

## RECYKLING SAMOCHODOWYCH AKUMULATORÓW KWASOWO-OŁOWIOWYCH – ASPEKT ŚRODOWISKOWY

### AUTOMOTIVE RECYCLING LEAD ACID BATTERIES - ENVIRONMENTAL ASPECT

Ewa KAMIŃSKA  
Instytut Transportu Samochodowego  
Jerzy MERKISZ  
Politechnika Poznańska

#### Streszczenie:

Autorzy przeanalizowali metody ekobilansowe, pod względem ich zastosowania dla określenia obciążeń środowiskowych recyklingu zużytych samochodowych akumulatorów kwasowo-ołowiowych. Opisali wybraną metodę (LCA) oraz scharakteryzowali technologię recyklingu wykorzystywaną przez jedną z polskich firm, w której planowane jest przeprowadzenie analizy ekobilansowej.

**Słowa kluczowe:** recykling, akumulatory kwasowo-ołowiowe, ekobilans, ołów, obciążenia środowiska

**Keywords:** recycling, lead-acid batteries, ecobilans, lead, environmental pollution

#### WPROWADZENIE

Akumulator to źródło energii elektrycznej wytwarzanej przez bezpośrednie przetwarzanie energii chemicznej [12] wykorzystywane jako źródło zasilające w pojazdach samochodowych. Substancje i materiały, z których jest zbudowany, powodują że zużyty akumulator jest zaliczany do grupy odpadów niebezpiecznych o kodzie 16 06 01\* [13]. Jeszcze długo będą dominowały na rynku. Ich skład chemiczny zmienia się, ale grupy substancji, z których jest zbudowany pozostają podobne. Przeciętnie akumulator waży ok. 11,5kg, (w tym Pb stanowi 7kg, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-3kg). W związku z powyższym ważne jest zagospodarowanie zużytych akumulatorów zgodnie z zasadami ochrony środowiska, gdzie powtórne wykorzystanie materiałów i substancji jest na pierwszym miejscu. Przeciętny skład złomu akumulatorowego przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1**  
**Skład przeciętnego złomu akumulatorowego [5]**

**Table 1**  
**The composition of the average battery scrap [5]**

SKŁADNIK	[%] WAGOWE
Składniki ołowiowe (stop)(siatka, bieguny)	25 - 30
Pasta elektrodowa (drobne cząstki tlenku ołowiowego i siarczanu ołowiowego)	35 - 45
Kwas siarkowy (10-20% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	10 - 15
Polipropylen	4 - 8
Inne tworzywa sztuczne (PCV, PE, itd..)	2 - 7
Ebonit	1 - 3
Inne materiały (szkło)	0,5

#### PRZEGLĄD WYBRANYCH METOD EKOBILANSOWYCH

W odniesieniu do zagadnień środowiskowych istnieje wiele metod opartych na koncepcji cyklu istnienia, wśród nich można wyróżnić:

- metodę środowiskowego oszacowania cyklu istnienia produktów [6]: w sposób ilościowy określono środowiskowe oddziaływania, które oparto na inwentaryzacji czynników środowiskowych w odniesieniu do obiektu (wyrobu, procesu lub innej działalności, w cyklu od wydobycia surowców do ich końcowego zagospodarowania lub dla wybranego fragmentu. Wyniki analizy odnoszą się jedynie do bieżącego stanu środowiska, a dane niezbędne do przeprowadzenia analizy są informacjami o oddziaływaniu obiektu na środowisko (w zależności od przyjętych założeń). Metoda LCA składają się z etapów: klasyfikacji oddziaływań, oceny wielkości wpływu na kategorie, normalizacji oraz oceny porównawczej i wyznaczeniu współczynnika środowiskowego. Wynikiem analizy jest określenie wpływu na środowisko w ramach kategorii oddziaływań. LCA jest wykorzystywana do oceny rzeczywistego poziomu oddziaływania na środowisko, do optymalizacji konstrukcji w pracach projektowych, weryfikacji materiałów, technologii itp., porównywania ze standardami.
- metodę krytycznych objętości [7] - przedmiotem analizy są aspekty materiałowo-energetyczne. Nie można przeprowadzić analizy dla całego cyklu istnienia obiektu, wynik analizy nie odnosi się do bieżącego stanu środowiska. Danych konieczne do przeprowadzenia analizy obejmują: zapotrzebowanie na energię, ilość

pozostawionych odpadów oraz substancje emitowane powietrza, wody i gleby. Metoda krytycznych objętości polega na wyznaczeniu granicznych dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń emitowanych do gleby, powietrza i ziemi. Następnie obliczane są skumulowane wartości energii, objętości odpadów, krytycznych objętości powietrza i wody. Profil środowiskowy przedstawiany jest jako wskaźniki wyznaczone w obliczeniach. Wyniki mogą być prezentowane w formie jednej liczby. Metoda wykorzystywana jest do oceny prostych obiektów (etykietowanie wyrobów, przeprowadzanie analiz porównawczych).

- metodę ekopunktową [2]: polega na wyznaczeniu bezpośredniego oddziaływania na środowisko. Jest ograniczona możliwością ujęcia całego cyklu życia obiektu. Metoda ekopunktowa polega na wyznaczeniu rzeczywistego obciążenia środowiska przez poszczególne substancje. Wyznaczane są maksymalne dopuszczalne ilości tych substancji, wynikiem obliczeń jest profil środowiskowy: emisja substancji do powietrza, wody, wpływ na powstawanie biomasy i na wyczerpywanie zasobów energetycznych. Głównie stosowana jest do przeprowadzania analiz porównawczych. Ze względu na to, że na wyniki analizy mają wpływ elementy subiektywne, nie jest wykorzystywana w projektowaniu.
- metodę sumarycznych nakładów środowiskowych [9] - za pomocą tej metody analizuje się cały cykl życia obiektu lub jego wybranego fragmentu oraz przeprowadzana jest ocena nakładów środowiskowych. Dane potrzebne do przeprowadzenia analizy: materiałowo-konstrukcyjne, materiałowo-energetyczne, nakłady pracy, ubytki w żywych ubytkach organosfery. Metoda polega na wyznaczeniu nakładu środowiskowego (iloraz pobranej ze środowiska cząstki zasobu i istniejącego zasobu danego rodzaju), sumowaniu nakładów środowiskowych, obliczenie sozoindeksu (stosunek sumarycznego nakładu środowiskowego do efektu użytkowego). W wyniku przeprowadzenia obliczeń uzyskuje się jeden współczynnik dla przedmiotu ba-

dań. Istnieje możliwość zachowania składowych końcowego wyniku dla poszczególnych etapów cyklu istnienia. Metoda stosowana jest do przeprowadzenia analiz porównawczych wyrobów, porównania ze standardami, projektowanie, planowanie rozwoju przedsięwzięć.

### METODA CYKLU ŻYCIA PRODUKTU

Metoda oceny cyklu życia LCA (ang. Life Cycle Assessment) jest jedną z metod służącą do szacowania potencjalnych oddziaływań na środowisko. Formuła ta została wprowadzona na konferencji w Vermont w roku 1990 [4]. Zauważono tam, że dla każdego produktu, który poddawany jest analizie powinno się określać ilościowo materiały i energię zużywaną podczas produkcji, eksploatacji oraz recyklingu produktu.

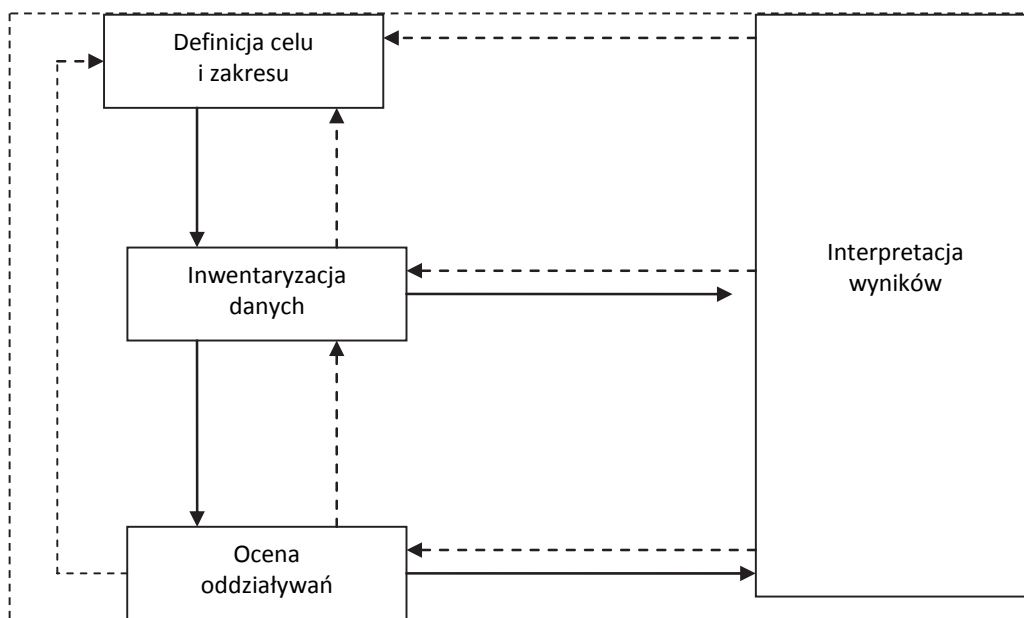
Metoda LCA składa się z czterech etapów, graficznie przedstawionych na rysunku 1.

Po roku 1990-tym starano się ujednoczyć metodologię Ekologicznej Oceny Cyklu Życia. Działania te rozpoczęło SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry)

czyli Towarzystwo Toksykologii i chemii Środowiskowej. Trzy lata później ISO (International Organisation for Standardization) Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna rozpoczęła pracę nad metodologią LCA [11]. Efektem prac ISO było zgrupowanie w 4 normach ISO serii 14040x czterech faz LCA:

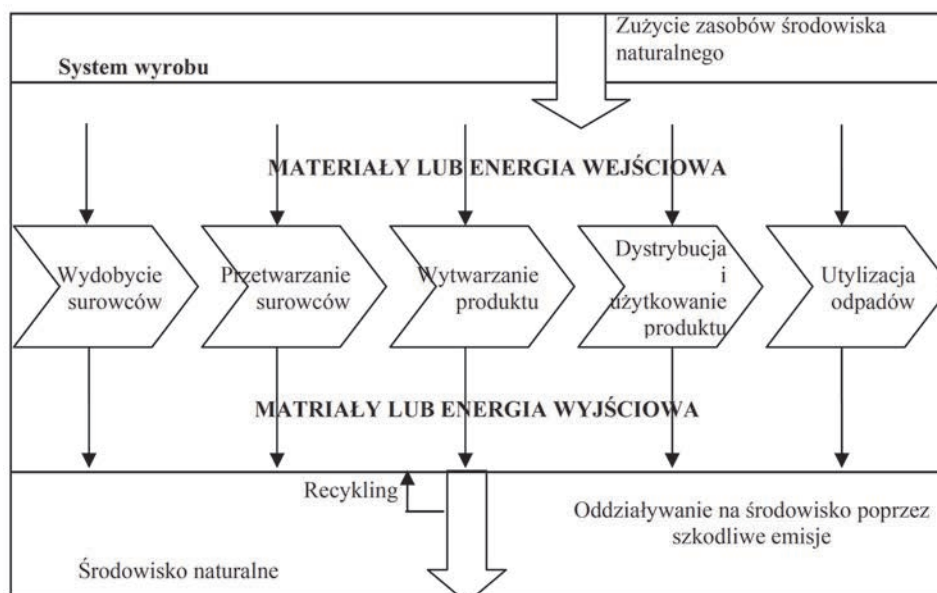
- PN – EN ISO 14041 – definicja celu i zakresu, określenie zasad i struktury (Goal and Scope Definition)
- PN – EN ISO 14041 – analiza zbioru wejść i wyjść (LCI – Life Cycle Inventory)
- PN – EN ISO 14042 – ocena wpływu cyklu życia (LCIA – Life Cycle Impact Assessment)
- PN – EN ISO 14043 – interpretacja wyników (LCI – Life Cycle Impact Interpretation) [1]

LCA jest jedną z kilku technik zarządzania środowiskiem służącą do badania wpływów na środowisko w całym okresie życia wyrobu, począwszy od pozyskania surowców przez produkcję, użytkowania, aż do likwidacji [14].



Rys. 1. Etapy oceny ekobalansowej w metodzie LCA, gdzie → oznacza zasadniczy kierunek oceny cyklu istnienia, - - → oznacza kierunek potencjalnych iteracji [10]

Fig. 1. Stages in the method of assessment ecobalans LCA, where → is the main direction of life cycle assessment, - - → indicates the direction of potential iterations



Rys. 2. Kompleksowe ujęcie wpływu produktu na środowisko w LCA [3]  
 Fig. 2. Comprehensive approach to product environmental impact in LCA

### OBSZARY ZASTOSOWANIA METODY LCA

Metoda LCA może służyć do: porównywania środowiskowych oddziaływań różnych produktów spełniających tę samą funkcję, porównywania środowiskowych oddziaływań wyrobu odnosząc je do przyjętego standardu, identyfikacji dominujących pod względem środowiskowym faz cyklu istnienia wyrobu, wspomaganie prac przy projektowaniu nowych wyrobów, wyznaczania kierunków rozwoju firmy.

Tabela 2

Poziom szczegółowości LCA dla sześciu przykładowych decyzji wykorzystania LCA [8]

Table 2

The level of detail for the six examples of LCA decision to use LCA

Podejmowane decyzje	Poziom LCA		
	konceptyjny	uproszczony	szczegółowy
Projektowanie	+	+	-
Udoskonalenie produktu	-	+	+
Analizy porównawcze	-	+	+
Etykietowanie	-	+	-
Ustanawianie norm	-	+	-
Planowanie strategii rozwoju	+	+	-
Działania marketingowe	-	+	+
Kształtowanie polityki produktowej	+	-	+

### NARZĘDZIA OBLICZENIOWE W METODZIE LCA

Analizy ekobilansowe (np. LCA) wspomagane są przez wiele wersji programów komputerowych. Autor planuje skorzystać z programu SimaPro 7.2. opracowanej w Holandii przez PRe Consultans B.V. Modelem obliczeniowym wykorzystywanym do przeprowadzenia oszacowania obciążeń środowiskowych będzie Metoda Eco-indicator 99. Jest ona oparta na zasadach podobnych do metody LCA. W celu przedstawienia niekorzystnych oddziaływań oraz uzyskania zrozumiałych do interpretacji wyników, liczbę kategorii

ograniczono do trzech: wpływ na zdrowie ludzkie, oddziaływanie na ekosystem, wyczerpywanie zasobów naturalnych.

### TECHNOLOGIE RECYKLINGU AKUMULATORÓW KWASOWO-OŁOWIOWYCH

Technologią, która będzie analizowana pod kątem szacowania obciążeń środowiskowych, będzie technologia recyklingu złomu akumulatorowego, na przykładzie procesu przeprowadzanego w jednym z polskich zakładów recyklingu.

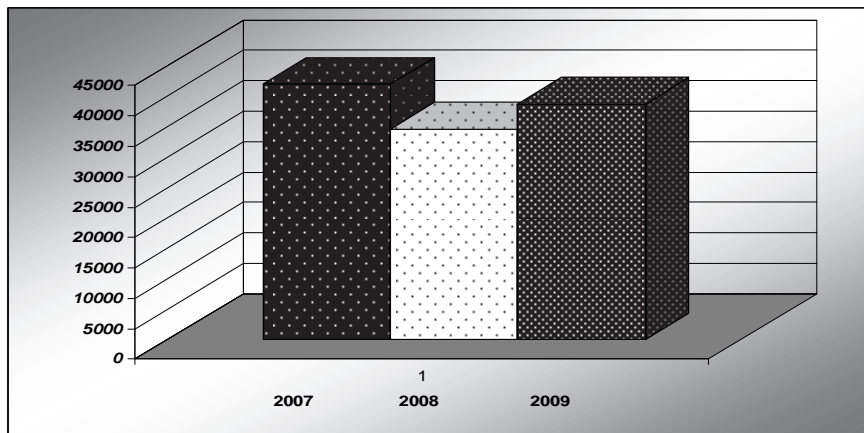
Recykling akumulatorów nieodzownie związany jest z recyklingiem ołowiu, który stanowi znaczący udział masowy akumulatora. Przykładowe technologie recyklingu złomu akumulatorowego:

- pirometalurgiczny przerób złomu akumulatorowego,
- technologia CX-EWS do odzysku ołowiu ze zużytych akumulatorów,
- metoda Placid,
- proces RSR,
- proces opracowany przez Buremu of Mines proces Egnitec.

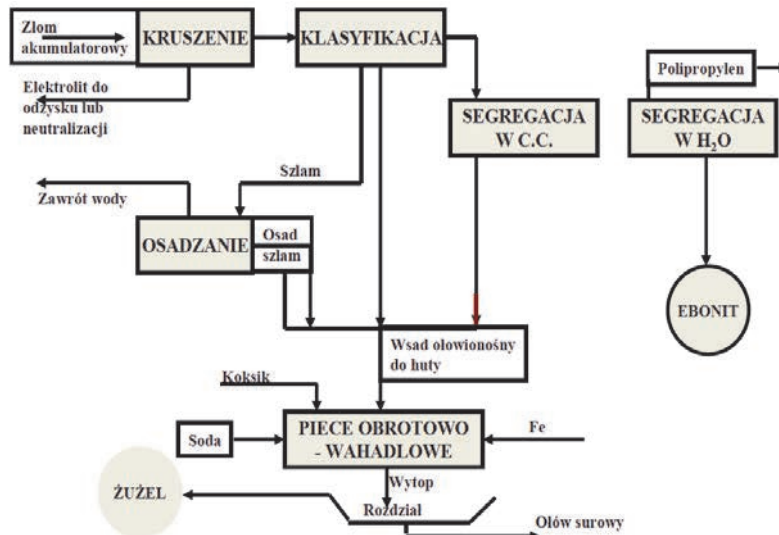
Recykling akumulatorów jest realizowany w kilku etapach włoską technologią firmy Engitec Impianti. Polega ona na rozdzieleniu złomu akumulatorowego metodą wodnej separacji. Tworzywa sztuczne są rozdzielane w pierwszej kolejności. Skalę przerobu złomu akumulatorowego przedstawiono graficznie poniżej (rys. 3).

Technologia oparta na rozdzieleniu mechanicznym złomu akumulatorowego i segregacji produktów na frakcje metalonośną i frakcję tworzyw sztucznych, stosowane m.in. w technologii Egnitec Impianti.

Technologia pozwala na wprowadzenie do hutniczego przerobu jedynie frakcji ołowionośnych natomiast frakcje tworzyw sztucznych poddawane są dalszemu. Przerobowi dla uzyskania produktów handlowych. Część frakcji tworzyw sztucznych, które nie znajdują gospodarczego zastosowania są składowane jako odpady. Hutniczy przerób frakcji ołowionośnych dokonywane jest w piecach elektrycznych, pionowych, obrotowych lub obrotowo – wahadłowych.



Rys. 3. Weight of battery scrap processed by one of the companies in Poland in the years 2007 - 2009 [5]  
 Fig. 3. Weight of battery scrap processed Poland in the years 2007 – 2009



Rys. 4. Przykładowy schemat technologiczny przerobu złomu akumulatorowego  
 Fig. 4. Example of schema of battery scrap processing technology

Instalacja oparta jest o technologię rozdziału i segregacji z zastosowaniem cieczy ciężkich i przetop frakcji metalonowych w piecach obrotowo – wahadłowych i prowadzona jest w:

- w wydziale rozdrobnienia i segregacji złomu akumulatorowego, w którym następuje segregacja i rozdział złomu na frakcję ołowionośną i tworzyw sztucznych,
- w wydziale hutniczym, w którym następuje wytop ołowiu z koncentratów ołowionośnych.

#### PODSUMOWANIE

Zastosowane rozwiązania technologiczne zamykają cykl recyklingu i pozwalają na gospodarcze wykorzystanie ponad 95 % masy złomu akumulatorowego. Dyrektywa 2006/66-EC o bateriach i akumulatorach wprowadziła obowiązkową minimalną wydajność recyklingu na poziomie 65%. W literaturze znaleziono informację o technologii przetopu akumulatorów kwaso-ołowiowych, która ma dawać 80% wykorzystanie zawartego w akumulatorze polipropylenu.

Prowadzenie działań związanych z przerobem złomu akumulatorowego jest istotne m.in. z konieczności osiągnięcia minimalnego poziomu wydajności recyklingu dla zużytych akumulatorów kwasowo - ołowiowych 65% masy zużytych akumulatorów kwasowo-ołowiowych.

Jednocześnie prognozowany jest wzrost liczby akumulatorów kwasowo-ołowiowych w roku 2015 na ponad 5.000.000 sztuk, co daje ogromną masę odpadów do zago-

spodarowania. Ponadto zapisy pkt. 15 preambuły do Dyrektywy 2006/66/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 6 września 2006r. w sprawie baterii i akumulatorów oraz zużytych baterii i akumulatorów, nakazujące państwom członkowskim tworzenie systemów zbierania (art. 8 ust. 4) oraz najpóźniej do dnia 26 września 2009 r. systemów przetwarzania i recyklingu (art. 12 ust.1 lit a) zużytych akumulatorów kwasowo ołowiowych.

#### LITERATURA

- [1] Adamczyk W.: Ekologia Wyrobów. Polskie Wydawnictwo ekonomiczne. Warszawa 2004.
- [2] Ahbe S., Braunschweig A., Müller-Wenk R.: Methodik fuer Ökobilanzen auf der Basis ökologischer. Schriftenreihe Umwelt. Nr 133, 1990.
- [3] Baran J.: Materiały szkoleniowe w ramach projektu „Propagowanie wzorców produkcji i konsumpcji sprzyjających promocji zasad trwałego i zrównoważonego rozwoju.
- [4] Boer J., Jager J., Szpadt E., i inn: Zastosowanie analizy cyklu życia do modelowania rozwoju zintegrowany strategii gospodarki odpadami dla szybko rozwijających się miast i regionów, materiały konferencyjne z V Jubileuszowego Międzynarodowego Forum Gospodarki Odpadami. Poznań 2003.
- [5] Chmielarz A., Czaplicka M.: Materiały informacyjne do nowelizacji dokumentu referencyjnego najlepszych

- dostępnych technik w przemyśle metali nieżelaznych. Instytut Metali Nieżelaznych. s. 20.
- [6] Environmental Life Cycle Assessment of Product, Part 1- Guide, Part 2 –Backgrounds, NOH. 1992
- [7] Habersatter K.: Ökobilanz von Packstoffen. Schriftenreihe Umwelt. Nr 132, 1991.
- [8] Life Cycle Assesment (LCA): A Guide to Approaches, Experiences and Information Sources, Report to the European Environment Agency. Copenhagen 1997.
- [9] Kłos Z.: Sozologiczność obiektów technicznych. Studium wartościowania wpływu maszyn i urządzeń na środowisko. Wyd. Politechniki Poznańskiej. Poznań 1990.
- [10] Kłos Z., Kurczewski P., Kasprzak J.: Środowiskowe charakteryzowanie maszyn i urządzeń. Podstawy ekologiczne, metody i przykłady. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. Poznań 2005.
- [11] Kulczycka J., Góralczyk M., Konieczny K. i inni. Ekologiczna ocena cyklu życia (LCA) nową techniką zarządzania środowiskowego. Sigmie PAN. Kraków 2001.
- [12] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów Dz. U. z dnia 8 października 2001 r.,
- [13] Ustawa o bateriach i akumulatorach z dnia 24 kwietnia 2009 r. Dz. U. Nr 79, poz. 666 Art.6.
- [14] PN-EN ISO 14040:2000, Zarządzanie Środowiskowe – Ocena Cyklu Życia – Zasady i struktura. Polski Komitet Normalizacyjny. Warszawa wrzesień 2000).

**Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2013 jako projekt badawczy KBN projekt nr N N509 556939**

---

mgr inż. Ewa Kamińska  
Instytut Transportu Samochodowego  
ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa  
e-mail: ewa.kaminska@its.waw.pl

prof. dr hab. inż. Jerzy Merkisz  
Politechnika Poznańska  
Wydział Maszyn Roboczych i Transportu  
Instytutu Silników Spalinowych i Transportu  
ul. Piotrowo 3, 60-965 Poznań  
email: jerzy.merkisz@put.poznan.pl