

Dr inż. Marianna KAZIMIERSKA-GRĘBOSZ

Zakład Podstaw Techniki i Ekologii Przemysłowej, Wydział Organizacji i Zarządzania

Dr inż. Agnieszka CHUDZIK

Wydział Mechaniczny

Politechnika Łódzka

WYKORZYSTANIE WSPOMAGANIA KOMPUTEROWEGO W SYSTEMIE ZBIÓRKI I RECYKLINGU ZUŻYTEGO SPRZĘTU ELEKTRYCZNEGO I ELEKTRONICZNEGO

Streszczenie: W referacie przedstawiono problem zbiórki i recyklingu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz wykorzystania wspomaganie komputerowego podczas tych procesów, uwzględniając uwarunkowania prawne w Polsce i w Unii Europejskiej. Celem referatu jest przedstawienie możliwości i zalet wykorzystania specjalistycznego oprogramowania, w szczególności w procesie zbiórki ZSEE.

THE APPLICATION OF COMPUTER AIDED DURING THE COLLECTION AND RECYCLING OF WASTE ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT

Abstract: This paper presents the problem of collection and recycling of waste electrical and electronic equipment and application of computer software taking into account legal regulations in Poland and the European Union. The objective of this paper is to present the possibilities and advantages of using specialized software, in particular, in the process of collection of WEEE.

Słowa kluczowe: wspomaganie komputerowe, zużyty sprzęt, zbiórka ZSEE, ochrona środowiska

Keywords: computer aid, WEEE, environmental protection

1. WPROWADZENIE

W ostatnich dziesięcioleciach obserwujemy intensywny rozwój przemysłu elektronicznego. Zmieniający się styl życia i rozwój technologii przyczyniły się do wzrostu poziomu produkcji i skracania cyklu życia urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Tego typu urządzenia niezwykle szybko tracą miano nowoczesności, co powoduje, że z biegiem czasu przestają spełniać ludzkie oczekiwania. Wówczas zastępowane są nowocześniejszymi urządzeniami o lepszych funkcjach i walorach, powodując ich stopniowe eliminowanie. Na rynku pojawiają się nowe, coraz doskonalsze produkty elektroniczne i sprzęt gospodarstwa domowego. W związku z wymianą starego sprzętu na nowy pojawia się problem z zagospodarowaniem zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Istotny jest zarówno problem sposobu odbioru tego typu odpadów, ich negatywny wpływ na środowisko naturalne, jak i ich recykling. Z problemem tym rozwinięte kraje europejskie spotkały się znacznie wcześniej niż Polska, dlatego warto korzystać z ich doświadczeń w tej dziedzinie. Problem jest ważny

i pilny, ponieważ ustawa z dnia 29 lipca 2005 roku o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym oraz dyrektywa 2002/96/WE stawiają państwu polskiemu obowiązek właściwego zorganizowania systemu zbiórki i przetwarzania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego pochodzącego z gospodarstw domowych, czego rezultatem miało być osiągnięcie w roku 2008 poziomu zbiórki zużytego sprzętu w wysokości 4 kg/mieszkańca. Rozumie się przez to, że w ciągu roku powinno być zbierane i przetwarzane około 156 000 ton odpadów zużytego sprzętu. Zadanie to należy do niezwykle skomplikowanych i trudnych przedsięwzięć z uwagi na niedostatek infrastruktury dostosowanej do zbierania i przetwarzania odpadów oraz brak świadomości ekologicznej społeczeństwa [1]. Zastosowanie wspomaganie komputerowego zbiórki i recyklingu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego pomoże w zrealizowaniu tego zadania.

2. SZKODLIWE DZIAŁANIE ODPADÓW ZSEE NA ŚRODOWISKO

Właściwa zbiórka zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE) i jego dalsze przetwarzanie są jest ważne ze względu na szkodliwy wpływ ZSEE na środowisko.

Większość zawartych substancji w urządzeniach elektrycznych i elektronicznych należy do szkodliwych i toksycznych, mogących z dużą łatwością przeniknąć do powietrza, gleby i wód gruntowych. Nieodpowiednie postępowanie ze sprzętem elektrycznym i elektronicznym, poprzez porzucanie go w miejscach niedozwolonych, niszczy i zatruwa środowisko naturalne, zagrażając zdrowiu ludzi i zwierząt. Większość substancji występujących w urządzeniach elektrycznych i elektronicznych to trucizny, powodujące zmiany w aparacie genetycznym oraz związki rakotwórcze. Do podstawowych substancji zawartych w urządzeniach elektrycznych i elektronicznych zaliczamy rtęć, kadm, freon, PCB, związki bromu oraz azbest.

Rtęć jest niezwykle cennym metalem z uwagi na swoje niepowtarzalne właściwości. Dużą wadą rtęci jest jej bardzo wysoka szkodliwość i umiejętność gromadzenia się w organizmach żywych. Rtęć przez lata kumuluje się w środowisku, trafiając do organizmów żywych, poprzez spożywane rośliny, wodę, produkty zwierzęce i powietrze, wywołując groźne schorzenia, a nawet śmierć.

Kadm znajduje się w bateriach urządzeń elektrycznych. Jego toksyczność powoduje zaburzenie czynności nerek, zmiany nowotworowe, a także szybszy rozwój miażdżycy.

R-12 – freon, jest najbardziej szkodliwy dla warstwy ozonowej. Pełni on funkcję chłodniczą w klimatyzatorach i lodówkach. Od 1998 roku wprowadzono zakaz stosowania go w urządzeniach elektrycznych, co nie wyklucza jego obecności w urządzeniach starszego typu.

PCB, czyli polichlorowane bifenyle, pełnią funkcje smarujące, izolujące i chłodzące. Są trwałe, łatwo się przemieszczają, wnikając do gleby i atmosfery, a stamtąd do tkanki tłuszczowej ludzi i zwierząt, osłabiając odporność, uszkodzając wątrobę, czy powodując opóźnienia w rozwoju niemowląt.

Związki bromu i **azbest** są także istotnymi substancjami zawartymi w urządzeniach elektrycznych i elektronicznych. Związki bromu stosowane w komputerach mają za zadanie zapobiegać zapłonowi. Powodują one schorzenia układu rozrodczego i problemy neurologiczne. Zaś azbest stosowany w urządzeniach elektrycznych i elektronicznych z uwagi na swoje właściwości izolacyjne, przyczynia się jednak do raka płuc, czy pylicy azbestowej. Azbest jest obecnie wycofywany.

Świadomość naszego społeczeństwa o szkodliwym wpływie ZSEE na środowisko jest bardzo mała. Potwierdziły to badania przeprowadzone przez studentów Politechniki Łódzkiej we wrześniu 2012 roku. Również wiedza o głównych aspektach funkcjonowania rynku zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego jest bardzo mała, np. tylko 16% badanych znało skrót ZSEE.

3. UWARUNKOWANIA PRAWNE DOTYCZĄCE DZIAŁANIA RYNKU ZSEE

Pojęcie sprzętu elektrycznego lub elektronicznego rozumiane jest jako „urządzenia, których prawidłowe działanie jest uzależnione od dopływu prądu elektrycznego lub od obecności pól elektromagnetycznych i zaprojektowane do użytku przy napięciu elektrycznym nieprzekraczającym 1 000 V dla prądu zmiennego oraz 1 500 V dla prądu stałego, zaliczone do grup sprzętu określonego w załączniku 1 do ustawy” (Ustawa z dnia 29 lipca 2005 roku, Dz.U. z 2005 r., nr 180, poz. 1495).

3.1. Regulacje prawne dotyczące ZSEE w Unii Europejskiej

Głównym aktem Unii Europejskiej dotyczącym ZSEE jest dyrektywa 2002/96/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 roku w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego.

Do głównych celów dyrektywy 2002/96/WE zaliczamy [2]:

1. „ograniczenie ilości zużytych urządzeń elektrycznych i elektronicznych (ZSEE), a ponadto ponowne użycie, recykling oraz inne formy odzysku takiego złomu tak, aby ograniczyć ilość usuwanych odpadów”,
2. „dążenie do poprawy funkcjonowania w środowisku naturalnym wszystkich podmiotów zaangażowanych w cykl życia urządzeń elektrycznych i w szczególności podmiotów bezpośrednio zaangażowanych w przetwarzanie zużytych urządzeń elektrycznych i elektronicznych”.

Natomiast do instrumentów niezbędnych w realizacji głównych celów stawianych dyrektywie, zaliczamy obowiązek osiągnięcia wymaganych poziomów: odzysku, ponownego użycia oraz recyklingu. Poziomy te określone są w zależności od typu sprzętu i jego wagi. Zobowiązanie to dotyczy producentów i importerów produktów, aczkolwiek państwo ma obowiązek rozliczyć się z jego wykonania przed organami wspólnoty [3].

Zgodnie z przepisami dyrektywy na producentach spoczywa również obowiązek finansowania zbiórki, przetwarzania, odzysku i usuwania w sposób przyjazny środowisku naturalnemu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, który pochodzi z prywatnych gospodarstw domowych, gdzie jest składowany w odpowiednio do tego przygotowanych punktach zbiórki. Według postanowień dyrektywy, skuteczne prowadzenie zbiórki ZSEE stanie się możliwe tylko wówczas, gdy użytkownicy zostaną zaznajomieni z trybem takiej zbiórki i zasadami jej prowadzenia. Zebrane odpady powinny zostać właściwie zagospodarowane, gdyż dyrektywa nakłada na państwa członkowskie obowiązek przetwarzania ZSEE pod odpowiednim nadzorem. W rezultacie państwa są zobowiązane do przygotowania przedsiębiorstw i zakładów w taki sposób, aby czynności związane z przetwarzaniem, realizowały normy zapobiegania jego negatywnemu wpływowi na otoczenie. Ważne jest, aby tego typu normy zostały skonstruowane i wykorzystane w sposób zapewniający ochronę zdrowia i życia ludzkiego oraz w sposób gwarantujący znaczny poziom ochrony środowiska [3]. Ponadto dyrektywa wymaga od państw członkowskich opracowywania rejestru producentów oraz zbierania informacji odnośnie do zasad obliczania rocznych ilości zebranych urządzeń elektrycznych i elektronicznych, wprowadzonych do

obrotu, ponownie użytych oraz poddanych recyklingowi, a także odzyskanych na ich terytorium według wagi, a w sytuacji, gdy jest to uniemożliwione – według ilości. Państwa członkowskie mają obowiązek przekazać Komisji Unii Europejskiej sprawozdania z wykonania zobowiązań określonych w dyrektywie.

Każde z państw członkowskich Unii Europejskiej jest zobowiązane transponować przepisy dyrektywy odnośnie do ZSEE do swoich systemów prawnych. Zawarte w dyrektywie regulacje istotnie wpływają na obowiązki produkujących sprzęt elektryczny, przedsiębiorstwa handlujące sprzętem i użytkowników sprzętu elektrycznego [4].

3.2. Regulacje prawne dotyczące ZSEE w Polsce

Wynikające z dyrektywy 2002/96/WE z dnia 27 stycznia 2003 roku wymagania odnośnie do zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego zostały przeniesione do prawa polskiego za pomocą ustawy z 29 lipca 2005 roku o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym.

Tworzenie ustawy ukierunkowane było na zmniejszenie ilości ZSEE trafiającego do miejsc utylizacji, takich jak składowiska i spalarnie, gdzie mogłyby zagrażać życiu ludzkiemu oraz pogarszać jakość środowiska naturalnego. Natomiast głównym celem ustawy jest zdefiniowanie wymagań wobec zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz określenie podstawowych zasad postępowania z nim, zapewniając zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, ochronę zdrowia i otoczenia. Powinno to zatem wesprzeć działania mające na celu zachowanie właściwego poziomu zbierania, odzysku i recyklingu ZSEE [5].

Ustawa zawiera rejestr podmiotów realizujących działalność w obszarze gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym. Rozwiązanie to ma służyć uzyskaniu istotnych informacji o procedurach postępowania z różnymi kategoriami odpadów ZSEE oraz określeniu stopnia wywiązywania się przez producentów z obowiązków zdefiniowanych w przepisach ustawy. Do organów odpowiedzialnych za właściwe prowadzenie rejestru zaliczamy Głównego Inspektora Ochrony Środowiska [4]. Prowadzenie rejestru przez Głównego Inspektora Ochrony Środowiska ma na celu dokonanie analizy funkcjonowania systemu gospodarki ZSEE. Główny Inspektor Ochrony Środowiska przygotowuje na podstawie sprawozdań (ewidencja obrotu nowym i zużytym sprzętem), dostarczonych przez podmioty wpisane do rejestru, roczne raporty na temat funkcjonowania systemu gospodarowania zużytym sprzętem. Niniejszym rejestrem obejmujemy:

- podmioty wprowadzające sprzęt na rynek,
- podmioty zbierające zużyty sprzęt,
- zakłady przetwarzania zużytego sprzętu,
- podmioty zajmujące się recyklingiem,
- inne formy odzysku.

Równie ważnymi ustawami dotyczącymi odpowiedniej gospodarki ZSEE są:

- Ustawa o Prawie Ochrony Środowiska z 27 kwietnia 2001 roku z późniejszymi zmianami,
- Ustawa o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej z 11 maja 2001 roku wraz z późniejszymi zmianami,
- Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach z 13 września z 1996 roku wraz z późniejszymi zmianami,
- Ustawa o odpadach z 27 kwietnia z 2001 roku wraz z późniejszymi zmianami.

4. WYKORZYSTANIE WSPOMAGANIA KOMPUTEROWEGO PODCZAS ZBIÓRKI ZSEE





Od kilku lat na rynku dostępne jest oprogramowanie dla zbierających zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny, które pozwala na prowadzenie rejestrów. Rejestry obejmują: definicje sprzętu, definicje zużytego sprzętu, spis przyjęć od osób fizycznych i firm, spisy kontrahentów, wykazy kart przekazania odpadów, wykazy kart wydania sprzętu do zakładu przetwarzania, wykazy dokumentów potwierdzających transport ZSEE. Za pomocą oprogramowania możliwe jest także tworzenie kwartalnych sprawozdań dla Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska.

Oprogramowanie dla firm zajmujących się recyklingiem umożliwia wszystkim zainteresowanym współpracę w czasie rzeczywistym, w oparciu o indywidualnie skonfigurowany system. W zależności od rodzaju oprogramowania możliwe jest:

- gromadzenie i przetwarzanie informacji,
- planowanie zasobów niezbędnych do zbiórki (liczba pojazdów, sprzęt, liczba pracowników),
- śledzenie procesu zbiórki,
- koordynowanie procesu zbiórki,
- tworzenie wniosków odbioru,
- generowanie raportów.

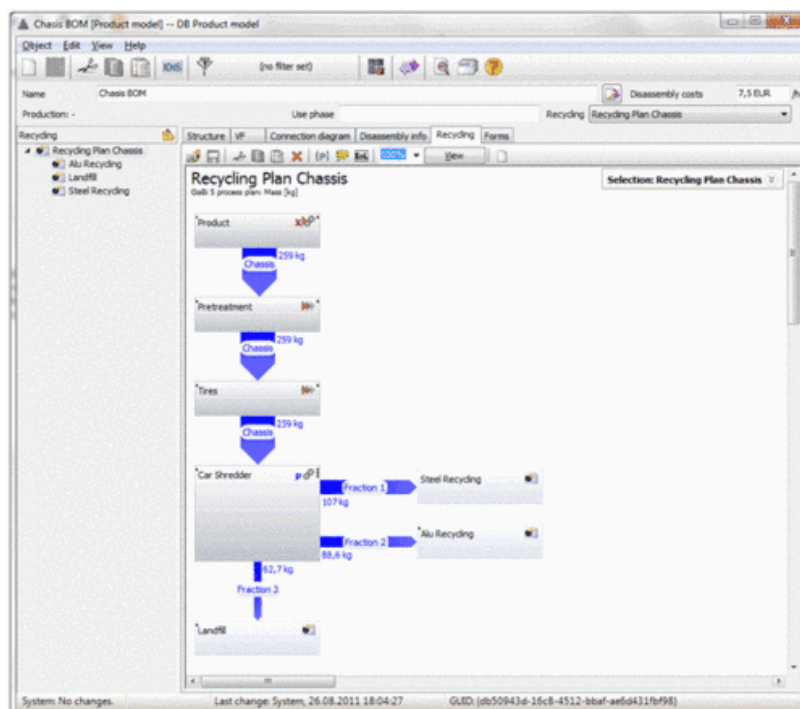
Na rynku działa wiele firm oferujących specjalistyczne oprogramowanie wspomagające zbiórkę oraz zarządzanie ZSEE. Wybranych producentów i programy przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Przykłady firm oferujących oprogramowanie do rejestracji ZSEE

Nazwa oprogramowania	Producent
Gabi DfX	 PE INTERNATIONAL EXPERTS IN SUSTAINABILITY
We3 Recycler	 Green Oak Solutions
Silvanus360	 ZSL Inc
BOMtracker	 ACTIO

Opracowanie własne na podstawie <http://www.environmental-expert.com>, data dostępu 10.01.2012

Oprogramowanie Gabi DfX umożliwia ekonomiczne i sprawne zarządzanie końcową fazą życia produktu, zgodnie z wymogami europejskich dyrektyw i wymaganiami klientów. W oparciu o dane produktu Gabi DfX pozwala m.in. na przygotowanie i wizualizację procesu demontażu sprzętu, przygotowywanie raportów zbiorczych, przeprowadzanie analizy kosztów oraz modelowanie procesu recyklingu (rys. 1).

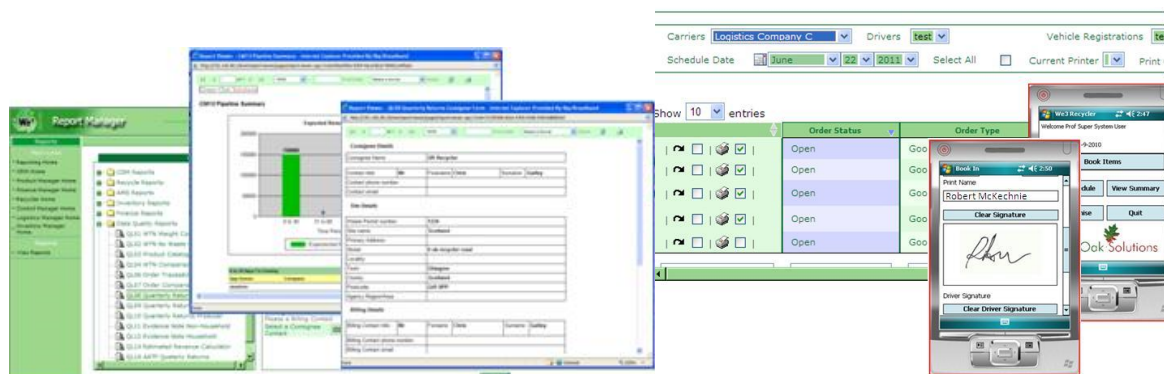


Rys. 1. Model recyklingu stworzony za pomocą oprogramowania Gabi DfX

Źródło: <http://www.gabi-software.com>

Oprogramowanie We3 Recycler oferowane przez angielską firmę Greek Oak Solutions umożliwia automatyzację obsługi procesu zbiórki ZSEE poprzez elektroniczny kontakt z klientami. We3 Recycler przyspiesza proces obsługi, oferując między innymi [6]:

- elektroniczną formę składania zamówień przez stronę internetową,
- tworzenie elektronicznego dokumentu przekazywania ZSEE,
- tworzenie listów przewozowych,
- automatyczne fakturowanie,
- współpracę z oprogramowaniem stosowanym w księgowości,
- przesyłanie informacji o zbiórce,
- śledzenie procesu zbiórki,
- śledzenie procesu recyklingu,
- tworzenie raportów (rys. 2).

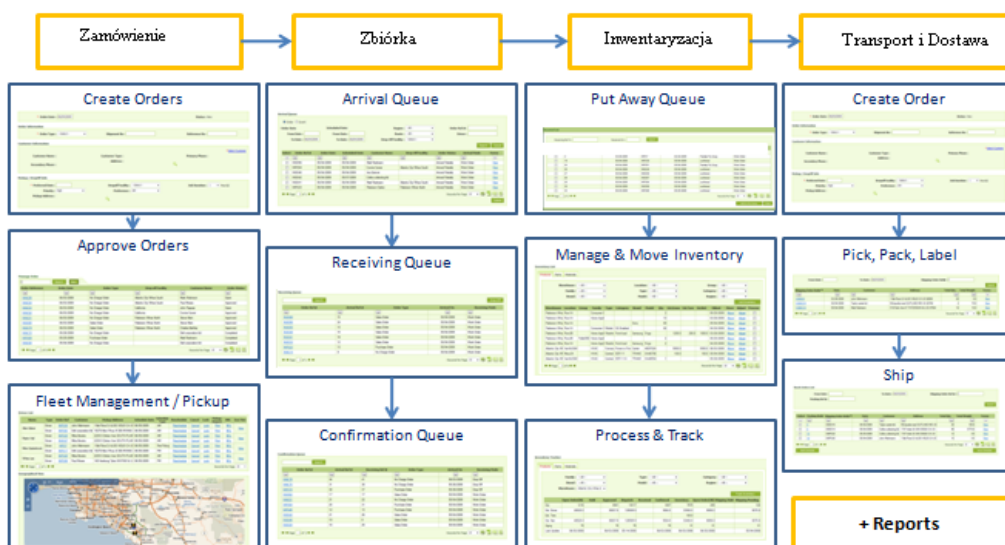


Rys. 2. Tworzenie raportów za pomocą oprogramowania We3 Recycler

Źródło: <http://www.greenoaksolutions.co.uk/waste-management-software>

Firma Silvanus360 oferuje oprogramowanie dla producentów, dystrybutorów oraz przedsiębiorstw zajmujących się ZSEE. Oprogramowanie działa w oparciu o dyrektywę ZSEE i umożliwia poszczególnym uczestnikom łańcucha dostaw monitorowanie i zarządzanie procesem zbiórki. Silvanus360 usprawnia współpracę poprzez szybki przepływ informacji pomiędzy poszczególnymi stronami, co sprzyja usprawnieniu działalności [7].

Przedsiębiorstwom zajmującym się recyklingiem Silvanus360 pozwala na zarządzanie zamówieniami (od złożenia zamówienia, poprzez jego zatwierdzenie, realizację oraz przygotowanie raportu – rys. 3), zarządzanie magazynem, obsługę finansową klientów. Poprzez współpracę on-line, Silvanus360 umożliwia producentom i dystrybutorom kontrolę przepływów.



Rys. 3. Zarządzanie zamówieniami za pomocą oprogramowania Sivanus360
Źródło: <http://www.silvanus360.com>

Product name	Product #	Declaration approved	Supplier	Internal Item #	Internal Item name	% of product
Product name: 15 inch Monitor (3 Items)						
15 inch Monitor	M15-1	❌	Samsung	PC-1	Plastic Casing	6.6%
15 inch Monitor	M15-1	❌	Samsung	P-B-1	Button	0.3%
15 inch Monitor	M15-1	❌	Samsung	PC-1	Power Cord	2.1%
Product name: Hub (1 Item)						
Hub	H-1	❌		B-1	Button	3.4%
Product name: Main Computer Unit (3 Items)						
Main Computer Unit	MCU-1	⚠️	Asus	MB-1	Motherboard	20%
Main Computer Unit	MCU-1	⚠️	Kingston	MC3D-1	32GB Memory Card	10%
Main Computer Unit	MCU-1	❌	Belkin	SC-1	Cable cat. 5	2.65%
Product name: Profilled casing (2 Items)						
Profilled casing	PC-1	⚠️	Elasto Proxy	P-1	Plastic	64.2%
Profilled casing	PC-1	⚠️	Janapu	G-1	Glass	26.1%
Product name: Radio (1 Item)						
Radio	RD-1	⚠️	SMD LED	P-57	LED	6.32%
Product name: Switchboard (3 Items)						
Switchboard	754928	✅	Viva Holdings	4756387	Button	10%
Switchboard	754928	❌	Richorth Limited	4756387	Handset	0%
Switchboard	754928	❌	Avaya	4756387	Console	96.347%

Rys. 4. Przykład katalogu produktów do zbiórki w oprogramowaniu BOMTracker
Źródło: <http://www.actio.net/default/index.cfm>

Oprogramowanie BOMtracker stworzone przez Acta Corporation [8] pomaga zmniejszyć ryzyko związane z procesem zbiórki i wycofywania szkodliwych materiałów, poprzez przyśpieszenie i koordynację procesu zarządzania zbiórką (rys. 4). Program umożliwia także szybkie raportowanie.

5. PODSUMOWANIE

Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny jest bardzo ważnym obszarem gospodarki odpadowej. Procedura odzyskiwania zawartych w nich cennych surowców przynosi wiele korzyści zarówno państwu, jak i przedsiębiorstwom prowadzącym tego typu działalność. W obrębie rynku zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego dostrzegamy wiele nieprawidłowości związanych z nieodpowiednim postępowaniem ze ZSEE, które pociągają za sobą wiele konsekwencji, czego rezultatem jest zaburzenie obecnie funkcjonującego rynku krajowego, a także zakłócenie podstawowych procesów wchodzących w zakres zrównoważonego rozwoju. Główne problemy dostrzegane na rynku zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego to brak odpowiednio rozbudowanej sieci punktów zbioru ZSEE oraz niedostateczne wykorzystanie wspomagania komputerowego, a czasem wręcz jego brak. Podniesienie poziomu wiedzy naszego społeczeństwa na temat ZSEE będzie również miało wpływ na funkcjonowanie tego rynku.

LITERATURA

- [1] Baściuk M.: *Nowoczesne technologie przetwarzania odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego*, [w:] S. Zabawa (red.), *Zarządzanie gospodarką odpadami*, WFOŚiGW, Poznań, 2007.
- [2] Dyrektywa 2002/96/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 roku w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego.
- [3] Górski M.: *Prawne zasady postępowania ze zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym*, [w:] S. Zabawa (red.), *Zarządzanie gospodarką odpadami. Gospodarowanie odpadami w świetle obowiązującego prawa*, WFOŚiGW, Poznań, 2006.
- [4] Baic I. (red.): *Zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny. Aspekty funkcjonowania systemu zagospodarowywania ZSEE w Polsce i innych krajach europejskich oraz wybrane technologie przetwarzania odpadów elektrycznych i elektronicznych*, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Warszawa, 2011.
- [5] Górski M.: *Prawne zasady postępowania ze zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym*, [w:] S. Zabawa (red.), *Zarządzanie gospodarką odpadami. Budowa systemu zbiórki i recyklingu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego*, WFOŚiGW, Poznań, 2007.
- [6] <http://www.greenoaksolutions.co.uk/waste-management-software/>
- [7] <http://www.silvanus360.com>
- [8] <http://www.actio.net/default/index.cfm/products/bomtracker/>
- [9] <http://www.gabi-software.com>