



Impact on the soil of a selected landfill for the wastes other than hazardous and neutral

Monika CZOP¹, Ewa KRAUS¹

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, MonikaCzop@polsl.pl, tel. 32 237 21 04, ewa.kraus93@gmail.com

Abstract

Deposit is the least desired way of waste management. However, despite more and more strict legal regulations, it is still the most common method. The evaluation of the impact of landfills on the soil is so important when it is located near the agricultural areas. Therefore, the tests included soils adjacent to the landfill for wastes other than hazardous and neutral in Bytom. Samples were taken in two distances from the landfill and physicochemical analysis and phytotoxicity test were performed. It was noted that the soil properties were stimulating growth of plants and that contained high amounts of chlorides, phosphorus and organic carbon. The soils had a slightly acidic pH.

Keywords: waste management, landfill, soil, disposal.

Streszczenie

Wpływ wybranego składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne na glebę

Składowanie to najmniej pożądany sposób gospodarki odpadami, jednak mimo zaostrzających się przepisów prawnych, wciąż pozostaje jednym z najpowszechniejszych. Ocena oddziaływania składowisk odpadów na środowisko glebowe jest tym bardziej istotna, kiedy w ich sąsiedztwie znajdują się tereny uprawne. W związku z tym, badaniem objęto gleby sąsiadujące ze składowiskiem odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Bytomiu. Pobrano próbki w dwóch odległościach od obiektu i przeprowadzono analizę fizykochemiczną oraz test fitotoksyczności. Stwierdzono stymulujące wzrost roślin właściwości gleb oraz wysoką zawartość chlorków, fosforu i węgla organicznego. Gleby wykazały lekko kwaśny odczyn.

Słowa kluczowe: gospodarka odpadami, składowisko odpadów, gleba, unieszkodliwianie.

1. Wstęp

Obserwując statystyki na przełomie ostatnich kilku lat można zauważyć znaczącą zmianę trendów w zakresie gospodarki odpadami. Tradycyjne składowanie w coraz większym stopniu jest wypierane przez metody alternatywne, co wiąże się z korzyściami ekologicznymi. Według danych opublikowanych przez Główny Urząd Statystyczny, w 2006 roku 91% wszystkich zebranych odpadów komunalnych trafiło na składowiska. Selektywnie zebrano zaledwie 4,1% odpadów. [1] W roku 2015 liczby te przedstawiały się znacznie korzystniej dla środowiska. Na składowiskach zdeponowano 44,3% odpadów, natomiast do odzysku trafiło ich ok. 55% (odzysk dotyczył takich metod jak recykling – 26,4%, biologiczne przetwarzanie – 16,1%, termiczne przekształcanie z odzyskiem energii – 12,1%). Selektywna zbiórka obejmowała 23,4% wszystkich odpadów. [2]

Trend ten ma swoje źródło w zaostrzających się przepisach prawnych dotyczących składowania odpadów oraz rosnącej świadomości ekologicznej społeczeństwa. Wymagania dotyczące składowisk odpadów określa Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 roku w sprawie składowisk odpadów [3]. Pierwszym kryterium jest wybór odpowiedniej lokalizacji. Nie mogą to być rejony krasowe i o silnie spękanym podłożu, doliny rzek, tereny podmokłe, bagienne i zalewowe, obszary lasów ochronnych oraz otulin parków narodowych i rezerwatów przyrody, strefy w pobliżu ujęć wody pitnej, ochrony wód i zbiorników retencyjnych,

a także tereny aktywne sejsmicznie. Oprócz tego musi być zachowana odpowiednia odległość od budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Miejsce planowanego składowiska oraz tereny przylegające muszą być poddane badaniom hydrologicznym (uwzględnienie m.in. parowania terenowego, danych dotyczących średniej rocznej wielkości opadów na przestrzeni lat itd.) oraz geologicznym (określenie m.in. pojemności sorpcyjnej gruntu, budowy geologicznej terenu itd.). Miąższość naturalnej bariery geologicznej nie może być mniejsza niż 1 m, a współczynnik filtracji wynosi $k \leq 1,0 \times 10^{-9}$ m/s. Na składowiskach (w tym również na zboczach) należy stosować systemy drenażu, odprowadzające powstałe odcieki, które są kierowane do specjalnych zbiorników lub bezpośrednio do kanalizacji. Wejście osobom nieupoważnionym na teren składowiska oraz nielegalne składowanie powinno być uniemożliwione. Wokół obiektu winien rozciągać się pas roślinności (drzew i krzewów) o szerokości min. 10 m. Każde składowisko musi posiadać wagę umożliwiającą pomiar masy deponowanych odpadów na jego obiekcie. Po zakończeniu eksploatacji należy przeprowadzić w odpowiedni sposób rekultywację terenu, która została określona na etapie projektu.

W ramach ochrony środowiska, we wszystkich fazach działania składowiska prowadzi się monitoring. Zakres badanych parametrów wskaźnikowych wraz z wymaganą częstotliwością badań przedstawiony jest w tabeli 1.1. Oprócz tego, składowiska przyjmujące odpady komunalne są zobowiązane do kontrolowania następujących parametrów: odczyn (pH), przewodność elektrolityczna właściwa, ogólny węgiel organiczny (OWO), zawartość poszczególnych metali ciężkich (m.in. cynk, miedź, kadm itd.), suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych.

Tabela 1.1. Parametry wskaźnikowe oraz częstotliwość badań w określonych fazach eksploatacji składowiska [3]

Lp.	Parametr wskaźnikowy	Minimalna częstotliwość badań		
		faza przedeksploatacyjna	faza eksploatacyjna	faza poeksploatacyjna
1	Wielkość przepływu wód powierzchniowych	jednorazowo	co 3 miesiące	co 6 miesięcy
2	Skład wód powierzchniowych	jednorazowo	co 3 miesiące	co 6 miesięcy
3	Objętość wód odciekowych	brak	co 1 miesiąc	co 6 miesięcy
4	Skład wód odciekowych	brak	co 3 miesiące	co 6 miesięcy
5	Poziom wód podziemnych	jednorazowo	co 3 miesiące	co 6 miesięcy
6	Skład wód podziemnych	jednorazowo	co 3 miesiące	co 6 miesięcy
7	Emisja gazu składowiskowego	brak	co 1 miesiąc	co 6 miesięcy
8	Skład gazu składowiskowego	brak	co 1 miesiąc	co 6 miesięcy
9	Sprawność systemu odprowadzania gazu składowiskowego	brak	brak	co 12 miesięcy
10	Osiadanie składowiska	brak	co 12 miesięcy	co 12 miesięcy
11	Występowanie oparów rtęci	brak	pomiar ciągły	pomiar ciągły
12	Kontrola wzrokowa miejsca składowania rtęci i pojemników	brak	co 1 miesiąc	co 1 miesiąc
13	Struktura i skład masy odpadów	brak	co 12 miesięcy	brak

Zgodnie z Ustawą o odpadach [4] składowanie jako jeden z procesów unieszkodliwiania odpadów jest najmniej pożądaną formą gospodarki odpadami, jednak w Polsce wciąż pozostaje najpowszechniejszą. Strumień składowanych odpadów jest marnowaniem potencjalnych surowców.

2. Składowiska odpadów

Składowisko odpadów powinno rozpatrywać się jako bioreaktor, gdzie w wyniku działania czynników zewnętrznych dochodzi do przemian mikrobiologicznych i biochemicznych. Składowisko to bioreaktor, w którym przeważają procesy beztlenowe, skutkujące wydzielaniem się kwasów, a w dalszym etapie metanu i ditlenku węgla. W optymalnych warunkach możliwa jest produkcja i odprowadzenie biogazu. [5]

Emisja zanieczyszczeń do środowiska stanowi nieodłączny problem w procesie składowania. Stanowi ona zagrożenie dla następujących elementów:

- atmosfery,
- wód powierzchniowych i podziemnych,
- gruntu.

Do powietrza uwalniane są, oprócz wyżej wymienionego metanu i ditlenku węgla, takie gazy jak: amoniak, tlenki siarki, azotu, węgla, podtlenek azotu oraz pyły. Sytuacja jest najbardziej niebezpieczna, kiedy składowisko nie jest wyposażone w system odgazowania, występuje wtedy emisja rozproszona, czyli taka, która rozprzestrzenia się we wszystkich kierunkach. Metan jako gaz palny i wybuchowy niesie również za sobą potencjalne zagrożenie pożarowe. Kiedy dochodzi do pożaru wydzielają się toksyczne gazy będące produktami niepełnego spalania, a także rakotwórcze dioksyny i furany. [5]

Zagrożenie dla wód i gruntów jest związane przede wszystkim z powstającymi odciekami. Są to wody przedostające się do wnętrza składowiska i wypływające zanieczyszczenia, mające źródło w opadach atmosferycznych, dopływających wodach powierzchniowych i podziemnych oraz w mniejszym stopniu wodach dostarczonych wraz z odpadami. Rozpatrywane zanieczyszczenia to przede wszystkim: materia organiczna, zanieczyszczenia organiczne (np. fenole, detergenty, węglowodory aromatyczne), jony nieorganiczne (np. chlorków, siarczanów) oraz metale ciężkie (np. kadm, ołów, cynk). Stężenie zanieczyszczeń spada wraz ze wzrostem odległości od składowiska oraz jego wieku. Gleba, w zależności od jej przepuszczalności, częściowo zatrzymuje zanieczyszczenia, zanim dostaną się one do wód gruntowych. Można oczekiwać, że właśnie w glebie będą one najbardziej skumulowane. [5]

Warto tutaj wspomnieć, że składowiska (oprócz składowisk odpadów obojętnych i tych zamkniętych przed 16 lipca 2001 roku) są zobligowane do prowadzenia zintegrowanego rejestru uwalniania i transferu zanieczyszczeń (PRTR), podając w nich informacje o emisji do powietrza oraz wód powierzchniowych i podziemnych, natomiast uwolnienia do środowiska glebowego nie są zgłaszane. [5]

Podjęte badania miały na celu próbę oceny wpływu składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne na glebę. Ocena ta wydaje się być tym bardziej istotna, ponieważ w bezpośrednim sąsiedztwie analizowanego obiektu znajdują się tereny uprawne. Zanieczyszczenia mogą negatywnie oddziaływać na funkcję ochronną gleby, jej aktywność metaboliczną oraz właściwości fizykochemiczne, a co za tym idzie zmniejszyć żyzność i plony roślinne. [6] Z drugiej strony rośliny rosnące w zanieczyszczonej glebie będą w sobie kumulować szkodliwe związki, co z kolei stanowi zagrożenie dla spożywających je ludzi i zwierząt.

3. Materiał i metody badań

3.1. Charakterystyka terenu

Miejscem, w którym zostały pobrane próbki gleby są rozległe tereny zielone na terenie Bytomia. W ich obrębie znajdują się okoliczne hałdy (w znacznej odległości od badanej gleby), zarybiony staw, tereny uprawne (między innymi pod rośliny korzenne, takie jak marchew zwyczajna i pietruszka zwyczajna), wokół rośnie wiele rodzajów drzew. W odległości ok. 1 km przebiega ruchliwa droga nr 911 (Rys.3.1).

Obok terenów uprawnych mieści się składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne, zarządzane przez Bytomskie Przedsiębiorstwo Komunalne Sp. z o. o. Działa ono od kwietnia 2000 roku, zajmując powierzchnię 11,28 ha i przyjmując rocznie ok. 60000 Mg odpadów. [7]



Rys. 3.1. Widok z góry na analizowany teren [8]

3.2. Charakterystyka pobranych prób

Pierwsza próbka (GB) została pobrana ok. 5 metrów od terenu składowiska. Miejsce dosyć gęsto porośnięte było roślinnością, a gleba była twarda, zbita i wilgotna. Drugą próbkę (GD) pobrano w odległości ok. 20 metrów od terenu składowiska. Gleba była bardziej sypka, jednak również wilgotna, miejsce natomiast pokrywała przede wszystkim wyschnięta trawa, sporadycznie porastały je świeże rośliny (w okresie letnim bujnie pokrywa je trawa). W obu przypadkach zapach ziemi był bardzo subtelny, z odległości niewyczuwalny. Dla obydwu rodzajów gleb wykonano po kilka powtórzeń, a prezentowane wartości stanowią uśrednienie otrzymanych wyników.

3.3. Przeprowadzone oznaczenia

W tabeli 3.1 zestawiono wykonane w ramach analizy fizykochemicznej oznaczenia wraz z normami.

Tabela 3.1. Normy, według których przeprowadzono analizy

Oznaczenia	Jednostka	Symbol	Norma
Oznaczenie wilgotności całkowitej	%	W _c	PN-Z-15008-02: 1993P
Oznaczenie zawartości azotu metodą Kjeldahla	%	N	PN-G-04523: 1992P
Oznaczenie: pH, zawartości substancji organicznej, węgla organicznego i fosforu	%	OWO, P	PN-Z-15011-3:2001
Oznaczenie chlorków – metoda miareczkowania azotanem srebra w obecności chromianu jako wskaźnika (Metoda Mohra)	g/dm ³	Cl ⁻	PN-ISO 9297:1994P

W ramach badania przeprowadzono test fitotoksyczności zgodnie z normą PN-EN ISO 11269-1:2013-06. *Jakość gleby. Oznaczenie wpływu zanieczyszczeń na florę glebową. Część 1: Metoda pomiaru hamowania wzrostu korzeni.* Użyto w nim trzech rodzajów nasion: pszenicy, pieprznicy siewnej (rzeżuchy ogrodowej) oraz gorczycy białej.

Przed rozpoczęciem doświadczenia w temperaturze ok. 21°C oraz w ciemności sprawdzono możliwość kiełkowania w/w roślin. W testach zostały wykorzystane nasiona, których zdolność kiełkowania przekroczyła 90%.

Na płytce Petriego naniesiono badaną glebę, zwilżono ją wodą destylowaną i pokryto bibułą filtracyjną. Następnie wysiano 25 nasion, po dwie próby na każde badanie. Dla każdego rodzaju nasion wykonano również próbę kontrolną, wysiewając je na bibule filtracyjnej zwilżonej wodą destylowaną. Tak przygotowane próbki zostawiono na 72 oraz 168 godzin w ciemności, w temperaturze ok. 25°C. Po zadanych czasie zmierzono długość korzenia oraz łodygi i w oparciu o otrzymane wyniki sporządzono ocenę stymulującego lub inhibicyjnego wpływu badanej gleby. Siłę kiełkowania obliczono następująco:

$$Z_k = \frac{n_k}{n_c} \cdot 100 [\%] \quad (3.1)$$

gdzie:

n_k – ilość nasion wykiełkowanych,

n_c – ilość nasion wysianych.

W celu obliczenia współczynnika inhibicji wzrostu korzeni roślin (I_K) oraz pędów (I_N) wykorzystano wzór 3.2:

$$I_K = \frac{L_k - L_b}{L_k} \cdot 100 [\%] \quad (3.2)$$

gdzie:

L_k – średnia długość korzeni z próby kontrolnej [mm],

L_b – średnia długość korzeni w badanej próbce [mm].

Współczynnik inhibicji wzrostu łodyg roślin wyznaczono analogicznie.

4. Wyniki badań

W tabeli 4.1 zestawiono właściwości fizykochemiczne badanych gleb. Fizyczne właściwości dla obu próbek są do siebie zbliżone. Wilgotność całkowita jest dosyć wysoka, należy jednak pamiętać, że jej wartość zależy od różnych czynników, przede wszystkim od ilości opadów atmosferycznych w danym okresie.

Odczyn gleb, szczególnie w przypadku GB jest lekko kwaśny, a więc dobrze tolerowany przez większość roślin. Interesujący jest fakt, że pomiar pH w miejscu wykorzystanym aktualnie pod uprawę marchwi zwyczajnej, oddalonym od składowiska o ok. 50 metrów wykazał odczyn obojętny. Potencjał redoks mieści się w zakresie gleb średnio zredukowanych, co oznacza, że badane próbki są umiarkowanie odporne na procesy redukcji. [9]. Kwasowość oraz zasadowość ogólna wynikają z wcześniej oznaczonego odczynu. Ponieważ jest on kwaśny, badanie nie wykazało zasadowości ogólnej w próbkach.

Skład chemiczny gleb różnił się od siebie. Dla próbki GB uzyskano większą zawartość analizowanych substancji.

Obie gleby, szczególnie zaś gleba GB wykazują bardzo dużą zawartość ortofosforanów, a co za tym idzie - fosforu. Zgodnie z opracowaniem [10] Marka Krysztoforskiego z Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie zawartość fosforu w glebach uprawnych mieści się w granicach 0,03 – 0,15%. Można zauważyć, że w przypadku próbki GD procentowy udział tego pierwiastka jest większy ponad czterokrotnie, natomiast przy próbce GB ponad sześciokrotnie. Uzyskane wartości znacznie przewyższają również liczby ujęte w ocenie zasobności gleb w ten składnik dokonaną przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach [11]. Fosfor jest pierwiastkiem, który użyźnia glebę i jest niezbędny do rozwoju roślin. Rzeczywiście pas zieleni otaczający składowisko, w którym została pobrana próbka GB jest bardzo bujnie porośnięty roślinnością. W miejscu poboru próbki GD ilość tego pierwiastka jest mniejsza, jednak wciąż duża, co również może tłumaczyć gęste porośnięcie trawą w okresie letnim.

Odnotowano również bardzo wysoką zawartość chlorków, gdzie w większości przypadków nie powinna ona przekraczać 50 mg/dm³ [12]. Z racji tego, że chlorki są często występującym anionem w odciekach, istnieje możliwość, że ich duża ilość w analizowanej glebie jest powiązana z bliskością rozważanego składowiska odpadów.

Azot ogólny oznaczony w próbkach GB oraz GD mieści się w przedziale zawartości tego pierwiastka większości gleb Polski, wynoszącym 0,1-0,3%. [13]

Najbardziej ciekawym wynikiem jest oznaczony w glebach węgiel organiczny. Ogólny węgiel organiczny (OWO) stanowi wskaźnik zanieczyszczenia materią organiczną. Źródła tych zanieczyszczeń są bardzo szerokie, gdyż biorą się m.in. z tłuszczów, alkoholi, pochodnych tworzyw sztucznych, szczątków roślin i zwierząt oraz wielu innych. Wyszedł on na bardzo wysokim poziomie, można więc przypuszczać, że jest to wynik oddziaływania składowiska, jako że skład przyjmowanych odpadów to w dużej mierze właśnie substancja organiczna.

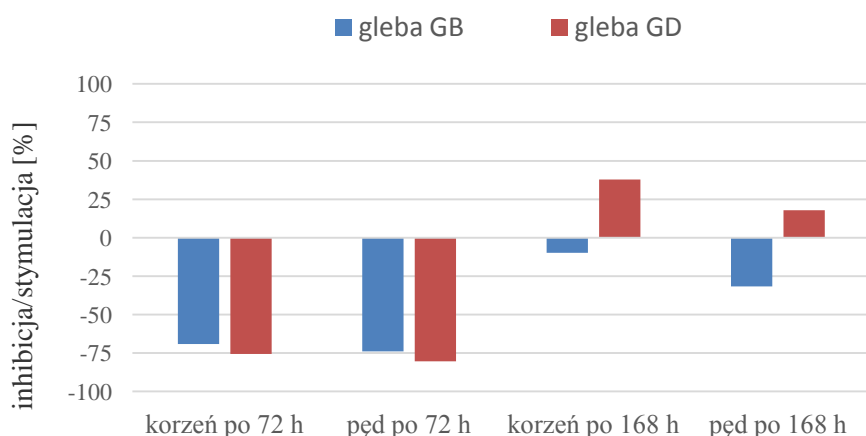
Wysoki stosunek C:N, wynoszący w obu glebach ponad 90 wskazuje na niską aktywność biologiczną oraz bardzo duże ilości nierozłożonej materii organicznej. [13]

Tabela 4.1. Właściwości fizykochemiczne badanych gleb

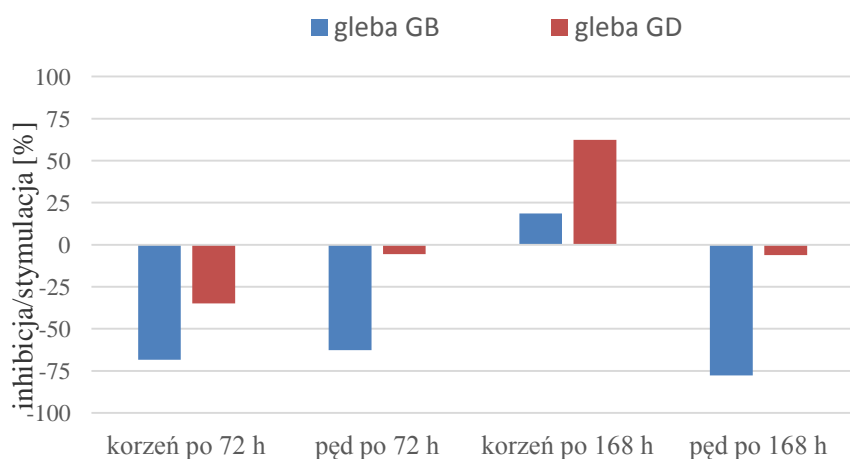
Rodzaj oznaczenia	Jednostka	Badane próby	
		GB	GD
Wilgotność całkowita	%	15,21	15,97
pH w terenie	-	6,70	6,10
pH _{H₂O}	-	6,90	6,60
pH _{KCl}	-	5,30	5,20
Potencjał redoks	mV	235,35	237,35
Kwasowość ogólna	mval/dm ³	1,00	1,30
Zasadowość ogólna	mval/dm ³	-	-
Zawartość chlorków w wyciągu wodnym	mg/dm ³	103,68	86,40
Zawartość ortofosforaów	mg	0,06	0,04
Zawartość fosforu	%	0,96	0,66
Zawartość azotu ogólnego	%	0,23	0,19
Zawartość łatwo rozkładanej biologicznie substancji organicznej (RSO)	%	44,68	36,43
Zawartość węgla organicznego	%	21,00	17,12
C:N	-	91	90
C:P	-	22	26

Test fitotoksyczności zdaje się potwierdzać wyniki analizy fizykochemicznej. Wskazał on na działanie stymulujące badanych gleb, zauważono znaczny rozrost wysianych roślin. Współczynnik siły kiełkowania oraz średnie długości korzeni i pędów w przeważającej części są większe dla próbki GB niż dla prób kontrolnych. Próbka GD wypada tu nieco gorzej, jednak dalej bez wątpliwości wykazuje właściwości, które sprzyjają wzrostowi roślin. Obliczone współczynniki inhibicji/stymulacji poszczególnych roślin dla badanych gleb zaprezentowano na rysunkach 3.1 – 3.3.

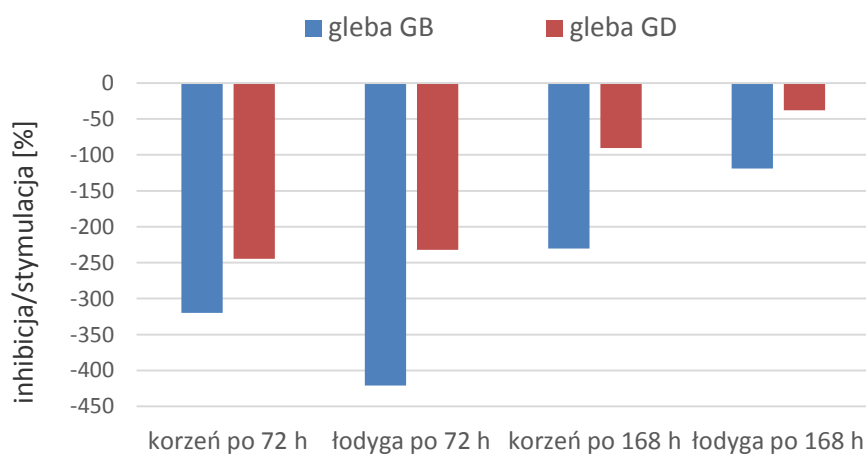
Właściwości stymulujące analizowanych gleb przejawiały się przede wszystkim w pierwszych 72 godzinach od czasu wysiania. Miał wtedy miejsce dynamiczny rozrost roślin, który jednak w miarę upływu czasu ulegał spowolnieniu.



Rys. 4.1 Współczynnik inhibicji/stymulacji korzenia i pędu rzeżuchy po zadanym czasie dla badanych gleb



Rys. 4.2 Współczynnik inhibicji/stymulacji korzenia i pędu gorczycy po zadanym czasie dla badanych gleb



Rys. 4.3 Współczynnik inhibicji/stymulacji korzenia i pędu pszenicy po zadanym czasie dla badanych gleb

Mocno zauważalny jest wniosek, że gleba znajdująca się bliżej składowiska posiada lepsze właściwości stymulujące niż ta w dalszej odległości. Można przypuszczać, że jest to związane z większą ilością składników odżywczych znajdujących się w ziemi, takich jak fosfor, azot czy próchnica (materia organiczna), co wpływa na jej żyzność. Jednak z racji tego, że w glebie GD również jest ich duża ilość, w przeważającej części też wykazała ona silne działanie stymulujące wzrost roślin.

Warto tutaj wspomnieć, że pomimo znacznej stymulacji oraz otrzymania wysokich wyników średnich długości części korzeniowych i pędów, najczęściej (szczególnie po czasie 72 godzin od wysiania) wyższych od tych uzyskanych dla prób kontrolnych, nie miało to przełożenia na jakość roślin. Zarówno części nadziemne jak i podziemne były cienkie, wątłe i bardzo delikatne, łatwo można było je uszkodzić (np. przez przerwanie), czego nie zauważono przy próbach kontrolnych. Może się to wiązać bezpośrednio ze składem, w tym ze zbyt dużą ilością składników odżywczych. Rośliny gwałtownie rosną, nie mając czasu prawidłowo rozbudować systemów korzeniowych oraz części naziemnej.

3. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że w analizowanym przypadku istnieje możliwość oddziaływania składowiska odpadów na środowisko glebowe. Oprócz wysokiej zawartości chlorków, fosforu czy węgla organicznego w próbkach, wskazuje na to fakt, iż w glebie usytuowanej bliżej terenu składowiska ilość tych substancji jest większa, niż w glebie znajdującej się w dalszej odległości.

Nie można jednak jednoznacznie potwierdzić, że stan analizowanego gruntu ma ścisły związek z sąsiedztwem składowiska. W tym celu należałoby przeprowadzić bardziej szczegółowe analizy, również gleb oddalonych na większą odległość od obiektu. Warto byłoby przeprowadzić badanie gleby na obecność metali ciężkich, jak również w kolejnych odstępach czasu monitorować analizowany teren.

Literatura

1. Dąbrówko H., Sobczyk M. (2007). Infrastruktura komunalna w 2006 r., Warszawa: GUS
 2. Adamczyk I., Różańska B., Sobczyk M. (2016). Infrastruktura komunalna w 2015 r., Warszawa: GUS
 3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów (Dz.U. 2013 poz. 523)
 4. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2013 poz. 21)
 5. Chrząszcz J., Klimek A., Oseka M., Wysokiński L., Zawadzka-Kos M. (2010). Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla składowisk odpadów komunalnych. Warszawa
 6. Wyszowski M., Ziółkowska A. (2009). Zawartość węgla organicznego i niektórych makropierwiastków w glebie zanieczyszczonej benzyną i olejem napędowym. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 40, 112-122
 7. Składowisko odpadów. Bytomskie Przedsiębiorstwo Komunalne Sp. z o.o. [on-line: <http://www.bpk.pl/index.php?grupa=9&dzi=1320700926&art=1320356013>], dostęp w Internecie: 03.01.17 r.
 8. Mapa firmy Google [on-line: www.mapy.google.pl]
 9. Gliński J., Ostrowski J., Stępniewska Z., Stępniewski W. (2004). Klasyfikacja odporności oksydoredukcyjnej gleb ornych Polski i ich przestrzenna charakterystyka. *Woda-Środowisko-Obszary wiejskie*, 4 z. 2b (12), 125-133
 10. Kryzstoforski M. (2016). Pobieranie prób gleby i nawozów do analiz chemicznych i interpretacja wyników. CDR w Brwinowie, oddział w Radomiu [on-line: http://cdr.gov.pl/images/Radom/pliki/2016/0607/Pobieranie_prob_gleby_i_nawozow.pdf], dostęp w Internecie: 03.01.17 r.
 11. Fotyma M., Lipiński W. (red. 2005). Odczyn i zawartość składników mineralnych w glebach i wodach glebowo-gruntowych w Polsce według badań Stacji Chemiczno Rolniczych w 50 lecie ich działalności. *Nawozy i nawożenie*, 2 (23)
 12. Polewska-Jankowiak I. (2013). Nawozy bezchlorkowe do żywienia warzyw. [on-line: <http://doradztwowaarzywnicze.pl/nawozy-bezchlorkowe-do-zywienia-warzyw-2/>], dostęp w Internecie: 03.01.17 r.
 13. Mroczkowski W., Stuczyński T. (2011) Oznaczanie azotu ogólnego w glebach. *LAB Laboratoria, Aparatura, Badania*, R. 16 (2), 23-24
-