INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/III/2012, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 91–100
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Katarzyna Nowińska, Magdalena Kokowska-Pawłowska, Anna Patrzałek

METALE W CALAMAGROSTIS EPIGEJOS I SOLIDAGO SP. ZE ZREKULTYWOWANYCH NIEUŻYTKÓW POPRZEMYSŁOWYCH

METALS IN CALAMAGROSTIS EPIGEJOS AND SOLIDAGO SP. FROM RECLAIMED POST-INDUSTRIAL WASTELANDS

Streszczenie

Na zrekultywowanych biologicznie nieużytkach poprzemysłowych powstałych ze zwałowisk odpadów po górnictwie węgla lub osadników po flotacji rud cynkowo-ołowiowych, utworzyły się zbiorowiska roślinne z głównym udziałem Calamagrostis Epigejos oraz Solidago Sp. Rośliny te stanowią potencjalną biomasę energetyczną.

W pracy przedstawiono wyniki badań zawartości metali ciężkich Fe, Pb, Zn, Hg, metali alkalicznych Na, K, Ca w wyżej wymienionych roślinach pobranych ze zwałowiska odpadów górniczych oraz osadnika poflotacyjnego rud Zn-Pb.

Składniki te mają zasadniczy wpływ na zachowanie się substancji mineralnej przy współspalaniu biomasy w kotłach fluidalnych.

Słowa kluczowe: Calamagrostis Epigejos, Solidago Sp., metale, rośliny energetyczne, nieużytki poprzemysłowe

Summary

Phytocoenosis with main participation of Calamagrostis Epigejos and Solidago Sp. were created on the biological reclaimed post-industrial wastelands formed from coal wastes dump or Zn-Pb ores postflotation settlings. This plants are potential energetic biomass.

The paper presents results of analysies of Fe, Pb, Zn, Hg, Na, K, Ca concentration in plants taken from coal wastes dump and Zn-Pb ores postflotation settlings.

This elements have basic influence on mineral matter behaviour during biomass co-burning in fluidized beds.

Key words: *Calamagrostis Epigejos, Solidago Sp., metals, energetic plants, post-industrial wastelands*

WSTEP

Tworzenie jednego obrazu energetyki, powiązanego z ochroną środowiska oraz z potrzebą nowego spojrzenia na efektywność w gospodarce i wreszcie z tworzeniem się społeczeństwa wiedzy jest zadaniem trudnym i ryzykownym, ale też bardzo potrzebnym i pilnym. Tworząc ten obraz trzeba mieć świadomość potęgi tradycyjnej energetyki, obejmującej ropę, gaz ziemny, węgiel i energetykę jądrową. Na drugim biegunie trzeba widzieć wielki potencjał energetyki odnawialnej z rolnictwem energetycznym (biogazownie) i bardzo dynamicznie rozwijającymi się nowymi technologiami odnawialnych źródeł energii i urządzeń rozproszonej energetyki, takimi jak pompa cieplna, kolektor słoneczny, mikrowiatrak, ogniwo fotowoltaiczne, samochód elektryczny i wiele innych. Pośrodku trzeba widzieć całą sferę użytkowania energii, w szczególności w budownictwie (dom „energetyczny", dom pasywny) [Kowalczyk- Juśko 2011, Popczyk 2010, 2012].

Energetyka rozproszona to małe jednostki wytwórcze (o mocy znamionowej od 50 do 150 kW) połączone bezpośrednio do elektroenergetycznych sieci rozdzielczych lub zlokalizowane w sieci odbiorcy (za urządzeniem kontrolno-rozliczeniowym) produkujące także z energii odnawialnej energię elektryczną lub energię elektryczną w skojarzeniu z wytwarzaniem ciepła [Paska, Sałek, Surma, 2005, Popczyk 2012]. Rozwój energetyki rozproszonej stwarza korzyści, ale także koszty związane z uprawą roślin energetycznych, są to: zaburzenia obiegu pierwiastków w przyrodzie, zaburzenie bioróżnorodności, nadmierna antropopresja na środowisko przyrodnicze oraz istotne zmiany w przestrzeni przyrodniczej [Skoczkowski 2010].

Rosnące zapotrzebowanie na biomasę sprawia, że przedsiębiorstwa funkcjonujące w tym obszarze, poszukują jej źródeł nie tylko w lasach, które dotychczas stanowiły podstawowy zasób energetyczny [Paska J., Sałek M., Surma T., 2005].

Wykorzystanie energetycznych roślin dzikorosnących na nieużytkach poprzemysłowych może uzupełniać te potrzeby [Patrzałek, Kozłowski, Wędrzyński, Trąba, 2011, Patrzałek, Nowińska, Kokowska-Pawłowska 2012]. Według wstępnego rozpoznania, z jednego ha takich terenów pokrytych zbiorowiskami z udziałem trzcinnika piaskowego i nawłoci, można uzyskać około 20 Mg suchej biomasy.

Na wartość energetyczną uzyskanej biomasy z tych roślin składa się ciepło spalania i wartość opałowa. Ciepło spalania dla stanu suchego i bezpopiołowego (daf) ma wartość w zakresie od 17,75 do 19,65MJ·kg $^{-1}$. Wartość opałowa od 16,49 do 18,16 MJ·kg^{-1}. Są to wielkości porównywalne do tych samych wartości z węgla brunatnego.

Poznanie składu chemicznego tych roślin, a w szczególności zawartości składników mających wpływ w procesie spalania na korozję kotła lub emisję niektórych tlenków do atmosfery, jest celowe.

CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było określenie, dla potrzeb energetycznych, w trzcinniku piaskowym i nawłoci wyrosłych na osadniku poflotacyjnym rud Zn i Pb oraz zwałowisku odpadów górniczych węgla kamiennego, zawartości metali alkalicznych Na, K, Ca oraz ciężkich takich jak Zn, Pb, Fe, Hg.

Zakresem prac objęto:

1. Zebranie roślin, w okresie zimowym (luty), z powierzchni kilkunastu hektarowego zrekultywowanego osadnika poflotacyjnego rud Zn- Pb w Bytomiu.
2. Zebranie roślin, w okresie zimowym (luty), z powierzchni kilkunastu hektarów centralnego zwałowiska odpadów górniczych węgla kamiennego w Zabrzu.
3. Oznaczenie w kwiatostanach i łodygach zebranych roślin wapnia, sodu, potasu, cynku, ołowiu, żelaza i rtęci.

METODYKA BADAŃ

Rośliny z wymienionych nieużytków poprzemysłowych zebrano w sposób losowy z wierzchowiny osadnika i zwałowiska. Po rozdzieleniu kwiatostanów, łodyg lub źdźbeł, masę roślinną doprowadzono do stanu powietrznie suchego i rozdrobniono w młynku. Następnie próbki zmineralizowano w kwasie azotowym metodą na mokro, przy użyciu mineralizatora mikrofalowego Uniclever BM- 1z.

W uzyskanych roztworach oznaczono metodą emisyjnej spektrometrii atomowej Ca^{2+}, Na^{+}, K^{+} oraz Pb, Zn, Fe, Hg, których zawartość przeliczono na suchą masę. Analizę wykonano spektrometrem JY 2000.

Wszystkie badania zostały przeprowadzone przez autorki pracy w laboratorium Instytutu Geologii Stosowanej Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

WYNIKI

Ważnym parametrem surowców roślinnych mających wpływ na wartość energetyczną jest nie tylko wielkość plonu, ale także ich skład chemiczny warunkujący jakość popiołu. Na jakość popiołu wpływają również warunki procesu spalania lub współspalania (temperatura, ciśnienie) [Kozacki 2011, Norma PN-81/G-04513, Patrzałek, Kozłowski, Wędrzyński, Trąba, 2011].

Ze spalania trzcinnika piaskowego uzyskuje się 6,6% popiołu, natomiast z nawłoci 1,5% [Patrzałek, Kozłowski, Wędrzyński, Trąba 2011, Ściążko, Pronobis, Zuwała 2007, Werle, Wilk 2011].

Biomasy roślin dzikorosnących - trzcinnika i nawłoci zawierają w swym składzie chemicznym metale alkaliczne takie jak: Ca, K, Na. Składniki te mogą powodować korozyjność elementów kotłów grzewczych.

Analiza ich zawartości będzie miała wpływ na komponowanie mieszanin do współspalania biomasy z paliwami konwencjonalnymi w odpowiednich proporcjach.

Wapń, sód i potas, są to metale o małej lotności, których temperatura wrzenia jest wyższa od temperatury spalania biomasy [http://chemiaonline.w.interia.pl/tabele/wlasciwosci_metali.htm]. Dlatego można przypuszczać, że ich zawartość w roślinach jest porównywalna do ich zawartości w popiele.

Zawartość metali alkalicznych w badanych roślinach jest zróżnicowana. Różnicuje ją nie tylko grunt na którym wyrosły, ale także ich ilość w poszczególnych częściach roślin.

Tabela 1. Zawartość niektórych metali alkalicznych w kwiatostanach i łodygach trzcinnika piaskowego oraz nawłoci z osadnika poflotacyjnego i zwałowiska odpadów górniczych [mg/kg]

Table 1. Concentration of some alkali metals in inflorescences and stems of Wood Small-reed and Goldenrod from Zn-Pb ores postflotation settlings and coal wastes dump [mg/kg]

Metale alkaliczne [ppm]	**Osadnik**			**Zwałowisko**		
	Kwiatostany	Źdźbło /łodygi/	Łącznie w słomie	Kwiatostany	Źdźbło /łodygi/	Łącznie w słomie
	Trzcinnik piaskowy					
Na^+	500	1900	2400	900	2300	3200
K^+	1200	5500	6700	850	3200	4050
Ca^{2+}	2200	900	3100	900	890	1790
	Nawłoć					
Na^+	80	650	1100	90	900	990
K^+	900	3500	4400	650	2100	2750
Ca^{2+}	4300	1100	5400	2000	800	2800

Zawartość potasu w roślinach jest zmienna, zależy od zasobności gleby w ten składnik, ale także od okresu wegetacji rośliny [Lityński, Jurkowska 1982].

Źdźbła trzcinnika oraz łodygi nawłoci na wyżej wymienionych terenach mają więcej tego składnika niż kwiatostany. W źdźbłach trzcinnika na obydwu obiektach jest od 3,8 do 4,6 razy więcej potasu niż w kwiatostanach. Łodygi nawłoci skumulowały o 3,8 razy więcej potasu. Wyższe wartości tych składników zostały pobrane przez rośliny z osadnika poflotacyjnego (tab. 1).

Na to zróżnicowanie miało wpływ podłoże. Słoma roślin wyrosłych na osadniku poflotacyjnym ma większą ilość potasu niż słoma tych samych roślin ze zwałowiska.

Stężenie sodu w słomie trzcinnika i nawłoci mieści się w przedziale od 990ppm (0,099%) do 3200ppm (0,32 %). (tab. 1).

Na osadniku nawłoć pobiera więcej sodu niż trzcinnik piaskowy. W trzcinniku piaskowym jest około 2 razy więcej sodu niż w nawłoci.

Na zwałowisku nawłoć pobiera około 3 razy mniej sodu niż trzcinnik.

Na obydwu obiektach ilość sodu w kwiatostanach tych roślin jest mniejsza niż w ich źdźbłach i łodygach.

Na ilość sodu w słomie mógł mieć także wpływ termin zbioru roślin (zima). Sód może ulegać wypłukaniu z tkanek roślinnych pod wpływem opadów atmosferycznych [Lityński, Jurkowska 1982].

Pobieranie sodu przez rośliny zmniejsza duża ilość wapnia w gruncie [6]. Dlatego rośliny z osadnika poflotacyjnego zawierają mniej, albo podobne ilości tego składnika w porównaniu z roślinami ze zwałowiska.

Zawartość wapnia w roślinie zależy od jej gatunku, części, wieku, zasobności gleby i czynników wpływających na jego pobieranie.

W słomie nawłoci, na obydwu stanowiskach, jest więcej wapnia niż w słomie trzcinnika piaskowego.

W słomie nawłoci z osadnika, wapnia jest więcej o 1,7 razy mniej niż w słomie trzcinnika.

Na zwałowisku słoma nawłoci skumulowała także więcej wapnia niż trzcinnik.

Zawartość metali ciężkich w spalanej biomasie roślinnej jest ważna ze względu na środowisko przyrodnicze. Metale mogą być uwalniane ze składowanych popiołów do środowiska.

Stężenie żelaza w roślinie zależy od zapotrzebowania jej w przyswajalne formy tego składnika, gatunku i wieku rośliny. Zawartość w roślinach może wahać się od kilkudziesięciu do kilku tysięcy ppm Na ogół zawartość żelaza w roślinach jest znacznie wyższa od innych mikroskładników, takich jak na przykład cynk. [Lityński, Jurkowska 1982].

W analizowanej słomie żelazo mieści się w zakresie od 420 do 700ppm.

Większą ilość żelaza mają źdźbła i łodygi niż kwiatostany.

Tabela 2. Zawartość metali ciężkich w kwiatostanach i łodygach trzcinnika piaskowego oraz nawłoci z osadnika poflotacyjnego i zwałowiska odpadów górniczych [mg/kg]
Table 1. Concentration of some alkali metals in inflorescences and stems of Wood Small-reed and Goldenrod from Zn-Pb ores postflotation settlings and coal wastes dump [mg/kg]

Metale ciężkie [ppm]	**Osadnik**			**Zwałowisko**		
	Kwiatostany	Źdźbło /łodygi/	Łącznie w słomie	Kwiatostany	Źdźbło /łodygi/	Łącznie w słomie
	Trzcinnik piaskowy					
Ołów	0,2	0,9	1,1	no	0,02	0,02
Cynk	5,9	22,1	28,0	no	6,8	6,8
Żelazo	150	270	420	115	350	465
Rtęć	no	no	no	no	no	no
	Nawłoć					
Ołów	0,5	1,4	1,9	no	no	no
Cynk	8,9	11,8	20,7	no	1,7	1,7
Żelazo	120	580	700	105	400	505
Rtęć	no	no	no	no	no	no

Na osadniku poflotacyjnym zawartość żelaza w słomie trzcinnika i nawłoci była bardzo zróżnicowana. Więcej żelaza miała słoma nawłoci, a mniej trzcinnika.

Na zwałowisku pobieranie żelaza przez obydwa gatunki było podobne. Zawartość metali ciężkich w obydwu gatunkach roślin była uzależniona od podłoża, na którym rosły.

Na osadniku poflotacyjnym w trzcinniku piaskowym oraz nawłoci cynku było od około 4 do 12 razy więcej niż w tych samych roślinach na zwałowisku odpadów górniczych.

Na obydwu obiektach trzcinnik skumulował niewielkie ilości ołowiu, przy czym w trzcinniku ze zwałowiska było 5,5 razy mniej ołowiu niż z osadnika. Nie stwierdzono obecności ołowiu w nawłoci ze zwałowiska.

Ilość obydwu metali w słomie badanych roślin uznać należy za niską.

Nie stwierdzono obecności rtęci w trzcinniku i nawłoci wyrosłych na osadniku poflotacyjnym jak i na zwałowisku.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Na pobieranie jonów metali alkalicznych przez nawłoć i trzcinnik piaskowy wpływa ich siedlisko. Osadnik poflotacyjny budują odpady dolomitów kruszconośnych, które kształtują właściwości fizyczne i chemiczne gruntu. Pod względem mineralogicznym składowane odpady to głównie utwory węglanowe w formie węglanu wapnia i magnezu. Do procesu flotacji dodaje się wodoro-

tlenki metali alkalicznych, głównie sodu i potasu. Dlatego wapń, sód i potas są głównymi składnikami odpadów poflotacyjnych składowanych na osadniku [Mencfelt 2006, Polański 1988].

Osadnik został zrekultywowany biologicznie na początku lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku.

Obecnie trzcinnik piaskowy i nawłoć tworzą zbiorowisko roślinne z ustępującymi trawami i drzewami z procesu rekultywacji. O właściwościach fizycznych i chemicznych, w tym zawartości metali alkalicznych i ciężkich, w powstającej gleby inicjalnej na osadniku w dalszym ciągu decydują właściwości zdeponowanych odpadów [Mencfelt 2006].

W odpadach poflotacyjnych żelazo zawarte jest głównie w dolomitach jako węglany bezwodne, jednym z nich jest ankeryt $CaFe[CO_3]_2$ [Chodyniecka, Gabzdyl, Kapuściński 1993, Polański 1988]. Dlatego stwierdza się obecność żelaza w roślinach.

Obecność cynku i ołowiu w odpadach poflotacyjnych wynika z charakteru składowanego materiału (skała płona towarzysząca rudom Zn i Pb,).

Zwałowisko odpadów górniczych buduje odpadowa masa skalna wydobywana z węglem po przejściu szeregu procesów technologicznych, tak zwanych przeróbczych. Pod względem petrograficznym główną masę tworzą skały ilaste tzw. iłołupki karbońskie. W ich składzie chemicznym występuje potas i sód. Masa ta ulega procesowi wietrzenia fizycznego i chemicznego. Potas z powierzchniowej warstwy zwałowiska odpadów górniczych ulega wypłukaniu w okresie kilku lat. W tym czasie wzrasta ilość sodu. Pomimo tego stwierdzono większą ilość potasu niż sodu w obydwu gatunkach roślin. Pobieranie tych składników jest niewątpliwie cechą gatunkową tych roślin.

Na udział wapnia w roślinach wpływają nielicznie występujące na zwałowisku skały węglanowe. Intensywny proces wietrzenia i wymywania masy skalnej doprowadza do jej zakwaszenia. Ma to wpływ na pobieranie niektórych składników mineralnych przez roślinność.

W odpadach górniczych żelazo zawierają głównie takie minerały jak: piryt FeS_2, i syderyt $FeCO_3$,

Żelazo może tworzyć w glebie różne związki jak krzemiany, węglany, siarczany, a przede wszystkim tlenki i wodorotlenki, występujące w postaci krystalicznej lub amorficznej. Żelazo może także występować w kompleksie sorpcyjnym. Rozpuszczalność związków żelaza zależy od odczynu, potencjału oksydacyjno-redukcyjnego i innych czynników.

Rośliny mogą korzystać z żelaza w formie jonów Fe^{2+} oraz połączeń chelatowych. Na przyswajalność żelaza oraz jego pobieranie przede wszystkim wpływa odczyn. W glebach kwaśnych znajduje się więcej przyswajalnego żelaza [Lityński, Jurkowska 1982].

Niewielkie ilości cynku i ołowiu w odpadach górnictwa węgla kamiennego wynikają z genezy ich powstawania. W węglach kamiennych z Górnośląskiego

Zagłębia Węglowego średnia zawartość cynku wynosi 46 ppm, a ołowiu 25 ppm. Przeważająca część cynku i ołowiu występuje w materii nieorganicznej węgli. Z kolei w łupkach węglowych cynk jest pochodzenia organicznego, a ołów nieorganicznego [Parzentny, Różkowska 1989, 1922, Parzentny 1991, 1992, Parzentny, Róg 2001].

Zawartości metali w niektórych roślinach energetycznych z upraw rolniczych, takich jak miskant lub słoma zbóż wynoszą:

- potas w słomie zbóż - 2,25 %, w miskancie - 16,6 % ,
- sód w słomie zbóż - 0,65 %, w miskancie - 0,98 %,
- wapń w słomie zbóż - 4 %, w miskancie 4,55 % [Golec 2004].

Zawartość cynku w trzcinniku ze składowiska popiołów energetycznych nie przekracza 30 ppm, ołowiu 2 ppm [Antonkiewicz 2008].

W miskancie z uprawy rolniczej na obiektach nawożonych osadem ściekowym stwierdzono 0,6 ppm ołowiu oraz 53,1 ppm cynku [Antonkiewicz 2008].

Porównując zawartości wybranych metali w słomie roślin z upraw rolniczych oraz w słomie dzikorosnącego trzcinnika na składowisku popiołów energetycznych do uzyskanych wyników, stwierdza się, że zawartość metali alkalicznych jak i ciężkich w słomie trzcinnika i nawłoci z osadnika poflotacyjnego rud Zn-Pb oraz ze zwałowiska odpadów górniczych uznać należy za niską. Dlatego można wnioskować, że zawartość tych składników w popiele będzie podobna.

Jak podaje raport Urzędu Marszałkowskiego Województwa Śląskiego, Wydział Geodezji Kartografii i Gospodarki Nieruchomościami z maja 2009 r. w województwie śląskim 1,73% w strukturze użytków gruntowych stanowiły: nieużytki, użytki ekologiczne oraz tereny zwałowisk i składowisk górniczych, łącznie 21 239 ha.

Tereny te są często skolonizowane zbiorowiskami roślinnymi w których dominatem jest nawłoć kanadyjska *Solidago canadensis* i nawłoć późna *Solidago serotina*, które współdominują z trzcinnikiem piaskowym *Calamagrostis epigejos* [Patrzałek, Nowińska, Kokowska-Pawłowska 2012]. Pozyskiwanie tych roślin dla celów energetycznych z wymienionych terenów nie tylko ograniczy ich dzikie wypalanie wiosenne, ale także będzie stanowiło udział w biomasie pozyskiwanej z upraw rolniczych.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych wyników badań stwierdzono, że:

1. Zawartość Na^+, K^+, Ca^+ w słomie trzcinnika piaskowego i nawłoci jest zróżnicowana co wynika bezpośrednio z charakteru podłoża (składowany materiał), na którym rosną te rośliny.

2. W słomie prawie wszystkich roślin z osadnika poflotacyjnego rud Zn-Pb występuje więcej K^+, Ca^+ i Na^+ niż w słomie roślin ze zwałowiska odpadów po górnictwie węgla kamiennego. Wyjątek stanowiła słoma trzcinnika piaskowego zebranego ze zwałowiska, która skumulowała więcej Na^+.

3. Wydzielone części roślin (kwiatostany, łodygi/źdźbła) zawierają różne ilości badanych metali. Należy zwrócić uwagę na fakt, że w większości przypadków K^+ i Na^+ kumulują się w źdźbłach/łodygach. Więcej Ca^+ stwierdzono natomiast w kwiatostanach trzcinnika i nawłoci. To zróżnicowanie wynika najprawdopodobniej z cech gatunkowych roślin m.in. z ich budowy oraz zdolności pobierania składników mineralnych z gleby.

4. Zawartość Zn, Pb, Fe w słomie roślin zarówno z osadnika poflotacyjnego oraz ze zwałowiska odpadów górniczych jest niewielka, natomiast nie stwierdzono obecności Hg. Słoma trzcinnika piaskowego i nawłoci z osadnika zawiera znacznie większe ilości Zn i Pb w porównaniu ze słomą tych roślin ze zwałowiska.

5. Zawartość Fe w słomie badanych roślin jest znacznie wyższa w porównaniu z zawartościami Zn, Pb. Koncentracja żelaza w słomie trzcinnika zebranego ze zwałowiska jak i osadnika jest podobna. Słoma nawłoci z osadnika zawiera większe ilości tego metalu w porównaniu ze słomą tej rośliny ze zwałowiska. Kwiatostany obydwu gatunków roślin kumulują Zn, Pb, Fe.

6. Zawartości sodu, potasu, wapnia, cynku, ołowiu, żelaza w słomie badanych roślin dzikorosnących zebranych z osadnika poflotacyjnego i zwałowiska odpadów pogórniczych są niewielkie w porównaniu do uprawnych roślin energetycznych.

Można wnioskować, że trzcinnik pisakowy i nawłoć stanowią potencjalną biomasę energetyczną, nie tylko ze względu na ich wartość opałową, ale także skład chemiczny (niewielka zawartość metali mających wpływa na proces współspalania).

BIBLIOGRAFIA

Antonkiewicz J. *Ocena zawartości metali ciężkich w trzcinniku piaskowym występującym na składowisku odpadów paleniskowych i wapna pokarbidowego.* 2008. http://www.zeszyty problemowe.pan.pl.

Chodyniecka L., Gabzdyl W., Kapuściński T.: *Mineralogia i petrografia dla górników*. Skrypty uczelniane nr 1714, Politechnika Śląska, Gliwice 1993.

Golec T.: *Współspalanie biomasy w kotłach energetycznych* 1. „Energetyka ₂ - 7- 8/2004. cire.pl /pliki/2/energetyka_pub.pdf.

Kowalczyk- Juśko A.: *Nieużytki energetycznie użyteczne*. Agroenergetyka, nr 4 (38), 2011, s. 27.

Kozacki Ł.: *Możliwość wykorzystania niektórych roślin z terenów zdegradowanych dla celów energetycznych* Instytut Geologii Stosowanej Politechniki Śląskiej, praca mgr Gliwice 2011.

Lityński T., Jurkowska H.: *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*. PWN Warszawa 1982.

Mencfelt A.: *Ocena procesu rekultywacji na osadniku poflotacyjnym rud cynku i ołowiu w Bytomiu*. Praca dyplomowa magisterska. Politechnika Śląska, Gliwice 2006.

Norma PN-81/G-04513. *Oznaczenie ciepła spalania i obliczanie wartości opałowej . Paliwa stałe,*Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości, Wydawnictwo Normalizacyjne Warszawa.

Parzentny H., Różkowska A.: *Ocena zawartości oraz sposobu związania cynku w węglu po rozciągłości Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Przegląd Górniczy, nr 5, 1989, s.14-20.

Parzentny H.: *Zróżnicowanie zawartości ołowiu w węglach i łupkach węglowych z facji limnicznej po rozciągłości Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.* Przegląd Górniczy, nr 6, 1991, s. 33-36.

Parzentny H.: *Częstość występowania ołowiu w węglach i łupkach węglowych z Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Przegląd Górniczy, nr 2, 1992, s. 25-29.

Parzentny H., Różkowska A.: *Wpływ substancji organicznej i nieorganicznej na zawartość ołowiu w węglu i łupkach węglowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Przegląd Geologiczny, vol.40, nr 11, 1992, s. 656-658.

Parzentny H., Róg L.: *Zawartość metali ciężkich w popiele lotnym pochodzącym ze spalania węgla z Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Przegląd Górniczy, nr 7-8, 2001, s. 52-60.

Paska J., Sałek M., Surma T.: *Wywarzanie energii elektrycznej z wykorzystaniem odnawialnych zasobów energii. Charakterystyka odnawialnych źródeł energii*. „Energetyka" - marzec 2005. Rodzaje OZE, ich źródła i zasoby. www.ogrzewnictwo.pl.

Patrzałek A., Kozłowski S., Wędrzyński A., Trąba C.: *Trzcinnik piaskowy jako potencjalna „roślina energetyczna"*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.

Patrzałek A., Nowińska K., Kokowska-Pawłowska M**.:** *Nawłoć – solidago sp w siedliskach trudnych jako potencjalna roślina energetyczna* . Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu w druku 2012.

Polański A.: *Podstawy Geochemii.* Wyd. Geol. Warszawa 1988.

Popczyk J.: *Energetyka rozproszona jako odpowiedź na potrzeby rynku (prosumenta) i pakietu energetyczno-klimatycznego*. Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2010, s.1-2. www.klaster3x20.pl.

Popczyk J.:. *Energetyka rozproszona* /mini-monografia/, 2012./ www.klaster3x20.pl/dzial.profesorski/.

Skoczkowski T.: *Strategiczne aspekty racjonalnej gospodarki energią i środowiskiem - polityka efektywności energetycznej w Unii Europejskiej i Polsce*. 2010 http://www.kape.gov.pl.

Ściążko M., Pronobis M., Zuwała J.: *Zalety i wady współspalania bomasy w kotłach energetycznych na tle doświadczeń eksploatacyjnych pierwszego roku współspalania biomasy na skalę przemysłową Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla z Zabrza* Energetyka i ekologia 2007. www.e-energetyka.

Werle S.R., Wilk K.: *Energetyczne wykorzystanie komunalnych osadów ściekowych możliwość czy konieczność*. Mat. Konf. VIII Energetyczna konferencja na temat aktywizacja gminy za pomocą innowacyjnej energetyki rozproszonej. Gliwice czerwiec 2011.

http://chemiaonline.w.interia.pl/tabele/wlasciwosci_metali.htm.

Dr inż. Katarzyna Nowińska
Dr inż. Magdalena Kokowska-Pawłowska
Dr hab. inż. Anna Patrzałek, prof. em.
Instytut Geologii Stosowanej
Wydział Górnictwa i Geologii
Politechnika Śląska
ul. Akademicka 2
44- 100 Gliwice
tel. 32 237 19 24
e-mail: katarzyna.nowinska@polsl.pl