorzystanie substancji z recyklingu złomu akumulatorowego



Rys. 4. Powtórne wykorzystanie substancji z recyklingu złomu akumulatorowego.

Źródło: Kamińska E. (2013b).

Wyniki przedstawiono w punktach środowiskowych, odnoszących się do wpływu na środowisko w odniesieniu do jednego mieszkańca Europy. Wartość ujemna oznacza korzyść środowiskową. Z rezultatów przedstawionych na rysunku 4 wynika, że największy poziom korzyści środowiskowych jest związany z produkcją ołowiu, pochodzącego z surowców wtórnych. Ich poziom osiąga wartości (-30,8;-34,0;-35,4) Pt. Powtórne wykorzystanie polipropylenu pochodzącego ze złomu akumulatorowego pozwala osiągnąć korzyści środowiskowe na poziomie ok. -16 kPt, w trzech kolejnych latach pracy instalacji. Jest on znacząco mniejszy od poziomu korzyści uzyskanych na skutek zagospodarowania materiałów ołowionośnych (o ok. 15%). Najniższy poziom korzyści środowiskowych został zidentyfikowany w odniesieniu do produkcji krystalicznego siarczanu sodu. Poziom ten przyjmuje wartości (-3,9;-3,7;-4,1) Pt. Istotne jest to, że produkcja siarczanu sodu będąca jednym z procesów technologii recyklingu złomu akumulatorowego, pozwala zagospodarować zużyty elektrolit, którego potencjalny niekorzystny wpływ na środowisko, ze względu na zawartość ołowiu jest wysoka.

4. PODSUMOWANIE

Dla efektywnego rozwiązania problemu zagospodarowania zużytych akumulatorów kwasowo-ołowiowych, zgodnego z zasadami logistyki odzysku oraz wymaganiami gospodarki o obiegu zamkniętym należy:

- dążyć do maksymalnego uszczelnienia strumienia odpadów zużytych akumulatorów, aby nie stanowiły istotnego udziału w strumieniu odpadów komunalnych, ze względu na niebezpieczeństwo zanieczyszczenia środowiska substancjami toksycznymi,
- rozważyć celowość dążenia do rozdzielania poszczególnych etapów recyklingu akumulatorów na kilka przedsiębiorstw (tj. w innym miejscu kruszenie, w innym rozdział na frakcje, w innym odzysk kwasu i przetop elementów ołowionośnych),
- szerzej korzystać z metod ekobilansowych, w tym cyklu życia produktu, w celu oszacowania poziomów oddziaływań środowiskowych technologii recyklingu akumulatorów oraz wskazania etapów wywierających szczególnie niekorzystny wpływ na środowisko i życie ludzi.

LITERATURA

1. Bentkowski, J., Wengierek, M. (2004) *Logistyka odpadów T. 2. Obiekty gospodarki odpadami*. Gliwice. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
2. Chmielarz, A., Folwarczny K., Bednarek A., i in (2007). *Application of Engitec process for battery paste desulphurisation at Baterpol*. European Metallurgical Conference EMC Proceedings, June, 11-14, Dusseldorf, vol.3.1065-1076.
3. Dyrektywa 2006/66/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 6 września 2006 r. w sprawie baterii i akumulatorów oraz zużytych baterii i akumulatorów.
4. Dyrektywa 2013/54/EC Unii Europejskiej w sprawie baterii i akumulatorów oraz zużytych baterii i akumulatorów.
5. Kamińska. E, (2013). *Analiza ekobilansowa technologii recyklingu zużytych akumulatorów kwasowo-ołowiowych*. (Rozprawa doktorska). Poznan. Politechnika Poznańska.
6. Komisja Europejska. (2014). *Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Ku gospodarce o obiegu zamkniętym: program „zero odpadów dla Europy”*. Bruksela: Komisja Europejska.
7. Merkisz-Guranowska, A. (2010). *Logistyka recyklingu odpadów jako jeden z elementów Systemu Logistycznego Polski*. Prace naukowe Politechniki Poznańskiej.
8. Rejestr wprowadzających baterie i akumulatory i prowadzących zakłady przetwarzania zużytych baterii i akumulatorów. (2016). Główny Inspektorat Ochrony Środowiska.

9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 lutego 2010 r. w sprawie *szczegółowych wymagań dotyczących procesu przetwarzania zużytych baterii kwasowo-ołowiowych* (Dz. U. 2010 nr 36, poz. 201)
10. Rozporządzenie Komisji Unii Europejskiej z dnia 29.11.2010 ustalające, na mocy dyrektywy 2006/66/WE Parlamentu Europejskiego i Rady *przepisy dotyczące znakowania baterii i akumulatorów przenośnych wtórnych (ładowalnych) oraz samochodowych informacjami o ich pojemności* (Dz. Urz. WE L 313 z 30.11.2010).
11. Rozporządzenie Komisji Europejskiej i Rady (493/2012) ustanawiające na podstawie dyrektywy 2006/66/WE *szczegółowe przepisy dotyczące obliczania wydajności recyklingu dla procesów recyklingu zużytych baterii i akumulatorów z dnia 11 czerwca 2012 r.* <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?qid=1414341727341&uri=CELEX:32012R0493>
12. Ustawa z dnia 24 kwietnia 2009 r. *o bateriach i akumulatorach* (Dz. U. 2015 poz. 687,1688).
13. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. *o odpadach* (Dz. U. z 2013 r. poz. 21).
14. Ustawa z dnia 27.04.2001r . *Prawo ochrony środowiska*. (Dz.U.2001nr 62, poz. 627, z późn. zm.).
15. Węgierek, M. (2015). *Analiza i ocena gospodarki odpadami komunalnymi w wybranych miastach regionu śląskiego*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej (78).