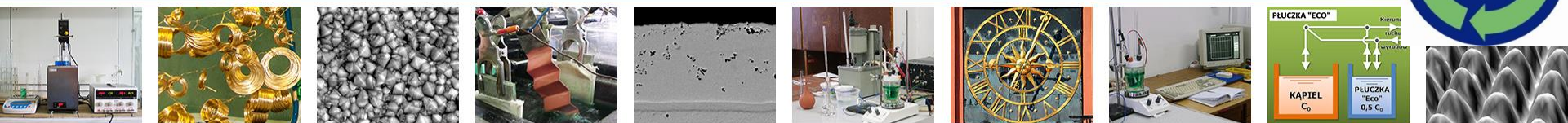


Odzysk materiałowy surowców deficytowych z odpadów ZSEE

dr hab. inż. Andrzej Wojciechowski prof. IMP
mgr inż. Adam Doliński (IMP)
inż. Andrzej Artur Wojciechowski (PW-WEITI-IMIo)

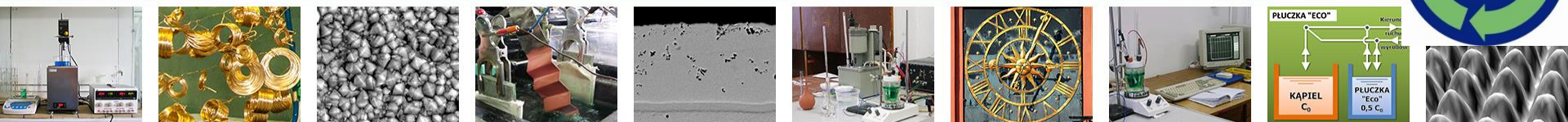


Instytut Mechaniki Precyzyjnej
ul. Duchnicka 3, 01-796 Warszawa
e-mail: andrzej.wojciechowski@imp.edu.pl
www.imp.edu.pl



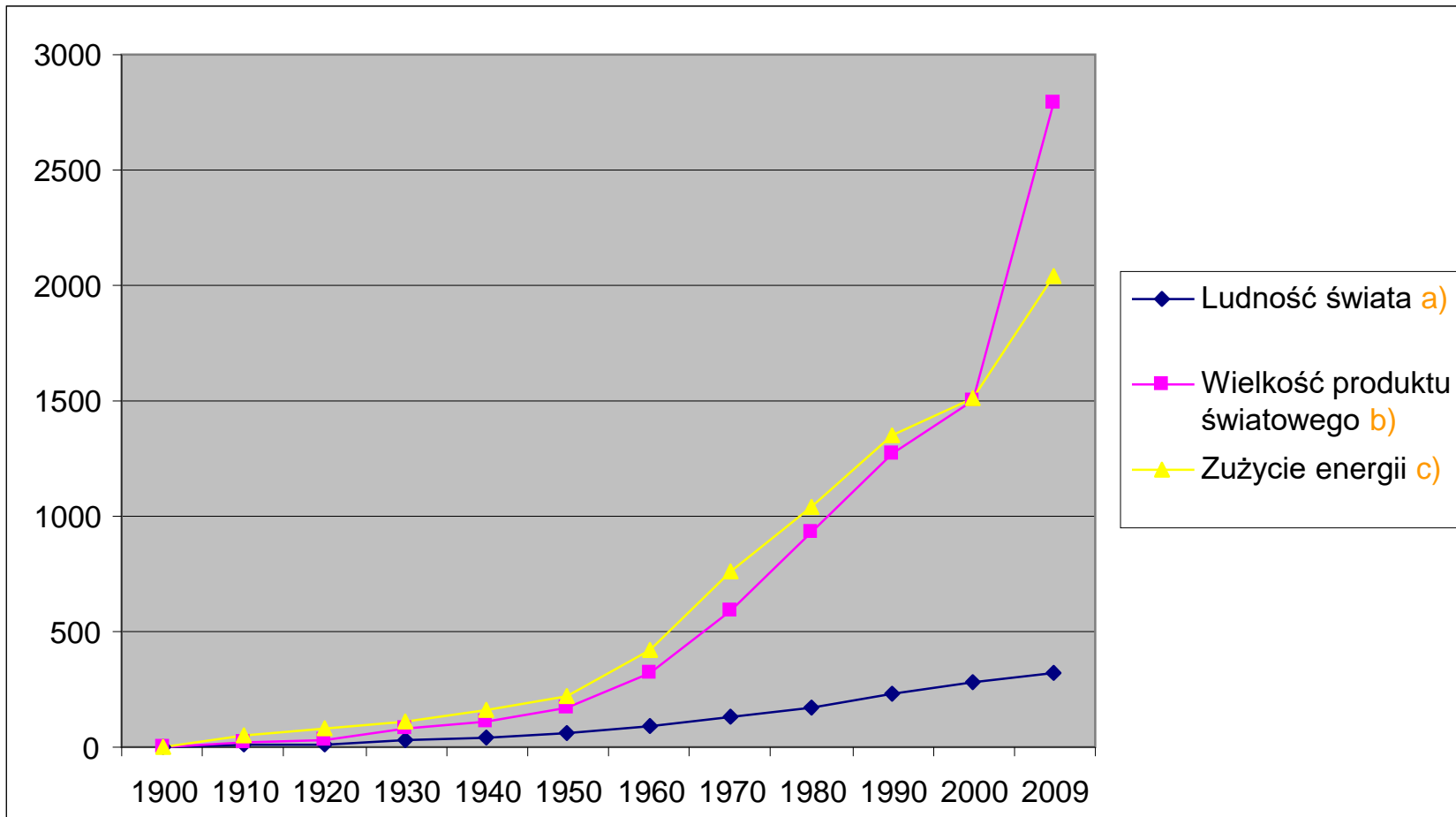
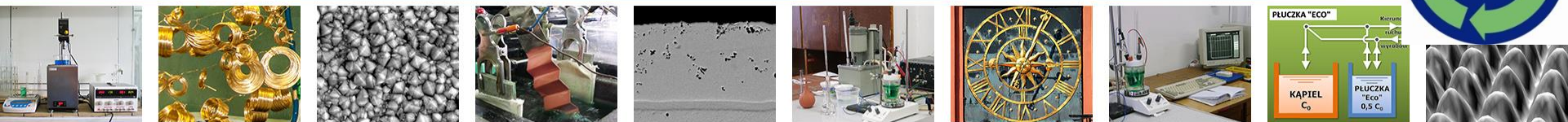
KE wskazuje, że zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny (ZSEE), stanowi jeden z **najszybciej rosnących strumieni odpadów w UE** - od około **9 mln ton** wytworzonych **w 2005 r.** do szacowanych ponad **12 mln ton w roku 2020**.

ZSEE to złożona mieszanka materiałów i komponentów, które mogą powodować poważne problemy dla środowiska i zdrowia, jeżeli odpowiednio się nimi nie gospodaruje - podkreśla KE w komunikacie. Wskazuje, że **produkcja nowoczesnej elektroniki wymaga wykorzystania rzadkich i drogich zasobów** (np. do jej produkcji wykorzystuje się około **10 proc. światowych zasobów złota**), a zatem **recykling tych urządzeń przynosi oczywiste korzyści**.

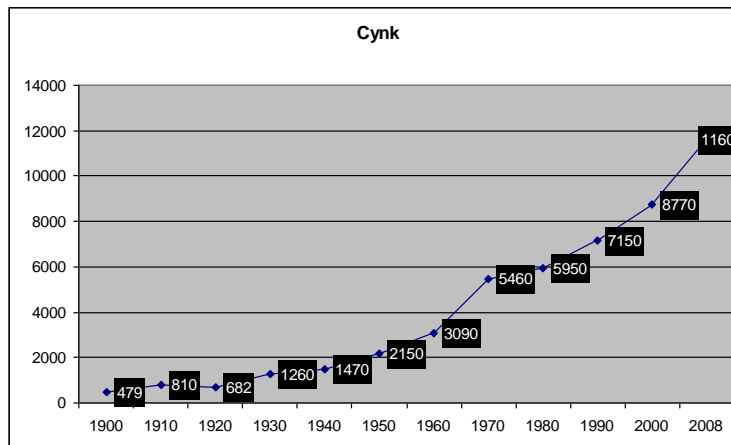
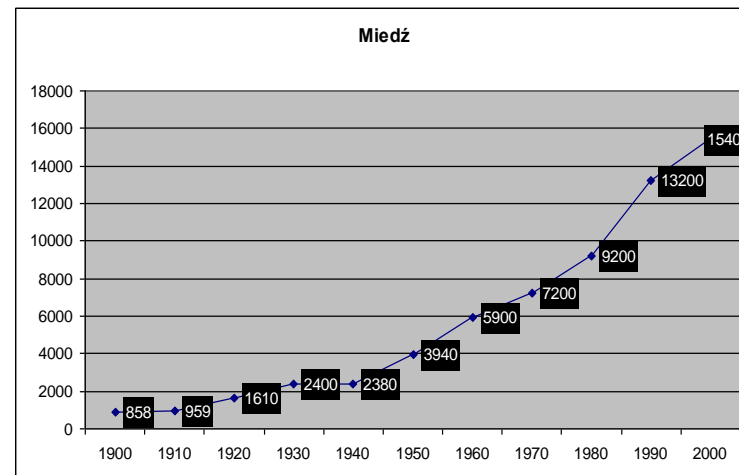
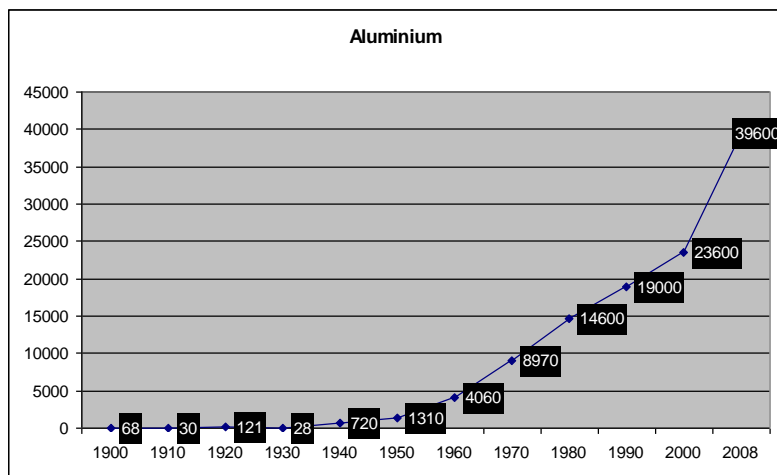
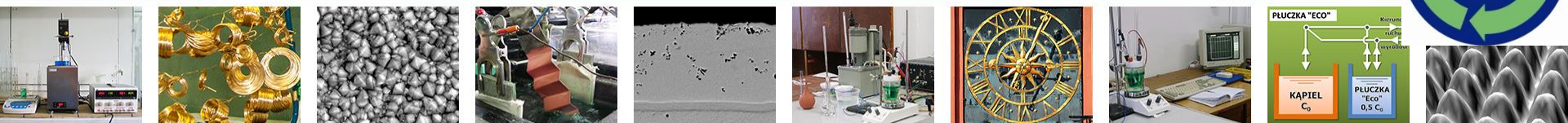


Wyroby powszechnego użytku, które można zaliczyć do ZSEiE:

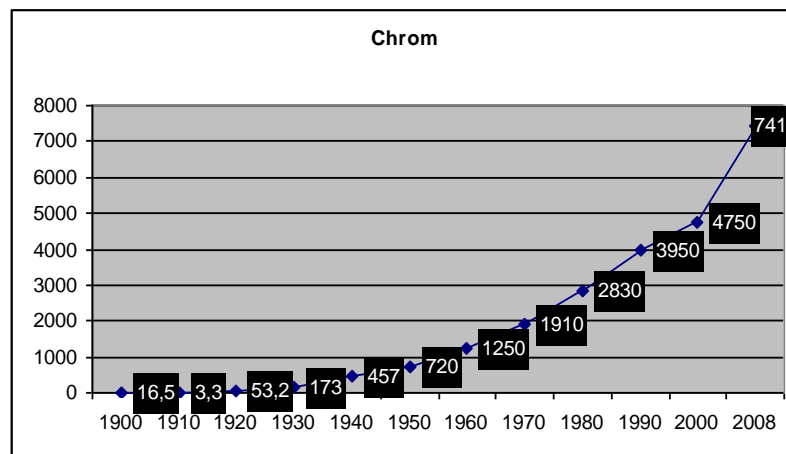
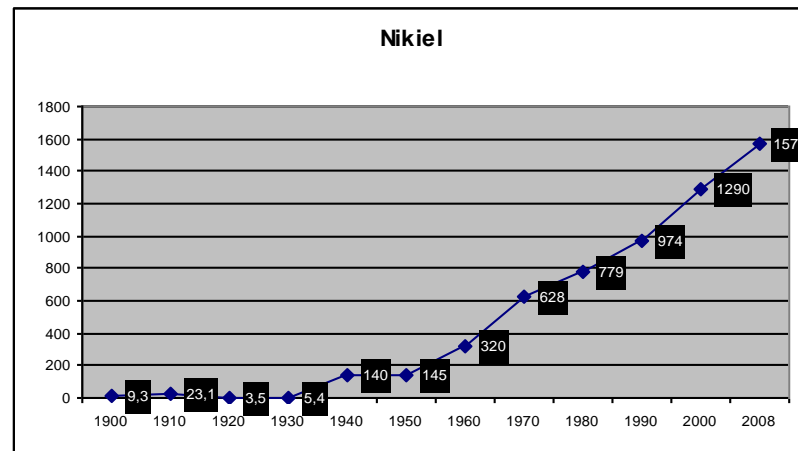
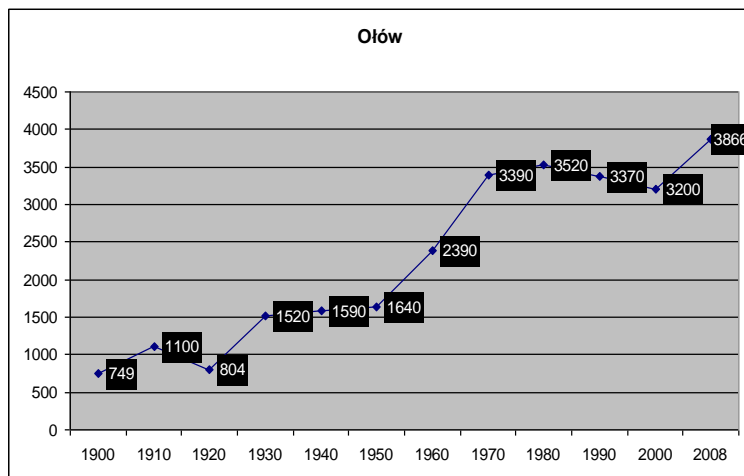
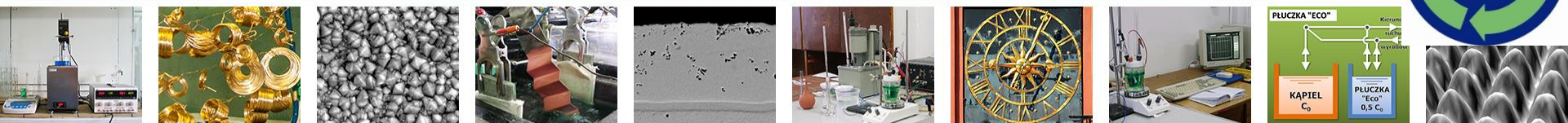
- sprzęt gospodarstwa domowego (AGD/IT/RTV)
- pojazdy Wycofane z Eksploatacji (PWzE) w szczególności EV i HEV
- specjalny sprzęt elektrotechniczny i elektroniczny w tym specjalnego przeznaczenia
- inne odpady poprodukcyjne i poeksploatacyjne niebezpieczne np. akumulatory, baterie, układy elektroniczne m.in. z izotopami, gazami, luminoforami, PCB itp.

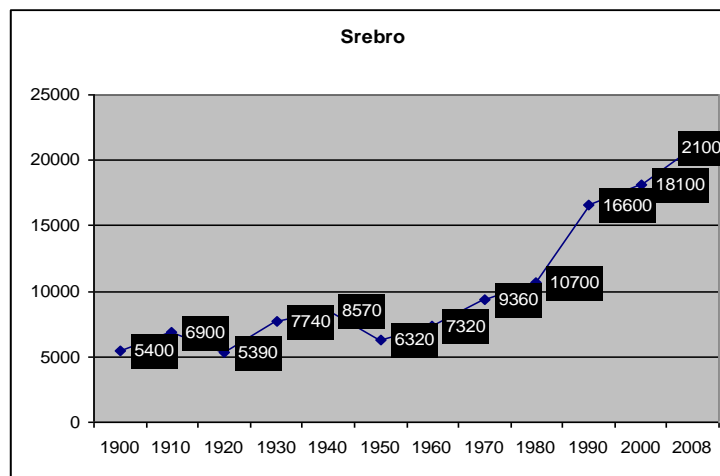
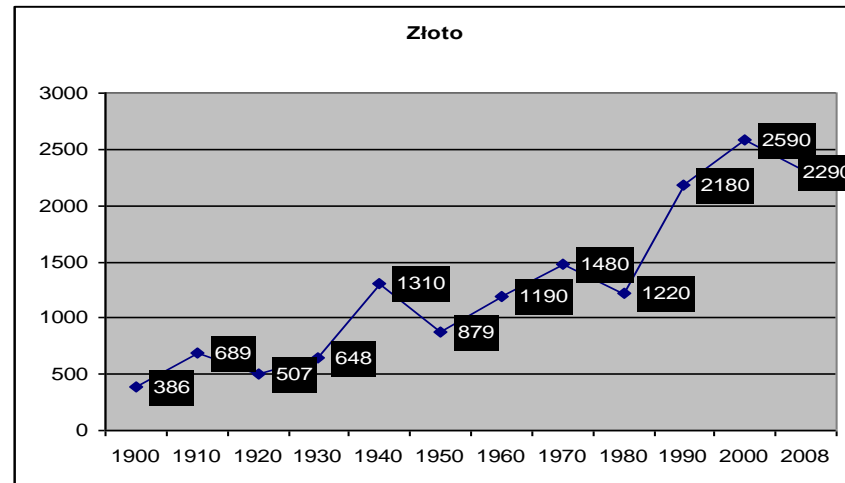
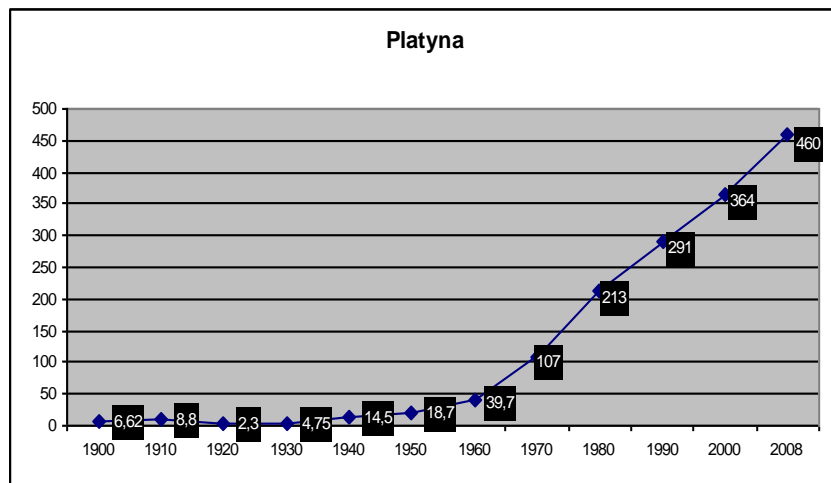
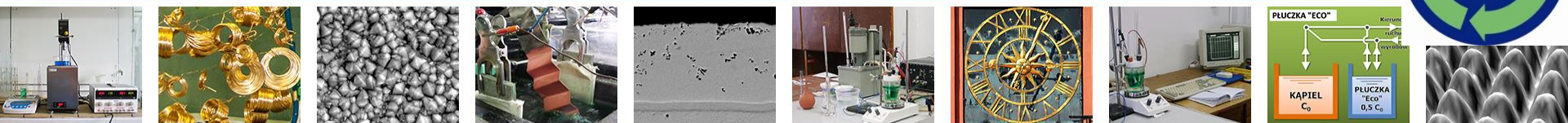


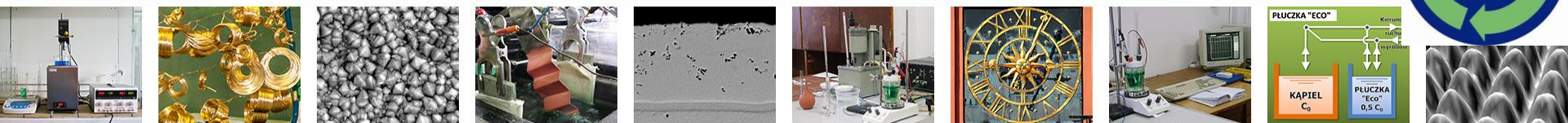
- (a) dane szacunkowe według The World Factbook
- (b) dane Międzynarodowego Funduszu Walutowego według bieżącej wartości dolara,
- (c) za: Energy in the 21st Century



Źródło : US Geological Service / US Department of the Interior, [url://http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/index.html](http://minerals.usgs.gov/ds/2005/140/index.html)

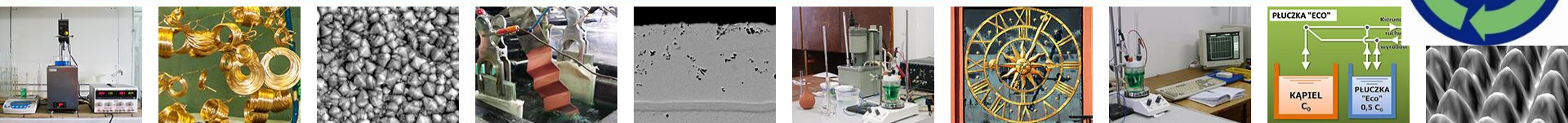






Piasek i żwir	307	Piasek kwarcowy	4.7
Węgiel brunatny	158	Kaolin	4.0
Kruszona skała	130	Potas	3.4
Ropa naftowa	116	Aluminium	1.7
Gaz ziemny (1000 m3)	89.6	Miedź	1.1
Wapień, dolomit	72	Stopy metali	0.9
Węgiel kamienny	67	Siarki	0.2
Stal	39.5	Azbest	0.16
Cement	29	Fosfor	0.15
Sól kamienna	12	Energii elektrycznej (MWh)	293.2
Gips	8.5		

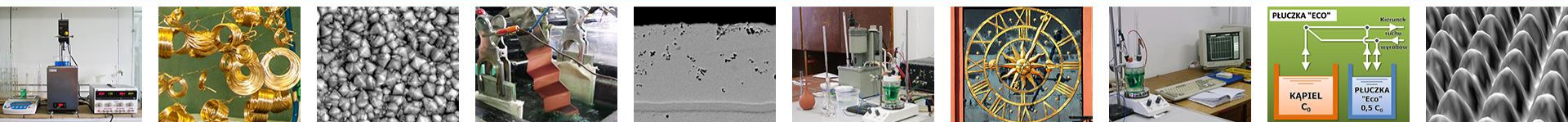
Źródło: Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, 2009



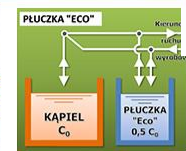
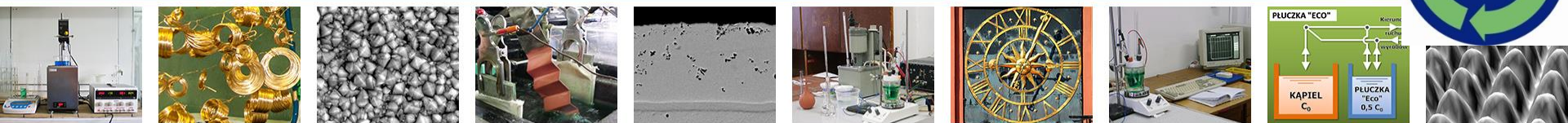
Surowiec	Produkcja 2006 (t)	Zapotrzebowanie wynikające z pojawienia się nowych technologii 2006 (t)	Zapotrzebowanie wynikające z pojawienia się nowych technologii 2030 (t)	Wskaźnik 2006 ¹	Wskaźnik 2030 ¹
Gal	152	28	603	0,18	3,97
Ind	581	234	1 911	0,40	3,29
German	100	28	220	0,28	2,20
Neodym	16 800	4 000	27 900	0,23	1,66
Platyna	255	bardzo małe	345	0	1,35
Tantal	1 384	551	1 410	0,40	1,02
Srebro	19 051	5 342	15 823	0,28	0,83
Kobalt	62 279	12 820	26 860	0,21	0,43
Pallad	267	23	77	0,09	0,29
Tytan	7 211 000²	15 397	58 148	0,08	0,29
Miedź	15 093 000	1 410 000	3 696 070	0,09	0,24

¹Wskaźnik pokazuje udział zapotrzebowania wynikającego z pojawienia się nowych technologii w stosunku do całkowitego zapotrzebowania na dany surowiec w 2006 r. i 2030 r.; ²Koncentrat rudy

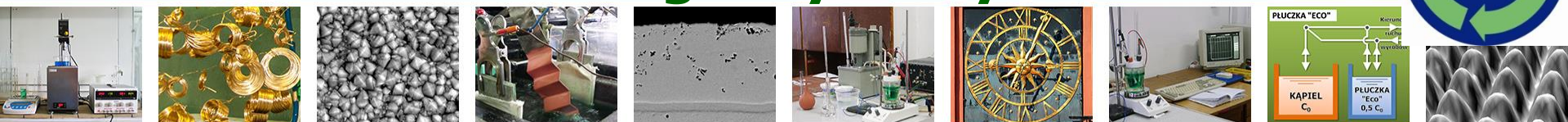
Źródło: http://ec.europa.eu/commission_2010-2014/tajani/hot-topics/raw-materials/index_pl.htm



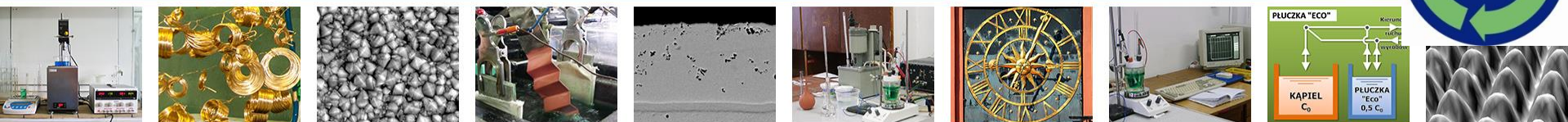
Metal	Zasoby x 10 ⁶ [t]	Konsumpcja x 10 ⁶ [t/r]	Liczba lat do wyczerpania zasobów
Żelazo	93 600,00	500,00	190
Chrom	3 543,00	9,16	370
Mangan	1 835,00	21,07	90
Nikiel	82,63	0,78	105
Wanad	15,80	0,02	570
Molibden	9,48	0,09	95
Kobalt	3,66	0,02	130
Wolfram	2,56	0,04	55
Aluminium	6 000,00	16,01	375
Magnez	1 410,00	0,31	4 503
Miedź	550,08	9,83	56
Cynk	241,02	6,33	38
Ołów	156,70	5,48	29
Platyna	36,77	0,19	186
Cyna	9,71	0,69	14



Materiał	Współczynnik odzysku materiału [%]
Stal	90 - 100
Żeliwo	60 - 80
Aluminium	70 - 90
Ołów	60 - 100
Miedź	40 - 60
Cynk	50 - 60
Platynowce	65 - 70
Opony i pozostałe elastomery	30 - 50
Tworzywa sztuczne	0 - 30
Materiały eksploatacyjne	5 - 85
Szkło	0 - 40
Pozostałe materiały	0 - 30



Lp.	Metale i ich stopy	Oszczędność energii [%]
1	Aluminium	95
2	Miedź	85
3	Stal/Żeliwo	74
4	Ołów	65
5	Cynk	60

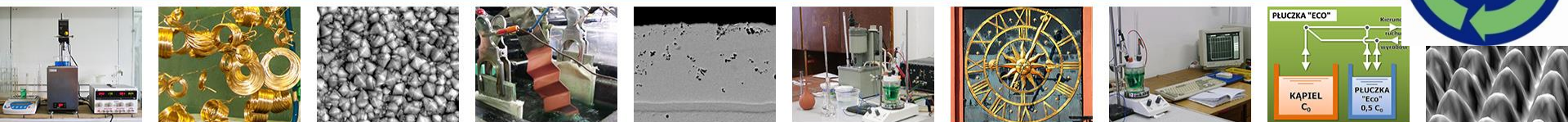


Jeszcze kilka, kilkadziesiąt lat temu światowa gospodarka zależała głównie

od: **żelaza, miedzi, złota, srebra**
 i kilkunastu odmian polimerów

obecnie wszystko się zmieniło i postęp technologiczny uzależnił nas od:

- **metali ziem rzadkich**
- **metali lekkich i ich stopów** (Mg, Al, Zn, Ti, Li, ...)

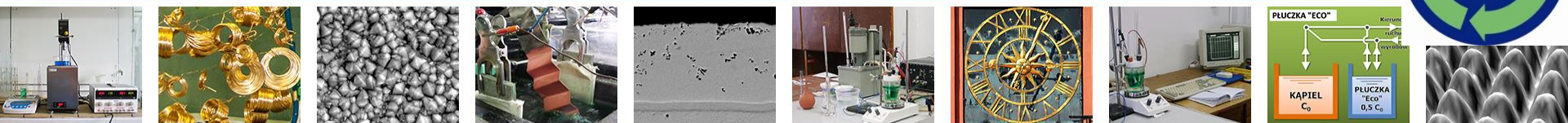


Jeśli chcemy mieć nadal te wszystkie elektroniczne gadżety, to potrzebujemy **62 różnych pierwiastków** wykorzystywanych w ich budowie. Bez nich układy elektroniczne nie pracowałyby z odpowiednią sprawnością, niezawodnością i wydajnością.

A co by było gdyby któregoś z tych nietypowych metali zabrakło?

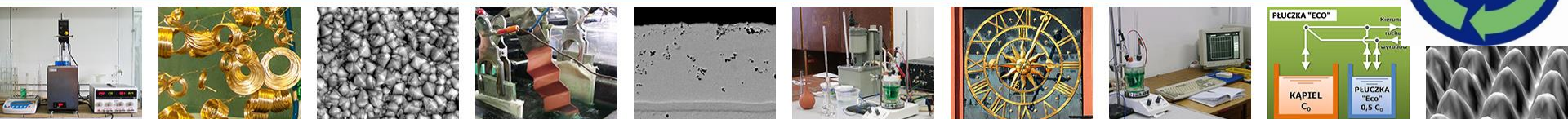
Czy to na stałe czy na jakiś czas zabrakłoby tych metali, na przykład z powodu strajków górników?

Z pewnością łańcuchy dostaw muszą funkcjonować, a w przypadku takiego obrotu spraw ciągłość dostaw z pewnością uległaby przerwaniu.



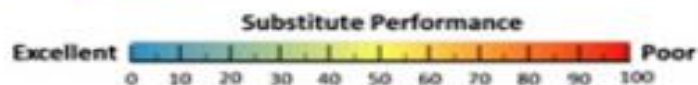
US National Academy of Sciences przeprowadziła analizę **62** powszechnie stosowanych w przemyśle **pierwiastków** w celu oceny ich ewentualnego **zastąpienia**.

Specjaliści stwierdzili, że przynajmniej w **10 przypadkach** odpowiednie zamienniki nie istnieją, lub są niedostępne. Nie znaleziono też idealnego zamiennika dla żadnego z nich, a to oznacza, że brak któregośkolwiek z tych 62 metali/stopów to poważne **problemy** dla całego sektora przemysłu zajmującego się tworzeniem nowych technologii, w szczególności elektroniki.



H																	He
Li 41	Be 63											B 41	C	N	O	F	Ne
Na	Mg 94											Al 44	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc 65	Ti 63	V 63	Cr 76	Mn 96	Fe 57	Co 54	Ni 62	Cu 70	Zn 38	Ga 38	Ge 44	As 38	Se 47	Br	Kr
Rb	Sr 78	Y 70	Zr 66	Nb 42	Mo 70	Tc	Ru 63	Rh 96	Pd 39	Ag 44	Cd 38	In 60	Sn 36	Sb 57	Te 38	I	Xe
Cs	Ba 63	*	Hf 38	Ta 41	W 53	Re 90	Os 38	Ir 65	Pt 66	Au 40	Hg 45	Tl 100	Pb 100	Bi 46	Po	At	Rn
Fr	Ra	**	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

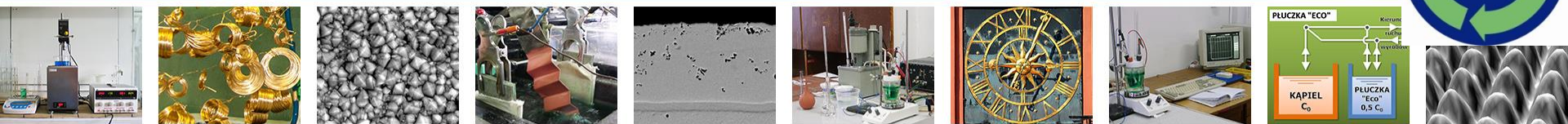
* Lanthanides	La 75	Ce 60	Pr 41	Nd 41	Pm	Sm 38	Eu 100	Gd 63	Tb 63	Dy 100	Ho 63	Er 63	Tm 68	Yb 68	Lu 63
** Actinides	Ac	Th 35	Pa	U 63	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr



Pokazana tabela przedstawia absolutnie **niezbędne składniki**.

Bez tych zaznaczonych na **czzerwono** nie powstanie żaden iPhone.

Należy do nich między innymi **magnez, itr, rod, ren, tal, lantan, europ i inne**.



Układ Okresowy Pierwiastków

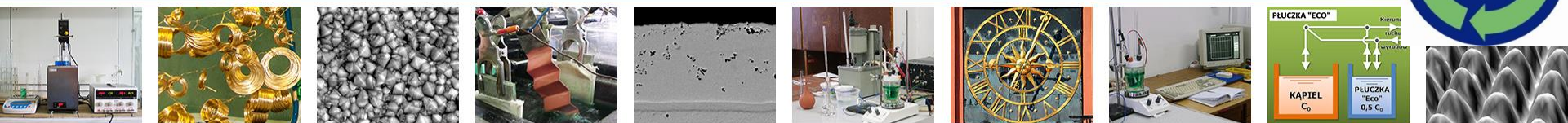
1 IA New Original	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIII B	9 VIII B	10 VIII B	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA																																																																																																						
1 H Wodór 1.00794	2 He Hel 4.002602	3 Li Lity 6.941	4 Be Beryl 9.012182	5 B Bor 10.811	6 C Węgiel 12.0107	7 N Azot 14.0074	8 O Tlen 15.9994	9 F Fluor 18.9984032	10 Ne Neon 20.1797	11 Na Sód 22.989779	12 Mg Magnez 24.3050	13 Al Glin 26.981538	14 Si Krzem 28.0855	15 P Fosfor 30.973761	16 S Siarka 32.065	17 Cl Chlor 35.453	18 Ar Argon 39.948	19 K Potas 39.0983	20 Ca Wapń 40.078	21 Sc Skand 44.955910	22 Ti Tytan 47.867	23 V Wanad 50.9415	24 Cr Chrom 51.9961	25 Mn Mangan 54.938045	26 Fe Żelazo 55.8457	27 Co Kobalt 58.933200	28 Ni Nikiel 58.6934	29 Cu Miedź 63.546	30 Zn Cynk 65.409	31 Ga Gal 69.723	32 Ge German 72.64	33 As Arsen 74.92160	34 Se Selen 78.96	35 Br Brom 79.904	36 Kr Krypton 83.796	37 Rb Rubid 85.4678	38 Sr Stront 87.62	39 Y Yttr 88.90585	40 Zr Cyrkon 91.224	41 Nb Niob 92.90638	42 Mo Molibden 95.94	43 Tc Technet (98)	44 Ru Ruten 101.07	45 Rh Ród 102.90550	46 Pd Pallad 106.42	47 Ag Srebro 107.8682	48 Cd Kadm 112.411	49 In Ind 114.818	50 Sn Cyna 118.710	51 Sb Antymon 121.760	52 Te Tellur 127.60	53 I Jod 126.90447	54 Xe Ksenon 131.293	55 Cs Cezj 132.90545	56 Ba Baryt 137.327	57 to 71 Lantanowce	57 La Lantan 138.9055	58 Ce Cer 140.116	59 Pr Praseodym 140.90765	60 Nd Neodym 144.24	61 Pm Promet (145)	62 Sm Samar 150.36	63 Eu Europ 151.964	64 Gd Gadolin 157.25	65 Tb Terb 158.92534	66 Dy Dysprozj 162.500	67 Ho Holm 164.93032	68 Er Erb 167.259	69 Tm Terb 168.93421	70 Yb Ytterb 173.04	71 Lu Lutet 174.967	72 Hf Hafn 178.49	73 Ta Tantal 180.9479	74 W Wolibram 183.84	75 Re Ren 186.207	76 Os Osm 190.23	77 Ir Iryd 192.217	78 Pt Platyna 195.078	79 Au Złoto 196.96655	80 Hg Rtęć 200.59	81 Tl Tal 204.3833	82 Pb Ołów 207.2	83 Bi Bismut 208.98038	84 Po Polon (209)	85 At Astat (210)	86 Rn Radon (222)	87 Fr Francj (223)	88 Ra Radium (226)	89 to 103 Actynowce	89 Ac Aktyn (227)	90 Th Tor 232.0381	91 Pa Protaktyn 231.03688	92 U Uran 238.02891	93 Np Neptun (237)	94 Pu Pluton (244)	95 Am Ameryk (243)	96 Cm Kuri (247)	97 Bk Berkel (247)	98 Cf Kaliforn (251)	99 Es Einstein (252)	100 Fm Ferm (257)	101 Md Mendelew (258)	102 No Nobel (259)	103 Lr Lorenz (262)	104 Rf Rutherford (261)	105 Db Dubn (262)	106 Sg Seaborg (266)	107 Bh Bohr (264)	108 Hs Has (269)	109 Mt Meitner (268)	110 Ds Darmstadt (271)	111 Rg Roentgen (272)	112 Uub Ununbium (285)	113 Uut Ununtrium (284)	114 Uuq Ununquadium (289)	115 Uup Ununpentium (288)	116 Uuh Ununhexium (282)	117 Uus Ununseptium (286)	118 Uuo Ununoctium (284)

Atomic masses in parentheses are those of the most stable or common isotope.

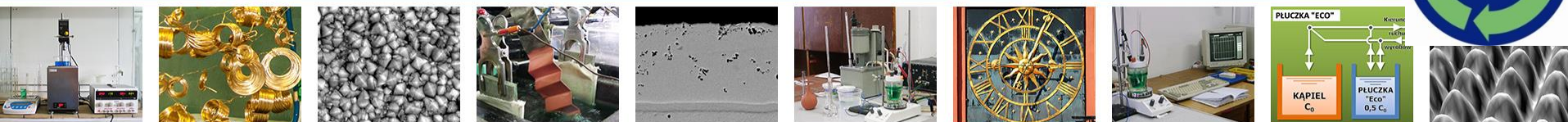
Design Copyright © 1997 Michael Daysh (michael@daysh.com). <http://www.daysh.com/periodic/>

Note: The subgroup numbers 1-18 were adopted in 1984 by the International Union of Pure and Applied Chemistry. The names of elements 112-118 are the Latin equivalents of those numbers.

57 La Lantan 138.9055	58 Ce Cer 140.116	59 Pr Praseodym 140.90765	60 Nd Neodym 144.24	61 Pm Promet (145)	62 Sm Samar 150.36	63 Eu Europ 151.964	64 Gd Gadolin 157.25	65 Tb Terb 158.92534	66 Dy Dysprozj 162.500	67 Ho Holm 164.93032	68 Er Erb 167.259	69 Tm Terb 168.93421	70 Yb Ytterb 173.04	71 Lu Lutet 174.967
89 Ac Aktyn (227)	90 Th Tor 232.0381	91 Pa Protaktyn 231.03688	92 U Uran 238.02891	93 Np Neptun (237)	94 Pu Pluton (244)	95 Am Ameryk (243)	96 Cm Kuri (247)	97 Bk Berkel (247)	98 Cf Kaliforn (251)	99 Es Einstein (252)	100 Fm Ferm (257)	101 Md Mendelew (258)	102 No Nobel (259)	103 Lr Lorenz (262)

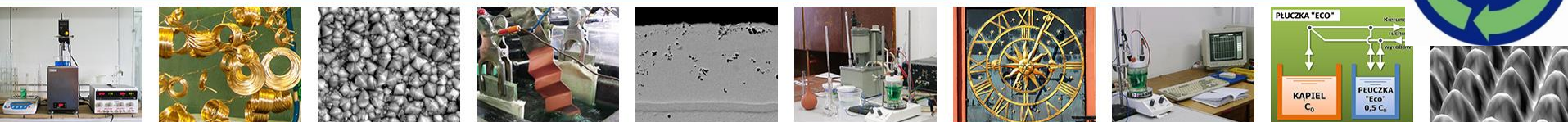


- W czerwcu 2010 r. na posiedzeniu Raw Materials Supply Group w Brukseli zaprezentowano **raport o krytycznych surowcach mineralnych dla UE**
- **Krytyczne surowce mineralne ważne gospodarczo dla Unii Europejskiej,** które uznano za poddawane zwiększonemu ryzyku zaburzeń podaży



Lista 14 surowców mineralnych o różnych poziomach produkcji i zapotrzebowaniach, różnym pochodzeniu i znaczeniu dla gospodarki krajów UE i nie będących w strukturze unijnej a mianowicie:

antymon, beryl, fluoryt, gal,
german, grafit, ind, kobalt,
magnez, metale ziem rzadkich,
niob, platynowce, tantal,
wolfram



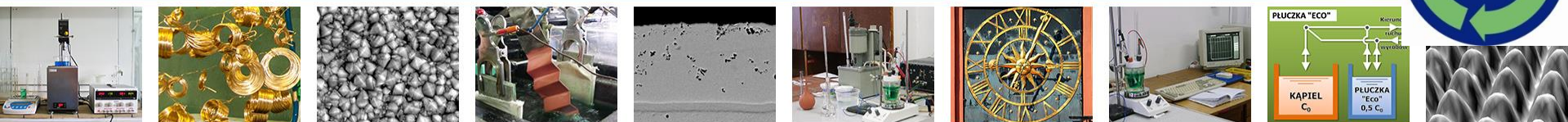
Metale ziem rzadkich

17 pierwiastków chemicznych, w skład których wchodzi: **15 lantanowców** – **lantan**, **cer**, **prazeodym**, **neodym**, **promet**, **samar**, **europ**, **gadolin**, **terb**, **dysproz**, **holm**, **erb**, **tul**, **iterb** i **lutet**

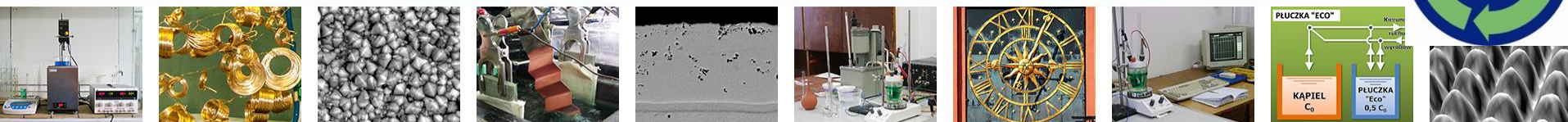
oraz

skand i **itr**, które współwystępują w minerałach zawierających lantanowce i charakteryzują się podobnymi właściwościami chemicznymi.

Stanowią one siódmą część wszystkich pierwiastków występujących w naturze. Spotyka się je zazwyczaj w formie **węglanów**, **tlenków**, **fosforanów** i **krzemianów**.



- [Itr](#) - luminofory, ceramika, stopy metali
- [lantan](#) - baterie, klisze rentgenowskie, katalizatory w procesach rafinacji ropy naftowej
- [skand](#) - stopy metali do przemysłu lotniczego i kosmicznego
- [cer](#) - katalizator, stopy metali
- [Prazeodym](#) - składnik domieszkowy stopów z których wykonuje się magnesy (zapobiega korozji)
- [neodym](#) - silne magnesy neodymowe, lasery
- [promet](#) - źródło promieniowania beta
- [samar](#) - magnesy do pracy w wysokich temperaturach, pręty sterujące reaktorów
- [europ](#) - wyświetlacze ciekłokrystaliczne, oświetlenie fluorescencyjne
- [gadolin](#) - do produkcji zielonego luminoforu w ekranach CRT i scyntylatorów w obrazowaniu rentgenowskim
- [terb](#) - luminofory do lamp i wyświetlaczy
- [dysproz](#) - silne magnesy, lasery
- [holm](#) - silne magnesy
- [erb](#) - lasery, wzmacniacze optyczne
- [tul](#) - ceramiczne materiały magnetyczne
- [iterb](#) - światłowody, płyty ogniw słonecznych
- [lutet](#) - rentgenoluminofory



Luminofor – związek chemiczny wykazujący luminescencję.

Luminoforami mogą być związki organiczne i nieorganiczne.

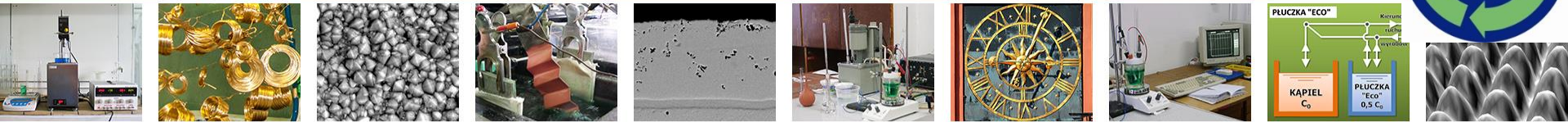
Do luminoforów organicznych zalicza się niektóre polimery, fluoresceinę i eozynę i wiele innych. Nieorganiczne luminofony to między innymi:

- [Siarczki](#), takie jak [siarczek cynku](#) ZnS i [siarczek kadmu](#).
- [Tlenosiarczek itru](#), aktywowany [europem](#), okazał się bardzo dobrym luminoforem czerwonym, stosowanym w [telewizji](#) kolorowej.
Wyparł on luminofony oparte na [boranie kadmu](#) i [siarczku kadmu](#).
- Luminofony z grupy [halofosforanów wapnia](#) znalazły zastosowanie w [świetłówkach](#), są aktywowane [manganem](#). Wyparły z tego zastosowania luminofony oparte na [wolframianie magnezu](#) MgWO₄ o gorszej wydajności i trwałości.
- [Wolframian wapnia](#), aktywowany [srebrem](#) i [tantalan itru](#), aktywowany [niobem](#), stosowanymi do folii wzmacniających w [rentgenodiagnostyce](#).

German jest ważnym półprzewodnikiem, wykorzystywanym do produkcji tranzystorów, diod i innych elementów elektronicznych. Podobnie jak w przypadku [galu](#), sole germanu – zwłaszcza fluorki i arsenki wykazują właściwości półprzewodnikowe i elektroluminescencyjne, jednak ze względu na większą dostępność galu, związki te nie są praktycznie wykorzystywane.

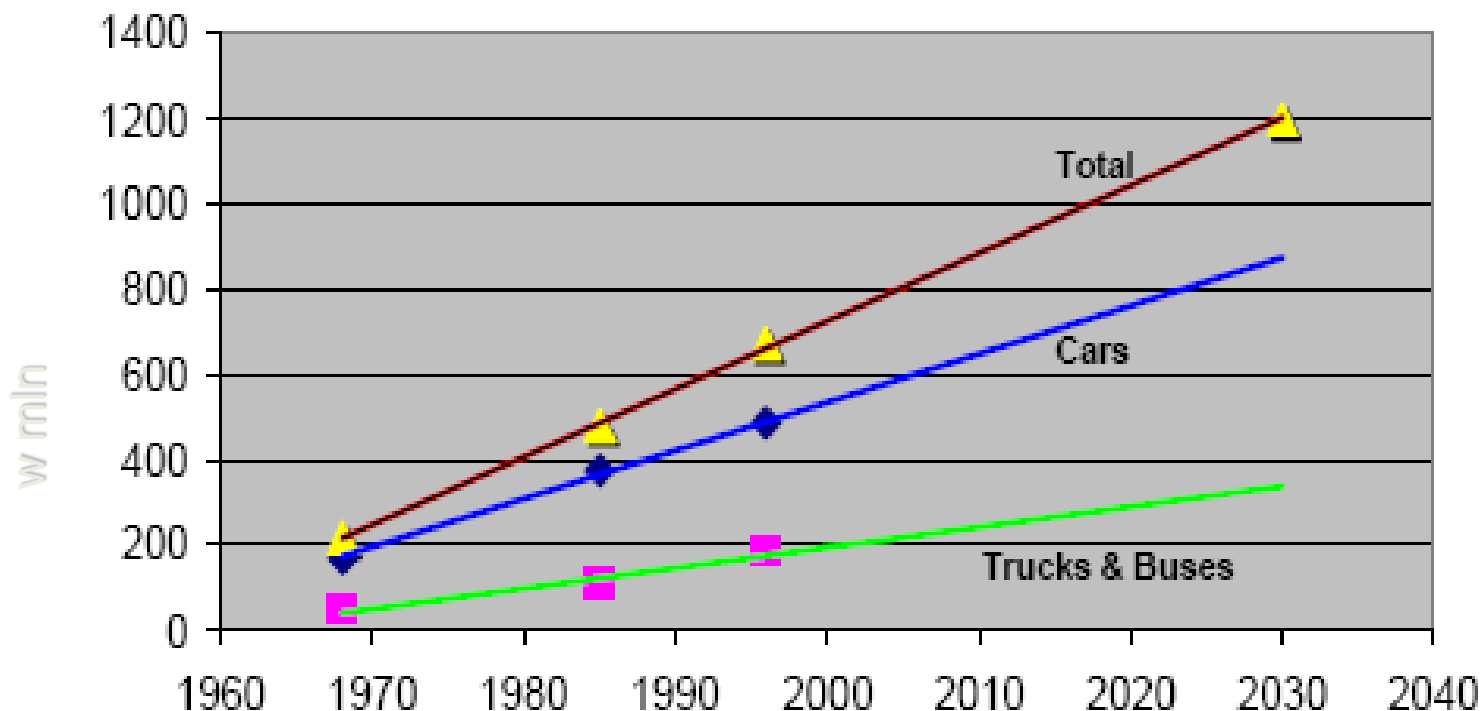
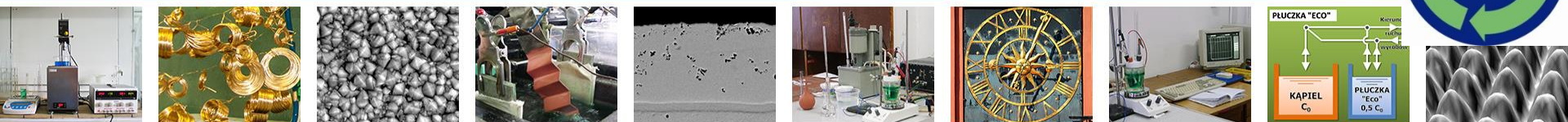
German jest również stosowany do produkcji [świetłowodów](#) i [katalizatorów polimeryzacji](#).

Pozyskuje się go głównie z zanieczyszczeń w minerałach [sfalerycie](#), a także z zanieczyszczeń rud [cynku](#), [ołowiu](#), [miedzi](#) i [srebra](#).



- Oprócz ceny chodzi o dostęp do tzw. metali ziem rzadkich. Bez nich nie byłoby smartfonów i tabletów, ani telewizorów LCD, samochodów EV/HEV czy też akumulatorów i ogniw paliwowych.
- **Chiny produkują aż 95% wszystkich metali ziem rzadkich na Ziemi** i nie pozwalają na eksport tych surowców w ich czystej postaci tylko w formie gotowych produktów wytwarzanych w Chinach. To właśnie zapewnia uprzywilejowaną pozycję Państwa Środka.
- **Roczne zapotrzebowanie na pierwiastki ziem rzadkich wynosi już ok. 140 tysięcy ton.**

Z przedstawionych danych wynika więc, że Chiny uzależniają od siebie wszystkich producentów poprzez realny monopol na produkcję urządzeń high-tech. Oznacza to, że bez względu na ryzyko skopiowania technologia produkcji musi odbywać się właśnie w Chinach.



Łącznie

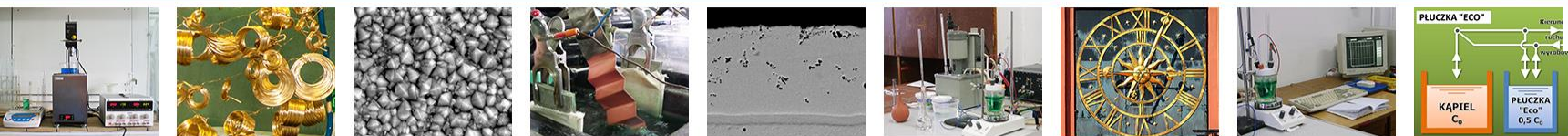
Auta osobowe

Ciężarówki i autobusy

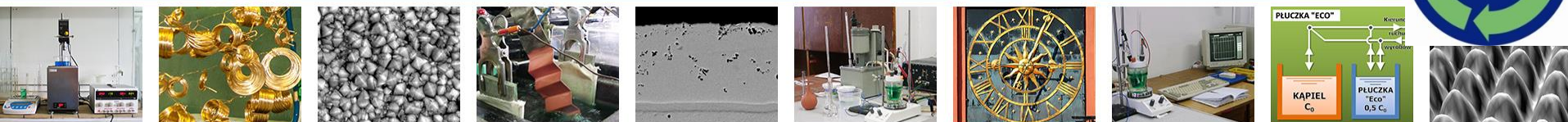
Recycling samochodów wycofanych z eksploatacji:

Ultranowoczesne rozwiązania odzyskiwania zasobów z pozostałości z rozdrabniaczy

Autorzy: B.J. Jody, E.J. Daniels, C.M. Duranceau, J.A. Pomykała, Jr., and J.S. Spangenberg
 Center for Transportation Research Energy Systems Division, Argonne National Laboratory



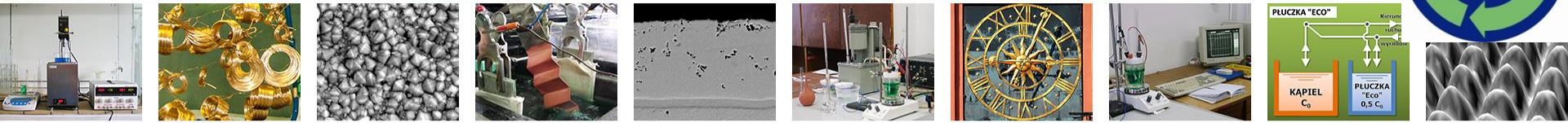
- Producenci pojazdów są obowiązani do:
- ograniczania stosowania substancji niebezpiecznych w pojazdach,
 - uwzględniania wymogów demontażu i ponownego użycia przedmiotów wyposażenia i części pojazdów
 - odzysku i recyklingu z PWzE,
 - stosowania materiałów pochodzących z recyklingu i odzysku do produkcji pojazdów.



Recykling podzespołów z pojazdów wycofanych z eksploatacji zawierających substancje niebezpieczne (SOC)

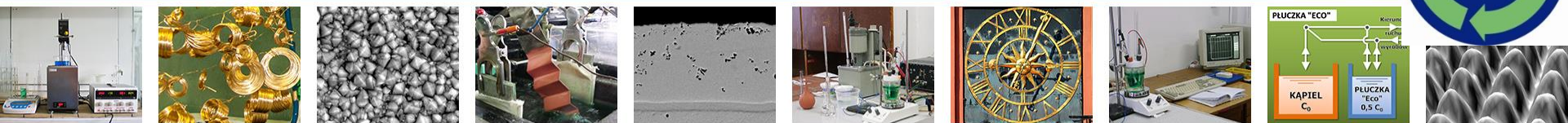
Przykłady:

- Przewody elektryczne – środki ognio-uodparniające (PBDE grupa bromowanych eterów difenylowych), PCV
- Gazy z układu klimatyzacji – freony (HCFC, CFC, HFC, HC), cyklopentany
- Płytki drukowane, układy elektroniczne – PCB, lantanowce, metale ciężkie
- Akumulatory/baterie – metale ciężkie (m.in. Pb, Cd, Hg), PCV
- Lutowia - metale ciężkie, metale ziem rzadkich
- Układy pirotechniczne z poduszek powietrznych i pasów
- Silniki elektryczne - magnesy trwałe, neodymowe

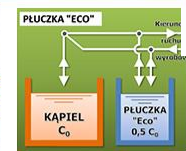
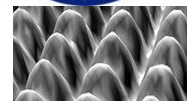
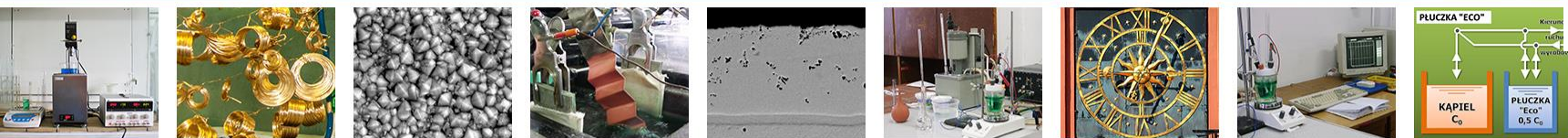


Należy dążyć do maksymalnego odzysku materiałowego z PWzE szczególnie z elektroniki i instalacji elektrycznych pojazdów EV/HEV szczególnie „bogatych” w metale deficytowe i krytyczne.

- Należy dążyć do odzysku metali z komputerowych płytek drukowanych, elementów poduszek powietrznych oraz magnesów trwałych
- Na jeden pojazd EV/HEV przypada 1,4 kg magnesów neodymowych.** Możliwe jest zatem zebranie **1 Mg (ton)** magnesów z **ok. 700 szt.** PWzE HEV/EV.
- Zawartość (%) w magnesie trwałym: Neodym (Nd) ok. 18%; Prazeodym (Pr) ok. 6% Dysproz (Dy) ok. 9%



- Złom elektryczny i elektroniczny (**ZSEE**) klasyfikowany jest najczęściej jako **odpad niebezpieczny** w grupie odpadów przemysłowych. Wiąże się to przede wszystkim z zawartością w nim substancji szczególnie szkodliwych dla zdrowia ludzi i środowiska, którymi są najczęściej ołów i halogenki.
- Obecność tego pierwszego wynika z technologii lutowania opartej na paście ołowiowej, natomiast halogenki stanowią składnik tworzyw sztucznych, powodując ich niepalność.
- Odpady elektryczne i elektroniczne to najczęściej zbiór przeróżnych urządzeń tworzących **mieszaninę metali, stopów, tworzyw sztucznych, ceramiki, szkła, gumy, papieru i drewna**. Taka grupa wymaga zastosowania złożonej technologii recyklingu, która umożliwi odzysk pożądanych surowców w postaci m.in. **cennych metali szlachetnych, np. złota, srebra, palladu, rodu czy platyny**.



- Z punktu widzenia ochrony środowiska pojazdy elektryczne nie emitują zanieczyszczeń w trakcie eksploatacji, ale ze względu na zastosowaną technologię oraz znaczące wykorzystanie metali ziem rzadkich, proces produkcji powoduje emisję znacznie większych ilości zanieczyszczeń niż ma to miejsce w przypadku samochodów spalinowych.

Samochód elektryczny w momencie wypuszczenia na rynek jest odpowiedzialny za emisję ok. 14 Mg CO₂, samochód spalinowy – 6 Mg.

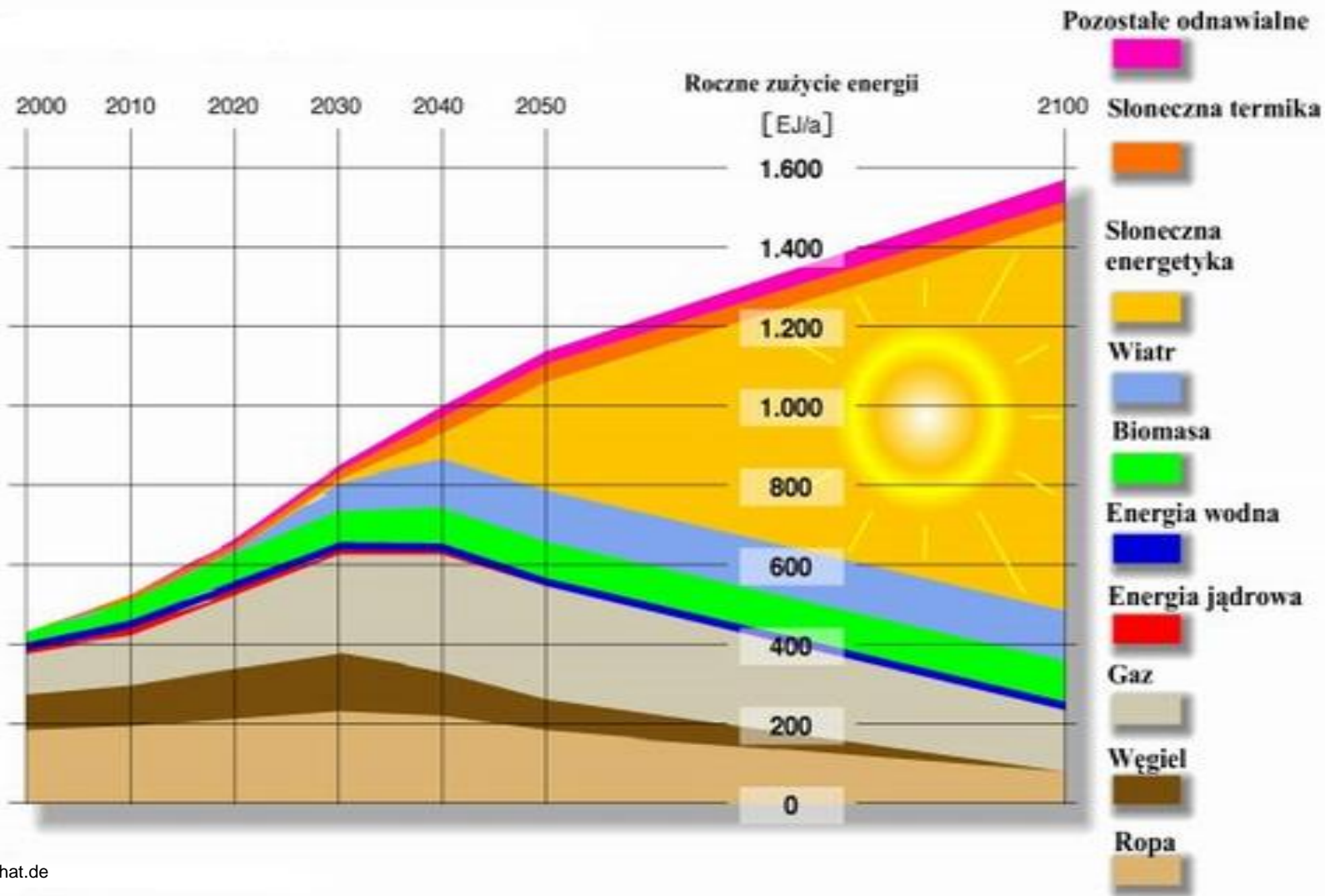
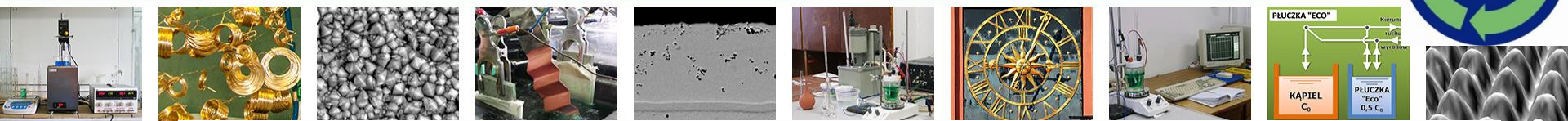
- W krajach, w których większość elektryczności pochodzi z węgla w całym okresie użytkowania samochód elektryczny będzie odpowiedzialny za emisję porównywalnej ilości CO₂ jak samochód benzynowy.
- W krajach korzystających w większości z energii jądrowej lub odnawialnej samochód elektryczny wyemituje 24% mniej CO₂

Emisja dwutlenku węgla z podziałem na państwa

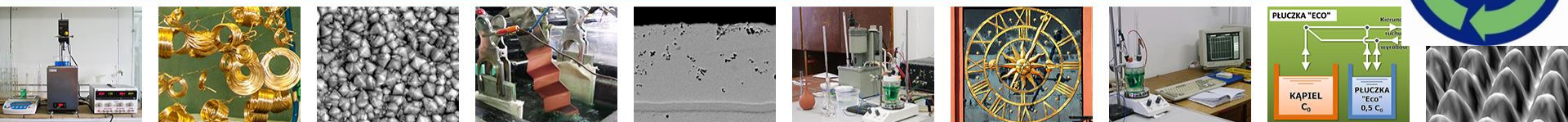


Kraj	Emisja całkowita (miliony ton CO ₂)	Emisja na 1 mieszkańca (tona/mieszkaniec)
1. Chiny	6017.69	4.58
2. USA	5902.75	19.78
3. Rosja	1704.36	12.00
4. Indie	1293.17	1.16
5. Japonia	1246.76	1.16
6. Niemcy	857.60	10.40
7. Kanada	614.33	18.81
8. Wielka Brytania	585.71	9.66
9. Korea Południowa	514.50	10.53
10. Iran	471.48	7.25
11. Włochy	468.19	8.05
12. RPA	443.58	10.04
13. Meksyk	435.60	4.05
14. Arabia Saudyjska	424.08	15.70
15. Francja	417.75	6.60
16. Australia	417.06	20.58
17. Brazylia	377.24	2.01
18. Hiszpania	372.61	9.22
19. Ukraina	328.72	7.05
20. Polska	303.42	7.87

Dane za 2006 rok



Źródło: solarwirtschaft.de



Odpady elektryczne i elektroniczne to najczęściej zbiór przeróżnych urządzeń tworzących mieszaninę metali, stopów, tworzyw sztucznych, ceramiki, szkła, gumy, papieru i drewna.

Dla przykładu:

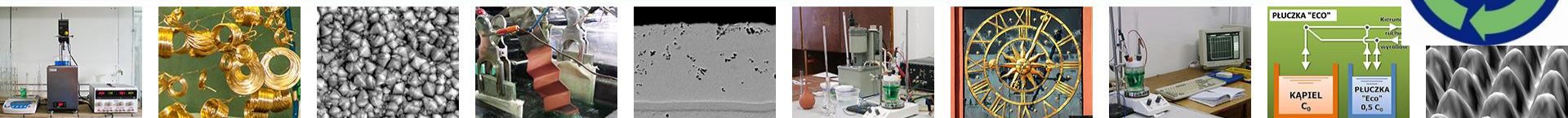
Na każdy **milion telefonów komórkowych** odzyskujemy ok.:

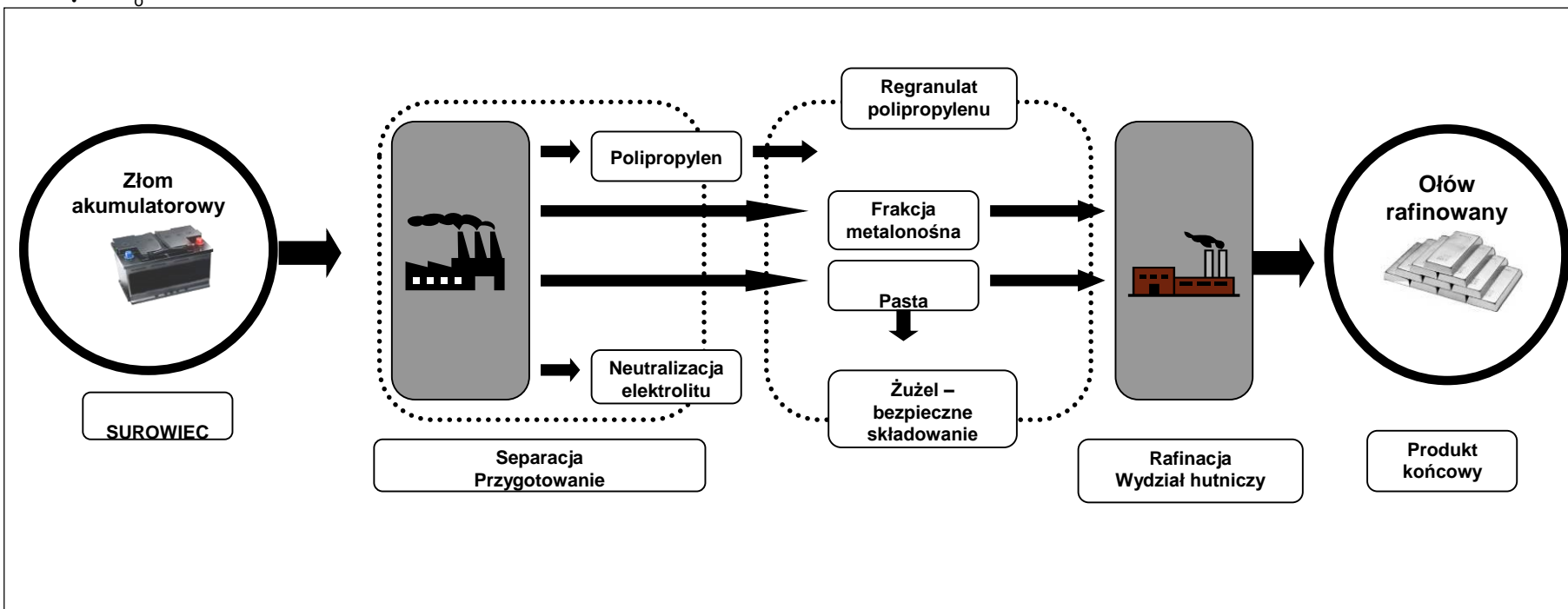
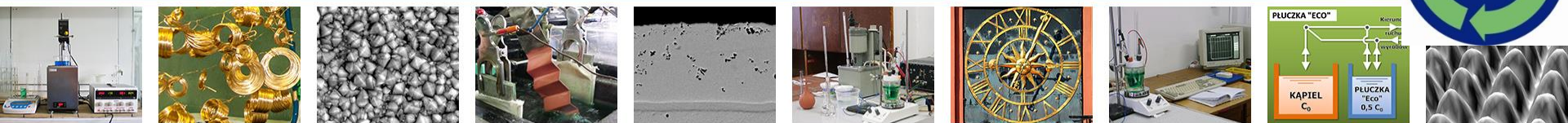
16 Mg miedzi

772 kg srebra

75 kg złota

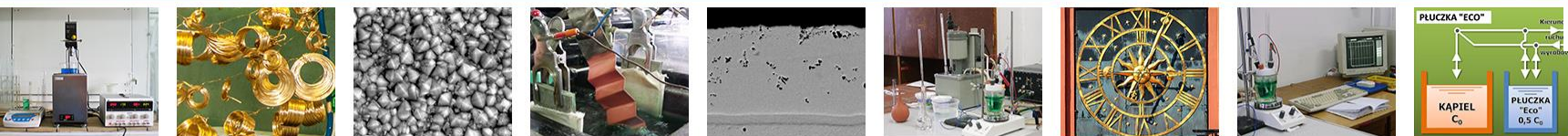
33 kg palladu



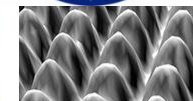
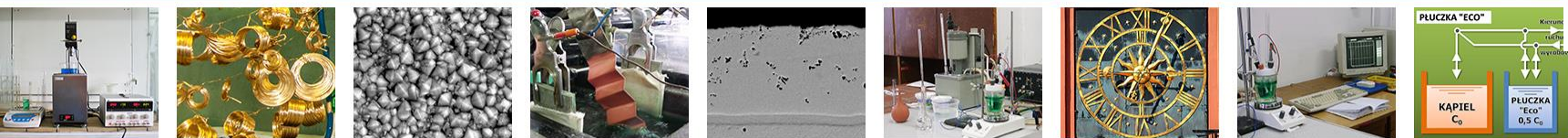


Rocznie w kraju wycofuje się około 4 milionów akumulatorów tzw. kwasowo-ołowiowych, które stanowią również źródło cennych surowców:

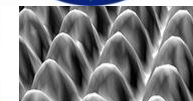
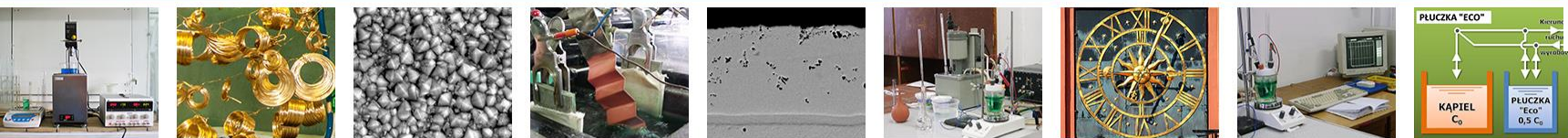
- ołów i jego związki,
- kwas siarkowy,
- polipropylen (PP),
- polichlorek winylu (PVC).



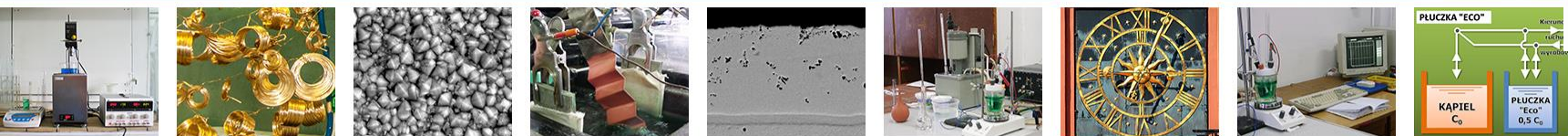
Ogniwo	Fe	Mn	Zn	Ni	Pb	Co	Li	Cu	Al	C	Cd	Hg	inne
Cynkowo-węglowe	23	15	20		0,08					4	0,0002	0,0005	38
Cynkowo-manganowe	30	25	20		0,01					3		0,0005	22
Kwasowo-ołowiowe					65							0,0005	35
Niklowo-kadmowe	30			18		3					20	0,0005	29
Niklowo-wodorkowe	18			42		7						0,0005	33
Litowo-jonowe	22					18	3	8	8	2			39



Materiał	Udział % masy baterii	Wartość % użytych materiałów
Ni(OH)_2	26,32	28,5
Ni	15,79	11,4
MH(AB)_2	23, 16	23,4
KOH	13,69	0,7
Stal	12,63	2,0
Miedź (Cu)	4,21	7,5
Kobalt (Co)	3,16	13,3
Separator	1,04	13,2



Materiał	Udział % masy baterii	Wartość % użytych materiałów
LiMo ₂ (katoda)	41,0	50,0
Grafit	16,4	11,0
Elektrolit	18,0	22,0
Inne	3,4	3,0
Spoiwo	4,7	5,0
Miedź (Cu)	4,4	1,0
Aluminium (Al)	10,3	1,0
Separator	1,8	7,0

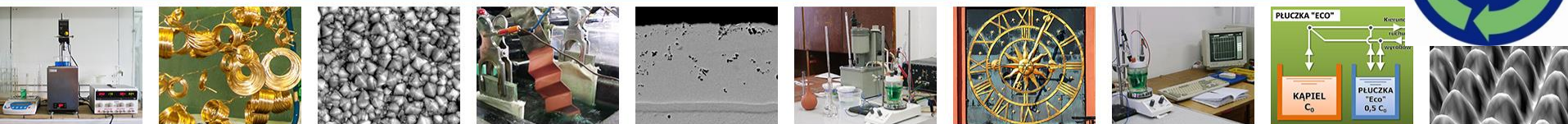


Proces recyklingu baterii litowych, litowo-jonowych składa się z następujących etapów:

- sortowanie,
- rozładowanie resztkowej energii z baterii,
- schłodzenie baterii do temperatury co najmniej -160°C przy użyciu ciekłego azotu,
- cięcie i rozdrabnianie baterii,
- separacja rozdrobnionego materiału (sortowanie),
- konwersja litu na węglan litu lub tlenku litu,
- neutralizowanie elektrolitów do postaci trwałych związków,
- odzyskiwanie kobaltu z tlenku litowo-kobaltowego (Li CoCO_2), jeśli występuje.

Obszary wymagające prowadzenia dalszych badań w celu opracowania technik przeznaczonych do uwzględnienia w istniejących procesach odzysku i recyklingu:

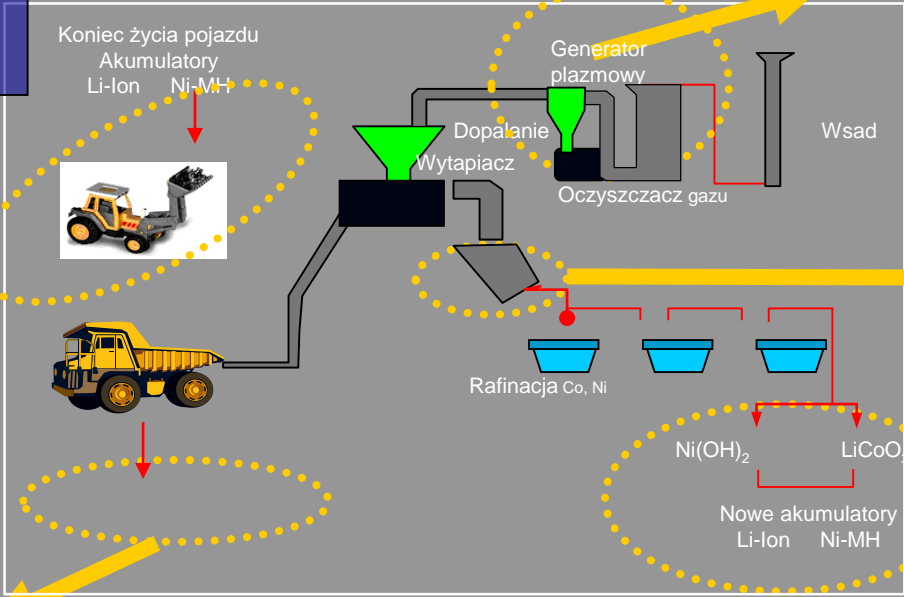
- odzyskiwanie i recykling wodorków niklu z ogniwa Ni-MH,
- odzyskiwanie i recykling katody i elektrolitu w ogniwie litowo-jonowym,
- oddzielanie i odzysk separatorów,
- dopracowanie możliwości regeneracji, w celu wykorzystania ogniwa do innych zastosowań (jako urządzenie magazynujące energię dla stacjonarnych źródeł mocy).



Składniki wejściowe:
 zużyte akumulatory Li-Ion
 Tworzywo sztuczne 10–30%
 Al oraz Cu – folia 10–12%
 C + LiCoO₂ 25–35%
 Obudowy (Al lub Fe/Ni/Cr) 25–35%
 Li ~ 1%
 Wapien (CaCO₃)
 Kwarc (SiO₂)

Składniki wyjściowe:
 Czysty gaz CO₂ ze spalania tworzyw sztucznych i węgla oraz dysocjacji wapieni + ciepło jako główny składnik wykorzystywany do ponownego podgrzewania powietrza

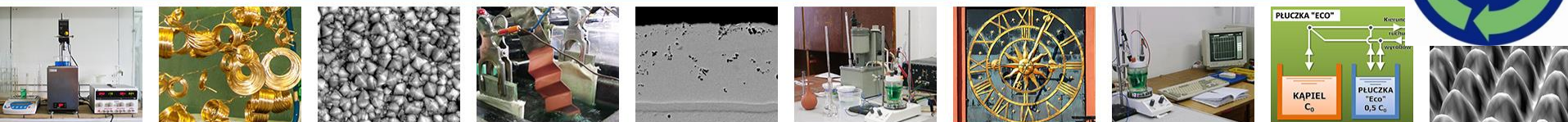
Składniki wyjściowe:
 czysty żużel
 100% CaCO₃ z wapienia
 100% SiO₂ z kwarcu
 100% Al₂O₃ z Al z akum.
 20–50% Fe z akumulatorów
 20–50% Cr z akumulatorów
 0–5% Co z akumulatorów
 0–10% Cu z akumulatorów
 LiO z akumulatorów (<0,1%)



Składniki wyjściowe:
 stop
 100–90% Co
 100–90% Ni
 100–90% Cu
 80–50% Fe
 30–50% Cr
 + inne metale

Składniki wyjściowe:
 nowe produkty
 100% NiOH do nowych akumulatorów NiHM
 100% LiCoO₂ do nowych akumulatorów litowo-jonowych

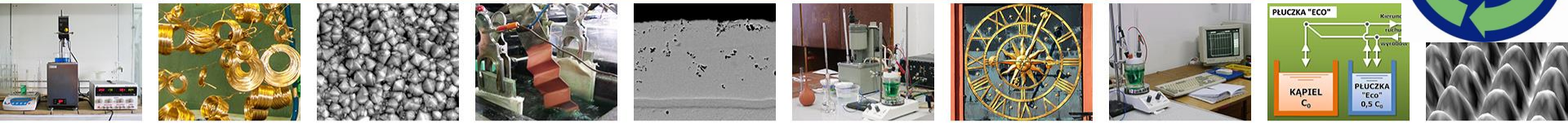
Proces VAL'EASTM



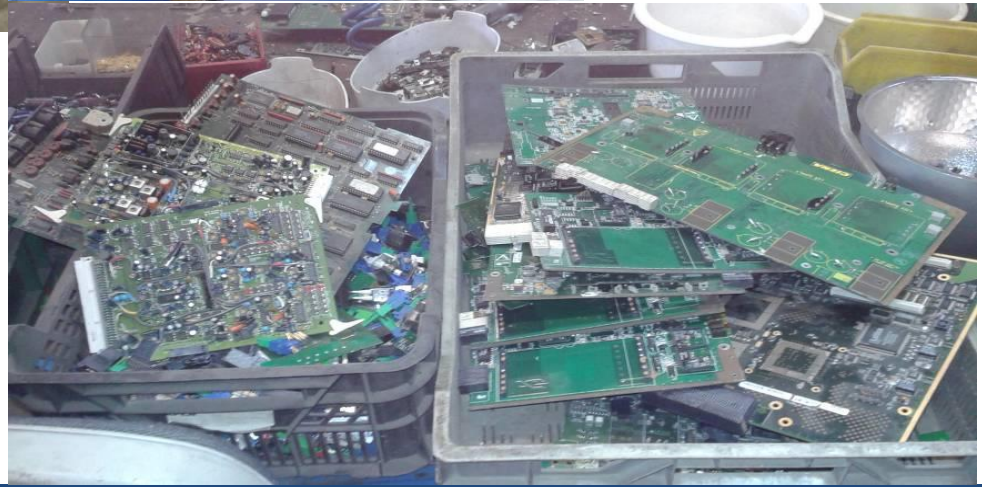
Mając świadomość wyzwań stojących przed zintegrowaną Europą w dobie kolejnych lat oraz dekad, Unia Europejska przedstawiła w 2008 r. **Europejską Inicjatywę na Rzecz Surowców**, w ramach której powstała **zintegrowana strategia**, mająca stanowić odpowiedź na nowe wyzwania, związane z dostępem do surowców innych niż energia i innych niż produkty rolne.

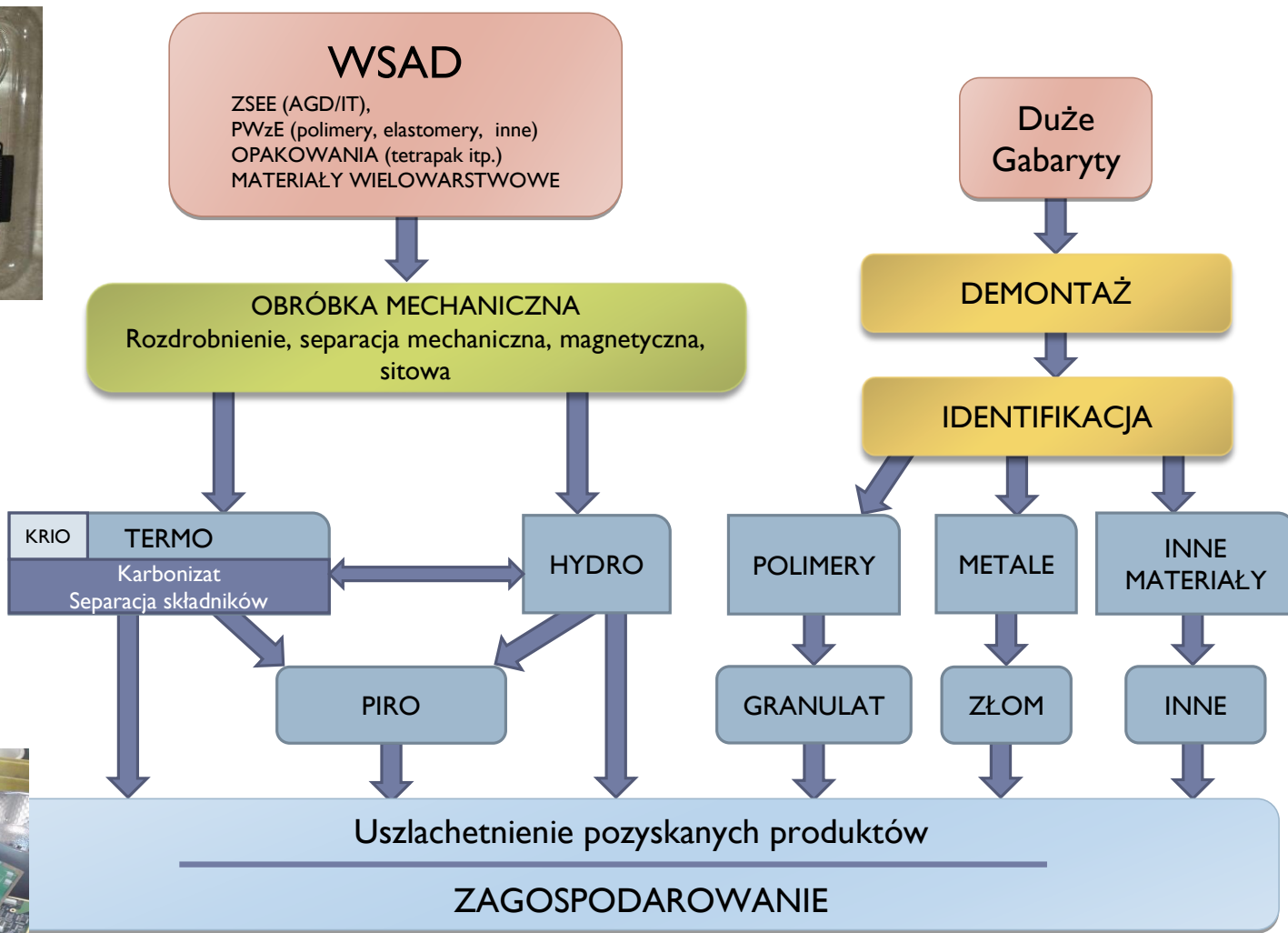
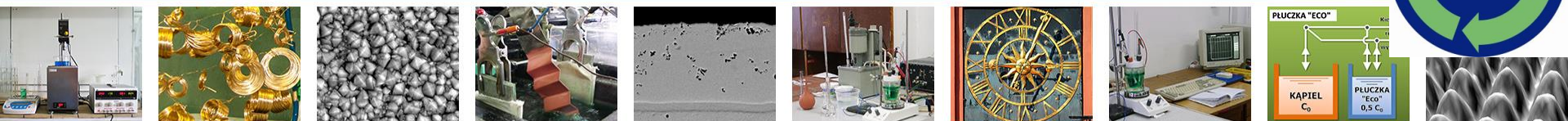
Inicjatywa na rzecz surowców opiera się na trzech następujących filarach:

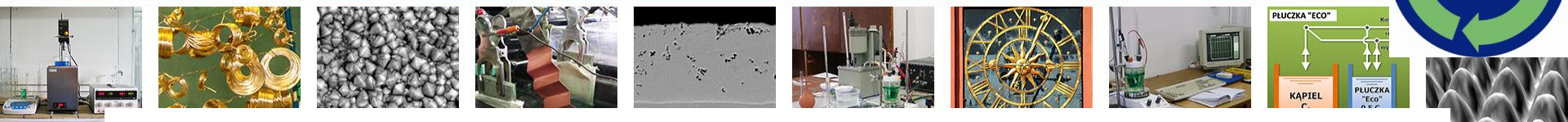
- zapewnieniu równych szans dostępu do surowców w państwach trzecich
- wspieraniu stabilnych dostaw surowców ze źródeł europejskich
- wspieraniu efektywnego gospodarowania zasobami i promowaniu recyklingu i odzysku materiałowego



Zużyty sprzęt elektroniczny i elektryczny - podzespoły







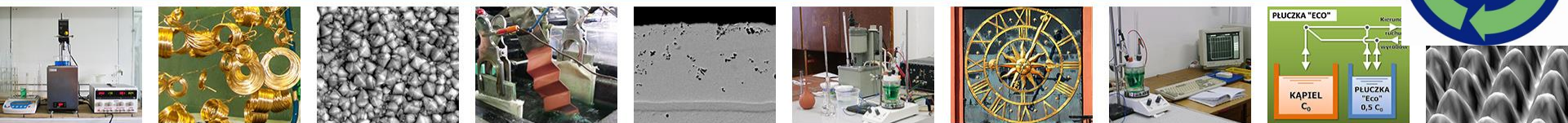
Uszlachetnienie pozyskanych produktów

ZAGOSPODAROWANIE

Aplikacje

Dywersyfikacja źródeł energii Olej, gaz, karbonizat	<ul style="list-style-type: none"> •Gaz – turbiny gazowe •Olej - agregaty prądotwórcze •Karbonizat (brykiety) – ciepłownia 	} Odzysk materiałowy Odzysk produktowy
Metale i ich stopy	<ul style="list-style-type: none"> •Metale szlachetne •Metale żelazne •Metale nieżelazne •Metale ziem rzadkich itd. 	
Substancje i związki metaliczne	<ul style="list-style-type: none"> •Węglany •Siarczany •Gąbki itd. 	
Karbonizat	<ul style="list-style-type: none"> •Sorbenty •Pigmenty •Sadza •Inne 	
Polimery	<ul style="list-style-type: none"> •Granulat •Wyroby z tworzyw sztucznych 	
Inne materiały niemetalowe	<ul style="list-style-type: none"> •Odzysk materiałowy •Odzysk produktowy 	





- **Zastosowanie nowych technologii odzysku i recyklingu odpadów likwiduje obszary do tej pory mało poznane lub obarczone fałszywymi teoriami, co powoduje szybsze, tak pożądane, **przejście do gospodarki zamkniętego obiegu materiałowego.****
- **Nowe technologie zagospodarowania odpadów organicznych i mieszanych przyczyniają się do **zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych oraz zanieczyszczenie środowiska.****
- **Pozyskanie surowców wtórnych z odpadów pozwala na zmniejszenie zapotrzebowania i wydobycia surowców naturalnych, co powinno przyczynić się do **zmniejszenia degradacji środowiska naturalnego.****



Dziękuję za uwagę

dr hab. inż. Andrzej Wojciechowski prof. IMP

Prezes Polskiego Stowarzyszenia Naukowego Recyklingu

mgr inż. Adam Doliński (IMP)

Instytut Mechaniki Precyzyjnej

inż. Andrzej Artur Wojciechowski (PW)

WEiTI - Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki



Instytut Mechaniki Precyzyjnej

ul. Duchnicka 3, 01-796 Warszawa

e-mail: andrzej.wojciechowski@imp.edu.pl

www.imp.edu.pl