2

ANALIZA ZBIÓRKI ORAZ UTYLIZACJI ODPADÓW MEDYCZNYCH W PROTETYCE I W STOMATOLOGII

2.1 WPROWADZENIE

Odpady medyczne to substancje stałe, ciekłe i gazowe powstające przy leczeniu, diagnozowaniu oraz profilaktyce, w działalności medycznej prowadzonej w obiektach lecznictwa zamkniętego, otwartego oraz w obiektach badawczych i eksperymentalnych. Powstają w różnych jednostkach opieki zdrowotnej, takich jak: szpitale ogólne, psychiatryczne, sanatoria rehabilitacyjne, ośrodki leczenia odwykowego, rehabilitacyjne dla narkomanów, zakłady pielęgnacyjno-opiekuńcze, leczniczo wychowawcze, opiekuńczo-lecznicze, szpitale uzdrowiskowe, sanatoria uzdrowiskowe, hospicja, przychodnie, ośrodki zdrowia, poradnie, punkty lekarskie, praktyki lekarskie [5, 6, 13].
Odpady medyczne zostały sklasyfikowane zostały w grupie 18 (tabela 2.1).

Tabela 2.1 Grupy odpadów medycznych

KOD	OPIS
18	Odpady medyczne i weterynaryjne
18 01	Odpady z diagnozowania, leczenia i profilaktyki medycznej
18 01 01	Narzędzia chirurgiczne i zabiegowe oraz ich resztki (z wyłączeniem 18 01 03)
18 01 02*	Części ciała i organy oraz pojemnik na krew i konserwanty służące do jej przechowywania (z wyłączeniem 18 01 03)
18 01 03*	Inne odpady, które zawierają żywe drobnoustroje chorobotwórcze lub ich toksyny oraz inne formy zdolne do przeniesienia materiału genetycznego, o których wiadomo lub co do których istnieją wiarygodne podstawy do sądzenia, że wywołują choroby u ludzi i zwierząt (np. zainfekowane pieluchomajtki, podpaski, podkłady), z wyłączeniem 18 01 80 i 18 01 82
18 01 04	Inne odpady niż wymienione w 18 01 03
18 01 06*	Chemikalia, w tym odczynniki chemiczne, zawierające substancje niebezpieczne
18 01 07	Chemikalia, w tym odczynniki chemiczne, inne niż wymienione w 18 01 06
18 01 08*	Leki cytotoksyczne i cytostatyczne
18 01 09	Leki inne niż wymienione w 18 01 08
18 01 10*	Odpady amalgamatu dentystycznego
18 01 80*	Zużyte kąpiele lecznicze aktywne biologicznie o właściwościach zakaźnych
18 01 81	Zużyte kąpiele lecznicze aktywne biologicznie inne niż wymienione w 18 01 80
18 01 82*	Pozostałości z żywienia pacjentów oddziałów zakaźnych

Źródło: opracowanie własne [14, 15]

W Polsce istnieje podział odpadów medycznych, który został przedstawiony przez

Resort Zdrowia. Został on opracowany zgodnie z ogólnymi i podstawowymi zadaniami oraz funkcjami ośrodków służby zdrowia [13].
Odpady medyczne, tj. szpitalne, zostały podzielone na pięć poszczególnych grup, które jednoznacznie określają ich podstawowe własności [13]:

- GRUPA A lub I – odpady typowo komunalne, jak np. opakowania, zmiotki, odpady biurowe, kwiaty, materiały nieskażone stosowane w leczeniu, m.in. ręczniki jednorazowe itp.
- GRUPA B lub II – odpady potencjalnie zainfekowane.
- GRUPA C lub III – do tej grupy należą odpady zainfekowane, które są bezpośrednim źródłem przenoszenia bakterii i chorób.
- GRUPA D lub IV – materiały utylizowane jako niebezpieczne odpady przemysłowe.
- GRUPA E lub V – odpady z tej grupy nie wymagają specjalnych metod utylizacji.

Istnieją również dwie oddzielne grupy stosowane w podziale odpadów medycznych. Należą do nich [1, 2]:
Grupa OK – odpady komunalne i komunalno podobne,
Grupa OS – odpady pozostałe, nazywane specjalnymi
Najczęściej za kryterium klasyfikacyjne dotyczące odpadów medycznych uznaje się [1, 2]:

- miejsce powstawania odpadów,
- szkodliwość odpadów dla środowiska lub zdrowia ludzi,
- rodzaj materiałów, które wchodzą w skład odpadów.

2.2 EWIDENCJA ODPADÓW MEDYCZNYCH

Aby polepszyć i zwiększyć kontrolę ilości powstawania odpadów medycznych, konieczne jest prowadzenie tzw. ewidencji odpadów. Potrzebę ewidencjonowania odpadów nakładają przepisy ustawy na obiekty wytwarzające odpady medyczne, a także na ich odbiorcę. Prowadzenie ewidencji odpadów ma prowadzić do porządku przy wytwarzaniu odpadów, prowadzić jakościową i ilościową kontrolę powstawania odpadów, a także właściwe pobieranie opłat oraz kar ewidencyjnych związanych ze składowaniem odpadów. Głównym celem prowadzenia ewidencji odpadów jest więc prawidłowe gospodarowanie tymi odpadami, zgodnie z przepisami ustawy [4].

2.3 REGULACJE PRAWNE

Prawo dotyczące odpadów medycznych regulują przede wszystkim 3 podstawowe rozporządzenia na podstawie upoważnień zawartych w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz. U. z 2007 r. Nr 39, poz. 251, z późn. zm.), są to [18, 24, 25, 27]:

1) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 sierpnia 2007 r. w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi (Dz. U. Nr 162, poz.1153), (art. 7 ust. 4), które dotyczy odpadów posiadających następujące kody [tab.1.1, 14, 19]:
1) 18 01 02*, 18 01 03* i 18 01 82*;
2) 18 01 06*, 18 01 08*, 18 01 10*;
3) 18 01 01, 18 01 04, 18 01 07, 18 01 09.

Szczegółowo określa sposób postępowania z odpadami, a także postępowania z odpadami medycznymi powstałymi w wyniku udzielania świadczeń zdrowotnych, określa zasady czasowego magazynowania odpadów medycznych przed poddaniem ich procesowi unieszkodliwiania, a jeśli brak jest takich możliwości, przed ich przetransportowaniem do miejsca unieszkodliwiania. Określa również warunki transportu wewnętrznego odpadów medycznych w obiektach, w których udziela się świadczeń zdrowotnych lub prowadzi badania i doświadczenia naukowe w zakresie medycyny.

2) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie rodzajów odpadów medycznych i weterynaryjnych, których poddawanie odzyskowi jest zakazane (Dz. U. z 2003 r. Nr 8, poz. 103, z późn. zm.),
(art. 42 ust. 2), zawiera przede wszystkim wykaz odpadów weterynaryjnych i medycznych nienadających się do odzysku ze względu na niebezpieczeństwo, które za sobą niosą, a są to odpady oznaczone następującymi kodami zawarte w Tabeli 2.1.

3) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych (Dz. U. z 2003 r. Nr 8, poz.104 oraz z 2004 r. Nr 200, poz. 2061), (art. 49 ust. 8), odpady medyczne i weterynaryjne mogą być unieszkodliwiane w jeden z następujących sposobów [18, 24, 25]:
a) Termiczne przekształcanie odpadów,
b) Autoklawowanie,
c) Dezynfekcja termiczna,
d) Działanie mikrofalami,
e) Obróbka fizyczno-chemiczna.

2.4 GROMADZENIE I OZNAKOWANIE ODPADÓW MEDYCZNYCH

Odpady medyczne powinny być przechowywane w pojemnikach i opakowaniach, posiadających wymagane i prawnie ustanowione atesty. Worki foliowe, które mają określoną kolorystykę, służą do gromadzenia i transportowania w nich odpadów medycznych z grupy I, tj. odpady komunalne i komunalno-podobne [3, 16].

Odpady z grupy pooperacyjnych, jak i odpady zainfekowane muszą być gromadzone w specjalnych opakowaniach, spełniających narzucone warunki [3, 16]:
- mogą być wykonane z dowolnego materiału,
- muszą być one w pełni sterylne oraz możliwe do wykorzystania w procesie sterylizacji,
- gazoszczelne, płynoszczelne oraz szczelne po zamknięciu,
- jednokrotna możliwość zamknięcia, bez możliwości bezuszkodzeniowego otwarcia.

Pojemniki lub worki koloru niebieskiego (rys. 2.1), przeznaczone są na takie odpady, jak zużyte materiały opatrunkowe, strzykawki, materiały medyczne, rękawiczki jednorazowe, dreny, sondy, kaniule, cewniki, worki na mocz, ssaki, pościel i fartuchy jednorazowe, próbki do pobierania krwi, pozostałości leków cytostatycznych ze sprzętem i bielizną używaną przy ich podawaniu, przeterminowane leki, opakowania po lekach itp. [2].

Rys. 2.1 Worek na odpady medyczne koloru niebieskiego [31]

Pojemniki lub worki koloru czarnego (rys. 2.2), używane są do gromadzenia: tkanek organicznych z oddziałów chirurgicznych, sal operacyjnych i porodowych, tkanki pobrane do badań laboratoryjnych, amputowane części ciała, odpady posekcyjne itp. [2].

Rys. 2.2 Worek na odpady medyczne koloru czarnego [31]

Pojemniki lub worki koloru czerwonego (rys. 2.3), przeznaczone są do gromadzenia wszystkich odpadów ze szpitali zakaźnych i oddziałów zakaźnych, natomiast igły skalpele i inne ostre narzędzia jednorazowe zaleca się gromadzić w specjalnych pojemnikach koloru czerwonego (rys. 2.4, 2.5) [2].

Rys. 2.3 Worek na odpady medyczne koloru czerwonego [31]

Rys. 2.4 Pojemniki do gromadzenia odpadów medycznych [17]

Rys. 2.5 Pojemnik przeznaczony do przechowywania materiału zakaźnego [17]

Odpowiednie kolory worków czy pojemników umożliwiają placówką zdrowia prawidłową identyfikację odpadów. W celu przekazania ich do spalarni, poszczególne worki wkłada się do jeszcze jednych – papierowych. Szczelnie zamknięte, dwuwarstwowe worki z tworzywa sztucznego umieszczane są w kontenerach dzierżawionych od zakładu utylizacji.

Placówki służby zdrowia zobowiązane są stosować do gromadzenia odpadów pojemniki jednorazowego użytku, wykonane z materiału ulegającego rozkładowi termicznemu w procesie unieszkodliwiania. Zakład preferuje stosowanie dwuwarstwowych worków. Pierwsza warstwa to worek polietylenowy, zaś zewnętrzna warstwa to worek papierowy. Podwójne worki dokładnie zabezpieczają odpad, ponadto ma to korzystne znaczenie dla samego procesu pirolizy. Worki z tworzywa sztucznego nie wytrzymują wysokich temperatur

i natychmiast po załadowaniu do pieca pękają. Papierowe worki są trwalsze i tym samym „zapakowane" odpady nie spoczywają na początku komory, lecz spadają na dno. Dzięki wykorzystaniu podwójnych worków piec nie zapycha się i można w nim umieścić odpowiednią ilość odpadów [2].

2.5 DEZYNFEKCJA I STERYLIZACJA [11]

Odpady medyczne zawierają drobnoustroje chorobotwórcze, dlatego też wymagają dokładnej dezynfekcji, w celu niedopuszczenia do zagrożenia epidemiologicznego dla ludzi i środowiska.

Dezynfekcja (odkażanie) polega na zniszczeniu wszystkich form wegetatywnych bakterii i grzybów, wirusów oraz większości zarodników za pomocą czynników fizycznych i chemicznych.

Sterylizacja, czyli wyjaławianie polega na zniszczeniu wszystkich form drobnoustrojów, włączając w to przetrwalniki bakterii.

W praktyce najczęściej wykorzystuje się następujące procesy:

- dezynfekcji parowej,
- dezynfekcji chemicznej,
- dezynfekcji za pomocą mikrofal.

Istnieją trzy formy kontrolowania skuteczności procesu sterylizacji [10]:

- fizyczna,
- biologiczna,
- chemiczna.

Wskaźniki biologiczne informują nas o zabiciu nie tylko drobnoustrojów, ale i form przetrwalnikowych wyselekcjonowanych szczepów bakterii wysoce opornych na dany czynnik wyjaławiający. Jeśli wykryje się tu wzrost mikroorganizmów, oznacza to, że sterylizacja nie była skuteczna. Testy biologiczne zlecane są przez Sanepid najczęściej co kwartał oraz w przypadku kontroli. A także obowiązkowo po każdej naprawie sprzętu. Test biologiczny jest najlepszym sprawdzeniem gwarantującym skuteczność przeprowadzonego procesu sterylizacji. Wyniki testów uzyskuje się po 7 dniach inkubacji na pożywce płynnej, przy wskaźnikach amerykańskich. Wskaźniki umieszcza się wewnątrz pakietów, a te w dwóch różnych, najtrudniej dostępnych dla czynnika wyjaławiającego, miejscach komory autoklawu [10].

Wskaźniki fizyczne: termometry, manometry, kontrolki świetlne, karty kontrolne służą raczej do kontroli stanu technicznego urządzenia. Drukarki i osobiste komputery podłączone do autoklawów rejestrują parametry procesu i winne być zachowane w dokumentacji. Nie wolno zapominać o corocznej kontroli stanu autoklawu wykonywanej przez autoryzowanego serwisanta [10].

Wskaźniki chemiczne zawierają substancje, które po osiągnięciu wymaganych parametrów w procesie sterylizacji zmieniają barwę. Są dwa rodzaje wskaźników chemicznych [10]:

- zewnętrzne – te szybko zmieniają barwę. Umieszczone są na zewnątrz każdego opakowania, a zmiana ich barwy świadczy, że pakiet poddany był sterylizacji. Wskaźniki

zmieniają kolor po zadziałaniu danej temperatury, ale nie wykazują jak długo temperatura się utrzymywała. Pozwalają odróżnić sprzęt wyjałowiony od niesterylizowanego. Spełniają rolę sprawdzianów sterylizacji. Nadruki na papierowo-foliowych torebkach i rękawach do sterylizacji oddzielne są do autoklawów parowych, oddzielne dla sterylizatorów na tlenek etylu. W torebkach papierowo-foliowych często pasek osłaniający klej samoprzylepny jest jednocześnie wskaźnikiem wewnętrznym.

- wewnętrzne wskaźniki umieszcza się wewnątrz pakietu. Zmieniają one kolor powoli, reagując na wysokość temperatury i czas jej działania. Zmiana barwy wskaźnika informuje, że wewnątrz opakowania zostały osiągnięte wszystkie parametry świadczące o prawidłowości przebiegu procesu sterylizacji.

2.6 TRANSPORT ODPADÓW MEDYCZNYCH

Transport odpadów medycznych powinien odbywać się zgodnie z zasadami zatwierdzonymi przez służby epidemiologiczne. Wskazane jest, aby droga, jaką musi pokonać odpad medyczny była odpowiednio zaplanowana, a odpady nie trafiły na zwykłe śmietniska komunalne. Transport wewnątrzzakładowy odpadów medycznych z miejsca powstawania do miejsca przechowywania, unieszkodliwiania lub odbioru powinien odbywać się w sposób gwarantujący maksymalne bezpieczeństwo. Ogólne zasady postępowania z odpadami zakładają także, że należy ograniczać ich przemieszczanie, jest to tzw. zasada bliskości, droga powinna być jak najkrótsza, a jeśli to możliwe, unieszkodliwianie lub odzysk powinien zostać przeprowadzony w miejscu powstawania odpadów [7].

Odbiór odpadów jest dokonywany [12]:

- z zachowaniem wszystkich zasad bezpieczeństwa (m.in. środki ochrony osobistej),
- poprzez sprawdzenie stanu zewnętrznego odbieranych opakowań w których znajduje się odpad z wyznaczonych przez wytwórcę miejscu odbioru,
- jak najkrótszą drogą pomiędzy miejscem odbioru a pojazdem transportowym,
- pomiar wagowy wartości odbieranych odpadów,
- wpis wartości odbieranych odpadów do dokumentów ewidencyjnych takich jak: karta przekazania i list przewozowy,
- potwierdzenie wartości odbieranych odpadów przez placówkę.

Odbiór odpadów jest dokonywany poprzez odpowiednią logistykę transportu wewnętrznego oraz jak najkrótszą drogą pomiędzy miejscem odbioru a pojazdem transportowym [12].

Pojazd przeznaczony do transportu odpadów medycznych powinien być oznakowany w tablice barwy pomarańczowej oraz posiadać nalepki ostrzegawcze nr 6.2. Tak oznakowany pojazd według wyznaczonych przepisów trafia do miejsca utylizacji lub dalszego składowania odpadów medycznych.

Rozładunek odpadów w danej placówce wyznaczonej do magazynowania i dalszego postępowania zgodnie z przepisami odbywa się poprzez [12]:

- rozładunek pojemników jednostkowych do kontenerów zbiorczych,
- rozładunek i wymianę kontenerów zbiorczych,
- dezynfekcję części ładunkowej pojazdu.

Podczas rozładunku odpadów jest dokonywany: pomiar wagowy wartości odbieranych odpadów oraz potwierdzenie rodzaju i ilości odpadów na dokumencie ewidencyjnym [12].

Transport wewnętrzny odpadów medycznych z miejsca ich powstawania do miejsca magazynowania, unieszkodliwienia lub odbioru odbywa się środkami transportu przeznaczonymi wyłącznie do tego celu. Jednakże i w temacie transportu rozporządzenie przewiduje inne rozwiązania w przypadku wytwarzania niewielkich ilości odpadów. Do transportu wewnętrznego można wówczas używać transportowych pojemników zamykanych. W obiektach gdzie udzielane są świadczenia zdrowotne, należy wyznaczyć miejsce przeznaczone do dezynfekcji, mycia i przechowywania wewnątrzzakładowych środków transportu wewnętrznego odpadów medycznych i pojemników wielokrotnego użytku, które powinno posiadać [12]:

- ściany i podłogi wykonane z materiałów gładkich, łatwo zmywalnych i umożliwiających dezynfekcje,
- dostęp do wody bieżącej z możliwością jej odprowadzenia do kanalizacji,
- możliwość swobodnego transportu wewnętrznego odpadów medycznych oraz dostępu pracowników obsługi.

Przykładowy samochód przeznaczony do transportowania odpadów medycznych przedstawiają rysunki 2.6 oraz 2.7.

Rys. 2.6 Samochód przewożący odpady medyczne [30]

Rys. 2.7 Umieszczenie odpadów medycznych w samochodzie [30]

2.7 METODY UTYLIZACJI ODPADÓW MEDYCZNYCH

Do dopuszczalnych metod unieszkodliwiania odpadów zaliczamy [1, 2, 26]:

- Termiczne przekształcenie odpadów,
- Autoklawowanie,
- Dezynfekcja termiczna,
- Działanie mikrofalami
- Obróbka fizyko – chemiczna.

Autoklaw (sterylizator parowy) jest urządzeniem stosowanym w medycynie od dziesięcioleci. Obecnie używane są dwa typy autoklawów – próżniowy i grawitacyjny. W urządzeniach próżniowych powietrze jest usuwane z komory przed wprowadzeniem pary. W autoklawach grawitacyjnych powietrze jest usuwane przez samą parę. Odpady pozostają w autoklawie przez 30-90 minut, co zapewnia zniszczenie patogenów. Proces ten jest łatwy w obsłudze i kontroli, cechuje się dużą skutecznością w przypadkach zainfekowanych odpadów i może być stosowany do większości typów mikroorganizmów, pod warunkiem, że czas i temperatura reakcji jest wystarczająca do zabicia form przetrwalnikowych (minimum 121°C). Metody tej jednak nie zaleca się do unieszkodliwiania niektórych typów odpadów medycznych, w tym niskoradioaktywnych, rozpuszczalników organicznych odczynników laboratoryjnych, odpadów chemoterapeutycznych, farmakologicznych i patologicznych [8, 9].

Kolejną metodą jest *sanitacja mikrofalowa*. Technologia ta jest stosowana w wielu krajach na całym świecie. Odpady medyczne są czyszczone parą, by zmniejszyć zanieczyszczenie lotnymi patogenami. Następnie są mechanicznie kruszone, zanim zostaną zamoczone. Tak przetworzone trafiają następnie do wcześniej ogrzanej komory, gdzie poddawane są działaniu promieniowania mikrofalowego przez 30 minut lub dłużej, zależnie od typu urządzenia i rodzaju odpadów. Kiedy działanie promieniowania ustaje, odpady są przetrzymywane w temperaturze co najmniej 95°C, aby zapewnić właściwą dezynfekcję. Następnie odpady, których objętość zmniejsza się o 80%, mogą trafić na zwykłe komunalne wysypisko. Wadą tego urządzenia jest to, że często się zatyka, co wpływa na przestój całości instalacji. Dodatkowym zastrzeżeniem jest fakt, że obsługujący je pracownicy narażeni są na kontakt z nieprzetworzonymi i nie zmielonymi odpadami [8, 9].

Następna metoda to *dezynfekcja chemiczna*. Wiele firm promujących tą metodę używają przede wszystkim związków chloru. Podstawowe działanie polega na nasyceniu odpadów chlorem i następnie fizycznym ich rozdrabnianiu przez młyny. Odpady ciekłe zawierające chlor są filtrowane, aby oddzielić cząstki stałe, zanim jednak zostaną wypuszczone do kanalizacji, przepływają przez filtry węglowe, następnie przetworzone odpady stałe trafiają na wysypisko. Dwie zasadnicze korzyści tej metody to możliwość przetwarzania odpadów na miejscu i fakt, że mielenie zmniejsza ich objętość. Niestety, stosowanie tego sposobu jest związane z emisją chloru i jego związków do otoczenia. W wyniku reakcji z substancjami zawartymi w ściekach mogą one tworzyć niebezpieczne dla ludzi i zwierząt połączenia. A w przypadku awarii młyna, pracownicy narażeni są na kontakt z silnie chlorowanymi na wpół zmielonymi odpadami. Dlatego metoda ta polecana jest głównie dla odpadów farmaceutycznych, a zwłaszcza zawierających metale ciężkie. Nie zaleca się jej jednak do stosowania odpadów o charakterze infekcyjnym [8, 9].

Podstawową metodą utylizacji niebezpiecznych odpadów medycznych w Polsce jest unieszkodliwianie termiczne, innymi słowy spalanie. Tą metodą unieszkodliwia się ponad 95% odpadów medycznych. W Polsce nadal, niestety, dominuje niepoprawna metoda spalania odpadów w piecach CO. Spalanie w kotłowniach CO nie jest metodą akceptowaną. Spalanie i piroliza to stare technologie, które prowadzą do termicznego przekształcania odpadów. Rezultatem zastosowania tej metody unieszkodliwiania odpadów szpitalnych jest powstanie także odpadów niebezpiecznych, tzw. gazów odlotowych i pylistych popiołów zawierających rozpuszczalne frakcje metali ciężkich (grupa 19 – odpady ze spalania i termicznego rozkładu odpadów). Spalarnie i piece do pirolizy są klasyfikowane jako inwestycja szczególnie szkodliwa dla zdrowia i życia ludzi (Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 14 lipca 1998 r., Dz. U Nr 93 poz. 589§1 pkt. 13) [14].

Większość organów zdrowotnych zleca unieszkodliwianie odpadów medycznych specjalistycznym zakładom. Wszystko wiąże się z dodatkowymi kosztami obejmujące transport odpadów z miejsca wytwarzania do spalarni oraz kosztami samego spalania. Przeważnie odpady transportowane są do miejsca znajdującego się w znacznej odległości od placówek dlatego, że rozpiętość regionalna w cenach utylizacji odpadów jest ogromna. Zjawisko to nie jest pożądane, albowiem dłuższe przechowywanie odpadów związane z ich transportem przedłuża okres zakaźnej aktywności [9].

Odpady medyczne nie powinny być przechowywane w temperaturze wyższej niż 10°C przez czas dłuższy niż 48 godzin. Istnieją przypadki, że odpady te nie trafiają do utylizacji, a bezpośrednio na składowisko odpadów komunalnych.

Spalanie jest najdroższą z dostępnych opcji unieszkodliwiania odpadów, dodatkowo bardzo nieprzyjazną dla środowiska. Odpady medyczne zawierają albowiem znaczne ilości PCV. Spalanie zachodzące w obecności chloru przyczynia się do powstawania emisji wielu toksycznych związków między innymi: dioksan, furanów, polichlorowanych bifenyl. Wydziela się również: kadm, ołów, pary rtęci, arsenu, chlorowodór i tlenki azotu. W trakcie procesu termicznego przekształcania odpadów minimalna temperatura w komorze spalanie nie może być niższa niż 1100°C. A na ogół stosowaną techniką spalania jest piroliza, bazująca na dwustopniowym beztlenowym lub niskotlenowym rozkładzie odpadów.

Spalarnie odpadów szpitalnych są najczęściej akceptowaną formą pozbywania się tych odpadów. Odgrywają tu niewątpliwie rolę czynniki psychologiczne: obawa przed zagrożeniem stwarzanym chorobotwórczym rodzajem odpadów, wynikającym z bakteryjnego lub wirusowego ich skażenia. Powszechnie uważa się, że spalarnie takich odpadów likwiduje taką groźbę. Często bywa, że ludzie samorzutnie wrzucają stare opatrunki do pieca. Ludziom na ogół nie kojarzy się szpital z groźnymi truciznami typu chemicznego.

Tymczasem istotną część odpadów szpitalnych stanowią wyroby z PCW: zużyty sprzęt jednorazowego użytku- strzykawki, pojemniki na krew, zestawy do kroplówek, pojemniki do analiz i in. Współczesny szpital jest też potężnym źródłem substancji chemicznych zrzucanych do wód [1, 2].

2.8 SPALARNIE ODPADÓW MEDYCZNYCH [12]

W spalarniach odpadów niebezpiecznych spalane są: groźne dla zdrowia związki chemiczne, broń chemiczna, broń bakteriologiczna. Wydaje się, że w Polsce nie ma, poza

incydentalnymi przypadkami (np. pozostałościami po II wojnie światowej) dwóch ostatnich typów niebezpiecznych substancji, które musiałyby być unieszkodliwiane.

Konieczność spalania niebezpiecznych substancji chemicznych wynika często z potrzeby likwidacji zagrożenia wynikającego z samego istnienia substancji niebezpiecznej (możliwość wykradzenia przez niepowołane osoby, korozji pojemników, zmian chemicznych samej substancji, czyniących ją bardziej niebezpieczną, powodziami i pożarami grożącymi uwolnieniem trucizn do środowiska i wielu innych trudnych do przewidzenia sytuacji).

Emisję dioksan w wyniku spalania odpadów medycznych można ograniczyć między innymi przez zastosowanie systemu segregacji odpadów albo wręcz niedopuszczanie do spalania materiałów toksykogennych, przede wszystkim tworzyw chlorowanych. Głównie jednak ograniczenia emisji substancji szkodliwych można dokonać przez zastosowanie innych, bezpieczniejszych metod unieszkodliwiania lub nowoczesnych systemów spalania. Wiele rozwiązań technologicznych oferowanych na rynku gwarantuje nieprzekraczanie wymaganych poziomów emisji zanieczyszczeń wraz z gazem spalinowym. Wszystkie te czynności i środki zapobiegawcze ograniczające lub eliminujące wiąże się, niestety, z dużymi kosztami. Również koszty wykonania analizy pod względem zawartości dioksan i furanów są bardzo wysokie i tylko kilka ośrodków takie badania wykonuje. Przedstawiona metoda unieszkodliwiania jest jednym z najpowszechniej stosowanych sposobów pozbywania się odpadów niebezpiecznych, ponieważ spalanie pozwala zmniejszyć objętość i masę odpadów. Pojawia się jednak problem powstawania pozostałości po procesie spalania, w tym nie tylko popiołów z komór spalania, ale również odfiltrowanego lotnego popiołu, zużytych sorbentów i ścieków technologicznych, które trzeba w bezpieczny sposób zagospodarować. Jeśli założymy, że najnowocześniejsze instalacje do termicznego unieszkodliwiania odpadów gwarantują znikomą zawartość szkodliwych substancji chemicznych, metali ciężkich i pyłów w gazach spalinowych emitowanych do atmosfery, to wciąż pozostaje problem zagospodarowania pozostałości po procesie spalenia. Zarówno popioły, jak i zużyte sorbenty są materiałami potencjalnie toksycznymi, a obecnie nie ma jeszcze w pełni dopracowanych metod całkowitej detoksykacji pozostałości powstających w procesach spalania odpadów [12].

Na rysunku 2.8, przedstawiono wyposażenie spalarni odpadów medycznych i niebezpiecznych.

Rodzaje odpadów medycznych wytwarzanych w gabinecie stomatologicznym:

- Zużyte strzykawki z igłami
- Wałeczki dentystyczne
- Rękawiczki jednorazowego użytku
- Maseczka ochronna jednorazowego użytku
- Końcówki do ślinociągu
- Wypełnienie amalgamatowe
- Wiertła dentystyczne
- materiał zakaźny (np. krew)
- materiał z biopsji, usunięte zęby i małe fragmenty tkanek

Rys. 2.8 System podajników odpadów medycznych surowych [29]

Rodzaje odpadów medycznych wytwarzanych w pracowni protetycznej:

- wyciski dentystyczne pobrane przez lekarza
- woskowe wały zgryzowe
- uszkodzone protezy
- konstrukcje metalowe, mosty na podbudowie metalowej

2.9 NOWELIZACJA USTAWY O ODPADACH MEDYCZNYCH W ROKU 2013

Dokładnie 23 stycznia 2013 roku straciła ważność ustawa o odpadach medycznych z roku 2001 [20]. Dotychczasowe prawo dotyczące gospodarki odpadami były niespójne z wymogami Unii Europejskiej, stąd należało dokonać zmian [21].

Nową regulację odnośnie gospodarowania odpadami przyjęto w myśl zasad, mających na celu ochronę środowiska, życia i zdrowia ludzi z zachowaniem zrównoważonego rozwoju [23].

Nowa ustawa przyjmuje pewną hierarchię sposobów postępowania z odpadami [22]:

- zapobieganie,
- przygotowanie do ponownego użycia,
- recykling lub inne sposoby odzysku,
- unieszkodliwienie.

Zasadnicze zmiany które wprowadziła nowa ustawa, przedstawiono w tabeli 2.2.

Tabela 2.2 Zasadnicze zmiany pomiędzy dotychczasową ustawą a wprowadzoną nowelizacją tej ustawy

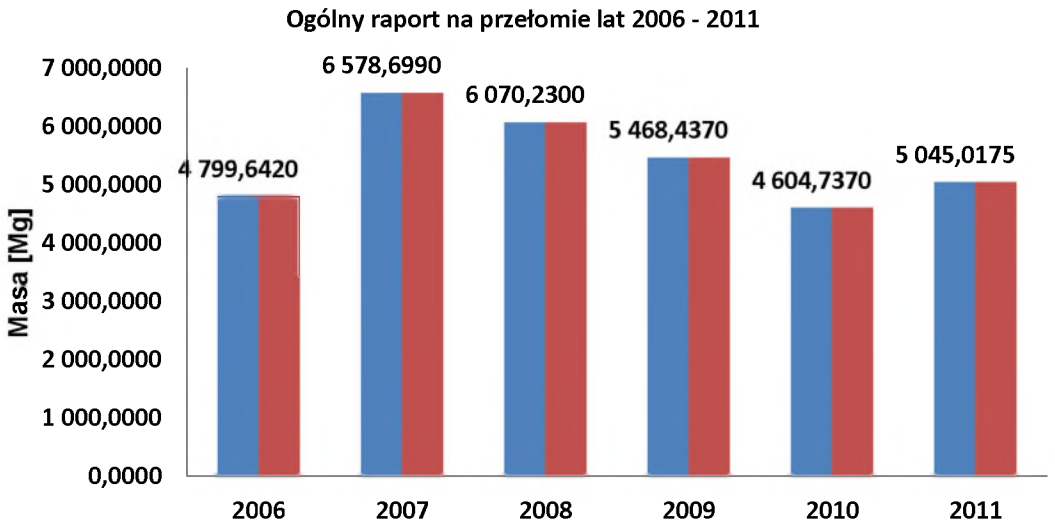
Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach medycznych.	Nowelizacja na rok 2013
Założenia ustawy: • Określa zasady czasowego magazynowania odpadów medycznych przed poddaniem ich procesowi unieszkodliwiania, • Warunki transportu wewnętrznego odpadów medycznych w obiektach, w których udziela się świadczeń zdrowotnych lub prowadzi badania i doświadczenia naukowe zakresie medycyny.	**Założenia nowej ustawy:** przyjmują pewną hierarchię sposobów postępowania z odpadami: • zapobieganie, • przygotowanie do ponownego użycia, • recykling lub inne sposoby odzysku, • unieszkodliwienie.
Nie duży nacisk na zapobieganie powstawania odpadów.	Szczególny nacisk nowego prawa skupia się na zapobieganiu powstawania odpadów jak również na ponownym wykorzystaniu odpadów i recyklingu.
Dokumentem "ujawniającym" wobec Marszałka wytwórcę odpadów była informacja o rodzaju wytwarzanych odpadów i sposobie gospodarowania nimi, jaką wytwórcy składali w urzędach powiatowych.	Obecnie ta informacja nie jest wymagana.
Decyzje starostów wydawane na podstawie informacji zamieszczonych wyżej.	Decyzje Starostów straciły też moc prawną.
W przypadku zignorowania obowiązku dotyczącego złożenia zbiorczego zestawienia danych w wyznaczonym, dodatkowym terminie marszałek może nałożyć karę, w wysokości 2000 zł.	W przypadku nie przekazania sprawozdania w terminie kara to 2000 zł.
Powyższe kary mogą być nakładane wielokrotnie, z tym że w danym roku kalendarzowym łączna ich wysokość nie może przekroczyć 10.000 zł.	Kary mogą być wymierzone wielokrotnie, ale ich suma na dany rok kalendarzowy nie może przekroczyć 8.500 złotych.
Odpady medyczne i weterynaryjne mogą być unieszkodliwiane w jeden z następujących sposobów: f) **Termiczne przekształcanie odpadów,** g) **Autoklawowanie,** h) **Dezynfekcja termiczna,** i) **Działanie mikrofalami,** j) **Obróbka fizyczno-chemiczna.**	W nawiązaniu do odpadów medycznych i weterynaryjnych, istotną zmianą jest wprowadzenie przepisu nakazującego unieszkodliwianie tych odpadów dokonywane wyłącznie w spalarniach.
Zgodnie z definicją zawartą w ustawie o odpadach za posiadacza odpadów uznaje się każdego, kto faktycznie włada odpadami.	W ustawie pojawiły się do tej pory niesprecyzowane definicje sprzedawcy odpadów (dealer) i pośrednika w obrocie odpadami (broker).
Nie jasno sprecyzowane pojęcie odzysku i recyklingu.	Zmieniono sposób rozumowania pojęcia odzysku i recyklingu.
Wysokość kary za transport odpadów bez zezwolenia na ich posiadanie lub w przypadku niewpisania do rejestru. (wynosi 1-5 tys. zł).	Niekorzystną zmianą uderzającą w przedsiębiorców jest poprawka w wyniku, której zmianie uległa wysokość kary za transport odpadów bez zezwolenia na ich posiadanie. lub w przypadku niewpisania do rejestru. Obecnie wynosi ona od 2 tys. do 10 tys. zł.
• określa selektywny sposób zbiórki odpadów medycznych • określa sposób gromadzenia odpadów na terenie placówki służby zdrowia • dotyczy odpadów powstałych w trakcie udzielania świadczeń zdrowotnych w jednostkach ochrony zdrowia oraz w podmiotach prowadzących badania i doświadczenia naukowe w zakresie medycyny.	ogólne zasady gospodarki odpadowej, natomiast w przypadku odpadów medycznych, weterynaryjnych i komunalnych osadów ściekowych wymienione są szczegółowe wymagania w zakresie ich przetwarzania termicznego oraz składowania.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [21, 22, 25]

2.10 ODPADY MEDYCZNE W WOJEWÓDZTWIE ŚLĄSKIM

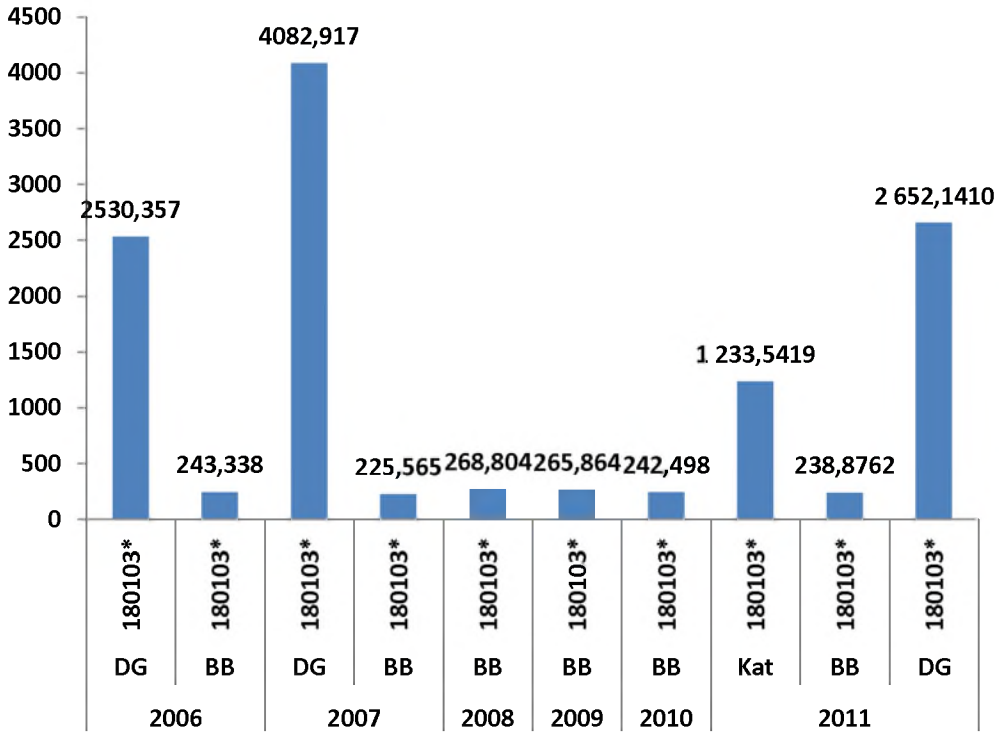
Dane przedstawione w postaci wykresów pochodzą z Urzędu Marszałkowskiego w Katowicach.

Rysunek 2.9 przedstawia ogólny raport na przełomie lat 2006-2011 dotyczący unieszkodliwiania poszczególnych odpadów medycznych.



Rys. 2.9 Ilość odpadów wytworzonych a unieszkodliwionych

Źródło: opracowanie własne na podstawie [28]



Rys. 2.10 Ilość unieszkodliwianego odpadu medycznego z numerem 18 01 03 na przykładzie trzech wybranych spalarni w latach 2006-2011

Źródło: opracowanie własne [28]

DG - Dąbrowa Górnicza, BB - Bielsko-Biała, Kat - Katowice

Najwięcej odpadów zostało unieszkodliwionych w roku 2007, w ilości 6578, 6990 [Mg]. Następnie w roku 2008 w ilości 6070, 2300 [Mg]. Najmniej odpadów unieszkodliwiono w roku 2010, w ilości 4604, 7370 [Mg]. Uwidacznia się równowaga pomiędzy ilością odpadów a liczbą spalarni.

Na rys. 2.10, przedstawiono ilość unieszkodliwionego odpadu medycznego 18 01 03 w trzech spalarniach, w latach 2006-2011.

Spośród trzech spalarni na terenie województwa śląskiego, wyraźnie widać, że najczęściej utylizowanym odpadem medycznym jest odpad z numerem 18 01 03. Powyższy wykres obrazuje ilość utylizowanego tego odpadu na przestrzeni lat 2006-2011.

Odpad, zawierający żywe drobnoustroje chorobotwórcze lub ich toksyny (18 01 03) najczęściej utylizowany był w Dąbrowie Górniczej kolejno w latach 2007, 2006, 2011 (tendencja malejąca).

Najmniej utylizowała go spalarnia w Bielsku-Białej w roku 2007 i 2006 (tendencja malejąca).

PODSUMOWANIE

Gospodarka odpadami medycznymi, tj. powstającymi w gabinetach stomatologicznych i pracowniach protetycznych, szpitalach i innych placówkach służby zdrowia, jest ściśle uregulowana przepisami prawnymi. Ustawy te posiadają prawne normy i uregulowania, aby jasno określić obowiązki producenta i odbiorcy odpadów. W styczniu br. pojawiła się nowelizacja ustawy dotycząca odpadów medycznych, która określa w sposób szczegółowy zarys gospodarowania tymi odpadami. Ustawa ta kładzie szczególny nacisk na zapobieganie powstawania odpadów oraz ich powtórnym wykorzystaniu. Bardzo istotną zmianą dotyczącą odpadów medycznych jest wprowadzenie przepisu nakazującego unieszkodliwianie tych odpadów dokonywane wyłącznie w spalarniach.

Bezpośrednio po wytworzeniu odpadu medycznego, należy go odpowiednio zabezpieczyć przed ewentualną możliwością zakażenia, a wytwórca danego odpadu ma obowiązek umieszczenia na opakowaniach informacji i oznaczeń, dotyczących danego odpadu. Nadzór nad tym obowiązkiem sprawuje Wojewódzki Inspektor Ochrony Środowiska. Następnie odpad wędruje do zakładu utylizacji, gdzie zostanie unieszkodliwiony, w specjalnie wyznaczonym do tego pojazdem.

Transport odpadów medycznych musi przebiegać z zachowaniem bezpieczeństwa, tym samym stosować się do wszystkich zaleceń dotyczących obcowania z tymi odpadami. Ważna jest tutaj tzw. zasada bliskości, znacząca, iż droga transportu musi być jak najkrótsza, a jeśli to możliwe, unieszkodliwianie lub odzysk powinien zostać przeprowadzony w miejscu powstawania odpadów.

Istnieją różne metody utylizacji odpadów medycznych, do których należą: termiczne przekształcanie odpadów, autoklawowanie, dezynfekcja termiczna, działanie mikrofalami i obróbka fizykochemiczna. Podstawową formą utylizacji odpadów medycznych, niebezpiecznych jest utylizacja termiczna, czyli spalanie. Metodzie tej podlega 95% odpadów.

Spalarnie odpadów medycznych muszą dostosować się do ściśle określonych warunków, aby funkcjonowały bez szkodliwego oddziaływania na środowisko, m.in. muszą ograniczyć emisję szkodliwych substancji i zanieczyszczeń.

W pracowni protetycznej nie powstaje duża ilość odpadów medycznych, gdyż większość odpadów trafia z gabinetu stomatologicznego. Istnieją jednak możliwości powtórnego wykorzystania materiałów, np. stopów metalu, stopów złota.

Gabinet stomatologiczny jest bezpośrednim miejscem powstawania odpadów medycznych. Można zaliczyć do nich m.in. wałeczki nasączone śliną lub krwią, strzykawki, igły, narzędzia chirurgiczne oraz wszelkie materiały jednorazowego użytku. Każdy gabinet musi podporządkować się procedurom sanitarno-epidemiologicznym, które w sposób szczegółowy określają zasady postępowania z odpadami medycznymi.

Analizując drogę odpadów pomiędzy gabinetem stomatologicznym a pracownią protetyczną, można wyraźnie stwierdzić, że głównym producentem odpadów medycznych jest gabinet stomatologiczny, który po części wysyła je do pracowni protetycznej. Laboratorium protetyki stając się odbiorcą tych odpadów, jest zobowiązane do ich unieszkodliwiania, według aktualnych regulacji prawnych. Co roku wytwórca lub posiadacz odpadów musi udokumentować ilości wytworzonych odpadów medycznych. Spośród odpadów powstających w gabinetach stomatologicznych żadne z nich nie nadają się do powtórnego wykorzystania, lecz muszą trafić do unieszkodliwienia, przy zachowaniu odpowiednich procedur. Pomiędzy tymi dwoma placówkami powinna istnieć korzystna współpraca, niosąca ze sobą korzyści, a nie straty w postaci dodatkowych kosztów.

LITERATURA

1. Bendkowski J., *Logistyka odpadów .Tom I. Procesy logistyczne w gospodarce odpadami,* Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
2. Bendkowski J., *Logistyka odpadów. Tom II,* Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
3. Bilitewski B., Hardtle G., Marek K., *Podręcznik gospodarki odpadami. Teoria i praktyka,* Wyd. „Seidel-Przywecki", Warszawa 2003.
4. Ciechanowicz J., *Ustawa o odpadach. Ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach,* Wydawnictwo Prawnicze PWN, Warszawa 1998.
5. Erechemla A., *"Inteligentne regulacje" UE* . Prawo Europejskie w praktyce, 2011 nr 10 s. 22-27.
6. Forowicz K., *Odpady Szpitalne – Bać się czy nie?,* Odpady i Środowisko nr 1/2012.
7. Marciniak R., Ekologistyka: *Zarządzanie przypływem odpadów medycznych,* Logistyka. Czasopismo dla profesjonalistów, Katowice 2008, nr 1 styczeń-luty 2008.
8. Okrasiński K., *NIK o odpadach medycznych*, Odpady i środowisko. Warszawa 30 kwietnia 2008, nr 2 (50)/08.
9. Ostrowska K., *Szczegółowa regulacja postępowania z odpadami medycznymi,* Odpady i środowisko, Warszawa 31 października 2007, nr 5 (47)/2007.
10. Piegdoń G., Grochowska M., *Identyfikacja czynników szkodliwych w środowisku szpitalnym,* IX Ogólnopolskie Sympozjum „Blok operacyjny – organizacja i funkcjonowanie": materiały konferencyjne. Warszawa 2008.
11. Rawski S., *Doskonalenie procesu utylizacji odpadów zakaźnych i inicjowanie procedury minimalizacji odpadów niebezpiecznych w jednostkach służby zdrowia,* Szósta Ogólnopolska Konferencja pt. Jakość w opiece zdrowotnej: standaryzacja w systemie

opieki zdrowotnej – Kraków 2001, s. 354-359.
12. Śliwa K., Odpady i środowisko, *Utylizacja odpadów medycznych*, Warszawa 31 grudzień 2007, nr 6(48)/2007.
13. Wandrasz J., *Gospodarka odpadami medycznymi,* Wyd. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań 2000.
14. http://www.zb.eco.pl/article/odpady-medyczne-i-weterynaryjne-a474l1 info: z dnia 14.11.2012.
15. Nowoczesna Klinika, *Unieszkodliwianie odpadów medycznych*, Magazyn prywatnej ochrony zdrowia: http://www.nowoczesnaklinika.pl/pl/artykuly/15/zarzadzanie/1/338/Unieszkodliwianie_odpadow_medycznych- info: z dnia 25.02.2013.
16. http://formularze.iform.pl/karta-ewidencji-odpadu-P7218.html - info: z dnia 16.02.13.
17. http://dentomax.blogspot.com/2011/04/o-wytworcach-i-wyrobach-medycznych.html - info: z dnia 5.03.2013
18. Rozporządzenia dostępne na stronie internetowej Ministerstwa Zdrowia, http://www.mos.gov.pl/artykul/2463_odpady_medyczne_i_weterynaryjne/9129_zestawienie_obowiazujacych_rozporzadzen_dotyczacych_odpadow_medycznych_i_weterynaryjnych_na_podstawie_upowaznien_zawartych_w_ustawie_z_dnia_27_kwietnia_2001_r_o_odpadach_dz_u_z_2007_r_nr_39_poz_251_z_pozn_zm.html- info: z dnia 29.11.2012.
19. http://www.ekoinfo.pl/33/juz-obowiazuje-nowa-ustawa-o-odpadach-uniqueidjXNs7lB4Pu1cRBOGrZTdQtZBj2g2qhpj/?uri_view_type=4 – info: z dnia 7.03.2013.
20. Gierek A., *Odpady medyczne i weterynaryjne,* dostępne http://www.zb.eco.pl/article/odpady-medyczne-i-weterynaryjne-a474l1- info: z dnia 6.11.2012.
21. Już obowiązuje nowa ustawa o odpadach, Wyd. Verlag Dashofer: http://www.ekoinfo.pl/33/juz-obowiazuje-nowa-ustawa-o-odpadach-uniqueidjXNs7lB4Pu1cRBOGrZTdQtZBj2g2qhpj/?uri_view_type=4 – info: z dnia 7.03.2013.
22. Odpady medyczne, nowa ustawa: http://www.dentonet.pl/artykul/3249943-odpady-medyczne-nowa-ustawa/ – info: z dnia 7.03.2013.
23. Opłaty środowiskowe i sprawozdawczość, Styczeń 2013 - Nowelizacja ustawy o odpadach: http://rozliczeniasrodowiskowe.pl/content/news/38,styczen-2013-nowelizacja-ustawy-o-odpadach – info: z dnia 7.03.2013.
24. Ustawa o odpadach Dz.U. z 2013 poz. 21, Brzmienie od 23 stycznia 2013, *Odpady medyczne i odpady weterynaryjne,* Rozdział 3: http://prawo.legeo.pl/prawo/ustawa-z-dnia-14-grudnia-2012-r-o-odpadach/dzial-vii_rozdzial-3_odpady-medyczne-i-odpady-weterynaryjne/?on=23.01.2013&exact=yes – info: z dnia 7.03.2013
25. Ustawa o odpadach 23 stycznia 2013: http://www.wroclaw.pl/ustawa_o_odpadach.dh ml – info: z dnia 7.03.2013.
26. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 r., w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych.
27. Ustawa o odpadach Dz.U. z 2013 poz. 21, Brzmienie od 23 stycznia 2013, *Odpady*

medyczne i odpady weterynaryjne, Rozdział 3.
28. Lista posiadaczy odpadów wg rodzaju prowadzonej działalności z wykazem odpadów. Wojewódzki System Odpadowy - WOJ. ŚLĄSKIE
29. http://www.sigma-not.pl/publikacja-71616-wp%C5%82yw-powt%C3%B3rnego-przetapiania-na-w%C5%82a%C5%9Bciwo%C5%9Bci-mechaniczne-i-mikrostruktur%C4%99-odlewniczego-stopu-kobaltu-inzynieria-materialowa-2012-5.html – info z dnia 26.02.2013.
30. http://www.oil.org.pl/xml/nil/gazeta/numery/n2006/n200611/n20061104 info z dnia 14.02.2013.
31. http://folbit.pl/worki.php

ANALIZA ZBIÓRKI ORAZ UTYLIZACJI ODPADÓW MEDYCZNYCH W PROTETYCE I W STOMATOLOGII

Streszczenie: *W artykule zostały przedstawione ogólne pojęcia gospodarki odpadami medycznymi, ich rodzaje, zasady gromadzenia i oznakowania oraz transport odpadów z miejsca powstawania do punktu ich unieszkodliwiania. Omówiono metody ich utylizacji, a także wpływ funkcjonowania spalarni na środowisko.*
Przytoczono aktualne regulacje prawne obowiązujące w Polsce. Przybliżono zasady funkcjonowania obiektów utylizacji odpadów medycznych. Przytoczone zostały nowelizacje ustawy o odpadach medycznych z roku 2013.

Słowa kluczowe: *odpady medyczne, gospodarka odpadami, zbiórka i utylizacja, pracownia protetyczna, gabinet stomatologiczny*

ANALYSIS OF SOLID WASTE REBOUNDS AND MEDICAL DEVICES IN PROSTHETICS AND DENTISTRY

Abstract: *The thesis presents the general concepts concerning. The work includes the methods of disposal as well as the import of medical waste incinerators on environment.*
The authors quote actual in Poland law regulations reoffering to the subject. The analysis of the main procedures relating to the effective treatment of medical waste is also discussed.
The work indicates that the effective policy concerning the subject is of great importance due to its potential risks. The date set can serve as a source of information for later research on the topic. The thesis prove that medical waste is an important part of the economy. It also shows the possibilities of improving medical waste management.

Key words: *medical waste, waste management, waste collection and utilization, dental laboratory, dentist's surgery*

inż. Agnieszka ADAMSKA, inż. Kinga KASPEREK
Wyższa Szkoła Inżynierii Dentystycznej i Nauk Humanistycznych
ul. Słoneczna 2, 43-450 Ustroń
e-mail: adamska1@op.pl
dr hab. inż. Witold BIAŁY, prof. Pol. Śl.
Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze
e-mail: wbialy@polsl.pl