

MONITORING SKŁADOWISKA ODPADÓW W M. LINIEWSKIE GÓRY

BADANIA SKŁADU WÓD PODZIEMNYCH I ODCIEKOWYCH,
BADANIE SKŁADU I EMISJI GAZU SKŁADOWISKOWEGO,
ANALIZA WIELKOŚCI OPADU ATMOSFERYCZNEGO,
SKŁAD I STRUKTURA ODPADÓW NA SKŁADOWISKU
ORAZ OCENA PRZEBIEGU OSIADANIA POWIERZCHNI SKŁADOWISKA
I STATECZNOŚCI ZBOCZY

RAPORT ZA **2010** ROK

OPRACOWANIE:

SGS EKO-PROJEKT Sp. z o.o.

mgr Aleksandra Nowak

mgr Karolina Ciechanowska-Żurek

mgr inż. Wiesław Polak

Pszczyna, styczeń 2011 r.

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	4
1.1. Podstawa formalna i zakres opracowania	7
1.2. Charakterystyka obiektu	7
1.2.1. <i>Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne</i>	8
2. ZAKRES I WYNIKI WYKONANYCH PRAC	8
2.1. Wody podziemne	11
2.1.1. <i>Sieć monitoringu wód podziemnych</i>	11
2.1.2. <i>Metodyka poboru próbek</i>	11
2.1.3. <i>Zakres i metody wykonanych prac analitycznych</i>	12
2.1.4. <i>Wyniki badań</i>	13
2.1.5. <i>Omówienie wyników</i>	17
2.2. Wody odciekowe	22
2.2.1. <i>Punkty poboru wód odciekowych</i>	22
2.2.2. <i>Metodyka poboru próbek</i>	22
2.2.3. <i>Zakres i metody wykonanych prac analitycznych</i>	22
2.2.3. <i>Omówienie wyników badań</i>	24
2.3. Gaz składowiskowy	25
2.3.1. <i>Gospodarka gazem składowiskowym</i>	25
2.3.1. <i>Punkty pomiaru gazu składowiskowego</i>	26
2.3.2. <i>Metodyka pomiaru</i>	26
2.3.3. <i>Zakres wykonywanych prac</i>	26
2.2.2. <i>Wyniki pomiarów</i>	26
2.2.3. <i>Omówienie wyników pomiarów</i>	29
2.3. Opady atmosferyczne	29
2.3.1. <i>Źródła danych</i>	29
2.3.2. <i>Wyniki</i>	30
2.3.3. <i>Omówienie wyników</i>	30
2.4. Struktura i skład masy składowanych odpadów	31
2.4.1. <i>Skład morfologiczny odpadów</i>	31
2.4.2. <i>Omówienie wyników</i>	33
2.5. Osiadanie składowiska	33
2.5.1. <i>Metodyka wykonania pomiarów</i>	33
2.5.2. <i>Wyniki pomiarów</i>	35
2.5.3. <i>Omówienie wyników</i>	37
2.6. Stateczność skarp	40
2.6.1. <i>Metodyka wykonania pomiarów</i>	40
2.6.2. <i>Wyniki pomiarów</i>	44
2.6.3. <i>Omówienie wyników</i>	46
3. WNIOSKI I ZALECENIA	47
4. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE	48

ZAŁĄCZNIKI TEKSTOWE:

Załącznik 1. Kopia certyfikatu: Akredytacja/Deutscher Akkreditierungsstelle; D-PL-14012-01-00 wydana na zgodność z EN ISO/IEC 17025:2005

Załącznik 2. Kopia Certyfikatu Akredytacji nr AB 1232 wydanego przez Polskie Centrum Akredytacji

ZAŁĄCZNIKI GRAFICZNE:

Załącznik 3. Mapa sytuacyjno - wysokościowa

Załącznik 4. Mapa dokumentacyjna

Załącznik 5. Badanie przebiegu osiadania powierzchni składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry, gmina Liniewo. Mapa hipsometryczna - (modele trójwymiarowe - 3D) wykonana na podstawie pomiarów GPS 2010 w skali 1 : 250 (skala barwna).

Załącznik 6. Badanie przebiegu osiadania powierzchni składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry, gmina Liniewo. Mapa warstwowa - (modele trójwymiarowe - 3D), wykonana na podstawie pomiarów GPS 2010 w skali 1 : 250 na podkładzie topograficznym składowiska.

Załącznik 7. Badanie przebiegu osiadania powierzchni składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry, gmina Liniewo. Zmiany wysokości korony składowiska – mapa zmian wysokości powierzchni składowania (modele trójwymiarowe- 3D) wykonana na podstawie pomiarów GPS 2010 oraz GPS 2009 w skalach 1: 250 .

Do poniższego opracowania załączone są pomniejszone do rozmiaru A3 mapy hipsometryczne z zachowaną skalą liniową.

1. WSTĘP

Monitoring składowisk odpadów jest elementem monitoringu lokalnego, którego głównym zadaniem jest rozpoznanie i śledzenie wpływu stwierdzonych lub potencjalnych ognisk zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych i powierzchniowych oraz powietrza atmosferycznego, w celu przeciwdziałania ujemnym skutkom ich zanieczyszczenia.

W odniesieniu do wód podziemnych liczba oraz rozmieszczenie punktów obserwacyjnych są uzależnione od rozmiarów składowiska i układu pola hydrodynamicznego w jego najbliższym otoczeniu. Orientacyjna gęstość sieci monitoringu lokalnego powinna wynosić około 1 punkt / ha. Zaleca się, aby punkty monitoringowe wokół składowiska rozmieszczone były w trzech strefach:

- od strony napływu wód w rejon składowiska, które służą do określenia aktualnego tła hydrogeochemicznego wód napływających w rejon składowiska;
- w obrębie składowiska, które pozwalają na określenie maksymalnych stężeń zanieczyszczeń przenikających ze składowiska do podłoża;
- od strony odpływu wód podziemnych, poniżej składowiska, w strefie wód zanieczyszczonych.

Liczba punktów monitoringu wód podziemnych wokół składowiska nie może być mniejsza niż 3 otwory dla każdego z poziomów wodonośnych, z czego jeden powinien znajdować się na dopływie wód podziemnych, dwa pozostałe – na przewidzianym odpływie wód podziemnych z rejonu składowiska. W przypadku, gdy mamy do czynienia z więcej niż jednym poziomem wodonośnym, konieczny jest monitoring tych poziomów do pierwszego użytkowego poziomu wodonośnego włącznie.

Pomiar objętości i składu wód odciekowych odbywa się w każdym miejscu ich gromadzenia, przed ich oczyszczeniem. Jeżeli składowisko odpadów jest wyposażone w instalację oczyszczającą wody odciekowe, to w każdym miejscu odprowadzania oczyszczonych wód odciekowych ze składowiska bada się skuteczność procesu oczyszczania.

Badania monitoringowe wokół składowisk odpadów mogą być prowadzone wyłącznie w laboratoriach badawczych posiadających wdrożony system jakości w rozumieniu przepisów o normalizacji (Dz.U. 2002, Nr 220, poz.1858).

Podstawowy zakres wskaźników zanieczyszczeń, do których należą pH, PEW, ołów, kadm, miedź, cynk, chrom (VI), rtęć, OWO oraz WWA, objętych cyklicznymi badaniami na składowiskach odpadów, został zdefiniowany w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów* (Dz.U. 2002, Nr 220, poz.1858).

Odczyn wody zależy od obecności jonów wodorowych, a ich stężenie od dysocjacji elektrolitycznej cząstek wody oraz od dysocjacji i hydrolizy rozpuszczonych w niej związków.

Przewodność elektrolityczna właściwa (PEW) dostarcza informacji o wielkości mineralizacji wód, a więc w pewnych sytuacjach także o poziomie ich zanieczyszczenia. W sieciach monitoringu wód podziemnych służy często do oceny stabilności składu chemicznego wód przy powtarzalności wykonywanych pomiarów.

Ołów, pomimo ograniczonych możliwości migracyjnych, występuje w stosunkowo znacznych ilościach w wodach podziemnych, zwłaszcza zanieczyszczonych ściekami lub emisjami lotnymi, jak również spływami z ulic i dróg szybkiego ruchu. Zanieczyszczenia ołowiem związane są głównie z górnictwem, przemysłem metalowym, produkcją barwników, preparatów ochrony roślin, benzyn wysokooktanowych, akumulatorów, itd.

Stosunkowo duże zawartości kadmu występują przede wszystkim w ściekach i emisjach lotnych przemysłu metalurgicznego, farbiarskiego i tworzyw sztucznych, w ściekach z rafinerii naftowej oraz z dróg szybkiego ruchu. Wzbogacone w ten pierwiastek są również ścieki komunalne. Do wód podziemnych kadm może się również dostawać jako zanieczyszczenie związane z produkcją lub niewłaściwym wykorzystywaniem fosforowych nawozów mineralnych, środków ochrony roślin oraz w wyniku rolniczego wykorzystywania gnojowicy.

Miedź jest metalem powszechnie występującym w przyrodzie, w tym w wodach podziemnych, lecz w niewielkich ilościach. Wzrost stężenia miedzi może być związany z różnego rodzaju ściekami przemysłowymi oraz z zanieczyszczeniami pyłowymi, z których w 90% pierwiastek ten przenika do gleb i wód. Największe skażenia terenu miedzią występują w pobliżu złóż, kopalń i hut tego metalu. Mogą też być związane z odpadami przemysłu elektrotechnicznego, farmaceutycznego, gumowego, farbiarskiego itd., a także z rolnictwem i ogrodnictwem.

Cynk, dzięki stosunkowo dobrej rozpuszczalności minerałów wtórnych (z wyjątkiem węglanów i wodorotlenków), łatwo migruje z wodami podziemnymi i zawsze w nich występuje. Z zanieczyszczeń antropogenicznych cynk występuje w ściekach komunalnych i przemysłowych w ilościach znacznie przekraczających jego zawartość w litosferze, dlatego łatwo następuje wzbogacenie w ten pierwiastek zanieczyszczonych wód podziemnych. Znaczne ilości cynku spotyka się zarówno w rejonach zagospodarowanych rolniczo, jak i miejsko-przemysłowych, a także w spływach deszczowych w aglomeracjach oraz w spływach z dróg szybkiego ruchu.

W wodach podziemnych chrom (VI) słabo migruje i występuje w nieznacznych, często śladowych ilościach. Spośród zanieczyszczeń antropogenicznych największe ilości chromu (VI) występują w ściekach górniczych oraz ściekach związanych z przemysłem metalurgicznym. Podwyższone stężenia chromu (VI) mogą wykazywać również wody podziemne zanieczyszczone odciekami ze składowisk odpadów przemysłowych. Zanieczyszczenie wód chromem (VI) może być spowodowane niewłaściwym składowaniem zużytych cegieł magnezytowych, szamozytowych i chromitowych. Znaczne koncentrację wykazują też ścieki z garbarni i farbiarni. Wyraźnie podwyższone stężenia występują też w spływach deszczowych z ulic i dróg szybkiego ruchu.

Rtęć w wodach podziemnych występuje zwykle w nieznacznych, śladowych ilościach, często poniżej granicy wykrywalności. Najwyższe stężenia rtęci w wodach podziemnych związane są z zanieczyszczeniem ich ściekami przemysłu chemicznego, elektrotechnicznego, farbiarskiego, farmaceutycznego i celulozowo-papierniczego. Również rolnictwo, zwłaszcza niewłaściwe stosowanie środków ochrony roślin, może dostarczyć do wód podziemnych pewnych ilości rtęci.

Substancja organiczna, której miarą jest zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO), występująca w określonych środowiskach jest zróżnicowana. W płytkich wodach podziemnych zasilanych infiltracyjnie występują zwykle różne związki humusowe powstające m. in. w procesach glebotwórczych wskutek ich wyługowania.

Węglowodory aromatyczne są podstawowymi związkami występującymi w ropie naftowej oraz w produktach jej przeróbki. Zwykle ich obecność jest efektem zanieczyszczenia środowiska przez przemysł petrochemiczny, chemiczny lub komunikację. Lokalne zanieczyszczenia związane są również ze ściekami i spływami z dróg i ulic. Występują powszechnie w dymach zanieczyszczających atmosferę, skąd wraz z opadami przenikają do wód powierzchniowych i podziemnych. Mogą znajdować się też w ściekach i odpadach stałych. Do wód podziemnych mogą dostawać się wraz ze spływami roztopowymi i deszczowymi z dróg szybkiego ruchu oraz z obszarów przemysłowych. Zróżnicowanie połowicznego rozpadu oraz podatność na sorpcję przez minerały ilaste sprawiają, że migracja WWA w wodach podziemnych jest ograniczona. Występują one tylko w bezpośrednim sąsiedztwie ognisk zanieczyszczeń.

Analizę struktury i składu masy składowanych odpadów prowadzi się w celu potwierdzenia zgodności składowanych rodzajów odpadów z decyzją zatwierdzającą instrukcję eksploatacji danego składowiska.

Badania przebiegu osiadania stanowią podstawowy element interpretacji zjawisk zachodzących w trakcie eksploatacji składowiska odpadów oraz po ich zakończeniu. Dane uzyskane w wyniku pomiarów techniką GPS umożliwiają ocenę zmian przebiegających na składowisku w szczególności, wielkości osiadania, powierzchni, kubatury oraz przyrostu mas składowanych odpadów.

1.1. Podstawa formalna i zakres opracowania

Zleceniodawca:

Urząd Gminy
ul. Dworcowa 3
83-420 Liniewo

Wykonawca:

SGS EKO-PROJEKT Sp. z o.o.
ul. Cieszyńska 52A
43-200 Pszczyna

Badania środowiskowe wód podziemnych i odciekowych, pomiary składu i emisji gazu składowiskowego, badanie składu i struktury masy składowanych odpadów oraz badanie stateczności zboczy i procesu osiadania powierzchni składowiska na terenie składowiska odpadów m. Liniewskie Góry, wykonane zostały na podstawie umowy nr 1/10/2006 z dnia 02.10.2006 r. zawartej pomiędzy Zleceniodawcą a Wykonawcą.

Zamieszczone w raporcie dane dotyczące wielkości opadów atmosferycznych zostały dostarczone przez Zamawiającego.

1.2. Charakterystyka obiektu

Składowisko odpadów w m. Liniewskie Góry położone jest na działce nr 157/1 około 1 km na północ od linii kolejowej Kościerzyna – Skarszewy i około 0,5 km od najbliższych zabudowań kolonii Liniewskie Lasy.

Powierzchnia omawianego obiektu wraz z pasmem zieleni ochronnej wynosi 1,8 ha. Składowisko wyposażone jest w rów opaskowy oraz sieć drenarską wraz ze zbiornikiem odcieków. Na wyjeździe z miejsca składowiska odpadów zlokalizowany jest brodzik dezynfekcyjny.

Składowisko położone jest na obszarze Pojezierza Kaszubskiego (wg J. Kondrackiego). Pod względem morfologicznym jest to morena falista. Teren składowiska należy do zlewni rzeki Wietcisy, będącej lewobrzeżnym dopływem Wierzycy.

W system sieci monitoringowej na składowisku odpadów w m. Liniewskie Góry wchodzi następujące punkty obserwacyjne:

- 3 piezometry monitorujące jakość wód podziemnych (P-1, P-2a /P-2/ oraz P-3)

1.2.1. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

Na omawianym obszarze na głębokości 19,9 – 21 m p.p.t. zalega seria piasków średnioziarnistych z otoczkami, podścielona warstwą glin zwałowych. Wyżej, nad serią piasków do głębokości 19,9 m p. p. t. występuje pakiet glin zwałowych. Nad nim od powierzchni terenu do głębokości 10,6 zalegają piaski drobno i średnioziarniste oraz żwiry i pospółki. Spągu tej warstwy stwierdzono liczne głazy i otoczaki. Utwory piaszczysto-żwirowe są lokalnie przewarstwione wkładkami gliny piaszczystej o miąższości dochodzącej do 3,5 m (P-2a).

W rejonie składowiska stwierdza się występowanie dwóch warstw wodonośnych. Pierwsza zwana przypowierzchniową reprezentowana jest przez piaski średnioziarniste, żwiry i pospółki. Kierunek spływu wód odbywa się w kierunku SE w stronę cieku uchodzącego do rzeki Wietcisy.

Druga czwartorzędowa warstwa wodonośna reprezentowana jest przez piaski średnioziarniste z otoczkami o miąższości 1,1. Strop tej warstwy zalega na gł. 19,9 m p.p.t. Wody tej warstwy kontrolowane są przez piezometr (P-2a).

2. ZAKRES I WYNIKI WYKONANYCH PRAC

Kompetencje laboratorium. Metodyki wykonywania oznaczeń laboratoryjnych.

Badania parametrów wskaźnikowych wykonano w laboratorium SGS EKO-PROJEKT posiadającym kompetencje do przeprowadzania badań (włącznie z pobieraniem próbek) zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

Tab. 1. Metodyki wykonania poszczególnych oznaczeń

oznaczenie	jednostka	wody podziemne		wody odciekowe	
		metodyka		metodyka	
Odczyn pH		PN-90 C-04540.01	A	PN-90 C-04540.01	A
PEW	μS/cm	PN-EN 27888:1999	A	PN-EN 27888:1999	A
Ołów	mg Pb / l	PN-EN ISO 17294-2:2006	A	PN-ISO 8288:2002	A
Kadm	mg Cd / l	PN-EN ISO 17294-2:2006	A	PN-ISO 8288:2002	A
Miedź	mg Cu / l	PN-EN ISO 17294-2:2006	A	PN-ISO 8288:2002	A
Cynk	mg Zn / dm ³	PN-EN ISO 17294-2:2006	A	PN-ISO 8288:2002	A
Chrom (VI)	mg Cr ⁺⁶ / l	PN-77/C-04604.08	A	PN-77/C-04604.08	A
Rtęć	mg Hg / l	PN-EN 1483:2007	A	PN-EN 1483:2007	A
OWO	mg C / l	PN-EN 1484:1999	A	PN-EN 1484:1999	A
WWA	μg / l	PN-EN ISO 17993:2005	A	PN-EN ISO 17993:2008	A

A – metodyki akredytowane

Aparatura badawcza wykorzystana przy wykonaniu oznaczeń.

- Spektrometr absorpcji atomowej Perkin Elmer 1100 z deuterową korekcją tła (F-AAS); (analiza metali);
- Spektrometr absorpcji atomowej Avanta PM firmy GBC z deuterową korekcją tła (F-AAS); (analiza metali);
- Spektrometr absorpcji atomowej Avanta ultra Z firmy GBC z korekcją tła Zeeman'a ze wzbudzeniem elektrotermicznym (GF-AAS); (analiza metali);
- Spektrometr absorpcji atomowej Lumex RA-915+ z korekcją tła Zeeman'a, z przystawką do generowania zimnych par oraz przystawką pirolityczną (analiza rtęci);
- Spektrometr absorpcji atomowej Avante Sigmefirmy GBC z korekcją deuterową (analiza metali);
- Spektrometr mas ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnej sprzężonej (ICP – MS) firmy Agilent Technologies – analiza wszystkich metali w wodach;
- Aparat do pomiaru pH i PEW PC-1000-102/4E firmy Man-Tech (pH, PEW);
- Konduktometr / Solomierz CC-501, Elmetron;
- pH/jonometr CPI-501 ELMETRON do pomiaru odczynu, składu jonowego wody z wykorzystaniem elektrod jonoselektywnych;
- pH/konduktometr CPC-502 ELMETRON (pomiar pH i PEW);
- Analizator Ogólnego Węgla Organicznego Shimadzu TOC-5000A;
- Analizator Ogólnego Węgla Organicznego Shimadzu TOC-5050A;
- Analizator Ogólnego Węgla Organicznego Shimadzu TOC-VCSN;
- Chromatograf cieczerw Agilent 1200 HPLC z detektorem fluorescencyjnym; (analiza WWA);



Fot. 1. Analizator przepływowy typu SAN⁺⁺, firmy Skalar

Transport próbek do laboratorium.

Warunki transportu pobranych do analizy próbek wód istotnie wpływają na reprezentatywność pomiarów. Ma to szczególne znaczenie w przypadku wykonywania badań parametrów, które w efekcie procesów biochemicznych i fizycznych w różnym stopniu mogą się zmieniać w czasie od momentu pobrania próbki do wykonania poszczególnych analiz.

Z tego względu próby po poborze i ewentualnym utrwaleniu były niezwłocznie dostarczone do laboratorium i poddane analizie. Próbki po pobraniu i w trakcie transportu były przechowywane w temperaturze niższej niż wynosiła temperatura pobieranej wody. Zgodnie z obowiązującymi normatywami próbki przechowywano w temperaturze poniżej 4°C.



Fot. 2. Transport próbek w chłodniach samochodowych

Zgodnie z zawartą umową, w celu kontroli oddziaływania obiektu na środowisko, badaniom poddano następujące elementy:

- Poziom wód podziemnych
- Skład wód podziemnych
- Skład i emisja gazu składowiskowego
- Wielkość opadu atmosferycznego
- Skład i struktura odpadów na składowisku
- Osiadanie powierzchni składowiska i ocena stateczności zboczy

Zakres badanych parametrów wskaźnikowych jest zgodny z wytycznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. 2002, Nr 220, poz. 1858).

2.1. Wody podziemne

2.1.1. Sieć monitoringu wód podziemnych

W system sieci monitoringowej wód podziemnych na składowisku odpadów w m. Liniewskie Góry wchodzi następujące punkty obserwacyjne:

- piezometr P-1 – zlokalizowany na odpływie wód z rejonu składowiska, kontroluje wody pierwszej czwartorzędowej warstwy wodonośnej,
- piezometr P-2a (P-2) – zlokalizowany od strony odpływu wód podziemnych, monitoruje wody drugiej czwartorzędowej warstwy wodonośnej
- piezometr P-3 – usytuowany w strefie napływu wód w rejon składowiska, kontroluje wody pierwszej czwartorzędowej warstwy wodonośnej.

2.1.2. Metodyka poboru próbek

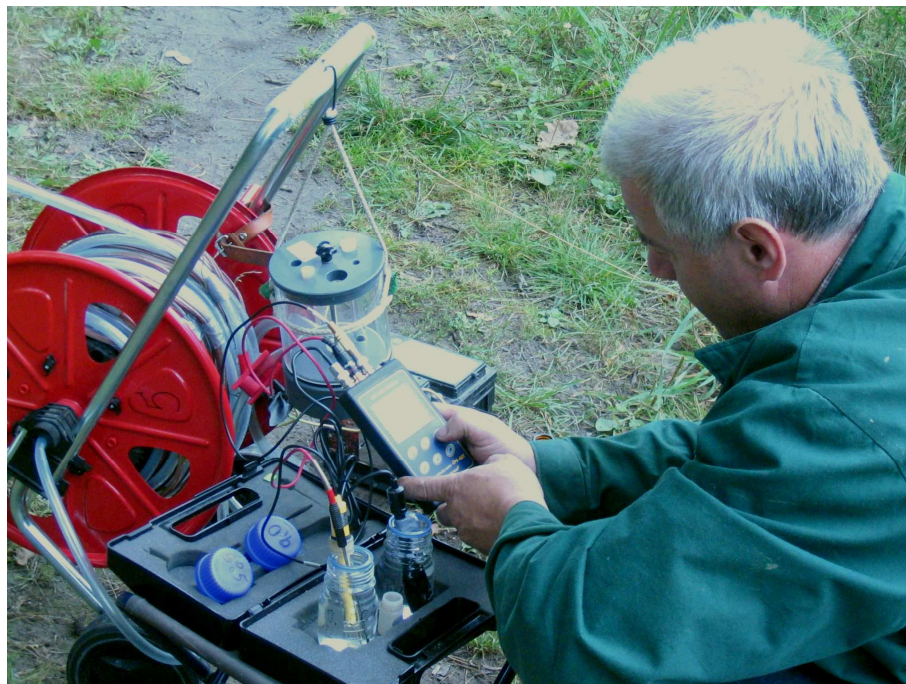
Próbki wody do badań monitoringowych powinny w jak największym stopniu reprezentować jej własności fizyczno-chemiczne w warstwie wodonośnej, z której są pobierane. Szacuje się, że 30% błędów powstaje w procesie opróbkowania i transportu (Nielsen, 1991).

W celu zagwarantowania najwyższej jakości usług laboratorium, w ramach procesu akredytacji, uzyskało potwierdzenie kompetencji wykonywania poboru próbek w zakresie zgodnym z Certyfikatem DAkkS D-PL-14012-01-00.

Do monitorowania otworów obserwacyjnych wykorzystano wytyczne dotyczące opracowywania programów pobierania próbek, technik pobierania próbek i postępowania z pobranymi próbkami wód podziemnych do oceny właściwości fizycznych, chemicznych i mikrobiologicznych zgodnie z Polską Normą PN-ISO 5667-11:2004.

W celu osiągnięcia reprezentatywności pobierania próbek zwracano szczególną uwagę na odpompowanie wody stagnującej w kolumnie otworu. Mając na uwadze pionową stratyfikację jakości wód, jak również złożoność ich przepływu, czas pompowania został obliczony wykorzystując dane dotyczące rozmiaru otworu obserwacyjnego, wydajności pompowania i przewodności hydraulicznej. W celu zapewnienia poboru odpowiedniej próbki (reprezentatywnej do badań laboratoryjnych) w trakcie pompowania dodatkowo monitorowane są następujące parametry: pH, PEW, temperatura oraz poziom zwierciadła wód. Wyniki pomiarów terenowych zostały udokumentowane w protokołach poboru próbek.

Do pobierania próbek wód podziemnych w zależności od warunków hydrogeologicznych wykorzystano pompę zanurzeniową „GIGANT” wraz z pompą wspomagającą „WHALE” oraz pompę głębinową MP1 Eijkelkamp.



Fot. 3. Przepompowanie piezometru (zdjęcie przykładowe)

2.1.3. Zakres i metody wykonanych prac analitycznych

Badania stanu jakości wód podziemnych przeprowadzono w następującym zakresie:

- odczyn (pH)
- przewodność elektrolityczna właściwa (PEW)
- ołów (Pb)
- kadm (Cd)
- miedź (Cu)
- cynk (Zn)
- chrom VI (Cr^{+6})
- rtęć (Hg)
- ogólny węgiel organiczny (OWO)
- suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA)

Częstotliwość poboru próbek została określona na podstawie wytycznych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. 2002, Nr 220, poz.1858).

Próbki wód podziemnych z piezometrów P-1, P-2a /P-2/ i P-3 pobrano w dniach 27 stycznia, 15 kwietnia, 6 lipca oraz 26 października 2010 roku.

2.1.4. Wyniki badań

Jakość wody z piezometrów określono na podstawie wytycznych zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U. 2008, Nr 143, poz. 896).

Powyższe rozporządzenie ma charakter wyłącznie pomocniczy, ponieważ zostało opracowane na potrzeby Ustawy Prawo wodne, podczas gdy monitoring składowisk jest prowadzony na podstawie Rozporządzenia z dnia 9 grudnia 2002 r. (Dz.U. 2002, Nr 220, poz. 1858) będącego aktem wykonawczym do Ustawy o odpadach. Obecnie nie istnieją inne akty prawne, normujące jakość wód podziemnych badanych w ramach prowadzonego monitoringu składowisk odpadów. Liczba parametrów uwzględnionych w rozporządzeniu dotyczącym monitoringu składowisk jest znacznie mniejsza niż w rozporządzeniu dotyczącym oceny stanu wód podziemnych, nie ma więc możliwości dokonania pełnej klasyfikacji monitorowanych wód. Dodać należy, że zakładanym przez ustawodawcę celem nie jest dokonanie klasyfikacji wód podziemnych w otoczeniu składowisk a jedynie stwierdzanie za pomocą okresowych pomiarów wybranych parametrów czy i w jakim stopniu składowiska oddziałują na jakość tych wód. Dlatego też podstawą oceny wyników monitoringu wód podziemnych w otoczeniu składowisk jest analiza ewentualnych trendów w wartościach oznaczeń poszczególnych parametrów wskaźnikowych. Należy wyraźnie zaznaczyć, że obserwowana często zmienność sezonowa nie jest równoznaczna z występowaniem malejących bądź rosnących trendów w czasie. Trendy oznaczające pogorszenie bądź poprawę stanu wód mogą być wyznaczone dopiero na podstawie wyników pomiarów dłuższych serii czasowych w skali wielolecia.

Tab. 2. Zestawienie wyników badań wód podziemnych – piezometr P-1

Klasyfikacja wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U.2008, Nr 143, poz. 896)

Oznaczenie	Jednostka	PIEZOMETR P-1 (odpływ)				KLASA JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH				
						Dobry stan chemiczny			Słaby stan chemiczny	
						I	II	III	IV	V
Data pobrania próbki	-	2010-01-27	2010-04-15	2010-07-06	2010-10-26					
Rzędna zwierciadła wód poniżej kryzy	m p.p.k.	7,10	6,95	7,10	6,75					
Odczyn	-	7,73	7,84	7,79	7,66	6,5 – 9,5			< 6,5 lub > 9,5	
Przewodność elektrolityczna właściwa	μS / cm	562	410	626	538	700	2 500*	2 500*	3 000	> 3 000
Ołów ^H	mg Pb / l	< 0,004	< 0,004	< 0,004	<0,004	0,01	0,025	0,1	0,1*	> 0,1
Kadm ^H	mg Cd / l	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	<0,0003	0,001	0,003	0,005	0,01	> 0,01
Miedź	mg Cu / l	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,003	0,01	0,05	0,2	0,5	> 0,5
Cynk	mg Zn / l	0,43	< 0,05	< 0,05	<0,05	0,05	0,5	1	2	> 2
Chrom (VI)	mg Cr ⁺⁶ / l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<0,010	---	---	---	---	---
Rtęć ^H	mg Hg / l	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	<0,00005	0,001*	0,001*	0,001*	0,005	> 0,005
OWO	mg C / l	15,5	3,7	< 1,0	2,1	5	10*	10*	20	> 20
WWA ^H	mg/ l	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	<0,00006	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	> 0,0005

* brak dostatecznych podstaw do różnicowania wartości granicznej w niektórych klasach jakości; przy klasyfikacji do oceny przyjmuje się klasę o najwyższej jakości spośród klas posiadających tę samą wartość graniczną

^H element fizykochemiczny, dla którego nie dopuszcza się przekroczenia wartości granicznej przy określeniu klasy jakości wód podziemnych w punkcie pomiarowym

Tab. 3. Zestawienie wyników badań wód podziemnych – piezometr P-2a

Klasyfikacja wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U.2008, Nr 143, poz. 896)

Oznaczenie	Jednostka	PIEZOMETR P-2a (P-2) (odpływ)				KLASA JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH				
						Dobry stan chemiczny			Słaby stan chemiczny	
						I	II	III	IV	V
Data pobrania próbki	-	2010-01-27	2010-04-15	2010-07-06	2010-10-26					
Rzędna zwierciadła wód poniżej kryzy	m p.p.k.	8,40	8,15	8,25	7,80					
Odczyn	-	8,07	7,95	7,89	7,84	6,5 – 9,5			< 6,5 lub > 9,5	
Przewodność elektrolityczna właściwa	μS / cm	442	447	436	413	700	2 500*	2 500*	3 000	> 3 000
Ołów ^H	mg Pb / l	<0,004	<0,004	<0,004	< 0,004	0,01	0,025	0,1	0,1*	> 0,1
Kadm ^H	mg Cd / l	<0,0003	<0,0003	<0,0003	< 0,0003	0,001	0,003	0,005	0,01	> 0,01
Miedź	mg Cu / l	<0,002	<0,002	<0,002	< 0,002	0,01	0,05	0,2	0,5	> 0,5
Cynk	mg Zn / l	<0,05	<0,05	<0,05	< 0,05	0,05	0,5	1	2	> 2
Chrom (VI)	mg Cr ⁺⁶ / l	<0,010	<0,010	<0,010	< 0,010	---	---	---	---	---
Rtęć ^H	mg Hg / l	<0,00005	<0,00005	<0,00005	< 0,00005	0,001*	0,001*	0,001*	0,005	> 0,005
OWO	mg C / l	4,1	1,5	2,6	< 1,0	5	10*	10*	20	> 20
WWA ^H	mg/ l	<0,00006	<0,00006	<0,00006	< 0,00006	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	> 0,0005

* brak dostatecznych podstaw do zróżnicowania wartości granicznej w niektórych klasach jakości; przy klasyfikacji do oceny przyjmuje się klasę o najwyższej jakości spośród klas posiadających tę samą wartość graniczną

^H element fizykochemiczny, dla którego nie dopuszcza się przekroczenia wartości granicznej przy określeniu klasy jakości wód podziemnych w punkcie pomiarowym

Tab. 4. Zestawienie wyników badań wód podziemnych – piezometr P-3

Klasyfikacja wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U.2008, Nr 143, poz. 896)

Oznaczenie	Jednostka	PIEZOMETR P-3 (dopływ)				KLASA JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH				
						Dobry stan chemiczny			Słaby stan chemiczny	
						I	II	III	IV	V
Data pobrania próbki	-	2010-01-27	2010-04-15	2010-07-06	2010-10-26					
Rzędna zwierciadła wód poniżej kryzy	m p.p.k.	5,60	5,40	5,65	5,30					
Odczyn	-	8,03	7,93	7,90	7,81	6,5 – 9,5			< 6,5 lub > 9,5	
Przewodność elektrolityczna właściwa	μS / cm	342	337	337	315	700	2 500*	2 500*	3 000	> 3 000
Ołów ^H	mg Pb / l	< 0,004	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,01	0,025	0,1	0,1*	> 0,1
Kadm ^H	mg Cd / l	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	< 0,0003	0,001	0,003	0,005	0,01	> 0,01
Miedź	mg Cu / l	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,01	0,05	0,2	0,5	> 0,5
Cynk	mg Zn / l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	0,5	1	2	> 2
Chrom (VI)	mg Cr ⁺⁶ / l	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	---	---	---	---	---
Rtęć ^H	mg Hg / l	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	< 0,00005	0,001*	0,001*	0,001*	0,005	> 0,005
OWO	mg C / l	4,8	1,7	2,7	1,0	5	10*	10*	20	> 20
WWA ^H	mg/ l	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	> 0,0005

* brak dostatecznych podstaw do zróżnicowania wartości granicznej w niektórych klasach jakości; przy klasyfikacji do oceny przyjmuje się klasę o najwyższej jakości spośród klas posiadających tę samą wartość graniczną

^H element fizykochemiczny, dla którego nie dopuszcza się przekroczenia wartości granicznej przy określeniu klasy jakości wód podziemnych w punkcie pomiarowym

2.1.5. Omówienie wyników

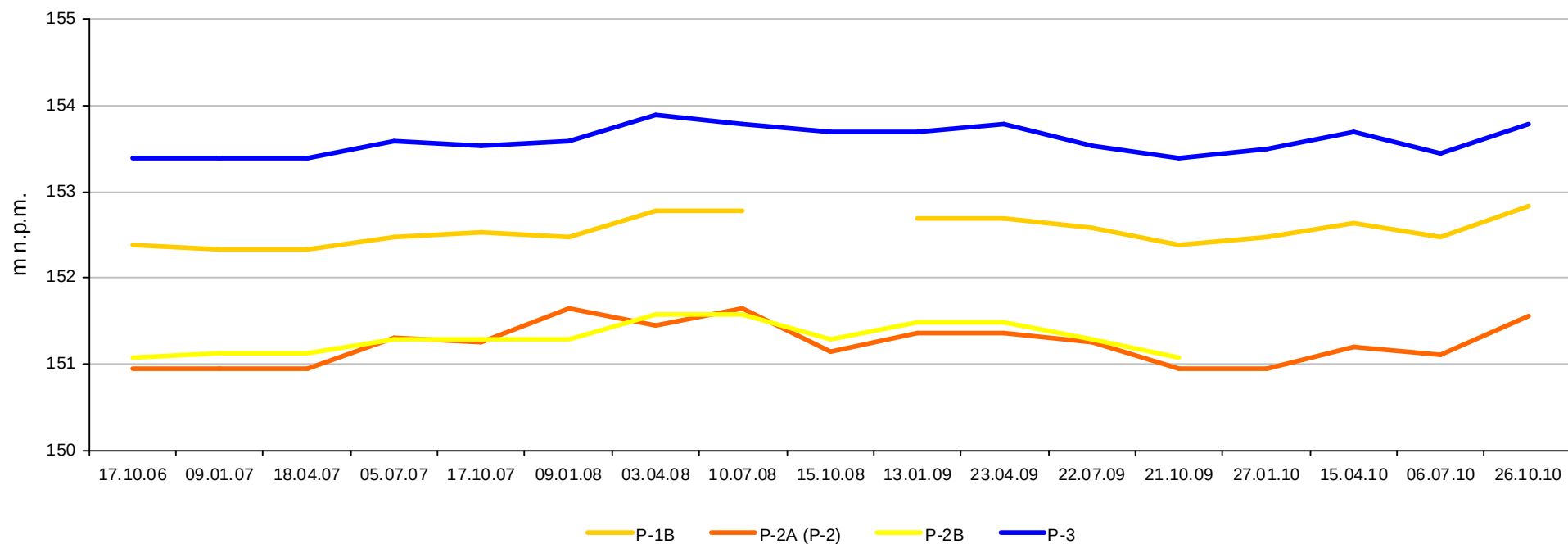
Na podstawie „Dokumentacji hydrogeologicznej....” oraz pomiarów wysokości zwierciadła, prowadzonych w ramach monitoringu, stwierdzono przepływ wód podziemnych w kierunku południowo-wschodnim.

Wartości głębokości zwierciadła wód podziemnych oraz ich wahania przedstawiono poniżej w tabeli 5 oraz na rycinie 1.

Tab. 5. Wahania stanów zwierciadła wód podziemnych (m n.p.m.) w badanych piezometrach w 2010 r.

Numer piezometru	Rzędna otworu [m n.p.m.]	Wysokość kryzy [m]	Rzędna zwierciadła wody [m n.p.m.]			
			2010-01-27	2010-04-15	2010-07-06	2010-10-26
P-1	159,08	0,5	152,48	152,63	152,48	152,83
P-2a (P-2)	158,85	0,5	150,95	151,20	151,10	151,55
P-3	158,59	0,5	153,49	153,69	153,44	153,79

Ryc. 1. Stan zwierciadła wód podziemnych (m n.p.m.) w badanych piezometrach w latach 2006 - 2010

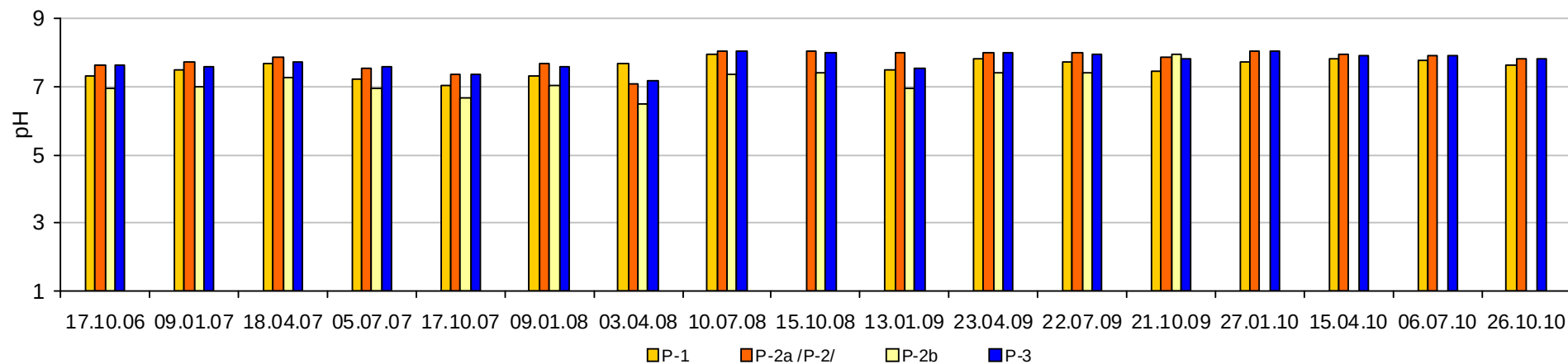


Wody podziemne w najbliższym otoczeniu składowiska odpadów w m. Liniewskie Góry 2010 roku monitorowane były za pomocą piezometrów: P-1, P-2a /P-2/ oraz P-3. Analizy laboratoryjne pobranych próbek wody obejmowały podstawowy zakres wskaźników (Dz.U. 2002, Nr 220, poz.1858).

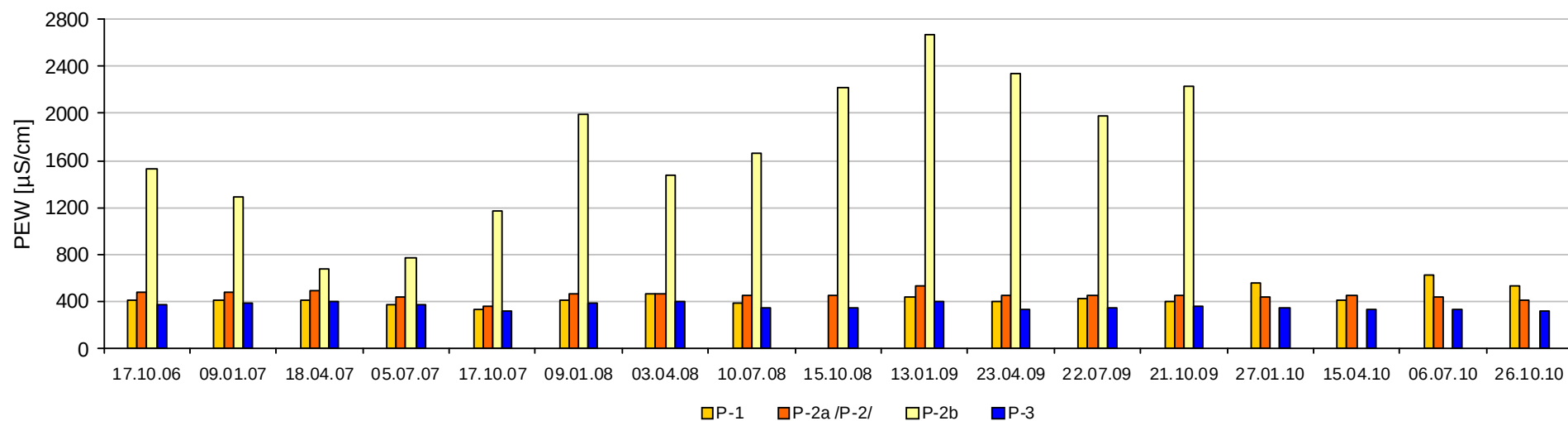
W okresie objętym badaniami wody podziemne pierwszej warstwy wodonośnej (P-1, P-2a) wypływające z terenu składowiska w kierunku południowo – wschodnim nie wykazują przekształcenia w stosunku do wód napływowych stanowiących lokalne tło hydrogeologiczne (piezometr P-3). Nieznacznie podwyższone wartości przewodności elektrolitycznej właściwej, które kształtowały się w granicach II klasy jakości zaobserwowano w piezometrze P-1 w I kwartale. Dodatkowo wyższe stężenia ogólnego węgla organicznego charakterystyczne dla wód IV klasy jakości odnotowano w pierwszej serii pomiarowej w punkcie P-1. Reszta analizowanych wskaźników posiadała stężenia odpowiadające I klasie jakości wód podziemnych.

Na podstawie wieloletnich obserwacji przeprowadzonych w latach 2007 – 2010 w 2009 roku zaobserwowano wzrost wartości przewodności elektrolitycznej właściwej oraz ogólnego węgla organicznego w punkcie obserwacyjnym P-2b. Dodatkowo zaobserwowane wyższe stężenia ogólnego węgla organicznego w punkcie P-1 w lipcu 2007 r. i styczniu 2010 r. miały charakter chwilowy. W pozostałych analizowanych parametrach nie zauważa się różnic wartości, na ogół utrzymują się na stałym poziomie co do rzędu wielkości.

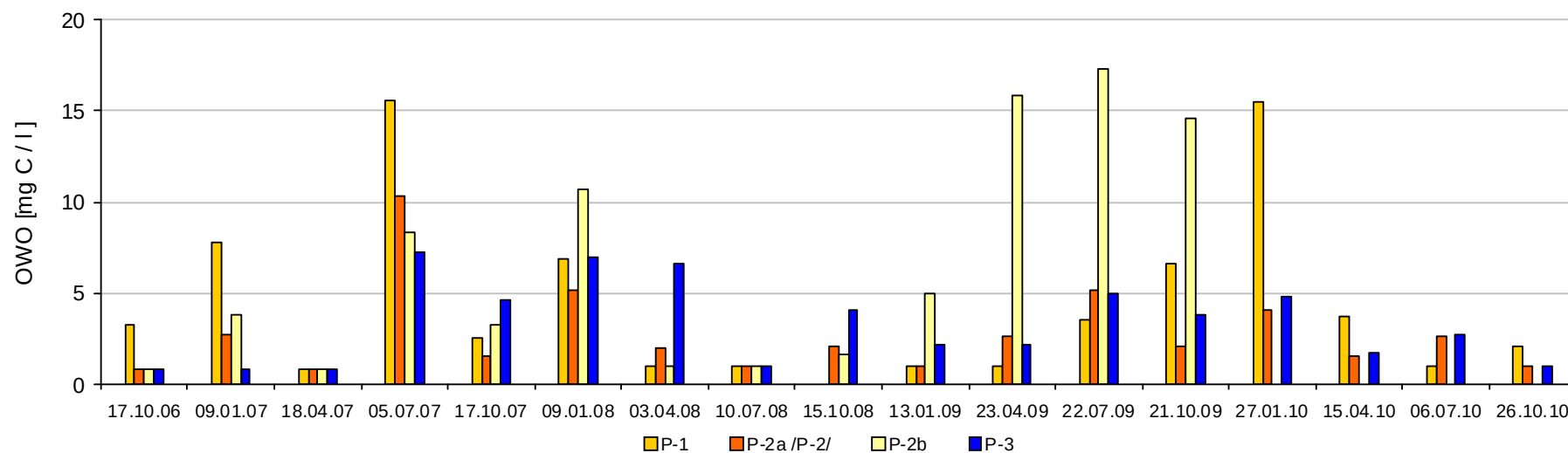
Ryc. 2. Zmienność wartości odczynu (pH) w badanych piezometrach w latach 2006 - 2010



Ryc. 3 Zmienność wartości przewodności elektrolitycznej właściwej w badanych piezometrach w latach 2006 - 2010



Ryc. 4. Zmienność wartości ogólnego węgla organicznego (OWO) w badanych piezometrach w latach 2006 - 2010



2.2. Wody odciekowe

2.2.1. Punkty poboru wód odciekowych

Sieć monitoringowa wód odciekowych składa się z jednego punktu poboru: zbiornika odcieków.

2.2.2. Metodyka poboru próbek

Wody odciekowe zostały pobrane zgodnie z normą PN-ISO 5667-10:1997 (metoda akredytowana). W trakcie poboru próbek uwzględniono pionową stratyfikację jakości odcieku. Zwracano szczególną uwagę, aby w czasie pobierania próbek nie doszło do jej zanieczyszczenia zawiesiną, która na skutek ciągłej sedymentacji wykazuje dużą miąższość w zbiorniku.

2.2.3. Zakres i metody wykonanych prac analitycznych

Badania stanu jakości wód odciekowych przeprowadzono w następującym zakresie:

- przewodność elektrolityczna właściwa (PEW)
- odczyn (pH)
- ołów (Pb)
- kadm (Cd)
- miedź (Cu)
- cynk (Zn)
- chrom VI (Cr^{+6})
- rtęć (Hg)
- ogólny węgiel organiczny (OWO)
- suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA).

Częstotliwość poboru próbek została określona na podstawie wytycznych zawartych w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów* (Dz.U. 2002, Nr 220, poz.1858).

Próbki wód odciekowych pobrano w dniach 27 stycznia, 15 kwietnia, 6 lipca oraz 26 października 2010 r.

Tab. 6. Zestawienie wyników badań wód odciekowych – zbiornik odcieków

Klasyfikacja wg Rozporządzenia Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 roku w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych (Dz. U. 2006, Nr 136, poz. 964) oraz

Klasyfikacja wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. 2009, Nr 27, poz. 169)

Oznaczenie	Jednostka	ZBIORNIK ODCIEKÓW				Dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczenia w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych (Dz. U. 2006, Nr 136, poz. 964)	Dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczenia w ściekach wprowadzanych do wód lub do ziemi (Dz. U. 2009, Nr 27, poz. 169)
		2010-01-27	2010-04-15	2010-07-06	2010-10-26		
Data pobrania próbki							
Odczyn		8,05	7,56	7,50	7,66	6,5 – 9,5 8 – 10**	6,5 – 9
Przewodność elektrolityczna właściwa	μS / cm	5 093	3 895	3 655	3 360	---	---
Ołów	mg Pb / l	0,08	0,07	0,10	0,07	1	0,5
Kadm	mg Cd / l	0,013	0,011	0,011	0,013	0,4*	0,4*
Miedź	mg Cu / l	0,03	0,02	0,01	0,02	1	0,5
Cynk	mg Zn / l	< 0,05	0,28	0,09	< 0,05	5	2
Chrom (VI)	mg Cr ⁺⁶ / l	0,018	0,013	0,013	< 0,010	0,2	0,1
Rtęć	mg Hg / l	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	0,06*	0,06*
OWO	mg C / l	112	24,6	27,4	38,8	¹⁾	30
WWA	mg C / l	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	< 0,00006	0,2	---

* średnia dobową

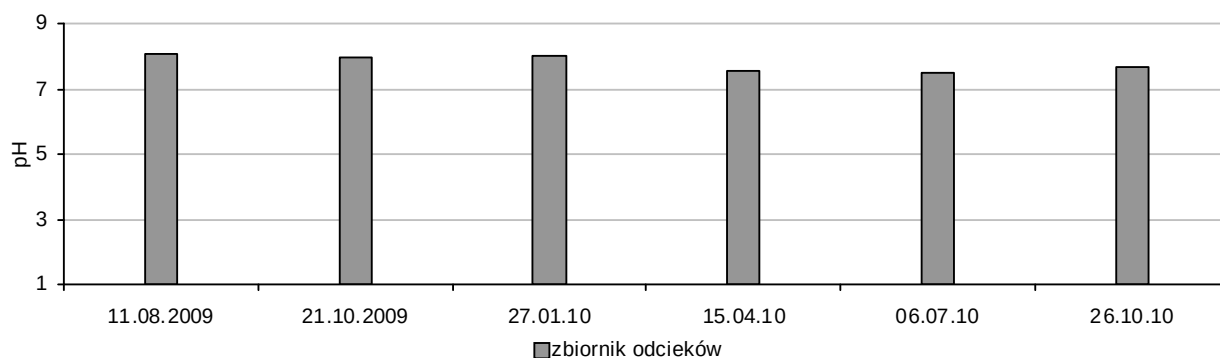
** dotyczy ścieków zawierających cyjanki i siarczki

¹⁾ wartości wskaźników należy ustalać na podstawie dopuszczalnego obciążenia oczyszczalni ładunkiem tych zanieczyszczeń

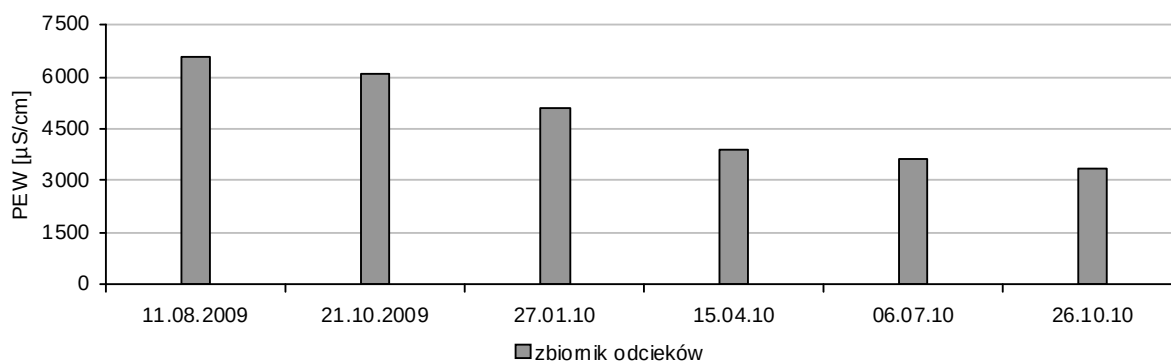
2.2.3. Omówienie wyników badań

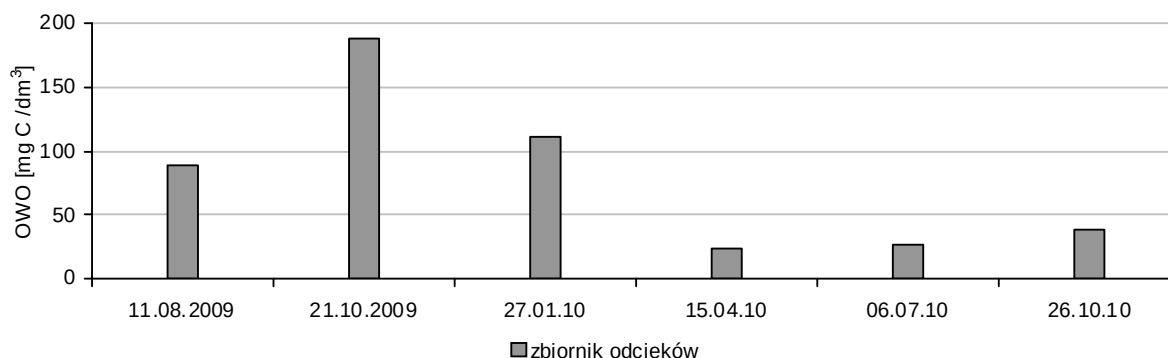
Na podstawie badań laboratoryjnych próbek wód odciekowych nie stwierdzono podwyższonych zawartości żadnego z badanych wskaźników za wyjątkiem ogólnego węgla organicznego (OWO), który w pierwszej i czwartej serii pomiarowej przekroczył dopuszczalną wartość zanieczyszczenia w ściekach wprowadzanych do wód lub do ziemi (Dz. U. 2009, Nr 27, poz. 169). Natomiast porównując wyniki analiz nie zaobserwowano podwyższonych wartości żadnego z badanych parametrów w stosunku do dopuszczalnych norm dla zanieczyszczeń w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych (Dz. U. 2006, Nr 136, poz. 964).

Ryc. 5. Zmienność wartości odczynu (pH) w zbiorniku odcieków w latach 2009 - 2010.



Ryc. 6. Zmienność wartości przewodności elektrolitycznej właściwej w zbiorniku odcieków w latach 2009 - 2010.



Ryc. 7. Zmienność wartości ogólnego węgla organicznego (OWO) w zbiorniku odcieków w latach 2009 - 2010.

2.3. Gaz składowiskowy

2.3.1. Gospodarka gazem składowiskowym

Składowisko odpadów komunalnych można traktować jako bioreaktor, w którym zachodzą procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne, prowadzące między innymi do powstawania gazu składowiskowego. Jego wydzielanie rozpoczyna się po około 2-3 latach od chwili rozpoczęcia eksploatacji składowiska. Gaz składowiskowy składa się głównie z metanu i dwutlenku węgla, siarkowodoru, amoniaku, węglowodorów aromatycznych i innych składników. Ilość powstającego gazu zależy od składu i wilgotności odpadów, przyjętej techniki składowania, formy, kształtu i wysokości składowiska, warunków technologicznych, eksploatacji, temperatury powietrza, sposobu uszczelniania. Średnio zakłada się, że z 1 tony odpadów powstaje 120-140 m³ gazu. Na szybkość produkcji gazu i jego skład w każdym przypadku ma wpływ skład i ilość zanieczyszczeń występujących w odciekach oraz rodzaj odpadów składowanych na kwaterze odpadów.

Powstawanie biogazu jest procesem zmiennym. Początkowe fazy charakteryzuje zmiana zachodzących procesów tlenowych na beztlenowe, co skutkuje początkowo wysoką produkcją CO₂ zmniejszającą się stopniowo na rzecz produkcji metanu. Po zakończeniu niestabilnej fazy początkowej stężenia metanu i dwutlenku węgla pozostają stałe przez długie lata. Proporcja CH₄:CO₂ osiąga wartość stałą, która wynosi 1,2-1,5. Kolejna faza zwana powietrzną jest długotrwała. Można o niej mówić, gdy zostanie osiągnięta proporcja 55 % CH₄ i 44 % CO₂, w gazie składowiskowym brak jest lub znajdują się śladowe ilości O₂ i N₂. (CH₄:CO₂ = 1,25). Kolejna faza charakteryzuje się wyższym stosunkiem CH₄/CO₂ niż w fazie stabilnej. W bryle składowiska zawartość CH₄ wynosi ponad 50%, a relacja pomiędzy CH₄:CO₂ utrzymuje się przeważnie pomiędzy 1,5:4.

Najłatwiejszym sposobem odgazowania jest wentylacja składowisk poprzez ułatwianie się gazu bezpośrednio do atmosfery, za pomocą studzienek odgazowujących. Coraz częściej

jednak na składowiskach można zauważyć instalacje do utylizacji biogazu poprzez spalanie w palnikach zainstalowanych na pochodniach, do których gaz dostarczany jest ze studni kolektorem zbiorczym. Coraz powszechniej stosuje się także instalację do energetycznego wykorzystania biogazu.

2.3.1. Punkty pomiaru gazu składowiskowego

W ramach monitoringu składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry prowadzona jest analiza procentowego udziału poszczególnych gazów oraz ich emisja. W skład sieci monitoringowej wchodzi 3 studzienki odgazowujące.

2.3.2. Metodyka pomiaru

Pomiar stężenia oraz przepływu gazu składowiskowego został dokonany zgodnie z procedurą KJ-I-5.7-12 (metoda własna - akredytowana), opracowaną na podstawie norm: PN-ISO 10396:2001, PN-ISO 8756:2000, PN-ISO 4225:1999, PN-ISO 7504:1994, PN-Z-04030-7:1994 i PN-EN 13284-1. Emisję poszczególnych gazów oblicza się wykorzystując wielkość przepływu gazu, zawartość procentową poszczególnych gazów, średnicę studzienki odgazowującej ciśnienie, temperaturę oraz wilgotność względną gazu.

Pomiar zawartości metanu i dwutlenku węgla za pomocą analizatora gazu polega na pomiarze absorpcji promieniowania IR, stężenie tlenu zaś na metodzie elektrochemicznej.

2.3.3. Zakres wykonywanych prac

Monitoring gazu składowiskowego obejmuje pomiar metanu (CH_4), dwutlenku węgla (CO_2) oraz tlenu (O_2).

Częstotliwość pomiaru składu i emisji gazu została określona na podstawie wytycznych zawartych w *Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów* (Dz.U. 2002, Nr 220, poz.1858).

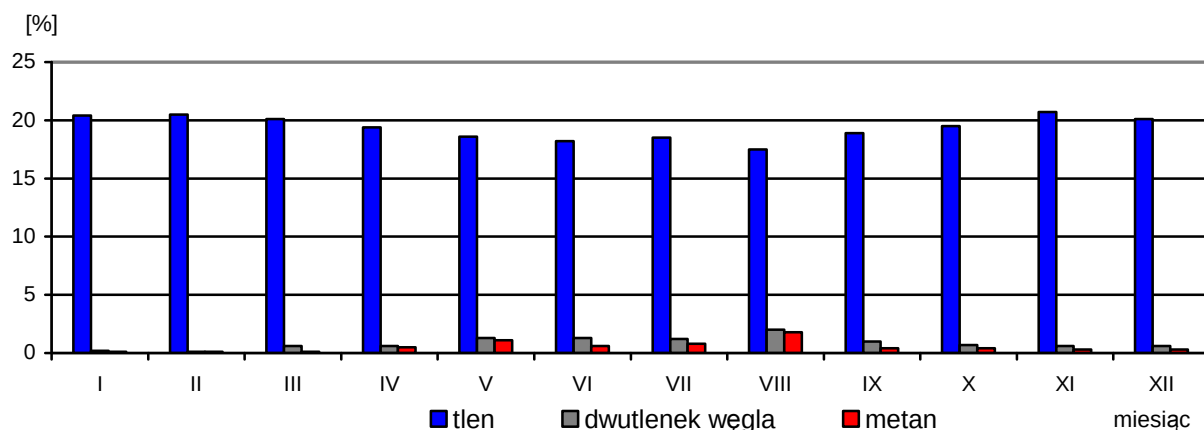
2.2.2. Wyniki pomiarów

Badania emisji gazu składowiskowego odbywają się w reprezentatywnych częściach składowiska odpadów, w miejscach jego gromadzenia.

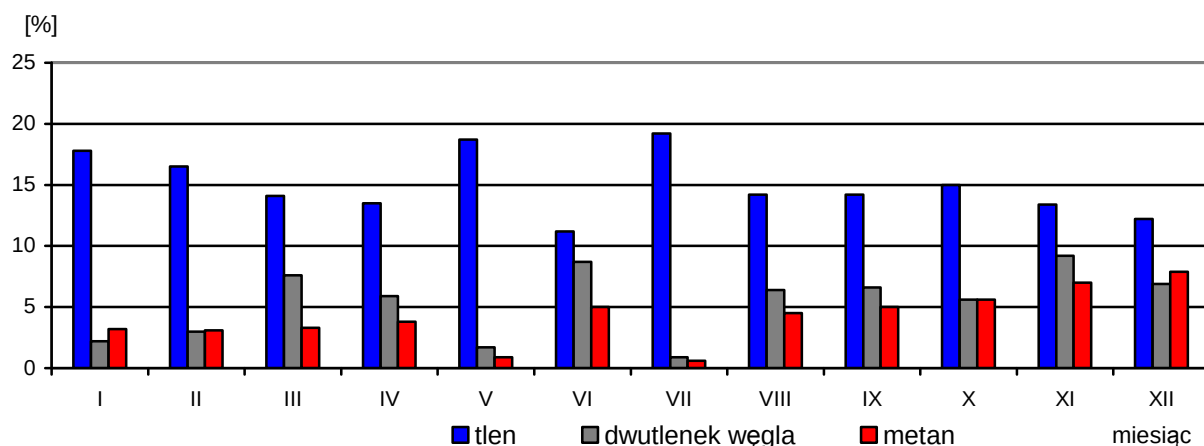
Tab. 7. Wyniki pomiarów gazu składowiskowego w 2010 roku w punkcie S1

Miesiąc	Objętościowa prędkość wypływu gazu w m ³ /h	Procentowa zawartość poszczególnych gazów			Emisja [kg/h]		
		O ₂	CO ₂	CH ₄	O ₂	CO ₂	CH ₄
Styczeń	nie wykryto	20,4	0,2	< 0,1	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Luty	nie wykryto	20,5	0,1	< 0,1	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Marzec	nie wykryto	20,1	0,6	< 0,1	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Kwiecień	1,13	19,4	0,6	0,5	0,31	0,01	0,004
Maj	1,13	18,6	1,3	1,1	0,28	0,03	0,01
Czerwiec	nie wykryto	18,2	1,3	0,6	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Lipiec	nie wykryto	18,5	1,2	0,8	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Sierpień	nie wykryto	17,5	2,0	1,8	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Wrzesień	nie wykryto	18,9	1,0	0,4	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Październik	nie wykryto	19,5	0,7	0,4	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Listopad	nie wykryto	20,7	< 0,6*	< 0,3*	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Grudzień	nie wykryto	20,1	< 0,6*	< 0,3*	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto

* zmian dolnej granicy oznaczalności (DGO)

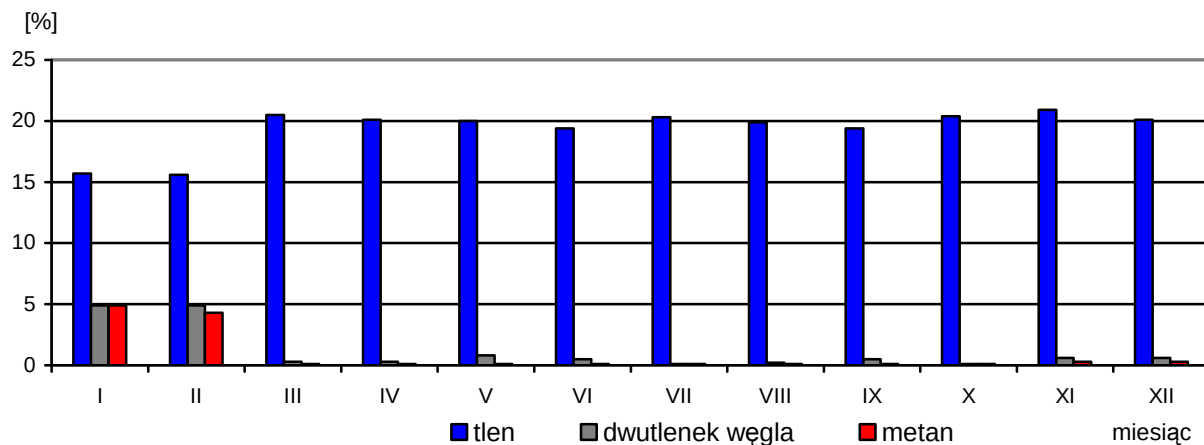
Ryc. 8. Zmienność procentowej zawartości O₂, CO₂ i CH₄ w gazie składowiskowym w punkcie S1**Tab. 8.** Wyniki pomiarów gazu składowiskowego w 2010 roku w punkcie S2

Miesiąc	Objętościowa prędkość wypływu gazu w m ³ /h	Procentowa zawartość poszczególnych gazów			Emisja [kg/h]		
		O ₂	CO ₂	CH ₄	O ₂	CO ₂	CH ₄
Styczeń	1,13	17,8	2,2	3,2	0,29	0,05	0,03
Luty	1,13	16,5	3,0	3,1	0,27	0,07	0,02
Marzec	1,13	14,1	7,6	3,3	0,23	0,17	0,03
Kwiecień	2,26	13,5	5,9	3,8	0,44	0,26	0,06
Maj	1,13	18,7	1,7	0,9	0,29	0,04	0,01
Czerwiec	2,26	11,2	8,7	5,0	0,34	0,36	0,08
Lipiec	nie wykryto	19,2	0,9	0,6	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Sierpień	1,13	14,2	6,4	4,5	0,22	0,13	0,03
Wrzesień	1,13	14,2	6,6	5,0	0,20	0,13	0,03
Październik	1,13	15,0	5,6	5,6	0,22	0,11	0,04
Listopad	nie wykryto	13,4	9,2	7,0	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Grudzień	nie wykryto	12,2	6,9	7,9	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto

Ryc. 9. Zmienność procentowej zawartości O_2 , CO_2 i CH_4 w gazie składowiskowym w punkcie S2**Tab. 9.** Wyniki pomiarów gazu składowiskowego w 2010 roku w punkcie S3

Miesiąc	Objętościowa prędkość wypływu gazu w m ³ /h	Procentowa zawartość poszczególnych gazów			Emisja [kg/h]		
		O ₂	CO ₂	CH ₄	O ₂	CO ₂	CH ₄
Styczeń	2,26	15,7	4,9	4,9	0,51	0,22	0,08
Luty	2,26	15,6	4,9	4,3	0,50	0,22	0,07
Marzec	nie wykryto	20,5	0,3	< 0,1	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Kwiecień	nie wykryto	20,1	0,3	< 0,1	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Maj	1,13	20,0	0,8	0,1	0,31	0,02	0,001
Czerwiec	nie wykryto	19,4	0,5	< 0,1	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Lipiec	nie wykryto	20,3	< 0,1	< 0,1	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Sierpień	nie wykryto	19,9	0,2	< 0,1	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Wrzesień	nie wykryto	19,4	0,5	< 0,1	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Październik	nie wykryto	20,4	< 0,1	< 0,1	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Listopad	nie wykryto	20,9	< 0,6*	< 0,3*	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto
Grudzień	nie wykryto	20,1	< 0,6*	< 0,3*	nie wykryto	nie wykryto	nie wykryto

* zmian dolnej granicy oznaczalności (DGO)

Ryc. 10. Zmienność procentowej zawartości O_2 , CO_2 i CH_4 w gazie składowiskowym w punkcie S3

2.2.3. Omówienie wyników pomiarów

W ramach monitoringu składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry wykonano pomiary procentowej zawartości poszczególnych składników (tlen, dwutlenek węgla, metan) gazu składowiskowego oraz jego emisji w trzech studzienkach odgazowujących w okresie od stycznia 2010 r. do grudnia 2010 r.

Skład gazu charakteryzuje się wysoką zawartością tlenu, przy niewielkim udziale dwutlenku węgla i metanu. Średnia wartość procentowego udziału poszczególnych gazów przedstawia się następująco: tlen – 17,9%, dwutlenek węgla – 2,5% i metan – 1,9%.

Emisję poszczególnych składników gazu dla poszczególnych studzienek odgazowujących obliczono na podstawie pomiaru chwilowego przepływu wykonanego anemometrem, zawartości procentowej poszczególnych gazów, średnicy studni odgazowującej, ciśnienia, temperatury oraz wilgotności względnej gazu. Pomiary przepływu wykonano w okresie od stycznia do grudnia 2010 z częstotliwością 1 raz w miesiącu. W większości dni pomiarowych ze względu na niską prędkość przepływu gazu (poniżej dolnej granicy oznaczalności anemometru, która wynosi 0,01m/s) nie obliczono emisji poszczególnych gazów.

2.3. Opady atmosferyczne

2.3.1. Źródła danych

Zestawienie wielkości opadów atmosferycznych dla składowiska odpadów w m. Liniewskie Góry w 2010 r. zostało opracowane w oparciu o dane otrzymane od Zleceniodawcy.

2.3.2. Wyniki

W poniższej tabeli przedstawiono wielkość opadów dobowych w 2010 r.

Tab. 10. Dobowe opady atmosferyczne [mm] w 2010 roku w rejonie składowiska

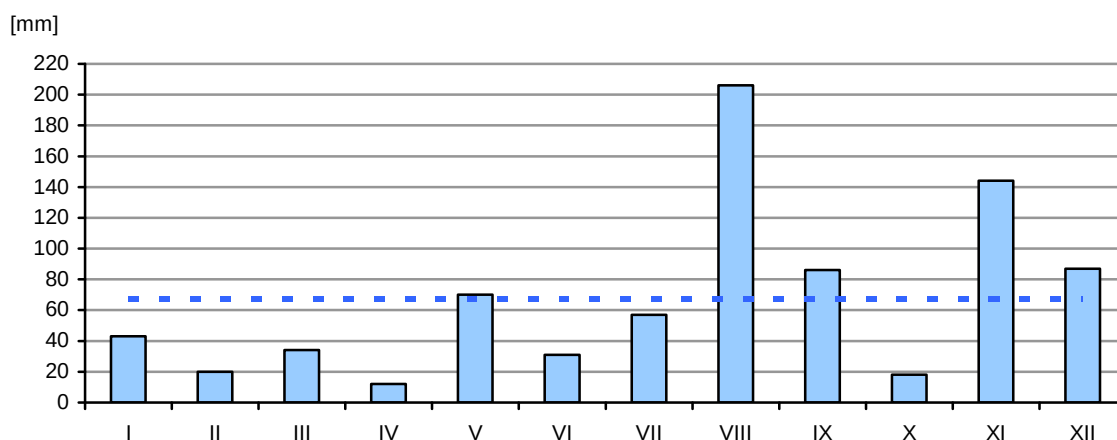
DZIEŃ	M I E S I Ą C											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0,0	2,0	5,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
2	2,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	3,0	0,0	0,0	7,0
3	0,0	0,0	2,0	0,0	18,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	2,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0
5	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	2,0	0,0	8,0	3,0
6	1,0	0,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	15,0	5,0	0,0	5,0	0,0
7	2,0	0,0	2,0	0,0	7,0	5,0	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	4,0	0,0	0,0	16,0	0,0
9	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	3,0	0,0	20,0	6,0
10	4,0	0,0	0,0	1,0	3,0	2,0	0,0	18,0	0,0	0,0	0,0	4,0
11	2,0	7,0	0,0	0,0	2,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	2,0	2,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	4,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0	6,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	2,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	0,0	0,0
15	0,0	1,0	1,0	0,0	1,0	3,0	3,0	7,0	0,0	0,0	0,0	7,0
16	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	4,0	0,0	0,0	4,0
17	1,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	3,0	0,0	20,0	0,0
18	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	1,0	0,0	7,0	6,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	1,0	2,0	5,0
20	1,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	5,0	8,0
21	1,0	3,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	3,0	14,0	2,0
23	0,0	0,0	4,0	0,0	4,0	0,0	4,0	3,0	0,0	0,0	13,0	4,0
24	0,0	4,0	0,0	0,0	1,0	4,0	7,0	0,0	0,0	0,0	5,0	6,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	4,0	7,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	2,0	5,0
27	4,0	1,0	4,0	4,0	1,0	0,0	0,0	3,0	25,0	3,0	2,0	0,0
28	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	5,0	27,0	3,0	0,0	3,0
29	3,0		0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	15,0	0,0	1,0	3,0	1,0
30	1,0		0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	4,0	2,0
31	0,0		0,0		13,0		0,0	2,0		0,0		0,0
SUMA	43,0	20,0	34,0	12,0	70,0	31,0	57,0	206,0	86,0	18,0	144,0	87,0
Procent rocznego opadu	5,3	2,5	4,2	1,5	8,7	3,8	7,1	25,5	10,6	2,2	17,8	10,8

2.3.3. Omówienie wyników

Na podstawie wyników pomiarów opadu atmosferycznego (pomiar przeprowadzone przez Zleceniodawcę) stwierdza się, że roczna suma opadu atmosferycznego (2010 rok) w rejonie składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry wyniosła 808,0 mm.

Miesiącem najbardziej obfitym w opad był sierpień (206,0 mm), natomiast najbardziej suchym okazał się kwiecień (12,0 mm). Średni miesięczny opad wyniósł 67,3 mm.

Ryc. 11. Zmienność wielkości opadu atmosferycznego w 2010 r. w ujęciu miesięcznym.



2.4. Struktura i skład masy składowanych odpadów

2.4.1. Skład morfologiczny odpadów

Oznaczenie składu morfologicznego przeprowadzono zgodnie z Normą Polską PN-93/Z-15006 dotyczącą oznaczania składu morfologicznego stałych odpadów komunalnych. W tym celu pobrano średnią próbkę laboratoryjną i odważono próbkę o masie ok. 5 kg. Następnie za pomocą sita rozdzielano ją na 2 frakcje otrzymując I frakcję o wielkości cząstek poniżej 10 mm i II frakcję o wielkości cząstek równych i powyżej 10 mm. Z pozostałej na sicie II frakcji wyselekcjonowano poszczególne składniki: odpady spożywcze pochodzenia roślinnego, odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego, odpady papieru i tektury, odpady tworzyw sztucznych, odpady materiałów tekstylnych, odpady szkła, odpady metali, odpady organiczne pozostałe i odpady mineralne pozostałe. Wszystkie wyselekcjonowane składniki z II frakcji oraz I frakcję zważono z dokładnością do 0,5 g.

Zawartość procentową I frakcji oraz poszczególnych składników II frakcji (X_n) obliczono w procentach wg wzoru:

$$X_n = \frac{m_o}{m} \times 100$$

w którym:

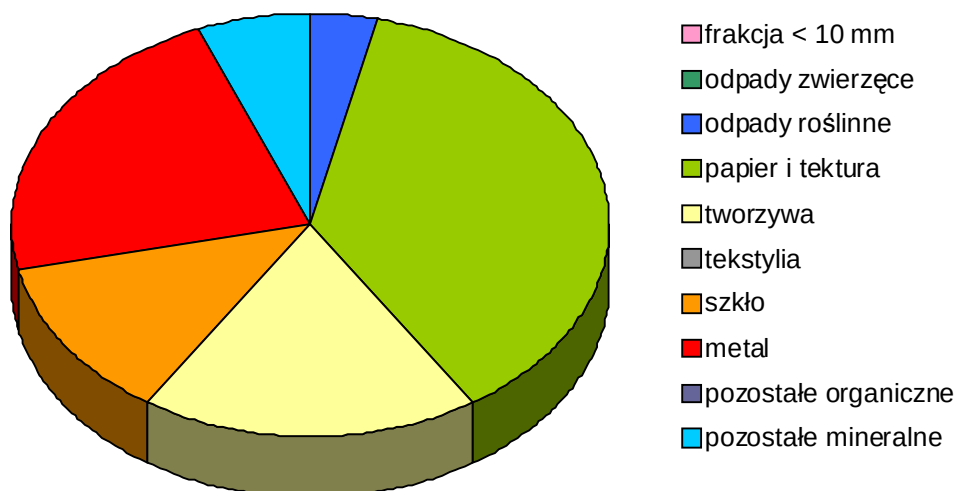
m_o - masa poszczególnych składników odpadów

m - masa próbki pobranej do oznaczenia,

n - od 1 do 10 - symbole poszczególnych składników

Tab. 11. Skład morfologiczny odpadów

I.p.	Nazwa składnika	Charakterystyka składnika	Zawartość poszczególnych składników %
1.	frakcja < 10 mm	Pozostałości z mechanicznej obróbki odpadów	0,00
2.	odpady spożywcze pochodzenia roślinnego	Pozostałości substancji roślinnych, powstające przy przygotowaniu pożywienia, np. obierki, resztki jarzyn i owoców, zgnile warzywa i owoce, resztki pokonsumpcyjne pożywienia, produkty spożywcze potraktowane jako odpady, np. pieczywo, kasza lub mąka w opakowaniach; inne odpady niemożliwe do ścisłego wyspecyfikowania	3,70
3.	odpady spożywcze pochodzenia zwierzęcego	Resztki mięsa, kości, wyrobów z mięsa, ryb tłuszczów, serów itp.	0,00
4.	odpady papieru i tektury	Wszelkie pozostałości wyroby z papieru i tektury	37,0
5.	odpady tworzyw sztucznych	Wszelkie pozostałości oraz wyroby z tworzyw sztucznych	18,5
6.	odpady materiałów tekstylnych	Wszelkie resztki oraz wyroby z materiałów wełnianych, bawełnianych, lnianych i włókien chemicznych	0,00
7.	odpady szkła	Wszelkie wyroby ze szkła oraz stłuczka szklana	12,4
8.	odpady metali	Wszelkie wyroby i złom ze wszystkich rodzajów metali	22,2
9.	odpady organiczne pozostałe	Odpady organiczne pozostałe po wyselekcjonowaniu składników 1-5 np. resztki roślin, zeschnięte kwiaty, trawa, gałęzie drzew, itp.	0,00
10.	odpady mineralne pozostałe	Odpady mineralne pozostałe po wyselekcjonowaniu składników 6-7 jak: kawałki betonu, cegły, resztki ceramiczne itp.	6,20
RAZEM			100,0

Ryc. 12. Skład morfologiczny odpadów

2.4.2. Omówienie wyników

Wykonana analiza próbki odpadów zdeponowanych na składowisku odpadów w m. Liniewskie Góry wykazała największy udział wagowy odpadów papieru i tektury. Podczas wykonywania badań nie zaobserwowano występowania odpadów spożywczych pochodzenia zwierzęcego, frakcji drobnej, materiałów tekstylnych oraz pozostałych odpadów organicznych.

2.5. Osiadanie składowiska

2.5.1. Metodyka wykonania pomiarów

Badania przebiegu osiadania stanowią podstawowy element interpretacji zjawisk zachodzących w trakcie eksploatacji składowiska odpadów oraz po ich zakończeniu.

Pomiary przeprowadzono przy wykorzystaniu techniki Geograficznego Systemu Pozycjonowania Satelitarnego (GPS). W celu uzyskania geodezyjnych dokładności zastosowano dwa odbiorniki GPS9500 Leica pracujące w systemie fazowym tzw. geodezyjnym. Pomiary wykonano 6 lipca 2010 roku.

W celu realizacji powyższego zadania wykonano następujące czynności:

- Badania terenowe

Polegające na wyznaczeniu rzędnych wysokościowych opartych na pomiarze przeprowadzonym przy wykorzystaniu techniki Geograficznego Systemu Pozycjonowania Satelitarnego (GPS).

- Prace kameralne

Polegające na sporządzeniu i interpretacji wynikowych map:

- przebiegu osiadania powierzchni składowiska odpadów

Mapy wykonane zostały na podstawie pomiarów GPS w 2010 roku i są prezentowane jako załączniki 5, 6 i 7 w skali 1 : 250 (wydruk wielkoformatowy).

Przed przystąpieniem do pomiarów rzędnych czaszy składowiska obrano punkt bazowy oznaczony symbolem "B" na mapach (fot. 4). Następnie dla wyznaczenia modelu składowiska wykonano pomiary w dwóch etapach. Pierwszy etap obejmował pomiary wokół czaszy składowiska. Celem pomiaru było dokładne wyznaczenie współrzędnych granicy składowiska. Podczas drugiego etapu wykonano serię pomiarów na czaszy składowiska odpadów. W następnym etapie prac terenowych na składowisku zostały zainstalowane i zmierzone rzędne wysokościowe punktów reperowych, które na załączonych mapach oznaczone są jako Rp2, Rp3.

Sesję pomiarową wykonano metodą kinematyczną w trakcie której, odbiornik bazowy – „reference” (fot. 4) pozostał nieruchomy na punkcie bazowym, natomiast drugi – „rover” (fot. 5) będący w ruchu wykonywał pomiar punktów w określonych punktach na terenie mierzonego obiektu. Oba odbiorniki zostały podłączone do radiomodemów. Zastosowanie takiego rozwiązania umożliwia przesyłanie w sposób ciągły poprawek z odbiornika bazowego do „rovera”, gdzie stale prowadzone są obliczenia. Powyższa procedura umożliwia uzyskanie geodezyjnych dokładności odczytu. Rzędne punktów monitoringu osiadania – reperów – zostały zmierzone wykorzystując metodę statyczną. W trakcie tej metody odbiornik ruchomy umieszczany jest na trójnogu nad mierzonym punktem. Następnie dokonywana jest akwizycja sygnału satelitarnego i pomiar rzędnej punktu.



Fot. 4. Stacja bazowa „reference”(zdjęcie poglądowe)



Fot. 5. Odbiornik „rover” - pomiar metodą statyczną (zdjęcie poglądowe)

Pomiary przeprowadzono w układzie współrzędnych PUW 2000, strefa 6 na elipsoidzie WGS 84. Do obliczeń przyjęto punkt bazowy obliczony na podstawie danych uzyskanych z pomiarów GPS w dniu 6 lipca 2010 roku, skorygowanych względem stacji referencyjnej w Kościerzynie (KOSC). W toku procedury przeliczeniowej dane pomiarowe zgrano do komputera, a następnie dane z odbiornika „rover” skorygowano w odniesieniu do punktu bazowego. Obliczenia współrzędnych geograficznych oraz rzędnych punktów wykonano w programie Leica Geo Office. Zastosowanie takiej procedury pomiarowej umożliwiło uzyskanie niezwykle precyzyjnych danych (dokładność milimetrowa) tworzących układ lokalny. Zapewnia to jego spójność. W kolejnym etapie końcowe dane transformowano do lokalnego układu współrzędnych. Zapisane w pliku tekstowym TXT dane zostały poddane dalszej obróbce komputerowej.

Wartość wysokości ortometrycznej ($H_{\text{ortometryczna}}$) prezentowanych punktów pomiarowych wyliczono odejmując od zmierzonej wartości wysokości elipsoidalnej ($h_{\text{elipsoidalna}}$) wartość odstępu między elipsoidą, a geoidą. Wszystkie przeliczenia wykonano w programie TRANSPOL.

Punkty pomiaru rozmieszczone są równomiernie na całej powierzchni czaszy składowiska. W czasie wykonywania prac związanych z pomiarem wysokości poszczególnych punktów osiadania, wykonano także pomiary powierzchni opracowanych obszarów. Zestawienie uzyskanych wyników w punktach pomiarowych osiadania w 2010 roku przedstawione zostało w załączonym do opracowania pliku Excel, o nazwie „Punkty pomiaru osiadania składowiska w m. Liniewskie Góry, gm. Liniewo”. Poniżej zestawiono wartości charakteryzujące obrany do badań punkt bazowy, wyznaczone punkty pomiaru osiadania powierzchni.

2.5.2. Wyniki pomiarów

Wartości charakteryzujące Punkt Bazowy

Punkt bazowy – Rzędna wysokości 159,561 m n.p.m.

Współrzędne geograficzne:

B (szerokość geograficzna)

54°05' 27,999" N

Y 5995618,575 ± 0,002 m

Współrzędna Y (tzw. Northing) w układzie PUW 2000, strefa 6

- prezentuje wartość szerokości geograficznej

L (długość geograficzna)

18° 13' 23,664" E

X = 6514606,019 ± 0,002 m

Współrzędna X (tzw. Easting) w układzie PUW 2000, strefa 6

- prezentuje wartość długości geograficznej

$h_{\text{elipsoidalna}}$ 189,729 m ± 0,002 m

$H_{\text{ortometryczna}}$ 159,5611 m n.p.m.

Odstępstwo 30,168 m

Charakterystyka składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry, gm. Liniewo – punkty monitoringowe – repery

Oznaczenie punktu	Easting	Northing	Wysokość elipsoidalna 2010 m	Wysokość ortometryczna na 2010 m n.p.m	Wysokość ortometryczna 2009 m n.p.m	Zmiana wysokości 2010-2009 m
Rp1(kiedyś Rp2)	6514457,219	5995679,613	189,307	159,139	159,147	-0,008
Rp2(kiedyś Rp3)	6514496,748	5995722,733	189,074	158,906	158,917	-0,011

Zmiany w nazewnictwie reperów zostały wprowadzone w celu systematyki kolejności

Charakterystyka składowiska w m. Liniewskie Góry, gm. Liniewo

Obwód opracowanego obszaru 408 m

Powierzchnia opracowanego obszaru 8 846 m²

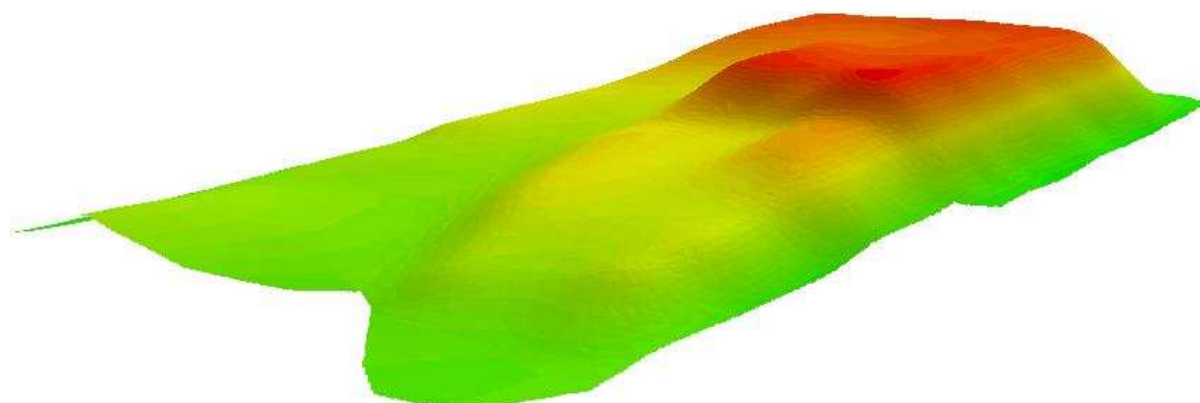
Wartości charakteryzujące Punkty Pomiarowe 2010

Wysokość maksymalna 166,144 m n.p.m.

Wysokość minimalna 158,622 m n.p.m.

Deniwelacja 7,522 m

Trójwymiarowy model składowiska wygenerowany na podstawie pomiarów GPS 2010r.

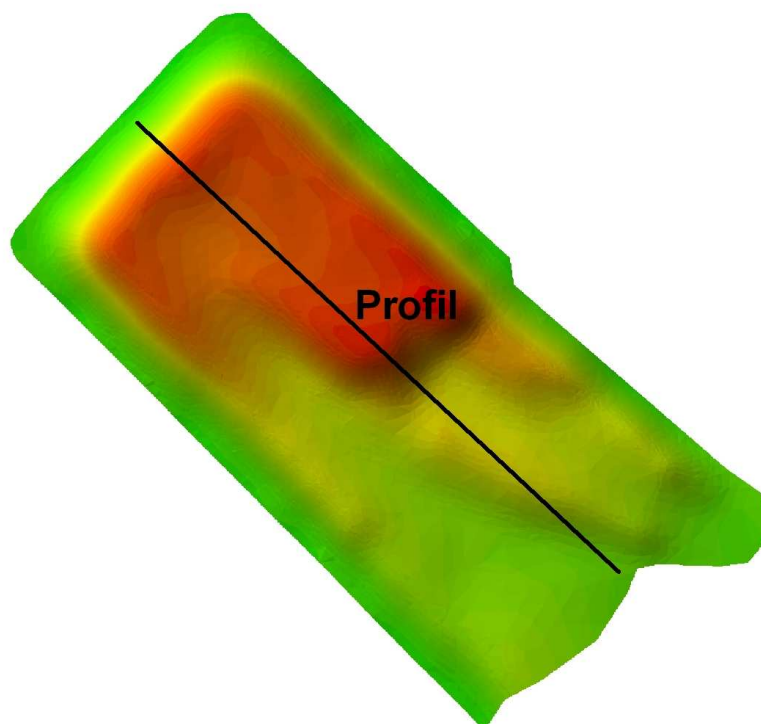


2.5.3. Omówienie wyników

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów (GPS) dla składowiska oraz na bazie planu sytuacyjno-wysokościowego wygenerowano hipsometryczne, trójwymiarowe modele mierzonego obiektu zachowując podstawowe cięcie poziomicowe 0,5 m. Następnie sporządzono wynikową barwną mapę hipsometryczną w skali 1:250.

Dla badań przeprowadzonych w bieżącym roku określono w sposób bardzo precyzyjny lokalizację każdego punktu. Mając na uwadze dokładne przeprowadzenie pomiarów, badanie osiadania ograniczono do obszarów wokół punktów pomiarowych. Stanowią one punkt odniesienia do przeprowadzonych obliczeń.

W celu zobrazowania zmian zachodzących na składowisku wykonano 1 linię przekroju bryły, rozmieszczoną równomiernie na powierzchni składowiska (ryc.13.). Przekrój ten stanowi profil czaszy składowiska wzdłuż osi NW - SE.



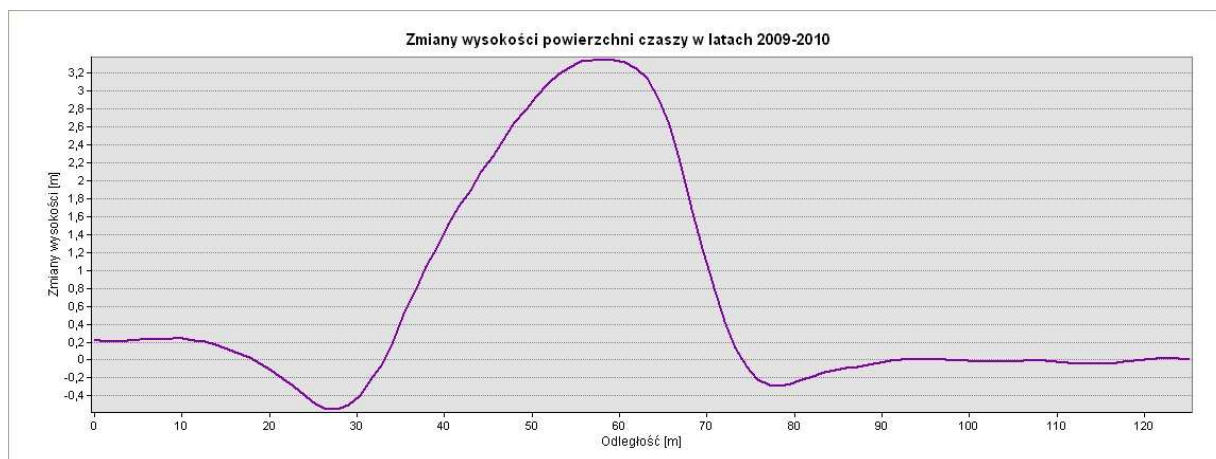
Ryc. 13. Lokalizacja profilu pionowego

Na prezentowanym poniżej wykresie linią zieloną oznaczono przebieg powierzchni czaszy modelu składowiska uzyskanego na podstawie pomiarów GPS 2009. Kolorem niebieskim oznaczono linię obrazującą przebieg powierzchni modelu składowiska wygenerowanego na podstawie danych GPS 2010.



Wykres 1. Przekrój pionowy czaszy składowiska

Analizując wykres profilu nr 1 należy stwierdzić ogólne wahanie poziomu osiadania na całej jego długości z przyrostem powierzchni składowiska w centralnej jego części, gdzie głównie były deponowane odpady oraz osiadanie powierzchni składowiska na pozostałej powierzchni. Zmiany rzędnych na linii profilu nr 1 obejmują zakres od -0,5 m do 3,3 m. Rozkład zmian rzędnych wzdłuż profilu nr 1 prezentuje wykres 2.



Wykres 2 . Zmiany wysokości czaszy składowiska

Podsumowując, w trakcie eksploatacji składowiska, w latach 2009 – 2010, odpady były deponowane przede wszystkim w północno zachodniej części składowiska.

Pomiary z wykorzystaniem nowoczesnych technik pozycjonowania geograficznego umożliwiają wykonanie pomiarów rzędnych wysokościowych z dokładnością do 2 milimetrów. Metody tradycyjnie stosowane – geodezyjne – mogą być nieprecyzyjne i być obarczone błędem pomiarowym. Wynika to ze sposobu wykonywania pomiarów. W trakcie wykonywania prac możemy natrafić na problemy związane z odniesieniem się do prawidłowego punktu na składowisku. Punkty osnowy geodezyjnej znajdujące się na składowisku mogą zostać zniszczone bądź zlikwidowane i nie możliwe stanie się przeprowadzenie interpretacji zjawiska osiadania.

Wykonanie w przyszłości dodatkowego zabezpieczenia np. przed przemieszczaniem czy zminimalizowaniem uciążliwości odorowej składowiska, w postaci dostarczenia na powierzchnię kwatery składowiska materiału glebowego, może spowodować zmianę wartości osiadań i wartości wysokości poszczególnych punktów pomiaru.

2.6. Stateczność skarp

2.6.1. Metodyka wykonania pomiarów

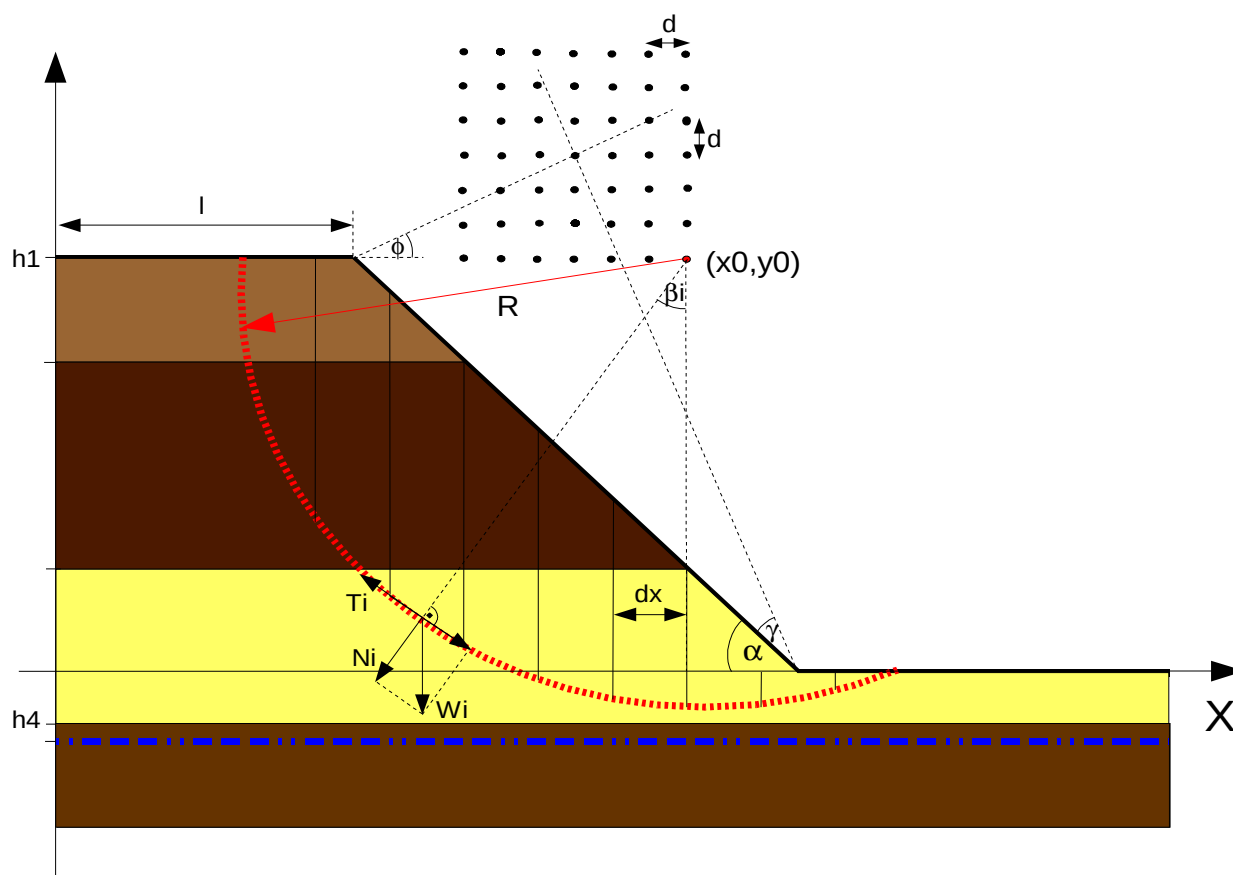
W badaniach stateczności skarp zastosowano metodę Felleniusa (szwedzką), zakładającą powstawanie kołowo-cylindrycznych powierzchni poślizgu. Metoda oprócz swej prostoty charakteryzuje się największym z pośród powszechnie używanych metod zapasem bezpieczeństwa. Często określana jest przez to jako metoda asekuracyjna i zalecana w przypadkach niedostatecznego rozpoznania budowy geologicznej i warunków wodnych analizowanego obiektu. Obliczenia wykonano z wykorzystaniem własnego oprogramowania wykorzystującego poniżej opisane algorytmy.

Podstawowym założeniem metody Felleniusa jest cylindryczny kształt powierzchni wzdłuż, której może nastąpić osunięcie skarpy. Wśród wielu możliwych powierzchni osunięć wybiera się taką dla której stosunek momentu sił utrzymujących bryłę osuwiskową (siły tarcia) M_s do momentu sił dążących do jej obrotu M_r jest najmniejszy. Stosunek ten w technice budowlanej nosi nazwę współczynnika pewności (bezpieczeństwa):

$$F = \frac{M_s}{M_r}$$

Z powyższej definicji wynika, że skarpa dla której wartość współczynnika pewności wynosi 1 znajduje się w stanie równowagi nietrwałej. W praktyce przyjmuje się, że minimalna wartość współczynnika pewności wystarczająca do zagwarantowania skarpie stateczności winna zawierać się w przedziale od 1.1 do 1.3.

Dalsze rozważania oparte będą o poniższy schemat (ryc. 14):



Ryc. 14. Schemat skarpy przyjętej do oceny geotechnicznej składowiska

W omawianej metodzie bryła osuwiska podzielona zostaje na skończoną ilość bloków, każdy o szerokości dx . Na i – ty blok działają następujące siły:

W_i – siła ciężkości,

P_i oraz P_{i+1} – siły działające na ściany pionowe bloku, równoległe do jego podstawy; w analizie stateczności całości bryły osuwiskowej siły te są pomijane jako siły wewnętrzne,

$T_i = N_i \cdot \tan \Phi_i + dx \cdot c_i / \cos(\beta_i)$ – siła oporu tarcia i spójności gruntu;

gdzie:

$N_i = W_i \cdot \cos(\beta_i)$ jest składową siły ciężkości prostopadłą do podłoża,

Φ_i – jest kątem tarcia wewnętrznego gruntu,

c_i – współczynnikiem spójności.

Stąd moment sił obracających bryłę ma postać:

$$Mr = \sum_{i=1}^n W_i R \sin \alpha_i$$

a moment sił utrzymujących liczony względem tej samej osi obrotu o współrzędnych (x0,y0) wynosi:

$$M_s = \sum_{i=1}^n T_i R$$

Współczynnik pewności ma wtedy wartość:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n \left(W_i \cos \beta_i \operatorname{tg} \Phi_i + \frac{dx \cdot c_i}{\cos \beta_i} \right)}{\sum_{i=1}^n (W_i \sin \alpha)}$$

Siła ciężkości działająca na blok i jest sumą sił działających na jego składowe, tzn. poszczególne warstwy. W sytuacji gdy brak jest odpowiednich danych empirycznych ciężar poszczególnych warstw obliczany jest na podstawie ich gęstości (będącej w ścisłym związku ze składem granulometrycznym) oraz odległości danej warstwy od poziomu wody gruntowej. Teoretyczną podstawą takich obliczeń jest założenie że rozkład wilgotności gleby w skarpie jest rozkładem równowagowym tzn. siły ciężkości działające na wodę w kapilarach glebowych równoważone są przez siły kapilarne, przy czym potencjał wody w glebie jest taki aby jego poziom zerowy pokrywał się z pomierzonym poziomem wód gruntowych.

Potencjał wody w glebie obliczany jest na podstawie danych empirycznych opracowanych na podstawie publikacji Lipiec (1974) przy założeniu że postać funkcyjna zależności potencjał wody w glebie – wilgotność ma postać (Campbell, 1972):

$$\Psi = -a \left(\frac{\theta}{\theta_s} \right)^{-b}$$

przyjęto że wartości współczynników gęstości, kąta tarcia wewnętrznego, spójności oraz a i b dla poszczególnych gruntów wynoszą:

Tab. 12. Charakterystyka mechaniczna gruntów

Rodzaj gruntu	ρ [kg/m ³]	Φ [°]	c [kPa]	Θ_s	a [m]	b
Ż,Żp (żwiry i pospółki)	1,9	38	0	0,36	0,12	2,5
Żg,Żpg (żwiry i pospółki gliniaste)	1,9	29	20	0,38	0,4	2,9
Pr,Ps (piaski grube i średnie)	1,64	36	0	0,36	0,12	2,5
Pπ (piaski pylaste)	1,64	30	0	0,36	0,12	2,5
Pd (piaski drobne)	1,75	32	0	0,38	0,3	2,3
Pg (piaski gliniaste)	1,67	22	20	0,39	0,39	2,9
Gp (gliny piaszczyste)	1,56	22	20	0,38	0,4	2,9
Gπ (gliny pylaste)	1,56	22	20	0,38	0,4	2,9
G (gliny)	1,56	18	20	0,38	0,4	2,9
Gpz (gliny piaszczyste zwarte)	1,32	20	30	0,51	0,36	5,8
Gπz (gliny pylaste zwarte)	1,32	17	25	0,51	0,36	5,8
Gz (gliny zwarte)	1,32	20	30	0,51	0,36	5,8
lπ (iły pylaste)	1,3	14	30	0,51	0,36	5,8
l,lp (iły oraz iły piaszczyste)	1,3	17	40	0,51	0,36	5,8
πp (pyły piaszczyste)	1,42	22	15	0,4	0,29	3,6
π (pyły)	1,3	20	15	0,49	0,48	3,4

Omówienia wymaga ponadto metoda poszukiwania powierzchni poślizgu o najmniejszym współczynniku pewności. Program rozpoczyna poszukiwania od wyboru początkowej osi obrotu, która staje się środkiem kwadratowej siatki w której węzłach odległych o d znajdują się współrzędne potencjalnych osi obrotu. Przyjmuje się że współrzędne początkowej osi obrotu można wyznaczyć jako miejsce przecięcia dwu prostych: jednej przechodzącej przez górną krawędź skarpy i nachyloną do poziomu pod kątem φ , oraz drugą przechodzącą przez krawędź dolną i nachyloną do powierzchni stoku skarpy pod kątem γ . Przyjęto że $\varphi = 36 [^\circ]$, $\gamma = 26 [^\circ]$ (Wiłun, 1987).

Obliczenia współczynnika pewności dla ustalonej osi obrotu wykonywane są dla wartości R zawierających się w przedziale (R_{min} , R_{max}). Wartości R_{min} oraz R_{max} ustalane są tak aby promień R był większy od minimalnej odległości pomiędzy skarpy a osią obrotu, a mniejszy od sumy współrzędnej pionowej osi obrotu oraz jednej trzeciej wysokości skarpy. Wśród wszystkich uzyskanych tym sposobem wartości współczynnika pewności wybiera się ten o wartości minimalnej, co oznacza że powiązane z nim współrzędne osi obrotu wraz z wartością promienia R określają cylindryczną powierzchnię poślizgu, dla której prawdopodobieństwo obsunięcia się skarpy jest największe.

2.6.2. Wyniki pomiarów

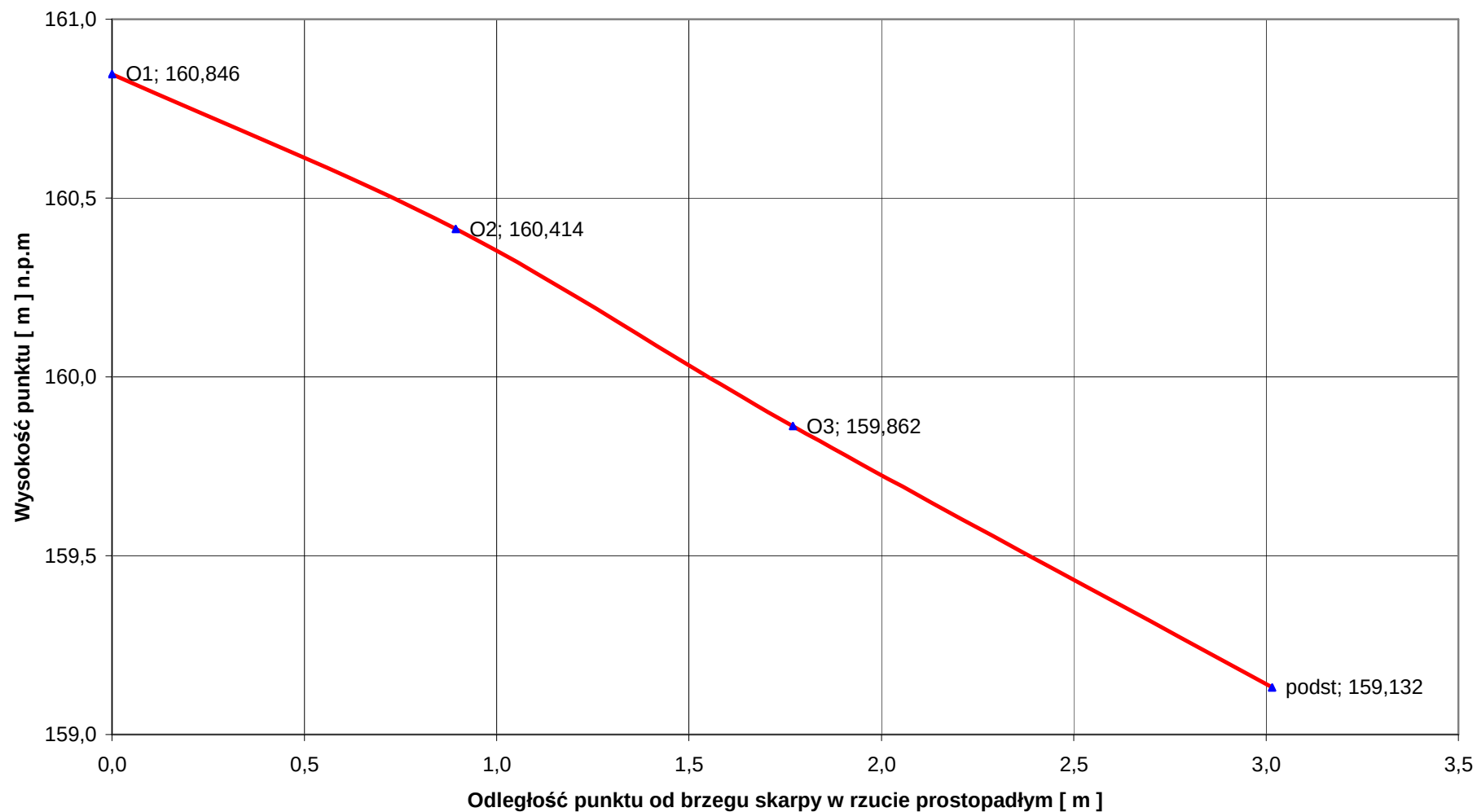
W wyniku pomiarów właściwości skarpy składowiska w m. Liniewskie Góry, gm. Liniewo uzyskano następujące wartości:

Nr pkt. / miąższość warstwy	Podgrupa granulometryczna*	Rodzaj gruntu+
P1 0-0,5m	pgl	Pd
P1 0,5-1,0 m	pgl	Pd
P2 0-0,5 m	ps	Pd
P2 0,5-1,0 m	ps	Pd
P3 0-0,5m	pgl	Pd
P3 0,5-1,0m	ps	Pd

* - ps – piasek słabo gliniasty; - pgl – piasek gliniasty lekki;

* - Pd – piasek drobny;

Graficzna prezentacja badanego profilu skarpy



2.6.3. Omówienie wyników

Na terenie składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry, gm. Liniewo przeprowadzono linię odwiertów w celu określenia stateczności skarpy.

Skarpa była analizowana przy założeniu, że jej nachylenie jest stałe. Kąt nachylenia skarpy wynosi $\alpha = 34,21$ [°] uzyskano metodą regresji liniowej. W programie obszar potencjalnej bryły osuwiskowej podzielono na 50 pasków. Spośród przeanalizowanych 900 położań osi obrotu, najniższy współczynnik pewności dla skarpy, $F_1 = 1,16$ uzyskano dla osi o współrzędnych:

$$\alpha = 29,89$$

$$F = 1,16$$

$$R = 4,46$$

$$X_o = 6,90$$

$$Y_o = 4,46$$

Wykonane pomiary i obliczenia dla analizowanego profilu wskazują na małe prawdopodobieństwo wystąpienia niestabilności skarpy. Zastosowany model obliczeń charakteryzuje się dużym zapasem bezpieczeństwa co znajduje potwierdzenie w braku ruchów masowych skarpy.

Zastosowany kąt nachylenia skarp i związane z tym spływy powierzchniowe są czynnikiem zabezpieczającym przed wystąpieniem warunków krytycznych. Niemniej w kolejnych pomiarach należy zwrócić szczególną uwagę na zmiany ukształtowania skarp na podstawie modelu terenu wykonanego z pomiarów reprezentatywnych dla rzeźby składowiska.

3. WNIOSKI I ZALECENIA

1. Niniejsze opracowanie przedstawia wyniki badań wód podziemnych, pomiary składu i emisji gazu składowiskowego analizę wielkości opadu atmosferycznego, składu i struktury odpadów na składowisku oraz ocenę przebiegu osiadania powierzchni składowiska i stateczności zboczy wykonanych w ramach monitoringu składowiska odpadów w m. Liniewskie Góry.
2. W czterech seriach badań analizie poddano próbki wody z piezometrów P-1, P-2a i P-3. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono nieznacznie podwyższone przewodności elektrolitycznej właściwej (II klasa jakości) oraz ogólnego węgla organicznego (IV klasa jakości) jedynie w piezometrze P-1 w I kwartale. Pozostałe analizowane wskaźniki posiadały wartości na poziomie wód I klasy jakości.
3. Na podstawie badań laboratoryjnych próbek wód odciekowych nie stwierdzono podwyższonych zawartości żadnego z badanych wskaźników za wyjątkiem ogólnego węgla organicznego (OWO), który pierwszej i czwartej serii pomiarowej przekroczył dopuszczalną wartość zanieczyszczenia w ściekach wprowadzanych do wód lub do ziemi (Dz. U. 2006, Nr 136, poz. 964). Natomiast porównując wyniki analiz nie zaobserwowano podwyższonych wartości żadnego z badanych parametrów w stosunku do dopuszczalnych norm dla zanieczyszczeń w ściekach przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych (Dz. U. 2006, Nr 136, poz. 964).
4. Wyniki analizy składu gazu składowiskowego wykazują znaczną procentową zawartość tlenu, przy niskiej zawartości metanu oraz dwutlenku węgla we wszystkich studzienkach odgazowujących.
5. Wykonana analiza próbek odpadów zdeponowanych na składowisku odpadów w m. Liniewskie Góry wykazała przewagę odpadów papieru i tektury. Natomiast podczas wykonywania badań nie zaobserwowano występowania odpadów spożywczych pochodzenia zwierzęcego, frakcji drobnej, materiałów tekstylnych oraz pozostałych odpadów organicznych.
6. Na podstawie przeprowadzonych badań oceny przebiegu osiadania stwierdzić można ogólne wahanie poziomu osiadania na całej jego długości z przyrostem powierzchni składowiska w centralnej jego części, gdzie głównie były deponowane odpady oraz osiadanie powierzchni składowiska na pozostałej powierzchni..
7. Wykonane pomiary i obliczenia dla analizowanego profilu wskazują na małe prawdopodobieństwo wystąpienia niestabilności skarpy.

4. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

1. SGS EKO-PROJEKT, 2010; *Sprawozdania z badań wód podziemnych i odciekowych na składowisku odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry*; Pszczyna.
 2. SGS EKO-PROJEKT, 2010; *Sprawozdania z pomiarów gazu składowiskowego na składowisku odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry*; Pszczyna.
 3. SGS EKO-PROJEKT, 2010; *Sprawozdanie z badań składu i struktury odpadów na składowisku odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry*; Pszczyna.
 4. SGS EKO-PROJEKT, 2010; *Ocena przebiegu osiadania powierzchni oraz stateczności zboczy składowiska odpadów w m. Liniewskie Góry*; Pszczyna.
 5. EKO-PROJEKT, 2010; *Monitoring składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry – raport za 2009 rok*; Pszczyna.
 6. EKO-PROJEKT, 2009; *Monitoring składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry – raport za 2008 rok*; Pszczyna.
 7. EKO-PROJEKT, 2008; *Monitoring składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry – raport za 2007 rok*; Pszczyna.
 8. EKO-PROJEKT, 2007; *Monitoring składowiska odpadów komunalnych w m. Liniewskie Góry – raport za 2006 rok*; Pszczyna.
 9. POLGEOL S.A., 2006; *Dokumentacja hydrogeologiczna z wykonania sieci otworów piezometrycznych w rejonie składowiska odpadów w Liniewie*; Gdańsk.
 10. Materiały od Zleceniodawcy
-
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. 2002, Nr 220, poz. 1858).
 12. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U.2008, Nr 143, poz. 896).
 13. Rozporządzenie Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 roku w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych (Dz. U. 2006, Nr 136, poz. 964).
 14. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 roku zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. 2009, Nr 27, poz. 169).
-
15. Anielak A., 2002; *Chemiczne i fizykochemiczne oczyszczanie ścieków*. PWN, Warszawa.
 16. Dudek J., Pałkowska H.; *Gaz składowiskowy-źródło energii odnawialnej* - www.inig.pl

17. Gomółka E., Szaynok A., 1997; *Chemia wody i powietrza*. OWPW, Wrocław.
18. Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002; *Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych*. PWN, Warszawa.
19. Madej J., 1969; *Określenie stateczności zboczy metodą pasków w świetle stosowania elektronicznej techniki obliczeniowej*. Archiwum Hydrotechniki, t XVI, z.3.
20. Nielsen D.M., 1991; *Practical handbook of groundwater monitoring*. Lewis Publ. Chelsea 717 p.
21. Lenczewska - Samotyja E. i in.; 2000; *Zarys geologii z elementami geologii inżynierskiej i hydrogeologii*. WPW, Warszawa.
22. Pazdro Z., 1990; *Hydrogeologia ogólna*. Warszawa.
23. Politechnika Warszawska – Wykorzystywanie biogazu ze składowisk odpadów jako odnawialne źródło energii – materiały seminaryjne.
24. Szczepańska J., Kmiecik E., 1998; *Statystyczna kontrola jakości danych w monitoringu wód podziemnych*. Wydawnictwa AGH, Kraków.
25. Szczepańska J., Kmiecik E., 2005; *Ocena stanu chemicznego wód podziemnych w oparciu o wyniki badań monitoringowych*. Wydawnictwa AGH, Kraków.
26. Wiłun Z., 1987; *Zarys geotechniki*. WKŁ, Warszawa.