

ROLNICZE WYKORZYSTANIE ODPADÓW JAKO OGNIWO ŁAŃCUCHA WARTOŚCI GOSPODARKI OBIEGU ZAMKNIĘTEGO

Nawozy z odpadów i produktów ubocznych jako źródło składników pokarmowych dla roślin i czynnik poprawy żyzności gleb

Streszczenie

Odpady są często postrzegane jako atrybut współczesnej cywilizacji. Szacuje się, że w krajach wysoko rozwiniętych przy wzroście liczby ludności 1-2%, produkcja przemysłowa rośnie o 4-6% i w podobnym tempie zwiększa się ilość wytwarzanych w ciągu roku odpadów. W XXI wieku pod presją narastających problemów środowiskowych, klimatycznych oraz demograficznych uzmysłowiono sobie, że dotychczasowy model gospodarki światowej, tak zwany „*model linearny*” staje się coraz bardziej narastającym zagrożeniem cywilizacyjnym. Gospodarka oparta o ten model realizuje ciągły wzrost gospodarczy bazując na powiększającym się zużyciu surowców i zwiększającym się wolumenie odpadów. Opiera się on w uproszczeniu na zasadzie „*weź – wyprodukuj – zużyj – wyrzucić*”. Efektem długofalowym takiego modelu gospodarowania, który dominował w gospodarkach światowych XX wieku, był między innymi, efekt uboczny wyrażający się małą dbałością o efektywne wykorzystanie surowców, zarówno pod względem materiałowym jak i energetycznym, gdyż główne cele gospodarcze ukierunkowane były na produkcję podstawową i zysk. Stało się to jednym z istotnych globalnych czynników zagrożeń środowiskowych wyrażające się nadmiernym nagromadzeniem odpadów we wszystkich elementach globalnego ekosystemu świata – litosferze i hydrosferze, stając się także istotnym czynnikiem zanieczyszczenia atmosfery. Ponadto pojawiła się realna groźba wyczerpywania się zasobów surowców nieodnawialnych i wzrostu ich cen, co stanowić może istotne ryzyko dla stabilnego rozwoju gospodarczego wielu państw. W efekcie tych globalnych zagrożeń w początkach XXI wieku ukształtowało się nowe spojrzenie na szeroko rozumiane gospodarowanie, w którym ma miejsce stopniowe odejście od tradycyjnego „*modelu linearnego*” do tak zwanego „*modelu pętli*”, w którym

odpady, jeśli powstają, stają się surowcem. Ta nowa strategia gospodarowania i rozwoju określana jako „*gospodarka obiegu zamkniętego*” stanowi pewnego rodzaju regenerujący się system gospodarowania minimalizujący zużycie surowców i wielkość odpadów, a także ograniczający emisję zanieczyszczeń i straty energii poprzez tworzenie zamkniętych pętli procesów wytwórczych, w których odpady z jednych procesów są wykorzystywane jako surowce do innych procesów. Tak rozumiana nowa strategia gospodarowania pozwala na utrzymanie wzrostu gospodarczego przy jednoczesnej optymalizacji zużycia coraz bardziej ograniczonych zasobów naturalnych. Jej realizacja wiąże się jednak z zasadniczym przekształceniem łańcuchów produkcji i konsumpcji oraz wymaga nowego zarządzania łańcuchem dostaw, w którym eliminuje się, lub zasadniczo ogranicza pojęcie końca życia produktu. Transformacja w kierunku gospodarki obiegu zamkniętego wymaga podjęcia skoordynowanych działań na wszystkich etapach *cyklu życia produktu* – od pozyskania surowca, poprzez projektowanie, produkcję, konsumpcję, zbieranie odpadów aż po ich zagospodarowanie. Tak więc zagospodarowanie odpadów stanowi w modelu gospodarki obiegu zamkniętego integralną część cyklu życia, co w zasadniczy sposób odróżnia ten model od gospodarki linearnej. Gospodarka obiegu zamkniętego wprowadza także nowe podejście wyrażające się rozszerzoną odpowiedzialnością producenta (EPR – Extender Producer Responsibility), które zobowiązuje go do zebrania i zagospodarowania odpadów powstałych przy wytwarzanych przez niego i wprowadzanych na rynek produktach. Zachęca to producenta do analizy całego cyklu życia produktu pod kątem ograniczenia odpadów lub ich gospodarczego wykorzystania. Stanowi to realizację uznanej powszechnie zasady „*zanieczyszczający płaci*”. Należy podkreślić, że nie istnieje jeden uniwersalny model transformacji w kierunku gospodarki obiegu zamkniętego dla wszystkich państw. Przekształcenie w kierunku gospodarki obiegu zamkniętego musi opierać się o indywidualne programy krajowe, uwzględniające specyfikę krajowych gospodarek i ich aktualny poziom rozwoju gospodarczego. Natomiast program implementujący koncepcję gospodarki obiegu zamkniętego na szczeblu krajowym, aby był kompleksowy i spójny wewnętrznie, powinien być realizowany na wszystkich szczeblach struktur krajowych; na poziomie regionów, województw i gmin.

Nawozy z odpadów jako ogniwo gospodarki o obiegu zamkniętym

Gospodarka światowa w XXI wieku coraz bardziej ukierunkowuje się na produkcję opartą o zrównoważone wykorzystanie surowców, w której coraz istotniejszą rolę odgrywają technologie pozwalające włączyć szeroko rozumiane odpady ponownie w cykl produkcyjny. Tworzone są w coraz szerszym zakresie nowe technologie, w których istotnym ogniwem staje się zagospodarowanie powstających odpadów, polegające na ponownym włączeniu ich w cykl produkcyjny. Wśród wielu kierunków przetwarzania odpadów na produkty użyteczne, szczególnie istotną rolę odgrywa ich nawozowe wykorzystanie. Szereg odpadów powstających w przetwórstwie rolno-spożywczym, w fermach zwierzęcych, gospodarce komunalnej, a także w wielu gałęziach przemysłu wykorzystującego surowce mineralne, posiada znaczny potencjał nawozowy. Ich szersze niż dotąd wykorzystanie do produkcji nawozów pozwoliłoby w istotny sposób poprawić bilans składników pokarmowych i substancji organicznej w wielu krajach. Jednak, aby odpady mogły być w formie surowej lub przetworzonej wykorzystane do nawożenia, muszą spełniać wymogi prawne na poziomie krajowym i europejskim. Wymogi prawne dopuszczające przyrodnicze wykorzystanie nawozów opartych na bazie odpadów są znacząco zróżnicowane w poszczególnych krajach UE. Dlatego wychodząc temu naprzeciw, Parlament Europejski w czerwcu 2019 r. uchwalił nowe uregulowania prawne (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Europy nr. 2019/1009 z dn. 5 czerwca 2019 r.), które otwiera rynek europejski na wszelkie rodzaje nawozów zarówno mineralnych, jak i organicznych i organiczno-mineralnych oraz nowe produkty nawozowe wytwarzane z odpadów o statusie polepszaczy glebowych, podłoży do upraw itp.

Omówienie treści podręcznika

Niniejszy podręcznik wpisuje się w plan działania Unii Europejskiej dotyczący gospodarki obiegu zamkniętego, w której zachęca się kraje członkowskie do produkcji nawozów uzyskiwanych z surowców organicznych lub wtórnych i stwarza nowe możliwości ich produkcji i wprowadzenia do obrotu na dużą skalę. Niniejsza książka stanowi element edukacji w zakresie gospodarki obiegu zamkniętego ukierunkowanej na szeroko rozumiane zrównoważone gospodarowanie składnikami pokarmowymi roślin w przestrzeni rolniczej. Obok podstawowych informacji z zakresu istoty gospodarki obiegu zamkniętego i potencjału

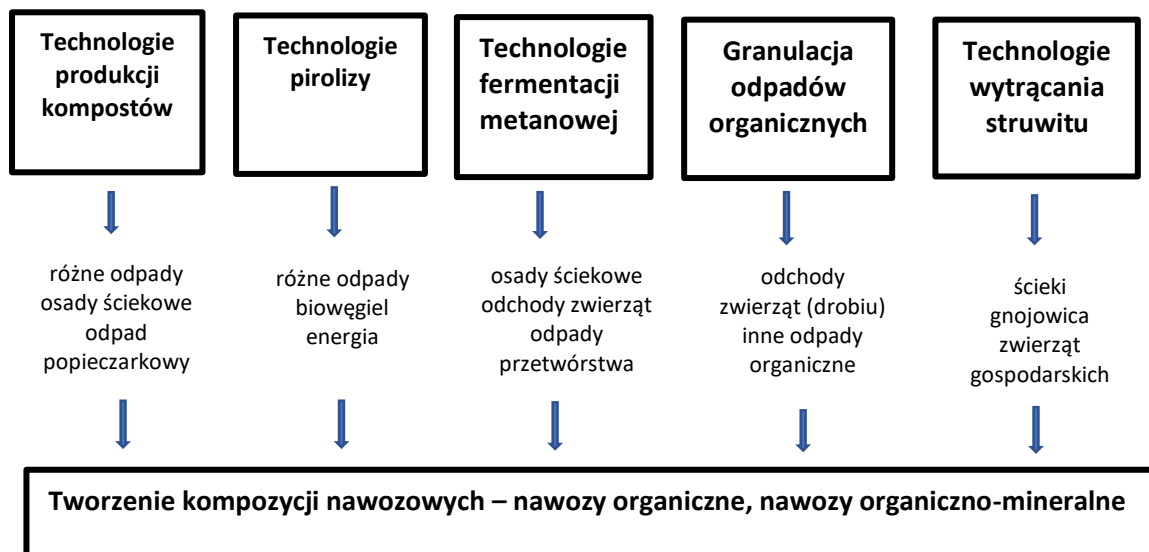
nawozowego tkwiącego w szeroko rozumianych odpadach, prezentuje innowacyjne technologie przetwarzania różnych odpadów na nawozy agroekologicznej użyteczności. Zawiera także podstawowe kompendium wiedzy w zakresie aspektów prawnych związanych z nawozowym wykorzystaniem odpadów.

W części wstępnej przedstawiono koncepcję gospodarki obiegu zamkniętego ukierunkowaną na przyrodniczy recykling odpadowych składników mineralnych, rozszerzając pojęcie zasobów przyrody jako obiektu gospodarowania, a także prezentując strategię UE na rzecz biogospodarki, w tym w szczególności w odniesieniu do nawozowego wykorzystania odpadów.

W rozdziale drugim szeroko omówiono potencjał nawozowy głównych odpadów, zarówno organicznych, jak i mineralnych, podając w szerokim zakresie dane liczbowe dotyczące zawartości i ilości składników nawozowych zarówno makro - jak i mikroelementów w odpadach wielu branż gospodarczych. W odniesieniu do odpadów organicznych omówiono potencjał nawozowy odchodów zwierzęcych, poprodukcyjnego podłoża pieczarkowego, odpadów przemysłu rolno-spożywczego, biodegradowalnej frakcji odpadów komunalnych w tym osadów ściekowych. W odniesieniu do odpadów nieorganicznych omówiono potencjał nawozowy takich odpadów jak: poprodukcyjna wełna mineralna z ogrodniczych upraw bezglebowych oraz uboczne produkty spalania powstające w procesach produkcji energii elektrycznej i ciepłej, którymi są głównie popioły lotne ze spalania węgla i biomasy odpadowej, a także gips z procesów odsiarczania gazów spalinowych. Ważnym odpadem jeśli chodzi o potencjał nawozowy są fosfogipsy, które omówiono wskazując także na inne niż nawozowy, kierunki zagospodarowania. Wśród innych odpadów nieorganicznych omówiono potencjał nawozowy odpadowego węgla brunatnego oraz odpadowych materiałów mogących mieć zastosowanie do odkwaszania gleb.

W dalszej części skoncentrowano się na kierunkach przetwarzania lub uzdatniania różnych odpadów na produkty nawozowe ze szczególnym podkreśleniem nowych innowacyjnych technologii. Technologie te są zasadniczo odmienne dla odpadów organicznych i odpadów nieorganicznych.

Kierunki i technologie przetwarzania odpadów organicznych na nawozy



W podręczniku zaprezentowano w szerokim zakresie technologie przetwarzania odpadów organicznych na komposty. Omówiono różne metody kompostowania, zarówno w bioreaktorach statycznych jak i dynamicznych przeznaczonych dla przetwarzania odpadów organicznych na kompost w różnej skali (miasta, zakłady przemysłowe i farmy rolnicze o różnej wielkości). Przedstawiono także niektóre niekonwencjonalne technologie kompostowania, takie jak technologia kompostowania w formie specjalnie uformowanych brykietów (system Brikollare), czy kompostowanie z wykorzystaniem dżdżownic (wermikompostowanie). Szeroko omówiono także możliwości rolniczego wykorzystania osadów ściekowych uwzględniając istniejące w tym zakresie ograniczenia środowiskowe.

Ważnym kierunkiem przetwarzania odpadów organicznych jest wytwarzanie biowęgla (biochar), przy zastosowaniu termicznej obróbki biomasy odpadowej zwanej pirolizą. W pracy wskazano na celowość wykorzystania tej metody i możliwości jej zastosowania wskazując na walory biowęgla, który stanowi materiał heterogeniczny bogaty w węgiel aromatyczny i związki mineralne. Omówiono technologie jego wytwarzania z różnych odpadów, a także wskazano na korzyści rolnicze dla żyzności gleby bez negatywnych skutków środowiskowych.

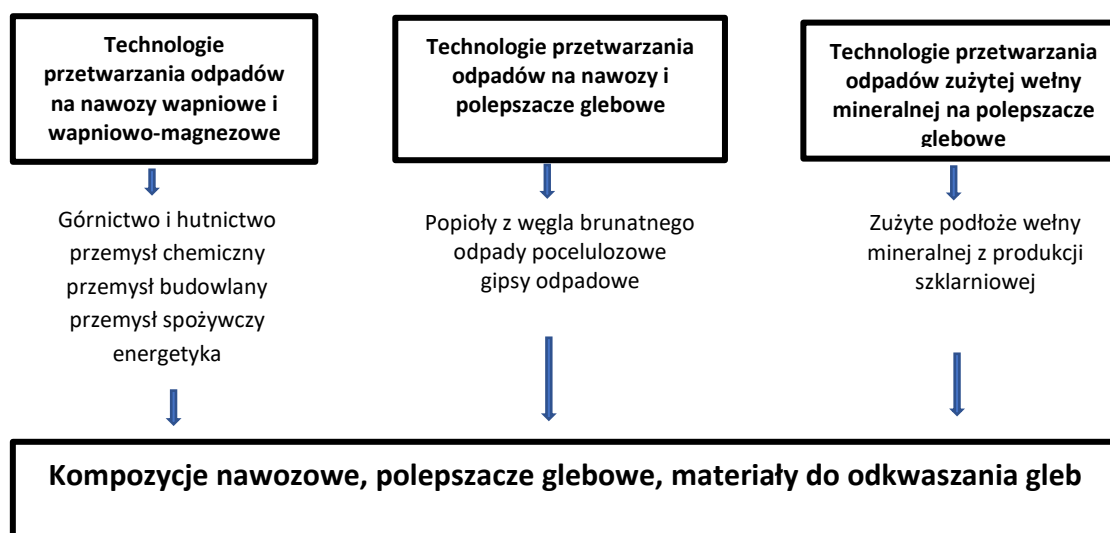
Praca omawia w szerokim zakresie fermentację metanową jako alternatywną w stosunku do kompostowania biochemiczną metodą zagospodarowania i przetwarzania odpadów organicznych, prowadzoną w biogazowniach rolniczych. Omawia walory nawozowe produktu pofermentacyjnego i możliwości jego przetwarzania na granulaty nawozowe.

Interesującym tematem omawianym w pracy jest nowa przyszłościowa koncepcja budowy na bazie biogazowni rolniczych biorafinerii koncentrujących się na odzysku składników mineralnych. Na przykładzie eksperymentalnej instalacji biorafinerii w gospodarstwie De Marke (Holandia) omówiono sposoby rozdzielania produktu pofermentacyjnego pozyskanego z gnojowicy na frakcje stałą i ciekłą. Wskazano na nawozowe wykorzystanie frakcji stałej i omówiono proces obróbki frakcji ciekłej mającej na celu odzysk pierwiastków biogenych. Omówiono technologię pozyskiwania dwóch nawozów mineralnych z frakcji ciekłej produktu pofermentacyjnego, a mianowicie struwitu stanowiącego wolnodziałający nawóz fosforowo – azotowy oraz siarczanu amonu.

Znaczną część podręcznika stanowi omówienie różnych technologii przetwarzania odpadów nieorganicznych na produkty nawozowe.

Jednym z podstawowych problemów rolnictwa krajów Europy środkowo wschodniej jest nadmierne zakwaszenie gleb. W podręczniku szeroko omówiono tą problematykę w odniesieniu do warunków Polski, która Polska z udziałem gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych wynoszącym około 60%, zajmuje jedno z pierwszych miejsc w Europie pod względem stanu zakwaszenia gleb. Jak wiadomo do odkwaszania gleb stosuje się nawozy wapniowe, czy to w formie węglanowej czy w formie tlenkowej. Jednak coraz częściej pojawiają się na rynku nawozy wapniowe i środki wapnujące, które są produktem ubocznym wielu gałęzi przemysłu.

Kierunki i technologie przetwarzania odpadów przemysłowych (nieorganicznych) na produkty nawozowe



Niektóre z nich powstają w bardzo dużych ilościach i mogą zostać z powodzeniem wykorzystane do regulacji odczynu gleby. W pracy omówiono najważniejsze produkty nawozowe do odkwaszania wytworzone z odpadów oraz technologie rolnicze ich stosowania na użytkach rolnych. Wskazano także na związane z tym odpowiednie uregulowania prawne.

Szeroko omawianym zagadnieniem w pracy jest problematyka wykorzystania ubocznych produktów spalania. Omówiono szanse i zagrożenia związane z ich przetwarzaniem na produkty nawozowe, a także skalę problemu związaną z ich wytwarzaniem i składowaniem. Odniesiono się szczegółowo do wykorzystania nawozowego popiołów lotnych powstałych ze spalania węgla brunatnego i biomasy odpadowej w tym biomasy drzewnej. Wskazano, że najszerze zastosowanie mają gipsy powstałe w procesie odsiarczania węgla. Omówiono także problematykę wykorzystania fosfogipsów powstających w dużych ilościach w procesie produkcji nawozów fosforowych (kwasu fosforowego) w zakładach chemicznych.

Ważną częścią omawianego podręcznika jest podrozdział dotyczący zasad stosowania nawozów wytworzonych z odpadów. Podano w nim podstawowe wiadomości dotyczące specyficznych uwarunkowań rolniczego wykorzystania odpadów, omówiono zagadnienie równowagi składników pokarmowych w nawożeniu, a także przedstawiono sposoby i technologie wnoszenia produktów nawozowych wytworzonych z odpadów do gleby w aspekcie oddziaływania na właściwości fizyczne i chemiczne środowiska glebowego.

W podręczniku zwrócono szczególną uwagę na omówienie aspektów prawnych związanych ze stosowaniem odpadów i nawozowych produktów ich przetworzenia w rolnictwie. Zaprezentowano aktualne przepisy europejskie i krajowe regulujące problematykę nawozowego wykorzystania odpadów. Podkreślono, że wiele odpadów zarówno organicznych, jak i mineralnych ze względu na właściwości fizyczne, jak i skład chemiczny (np. wysoka zawartość materii organicznej, składników pokarmowych, frakcji iłu i pyłu) wywiera korzystny wpływ na właściwości gleby oraz wzrost i plonowanie roślin, to jednak ich przyrodnicze wykorzystanie jest obwarowane wieloma ograniczeniami prawnymi, których przestrzeganie jest podstawowym warunkiem dopuszczenia nawozów z odpadów do stosowania.

Ponadto w podręczniku przedstawiono nowoczesne podejście w ocenie gospodarczego wykorzystania odpadów do nawożenia adaptując do tego koncepcję „Oceny Cyklu Życia LCA” (ang. Life Cycle Assessment). Całość podręcznika składa się z 13 rozdziałów, w których zamieszczono bogaty wykaz aktualnej literatury światowej dotyczący problematyki przyrodniczego wykorzystania odpadów, a także zamieszczono związany z tym wykaz aktualnych europejskich i krajowych aktów prawnych.

Na zakończenie pragniemy podkreślić, że co prawda podręcznik niniejszy odnosi się przede wszystkim do warunków polskich, szczególnie jeśli idzie o dane liczbowe, to jednak wiele informacji w zakresie technologii przetwarzania odpadów na produkty nawozowe oraz ich stosowania w ekosystemach rolniczych ma wymiar uniwersalny, możliwy do zastosowania w przyrodniczej przestrzeni europejskiej.

Jan Łabętowicz, Wojciech Stępień