

Hanna BAUMAN-KASZUBSKA¹, Mikołaj SIKORSKI^{1,2}

¹ Wydział Budownictwa Mechaniki i Petrochemii, Instytut Budownictwa
Politechnika Warszawska

² Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Politechnika Świętokrzyska

CHARAKTERYSTYKA ILOŚCIOWA I JAKOŚCIOWA OSADÓW POWSTAJĄCYCH PODCZAS UZDATNIANIA WÓD PODZIEMNYCH I POWIERZCHNIOWYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO OBIEKTU

QUANTITY AND QUALITY CHARACTERIZATION OF SLUDGES
ARISING DURING UNDERGROUND AND SURFACE WATERS
TREATMENT ON THE EXAMPLE OF THE SELECTED OBJECT

Ensuring proper amount of water for consuming is the most important aim of water treatment plants. However, essential problem of many plants is managing arising residue. The residue in water treatment processes are substances and their mixtures in liquid and solid state which are not taken back into cycle. It is advisable to use them, store or manage in another way. The amount of treated water, the degree of its pollution, used methods of treatment, the kind and doses of reacting substances and the degree of pollution removal included in raw water has influence on the quantity and quality of arising residue. In the article, quantity and quality characterization of sludges arising in suw will be presented with change tendency during a few years. The characterization will be referred to the quantity and quality of raw and treated water on the example of „Wodociągi Płockie” Ltd Company.

1. Wprowadzenie

Woda jako chemicznie czysty związek, praktycznie nie występuje w przyrodzie. Zawiera ona substancje mineralne i organiczne rozpuszczone lub występujące w postaci zawiesin. Rodzaj domieszek wody zależy od otaczającego ją środowiska. Właściwości fizyczne i chemiczne wód podziemnych są uzależnione od wielu czynników, głównie od głębokości zalegania oraz od składu chemicznego utworów, przez które przepływają, przesączają się. Nie bez znaczenia jest również ciśnienie, temperatura oraz długość warstwy wodonośnej. W odróżnieniu od wód powierzchniowych, wody podziemne

charakteryzują się raczej stałym składem fizyczno-chemicznym, a ich skład kształtują procesy hydrogeochemiczne, jakkolwiek wpływ mają również procesy fizyczne i biologiczne [1].

Główne czynniki kształtujące skład wód powierzchniowych to budowa geologiczna i topografia zlewni, procesy fizyczne i chemiczne zachodzące w środowisku wodnym, prędkość i natężenie przepływu wody, wielkość powierzchni kontaktu wody z powietrzem atmosferycznym, rodzaj organizmów wodnych i aktywność przemian biologicznych, a także warunki atmosferyczne. Niewątpliwie skład fizyczno-chemiczny wód powierzchniowych ulega znacznym zmianom, zarówno w skali roku, jak i doby. W konsekwencji znacznej zmienności składu mogą powstać problemy techniczne i technologiczne stacji uzdatniania wody, związane z koniecznością zapewnienia optymalnych dawek reagentów, dopuszczalnych obciążeń hydraulicznych. Powszechnie stosowaną metodą uzdatniania wód powierzchniowych jest koagulacja, która pozwala na usunięcie substancji rozpuszczonych, koloidów i zawiesin, przy bardzo zróżnicowanych wartościach wskaźników jakości wody.

Duża zmienność powyższych czynników, kształtujących jakość wód powierzchniowych danego cieką w ciągu roku, znajduje również odzwierciedlenie w regulacjach formalno-prawnych – rozporządzeniach Ministra Środowiska, obejmujących wymagania stawiane wodom powierzchniowym wykorzystywanym do celów wodociągowych [4] oraz dotyczących monitoringu jakości wód powierzchniowych [5, 6].

2. Charakterystyka ujmowanych wód

Na terenie województwa mazowieckiego znajdują się 4 ujęcia wód powierzchniowych dla zaopatrzenia ludności, w tym jedno w Płocku – ujęcie „Grabówka”. Na podstawie oceny wód w przekroju charakteryzującym wody dopływające w rejon poszczególnych ujęć, stwierdza się, że jakość wód nie odpowiada wymaganiom, określonym dla wód powierzchniowych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia. Jakość tych wód była niższa niż wymagania dla kategorii A3 [4], a o negatywnej ocenie wód dla Płocka zdecydowały przede wszystkim ChZT-Cr, liczba bakterii grupy coli typu fekalnego i ogólna liczba bakterii coli [2]. W 2004 r. wodę ujmowaną dla Płocka charakteryzowały przekroczone wskaźniki tlenowe i zawartość selenu [3].

Wody podziemne charakteryzują się lepszą jakością, największy udział miały wody o zadawalającej jakości (III klasa) oraz o niezadawalającej jakości (IV klasa). Na podstawie analiz ujmowanych wód można stwierdzić, że w okresach poboru próbek osadów wody podziemne charakteryzowały się mętnością na poziomie 0,97 NTU, przy wahaaniach od 0,85 do 1,1. Z kolei dla wód powierzchniowych wskaźnik mętności mieścił się w zakresie wartości średnich od 3,1 do 8,5 i kształtował się na poziomie 4,5 NTU. Omawiany wskaźnik dla wody wtłaczanej do sieci zawierał się w przedziale wartości średnich od 0,23 do 0,34 NTU.

3. Charakterystyka terenowego obiektu badawczego

Płock zaopatrywany jest w wodę pochodzącą z dwóch ujęć wód, tj. wód powierzchniowych i wód podziemnych. Woda wiślana po przejściu przez kraty mechaniczne tłoczona jest do stacji uzdatniania. Woda surowa, choć na przestrzeni kilkunastu lat uległa poprawie, wciąż wymaga dość znacznych zabiegów technologicznych.

Stacja Uzdatniania Wody w Płocku po wielu modernizacjach uznawana jest za jedną z nowocześniejszych nie tylko w kraju, ale i w Europie. W ramach ciągu technologicznego uzdatniania wody prowadzi się następujące procesy: ozonowanie wstępne, koagulację, sedimentację w klarownikach, filtrację na pospiesznych dwuwarstwowych filtrach antracytowo-piaskowych, ozonowanie pośrednie, filtrację przez złożę węglowe oraz chlorowanie dwutlenkiem chloru.

Na początku ciągu technologicznego SUW przeprowadza się ozonowanie wstępne, mające za zadanie początkowe utlenienie związków organicznych do postaci podlegającej biodegradacji, co z kolei powinno zintensyfikować procesy biologiczne zachodzące na filtrach piaskowych. Wprowadzenie ozonowania wstępnego miało również obniżyć zużycie koagulantu w następnym procesie oczyszczania.

Wody powierzchniowe poddawane są procesowi koagulacji, która realizowana jest w komorach szybkiego i wolnego mieszania. Jako koagulant stosowany jest chlorek poliglinowy (PAX). Koagulanty tego typu są coraz powszechniej stosowane w technologii produkcji wody, ponieważ zapewniają odpowiednie parametry technologiczne przy jednoczesnej łatwości w technice dozowania. Unika się pracochłonnego i energochłonnego procesu przygotowania roztworu, pompy dozujące są mniejsze, nie wymagane są duże kubatury magazynowe. Dodawana jest również krzemionka aktywowana, której zadaniem jest przyspieszenie koagulacji domieszek wody. Sedymencja powstałych w czasie koagulacji osadów następuje w klarownikach, z których woda nadosadowa przepływa do filtrów piaskowych pospiesznych.

Zadaniem ozonowania pośredniego jest dalsze utlenienie związków organicznych w celu zwiększenia udziału frakcji biodegradowalnej rozpuszczonego węgla organicznego oraz jak najlepsze nasycenie wody tlenem. Usuwanie części węgla organicznego oraz praktycznie całości zawartego jeszcze w wodzie azotu amonowego realizowane jest na filtrach węglowych.

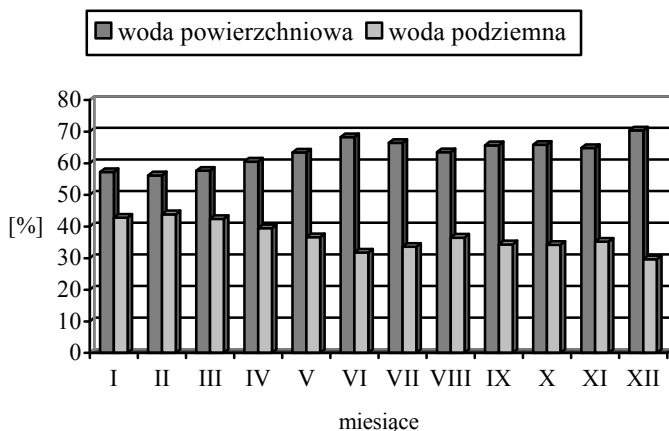
W omawianym obiekcie następuje zbieranie i oczyszczanie wszystkich wód technologicznych powstałych w ciągu technologicznym. Do stacji odwadniania osadów kierowane są ścieki i osady powstałe głównie w klarownikach oraz podczas płukania filtrów dwuwarstwowych antracytowo-piaskowych i filtrów węglowych.

Zgromadzony w wyniku sedimentacji osad zasysany jest pompami i kierowany do stacji, wyposażonej w prasę do odwadniania osadu. Dodawany jest również flokulant ZETAG mający na celu zagęszczenie osadu. Odwodniony osad znacznie zmniejsza swoją objętość, co jest niewątpliwie korzystne w dalszym zagospodarowaniu osadów.

4. Wyniki

W ciągu 2008 roku ujęto około 7 089,9 tys. m³ wód, w tym wód powierzchniowych 4.501 tys. m³, co stanowi 63,5% wody ujętej ogółem oraz podziemnych 2 588,9 tys. m³, stanowiącej 36,5%. W ubiegłych latach wody ujmowane dla miasta Płocka mieszano w proporcji 50%: 50%. Obecnie z powodu zmniejszających się zasobów wód podziemnych

w większym stopniu wykorzystywane są wody powierzchniowe. Udział wód powierzchniowych i podziemnych w produkcji wody w poszczególnych miesiącach 2008 roku przedstawiono na rys. 1, na podstawie którego daje się zauważyć znaczący spadek stopnia wykorzystania wód podziemnych. W związku ze zwiększającym się stopniem wykorzystania wody powierzchniowej ilość wytworzonych osadów będzie wzrastać.

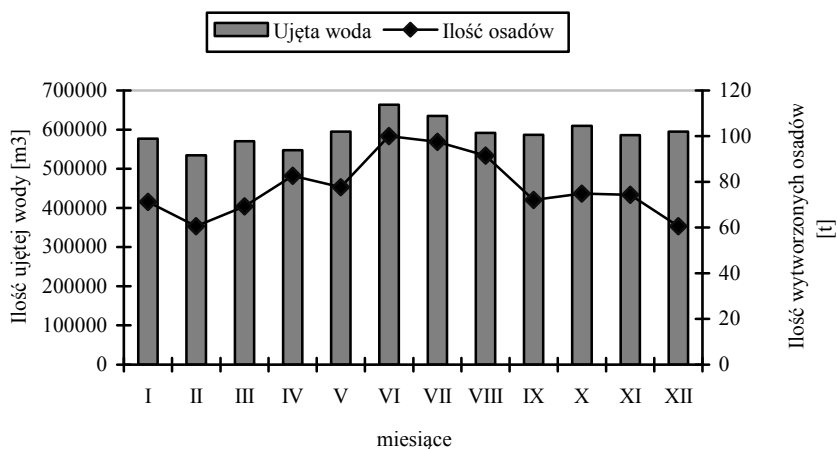


Rys. 1. Udział wód powierzchniowych i wód podziemnych w produkcji wody w 2008 roku

Fig. 1. Participation of surface and underground waters in water production in 2008.

Z wykresu (rys. 1) wynika dość duże zróżnicowanie ilościowe ujmowanych wód w poszczególnych miesiącach. W omawianym obiekcie w 2008 roku najwięcej wody ujęto, wyprodukowano i sprzedano w miesiącach letnich – czerwiec i lipiec, co ma związek ze zużyciem wody do podlewania ogródków. Zróżnicowanie występuje również w obrębie stosunku ilości wód powierzchniowych do ilości wód podziemnych w poszczególnych kwartałach. Największe ilości wód powierzchniowych występowały w IV –tym kwartale w miesiącu grudniu, przy 70% ilości i 30% ilości wód podziemnych. Najmniejsze ilości ujmowanych wód zaobserwowano w I –szym kwartale, przy stosunku ilości wód powierzchniowych ok. 55 – 58% i wód podziemnych ok. 45 – 42%.

Przedmiotem badań były osady wytworzone podczas uzdatniania wód podziemnych i powierzchniowych. Według rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów [7] należą one do grupy 19, która obejmuje m.in. odpady z instalacji i urządzeń służących zagospodarowaniu odpadów, z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych. Ilość osadów powstających w stacji uzdatniania niewątpliwie wiąże się z ilością ujętej i produkowanej wody. Związek ilości ujętej wody i powstałych osadów w stacji uzdatniania w Płocku w 2008 r. przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Ilość ujętej wody oraz osadów wytworzonych w omawianej stacji uzdatniania wody w 2008 r.

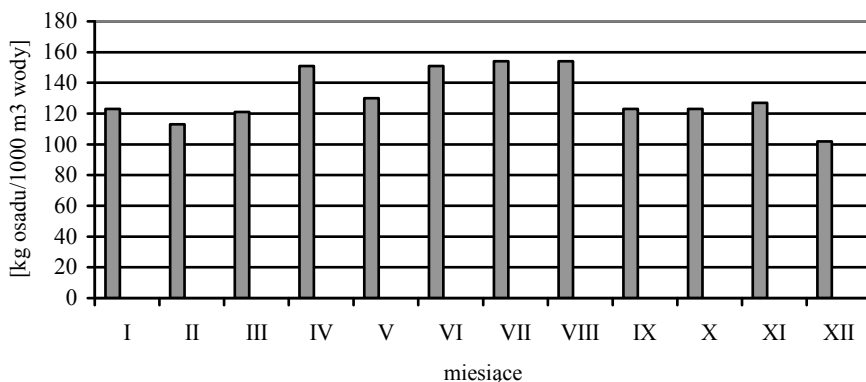
Fig. 2. Amount of water from water intakes and sludges produced in presented water treatment plant in 2008 year.

W ciągu 2008 roku w SUW produkcja wody wyniosła 6786680 m³, zaś ilość osadów powstałych łącznie z procesów uzdatniania kształtowała się na poziomie 930,84 ton. Największa ilość osadów przypadła na II-gi i III-ci kwartał roku, przy jego apogeum w miesiącach czerwiec – sierpień. Spowodowane to było m.in. znacznymi wahaniami składu ujmowanej wody, w tym znacznej ilości zawieszin zawartych w wodach. Ilość osadów zatem, wynikała głównie z jakości ujmowanej wody powierzchniowej.

Dla analizowanego obiektu obliczono wskaźnik ilości wytworzonych osadów przypadających na każde 1000 m³ wyprodukowanej wody w 2008 r. Obserwuje się, że w poszczególnych miesiącach roku (rys. 3) wskaźnik ten był zróżnicowany i zawierał się w przedziale od 102 do 154 kg osadu/1000 m³. Średnia wartość wskaźnika w ciągu roku wyniosła 131 kg osadu/1000 m³. Współczynnik nierównomierności jednostkowej ilości osadów wyniósł ok. 1,16.

Skład chemiczny osadów był bardzo różny (tab. 1). pH badanych osadów było porównywalne i kształtowało się średnio na poziomie 7,3 przy zakresie od 7 do 7,5. Osady charakteryzowały się stosunkowo dużą zawartością substancji mineralnych, wynoszącą średnio 66,1% s.m., przy wahaniami od 61,2 do 73,6% s.m. Sucha masa osadów kształtowała się średnio na poziomie 10% i nie odnotowano w tym przypadku większych odchyłeń wartości. Może to świadczyć o zbliżonym składzie osadów oraz o stałej efektywności pracy prasy zagęszczającej. Uwodnienie osadów po zagęszczeniu zawierające się w przedziale 87,6 – 91,0% pozwala zaliczyć osady do mało uwodnionych. Duże rozbieżności wyników stwierdza się w przypadku oznaczania zawartości wapnia i magnezu. Średnia zawartość wapnia kształtowała się na poziomie 1,37% s.m., przy zakresie wartości od 0 do 2,4% s.m. natomiast średnia zawartość magnezu na poziomie 0,87% s.m., przy szerszym zakresie, wynoszącym od 0 do 3,91% s.m.

W badanych osadach tylko w jednym przypadku wyizolowano bakterie *Salmonella* sp. W żadnym z osadów natomiast nie wykryto jaj pasożytów *Toxocara* sp., *Trichuris* sp. i *Ascaris* sp. Należy pamiętać, że osady powstające w czasie oczyszczania wód powierzchniowych mogą być zdecydowanie bardziej skażone bakteriologicznie, niż w przypadku osadów z oczyszczania wód podziemnych. Jednak otrzymane wyniki potwierdzają, że zastosowana technologia uzdatniania wody zapewnia pozbycie się zanieczyszczeń mikrobiologicznych.



Rys. 3. Ilość wytworzonych osadów przypadająca na 1000 m³ wyprodukowanej wody w 2008 roku

Fig. 3. Amount of sludges per 1000 m³ of produced water in 2008.

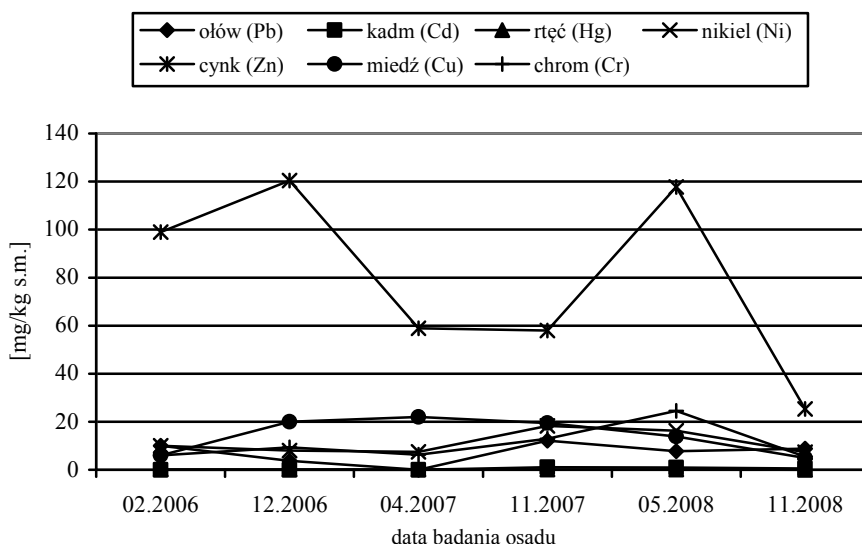
Tab. 1. Charakterystyka jakościowa osadów – etap badań wstępnych

Tab. 1. Quality characterization of sludges – entrance study

Parametr	Jednostka	Zakres wartości	Wartość średnia
pH	-	7,0 – 7,5	7,3
Azot Kjeldahla	% s.m.	0,06 – 0,79	0,58
Magnez	% s.m.	0,00 – 3,91	0,87
Wapń	% s.m.	0,00 – 2,40	1,37
Substancje mineralne	% s.m.	61,2 – 73,6	66,1
Substancje organiczne	% s.m.	26,4 – 38,8	33,9
Azot amonowy	% s.m.	0,00 – 0,19	-
Fosfor ogólny	% s.m.	0,00 – 1,36	0,34

Parametr	Jednostka	Zakres wartości	Wartość średnia
Sucha masa	%	9,0 – 12,4	10,38
Ołów (Pb)	mg/kg s.m.	0,00 – 12,10	7,08
Kadm (Cd)	mg/kg s.m.	0,00 – 1,01	0,41
Rtęć (Hg)	mg/kg s.m.	0,047 – 0,185	0,131
Nikiel (Ni)	mg/kg s.m.	7,40 – 18,30	11,25
Cynk (Zn)	mg/kg s.m.	25,30 – 120,40	79,92
Miedź (Cu)	mg/kg s.m.	5,00 – 22,00	35,25
Chrom(Cr)	mg/kg s.m.	5,50 – 24,5	10,75

W przypadku zawartości metali ciężkich (rys. 4) największe zróżnicowanie zaobserwowano w stosunku do zawartości cynku. Odnotowano bardzo stabilne wartości w odniesieniu do kadmu i rtęci, natomiast niewielkie zróżnicowanie pod względem ilościowym w odniesieniu do ołowiu, miedzi i chromu.



Rys.4. Zmiany zawartości metali ciężkich w osadzie w latach 2006 – 2008

Fig. 4. Changes of heavy metals content in sludge in 2006-2008

5. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań w zakresie ilości i jakości osadów ze Stacji Uzdatniania Wody w Płocku można zauważyć, że w okresie 2008 roku powstawała w poszczególnych miesiącach i kwartałach zróżnicowana objętość osadów. Przy 7 089 906 m³ objętości ujmowanej wody ilość osadów w ciągu roku ogółem wyniosła 931,84 ton. W porównaniu do roku poprzedniego odnotowano blisko 10%-wy spadek ilości powstających osadów, co jest szczególnie korzystne biorąc pod uwagę dalsze zagospodarowanie osadów. Wskaźnik jednostkowy ilości osadów w odniesieniu do 1000 m³ wody średnio w ciągu roku kształtował się na poziomie 131 kg, ze zróżnicowaniem w poszczególnych miesiącach i kwartałach. Przykładowo wyniósł on dla kwartału II i III 144 kg/1000 m³ wody, natomiast dla kwartałów I i IV kolejno 119 i 117 kg/1000 m³ wody.

Wstępne badania jakościowe osadów wskazały, że występuje w nich szereg zanieczyszczeń, w tym metali ciężkich. Największe wahania zawartości metali ciężkich stwierdzono w odniesieniu do cynku, najmniejsze zaś w odniesieniu do kadmu. Występują też inne metale ciężkie np. ołów, nikiel, miedź, lecz nie wykazują one większych wahań stężeń w badanych osadach.

Osady te charakteryzują również inne wskaźniki zanieczyszczeń, np. azot Kjeldahla na średnim poziomie 0,58% s.m., pH wynoszącym średnio 7,3, fosfor ogólny, którego zawartość średnia kształtuje się na poziomie 0,34% s.m.

Wstępny etap badań wskazuje na celowość ich kontynuowania w powiązaniu z badaniem jakościowym wód, ze szczególnym zwróceniem uwagi na okresy deszczowe i bezdeszczowe.

Ze względu na znaczący udział metali ciężkich w tych osadach, spowodowany zanieczyszczeniami znajdującymi się w ujmowanych wodach powierzchniowych, omawiane osady powinny być deponowane na składowiskach odpadów. Można rozważyć również możliwość ich ewentualnego składowania w nierównościach terenowych, ale na gruntach spoiстых.

Bibliografia

- [1] Kowal A., Świdarska-Bróz M. *Oczyszczanie wody*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa-Wrocław, 1996
- [2] Raport Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie. Stan środowiska w województwie mazowieckim w 2007 r. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2008
- [3] Raport Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Warszawie. Stan środowiska w województwie mazowieckim w 2004 r. Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa, 2005
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz. U. Nr 204 poz. 1728)

- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych (Dz. U. Nr 162 poz. 1008)
- [6] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz. U. Nr 32 poz. 284)
- [7] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. Nr 112 poz. 1206)

