

**PROJEKT TECHNICZNY REKULTYWACJI  
z oceną oddziaływań środowiskowych  
składowiska odpadów komunalnych  
we Fromborku, powiat Braniewo**

Inwestor: **Urząd Miasta i Gminy Frombork**

Autor opracowania: **mgr inż. Andrzej Prokopowicz**  
**upr. Nr 25/1972 MGTiOŚ Warszawa**

**Lipiec/sierpień 2012 r.**



**Członek Bałtyckiego Klastra Ekoenergetycznego**

## SPIS TREŚCI

	s.
<b>Część I. Ogólna</b> .....	<b>3</b>
1. Streszczenie zawartości opracowania .....	3
2. Podstawa opracowania .....	3
3. Wymagania prawne .....	4
4. Wykorzystane materiały archiwalne dotyczące składowiska .....	4
5. Opis składowiska .....	5
5.1. Lokalizacja i urządzenie składowiska .....	5
5.2. Środowiska geologiczne i obiekty chronione .....	6
5.3. Rozpoznane warunki hydrogeologiczne .....	7
5.4. Warunki klimatyczne .....	8
6. Nagromadzenie odpadów na składowisku .....	8
6.1. Dane ewidencyjne nagromadzenia i struktura odpadów .....	8
6.2. Obliczenie objętości i masy odpadów na składowisku .....	10
<b>Część II. Ocena oddziaływań środowiskowych</b> .....	<b>11</b>
1. Uwolnienie zanieczyszczeń gazowych .....	11
2. Zagrożenia lokalne .....	12
3. Analiza uwolnień zanieczyszczeń do wód podziemnych .....	13
3.1. Jakość wód podziemnych .....	13
4. Wyniki monitoringu wód odciekowych .....	17
4.1. Wnioski .....	17
4.2. Bilans wodny składowiska .....	19
<b>Część III. Projekt techniczno-technologiczny rekultywacji</b> .....	<b>20</b>
1. Dane techniczne i eksploatacyjne składowiska .....	20
2. Założenia programowe rekultywacji .....	21
3. Przygotowanie inwestycji .....	21
3.1. Uzupełniające prace dokumentacyjne przyłączy sanitarnego i energetycznego ..	21
3.2. Działania formalno-prawne .....	23
4. Roboty porządkowe i geodezyjne .....	23
4.1. Profilowanie złoża odpadów .....	23
4.2. Usuwanie stref gałęzi, wycinka krzaków i drzew na skarpach .....	23
4.3. Geodezyjne oznaczenie wysokościowe .....	23
4.4. Tablice informacyjne .....	23
5. Etap III. Rekultywacja kwatery I .....	24
5.1. Instalacje odgazowania złoża odpadów .....	24
5.2. Makroniwelacja techniczna złoża .....	25
5.3. Okrywa uszczelniająca złożę .....	26
5.4. Rekultywacja biologiczna .....	28
6. Etap IV. Rekultywacja kwatery II o pow. 0,78 ha .....	29
7. Monitoring poeksploatacyjny .....	29
<b>Część rysunkowa</b> .....	<b>31</b>
Załącznik 1 – mapa dokumentacyjna 1:25000 .....	31
Rys. 1. Plan sytuacyjno-wysokościowy 1:500 .....	32
Rys. 2÷3. Przekroje poprzeczne składowiska .....	33
Rys. 4. Odgazowanie składowiska z biofiltrem 1:20 .....	39

## **Część I. Ogólna**

### **1. Streszczenie zawartości opracowania**

Przedmiotem niniejszego opracowania jest projekt przedsięwzięcia inwestycyjnego „Rekultywacja składowiska odpadów komunalnych we Fromborku”, składający się z części I, w której omówiono istotne warunki środowiskowe lokalizacji składowiska i stan jego urządzenia. W części II zawarto ocenę oddziaływań środowiskowych na podstawie zrealizowanych pomiarów monitorujących jakość wód podziemnych i odciekowych oraz uwolnień gazów wysypiskowych.

Ocena uwolnień i transferów zanieczyszczeń powstałych w całym okresie eksploatacji składowiska, dokonana w momencie jego zamknięcia, stanowi podstawę uzasadnionego zakresu rekultywacji oraz technicznych rozwiązań eliminujących zagrożenia niekorzystnych oddziaływań środowiskowych po rekultywacji.

W części III niniejszego projektu zawarto opis techniczno-technologiczny realizacji robót makroniwelacyjnych, rekultywacji technicznej obejmującej zespół działań eliminujących transfery zanieczyszczeń do wód podziemnych i atmosfery. Kolejnym działaniem, w dwuletnim harmonogramie robót, będzie wykonanie aktywnej biologicznie warstwy rekultywacyjnej, zabiegów agrotechnicznych, z docelowym zalesieniem odpowiednio przekształconego terenu składowiska i graniczącej kopalni.

W IV części omówiono programowane zadania nadzoru monitorującego stan środowiska po rekultywacji.

W odrębnych opracowaniach dokumentacyjnych zawarto przedmiar, specyfikację techniczną robót oraz koszt przedsięwzięcia inwestycyjnego.

### **2. Podstawa opracowania**

Niniejsze opracowanie, zlecone przez Urząd Miasta i Gminy Frombork, jest częścią kompleksowej dokumentacji aplikacyjnej celem złożenia wniosku w konkursie dla planowanego naboru o dofinansowanie projektów w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Warmia i Mazury, Poddziałanie 6.1.1. „Gospodarka odpadami i ochrona powierzchni ziemi – rekultywacja składowisk odpadów”.

Zamierzone działanie zamknięcia i rekultywacji składowiska wynikają z planów gospodarki odpadami dla powiatu braniewskiego oraz gminy Frombork, zakładających regionalizację gospodarki odpadami od 2013 r. w oparciu o ZUO Elbląg. Nie zwalnia to z obowiązku sprawowania nadzoru technicznego nad obiektem oraz monitorowania stanu środowiska w jego rejonie, po rekultywacji, w zakresie określonym przepisami.

### **3. Wymagania prawne**

W opracowania uwzględniono wymagania prawne zawarte w następujących aktach prawa krajowego i UE:

- a) Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U.2008.25.150 z późn. zm.),
- b) Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. o Odpadach (Dz.U.2007.39.251 ze zm.),
- c) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 23 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów z późniejszymi zmianami (Dz.U.2003.61.549 z późn. zm.),
- d) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz.U.2011.257.1545),
- e) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U.2008.143.896),
- f) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r., zm. 30.05.2010 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U.2010.72.466),
- g) Rozporządzenie Ministra Środowiska z 24 lipca 2006 r. ze zm. 28.01.2009 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego,
- h) Rozporządzenie (WE) nr 166/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 stycznia 2006 r. w sprawie ustanowienia Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń,
- i) Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 sierpnia 2009 r. w sprawie sprawozdania z tworzenia Krajowego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń (Dz.U.2009.141.1154),
- j) Program Ochrony Środowiska Powiatu Braniewskiego na lata 2008÷2011 z uwzględnieniem perspektywy działań w latach 2012÷2015.

### **4. Wykorzystane materiały archiwalne dotyczące składowiska**

1. Dokumentacja techniczna urządzenia składowiska odpadów komunalnych (część technologiczna, makroniwelacje i drogi, odwodnienie składowiska i kanalizacja sanitarna, zbiornik bezodpływowy, projekt uszczelnienia, brodzik dezynfekcyjny, zieleń

- izolacyjna) opracowana przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska w Szczecinie w 1995 r.
2. Studium wpływu projektowanego wysypiska na środowisko przyrodnicze Fromborka – EKO-GEO Sp. z o.o. Gdańsk 1989 r.
  3. Opinia hydrogeologiczna o lokalizacji wysypiska odpadów komunalnych dla Fromborka – Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne Sp. z o.o. Gdańsk 1994 r.
  4. Sprawozdania ewidencyjne gromadzenia i unieszkodliwiania odpadów na składowisko (D-5) za lata 1996÷2012, realizowane przez operatora „Copernikus” Sp. z o.o. we Fromborku.
  5. Dokumentacja hydrogeologiczna z wykonania piezometrów P-2 i P-3 oraz likwidacji piezometru P-1 – PG POLGEO S.A. Zakład w Gdańsku – 2005 r.
  6. Przegląd ekologiczny składowiska – mgr inż. G. Gaza – kwiecień 2005 r.
  7. Plan Gospodarki Odpadami miasta i gminy Frombork 2003÷2012.
  8. Plan Gospodarki Odpadami powiatu Braniewskiego 2003÷2012 z perspektywą do 2015 r.
  9. Kwartalne sprawozdania z pomiarów monitorujących stan wód podziemnych i odciekowych w okresie 2005÷2010, realizowane przez POLGEOL Gdańsk oraz w okresie 2011÷2012 przez SGS EKO PROJEKT Poznań z rozszerzeniem badań uwolnień i morfologii odpadów.

## **5. Opis składowiska**

### **5.1. Lokalizacja i urządzenie składowiska**

Na podstawie decyzji nr 8/95 Burmistrza Miasta i Gminy Frombork oraz pozwolenia na budowę nr 7/96 Kierownika Urzędu Rejonowego w Braniewie w 1996 r. wykonano modernizację nieurządzonego składowiska zgodnie z ówczesnymi wymogami ochrony środowiska. Teren składowiska i zaplecza technicznego, zlokalizowany na działce nr 34 i 35 obręb 10 Frombork, jest własnością U.M.iG. Frombork. Na ogrodzonym terenie działek o powierzchni 2,05 ha i 1,51 ha składowisko odpadów komunalnych zlokalizowane jest w wyrobisku poeksploatacyjnym piasku i żwiru o łącznej powierzchni (po makro-niwelacji) 1,7 ha. Działka o wydłużonym kształcie, w obrębie wyrobiska z trzech stron posiada wypiętrzone nasypy i strome skarpy utworzone w czasie eksploatacji i makro-niwelacji wyrobiska. Nasypy i naturalne wyniesienia terenu w otoczeniu wyrobiska stanowiąc będą główny materiał do rekultywacji zdegradowanego terenu. Wyrobisko

o wymiarach  $160 \times 45 \div 70$  m i deniwelacjach  $8 \div 15$  m zostało urządzone zgodnie z projektem tylko w części kwatery I. Urządzenie tej kwatery o pow. 0,76 ha polegało na ukształtowaniu regularnych skarp i dna, wykonaniu uszczelnienia z geomembrany HDPE o gęstości  $0,94 \text{ kg/m}^3$  i grubości 1,5 mm oraz drenażu z filtracyjną warstwą ochronną na powierzchni dna. Na granicy z kwaterą II wykonano uszczelnienie skarpy wewnętrznej. Zagospodarowanie w części północnej, od wjazdu do wyrobiska, stanowią trawniki, droga z płyt, utwardzone place postojowe, wyładownicze i zaplecza technicznego w formie dwóch kontenerów (socjalny i magazynowy). W drodze dojazdowej do składowiska wbudowano wagę pomostową oraz nieckę zbiornika do dezynfekcji kół lecz bez odprowadzenia wody z pobliskiego wodociągu. Przez teren zaplecza technicznego i wzdłuż ogrodzenia przebiega napowietrzna linia średniego napięcia z transformatorami i niskiego napięcia do zakładu górniczego, graniczącego od wschodu z omawianym terenem. Mimo tego zaplecze składowiska nie posiada przyłącza energetycznego, niezbędnego dla prawidłowej eksploatacji (oświetlenie, ogrzewanie, dezynfekcja kół, pompowanie odcieków, mycie pojemników i potrzeb sanitarnych i p.poż.).

Uzbrojenie podziemne terenu stanowią:

- zbiornik bezodpływowy na wody odciekowe, o parametrach według projektu: poj. użytkowej  $14,0 \text{ m}^3$  z rzędną dna 12,03 m.n.p.m., terenu 28,60 i rzędną wlotu drenażu 21,21 m.n.p.m., posiada rzędną dna – 19,76 m.n.p.m., stabilne nawodnienie do 23,29 m n.p.m.

- studnia i przyłącza kanalizacyjne kontenera socjalnego i wolnostojącej kabiny WC.

Wzdłuż granicy zachodniej składowiska przebiegają sieci wodociągowa i kanalizacyjna, z najbliższą studnią przy wjeździe (kapliczka) na omawiany teren.

Kierując się jedynie względami ochrony wód podziemnych i względami gospodarczej funkcji tego terenu, moim zdaniem należy wykonać brakujące przyłącza do sieci energetycznej i sanitarnej do studni przy WC. **Wykonanie tych przyłączy warunkuje poprawną realizację odwodnienia składowiska.**

## 5.2. Środowisko geologiczne i obiekty chronione

Omawiany teren leży w Obszarze Wysoczyzny Elbląskiej uformowanej pod wpływem różnorodnych form morfologicznych, a w szczególności pod wpływem fazy pomorskiej zlodowacenia północnopolskiego. Głębsze formacje ( $30 \div 50$  m) pofałdowanej moreny dennej są nadbudowane formacjami piaszczystymi i zwirowymi z licznymi przewarstwieniami

glin piaszczystych i mułków ilastych. Generalnie omawiany teren składowiska położony jest na stoku moreny w kierunku Zalewu Wiślanego stanowiącej spąg warstwy wodonośnej.

Pod względem hydrograficznym omawiany teren znajduje się w środkowej części międzyrzecza, w odległości 1,0 km od rzeki Baudy i w odległości 2,0 km od rzeki Narusa. Około 500 m w kierunku północnym od omawianego terenu znajduje się rów melioracyjny, łączący rzekę Strużynę z Zalewem Wiślanym. Teren składowiska leży poza otuliną Obszaru Chronionego Krajobrazu Rzeki Bauda. Inne formy terenów i pomników podlegające ochronie przyrody nie leżą w strefie potencjału oddziaływania składowiska.

### 5.3. Rozpoznane warunki hydrogeologiczne

Na podstawie profili wykonanych wierceń i geologicznych materiałów archiwalnych, w strefie przypowierzchniowej o głębokości 0,5÷5,0 m stwierdzono nieciągłą warstwę glin piaszczystych i mułków ilastych, decydujących o okresowym nawodnieniu i pojemności wodnej profilu glebowego. Jest to materiał przydatny do budowy struktury wierzchniej warstwy rekultywacyjnej.

Do głębokości 26,8 m i 36,0 m od powierzchni terenu rozpoznany profil budują warstwowe osady czwartorzędowe, zbudowane głównie z piasków drobnych, pospółek, piasków średnich z przekładkami glin piaszczystych. Uwarstwowioną strukturę profilu geologicznego widać na stromej skarpie zachodniej kwatery II wyrobiska.

Warstwę wodonośną pod składowiskiem reprezentują piaski drobne i średnioziarniste z domieszką żwiru. Statyczne zwierciadło wody pierwszego poziomu w 2005 r. nawiercono na rzędnych 7,6÷7,7 m.n.p.m., w 1989 r. poziom zwierciadła wody wynosił 7,9 m.n.p.m., tj. 13,6÷15,6 m poniżej dna składowiska.

Stwierdzono niewielkie lecz stabilne (według danych z monitoringu) nachylenie zwierciadła wody podziemnej w kierunku północnym  $i = 0,32\%$ , tj. w kierunku drenującego ten obszar Zalewu Wiślanego. Średni współczynnik filtracji  $K = 8,8^{-4} \div 2,0^{-4} \text{m/s}$ . Na kierunku spadkowym zwierciadła, w odległości 1,1 km znajdują się studnie komunalne ujęcia wody dla Fromborka. **Zagrożonym w tym obszarze komponentem środowiska są użytkowe zasoby wód podziemnych, eksploatowane przez studnie ujęcia wody dla Fromborka.**

W okresie budowy składowiska w 1996 r. wykonano tylko jeden otwór badawczy orurowany – piezometr P-1, który w krótkim czasie uległ uszkodzeniu, uniemożliwiając

monitorowanie stanu wód podziemnych w kolejnych latach eksploatacji, tj. do 2005 r. Brak było również piezometru powyżej składowiska, niezbędnego do rejestracji zmian środowiska wodnego powodowanych przez składowisko. Analizę i ocenę oddziaływania składowiska na wody podziemne przedstawiono w dalszej części tego opracowania.

#### 5.4. Warunki klimatyczne

Położenie w obszarze Wzniesień Elbląskich i w pasie wpływu morskiego klimatu przybrzeżnego Zalewu Wiślanego decyduje o zmienności stanów pogody. Klimat cechuje duża wilgotność powietrza, częste i silne wiatry oraz duże nasłonecznienie. Średnia roczna suma opadów z pomiarów wieloletnich 1986÷2010 wynosiła 499 mm, w okresie 1982÷1986 – 611 mm, średnio 555 mm. Ilość dni z opadem dla Fromborka to 148, przy czym opady w porze letniej wynoszą 60%, a 40% w porze zimowej. W porze letniej dominują wiatry zachodnie i północno-zachodnie, a w miesiącach chłodnych z kierunku wschodniego. Średnia roczna prędkość wiatru – 3,2 m/s. Składowisko położone jest w strefie osłoniętej wyniesieniami terenu i osłoną zalesionych terenów.

### 6. Nagromadzenie odpadów na składowisku

Podstawą ustaleń objętości złoża odpadów na etapie zamknięcia i rekultywacji są obliczenia inżynierskie, opierające się na aktualnych rzędnych geodezyjnych złoża i niecki. Masę zdeponowanych odpadów ustala się na podstawie konfiguracji geometrycznej złoża, typu deponowania odpadów (powierzchniowy, skarpowy itp.) oraz stosowanej technologii plantowania i zagęszczania. Najczęściej dane ewidencyjne i założenia projektowe gromadzenia odpadów z danego rejonu znacznie różnią się od wielkości rzeczywistych mas odpadów na składowisku. Jest to wynikiem braku ciągłej rejestracji masy dowożonych odpadów poprzez ważenie pojazdów. Z tych względów, w niniejszym opracowaniu ustalenia masy odpadów w złożu ustalono na drodze obliczeniowej, przyjmując stopień ich zagęszczenia (2,0÷2,5) właściwy dla używanego spychacza i skarpowego systemu formowania złoża.

#### 6.1. Dane ewidencyjne nagromadzenia i struktura odpadów

Na podstawie danych ewidencyjnych firmy Copernikus Sp. z o.o. i uzupełniających obliczeń własnych, deponowanie odpadów w latach 1996÷2001 w tab. 1 przedstawiono ilość i strukturę odpadów z rejonu obsługiwanego przez tę firmę.



**Tab. 1. Ewidencja odpadów komunalnych unieszkodliwianych na składowisku w procesie D-5 w Mg**

Kod odpadów	Rodzaj odpadów	Okres 1996÷2001	Rok									
			2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
200301	Zmieszane odpady komunalne	1634	358,6	341,3	224,6	283,9	283,9	270,4	277,6	267,1	253,3	253,3
200201	Biodegradowalne	173	6,0	4,2	11,4	13,2	16,9	25,8	10,2	15,5	8,6	4,0
200307	Wielkogabarytowe	112	24,8	9,8	11,7	21,0	21,9	11,5	6,3	3,9	2,2	2,4
200399	Inne odpady komunalne	b.d.	30,8	15,3	b.d.	b.d.	b.d.	5,9	7,5	5,8	9,5	9,1
200139	tworzywa sztuczne	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	5,9	7,5	5,8	9,5	9,1
190802	Z piaskowników	105	23,2	18,2	1,9	0,6	8,2	10,2	24,9	33,4	24,6	29,8
190801	Skratki	37,3	8,3	6,5	4,4	8,0	0,6	19,9	11,4	7,2	13,3	–
190805	Ustabilizowane osady ściekowe	317,4	70,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	<b>Razem</b>	<b>2379</b>	<b>520,0</b>	<b>383,6</b>	<b>254,0</b>	<b>326,7</b>	<b>331,5</b>	<b>343,7</b>	<b>347,9</b>	<b>343,0</b>	<b>312,0</b>	<b>299,0</b>

Według danych ewidencyjnych i prognozy firmy Copernikus Sp. z o.o. na 2012 r. na składowisku zgromadzono około 6120 Mg odpadów, w tym odpady biodegradowalne stanowią około 918 Mg, tj. 15%. Prognozowane w Programie Gospodarki Odpadami tab. 4,3 i 3,2 ilości i struktura nagromadzenia odpadów stałych z rejonu Fromborka wynoszą: nagromadzenie przy 100% obsłudze rejonu w latach 2003÷2012 – 21400 Mg, średni udział odpadów biodegradowalnych – 16% do 18,5% przy składowaniu odwodnionych osadów w ilości 60 mg/rok.

Na podstawie trzech serii badań morfologicznego składu odpadów komunalnych ze składowiska Frombork, wykonanych przez SGS EKO-PROJEKT Poznań w okresie 2011 i 2012 r. stwierdzono następującą strukturę odpadów:

- odpady spożywcze pochodzenia rolniczego i zwierzęcego – 0,00%
- odpady papieru i tektury – 4÷10,3, średnio z 2 prób – 7,15%
- tworzywa sztuczne – 43,1÷44,5 średnio z 2 prób – 43,8%
- tworzywa sztuczne – 43,1÷44,5 średnio z 2 prób – 43,8%
- materiały tekstylne – 0,0÷15,4 średnio z 2 prób – 7,7%
- szkło – 24,1÷32,4 średnio z 2 prób – 28,3%
- odpady metali – 0,0÷6,98 średnio z 2 prób – 3,5%
- odpady organiczne pozostałe – 1,2÷11,3 średnio z 2 prób – 6,26%

- odpady mineralne pozostałe – 0,0÷0,0 średnio z 2 prób – 0,0%
- frakcja odsiewu < 10 mm – 2,5÷4,22 średnio z 2 prób – 3,36%

Z danych tych wynika, że udział odpadów biodegradowalnych z tych prób (z uwzględnieniem odpadów tekstylnych) stanowiło średnio 21,1%. W oparciu o powyższą analizę materiałów źródłowych do dalszych obliczeń przyjęto prawdopodobny udział odpadów pochodzenia organicznego na poziomie 22% wagowo.

## 6.2. Obliczenie objętości i masy odpadów na składowisku

Na powierzchni kwatery I składowiska (0,76 ha) złoże odpadów, budowane w dwóch piętrach, zajmuje powierzchnię 0,55 ha. Aktualnie drugie piętro złoża zajmuje około 60% tej powierzchni. Na podstawie wykonanych przekrojów poprzecznych kwatery I, rys. 2.3 i odpowiednich obliczeń ustalono objętość geometryczną złoża, tj. 20500 m<sup>3</sup> (tab. 4.2). Wykonane obecnie pomiary geodezyjne i dane archiwalne wskazują, że pierwsza warstwa odpadów z warstwą izolującą ma miąższość 6÷7 m, a budowany drugi poziom 2,5÷3 m. Odpady na tym składowisku były plantowane i zagęszczane spychaczem. Średnia wskaźnikowa gęstość złoża przy 2÷3 krotnym przejściu spychacza i skaprowym formowaniu złoża odpadów wynosi 0,52 Mg/m<sup>3</sup>. Obliczeniowo ustalona masa złoża odpadów wynosi 10.662 Mg, w tym odpady biodegradowalne stanowią 2350 Mg. Struktura odpadów, a szczególnie udział odpadów pochodzenia organicznego, drobnych frakcji mineralnych (zmiotki uliczne) jest istotny dla analizy uwolnień gazowych do atmosfery, wartości zanieczyszczeń wymywalnych (OWO) i zasolenia wód prezentowanym wskaźnikiem przewodności elektrycznej właściwej (PEW).

**Tab. 2. Obliczenia objętości i masy złoża odpadów**

Lp.	Oznaczenie przekroju HKM	Powierzchnia		Odległość	Objętość złoża	Wskaźnik zagęszczenia	Masa odpadów
		przekrój	średni przekrój				
		m <sup>2</sup>		m	m <sup>3</sup>	Mg/m <sup>3</sup>	Mg
1.	0 + 00	0	104,6	6	627,6	–	–
2.	0 + 06	209,6	257,0	18	4626	–	–
3.	0 + 24	305,02	351,6	12	4219	–	–
4.	0 + 36,0	398,1	338,9	20,5	6947	–	–
5.	0 + 56,5	279,63	234,4	15	3516	–	–
6.	0 + 71,5	189,1	94,6	6	568	–	–
7.	0 + 77,5	0					
	<b>Razem</b>				<b>20504</b>	<b>0,520</b>	<b>10662</b>

## Część II. Ocena oddziaływań środowiskowych

### 1. Uwolnienie zanieczyszczeń gazowych

W procesie naturalnego rozkładu odpadów organicznych, zdeponowanych i zagęszczanych na składowisku, około 90% produktów przemiany ma formę gazową głównie dwutlenku węgla i metanu ze śladowym udziałem związków wodoru, siarki i odorów (markaptanów). Na podstawie monitorowanego składu gazów uwolnionych ze składowiska i składu wód odciekowych można określić orientacyjnie fazę przemian biochemicznych złoża i dominujący typ przemian (rozkład tlenowy lub metanowy), projekcję transferów zanieczyszczeń po zamknięciu składowiska.

Okres przemian, charakteryzujący się zmianą składu gazu wysypiskowego, został podzielony na dziesięć faz, trwających łącznie kilka do kilkudziesięciu lat w zależności od typu i warunków przemian (tlenowy, beztlenowy) oraz potencjału energetycznego reaktora biologicznego.

W tab. 3 przedstawiono wyniki pomiarów składu objętościowego emitowanych gazów wysypiskowych. Z analizy przedstawionych wyników można sformułować następujące wnioski:

- W okresie pomiarów skład % gazów wskazuje na dominację tlenowego rozkładu, powietrze przenika do warstw powierzchniowych złoża, powodując zatrzymanie wzrostu bakterii beztlenowych, metan występuje w koncentracji 10÷40% ( $\text{CO}_2$  – 5÷30%) i jest utleniany do dwutlenku węgla, podobnie jak w procesie biofiltracji metanu na złożu biologicznym.
- Po uszczelnieniu korony składowiska, ograniczenie procesu napowietrzania złoża spowoduje wzrost udziału i stężenia metanu, lecz nie będzie to długotrwały wzrost stabilnej metanogenezy.
- Wielkość materiału organicznego złoża uległa mineralizacji w przemiennych procesach rozkładu tlenowego z nielicznymi okresami wzrostu przekształceń metanowych.
- Uzasadnionym rozwiązaniem, dla tego typu składowiska, będzie wykonanie systemu powierzchniowego drenażu odgazowującego z utlenianiem metanu na złożu filtracyjnym.
- Brak podstaw technicznych i ekonomicznych do wykonania instalacji spalającej emitowany metan.

## 2. Zagrożenia lokalne

Na składowiskach, po ich rekultywacji, występują następujące zagrożenia powodowane emisją gazów:

- pożary zewnętrzne w przypadku otwartych emitorów pochodni z otwartym płomieniem w bliskim sąsiedztwie lasów,
- samozapłon w złożu przy wierceniu studni, ciągłym dopływie tlenu do głębszych warstw złoża,
- powstanie stężeń wybuchowych w zamkniętych przestrzeniach (studnie odgazowania, rurociągi drenażowe itp.) przy stężeniu 5÷15%,
- prace na składowisku wymagają przestrzegania przepisów p.poż., palenia ognisk, wokół studni wyznaczyć i oznakować 5 m strefę zagrożenia wybuchem

Tab. 3. Wyniki pomiarów składu gazu wysypiskowego we Fromborku według sprawozdania SGS EKO\_PROJEKT Sp. z o.o. Poznań

Data pomiaru	Stężenie % tlenu	Stężenie % CO <sub>2</sub>	Stężenie % metanu CH <sub>4</sub>	Rozkład
	% objętości			
2011 r.				
– marzec	16,2	3,3	8,0	tlenowy
– kwiecień	6,6	10,1	30,9	
– maj	12,6	7,7	17,1	
– czerwiec	14,4	6,1	14,1	
– lipiec	11,1	13,5	27,3	
– sierpień	12,0	12,1	24,8	
– wrzesień	11,3	13,6	21,1	
– październik	<b>&lt; 0,3</b>	<b>31,9</b>	<b>68,0</b>	<b>metanowy</b>
– listopad	15,7	6,1	9,8	
– grudzień	20,4	0,9	0,4	tlenowy
Wartość średnia	12,06	10,53	22,15	Faza utleniania metanu
2012 r.				
– styczeń	20,5	0,6	0,3	tlenowy
– luty	18,2	2,5	3,3	tlenowy
– marzec	12,8	12,5	8,4	tlenowy
– kwiecień	19,3	1,3	1,0	tlenowy
– maj	16,1	4,1	8,3	tlenowy
– czerwiec	10,5	9,0	16,0	tlenowy
– lipiec	7,2	12,4	8,3	tlenowy
Wartość średnia	14,9	6,06	6,51	Faza utleniania metanu

### 3. Analiza uwolnień zanieczyszczeń do wód podziemnych

Hydrologiczne warunki lokalizacji składowiska, z podłożem zbudowanym z przepuszczalnych piasków, pospółek i żwirów, nad użytkowym zwierciadłem wody gruntowej, stwarzają potencjalne zagrożenia dla jakości tych wód. Elementem ograniczającym to zagrożenie jest znaczna warstwa sucha pod dnem składowiska rzędu 13,6÷15,6 m, wykonanie uszczelnienia niecki składowiska pod warunkiem jego szczelności i poprawnej realizacji gospodarki ściekowej.

Realizowany poprawnie od 2005 r. program pomiarów monitorujących pozwolił śledzić zmienność stanów zanieczyszczeń i oddziaływań składowiska na wody podziemne.

Zestawienie wyników monitorujących stan zanieczyszczeń wód gruntowych na dopływie (piezometr P-3) i odpływie (P-2) oraz ze studni ujęcia komunalnego wody dla Fromborka, pozwala określić „stan zamknięcia” jakości tych wód przed rekultywacją składowiska. Kontynuacja badań monitorujących określi efekt rekultywacji na ten komponent środowiska. W tab. 4 zawarto zestawienie średnich, rocznych wskaźników chemicznych opisujących stan zanieczyszczeń wód podziemnych, zakres oddziaływań składowiska na te wody oraz stwierdzone przekroczenia progowe jakości dla wód podziemnych według rozporządzenia Ministra Środowiska z 25 lipca 2008 r. i Ministra Zdrowia z 29 marca 2007 r.

#### 3.1. Jakość wód podziemnych

Jakość wód podziemnych, opisana wskaźnikami zanieczyszczeń fizyko-chemicznych (tab. 4, poz. 27, 28 i 29) pozwala sformułować następujące tezy:

1. **W ujęciu komunalnym wody dla Fromborka (studnia 2a)** nie stwierdzono przekroczeń NSD przewidzianych dla wody do picia według rozporządzenia Ministra Zdrowia (Dz.U.07.61.417), jakość wody (według tych wskaźników) **może być zaliczona do kl. Ib – jakość bardzo dobra i okresowo kl. II – jakość dobra**. Naturalną cechą tych wód podziemnych jest podwyższona wartość magnezu i żelaza. Okresowe obniżenia jakości z kl. I do II miały miejsce w 2008 r. w związku z podwyższeniem wskaźnika OWO ( $19,7 \text{ mg/dm}^3$ ) oraz w 2010 r. z uwagi na stan zasolenia określonego wskaźnikiem PEW ( $638 \text{ } \mu\text{S/dm}^3$ ). Prognozuje się możliwość wzrostu stężeń (głównie zasolenia) tych wskaźników zanieczyszczeń w studni 2a w przyszłości w związku z poziomem ich stężeń w piezometrach P-3 i P-2.

Tab. 4. Zestawienie wyników badań monitorujących oddziaływanie składowiska we Fromborku.  
Wody podziemne: średnie wyniki analiz kwartalnych w latach 2005÷2012 z piezometrów P-3, P-2 i studnia 2a

Poz.	Miejsce pobrania próbki okres pomiarów	Rzędna zw. wody	Odczyn	Przew. elektr. właściwa PEW	Ogólny węgiel organiczny OWO	Miedź Cu	Cynk Zn	Chrom Cr <sup>+6</sup>	Kadm Cd	Ołów Pb	Rtęć Hg	Suma węglo- wodorów aroma- tycznych
		m.n.p.m.	pH	μS/l	mg/dm <sup>3</sup>							
1.	P-3 – 2005 r.	7,37	8,0	678	17,6	0,08	0,24	< 0,005	< 0,001	0,007	< 0,001	< 0,001
2.	P-3 – śr. 2006 r.	7,60	7,97	959	29,4	0,08	0,26	< 0,005	< 0,001	0,003	< 0,001	< 0,001
3.	P-3 – śr. 2007 r.	7,28	8,0	918	20,1	0,022	0,13	< 0,005	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,01
4.	P-3 – śr. 2008 r.	7,48	7,4	815	15,0	< 0,01	0,14	< 0,005	< 0,001	0,002	< 0,001	< 0,01
5.	P-3 – śr. 2007 r.	7,37	7,4	798	19,0	0,015	0,23	< 0,005	< 0,001	< 0,01	< 0,001	< 0,01
6.	P-3 – śr. 2010 r.	7,40	7,4	866	27,8	0,028	0,23	< 0,005	< 0,001	< 0,01	< 0,001	< 0,0001
7.	P-3 – śr. 2011 r.	7,24	7,6	881	2,1	0,002	0,05	< 0,01	< 0,003	0,005	< 0,00005	< 0,0017
8.	P-3, śr. czerwiec 2012 r.	6,94	7,5	875	2,3	0,002	0,05	< 0,01	< 0,003	0,004	< 0,00005	< 0,057
<b>9.</b>	<b>Średni stan tła 2005÷2012</b>	<b>7,37</b>	<b>7,7</b>	<b>849</b>	<b>16,7</b>	<b>0,02</b>	<b>0,16</b>	<b>0,006</b>	<b>0,001</b>	<b>0,005</b>	<b>8,8<sup>-5</sup></b>	<b>0,011</b>
<b>10.</b>	<b>Przedział stężeń z 27 pomiarów</b>	<b>6,84÷7,97 amplituda</b>	<b>7,1÷8,64</b>	<b>678÷999</b>	<b>12,3÷37,0</b>	<b>0,002÷ 0,13</b>	<b>0,05÷ 0,31 lub</b>	<b>0,005÷ 0,01 5<sup>-3</sup>÷1<sup>-2</sup></b>	<b>0,0003÷ 0,001 3<sup>-4</sup>÷1<sup>-3</sup></b>	<b>0,01÷0,02</b>	<b>5<sup>-5</sup>÷1<sup>-4</sup></b>	<b>1<sup>-5</sup>÷0,057</b>
11.	P-2 – 2005 r.	6,60	7,3	1107	19,7	0,03	0,12	0,006	< 0,001	0,002	< 0,0001	< 0,001
12.	P-2 – śr. 2006 r.	6,53	7,0	2765	30,5	0,18	0,11	< 0,005	< 0,001	0,004	< 0,0001	< 0,001
13.	P-2 – śr. 2007 r.	6,55	7,1	2495	31,5	0,06	0,11	< 0,005	< 0,001	0,007	< 0,0001	< 0,001
14.	P-2 – śr. 2008 r.	6,53	7,1	1980	39,55	0,04	0,19	< 0,005	< 0,001	< 0,01	< 0,0001	< 0,01
15.	P-2 – śr. 2007 r.	6,53	7,1	1980	39,55	0,04	0,19	< 0,005	< 0,001	< 0,01	< 0,0001	< 0,01
16.	P-2 – śr. 2010 r.	6,51	7,15	1787	37,35	0,02	0,14	< 0,005	< 0,001	< 0,01	< 0,0001	< 0,01
17.	P-2 – śr. 2011 r.	6,53	7,4	1289	8,8	0,003	0,05	0,01	0,0003	0,004	5 <sup>-5</sup>	0,11
18.	P-2, śr. czerwiec 2012 r.	6,26	7,3	975	4,6	0,027	0,05	0,01	0,00,3	0,004	5 <sup>-5</sup>	0,057

Poz.	Miejsce pobrania próbki okres pomiarów	Rzędna zw. wody	Odczyn	Przew. elektr. właściwa PEW	Ogólny węgiel organiczny OWO	Miedź Cu	Cynk Zn	Chrom Cr <sup>+6</sup>	Kadm Cd	Ołów Pb	Rtęć Hg	Suma węglowodorów aroma- tycznych
		m.n.p.m.	pH	μS/l	mg/dm <sup>3</sup>							μg/dm <sup>3</sup>
19.	<b>Stan średni P-2 2005÷2012</b>	<b>6,38</b>	<b>7,18</b>	<b>1979</b>	<b>26,48</b>	<b>0,05</b>	<b>0,12</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,003</b>	<b>0,006</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,025</b>
20.	<b>Przedział stężeń z 27 pomiarów</b>	<b>5,90÷6,85</b>	<b>6,90÷ 7,72 I/6,5÷8,5</b>	<b>938÷ 3090 II i III/ 2500</b>	<b>7,2÷59,1 II i III/ 10</b>	<b>0,002÷ 0,28 III/0,2</b>	<b>0,05÷ 0,22 II/0,05</b>	<b>0,001÷ 0,0003 II/0,05</b>	<b>0,005÷ 0,01 III/ 0,005</b>	<b>7<sup>-3</sup>÷1<sup>-2</sup> I/0,01</b>	<b>2<sup>-4</sup>÷5<sup>-5</sup> I/0,001</b>	<b>2,9<sup>-1</sup>÷1<sup>-3</sup> III kl/0,3</b>
21.	Studnia 2a – 2007 r.	-2,26	7,48	556	5,1	0,01	0,07	< 0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,0001	< 0,001
22.	Studnia 2a – 2008 r.	+1,28	7,4	518	10,7	0,02	0,18	< 0,005	< 0,001	< 0,001	< 0,0001	< 0,001
23.	Studnia 2a – 2009 r.	-1,65	7,33	530	7,68	0,01	0,14	< 0,005	< 0,001	0,01	< 0,0001	< 0,001
24.	Studnia 2a – 2010 r.	+1,37	7,4	554	5,57	0,02	0,16	< 0,005	< 0,001	0,01	< 0,0001	1 <sup>-5</sup>
25.	Studnia 2a – 2011 r.	–	7,7	548	1,25	0,002	0,053	0,01	0,0003	0,0004	5 <sup>-5</sup>	< 0,017
26.	Studnia 2a – 2012/06 r.	–	7,3	496	1,3	0,002	0,05	0,01	0,0003	0,0004	5 <sup>-5</sup>	< 0,057
27.	<b>Stan średni z okresu 2007÷2012</b>	<b>-1,26</b>	<b>7,44</b>	<b>534</b>	<b>5,27</b>	<b>0,01</b>	<b>0,11</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,003</b>	<b>&lt; 0,004</b>	<b>&lt; 1<sup>-4</sup></b>	<b>&lt; 0,057</b>
28.	<b>Przedział stężeń z 27 pomiarów</b>	<b>-3,0÷+3,35 amplituda zw</b>	<b>7,16÷7,7 8</b>	<b>465÷638</b>	<b>1,1÷19,7</b>	<b>0,01÷ 0,05</b>	<b>0,05÷0, 22</b>	<b>0,01÷ 0,005</b>	<b>1<sup>-3</sup>÷3<sup>-4</sup></b>	<b>1<sup>-2</sup>÷4<sup>-3</sup></b>	<b>1<sup>-4</sup>÷5<sup>-5</sup></b>	<b>1<sup>-4</sup>÷5,7<sup>-2</sup></b>
29.	NSD – wartości graniczne dla wody do picia według rozporządzenia Ministra Zdrowia (Dz.U.07.61.417)		6,5÷9,5	I kl./500	I kl./5	2	II kl./0,5	0,05	0,005	0,025/ 0,01	0,001	0,10

2. **Wodę z piezometru P-3, obrazującą stan tła zanieczyszczeń** (według rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. (Dz.U.08.143.896) w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych **zalicza się do kategorii słabego stanu chemicznego (IV i V kl.)** na skutek poziomu stężeń zanieczyszczeń organicznych (OWO) do 37  $\mu\text{m}/\text{l}$ , stan średni 2005÷2012 – 16,7 oraz podwyższone zasolenie (PEW do 999  $\mu\text{S}/\text{dm}^3$ ), stan średni w ciągu 8 lat – 849  $\mu\text{S}/\text{dm}^3$ .

Należy podkreślić, że z pomiarów wskaźnika OWO w latach 2011÷2012 (pomiarów SGS EKO\_PROJEKT Poznań) wynika radykalny spadek zanieczyszczeń organicznych w wodzie piezometrów P-3 i P-2 (odpowiednio 2,1 i 2,3 w P-3 oraz 8,8 i 4,6 w P-2). Kolejne badania monitorujące wyjaśnią rzeczywisty stan tego wskaźnika.

3. **Jakość wody podziemnej w piezometrze P-2**, zlokalizowanego w newralgicznym punkcie (na spadku zw. wody, obok zbiornika odcieków) **zalicza się do klasy II i III** (dobra i zadowalająca) **z wyjątkiem przekroczeń zanieczyszczeń organicznych OWO (średnio 26,48  $\text{mg}/\text{dm}^3$ )** co odpowiada kl. IV (niezadowalająca) i V kl. – zła i kategorii słabego stanu chemicznego. Przekroczenie granicznych wartości tego wskaźnika (10  $\text{mg}/\text{dm}^3$  dla II/III kl) do poziomu 52,5÷59,1  $\text{mg}/\text{dm}^3$  wystąpiły w czerwcu i wrześniu w latach 2008 i 2009.
4. Z analizy porównawczej wskaźników zanieczyszczeń wody podziemnej z piezometrów P-3 (tło) i P-2 (monitorujący składowiska) wynikają następujące wnioski:
  - w wodzie z P-2, średnio z 8 lat i 27 pomiarów, stwierdzono: dwukrotny wzrost zasolenia PEW z 849 w P-3 do 1797  $\mu\text{S}/\text{dm}^3$ , wzrost zanieczyszczeń organicznych OWO z 16,7 w P-3 do 26,48 w P-2, nieznaczny przyrost miedzi Cu z 0,02  $\text{mg}/\text{dm}^3$ , do 0,05  $\text{mg}/\text{dm}^3$ ;
  - amplituda rzędnych zw. wody, w okresie 2005÷2012, wynosiła w P-3 – 1,13 m, tj. 6,84÷7,97 m.n.p.m., w P-2 – 0,95 m, tj. 5,90÷6,85 m.n.p.m., deniwelacja poziomów wody: P-3 – P-2 = 0,94 do 1,12 potwierdza tezę trwałego nachylenia zwierciadła wody w kierunku północnym, tj. P-2 i st. 2a. ustalenie składu izohips zw. wody w rejonie składowiska i prognozowanych kierunków przepływów wody gruntowej wymaga instalowania co najmniej trzech piezometrów. **Wymienione wyżej zmiany składu wód podziemnych jednoznacznie wskazują na niekorzystne lokalnie zmiany chemiczne wody, których źródłem jest składowisko odpadów komunalnych, jak również działalność gospodarcza na obszarze powyżej składowiska.** Zasięg zanieczyszczeń organicznych infiltrowanych ze składowiska ma zwykle niewielki zasięg, tj. 100÷300 m na skutek procesów rozcieńczania, filtracji



i samooczyszczania wody w środowisku gruntowym. Wyniki monitoringu nie wskazują na istotne oddziaływanie metalami ciężkimi, co potwierdza dominację tlenowego rozkładu i ograniczenie fazy fermentacji kwaśnej, decydującej o mobilności metali.

#### 5. Zagrożenia

**Wzrost wskaźników zanieczyszczeń organicznych i zasolenia wód podziemnych po rekultywacji może być wynikiem wadliwej gospodarki (transferu do oczyszczalni) wodami odciekowymi. Eliminację tego zagrożenia można uzyskać wykonując skuteczny system odwodnienia zbiornika wód odciekowych.**

### 4. Wyniki monitoringu wód odciekowych

Wody odciekowe z I kwatery składowiska od 1996 r. były odprowadzane drenażem, wzdłuż osi podłużnej składowiska, do zbiornika wód odciekowych o poj. 14,0 m<sup>3</sup>.

W tab. 5 zawarto zestawienie średnich wartości wskaźników chemicznego składu wód z pomiarów realizowanych co kwartał w okresie 2007÷2012.

#### 4.1. Wnioski

1. Przekroczenia dopuszczalnych wartości granicznych dla ścieków odprowadzanych do wód powierzchniowych lub do ziemi według rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. dotyczą wskaźnika „zawiesina ogólna” –  $37,9 > 35 \text{ mg/dm}^3$ . Wyraźne przekroczenie wartości granicznych tego wskaźnika wystąpiły we wrześniu i grudniu 2010 r. (118,1 i 67,9 mg/dm<sup>3</sup>). Pozostałe **wskaźniki składu chemicznego mieszczą się w dolnych wartościach progowych, określonych dla wód podziemnych (tab. 4, poz. 21) i są znacznie niższe od wartości progowych dla ścieków odprowadzanych do środowiska ziemi i wód powierzchniowych.**
2. Z porównania średnich stanów zanieczyszczeń wód podziemnych (piezometry P-2 i P-3) ze stężeniami wody w zbiornikach wód odciekowych, przykładowo PEW – 849, 1797 w P-3 i P-2, a 579  $\mu\text{S/dm}^3$  w zbiorniku, OWO – 16,7, 26,48 w P-3 i P-2, a 15,59 w zbiorniku wód odciekowych wynikają następujące tezy:
  - **system odwodnienia drenażowego składowiska nie spełnia funkcji odwodnienia uszczelnionej kwatery I,**
  - brak systematycznego opróżniania zbiornika z wód odciekowych; po każdym napełnieniu powoduje popiętrzenie wody w zbiorniku i w strefie obsypki drenażu do rzędnej przelewu do kwatery II, wskazuje na to porównanie rzędnych wody z zbiorniku (stabilnych w ciągu 6 lat pomiarów) 23,30 m.n.p.m. z rzędną wlotu drenażu do zbiornika 21,21 m.n.p.m. (według projektu zbiornika),

Tab. 5. Zestawienie wyników pomiarów składu wód odciekowych składowiska Frombork.

Zbiornik odcieków – 14 m<sup>3</sup> według raportów POLGEOL Gdańsk oraz SGS EKO\_PROJEKT Sp. z o.o. Poznań

Poz.	Okres pomiarów	Rzędna zw. wody	Odczyn	PEW	OWO	Miedź Cu	Cynk Zn	Chrom Cr <sup>+6</sup>	Kadm Cd	Ołów Pb	Rtęć Hg	WWA	ChZT O <sub>2</sub>	BZT O <sub>2</sub>	Zawie- sina ogólna
		m.n.p.m.	pH	μS/l	mg/dm <sup>3</sup>								μg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	
1.	2007 r. (4×)	23,36	7,12	563	26,1	0,02	0,11	0,005	0,001	0,004	1 <sup>-4</sup>	1 <sup>-3</sup>	–	–	–
2.	2008 r. (4×)	23,24	7,22	799	10,7	0,01	0,13	0,005	0,001	0,004	1 <sup>-4</sup>	0,10	25,1	3,28	24,9
3.	2007 r. (4×)	23,27	6,96	457	10,7	0,01	0,14	0,005	0,001	< 0,01	1 <sup>-4</sup>	< 0,01	51,25	8,8	33,8
4.	2010 r. (4×)	23,30	7,3	640	26,2	0,035	0,14	0,005	0,001	< 0,01	1,5 <sup>-3</sup>	1 <sup>-5</sup>	46,1	9,76	34,9
5.	2011 r. (4×)	–	7,2	672	10,5	0,005	0,03	0,01	0,0025	0,007	5 <sup>-4</sup>	0,037	–	–	–
6.	2012 r.	–	7,2	342	9,35	0,013	0,05	0,01	0,0025	0,012	0,008	0,1	–	–	–
<b>9.</b>	<b>Stan średni</b>	<b>23,29</b>	<b>7,2</b>	<b>579</b>	<b>15,59</b>	<b>0,016</b>	<b>0,1</b>	<b>0,007</b>	<b>0,002</b>	<b>0,008</b>	<b>0,002</b>	<b>0,04</b>	<b>40,8</b>	<b>7,28</b>	<b>37,9</b>
	<b>Przedział stężeń z 22 pomiarów</b>	<b>23,12÷ 23,71</b>	<b>6,64÷ 7,6</b>	<b>1247÷ 194</b>	<b>1,8÷ 35,8</b>	<b>0,005÷ 0,06</b>	<b>0,025÷ 0,19</b>	<b>0,005÷ 0,01</b>	<b>0,001÷ 0,005</b>	<b>0,002÷ 0,01</b>	<b>0,0001÷ 0,015</b>	<b>0,00001 ÷0,2</b>	<b>17,7÷ 70,6</b>	<b>1,68÷ 10,32</b>	<b>10,4÷ 118,1</b>
	<b>Stan średni P-2 2005÷2012</b>	<b>6,38</b>	<b>7,18</b>	<b>1979</b>	<b>26,48</b>	<b>0,05</b>	<b>0,12</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,003</b>	<b>0,006</b>	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>0,025</b>			
	Wartości granicz- ne dla ścieków według rozporzą- dzenia Ministra Środowiska z 24.07.2006/2009 (Dz.U. 137, poz. 984)		6,5÷9,5	n.o.	30	0,5	25	1	0,4/d 0,2 m-c	0,5	0,06/d 0,03 m-c	100	125	25	35

- odcieki w zbiorniku wykazują bardzo niskie wartości BZT-5 i ChZT w stosunku do typowych odcieków z innych składowisk, dla których przyjęte wartości tych wskaźników mieszczą się w przedziałach ChZT-45 – 39000 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> i BZT-5 – 23÷10700 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.
3. Zadaniem rekultywacji w zakresie ochrony wód podziemnych powinno być:
- udrożnienie systemu drenażowego skutecznie odwodnianego złoża odpadów – wykonanie przyłącza kanalizacyjnego zbiornika wód odciekowych do istniejącej w pobliżu sieci,
  - wykonanie uszczelnień korony złoża odpadów.

#### 4.2. Bilans wodny składowiska

Problemy eksploatacyjne i w konsekwencji zagrożenia dla wód podziemnych powstały na etapie projektowania składowiska, a w szczególności:

- wadliwy bilans wodny (15 l/m<sup>2</sup> odcieków) uszczelnionej warstwy o zbyt dużej powierzchni w stosunku do tempa deponowania odpadów, brak sektorowej eksploatacji i odwodnienia,
- przyjęcie zbyt małej objętości zbiornika (14 m<sup>3</sup>) z zaleceniem wywożenia odcieków do oczyszczalni.

Bilans wodny składowiska po rekultywacji, tj. uszczelnieniu jego korony według rozwiązań projektu budowlanego, oparto na danych klimatycznych, uzyskanych z I.M.iG.W. O/Morski w Gdyni, stacji pomiarowej Frombork, danych pomiarów bezpośrednich z 16 składowisk w Niemczech północnych, uwzględniających stan składowiska, stopień zagęszczenia i pojemności wodnej oraz porównywalny wskaźnik parowania wody.

dni opad roczny dla Fromborka – 520,7, w tym okres letni – 280,5 mm, okres zimy 240 mm.

Parametry bilansowe:

- śremowy – 240,2 mm,
- wskaźnik parowania powierzchniowego – 0,5÷0,7,
- zagęszczona i uszczelniona korona składowiska,
- spływ powierzchniowy –  $0,4 \times 520,7 = 208$  mm/rok,
- odciek –  $V = 520,7 \times 0,005 = 25$  mm/rok,
- powierzchnia odwadniana (uszczelniona) – 5500 m<sup>2</sup>

$$V = 5500 \times 0,025 = 137,5 \text{ m}^3, \text{ tj. } 0,38 \text{ m}^3/\text{dobę}$$

Orientacyjna, średnia ilość odcieków, które należy transferować do oczyszczalni po rekultywacji składowiska będzie wynosić 380 l/dobę.

### Część III. Projekt techniczno-technologiczny rekultywacji

#### 1. Dane techniczne i eksploatacyjne składowiska

Składowisko odpadów komunalnych z rejonu miasta i gminy Frombork położone jest przy trasie do Pasłęka, w odległości około 1,0 km od miasta. Składowisko posiada utwardzony dojazd drogą wewnętrzną o dł. 160 m od drogi publicznej. Na działce o pow. 1,31 ha zlokalizowano urządzone zaplecze techniczne składowiska, posiadające wagę pomostowa, brodzik dezynfekcyjny, kontenerowe obiekty socjalne i magazynowe, utwardzony plac postojowy i dojazdowy do podziemnego zbiornika wód odciekowych, który według założeń projektowych posiada pojemność 14 m<sup>3</sup> i zagłębienie dna 9,37, głębokość pomierzona wynosi 8,0 m. Elementy zaplecza technicznego są w dobrym stanie technicznym i estetycznym lecz wadą tego zaplecza jest brak przyłączy wody, kanalizacji sanitarnej do sieci przylegającej wzdłuż ogrodzenia zaplecza. Brak również przyłącza energetycznego pomimo lokalizacji słupa końcowego z transformatorem napowietrznej linii średniego napięcia, zasilającej jedynie bazę techniczną sąsiadującej kopalni kruszyw. Brak przyłączy kanalizacyjnych i energetycznych uniemożliwił transfer wód odciekowych ze składowiska do oczyszczalni ścieków. W projekcie założono wywóz wód odciekowych wozami asenizacyjnymi, co okazało się nierealne ze względów ilościowych w pierwszych latach eksploatacji oraz możliwości zassania wody z głębokości około 10 m przez zwykłe pompy do ścieków.

Przewiduję zachowanie elementów zagospodarowania terenu zaplecza technicznego, wykonanie niezbędnych przyłączy sanitarnych i energetycznych dla skutecznego transferu odcieków do oczyszczalni ścieków i ochrony środowiska wód podziemnych. Zaplecze techniczne po rekultywacji składowiska powinno spełniać funkcje kontrolne i agrotechniczne składowiska oraz nieuciążliwą funkcję gospodarki komunalnej, składowych obszarów strategicznych, związanych z klęskami żywiołowymi.

Obszar składowiska położonego na części działki nr 34 o pow. 2,0 ha posiada aktualnie następującą strukturę użytkową:

- powierzchnia bezskarpowego złoża odpadów po rekultywacji – 0,55 ha
- obszar niekorzystnie przekształcony (składowisko odpadów, niecka wyrobiska, nasypy nadkładów ziemi i zmineralizowanych odpadów), objęty makroniwelacją i rekultywacją – 1,7 ha.

Dane eksploatacyjne składowiska:

- okres eksploatacji – 1997÷2012 r.,
- powierzchnia kwatery I – 0,75 ha, wykorzystana – 0,55 ha,
- profil złoża: piętro I – 6÷7 m, piętro II – 2,5÷3 m,
- stopień zagęszczenia złoża – 2÷2,5-krotny, gęstość 0,52 Mg/m<sup>3</sup>,
- objętość geometryczna złoża – 20500 m<sup>3</sup>,
- masa nagromadzonych odpadów – 10,2 Mg,
- udział odpadów biodegradowalnych – 22%, tj. 2350 Mg.

Monitoring środowiskowy w okresie 1996-2009: tylko częściowy obejmował stan zanieczyszczeń wód podziemnych, w okresie 2005÷2012 monitorowano wskaźniki zanieczyszczeń wód podziemnych, wód odciekowych i uwolnień gazowych do atmosfery. Składowisko posiada dwa piezometry orurowane dla badań wód podziemnych oraz studnię  $\phi$  150 z PCV do badań uwolnień gazowych ze złoża odpadów. Wyniki monitoringu przedstawiono w części II tego opracowania. Elementy zagospodarowania i projektowanej rekultywacji przedstawia mapa sytuacyjno-wysokościowa w skali 1:500.

## **2. Założenia programowe rekultywacji**

Przewidywany cykl realizacji inwestycji obejmuje lata 2013 i 2014, przy czym charakter przestrzennych robót inżynierskich i rekultywacji biologicznej tego obszaru może być realizowany w miesiącach od wiosny do jesieni.

Etapy realizacji inwestycji:

Etap I: Przygotowanie inwestycji do realizacji: styczeń, marzec 2013 r.

Etap II: Roboty porządkowe i geodezyjne: luty-kwiecień 2013 r.

Etap III: Rekultywacja kwatery I o pow. 0,91 ha: maj-wrzesień 2013 r.

Etap IV: Rekultywacja kwatery II o pow. 0,79 ha: kwiecień-czerwiec 2014 r.

Przedstawione etapy realizacji inwestycji mogą być realizowane w innych przedziałach czasowych związanych z przyjętym harmonogramem finansowania, lecz ze względów technologicznych należy zachować przedstawioną niżej kolejność zadań inwestycyjnych.

## **3. Przygotowanie inwestycji**

### **3.1. Uzupełniające prace dokumentacyjne przyłączy sanitarnego i energetycznego**

Z oceny zagrożeń niekontrolowanych infiltracji wód odciekowych do środowiska wód podziemnych, przedstawionej w części II opracowania, wynika konieczność modernizacji

instalacji umożliwiającej transfer wód odciekowych do oczyszczalni ścieków. Wiąże się to z koniecznością uzyskania warunków technicznych realizacji przyłącza kanalizacji sanitarnej do sieci zewnętrznej na trasie oznaczonej na rys. 1.

Parametry techniczne przyłącza sanitarnego:

- odwodnienie pompą głębinową istniejącego zbiornika wód odciekowych o rzędnych  $Z_o = \frac{28,60}{20,60}$ , pojemności użytkowej (według własnych pomiarów) – 4,24 m<sup>3</sup>, rurociągiem tłocznym o średnicy 50 mm, do istniejącej studni  $S-1 = \frac{29,26}{27,78}$  na terenie zaplecza,
- średni dobowy wydatek odcieków po rekultywacji składowiska wyniesie 0,38 m<sup>3</sup>/dobę, maksymalny 0,8 m<sup>3</sup>/dobę,
- wykonanie grawitacyjnego przyłącza kanalizacji sanitarnej z PVC  $\phi$  150 od studni S-1 do studni sieciowej przy figurce obok bramy wjazdowej o rzędnych  $Sk = \frac{25,61}{24,66}$ ,
- monitorowany ładunek zanieczyszczenia wód odciekowych spełnia warunek ich transferu do gleby i wód powierzchniowych (ocena w części II opracowania), lecz są to wyniki niemiarodajne, rzeczywisty stan zanieczyszczeń tych wód ustalić po opróżnieniu zbiornika w ramach kontynuacji monitoringu po rekultywacji składowiska.

Drugim warunkiem transferu wód odciekowych jest wykonanie napowietrznego przyłącza energetycznego z wolnostojącą rozdzielnią WLZ, od transformatora na słupie końcowym SN, zlokalizowanego na tym terenie. W tym celu należy uzyskać warunki techniczne przyłącza dla mocy zainstalowanej do 5 kW (pompa głębinowa 1,1 kW, oświetlenie miejscowe zaplecza, potrzeby socjalne).

W ramach projektowanej modernizacji systemu odwodnienia składowiska przewiduję zakupy:

- rur kielichowych PVC-U  $\phi$  110 z uszczelką klasy S o długości 30 m (rura sucha rurociągu tłocznego pompy),
- kolano 110/45 – szt. 2,
- rur kanalizacji zewnętrznej z wydłużonym kielichem PVC-U  $\phi$  160, L = 78 m,
- pompy zatapialnej LEWARA do wody zanieczyszczonej typ DOMO-15T z silnikiem trójfazowym 1,1 kW, 2850 obr./min, 2,8 A, wydajności 50 l/min (3 m<sup>3</sup>/h), o wysokości podnoszenia H = 11,9 m, średnica nominalna króćca tłocznego 2” BSP z przelotem 50 mm, z neoprenowym kablem typ H07RN-F dł. 10 m i przedłużką 30 m.

Równoważne pompy innego typu muszą spełniać warunek tłoczenia rzędu 9÷11 m.

### **3.2. Działania formalno-prawne**

W oparciu o założenia programowe inwestycji należy uzyskać decyzję starosty braniewskiego o zamknięciu składowiska z określeniem kierunku i warunków rekultywacji. W fazie przygotowania inwestycji niezbędne jest pozyskanie źródeł jej finansowania, przygotowanie i rozstrzygnięcie zamówienia publicznego materiałów i wykonawcy robót, zawarcie stosownych umów realizacyjnych.

## **4. Roboty porządkowe i geodezyjne**

### **4.1. Profilowanie złoza odpadów**

Istniejące złoże odpadów o nieregularnej płaszczyźnie i skarpach należy wyprofilować i zagęścić. Przy użyciu spychacza zniwelować skarpy złoza do spadku (poniżej 30%) umożliwiającego zagęszczenie odpadów przy 4÷5-krotnym przejściu spychacza lub 2-krotnym przejściu walca okółkowanego. U podnóża skarpy zdeponować betonowe i wielkogabarytowe odpady w ilości około Mg, złożone przy podstawie stożkowej hałdy gruzu. Powierzchnia profilowania i zagęszczania złoza – 5500 m<sup>2</sup>.

### **4.2. Usuwanie stref gałęzi, wycinka krzaków i drzew na skarpach**

Krzewy i ruderalne samosiewy drzew w wieku 10÷15 lat o średnicy do 10 cm w ilości około 30 szt. porastają powierzchnię 0,23 ha w strefie kwatery II, co uniemożliwia rekultywację i gospodarcze zalesienie zdegradowanego terenu oraz likwidację zagrożeń osuwistych skarpy.

Gałęzie i krzewy rozdrobnić mechanicznie i zdeponować na przyzmacz kompostowych z przeznaczeniem do budowy wierzchniej warstwy rekultywacyjnej złoza.

### **4.3. Geodezyjne oznaczenie wysokościowe**

W oparciu o projektowane dane wysokościowe robót ziemnych, zawarte na planie rys. 1 i przekrojach poprzecznych, wykonać okółkowane oznaczenia niwelety wykopów i nasypów. Obszar projektowanej makroniwelacji warstwy I i II wynosi 1,7 ha.

### **4.4. Tablice informacyjne**

Przy bramie składowiska ustawić tablicę informacyjną inwestycji i informację o zamknięciu składowiska.

## 5. Etap III. Rekultywacja kwatery I

### 5.1. Instalacje odgazowania złoża odpadów

Ocenę uwolnień metanu ze składowiska, przeprowadzoną na podstawie 17 pomiarów w latach 2011 i 2012, zawarto w części II niniejszego opracowania. Na tej podstawie przyjęto prosty i skuteczny system instalacji odgazowującej złoża. Inne, alternatywne rozwiązania: spalania z pochodni, zagospodarowanie gazu nie znajduje ekonomicznego i technicznego uzasadnienia z uwagi na niskie natężenie emisji  $< 10 \text{ m}^3/\text{h}$ , skład gazu świadczący o dominacji rozkładu tlenowego odpadów organicznych.

Nałożony przepisami obowiązek ujmowania i unieszkodliwiania metanu ze składowisk oraz raportowania uwolnień do atmosfery ze względu na ochronę warstwy ozonowej, nie daje efektywnych i racjonalnych instrumentów jego realizacji, szczególnie w odniesieniu do małych złóż odpadów. Są to niewielkie, rozproszone emitery, dla których norma emisji nie obowiązuje w odniesieniu do  $\text{CO}_2$ . Kierując się zasadą przezorności oraz możliwością wzrostu stężeń metanu po uszczelnieniu korony składowiska, przyjęto wykonanie instalacji zbierającej powierzchniowe gazy wysypiskowe systemem drenażu zwirowego, przykrytego folią budowlaną z punktowym emitorem z biofiltrem według rys. 1 i 8. Biofiltracja jest technologią degradacji organicznych związków węgla o niskiej koncentracji, w warunkach dostępu tlenu przy wilgotności bliskiej stanu nasycenia i pH 7. W takich warunkach na materiale filtracyjnym (żwir, strzępki włókniste drewna korzeniowego, włókna kokosowe, torf, kora sosny) powstaje „biofiltr” mikroorganizmów powodujących utlenianie węglowodorów na  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$  z wydzieleniem ciepła i soli mineralnych. W korzystnych warunkach procesowych skuteczność może być rzędu 90÷95%. Instalację biofiltra i drenażu wykonać jak na rys. 4:

- z kręgów betonowych (szt. 2) Dn 1000 × 100 mm,
- płytą fundamentową i pokrywą żelbetonową 1200 × 10 z otworem 800 mm,
- wykonanie biofiltra własne lub zakup o parametrach zbliżonych do Biofiltra EBF-30 firmy BioArcus Warszawa.

Studnia z biofiltrem stanowić będzie nadbudowę istniejącej studni odgazowania złoża Sg-1 (rys. 1 i 4).

Drenaż zwirowy o łącznej długości 148 m, wykonany ze żwiru grubego lub gruzu według rys. 4 wypełnić materiałem o objętości  $21 \text{ m}^3$ , w rowkowym wykopie o tej samej objętości.



## 5.2. Makroniwelacja techniczna złoza

Obszar robót ziemnych o pow. 0,92 ha obejmuje złoże odpadów, hałdy ziemi oraz skarpe zachodnią, w granicach oznaczonych na rys. 1. Zakres wykopów i nasypów, wytyczonych geodezyjnie, opisują przekroje A do G. W tab. 6 zawarto bilans robót ziemnych łącznie z wierzchnią warstwą rekultywacyjną gr. 40 cm, która będzie realizowana po wykonaniu uszczelnienia składowiska membraną izolacji skarpy zachodniej i na całości matą bentonitową.

Tab. 6. Obliczenia robót ziemnych rekultywacji składowiska Frombork

HKM	Powierzchnia przekroju, śr. pow. przekroju				Odległość	Objętość		Do użytku na miejscu	Nadmiar	
	W	N	W	N		W	N		W	N
	m <sup>2</sup>					mb	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>	
Kwata I										
0 + 00	–	–	–	17,0	6,0	–	102	–	–	102
0 + 06	–	34,0	13,46	37,1	18,0	242	668	242	–	426
0 + 24	26,92	40,2	41,06	62,0	12	493	744	493	–	251
0 + 36,0	55,2	83,8	93,95	85,5	26,5	1924	1753	1753	171	–
0 + 56,5	132,5	87,2	144,75	129,15	15,0	2171	1937	1937	234	–
0 + 71,5	157,0	171,1	162,6	183,2	6	976	1099	976	–	123
0 + 77,5	168,2	195,3								
<b>Razem kwata I</b>						<b>5806</b>	<b>6306</b>	<b>5806</b>	<b>405</b>	<b>902</b>
<b>Hałda stożkowa</b>						<b>668</b>	–	<b>668</b>	<b>668</b>	–
<b>Nadmiar wykopów w strefie I kwatery 1073 – 902 = 171 m<sup>3</sup></b>										
Kwata II										
0 + 93,5	185,97	210,70	177,0	198,5	16	2832	3173	2832	–	341
0 + 99	208,55	175,55	197,3	188,6	5,5	1085	1037	1085	48	–
0 + 30,5	92,8	229	150,7	202,3	31,5	4147	6372	4747	–	1625
0 + 40,5	67,6	195,15	80,2	212,0	10	802	2120	802	–	1318
0 + 47,5	110,65	–	89,1	97,6	7	624	683	624	–	59
0 + 67,5	54,85	–	82,75	0	20	1655	–	1655	1655	–
<b>Razem kwata II</b>						<b>11745</b>	<b>13385</b>	<b>11745</b>	<b>1703</b>	<b>3343</b>
<b>Nadmiar wykopów w strefie I kwatery 1073 – 902 = 171 m<sup>3</sup></b>										
<b>Nadmiar nasypów ogółem 1469 m<sup>3</sup></b>										

W pierwszej fazie makroniwelacji do nasypów w niecce składowiska zużyć materiałów z przyzmy stożkowej, a następnie materiałów wierzchnich warstw przyzmy bocznej. Do budowy podłoża pod izolację zaleca się wykorzystać dolne, rodzime warstwy niezawierające

kamieni o ostrych krawędziach. Plantowanie nasypów z ich zagęszczeniem wykonać spychaczem. Odspoić zakotwioną folię izolacyjną skarpy zachodniej, wykonać ukośne przecięcie umożliwiające jej odwiniecie na wcześniej uformowaną płaszczyznę złoża. Powierzchnia izolowana geomembraną gr. 1,5 mm wynosi 850 m<sup>2</sup>.

W projekcie makroniwelacji i zbilansowania nasypów i wykopów przyjęto założenie ścięcia obrzeża skarpy zachodniej na szer. 4÷5 m, tj. do linii drzew i przez to złagodzenie ich nachylenia rzędu 1:3. Roboty ziemne w tym obszarze na długości 160 m umożliwią pozyskanie 1518 m<sup>3</sup> ziemi, uwzględnionej w ogólnym bilansie robót ziemnych.

### **5.3. Okrywa uszczelniająca złożę**

Na dobrze wyprofilowanym i zagęszczonym podłożu piaskowym projektuję wykonanie uszczelnienia z Bentomaty SP o gęstości 5 kg/m<sup>2</sup> zbudowanej z granulowanego i polimerowanego bentonitu, który przy nawodnieniu, w warunkach docisku warstwami gruntu, powiększa objętość nawet 30-krotnie, co decyduje o skutecznym uszczelnieniu. Istotną cechą takich uszczelnień jest elastyczność i zdolność samouszczelniania przy osiadaniu złoża odpadów i ochrona przed penetracją korzeni roślin. Układanie izolacji polega na rozwijaniu maty grubości 1,0 cm z rolki o szer. 5,0 m i długości 40 m, z możliwością docinania maty stosownie do potrzeb. Czynności załadunku, rozładunku i rozwijania rolek na składowisku wymagają zastosowania specjalnego oprzyrządowania: rdzenia rurowego, ciągnia pionowe i ukośne oraz dźwigu lub ładowarki. Ciężar rolki około 1400 kg. Czynności powyższe oraz transport (18 rolek/samochód) należy wykonać według instrukcji producenta. Połączenia odcinków na szerokości wykonuje się nadkładkami o szer. 15 do 20 cm (szerokość graniczna zakładki oznaczona na macie), a zakładki na długości 30 cm. Wraz z matą dostarczany jest sypki bentonit do uszczelnienia zakładkowych lub napraw uszkodzeń. Ukształtowanie powierzchni składowiska nie wymaga specjalnych rozwiązań uszczelnień skarpowych.

W cenie mat bentonitowych dostarczany jest sypki bentonit, którym przesypuje się zakłady w ilości 0,4 kg na 1 mb.

Istotnym zaleceniem technologicznym jest użycie kołowej ładowarki do niwelacji warstwy przykrywającej uszczelnienie z bentomaty, unikanie bocznych przemieszczeń bentonitu przy gwałtownych skrętach kół. Korzystnie jest realizować nasyp od placu wyładowczego z ruchem pojazdu po nasypanej warstwie piasku.

Dane techniczne, właściwości:

- masa powierzchniowa  $\text{g/m}^2$  – 5300
- zawartość bentonitu  $\text{g/m}^2$  –  $\geq 5000$
- wytrzymałość na rozciąganie  $\text{kN/m}$  –  $\geq 8,5$
- wydłużenie względne pod obciążeniem % – 14
- wsp. wodoprzepuszczalności  $\leq 1,5 \times 10^{-11}$ .

### **Zapotrzebowanie materiałowe**

Do realizacji uszczelnienia złoża o pow.  $5500 \text{ m}^2$  z uwzględnieniem naddatków na kottwienie w rowkach o przekroju  $30 \times 40 \text{ cm}$  potrzeba 31 rolek betomatu o powierzchni efektywnej rolki  $192,5 \text{ m}^2$ , powierzchni bez zakładów  $200 \text{ m}^2$ .

Wymiary rolek: szerokość 5,15 (z rdzeniem), średnica SP – 0,64 m.

### **Warunki techniczne wykonania uszczelnienia**

Rodzaj i gabaryty materiału wymagają przestrzegania zasad transportu, rozładunku i układania mat według szczegółowych wymagań producenta, określonych w instrukcji CETCO-Szczytno. Wykonawca przystępujący do wykonania uszczelnienia musi zapoznać się z wymaganiami instrukcji, dysponować sprzętem do rozładunku (koparka, ładowarka, dźwig) rolek o masie 1400 kg, posiadać sztywny rdzeń montażowy (rura grubościenna o dł. 5,35 m,  $\phi$  80÷90 mm z uszami na końcach), trawers umożliwiającą swobodne rozwijanie maty bez uszkodzeń końcówek.

### **Struktura profilu glebowego**

Na uszczelnionym podłożu, bez uszkodzeń maty bentonitowej, należy ułożyć 20 cm warstwę filtracyjną z piasku drobnego, pozyskanego z wykopów rodzimego gruntu. Korzystnym zabiegiem jest powierzchniowe wymieszanie tej warstwy z popiołami lotnymi z elektrofiltrów o kodzie 100102 w trybie odzysku i unieszkodliwiania odpadów paleniskowych, dowiezionych z Z.C. w Braniewie. Wymieszanie kultywATOREM około 10 cm warstwy piasku z rozścieloną warstwą popiołów w ilości do 20% zapewni uzyskanie požądanej pojemności wodnej bez istotnego ograniczenia funkcji filtracji odwadniającej. Alternatywnie, warstwa filtracyjna może być budowana z piasków gliniastych, które jednak muszą być wzbogacone nawozami mineralnymi. Aktywną biologicznie wierzchnią warstwę dla trawiastej okrywy składowiska grubości 20 cm budować z rodzimych podpowierzchniowych wykopów piasków gliniastych, mułków brunatnych, występujących, według geologii, w strefie projektowanych wykopów. Organiczne nawożenie tej warstwy

wykonać rozrzutnikiem nawozów organicznych, wykorzystując zgromadzony kompost z traw i liści, zrabki z rozdrobnienia gałęzi i krzewów pozyskanych na składowisku oraz odwodnione osady kod 19.08.05 w trybie R-10 odzysku i unieszkodliwiania odpadów organicznych, w ilości 442 Mg na powierzchni 0,92 ha realizowanych robót ziemnych w 2013 r.

Źródłem pozyskania odpadów mogą być oczyszczalnie ścieków komunalnych we Fromborku – wypad roczny osadów 60 Mg oraz oczyszczalnia ścieków w Braniewie, w której roczny wypad osadów wynosi 480 Mg.

#### **5.4. Rekultywacja biologiczna**

Rekultywacja biologiczna ma na celu przywrócenie pierwotnego użytkowania zdegradowanego obszaru lub stworzenie kompensacyjnego zagospodarowania przyrodniczego. Kierunek rekultywacji przyrodniczej jest uzależniony od warunków siedliskowych, jakie jest w stanie stworzyć rekultywacja techniczna oraz od typu ekosystemów sąsiadujących i pierwotnych. Składowisko położone jest na skraju kompleksu boru świeżego i boru mieszanego występującego w rejonie obniżen terenowych. Leśny, docelowy kierunek użytkowy tego terenu przewiduje Plan Zagospodarowania Przestrzennego. W ramach niniejszego przedsięwzięcia zakrzewione zostaną zrekultywowane tereny skarpy zachodniej. Docelowe zalesienia tego obszaru będzie możliwe po rekultywacji sąsiadującej skarpy osuwiskowej kopalni kruszyw, wykształceniu profilu glebowego, zmineralizowaniu odpadów i stabilizacji jego osiadania. Ukształtowaną powierzchnię płaską składowiska 0,55 ha, utworzoną z nasypów, przygotować do siewu przy użyciu kultywatora i brony, korzystnie we wrześniu 2013 r. Wysiać należy mieszankę traw głęboko korzeniących się i roślin motylkowych z dodatkiem roślin krzyżowych (gorczycy, rzepaku). Norma wysiewu mieszanki traw – 80 kg/ha, gorczycy – 10 kg, rzepaku 4 kg/ha, koniczyny białej – 7,5 kg/ha.

Po wykonaniu siewu niezbędne jest wałowanie zapewniające większą skuteczność siewu oraz wyrównanie terenu. W ciągu następnego roku powinny być wykonane 2÷3 koszenia z przeznaczeniem masy roślinnej na kompost. Zalesienie może być zrealizowane na tej powierzchni minimum po pięciu latach.

Skarpę zachodnią składowiska o pow. 970 m<sup>2</sup> obsadzić krzewami wieloletnimi: rokitnik pospolity w nieregularnych skupiskach w rozstawie 1,5 m, grochodrzewu i róży pomarszczonej.

## **6. Etap IV. Rekultywacja kwatery II o pow. 0,78 ha**

Wyrobyisko kwatery II o rzędnych dna 21,1 do 22,5 m.n.p.m. i deniwelacji 8,6÷15,5 m posiada bardzo strome osuwiskowe skarpy. Wzdłuż wschodniego boku wyrobiska występuje wypiętrzona hałda gruntu, pochodząca z wykopów budowy składowiska na kwaterze I. Na tym odcinku hałda w linii ogrodzenia opada stromą skarpią sąsiadującego wyrobiska kopalni piasku i żwiru. Ten fakt i przyszłe potrzeby rekultywacji skarp kopalni ograniczają wykonanie trwałych nasadzeń drzew na powierzchniach graniczących z kopalnią.

W założeniach projektowych rekultywacji wyrobiska kwatery II przyjęto zbilansowanie nasypów do wyrobiska wykopami z hałdy i pogłębieniem wykopów do 1,8 poniżej rzędnej pierwotnej tego terenu na odcinku graniczącym z kopalnią. Umożliwi to złagodzenie stromej skarpy kopalni w przyszłości.

Z obliczeń zawartych w tab. 6 wynika potrzeba nasypów rekultywacyjnych kwatery II w ilości 13385 m<sup>3</sup> gruntu, który w ilości 11916 m<sup>3</sup> będzie pozyskany z przyległej hałdy. Nadmiar nasypów w ilości 1469 m<sup>3</sup> zostanie całkowicie uzupełniony masą dowiezionych osadów ściekowych z oczyszczalni Fromborka i Braniewa: dla kwatery I – 442 Mg i 378 Mg dla rekultywacji kwatery II.

Do realizacji znacznych ilości robót ziemnych wykonawca powinien dysponować odpowiednio wydajnym sprzętem do robót ziemnych: ładowarką, spychaczem oraz walcem zagęszczającym.

Warstwę wierzchnią nasypów zniwelować bez zagęszczenia, wykonać nawożenie organiczne osadami ściekowymi w trybie obowiązujących przepisów w dawce 480 Mg/ha. Następnie wykonać zabieg kultywotorem i broną oraz obsianie całej powierzchni płaskiej mieszanką traw, roślin motylkowych i gorczycy.

Niwelację skarp o pow. 700 m<sup>2</sup> wykonać jak w części kwatery I i po niwelacji spadków do poziomu 1:3 wykonać nasadzenia krzewów wyszczególnionych w pkt. 5.5.

## **7. Monitoring poeksploatacyjny**

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z 9 grudnia 2002 r. w wersji z 2011.06.18 (Dz.U.220.1858) monitoring poeksploatacyjny obejmuje:

- pomiary uwolnień i transferów zanieczyszczeń do wód podziemnych z częstotliwością co 6 miesięcy w okresie 5 lat po zakończeniu eksploatacji,

– w podobnym zakresie i częstotliwością należy kontynuować pomiary stanu uwolnień gazów do atmosfery oraz stanu zanieczyszczeń wody w zbiorniku wód odciekowych. W raportach rocznych sprawozdań PRTR należy również uwzględnić wielkość opadów atmosferycznych (przez 2 lata) oraz pomiar osiadania złoża w oparciu o zainstalowane repery geodezyjne.

W przypadku stwierdzenia braku istotnych oddziaływań składowiska na elementy środowiska w kolejnych 2-ach latach składowisko może uzyskać kategorię złoża odpadów obojętnych, które są wyłączone z obowiązku monitorowania.

mgr inż. Andrzej Prokopowicz

