

**Politechnika Śląska**  
**Wydział Transportu**

**Dr inż. Piotr Nowakowski**

**AUTOREFERAT**

*Załącznik do wniosku o przeprowadzenie postępowania  
habilitacyjnego w dziedzinie nauk technicznych  
w dyscyplinie inżyniera produkcji*

Katowice 2017

## Spis treści

1.	IMIĘ I NAZWISKO.....	5
2.	WYKSZTAŁCENIE.....	5
3.	INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH .....	5
4.	WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO.....	6
4.1.	Tytuł osiągnięcia naukowego .....	6
4.2.	Wykaz prac naukowych dokumentujących osiągnięcie naukowe.....	6
4.3.	Omówienie celu naukowego i osiągniętych wyników .....	7
4.4.	Podsumowanie .....	26
5.	OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH.....	29
6.	OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ DYDAKTYCZNYCH I ORGANIZACYJNYCH .....	35

## 1. IMIĘ I NAZWISKO

Piotr Nowakowski

## 2. WYKSZTAŁCENIE

- 2001**      **Uzyskany stopień naukowy:** dr nauk technicznych w dyscyplinie budowa i eksploatacja maszyn nadany uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu Politechniki Śląskiej z dnia 16 października 2001 r.  
**Uczelnia:** Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu.
- Tytuł rozprawy:** *„Wpływ wymiarów geometrycznych taśm do przenośników rurowych na ich wybrane właściwości mechaniczne”.*
- Promotor:**  
prof. dr hab. inż. Sylwester Markusik – Politechnika Śląska
- Recenzenci:**  
prof. dr hab. inż. J. Okrajni – Politechnika Śląska,  
prof. dr hab. inż. L. Gładysiewicz – Politechnika Wrocławska,  
prof. inż. K. Bailotti – Technical University Ostrava.
- 1992**      **Uzyskany tytuł:** magister inżynier  
**Uczelnia:** Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu. Kierunek transport, specjalizacja eksploatacja i techniczne utrzymanie pojazdów samochodowych.  
**Tytuł pracy magisterskiej:** *„Wspomagany komputerowo dobór łożysk tocznych wału maszynowego”.*  
**Promotor:** dr inż. Z. Niedziela.

## 3. INFORMACJE O DOTYCHCZASOWYM ZATRUDNIENIU W JEDNOSTKACH NAUKOWYCH

### Przebieg pracy zawodowej

- od 2017      – starszy wykładowca, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej;
- 2002-2017    – adiunkt, Wydział Transportu Politechniki Śląskiej;
- 2001-2002    – wykładowca, Wydział Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu Politechniki Śląskiej;
- 1993-2001    – asystent, Wydział Inżynierii Materiałowej, Metalurgii i Transportu Politechniki Śląskiej;

## 4. WSKAZANIE OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

### 4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Zgodnie z art. 16, ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) osiągnięcie naukowe określa się tytułem:

**Identyfikacja i analiza czynników wpływających na poprawę efektywności łańcucha logistyki zwrotnej zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE).**

### 4.2. Wykaz prac dokumentujących osiągnięcie naukowe

Osiągnięcie naukowe zostało opublikowane i rozpowszechnione w formie jednotematycznego cyklu 11 publikacji, składającego się z: 1 monografii naukowej, 7 artykułów naukowych, 1 publikacji w wydawnictwie konferencyjnym, 1 rozdziału w pracy zbiorowej i 1 zgłoszenia patentowego.

- [1] **Nowakowski P.** „*Logistyka recyklingu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Od projektowania po przetwarzanie.*”  
Wydaw. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2015, 263 s., (Monografia; Politechnika Śląska nr 549).

Recenzenci monografii naukowej:

Prof. dr hab. inż. Jerzy Osiński Politechnika Warszawska  
Prof. dr hab. inż. Jan Szadkowski Akademia Techniczno-Humanistyczna Bielsko-Biała

- [2] Król A., **Nowakowski P.**, Mrówczyńska B., „*How to improve WEEE management? Novel approach in mobile collection with application of artificial intelligence.*” *Waste Management*, 2016, vol. 50, p. 222–233. doi:10.1016/j.wasman.2016.02.033. **Udział procentowy – 40%**  
**Impact Factor JCR: 3.829, Punktacja MNiSW 40 pkt.**
- [3] **Nowakowski P.**, „*The influence of residents' behaviour on waste electrical and electronic equipment collection effectiveness.*” *Waste Management & Research*. 2016, vol. 34 no. 11 p. 1126-1135 doi:10.1177/0734242X16669997.  
**Impact Factor JCR: 1.553, Punktacja MNiSW 25 pkt.**
- [4] **Nowakowski P.**, „*A proposal to improve e-waste collection efficiency in urban mining: Container loading and vehicle routing problems – A case study of Poland.*” *Waste Management*. 2017, vol. 60, p. 494-504 doi:10.1016/j.wasman.2016.10.016.  
**Impact Factor JCR: 3.829, Punktacja MNiSW 40 pkt.**
- [5] **Nowakowski P.**, Szwarc K. „*Wspomaganie mobilnej zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w oparciu o aplikację sieciową ze zintegrowaną bazą danych*”  
**Udział procentowy – 65 %.**  
Transport Problems 2016. VIII International scientific conference, Katowice, 29.06-01.07.2016. V International symposium of young researchers, Katowice 27-28 June 2016. Proceedings. Ed. Aleksander Ślaskowski, Silesian University of Technology. Faculty of Transport. Katowice : Silesian University of Technology. Faculty of Transport, 2016, (CD-ROM) s. 801-810.

- [6] **Nowakowski P.** „Wyznaczanie efektywności łańcucha logistyki zwrotnej na przykładzie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego”. Logistyka 2015 nr 2, dysk optyczny (CD-ROM) s. 655-665, dod.: Logistyka - nauka. Artykuły recenzowane CD-ROM nr 1.
- [7] **Nowakowski P.** „Towards improvement of information system in collection waste electrical and electronic equipment - case study of Poland”. Logistyka Odzysku 2015 nr 1, s. 86-90, **Punktacja MNiSW 6 pkt.**
- [8] **Nowakowski P.** „Wykorzystanie systemu RFID dla celów recyklingu przy montażu sprzętu elektronicznego”. Technologia i Automatyzacja Montażu 2014 nr 1, s. 51-54. **Punktacja MNiSW 7 pkt.**
- [9] **Nowakowski P.** „Sposób kodowania informacji o składzie materiałowym sprzętu elektrycznego i elektronicznego”. 2013. Zgłoszenie patentowe P 402980. Warszawa.
- [10] **Nowakowski P.** „Identyfikacja czynników wpływających na efektywność łańcucha logistyki zwrotnej zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego”. Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. T. 2. pod red. Ryszarda Knosali. Opole: Oficyna Wydaw. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2017, s. 65-78.
- [11] **Nowakowski P.** „Szanse i zagrożenia zbiórki i recyklingu ZSEE - czy osiągniemy w Polsce wymagany poziom zbiórki do roku 2021?”. Logistyka Odzysku 2017 nr 1, s. 43-47, **Punktacja MNiSW 6 pkt.**

#### 4.3. Omówienie celu naukowego i uzyskanych wyników

Sprzęt elektryczny i elektroniczny (SEE) zalicza się do grupy środków technicznych o bardzo szerokich zastosowaniach w przedsiębiorstwach i gospodarstwach domowych. Do budowy urządzeń z tej grupy wykorzystuje się materiały konstrukcyjne, które są łatwe w recyklingu, ale wykorzystuje się także komponenty zawierające substancje niebezpieczne. Po zakończeniu eksploatacji SEE konieczne jest jego właściwe zagospodarowanie. Z tego względu w Unii Europejskiej, a także w wielu innych krajach przygotowano odpowiednie akty prawne w celu budowy systemu zagospodarowania odpadów tego sprzętu. Zostały one ujęte, jako odrębna grupa odpadów. Przyjęta w 2002 r. Dyrektywa Unii Europejskiej (UE) dotycząca WEEE (ang. Waste Electrical and Electronic Equipment), i jej znowelizowana wersja z 2012 r. określiły ramy systemu zarządzania użytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym (ZSEE). Jednocześnie zostały określone wymagania dla projektantów i producentów sprzętu obejmujące metodologię projektowania zorientowaną na recykling (ang. DFR – design for recycling), a także kompleksowe ujęcie oddziaływania produktów na środowisko naturalne (ang. DFE – design for environment).

Najważniejsze postanowienia dyrektywy dotyczą zbiórki, przetwarzania i recyklingu ZSEE. W Polsce Ustawa o użytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym została uchwalona w 2005 r, a jej nowelizacja w 2012 r. W nowelizacji dyrektywy UE i Ustawy o ZSEE zaostrzono znacznie wymagania dotyczące poziomu zbiórki tych odpadów. W Polsce poziom zbiórki ZSEE w 2021 r. ma wynosić 65% masy sprzętu umieszczonego na rynku.

Obecne priorytety UE dotyczące obiegu materiałów w gospodarce dążą do cyklu zamkniętego łańcucha dostaw (ang. circular economy), co zostało przedstawione na rysunku 1. Koncepcja ta zakłada maksymalny odzysk lub recykling surowców z produktów wprowadzonych na rynek, przy minimalnej ilości odpadów trafiających na składowiska. Jednocześnie procesy produkcji, dystrybucji i transportu powinny w niewielkim stopniu oddziaływać negatywnie na środowisko.

System gospodarowania ZSEE jest ważnym elementem właściwego funkcjonowania zamkniętej pętli łańcucha dostaw, ponieważ surowce wykorzystane do jego budowy można poddać procesowi recyklingu, a przy właściwej organizacji zbiórki, demontażu i przetwarzania tych odpadów uzyskać korzyści ekonomiczne.



Rys. 1. Koncepcja domkniętego łańcucha dostaw w gospodarce (ang. circular economy)

Łańcuch logistyki zwrotnej odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE) pomimo zaangażowania się różnych instytucji i firm nie funkcjonuje właściwie i problem dotyczy nie tylko Polski, ale również i innych krajów. Na podstawie danych opublikowanych przez Eurostat, a także przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ) można stwierdzić, że średni poziom zbiórki ZSEE wynosi w UE ok. 34%, natomiast w Polsce 38% sprzętu umieszczonego na rynku. Wymagania dotyczące poziomu zbiórki są, więc niższe o blisko 30% w stosunku do wymaganych w 2019 r. w starszych państwach członkowskich UE i w 2021 r. w Polsce.

Problematyka związana z poprawą funkcjonowania systemu ma swoje odzwierciedlenie w licznych publikacjach naukowych, prowadzonych projektach m.in. przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju i inicjatywach na szczeblu lokalnym i krajowym. Ich celem ma być opracowanie sposobów poprawy funkcjonowania łańcucha logistyki zwrotnej, a efekty mają wymiernie wpłynąć na poziom recyklingu surowców zawartych w sprzęcie i wyeliminowania substancji niebezpiecznych wpływających na degradację środowiska i zdrowia ludzkiego. Jednocześnie firmy zajmujące się zbiórką i przetwarzaniem ZSEE powinny uzyskać korzyści ekonomiczne.

Z tego względu podjąłem zadanie dokładnej analizy problemów powstających w łańcuchu logistyki zwrotnej ZSEE wraz z propozycją rozwiązań mających na celu usprawnienie jego funkcjonowania i poprawy jego efektywności. Zakres moich badań został ukierunkowany na główne obszary, w których mogą wystąpić czynniki mające wpływ na zmniejszenie efektywności łańcucha logistyki zwrotnej ZSEE. Tezę taką można wysunąć po dokładnej analizie publikacji, raportów, a także konsultacji z przedstawicielami instytucji zaangażowanych w obsługę tego łańcucha.

Efektom tych działań jest wybrany cykl publikacji, który pozwolił mi na realizację zadań badawczych o charakterze poznawczym, metodologicznym i aplikacyjnym, a wyniki i wnioski umieszczone w publikacjach mają na celu usprawnienie gospodarowania ZSEE.

Zadania badawcze podzieliłem na następujące etapy:

1. Badania wpływu zachowania mieszkańców na poziom zbiórki i strumień odpadów ZSEE z gospodarstwach domowych.
2. Analiza logistyki zbiórki i procesów transportowych ZSEE.
3. Zastosowanie systemów informatycznych we wspomaganiu zbiórek i projektowaniu tras pojazdów zbierających ZSEE.
4. Wspomaganie procesu demontażu i identyfikacja składu materiałowego zużytego sprzętu przekazanego do przetwarzania.
5. Wyznaczenie efektywności łańcucha logistyki zwrotnej ZSEE, ocena ogniw łańcucha i propozycja usprawnień.

Wyniki z wykonania przedstawionych powyżej zadań badawczych zostały zawarte w poszczególnych częściach wskazanego cyklu publikacji naukowych. Wykaz najważniejszych osiągnięć uzyskanych przy realizacji poszczególnych zadań badawczych wraz z podaniem numeru pozycji publikacji ze wskazanego w punkcie 4.2 cyklu dokumentującego osiągnięcie naukowe przedstawiono w tabelicy 1.

**Tablica 1.** Zestawienie zadań badawczych i osiągnięć z poszczególnymi częściami cyklu publikacji dokumentujących osiągnięcie naukowe

Zadania badawcze	Najważniejsze osiągnięcia badawcze [nr pozycji z wskazanego w punkcie 4.2 cyklu publikacji]
<p><b>Zadanie 1</b></p> <p>Badania wpływu zachowania mieszkańców na poziom zbiórki i strumień odpadów ZSEE z gospodarstw domowych</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• badanie wpływu zachowania mieszkańców na wielkość strumienia odpadów ZSEE usuwanych z gospodarstw domowych [3],</li> <li>• badanie preferowanych sposobów pozbywania się sprzętu lub jego przechowywania w gospodarstwach domowych [3],</li> <li>• badanie wpływu wiedzy o sposobach usuwania ZSEE na rzeczywisty poziom zbiórki [3],</li> <li>• analiza wykorzystania systemów informacyjnych w celu właściwego sposobu postępowania ze zużytym sprzętem [1,7],</li> <li>• prognoza osiągnięcia wymaganego poziomu i ocena sposobów zbiórek ZSEE w Polsce [11].</li> </ul>

Zadania badawcze	Najważniejsze osiągnięcia badawcze [nr pozycji z wskazanego w punkcie 4.2 cyklu publikacji]
<p><b>Zadanie 2</b></p> <p>Analiza logistyki zbiórki i procesów transportowych ZSEE</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analiza sposobów zbiórki z podziałem na zbiórkę mobilną i stacjonarną [1,2],</li> <li>• wyznaczenie kosztów prowadzenia zbiórek ZSEE [2,6],</li> <li>• propozycje wprowadzenia nowych form prowadzenia zbiórek ZSEE [2,5],</li> <li>• opracowanie koncepcji nowego sposobu zbiórki mobilnej ZSEE na żądanie, z uwzględnieniem wielokryterialnej optymalizacji [2,5],</li> <li>• analiza problematyki pakowania sprzętu do przestrzeni ładunkowej pojazdów i kontenerów [4],</li> <li>• wprowadzenie zależności objętościowej sprzętu, jako priorytetowej przy wykonywaniu procesów transportowych [4],</li> <li>• propozycja przygotowania uproszczonych algorytmów załadunku dla pracowników magazynów przy załadunku ZSEE [4],</li> <li>• przygotowanie systematyki środków transportu wykorzystywanych w zakładach demontażu [1].</li> </ul>
<p><b>Zadanie 3</b></p> <p>Zastosowanie systemów informatycznych we wspomaganiu zbiórek i projektowaniu tras pojazdów zbierających ZSEE</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• syntetyczne opracowanie dostępnych systemów informatycznych wspomagających zbiórkę ZSEE [1,7],</li> <li>• syntetyczne opracowanie dostępnych systemów informatycznych wspomagających demontaż ZSEE [1],</li> <li>• opracowanie algorytmu służącego do budowy systemu informatycznego wspomagającego zbiórkę ZSEE [2,5],</li> <li>• przygotowanie strony internetowej, serwera z systemem i bazą danych [www.elektrosmieci.eu],</li> <li>• uruchomienie wersji testowej systemu w dwóch wersjach: pełnej i uproszczonej [www.elektrosmieci.eu].</li> </ul>
<p><b>Zadanie 4</b></p> <p>Wspomaganie procesu demontażu i identyfikacja składu materiałowego sprzętu przekazanego do przetwarzania</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opracowanie i systematyka głównych maszyn stosowanych w zakładach demontażu ZSEE [1],</li> <li>• opracowanie koncepcji nowego sposobu identyfikacji komponentów i całych urządzeń na etapie produkcji dla celów demontażu [9],</li> <li>• badanie użyteczności systemu identyfikacji w warunkach produkcyjnych [8],</li> <li>• opracowanie projektu zakładu demontażu ZSEE z wyznaczeniem wskaźników [1].</li> </ul>
<p><b>Zadanie 5</b></p> <p>Wyznaczenie efektywności łańcucha logistyki zwrotnej, ocena ogniwa łańcucha i propozycja usprawnień</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opracowanie wskaźników efektywności dla poszczególnych procesów w łańcuchu logistyki zwrotnej ZSEE [3,6,10],</li> <li>• opracowanie wytycznych i zaleceń dla poprawy efektywności zbiórki, transportu i przetwarzania ZSEE [2,4,5,7,10,11].</li> </ul>

Badania w zakresie tematu dzieła naukowego rozpocząłem od przeglądu literatury w najważniejszych czasopismach, publikacjach branżowych, raportach międzynarodowych i krajowych m.in. GIOŚ, Głównego Urzędu Statystycznego, Instytutu Badań nad Gospodarką



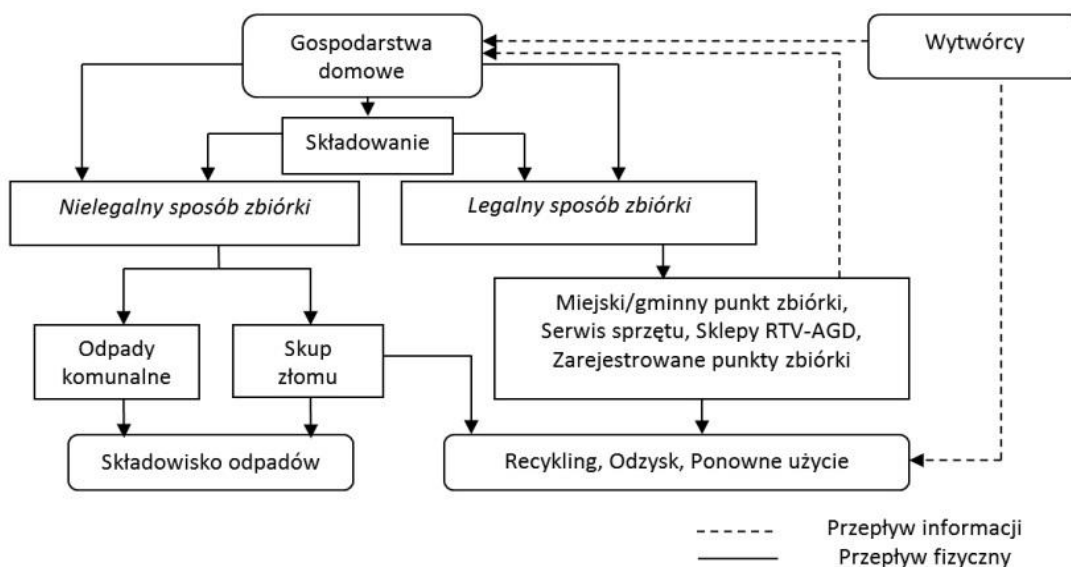
Rynkową (IBNGR). W celu dokładnego poznania problemu niezbędne były konsultacje w instytucjach i firmach związanych z gospodarowaniem ZSEE, co miało na celu analizę działania systemu w praktyce w Polsce. Problematyka dotycząca łańcucha logistyki zwrotnej ZSEE jest nowa, ponieważ system funkcjonuje od 10 lat, a sposób postępowania przy przetwarzaniu tych odpadów różni się od przetwarzania odpadów komunalnych.

Poszczególne etapy badawcze polegały na identyfikacji obszarów, w których występują ograniczenia i problemy we właściwym funkcjonowaniu łańcucha logistyki zwrotnej ZSEE.

Przegląd istniejących opracowań, a także wyniki własnych wcześniejszych publikacji skłoniły mnie do kompleksowego opracowania tematyki gospodarowania odpadami ZSEE, którego efektem była monografia [1]. W tej publikacji, w dużej mierze usystematyzowałem wiedzę dotyczącą interdyscyplinarnego podejścia do łańcucha logistyki zwrotnej ZSEE. Było to pierwsze tego typu opracowanie, w szeroki sposób przedstawiające gospodarowanie odpadami ZSEE, uwzględniające także proces projektowania SEE, opublikowane w Polsce. Monografia obejmuje: aspekty prawne gospodarowania ZSEE, charakterystykę infrastruktury logistycznej, technicznej i informacyjnej wraz z aspektami społecznymi – dotyczącymi zachowania mieszkańców przy usuwaniu ZSEE, które mają bezpośredni wpływ na wielkość strumienia ZSEE trafiającego do przetwarzania. W publikacji tej wyznaczyłem kierunek dalszych badań, z których wydzieliłem główne obszary, w których uznałem, że występują problemy i następuje w nich zmniejszenie efektywności łańcucha logistyki zwrotnej ZSEE.

Pierwszy obszar badawczy zawiera kluczowe dla dalszej analizy czynniki – sposoby usuwania ZSEE, które determinują wielkość strumienia odpadów ZSEE z gospodarstw domowych.

Cechą charakterystyczną usuwania odpadów ZSEE z gospodarstw domowych jest zróżnicowany sposób postępowania mieszkańców, polegający na wykorzystaniu legalnych form zbiórek (zbiórka mobilna, stacjonarna, przy zakupie nowego sprzętu lub odwóz do punktu zbiórki odpadów komunalnych), ale także nielegalnych (punkt skupu złomu lub usunięcie zużytego sprzętu wraz z odpadami komunalnymi). Innym sposobem niewłaściwego postępowania jest składowanie zużytego sprzętu w gospodarstwie domowym. W ten sposób sprzęt ten nie trafia do demontażu i recyklingu (rys. 2).



Rys. 2. Sposoby postępowania z ZSEE i sposoby informowania mieszkańców o ich usuwaniu z gospodarstw domowych

Poziom zbiórki ZSEE jest wyznaczony, jako wskaźnik, na podstawie masy zużytego sprzętu zebranego w stosunku do sprzętu umieszczonego na rynku. Analiza własnych danych zebranych na podstawie ankiet z gospodarstw domowych, badania ankietowego klientów oddających ZSEE w sieci supermarketów, a także z dostępnych raportów GIOŚ i raportów IBNGR pozwoliło na ekstrapolację wyników i identyfikację sposobów postępowania mieszkańców ze zużyтым sprzętem w Polsce. Wynika z nich, że oprócz legalnych sposobów usuwania sprzętu z gospodarstw domowych, powszechne jest jego składowanie – zwłaszcza sprzętu małego, telekomunikacyjnego i komputerowego, usuwanie wraz z odpadami komunalnymi oraz w wypadku dużego sprzętu – sprzedaż w punktach skupu złomu. Wyniki tych badań zostały opublikowane w [3] i pozwoliły na oszacowanie potencjalnych strat masy ZSEE nie trafiającego do recyklingu, ze względu na niewłaściwe postępowanie mieszkańców. Na tej podstawie możliwe jest obliczenie masy całkowitej  $m_c$  ZSEE – legalnie zbieranego, usuwanego nielegalnie i składowanego w gospodarstwach domowych:

$$m_c = m_l + m_{nl} + m_s \quad (1)$$

$$m_l = \sum_{i=1}^n m_i \quad (2)$$

$$m_{nl} = \sum_{j=1}^k m_j \quad (3)$$

$$m_s = \sum_{p=1}^l m_p \quad (4)$$

gdzie:  $m_l$  – masa ZSEE zebrana w legalny sposób,  $m_{nl}$  – masa ZSEE usunięta z gospodarstw domowych w sposób nielegalny,  $m_s$  – masa sprzętu zużytego składowanego,  $n$  – liczba zużytych urządzeń zebrana w legalnej zbiorce,  $k$  – liczba zużytych urządzeń usunięta z gospodarstw domowych,  $l$  – liczba zużytych urządzeń składowana w gospodarstwach domowych.

W konsekwencji można wyznaczyć efektywność usuwania ZSEE z gospodarstw domowych, jako wskaźnik:

$$W_u = \frac{m_l}{m_{ur}} \quad (5)$$

gdzie:  $m_l$  – masa ZSEE zebrana w legalny sposób,  $m_{ur}$  – masa SEE umieszczona na rynku

Charakterystyka czynników wpływających na sposób postępowania mieszkańców przy usuwaniu ZSEE z gospodarstw domowych została w sposób syntetyczny przedstawiona w publikacjach [1,3]. Analizując inne badania z literatury światowej okazuje się, że podobny sposób postępowania obserwowany jest nie tylko w krajach rozwijających się (np. Wang, Z. et. al. *Determinants of residents' e-waste recycling behaviour intentions: Evidence from China*. 2016 Journal of Cleaner Production 137, 850–860.), ale także w krajach rozwiniętych takich jak Wielka Brytania lub Niemcy (Ongondo F. et. al., *How are WEEE doing? A global review of the management of electrical and electronic wastes*. Waste Management 2010, vol. 31, 714–730., Welfens, et. al. *Drivers and barriers to return and recycling of mobile phones. Case studies of communication and collection campaigns*. 2016 Journal of Cleaner Production vol. 132, p. 108–121.).

Jednym z istotniejszych elementów wpływających na zachowanie mieszkańców przy usuwaniu odpadów jest, oprócz świadomości o zagrożeniu skażeniem środowiska naturalnego tymi odpadami, wiedza o właściwym postępowaniu z wyeksploatowanym sprzętem oraz lokalizacjach punktów zbiórek i harmonogramach zbiórek. Świadomość ta w ostatnich latach wzrosła, co pokazałem porównując wynik badań z 2012 i 2014 r. [3]. Brakuje jednak

ujednoliconego sposobu informowania mieszkańców o sposobach prowadzenia zbiórek i miejscach, gdzie można oddać odpady. Porównanie takie przedstawiłem w artykule [7], w którym scharakteryzowałem sposoby informowania producentów sprzętu, firmy zbierające i organizacje odzysku ZSEE o legalnych sposobach usuwania sprzętu z gospodarstw domowych i lokalizacjach punktów zbiórek. W publikacji tej poddałem ocenie ich przydatność.

Główne wnioski płynące z tej części przeprowadzonych badań wskazują na konieczność podjęcia dalszych działań związanych z informowaniem społeczeństwa o właściwych sposobach postępowania ze użytym sprzętem. Należy do tego możliwie łatwy dostęp do portali informacyjnych o lokalizacji punktów zbiórki, rozstawieniu kontenerów i zbiórkach mobilnych. Dodatkowo w publikacji [11] wskazuję na potrzebę dotarcia do innych grup celowych w społeczeństwie, zwłaszcza osób w wieku średnim i emerytalnym. Osoby należące do tych grup w głównej mierze decydują o tym, kiedy ZSEE zostanie usunięty z gospodarstw domowych. W tym wypadku powinny zostać podjęte działania edukacyjne skierowane do tych grup celowych.

Kontynuacja badań dotyczących zachowania mieszkańców, a w szczególności identyfikacji przyczyn przetrzymywania odpadów ZSEE w gospodarstwach domowych Polsce zaowocowała przygotowaniem publikacji: **Nowakowski P.** „*Investigating the reasons for storage of e-waste in households and impact on collection rate* . – Waste Management and Research, która obecnie jest w trakcie recenzji.

Drugim elementem łańcucha logistyki zwrotnej ZSEE, w którym zidentyfikowałem nieprawidłowości jest proces zbiórki i transportu, który wymaga racjonalizacji. Dokładną analizę sposobów prowadzenia zbiórek przedstawiłem w monografii [1] w rozdziale 9. Analiza sposobów prowadzenia zbiórek, a także konsultacje z przedstawicielami przedsiębiorstw prowadzących zbiórkę i organizacjami odzysku ZSEE pozwoliły na sformułowanie zadań badawczych w celu opracowania sposobów pozwalających na zwiększenie efektywności zbiórki. Do wyznaczenia efektywności ekonomicznej transportu i składowania zaproponowałem wskaźnik (6) z mojej publikacji [6].

$$W_{ez}^{s,r} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{\sum_{n(s)=1}^{\bar{N}(s)} k_{n(s)} + \sum_{n(r)=1}^{\bar{N}(r)} k_{n(r)}} \quad (6)$$

gdzie:

$W_{ez}^{s,r}$  – wskaźnik efektywności ekonomicznej transportu ZSEE pojazdem  $s$  i składowania w kontenerze  $r$ ,

$p_i$  – przychód z zebranej masy  $i$ -tego zużytego sprzętu [PLN],

$m$  – liczba zebranych zużytych urządzeń,

$s$  – numer typu pojazdu

$n(s)$  – numer składowej kosztu zbiórki dla pojazdu  $s$ ,

$N(s) = \{n(s) : 1, \dots, \bar{N}(s)\}$  – zbiór numerów składowych kosztów dla  $s$ -tego pojazdu,

$\bar{N}(s)$  liczba składowych kosztów dla  $s$ -tego pojazdu,

$k_{n(s)}$  – wartość składowej kosztu o numerze  $n(s)$  wyznaczone dla pojazdu  $s$  do zbiórki [PLN],

$r$  – numer typu kontenera,

$n(r)$  – numer składowej kosztów zbiórki dla kontenera  $r$ ,

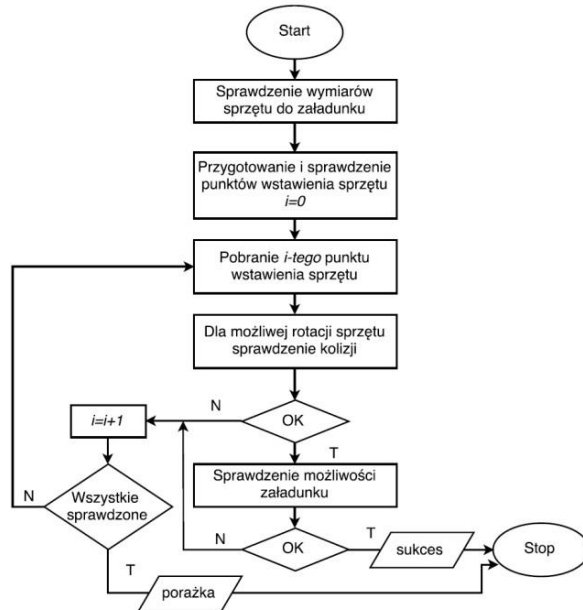
$N(r) = \{n(r) : 1, \dots, \bar{N}(r)\}$  – zbiór numerów składowych kosztów dla  $r$ -tego kontenera, a

$\bar{N}(r)$  liczby składowych kosztów dla  $r$ -tego kontenera,

$k_{n(r)}$  – wartość składowej kosztu o numerze  $n(r)$  wyznaczone dla kontenera  $r$  [PLN],

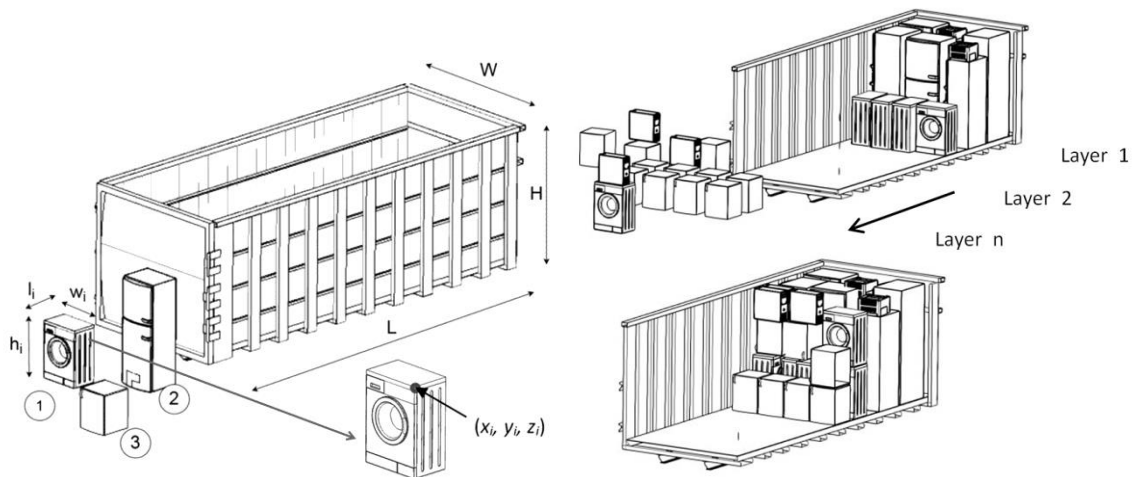
Prowadzenie zbiórek ZSEE jest wykonywane nieefektywnie m.in. ze względu na niewłaściwe planowanie tras pojazdów. Ma to bezpośredni wpływ na wzrost kosztów i zwiększenie emisji spalin przy wykonywaniu zadań transportowych. Potencjalny przychód, jaki może uzyskać firma zbierająca jest zależny od masy surowców zawartych w ZSEE. Jeśli proces transportowy będzie przygotowany niewłaściwie będzie skutkowało to wzrostem kosztów i zmniejszeniem potencjalnego dochodu ze zbiórki lub nawet stratą. Dlatego w prowadzeniu zbiórek należy uwzględnić problem marszrutyzacji. W związku z tym konieczne jest wykorzystanie algorytmów optymalizacji tras, które pozwalają na ograniczenie kosztów, ale także ograniczenie emisji spalin przy wykonywaniu zadań transportowych. Wyniki moich badań wskazują na konieczność uwzględnienia dwóch głównych czynników wpływających na obniżenie efektywności zbiórki i transportu – problem marszrutyzacji i problem załadunku zużytego sprzętu do przestrzeni ładunkowej pojazdów zbierających (problem pakowania). Obydwa czynniki muszą być uwzględnione dla zapewnienia efektywności zbiórki ZSEE. Potencjał recyklingowy zużytego sprzętu jest uzależniony od masy poszczególnych surowców wykorzystanych w jego budowie. Jeśli koszty zbiórki przewyższą przychód ze sprzedaży surowców pozyskanych w wyniku przetwarzania sprzętu w zakładzie demontażu firmy zbierające będą miały stratę. Ważne jest jednak uwzględnienie objętości poszczególnych urządzeń – od tego zależy ile będzie można załadować do przestrzeni ładunkowej kontenera lub pojazdu zbierającego odpady. W artykule [4] zdefiniowałem miernik objętościowo-masowy ZSEE. Należy nadmienić, że w zdecydowanej większości publikacji i danych z urzędów statystycznych, w tym Eurostatu, wielkość zebranego sprzętu podaje się w jednostkach masy. Jednak to głównie objętość sprzętu wpływa na koszt prowadzenia zbiórek. Zdecydowana większość grup ZSEE ma niski miernik masowo objętościowy – przykładowo dla chłodziarek miernik ten wynosi średnio  $100 \text{ kg/m}^3$ , a dla pralek  $250 \text{ kg/m}^3$ . Wpływa to na stosunkowo niewielką masę jednostki ładunkowej oraz odpadów zgromadzonych w przestrzeni ładunkowej pojazdu lub kontenera. Z moich badań przeprowadzonych na podstawie danych z firm zbierających zużyty sprzęt wynika, że typowe kontenery do transportu ZSEE o objętości  $34\text{-}36 \text{ m}^3$  zawierają zwykle masę zaledwie  $3500 \text{ kg} - 4500 \text{ kg}$  tych odpadów. Badania prowadzone w sieciach supermarketów, które przy dostawie nowych produktów odbierają również stary i zużyty sprzęt od klientów (mieszkańców) wskazały na istotny problem zmniejszający efektywność zbiórki i transportu. Zużyty sprzęt jest ładowany do przestrzeni ładunkowej kontenera i pojazdów w sposób niewłaściwy i nieracjonalny. Należy nadmienić, że obowiązujące prawo zabrania demontażu ZSEE poza uprawnionymi zakładami demontażowymi, czyli sprzęt musi być transportowany w całości.

Z tego względu podjąłem opracowanie kolejnego zadania badawczego mającego na celu opracowanie modelu dla celów transportu ZSEE. Model ten przedstawiłem w artykule [4], w którym to, przedstawiłem algorytm załadunku zużytego sprzętu do kontenera. Zastosowanie modeli pakowania, umożliwi optymalizację wykorzystania objętości kontenera. Racjonalizacja załadunku nowych towarów w dystrybucji, np. na paletowych jednostkach ładunkowych, jest znane i wykorzystywane w wielu firmach, natomiast dla ZSEE brak jest naukowych opracowań. Z tego względu model pakowania, który zaadaptowałem do załadunku ma znaczenie nie tylko naukowe, ale także użyteczne. Jego zastosowanie umożliwi poprawę wykorzystanej objętości kontenera lub przestrzeni ładunkowej pojazdu, co wpływa na zmniejszenie liczby transportów i ograniczenie kosztów. Algorytm pakowania kontenera przedstawiony jest na rysunku 3.



Rys. 3. Algorytm pakowania zużytych urządzeń do kontenera

Zadanie polega na takim ułożeniu poszczególnych urządzeń, aby można było wykorzystać maksymalnie pojemność kontenera lub przedział ładunkowy pojazdu. Ze względu na niewielki miernik masy najczęściej spotykanych w gospodarstwach domowych dużych urządzeń (pralki i lodówki) nie zachodzi obawa przekroczenia dopuszczalnej masy jednostki ładunkowej – kontenera z odpadami. Założenia modelowe załadunku kontenera przedstawione są na rysunku 4.



Rys. 4. Założenia modelowe i sekwencje załadunku zużytego sprzętu w kontenerze do zbiórki ZSEE

Do rozwiązania tego typu problemów wykorzystałem model, w którym optymalizacja będzie polegała na minimalizacji niewykorzystanej objętości w kontenerze przy odpowiednim ustawianiu sprzętu [4]. Dla wielu typów sprzętów można wprowadzić założenie uproszczenia kształtu geometrycznego. Duże sprzęty gospodarstwa domowego, takie jak pralki, chłodziarki, zmywarki i kuchnie, a także średni sprzęt jak kuchenki mikrofalowe, drukarki komputery osobiste mogą być uproszczone do postaci prostopadłościanu. Dla wielu z nich dopuszczalna jest rotacja.

Efektywność załadunku ZSEE wraz z problemem marszrutyzacji stanowi najważniejsze wyzwanie dla osiągnięcia wysokiej efektywności zbiórki i transportu ZSEE. W artykule [4] przedstawiłem dwa scenariusze zbiórki odpadów ZSEE z sieci marketów Avans, a w obliczeniach wykorzystałem algorytm zachłanny i przeszukiwania tabu. Scenariusze zbiórki ZSEE zawierały dwa przypadki – maksymalne wykorzystanie przestrzeni ładunkowej pojazdu zbierającego i nieoptymalną trasę zbiórki oraz wykorzystanie częściowe przestrzeni ładunkowej i trasę optymalną pojazdu odbierającego odpady. Z badań wynika, że priorytetowo powinien zostać potraktowany problem pakowania, na co również wskazują inni badacze przykładowo (Bortfeldt, A., Homberger, J., 2013. *Packing first, routing second—a heuristic for the vehicle routing and loading problem*. Computers & Operations Research vol. 40, 873–885.). Dodatkowy sprzęt załadowany do pojazdu pozwala na skompensowanie strat wynikających z większego kosztu wykonania trasy dłuższej.

Efekty badań i opracowany model zostały wykorzystane w praktyce przy załadunku kontenerów w jednej z dużych firm prowadzących sprzedaż SEE w Polsce. Na podstawie wytycznych, przygotowałem algorytm zachłanny załadunku ZSEE dla pracowników magazynowych, którego bezpośrednim efektem jest lepsze wykorzystanie przestrzeni ładunkowej kontenera. Jest to zilustrowane na rysunku 5 [4].



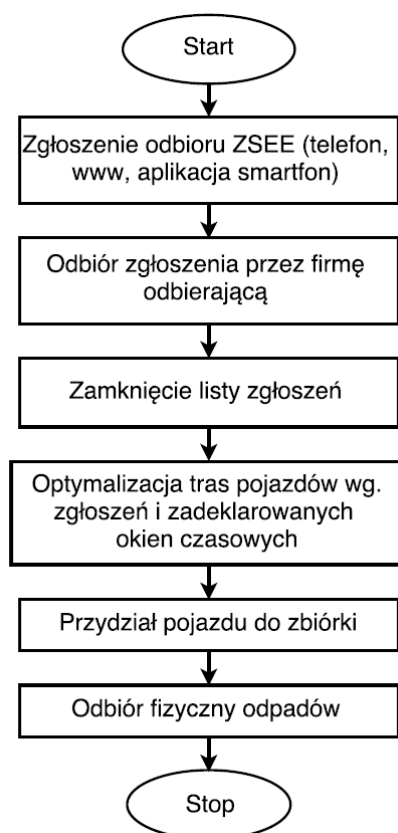
Rys. 5. Różnice przy ułożeniu sprzętów w kontenerze, po prawej widok po zastosowaniu algorytmu zachłannego pakowania

Uzyskanie większego stopnia upakowania sprzętu pozwala na dodatkowe oszczędności do kilkunastu procent. W przypadku dużych firm sprzedających produkty z branży elektrycznej i elektronicznej na rynku polskim jest to oszczędność wysyłki, co najmniej 20 kontenerów rocznie, co korzystnie wpływa na ograniczenie kosztów transportu i zmniejszenie emisji spalin. Wyniki tego opracowania pozwoliły na uzyskanie osiągnięcia o charakterze użytecznym.

Biorąc pod uwagę wnioski z wykonania pierwszego zadania badawczego, które wskazuje, że firmy zbierające powinny przygotować efektywny sposób zbiórki wygodny dla mieszkańców, opracowałem koncepcję nowego sposobu zbiórki mobilnej. Koncepcja ta zakłada wykorzystanie dostępnych kanałów komunikacyjnych – strony www, aplikacji mobilnych lub zgłoszeń telefonicznych do odbioru ZSEE. Sposób zbiórki polega na tym, że na podstawie zgłoszeń od mieszkańców, firma zbierająca odpady ZSEE, opracowuje plan odbioru sprzętu po przeprowadzeniu optymalizacji tras pojazdów zbierających odpady [2] (rys. 6). Proponowana przeze mnie metoda zbiórki mobilnej ma przyczynić się do zaoferowania mieszkańcom wygodnego sposobu odbioru odpadów, gdy pojazd firmy zbierającej podjeżdża pod domostwo, a pracownicy pomagają wynieść zużyty sprzęt (dotyczy to zwłaszcza dużego i średniej wielkości

sprzętu). Miernikiem zadowolenia mieszkańców będzie terminowy odbiór zgodnie z deklarowanymi oknami czasowymi przez każdego z mieszkańców (lub minimalne opóźnienie), a w modelowaniu zostanie wykorzystana satysfakcja klienta. Jeśli mieszkaniec będzie zadowolony z usługi terminowego odbioru ZSEE, to istnieje duże prawdopodobieństwo na poinformowaniu innych mieszkańców o korzyściach i wygodzie nowej formy zbiórki, co zostało przedstawione w pracach badawczych z zakresu marketingu i zarządzania (Helgesen, Ø., 2006. *Are loyal customers profitable? Customer satisfaction, customer (action) loyalty and customer profitability at the individual level*. J. Mark. Manag. 22, 245–266. Hill, N., Alexander, J., 2006. *The Handbook of Customer Satisfaction and Loyalty Measurement*. Gower.

Taki sposób zbiórki ma na celu zwiększenie strumienia odpadów ZSEE zbieranych w legalny sposób. Firmy zbierające odpady będą mogły zrealizować terminowo odbiór zużytego sprzętu przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów transportu i kosztów osobowych.



Rys. 6. Algorytm zbiórki mobilnej ZSEE „na żądanie” – zgłoszenia przez mieszkańców z podaniem godzin odbioru

Zbiórki dużego sprzętu poprzez formularz internetowy lub zgłoszenie telefoniczne są stosowane przez kilka firm w Polsce, jednak nie są przez nie wykorzystywane algorytmy optymalizacji, a zwłaszcza uwzględnienie okien czasowych. Firmy takie po przyjęciu zgłoszenia z reguły same narzucają termin odbioru. Konsultacje prowadzone w takich firmach wskazują, że wykorzystuje się proste sposoby lokalizacji punktów odbioru (np. mapy cyfrowe) z intuicyjnym planowaniem trasy przez operatora. Uwzględnienie lokalizacji kilkudziesięciu punktów zgłaszających wraz z uwzględnieniem okien czasowych powoduje, że jest to zadanie NP-trudne. Z tego względu pojawia się konieczność zastosowania algorytmów heurystycznych. Do rozwiązania tego problemu badawczego dobrałem model zawierający elementy logiki rozmytej

w celu określenia zadowolenia klienta (mieszkańca) oddającego zużyty sprzęt i algorytm genetyczny optymalizujący trasy przejazdu pojazdów zbierających. Model wraz z algorytmem obliczeniowym i wynikami dla dzielnicy miasta Tychy został przedstawiony w publikacji [2]. Czas obliczeń dla symulacji zgłoszeń jest krótki i wyniki optymalizacji pozwalają w sposób efektywny wykorzystać pojazdy, którymi dysponuje firma. Wyniki badań i nowy sposób zbiórki mobilnej ZSEE na telefon, którą zaproponowałem dały impuls do rozwinięcia tematu w celu przygotowania systemu informatycznego, pozwalającego z jednej strony na administrację systemem ze strony firmy zbierającej odpady i z drugiej możliwość zgłaszania odpadów do usunięcia z gospodarstw domowych przez mieszkańców, za pomocą formularza strony internetowej.

W ramach trzeciego zadania badawczego przedstawionego w tablicy 1 opracowałem algorytm zbiórki mobilnej przy zgłoszeniu internetowym (strona www, lub aplikacja mobilna) lub przy zgłoszeniu telefonicznym. Powstał w ten sposób projekt i następnie system informatyczny – System Zbiórki Elektrośmieci (SZE). System wykorzystuje aplikację sieciową wraz z bazą danych. Jego główne założenia i koncepcja została opublikowana w artykule [5].

System ten opiera na kilku głównych modułach:

- interfejsie użytkownika,
- możliwości lokalizacji istniejących punktów zbiórki sprzętu,
- możliwości zgłoszenia sprzętu do odbioru przez mieszkańców.

Firma zbierająca ma możliwość:

- administracji systemem,
- akceptacji punktów zbiórki i zgłoszeń odbioru od mieszkańców,
- przeprowadzenia symulacji odbiorów ZSEE,
- zatwierdzenia punktów odbioru i przesłania informacji do mieszkańców lub firm zgłaszających odbiór,
- przygotowania harmonogramu odbiorów odpadów – sekwencji odwiedzanych punktów
- przygotowanie listy z kodami QR dla kierowcy, który potwierdza odbiór (lub jego brak) zdalnie.

Głównymi modułami po stronie serwera są moduł obliczeniowy wykorzystujący algorytmy heurystyczne i baza danych. System jest udostępniony na stronie internetowej – [www.elektrosmieci.eu](http://www.elektrosmieci.eu). i został przygotowany w dwóch wersjach. Wersja uproszczona – LT – służy do wprowadzenia danych dla ograniczonej liczby grup sprzętu ZSEE i przeprowadzenia symulacji odbiorów sprzętu z punktów zgłaszających po optymalizacji tras odbioru, pełna wersja systemu umożliwia wybór wielu sprzętów z bazy danych, zadeklarowanie okien czasowych terminu odbioru sprzętu i przeprowadzenie wstępnej i ostatecznej optymalizacji. System w wersji pełnej umożliwia pełną komunikację firmy zbierającej odpady z mieszkańcami, którzy zgłosili chęć odbioru ZSEE. Do tego celu wykorzystuje się pocztę elektroniczną i SMS-y. Schemat funkcjonowania systemu SZE przedstawiony został na rysunku 7.



The image shows a sequence of screenshots from the SZE system interface. It starts with a selection of waste types (WEEE), followed by a table of collection points with time windows. A map shows the route optimization. A table lists the selected vehicles and their capacity. A detailed view of a collection point shows a QR code and status options. A final route map shows the planned path for a Renault Master. A summary table provides key statistics for the route, and a final table lists the collection points with their respective waste types and planned collection times.

Data	Okres tygodnia	Godziny odbioru (weeki, aby zakreślić)
24.04.2017-04.05.2017	Poniedziałek-Niedziela	<input type="checkbox"/> 8-9 <input type="checkbox"/> 9-10 <input type="checkbox"/> 10-11 <input type="checkbox"/> 11-12 <input type="checkbox"/> 12-13 <input type="checkbox"/> 13-14 <input type="checkbox"/> 14-15 <input type="checkbox"/> 15-16 <input type="checkbox"/> 16-17 <input type="checkbox"/> 17-18 <input type="checkbox"/> 18-19
24.04.2017	Poniedziałek	<input checked="" type="checkbox"/> 8-9 <input checked="" type="checkbox"/> 9-10 <input checked="" type="checkbox"/> 10-11 <input checked="" type="checkbox"/> 11-12 <input checked="" type="checkbox"/> 12-13 <input checked="" type="checkbox"/> 13-14 <input checked="" type="checkbox"/> 14-15 <input checked="" type="checkbox"/> 15-16 <input checked="" type="checkbox"/> 16-17 <input checked="" type="checkbox"/> 17-18 <input checked="" type="checkbox"/> 18-19
25.04.2017	Wtorek	<input type="checkbox"/> 8-9 <input type="checkbox"/> 9-10 <input type="checkbox"/> 10-11 <input type="checkbox"/> 11-12 <input type="checkbox"/> 12-13 <input type="checkbox"/> 13-14 <input type="checkbox"/> 14-15 <input type="checkbox"/> 15-16 <input type="checkbox"/> 16-17 <input type="checkbox"/> 17-18 <input type="checkbox"/> 18-19
26.04.2017	Środa	<input type="checkbox"/> 8-9 <input type="checkbox"/> 9-10 <input type="checkbox"/> 10-11 <input type="checkbox"/> 11-12 <input type="checkbox"/> 12-13 <input type="checkbox"/> 13-14 <input type="checkbox"/> 14-15 <input type="checkbox"/> 15-16 <input type="checkbox"/> 16-17 <input type="checkbox"/> 17-18 <input type="checkbox"/> 18-19

Lp	Samochód geograficzna	Objętość geograficzna	Adres stacji	Zgłaszający	Telefon	Data zgłoszenia	Wartość [zł]	Opisowe
1	50.296388	18.95228330000004	katowice ul.morawa	Jan Kowal	2121212121	2017.04.21 15:20:45	76,90	

Lp	Imię	Nazwa	Objętość odpadów [m <sup>3</sup> ]	Maksymalna masa [kg]	Uciążliwość w optymalizacji
1	Fal Dacota		36,00	1000	
2	Renault Master		26,40	2000	
3	Progen Blue		36,00	4000	
4	Jubba		33,00	1300	

Kolejność odwiedzania	Adres stacji	Telefon	Dzwonione godziny odbioru	Objętość [m <sup>3</sup> ]	Masa numerowa [kg]	Wartość [zł]	Planowana godzina odbioru
1	katowice ul.zalaska 1	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	0,3000000	70	88,55	08:00
2	katowice ul.Krucza 7	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	0,3000000	70	88,55	08:32
3	katowice ul.Krucza 80	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	0,3700000	120	116,40	08:51
4	katowice Rymera 1	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	0,3000000	50	67,00	09:13
5	katowice ul.dobrowa 100	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	0,3000000	105	132,85	09:59

Lp	Adres stacji	Zgłaszający	Telefon	Deklarowane godziny odbioru	Odbierany sprzęt	Planowany odbiór
1	katowice ul. zalaska 1	Jan Kowal	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	Telewizor CRT (konieczny)	08:00:00
2	katowice ul. Krucza 7	Jan Kowal	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	Telewizor CRT (konieczny)	08:17:00
3	katowice ul. Krucza 80	Jan Kowal	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	Pralka/zmywarka	08:32:00
4	katowice Rymera 1	Jan Kowal	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	Telewizor płaski (LCD/plazma)	08:51:00
5	katowice ul. dobrowa 100	Jan Kowal	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	Telewizor CRT (konieczny)	09:13:00
6	katowice ul. szlęgiernicka 1	Jan Kowal	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	Pralka/zmywarka	09:41:00
7	katowice ul.morawa 1	Jan Kowal	2121212121	8 - 9, 9 - 10, 10 - 11, 11 - 12	Inny	09:59:00

Select WEEE from the list and report it to the receiver with time windows.



Przyjęcie zgłoszenia przez firmę zbierającą odpady ZSEE, przeprowadzenie wstępnej optymalizacji tras, akceptacja punktów odbioru.



Dobór pojazdów do zbiórki, przeprowadzenie ostatecznej optymalizacji uwzględniającej problem marszrutyzacji, powiadomienie osób zgłaszających o dokładnym terminie odbioru.



Analiza kosztów zbiórki do przeprowadzenia i symulacja przychodów z surowców zawartych w sprzęcie.



Przygotowanie wizualizacji trasy, przygotowanie pliku do wczytania do nawigacji pojazdu oraz plików dla kierowców:

- z sekwencją punktów do odwiedzenia,
- z kodami QR zawierającymi potwierdzenie (lub brak) odbioru sprzętu.

Rys. 7. Schemat zgłaszania ZSEE do odbioru, doboru pojazdów i optymalizacji tras w systemie informatycznym SZE

Po przeprowadzeniu wstępnej optymalizacji tras i zaakceptowaniu punktów zgłaszających odpady można przeprowadzić ostateczną optymalizację z uwzględnieniem dostępnych pojazdów floty, którymi dysponuje firma zbierająca. Następnie, po optymalizacji tras z uwzględnieniem okien czasowych, system przygotowuje harmonogram zbiórki. Jest on dostępny w postaci pliku zawierającego dane geo-lokalizacyjne i może być wyeksportowany w formacie do druku (pdf) lub do nawigacji samochodowej (gpx, kml). Kierowca komunikuje odbiór ZSEE z punktu, z którego nastąpiło zgłoszenie, w trybie on-line po zeskanowaniu odpowiedniego kodu QR – wygenerowanego przez system. W przypadku braku odbioru, kierowca skanuje alternatywny kod, zawierający taką właśnie informację. Do optymalizacji tras pojazdów wykorzystane są algorytmy przeszukiwania tabu i mrówkowy. Obecnie trwają rozmowy z przedsiębiorcami zajmującymi się zbiórką w celu testów systemu w warunkach rzeczywistych. System jest w pełni parametryczny i istnieje możliwość jego dostosowania do mobilnej zbiórki innych odpadów lub zbiórki łączącej ZSEE z innymi grupami odpadów.

Prowadzone badania ukierunkowane na optymalizację tras pojazdów zbierających oraz załadunku ZSEE do przestrzeni ładunkowej pojazdów oraz duże zainteresowanie tym problemem przez uczestników konferencji Symposium on Urban Mining, zaowocowały przygotowaniem artykułu: **Nowakowski P.**, Król A., Mrówczyńska B. „*Supporting mobile WEEE collection on demand: A method for multi-criteria vehicle routing, loading and cost optimisation*”. – który jest w recenzji w czasopiśmie Waste Management. Jednocześnie dążąc do wyboru sposobu zbiórki ZSEE, który jest najbardziej korzystny dla środowiska z punktu widzenia ograniczenia emisji powstających przy transporcie przeprowadziłem analizę porównawczą trzech najczęściej wykorzystywanych sposobów zbiórki ZSEE. Wyniki tych badań zostały zawarte w publikacji zgłoszonej do czasopisma - Resources, Conservation and Recycling - **Nowakowski P.**, B. Mrówczyńska “*Towards sustainable WEEE collection and transportation methods in circular economy - comparative study for rural and urban settlements*”, która została przekazana przez edytora do recenzji.

Realizacja czwartego zadania badawczego przedstawionego w Tablicy 1 obejmowała analizę rozwiązań stosowanych w demontażu ZSEE w zakładach w Polsce. W monografii [1] w rozdziale 5 zaproponowałem systematykę maszyn i przedstawiłem główne technologie przetwarzania dla kilku specjalistycznych linii demontażowych ZSEE, której do tej pory nie było w publikacjach w Polsce. Chociaż w przemyśle wydobywczym, przetwórstwie kruszyw, rud i złomu są stosowane podobne technologie, to jednak demontaż i przetwarzanie ZSEE wymaga maszyn o mniejszej wydajności i innej konfiguracji całej linii. Technologie demontażu i przetwarzania ZSEE różnią się między sobą ze względu na specyfikę budowy poszczególnych grup sprzętu i wymagają wykorzystania stanowisk, na których następuje usunięcie substancji niebezpiecznych, a także przygotowanie do rozdrabniania komponentów wykorzystanych w budowie SEE i późniejszej separacji surowców.

W monografii [1], w rozdziale 11 opracowałem projekt zakładu wyposażonego w linie demontażu do przetwarzania głównych grup SEE. Oszacowane są koszty prowadzenia demontażu i a także środki i zasoby ludzkie niezbędne w zakładzie przetwarzania ZSEE. Uwzględniając poszczególne czynniki wpływające na koszty i przychody wyznaczyłem wskaźnik efektywności przetwarzania ZSEE zgodnie z technologią  $t$  (7), który wynosi [6]:

$$W_p^t = \frac{\sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^{m(i)} r_{i,j}}{\sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^{m(i)} k_{i,j}} \quad (7)$$

gdzie:

- $W_p^t$  – wskaźnik efektywności przetwarzania sprzętu zgodnie z technologią  $t$   
 $t$  – numer technologii przetwarzania stosowanej w zakładzie,  
 $r_{i,j}$  – przychody ze sprzedaży  $j$ -tego surowca do zakładów recyklingowych pozyskanego z  $i$ -tego demontowanego sprzętu [PLN],  
 $m(i)$  – liczba surowców pozyskanych z przetwarzanego  $i$ -tego urządzenia,  
 $d$  – liczba zużytych urządzeń do przetworzenia,  
 $k_{i,j}$  – koszty linii demontażu dla  $i$ -tego urządzenia (energii, osobowe, amortyzacja, inne – części zamienne, utrzymanie nieruchomości, administracja) [PLN], dla  $j$ -tego surowca przy zastosowaniu  $t$ -tej technologii.

Wskaźnik efektywności dla wszystkich technologii demontażu i przetwarzania stosowanych w zakładzie określiłem, jako [6] (8):

$$W_p = \sum_{t=1}^{\bar{T}} \alpha_t \cdot W_p^t \quad (8)$$

gdzie:

- $W_p$  – wskaźnik efektywności całkowitej demontażu i przetwarzania,  $\alpha_t$  – procent sprzętu demontowanego wg  $t$ -tej technologii,  
 $T = \{t : 1, 2, \dots, \bar{T}\}$  – zbiór numerów technologii demontażu,  $\bar{T}$  – liczba technologii demontażu.

Jednym z istotniejszych problemów występujących przy demontażu ZSEE, który wpływa na utratę niektórych surowców, jest brak znajomości składu materiałowego sprzętu, który zostaje przekazany do demontażu. Z jednej strony dotyczy to braku możliwości oceny sprzętu pod kątem jego potencjału recyklingowego, a z drugiej utratą wielu cennych surowców, głównie metali szlachetnych i metali ziem rzadkich, które występują w ZSEE. Możliwość preselekcji komponentów elektronicznych i podzespołów występujących w SEE w istotnym stopniu pozwala na odzysk tych metali. Pozwala to osiągnąć korzyści ekonomiczne, ale recykling musi być prowadzony w zakładach dysponujących odpowiednią technologią.

Przy demontażu ZSEE konieczne jest również oddzielenie elementów zawierających substancje niebezpieczne, które występują m.in. w bateriach, akumulatorach, i kondensatorach elektrolitycznych. Istnieje, bowiem ryzyko skażenia środowiska tymi substancjami, a także obniżeniem wartości głównych surowców pozyskanych w demontażu (stale, stopy aluminium, mosiądz i miedź). W tym wypadku zakłady recyklingowe odbierające surowce z zakładu demontażu ZSEE oferują niższą cenę, przez co przychody ze sprzedaży surowców ulegają zmniejszeniu.

W rozdziale 2 monografii [1] przeprowadziłem analizę cyklu życia (LCA) i wpływ poszczególnych procesów na środowisko na przykładzie sprzętu z grupy elektronarzędzi, dla kilku scenariuszy. Skład materiałowy determinuje zakres oddziaływań na środowisko i zdrowie ludzi i przeprowadzenie analizy LCA obecnie jest stosowane w większości firm produkcyjnych SEE.

Jednym z ważniejszych zadań, które stoi przed projektantami SEE i jego wytwórcami, oprócz zastosowania metodologii DFR lub DFE jest przekazanie informacji o składzie materiałowym podmiotom odpowiedzialnym za demontaż i przetwarzanie ZSEE. Taka informacja może być przesłana za pośrednictwem systemów identyfikacji, które są stosowane na etykietach dołączanych do produkowanego sprzętu. Najczęściej w systemach identyfikacji wykorzystuje się kody kreskowe, kody 2D i system wykorzystujący częstotliwość radiową RFID (ang. Radio Frequency Identification).

Choć we współczesnych systemach identyfikacji opartych o kod EPC (ang. Electronic Product Code) organizacja nadzorująca globalne łańcuchy dostaw – GS1 (ang. Global System1) przewiduje w identyfikacji produktów możliwość zapisu składu materiałowego, opiera się ona jednak o zewnętrzne bazy danych, z których miałyby następować odczyt. Do tej pory tylko nieliczne firmy testowały takie rozwiązanie, w bardzo ograniczonym zakresie (np. Perin, E., 2015. *Brazilian recycling plant uses RFID to facilitate reverse logistics*. RFID Journal). Kłopotliwe jest utrzymywanie takich baz danych, a także wprowadzanie szczegółowych danych o każdym produkcie. Należy pamiętać o dużej różnorodności produktów należących do grup sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Dla grup SEE nie powstał dotąd system informatyczny podobny do systemu stosowanego w demontażu pojazdów – IDIS (ang. International Dismantling Information System). Koncepcja działania systemu IDIS przewiduje, że każdy producent pojazdów samochodowych zamieszcza dane w tym systemie o wykorzystanych materiałach i proponowanych sposobach i narzędziach niezbędnych w jego demontażu. W ten sposób firmy zajmujące się demontażem pojazdów mogą wspomagać się w procesie rozbiórki pojazdów mając dostęp do bazy systemu IDIS przez Internet.

W związku z tym, że brakuje systemu, z którego po uprzednim zapisie danych przez producentów SEE, mogłyby korzystać zakłady demontażu ZSEE opracowałem nową metodę identyfikacji sprzętu, która jest przedmiotem zgłoszenia patentowego [9]. Jego istotą jest sposób kodowania informacji w etykiecie zawierającej kod 2D lub etykietę radiową RFID przez producenta sprzętu podczas jego produkcji lub montażu. Etykieta ma zawierać informacje o składzie materiałowym komponentów wykorzystanych w budowie podzespołu i całego urządzenia. Etykieta pozostawałaby w sprzęcie przez cały okres jego użytkowania i w końcowej fazie cyklu życia w zakładzie demontażu sprzętu następowałby jej odczyt. Pozwoliłoby to na identyfikację składu surowcowego całego urządzenia do demontażu, a także dla większych urządzeń poszczególnych komponentów. Zapis informacji w etykiecie zawiera charakterystykę składu materiałowego wykorzystanego w budowie sprzętu. Odczyt następuje bezpośrednio z etykiety i nie jest konieczne połączenie z zewnętrzną bazą danych.

Koncepcja tej metody polega na tym, że skład materiałowy ZSEE trafiającego do demontażu powinien być odczytany przed demontażem (jeśli obecna jest etykieta radiowa RFID) lub tuż po rozpoczęciu demontażu (np. otwarciem obudowy urządzenia do rozbiórki). Jego odczyt i interpretacja powinna wspomóc podjęcie decyzji o wyborze dalszych kroków demontażu, a także technologii demontażu.

Zasada kodowania składu materiałowego według mojego sposobu identyfikacji polega na zsumowaniu mas poszczególnych surowców zawartych w użytych komponentach. Jest to możliwe po odczycie zestawienia komponentów – BOM (ang. Bill of Materials). Kod zawiera literę określającą surowiec i następującą po niej masę tego surowca. Główne surowce występujące w sprzęcie ograniczają się do stali, tworzyw sztucznych, miedzi i jej stopów, a także aluminium i jego stopów. Zatem w kodzie jest uwzględniona zawartość głównych materiałów konstrukcyjnych oraz obecność metali szlachetnych, ziem rzadkich (których masa z reguły jest







niższa od 1 g) i materiałów niebezpiecznych. Zasada kodowania składu materiałowego SEE do zapisu w etykiecie przedstawiona jest w tabelicy 2.

**Tablica 2.** Schemat zapisu danych na etykiecie dołączanej do SEE

Materiał	Oznaczenie	Zawartość
Tworzywa sztuczne	P	Wartość liczbowa [g]
Metale żelazne	F	Wartość liczbowa [g]
Metale nieżelazne	N	Wartość liczbowa [g]
Szkło	G	Wartość liczbowa [g]
Inne	(to be selected)	Wartość liczbowa [g]
Substancja niebezpieczna	H B	Inna substancja Bateria/akumulator
Metal szlachetny	M	(1-wysoka, 2-średnia)
Metale ziem rzadkich	R	(1-wysoka, 2-średnia)

Przykład identyfikacji i kody przeznaczone do umieszczenia na etykietach dołączanych do sprzętu elektrycznego i elektronicznego zawiera tablica 3.

**Tablica 3.** Przykładowe kody na etykiety dołączane do SEE

Etykieta z kodem		Kodowane oznaczenie	Wyjaśnienie
DataMatrix	QR		
		P340F250N100	340g tworzywa sztuczne, 250g metale żelazne, 100g metale nieżelazne, brak lub bardzo niska zawartość metali szlachetnych i substancji niebezpiecznych.
		P820F120N80HBG1R1	820g tworzywa sztuczne, 120g metale żelazne, 80g metale nieżelazne, niebezpieczna substancja (bateria) wysoka zawartość metali szlachetnych (high grade) i metali ziem rzadkich.
		BG1	Etykieta na podzespół: płytka z baterią i metalami szlachetnymi

Wstępne badania możliwości zastosowania takiego sposobu identyfikacji w produkcji urządzeń elektrycznych przeprowadziłem w zakładach zajmującym się montażem m.in. sprzętu elektronicznego. Testy wykonałem w zakładach ESM Logistics S.A. (w czasie prowadzonych badań firma należała do grupy Pronox) przy produkcji telewizora LED Haier LET40T3, który był przeznaczony na rynek brytyjski. W zakładach tych następuje montaż finalny kilku głównych podzespołów, które zawierają już wszystkie funkcjonalne komponenty. Badania miały na celu weryfikację – czy mocowanie dodatkowej etykiety (RFID) wpływa na zmianę konfiguracji linii montażowej i proces montażu. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzona została łatwość w przygotowaniu etykiet, a także mocowania ich w produkowanym sprzęcie. Rezultaty badania przedstawiłem w publikacji [8].

Dalsze próby postanowiłem przeprowadzić w znacznie większym przedsiębiorstwie SANHUA – AVECO. Zakład produkuje podzespoły do dużego sprzętu AGD (pralki, zmywarki, itp.) dla wiodących producentów światowych sprzętu gospodarstwa domowego. W tym wypadku testowałem wykorzystanie kodów 2D. Aktualnie stosowane etykiety zawierają kod 2D

- DataMatrix. Wyznaczone zadanie badawcze sprowadzało się do odczytu zestawienia komponentów BOM, zsumowaniu mas głównych surowców i przygotowaniu zmodyfikowanej etykiety. Jako, że sposób kodowania zaproponowany przeze mnie umożliwia zapis z wykorzystaniem kodu DataMatrix – etykieta zmodyfikowana zawierała informację główną i dodatkową. Informacja główna jest wykorzystywana przez producenta do identyfikacji typu podzespołu (napięcia i mocy), i danych logistycznych. Po niej następuje informacja dodatkowa zawierająca skład materiałowy (rys. 8).



*Rys. 8. Weryfikacja systemu kodowania i przykład etykiety dla pompy w zakładzie SANHUA-AVECO*

Badania przeprowadziłem na przykładzie pomp wykorzystywanej w pralkach. W pierwszym kroku należało zsumować masę poszczególnych surowców. Było to możliwe po uzyskaniu dostępu do zestawienia komponentów z systemu CAD od poddostawców, a także danych o innych częściach z własnego zakładu. Zasada budowy zmodyfikowanego kodu uwzględnia integralność informacji podstawowych i zachowania pierwszego bloku danych stosowanego przez producenta i następnie dodanie bloku informacji o składzie materiałowym, jako części dodatkowej.

Testy przebiegły pomyślnie, potwierdzając użyteczność nowego sposobu identyfikacji – bez zmiany konfiguracji linii produkcyjnej możliwe jest drukowanie etykiet z danymi producenta i informacji recyklingowych zawartych w proponowanym przeze mnie sposobie kodowania.

Na rysunku 9 przedstawione są etykiety – oryginalna i zmodyfikowana.

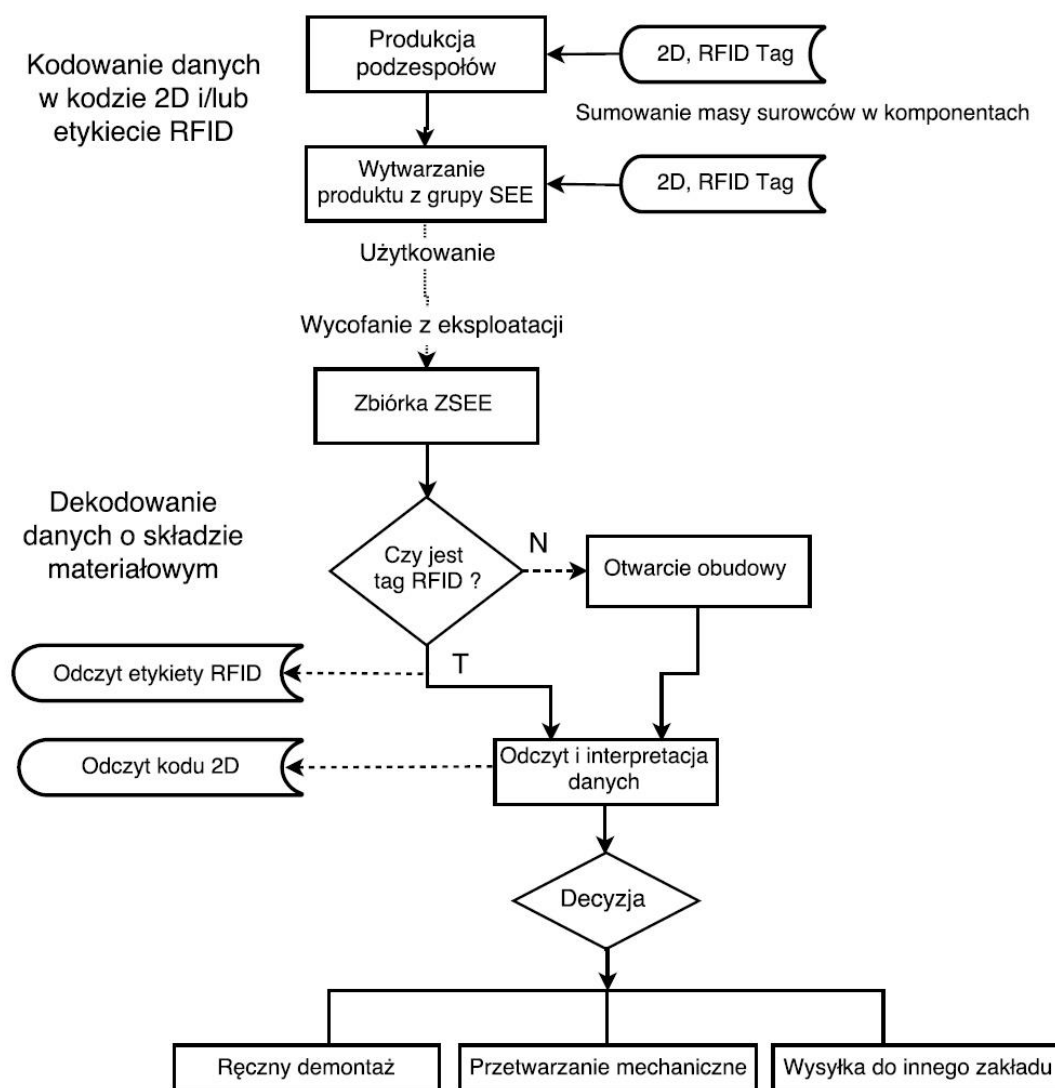


*Rys. 9. Widok etykiety oryginalnej (po lewej) i zmodyfikowanej – zawierającej dodatkowe dane o składzie materiałowym (po prawej)*

Dodatkową zaletą wykazaną w badaniu było wykorzystanie tej samej drukarki, która jest używana do druku aktualnych etykiet. Dodatkowy koszt związany jest jedynie

z przygotowaniem danych z list BOM, które dokonywane jest jednak jednorazowo dla całej partii produkcyjnej.

Etykiety przygotowane w ten sposób mogą być w prosty sposób wykorzystane na etapie demontażu. Odczyt i interpretacja kodu jest natychmiastowa, co pozwala na jego wykorzystanie w zakładach stosującymi proste metody demontażu, ale także zaawansowanych, gdzie można zastosować systemy wspomaganie decyzji i demontaż automatyczny. Dodatkowo, jeśli stosuje się identyfikatory radiowe preselekcja ZSEE może być zrealizowana już na etapie zbiórki (rys. 10). Koszt etykiet radiowych RFID jest jednak wyższy niż etykiety z kodem 2D.



Rys. 10. Zasada odczytu informacji o składzie materiałowym ZSEE wg nowego sposobu identyfikacji

Wyniki badań funkcjonalności nowego sposobu identyfikacji zostały zawarte w zgłoszonym przeze mnie artykule, który jest obecnie w recenzji: *A novel, cost efficient identification method for disassembly planning of waste electrical and electronic equipment* - Journal of Cleaner Production.



#### 4.4. Podsumowanie

Piąte zadanie badawcze (tablica 1) miało charakter podsumowujący, którego celem było określenie efektywności poszczególnych ogniw łańcucha logistyki zwrotnej ZSEE i jednocześnie uzyskanie efektu użytecznego w propozycjach poprawy jego funkcjonowania. Rezultaty badań w postaci opracowania wskaźników efektywności dla poszczególnych procesów w łańcuchu logistyki zwrotnej ZSEE przedstawione są w publikacjach [3,6,10]. Natomiast opracowanie wytycznych i zaleceń dla poprawy efektywności zbiórki, transportu i przetwarzania ZSEE przedstawiłem w publikacjach [2,4,5,7,10,11].

Interdyscyplinarne studium, które przeprowadziłem w ramach tego dzieła naukowego zawierało część analityczno-badawczą, która opierała się o konsultacje i badania w firmach: prowadzących zbiórkę – (supermarkety ze sprzętem RTV-AGD, Biosystem), demontaż i przetwarzanie sprzętu (Biosystem) i organizacjami odzysku ZSEE (AuraEko, ElektroEko), montaż sprzętu elektronicznego (ESM Logistics) i produkcję (SANHUA-AVECO). Badania sposobów postępowania mieszkańców przy usuwaniu ZSEE z gospodarstw domowych były prowadzone w formie ankietowej i pozyskane z kilku miejsc.

Na podstawie zebranych danych przeprowadziłem identyfikację słabych ogniw występujących w łańcuchu logistyki zwrotnej ZSEE. Dokonałem podziału na czynniki występujące w procesie zbiórki i w procesie demontażu i przetwarzania sprzętu, wpływające na efektywność łańcucha logistyki zwrotnej. W Polsce poziom zbiórki jest ciągle na stosunkowo niskim poziomie, zwłaszcza w perspektywie wymagań określonych w znowelizowanej dyrektywie WEEE. Dlatego pilnie należy podjąć działania poprawiające efektywność łańcucha logistyki zwrotnej.

Do najważniejszych czynników wpływających na zmniejszenie efektywności łańcucha logistyki zwrotnej ZSEE zakwalifikowałem:

- niewłaściwe postępowanie mieszkańców ze zużytym sprzętem, takie jak jego przechowywanie (składowanie) w gospodarstwach domowych i usuwanie w sposób nielegalny (odpady komunalne, punkty skupu złomu) [3],
- niewłaściwie prowadzone sposoby zbierania, a w szczególności mające wpływ na koszty transportu – brak optymalizacji tras zbiórek mobilnych, brak optymalizacji załadunku (pakowania) kontenerów i pojazdów dostawczych [2,4],
- brak lub słabo rozwinięte systemy informatyczne wspomagające zbiórkę sprzętu [1,7],
- brak skutecznego sposobu wymiany informacji o składzie materiałowym pomiędzy producentami a zakładami demontażowymi [1,8].

Podsumowując, najważniejsze osiągnięcia w przedstawionym dziele naukowym można przedstawić w następujących punktach, jako sposoby rozwiązania problemów zbiórki, transportu i przetwarzania ZSEE:

1. Zaproponowałem nową koncepcję prowadzenia zbiórek mobilnych – na żądanie (na zgłoszenie), uwzględniające satysfakcję klientów (mieszkańców). Jest ona miernikiem zadowolenia klienta przy terminowym odbiorze sprzętu. Jednocześnie możliwa jest optymalizacja tras zbiórki. Dla zbiórki stacjonarnej zaproponowałem optymalizację załadunku kontenerów. Ze względu na charakter tych zadań



- (NP-trudne) wymagają one zastosowania algorytmów heurystycznych (np. genetycznego, przeszukiwania tabu, mrówkowego lub pszczelego).
2. Efektem praktycznym wynikającym z analizy, identyfikacji oraz opracowania metod badawczych było przygotowanie systemu informatycznego – System Zbiórki Elektrośmieci działającego, jako aplikacja sieciowa z możliwością przeprowadzenia optymalizacji zbiórki dla zadanych okien czasowych z wizualizacją trasy. Dla umożliwienia testów systemu zarejestrowałem domenę [www.elektrosmieci.eu](http://www.elektrosmieci.eu), na której udostępniłem do publicznego użytkowania dwie wersje systemu – uproszczoną i pełną.
  3. Dodatkowo opracowałem algorytm przeznaczony dla pracowników fizycznych odpowiedzialnych za załadunek kontenerów ZSEE, co zostało sprawdzone w sposób praktyczny w magazynie jednego z supermarketów dużej sieci sprzedaży SEE.
  4. Dla ułatwienia procesu demontażu opracowałem sposób kodowania informacji o składzie materiałowym sprzętu elektrycznego i elektronicznego na etapie produkcji lub montażu będący przedmiotem zgłoszenia patentowego. Jego funkcjonalność została zweryfikowana na liniach montażu w ESM Logistics i AVECO, wskazując łatwość jego wykorzystania bez zmiany konfiguracji linii produkcyjnych.
  5. Zidentyfikowane problemy występujące w łańcuchu logistyki zwrotnej ZSEE zaowocowały przygotowaniem kolejnych artykułów naukowych i jednocześnie na podstawie rezultatów badań i wniosków dalsze prace są w trakcie opracowania.

Zaproponowane przeze mnie rozwiązania mogą w realny sposób wpłynąć na zwiększenie poziomu zbiórki ZSEE w Polsce. Jednocześnie pozwalają one na przeprowadzenie optymalizacji kosztów prowadzenia zbiórki. Przy krótszych trasach pojazdów zbierających i przy bardziej efektywnym wykorzystaniu przestrzeni ładunkowej pojazdów i kontenerów zmniejsza się liczba kursów i tras wykonywanych przez pojazdy. Sprzyja to ograniczeniu emisji i zmniejszeniu kosztów firm zbierających odpady. Nowe formy prowadzenia zbiórek mają wpływ na zwiększenie strumienia odpadów ZSEE zbieranych legalnie. W związku z tym założenia proces demontażu będzie przebiegał w sposób bezpieczny dla środowiska i przez to większa masa surowców trafi do recyklingu.

Zaproponowane przeze mnie nowe sposoby zbiórki zużytego sprzętu i identyfikacji składu materiałowego pozwalają na uzyskanie wymiernych korzyści ekonomicznych i ochrony środowiska naturalnego.

Połączenie działań związanych z identyfikacją słabych punktów funkcjonowania łańcucha logistyki zwrotnej i propozycjami związanymi z ich usprawnieniem jest realną szansą na zwiększenie efektywności poszczególnych procesów w nim występujących i tym samym powinno być kierunkiem działań firm i organizacji w celu poprawy poziomu zbiórki ZSEE w Polsce. Problemy badawcze rozpoznane w wyniku realizacji tej pracy pozwoliły na przygotowanie tematów kolejnych publikacji, które zostały przyjęte przez edytorów czasopism naukowych i obecnie są w recenzji:

1. **(Piotr Nowakowski)** *Investigating the reasons for storage of e-waste in households and impact on collection rate.* - Waste Management and Research.
2. **(Piotr Nowakowski, A. Król, B. Mrówczyńska)** *Supporting mobile WEEE collection on demand: A method for multi-criteria vehicle routing, loading and cost optimisation.* - Waste Management.

3. **(Piotr Nowakowski)** *A novel, cost efficient identification method for disassembly planning of waste electrical and electronic equipment* - Journal of Cleaner Production.
4. **(Piotr Nowakowski, B. Mrówczyńska)** *Towards sustainable WEEE collection and transportation methods in circular economy - comparative study for rural and urban settlements* - Resources, Conservation and Recycling.

Przeprowadzone przez mnie badania lokują się w następujących, zdefiniowanych przez Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk [Komitet Inżynierii Produkcji Polskiej Akademii Nauk, Istota inżynierii produkcji, Warszawa 2012, s. 6-8], obszarach prac naukowo-badawczych w dyscyplinie inżynieria produkcji:

obszar V - Optymalizacja łańcuchów dostaw i logistyka oraz obszar X - Efektywność, produktywność i organizacja przedsiębiorstw.

## 5. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

Od początku zatrudnienia na Politechnice Śląskiej moim głównym tematem badawczym było oddziaływanie środków technicznych na biosferę. Tematyka, którą się zajmowałem przed doktoratem dotyczyła głównie ekologicznych przenośników z taśmą rurową. Podstawowymi ich zaletami są możliwość transportu materiałów pyłących i higroskopijnych w formie zamkniętej. W ten sposób transportowany materiał jest odizolowany od środowiska naturalnego i dzięki temu trasa przenośników może być prowadzona przez tereny zielone nie powodując ich degradacji.

Tematyka większości artykułów naukowych, opublikowanych przeze mnie przed doktoratem związana była z tymi przenośnikami, a w szczególności z badaniami taśm rurowych. Temat pracy doktorskiej dotyczył wyznaczania własności mechanicznych taśm do przenośników rurowych. Brałem również udział w dwóch projektach badawczych. W jednym z nich "Wpływ wymiarów geometrycznych taśm do przenośników rurowych na ich własności reologiczne", byłem głównym wykonawcą, a w drugim "Przenośniki ekologiczne z taśmą rurową" realizowałem badania dotyczące taśm przenośnikowych i przygotowaniu komputerowego programu obliczeniowego do wyznaczania oporów ruchu w przenośniku rurowym.

W tablicy 4 przedstawiłem syntetyczne zestawienie dorobku naukowego przed i po doktoracie, a w tablicy 5 informacje dotyczące projektów i wdrożeń.

*Tablica 4. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego*

Wykaz osiągnięć		Przed doktoratem		Po doktoracie		Razem	
		autor	współautor	autor	współautor	autor	współautor
<b>Publikacje</b>							
1.	Publikacje w czasopismach wyróżnionych przez Journal Citation Reports.	-	-	2	1	2	1
2.	Artykuły w czasopismach zagranicznych, recenzowane.	-	2	2	4	2	6
3.	Publikacje w recenzowanym czasopiśmie krajowym lub zagranicznym	1	8	10	8	11	16
4.	Autorstwo rozdziału w monografii	-	-	1		1	-
5.	Autorstwo monografii lub podręcznika akademickiego w języku polskim.	-	-	2	2	2	2
6.	Autorstwo monografii lub podręcznika akademickiego w innym języku.	-	-	-	3	-	3
7.	Publikowane materiały z konferencji zagranicznych	-	2	2	3	2	5
8.	Publikowane materiały z konferencji krajowych	1	6	5	7	6	13
9.	Publikowane materiały z konferencji krajowych ze studentami	-	-	-	8	-	8

Sumaryczny *impact factor* według listy *JCR* - **9.211**

Liczba cytowań publikacji:

według bazy *Web of Science* 3;  
według bazy *Google Scholar* 24;

Indeks Hirscha opublikowanych publikacji:

według bazy *Web of Science* 1;  
według bazy *Google Scholar* 3;

**Tablica 5.** Syntetyczne zestawienie dorobku w zakresie projektów i wdrożeń

		Przed doktoratem		Po doktoracie		Razem	
Wykaz osiągnięć		Autor	Współautor	Autor	Współautor	Autor	Współautor
<b>Patenty, wdrożenia</b>							
1.	Wdrożone rozwiązania projektowe, konstrukcyjne, technologiczne, itp.	2			2	2	2
	Zgłoszenia patentowe			2		2	
<b>Granty, projekty badawcze krajowe</b>							
1.	Projekty badawcze krajowe	1	1				2
2.	Prace badawcze statutowe		5		4		9
<b>Projekty międzynarodowe</b>							
1.	Współpraca w ramach międzynarodowego projektu Leonardo da Vinci				1		1
2.	Współpraca w ramach międzynarodowego Projektu TEMPUS				1		1
3.	Współpraca w ramach międzynarodowego Projektu ERASMUS				1		1
<b>Inne prace (opinie, ekspertyzy, itp.)</b>							
1.	Opinie o innowacyjności, celowości projektu			1		1	

Po obronie pracy doktorskiej zamierzałem poszerzyć tematykę związaną z oddziaływaniem środków technicznych na środowisko i postanowiłem kontynuować moje badania ukierunkowane na pełny cykl życia środków technicznych ze szczególnym uwzględnieniem końcowej fazy cyklu życia. Dwie grupy środków technicznych uznałem za szczególnie interesujące w realizacji badań – sprzęt elektryczny i elektroniczny oraz pojazdy samochodowe. Cechą wspólną tych grup środków technicznych jest podobny proces projektowy i produkcyjny, eksploatacja dużej liczby tych środków technicznych w gospodarce (w instytucjach, firmach i gospodarstwach domowych) oraz konieczny proces demontażu przy końcu życia tych środków. Dodatkowym atrybutem jest znaczny potencjał recyklingowy tych środków technicznych, co pozwala prawie całkowicie odzyskać surowce wykorzystane do ich budowy. Jednocześnie w Unii Europejskiej zostały przyjęte trzy ważne dyrektywy określające sposób postępowania z wyeksploatowanymi środkami technicznymi i zasadami ich produkcji, ich

zbiórką, demontażem. Określone zostały także wytyczne dla projektantów i producentów SEE i pojazdów samochodowych z uwzględnieniem zasad DFR i DFE, a także sposobów informowania użytkowników tych środków technicznych, w jaki sposób postępować z tymi środkami po wycofaniu z eksploatacji. Obecnie duży nacisk w prowadzonych badaniach dotyczy domkniętej pętli łańcucha dostaw i kopalnictwa miejskiego (ang. urban mining).

Polska po wejściu do UE, przyjęła prawodawstwo związane ze zużytym sprzętem i pojazdami samochodowymi. Sytuacja przez pierwsze lata była zła, przy niskiej liczbie ZSEE i pojazdów samochodowych trafiających do zakładów demontażowych dysponujących wydajnymi technologiami bezpiecznymi dla środowiska. Było to dodatkowym bodźcem do podjęcia tej tematyki w moich badaniach.

Część badań zrealizowanych przeze mnie dotyczyła etapu projektowania środków technicznych z uwzględnieniem końcowej fazy cyklu życia. Brałem udział w projekcie europejskim Leonardo da Vinci, w którym wykonywałem zadanie: To develop the DFX (Design for X) study course for undergraduate and postgraduate students and retraining of engineers in industry 2003-2005 r. Efektem końcowym tego projektu było opracowanie kursu e-learningowego dla pracowników różnych branż przemysłowych w celu poznania współczesnych metod projektowania (DFX). Zostało to umieszczone na stronie internetowej, na której zamieszczono pełny kurs projektowania maszyn transportowych wraz ze sprawdzianem nabytej przez kursanta wiedzy. Byłem głównym wykonawcą tego opracowania.

Z problematyką projektowania środków technicznych zapoznałem się w sposób praktyczny będąc na stażu przemysłowym już w 1993 r. w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Dźwignic i Urządzeń Transportowych "Detrans" w Bytomiu. Jako główne zadanie zrealizowałem projekt i opracowanie dokumentacji hamownika drabiny awaryjnej suwnicy pomostowej według mojej koncepcji. Hamownik został wykonany i zainstalowany na suwnicy pomostowej w zakładzie przemysłowym w Polsce. Swoje doświadczenie projektowe i praktyczne wykorzystanie systemów CAD przekazywałem też dyplomantom, którzy podjęli pracę w firmach o dużej renomie m.in. w dziale badawczo-rozwojowym firmy Ford w Niemczech, Famaku-Kluczbork, firmie Wentech i Ruland Engineering & Consulting Sp. z o. o.

Duża część artykułów naukowych, którą opublikowałem dotyczy końca życia środków technicznych, w tym pojazdów samochodowych. Do nich można zaliczyć publikacje w materiałach konferencyjnych i wygłoszenie referatów naukowych m.in.:

1. Aleksander Sładkowski, **Piotr Nowakowski**. *K voprosu vnedreniâ ideologii recyklinga v process proektirovaniâ proizvodstva i éksploatacii tehničeskih sredstv*. Konferencja Logistika promyslovih regioniv. 2012 r. Donieck.
2. **Piotr Nowakowski**. *Reuse of automotive components from dismantled end of life vehicles*. Konferencja Transport Problems 2013.
3. **Piotr Nowakowski**. *Recycling potential of end of life vehicles*. Konferencja Industrial'no-innovacionnoe razvitie transporta, transportnoj tehniki i mašinostroeniâ Almaty, Kazachstan 2013.
4. **Piotr Nowakowski**. *Application of information technologies in waste management after dismantling end of life vehicles*. Konferencja Transport Problems 2014.
5. **Piotr Nowakowski**. *Perspektywy rozwoju recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji w Polsce*. Transport Problems 2015.

Prace badawcze i ich rezultaty opublikowane w czasopismach naukowych dotyczące pojazdów wycofanych z eksploatacji oraz zagospodarowania surowców i komponentów przedstawiłem m.in. w artykułach:

1. **Piotr Nowakowski**. *Reuse of automotive components from dismantled end of life vehicles*. Transport Problems 2013 vol. 8 iss. 4, s. 17-25.
2. Aleksander Śładkowski, **Piotr Nowakowski**, Karolina Łachacz. *Funkcional'nost' sistem reciklinga dlâ transportnyh sredstv promyšlennogo transporta*. Visnik Schidnoukrainskovo Nacionalnovo Universiteta 2010 no. 5, č. 2, s. 172-179.
3. **Piotr Nowakowski**. *Logistics system of collection, dismantling and recycling of end-of-life vehicles*. Transport Problems 2010 t. 5 z. 4, s. 81-86.
4. **Piotr Nowakowski**. *Dismantling of end life vehicles in Poland*. Problemy Transportu 2008 t. 3 z. 3, s. 17-24.

Inne artykuły naukowe poświęcone były zagadnieniom łańcucha logistyki zwrotnej ZSEE:

1. Bogna Mrówczyńska, **Piotr Nowakowski**. *Optymalizacja tras przejazdu przy zbiórce zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego dla zadanych lokalizacji punktów zbiórki*. Czasopismo Logistyka 2/2015.
2. **Piotr Nowakowski**, Bogna Mrówczyńska. *Systematic approach to collection schemes of waste electric and electronic equipment*. 3-rd International Conference of Logistics, Economics and Environmental Engineering. Logistics in recession, [Maribor, Slovenia], 21.5.2013.
3. **Piotr Nowakowski**. *Application of information technologies in handling waste electronic and electric equipment*. Visnik Schidnoukrainskovo Nacionalnovo Universiteta 2011 no. 12, č. 1, s. 161-167.

Tematyka związana z zagadnieniami demontażu była poruszana przeze mnie w publikacjach obejmujących proces projektowania jak i koniec życia środków technicznych.

1. **Piotr Nowakowski**. *Zastosowanie nowoczesnych systemów CAD do wizualizacji montażu i demontażu maszyn transportowych*. Transport Przemysłowy 2007 nr 4, s. 52-55.
2. **Piotr Nowakowski**. *Metodologia projektowania zorientowanego na montaż i recykling na przykładzie przenośnika taśmowego o konstrukcji samonośnej*. Transport Przemysłowy 2006 nr. 1, s. 25-29.
3. **Piotr Nowakowski**. *Identification of optimization tasks in life cycle of machines*. Transactions of University of Kosice 2011 no. 2, s. 163-170.

W ramach prac naukowo-badawczych w Katedrze Logistyki i Transportu Przemysłowego, na Wydziale Transportu wykonywałem badania statutowe. W 2010 tytuł prac statutowych BK-284/RT-3/2010 brzmiał: Logistyka systemów transportowych w dużych aglomeracjach miejskich. Realizowałem w nim zadanie: Preferencje pasażerów transportu zbiorowego na terenie aglomeracji Śląskiej. W 2014 r. Realizowany temat prac badawczych BK-253/RT3/2014 brzmiał: Analiza i optymalizacja procesów transportowych. Wykonywałem zadanie pt.: „Problemy zbiórki i transportu wyeksploatowanych środków technicznych dla celów recyklingu”.

W 2015 r. tematem badań statutowych BK- 243/ RT3/ 2015 była: „Analiza procesów transportowych i magazynowania oraz wykorzystania nowych metod obliczeniowych dla środków transportu”. Zadanie, które wykonałem dotyczyło analizy zadań transportowych dla wyeksploatowanych środków technicznych w celu demontażu i recyklingu.

W 2016 roku badania statutowe BK- 240/ RT3/ 2016 dotyczyły tematu: „Analiza procesów transportowych i magazynowania oraz wykorzystania nowych metod obliczeniowych dla środków transportu”. Wykonałem wtedy badanie oddziaływań na środowisko przy zbiorce i transporcie odpadów.

Swoje zainteresowania badawcze przekazywałem również będąc na stażu w ramach programu Erasmus, którego temat brzmiał: Erasmus STA Teaching Staff Mobility w 2011 r. Tematyka, którą zaprezentowałem dotyczyła demontażu i recyklingu pojazdów i maszyn wykorzystywanych w transporcie: “Dismantling and recycling of transportation machines and vehicles”.

Bezpośrednim rezultatem działań propagujących naukę i rozwój kadr były wspólne referaty ze studentami, do których można zaliczyć m. in.:

1. P. Czernek, **Piotr Nowakowski**. „Systemy wspomagające demontaż środków technicznych z przykładami ich zastosowań”. IX Studencka Sesja Naukowa, Katowice, 2011.
2. J. Urgacz, **Piotr Nowakowski**. „Analiza porównawcza systemów logistycznych zbiórki odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w krajach rozwiniętych”. VIII Studencka Sesja Naukowa. 40 lat kształcenia na kierunku Transport, Katowice, 2010.
3. R. Palka, **Piotr Nowakowski**. „Wykorzystanie strzępiarek w logistyce przerobu złomu na przykładzie CMC Zawiercie” S.A. VII Studencka Sesja Naukowa, Katowice.2009.
4. M. Susik, **Piotr Nowakowski**. „Wspomaganie łańcucha dostaw fabryki TPCS w Kolinie technologią identyfikacji radiowej”. VI Studencka Sesja Naukowa Wydziału Transportu, Katowice, 2008.
5. M. Lubas, **Piotr Nowakowski**. „Wykorzystanie częstotliwości radiowej w identyfikacji towarów na przykładzie projektu stanowiska”. VI Studencka Sesja Naukowa Wydziału Transportu, Katowice, 2008.

Od 2008 r. jestem opiekunem studenckiego koła naukowego „LogistiCAD” działającego na Wydziale Transportu Politechniki Śląskiej. Członkowie Koła zdobywali wiele nagród na konferencjach naukowych i konkursach w latach (2008-2017) m.in.:

- XIII Forum Młodej Logistyki (konkurs referatów) Politechnika Warszawska - II miejsce medalowe;
- IV Poznańskie Forum Logistyczne (konkurs referatów) Politechnika Poznańska-wyróżnienie;
- IV Poznańskie Forum Logistyczne (konkurs case study) Politechnika Poznańska III miejsce medalowe;
- XII Studencka Sesja Naukowa Wydziału Transportu (konkurs referatów) Politechnika Śląska wyróżnienie -nagroda publiczności za najlepiej przygotowany referat;
- V Konferencja Młodych Logistyków POLLOGUS (konkurs referatów) Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu I miejsce medalowe;
- VII Dni Transportu (konkurs referatów) Politechnika Krakowska II miejsce medalowe;
- w konkursie Wincanton i Krajowej Izby Podatkowej - III miejsce;
- Uniwersytecka Liga Logistyków na Uniwersytecie Ekonomicznym w Katowicach - III miejsce.

W ramach współpracy międzynarodowej brałem udział w projekcie europejskim Tempus: *LLL Training and Master in Innovative Technologies for Energy Saving and Environmental Control for Russian Universities, involving Stakeholders. "GREEN MASTER"*.

Treści wykładów, które były skierowane do pracowników akademickich z różnych uniwersytetów z Rosji brzmiały:

- Design for recycling as environmental conscious tool in machines designing;
- Identification of components and reverse supply chain of waste electrical and electronic equipment;
- Methods of end of life vehicle dismantling;
- Reverse supply chain for end of life vehicles;
- Design of database for waste management system of end of life vehicles.

Celem tego projektu było upowszechnienie wiedzy o innowacyjnych i energooszczędnych technologiach wykorzystywanych w gospodarce oraz sposoby oszczędzania zasobów naturalnych m.in. poprzez odzysk i recykling. Dodatkowym zamierzeniem tego projektu było zainicjowanie współpracy naukowo-badawczej pomiędzy uczelniami z Unii Europejskiej i Rosji. Upowszechnianie tematyki związanej z moim głównym obszarem badawczym związanym z łańcuchem logistyki zwrotnej, starałem się realizować nie tylko przez udział w tym projekcie, ale także poprzez publikacje wydane na Ukrainie, w Rosji, Kazachstanie Słowacji i Słowenii.

Jestem autorem ekspertyzy dotyczącej innowacyjności przygotowanej dla stacji demontażu pojazdów: Analiza funkcjonowania zakładu demontażu pojazdów samochodowych pod kątem innowacyjności zastosowanej linii technologicznej dla firmy Kupiec S.A. w 2016 r.

Byłem recenzentów artykułów czasopism zagranicznych z listy „A” MNiSW Assembly Automation (Wyd. Emerald) i Waste Management (Wyd. Elsevier) oraz w krajowych: Journal of Economic and Technical Sciences (Wyd. WSEA Bytom) i Logistyka Odzysku (Wyd. MMConsulting Warszawa).

Uzyskałem nagrody J.M. Rektora Politechniki Śląskiej za działalność badawczo-naukową w 1997 r. i 2016 r.

Ze względu na mój dotychczasowy dorobek i działalność w zakresie popularyzacji właściwych sposobów gospodarowania ZSEE zostałem poproszony o wypowiedź ekspercką na łamach czasopisma Logistyka Odzysku.

Jestem autorem dwóch zgłoszeń patentowych:

- **Nowakowski, P.**, 2013. Sposób kodowania informacji o składzie materiałowym sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Urząd Patentowy Warszawa P 402980.
- **Nowakowski, P.**, 2013. Kontener i sposób zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Urząd Patentowy Warszawa P 402530.



## 6. OMÓWIENIE OSIĄGNIĘĆ DYDAKTYCZNYCH I ORGANIZACYJNYCH

Oprócz działalności naukowo-badawczej za szczególnie istotną uważam działalność dydaktyczną i organizacyjną.

Jestem autorem podręcznika akademickiego, który ukazał się w dwóch wydaniach „Wybrane techniki komputerowe w projektowaniu i wytwarzaniu” skrypt Politechniki Śl. Nr. 2339 (współautor T. Łukasik) z 2003 r. i wydania zmienionego skrypt nr. 2401 z 2006 r. Jestem współautorem podręcznika z 2017 r. pt.: „Logistyka w łańcuchach dostaw – wybrane zagadnienia” Wyd. Politechniki Śląskiej (współautorzy M. Cieśla, G. Hat-Garncarz, T. Opasiak).

W ramach wspomnianego wyżej projektu Tempus „GreenMa” jestem współautorem rozdziałów w dwóch podręcznikach:

1. **Piotr Nowakowski.** Dizajn pererabotki othodov i ohrana okružaûšej sredy. Practical application of energy saving technologies. Textbook for the Master Programme "Innovative technologies for energy saving and environmental protection". Pod red. V. Semenova. Tambov 2014.
2. **Piotr Nowakowski.** Èkologièeskaâ bezopasnost' v aspekte povtornogo ispol'zovaniâ (na primere demontaža èlektronnogo oborudovaniâ). Energy efficiency improvement in natural and industrial systems. Textbook for the Master Programme "Innovative technologies for energy saving and environmental protection". Pod red. N. Popova. Tambov 2014.

Opracowałem nowe przedmioty dla siatek studiów I i II stopnia na Wydziale Transportu na kierunku Transport: Systemy informatyczne w logistyce, Systemy identyfikacji ładunków, Logistyka odpadów, Ekologia w transporcie przemysłowym, Metody negocjacji i prezentacji.

Obecnie prowadzę zajęcia dydaktyczne na I stopniu studiów dziennych i zaocznych Komputerowo wspomagane projektowanie (wykład i laboratorium), na II stopniu studiów dziennych i zaocznych: Logistyka odpadów (wykład i projekt), Systemy identyfikacji ładunków (wykład i laboratorium), Metody negocjacji i prezentacji (wykład i laboratorium).

Na studiach doktoranckich (III stopnia) prowadzę zajęcia przygotowujące doktorantów do zajęć dydaktycznych - Metody i techniki prowadzenia zajęć dydaktycznych.

Wcześniej prowadziłem zajęcia dydaktyczne z przedmiotów: Logistyka komunalna (wykład i projekt), Systemy informatyczne w logistyce (wykład i laboratorium), Ekologia w transporcie przemysłowym (wykład i projekt), Ekologia w transporcie szynowym (wykład), Techniki komputerowe (wykład i laboratorium), Technologia magazynowania (projekt), Maszyny i urządzenia przeładunkowe (projekt), Mechanizacja prac ładunkowych (projekt).

Jestem promotorem ponad 100 prac magisterskich i inżynierskich. W szczególności było to 40 prac i projektów inżynierskich i 63 prace magisterskie. Kierowałem również pracami końcowymi na studiach podyplomowych.

Otrzymywałem wysokie oceny okresowe przy ankietyzacji przez studentów. Średnia z wszystkich ankiet z semestrów letniego i zimowego wynosiła (w skali do 5) w 2010 r. – 5, w 2011 r. – 4.4, w 2012 r. – 4.6, w 2013 r. – 4.8, w 2014 r. – 4.8, w 2015 r. – 4.8 i w 2016 r. – 4.7.

Na studiach podyplomowych prowadzonych na Wydziale Transportu – logistyka transportu – uczestniczyłem w prowadzeniu zajęć w czasie dziewięciu edycji tych studiów. Prowadziłem wykłady i zajęcia laboratoryjne z przedmiotu systemy informatyczne w logistyce.

W ramach działań organizacyjnych przygotowałem stanowisko badawcze do badania taśm do przenośników rurowych.

Jestem administratorem i opiekunem laboratorium komputerowego, w którym prowadzone są zajęcia z komputerowo wspomaganego projektowania. W laboratorium wykorzystywane jest również oprogramowanie specjalistyczne do zastosowań w logistyce Qugar TMS. Odpowiadam w nim za serwer i stacje robocze.

Jestem projektantem i administratorem strony internetowej Katedry Logistyki i Transportu Przemysłowego Wydziału Transportu od początku uruchomienia strony od 2005 r. Również administruję bazą danych prac dyplomowych, w których zgromadzone są dane o pracach inżynierskich i magisterskich wykonanych w Katedrze Logistyki i Transportu Przemysłowego.

Aktywnie uczestniczę w komisjach wydziałowych:

- W latach 1995 - 2011 byłem członkiem Komisji ds./ układania rozkładów zajęć;
- Brałem udział w komisjach ds. Rozmowy Kwalifikacyjnej na II stopień studiów - od 2013;
- Jestem pełnomocnikiem dziekana do spraw promocji Wydziału Transportu - od 2016.

Opracowałem projekt ulotki informacyjnej Wydziału Transportu dla kandydatów na studia. Opracowałem projekt dodatkowych materiałów służących promocji wydziału – roll-up do wystawienia na targach i innych imprezach promocyjnych.

Uczestniczyłem aktywnie, jako prezenter w XIX Ogólnopolskich Targach Edukacja 2017, reprezentując Wydział Transportu.

Przygotowałem promocję Katedry Logistyki i Transportu Przemysłowego na spotkania informacyjne dla studentów wybierających specjalność na naszym wydziale.

Jestem opiekunem studentów podczas wycieczek organizowanych do zakładów przemysłowych, jako praktyczne uzupełnienie zajęć dydaktycznych.

Brałem czynny udział w organizacji konferencji naukowych „Napędy maszyn transportowych” 1994-2008 oraz „Logistyka bezpieczeństwa imprez masowych” 2009, organizowanych przez Katedrę, w której jestem zatrudniony. Byłem przewodniczącym sesji naukowych na konferencji Transport Problems w 2015 r.

Zostałem odznaczony przez J.M. Rektora Politechniki Śląskiej - Zasłużony dla Politechniki Śląskiej w 2011 r.

Piotr Nowakowski