

Technologie produkcji nawozów kompostowanie

prof.dr hab. Wojciech Stępień



Samodzielny Zakład Chemii Rolniczej i Środowiskowej



Warszawa, 2022 r.

SZKOŁA GŁÓWNA
GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO

Technologie produkcji nawozów kompostowanie

**prof.dr hab. Wojciech Stępień
Samodzielny Zakład Chemii Rolniczej i
Środowiskowej**

Proces kompostowania może być zdefiniowany jako kontrolowany, biologiczny rozkład i stabilizacja substratów organicznych w warunkach tlenowych, które prowadzą do wzrostu temperatury materiału do zakresu termofilowego, w wyniku biologicznie produkowanego ciepła. Efektem procesu jest wytwarzanie z odpadów organicznych finalnego produktu, który jest bezpieczny pod względem sanitarnym, zasobny w substancje humusowe i biogenne oraz wystarczająco stabilny dla magazynowania i wprowadzania do gruntu bez szkodliwego wpływu na środowisko

KOMPOSTOWANIE

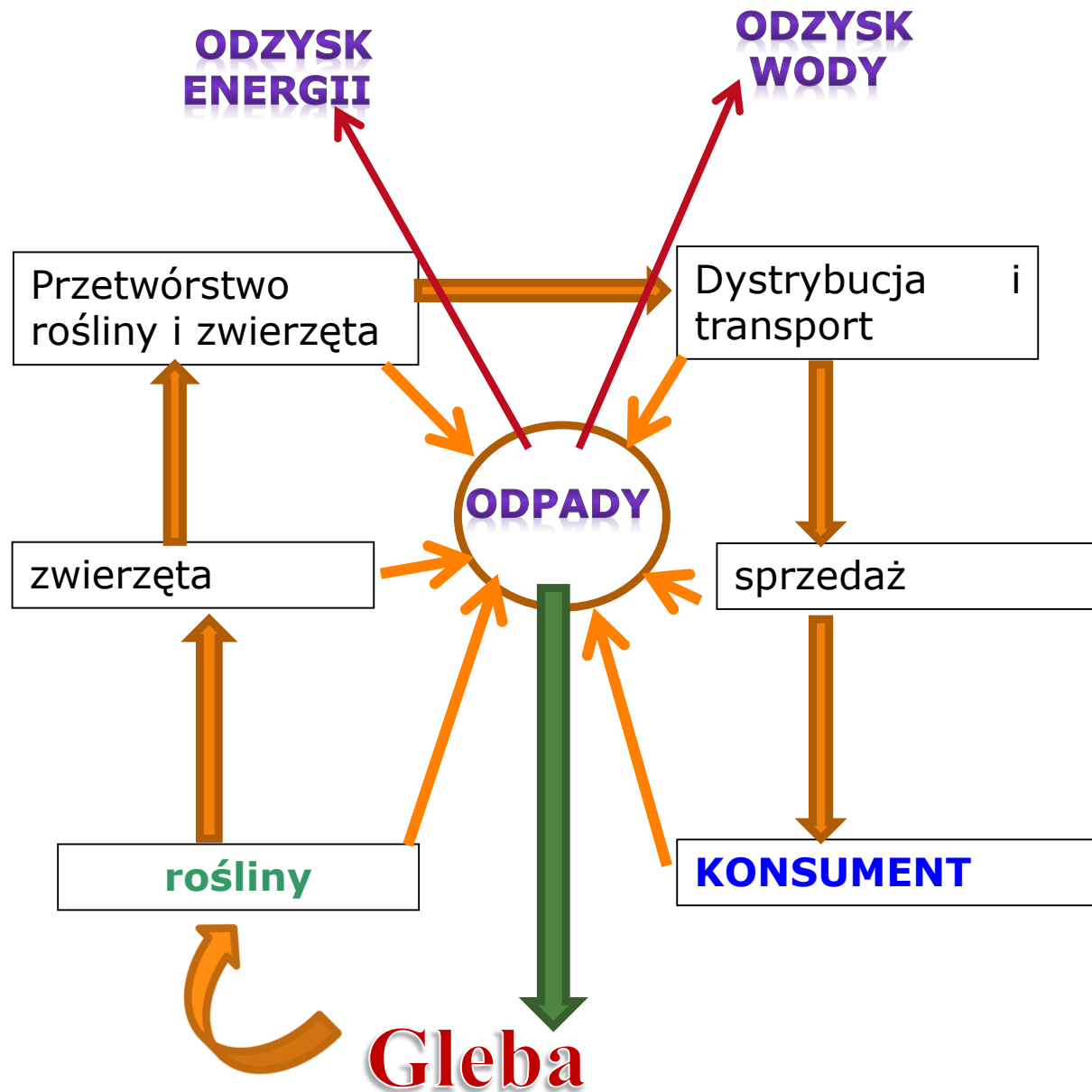
Rys historyczny

- najstarsza metoda (ściśle związana z rolnictwem) znana ludzkości, przywracania wartości użytkowych odpadom, już w **starożytnych Chinach** gromadzono odpadki domowe, rolnicze i przerabiano je na kompost.
- Wykorzystanie odpadków miejskich do użyźniania gleby datuje się w Europie od początku ubiegłego wieku. **W Anglii** rozdrabniano odpadki w londyńskiej dzielnicy Southwark i sprzedawano okolicznym farmerom.
- przerabianie na skalę techniczną odpadów miejskich na nawóz organiczny tzw. kompost rozpoczęło się w **latach trzydziestych XX w.**

W Polsce pierwsze wskazówki racjonalnego kompostowania spotykamy w książkach z XVI w.:

Anzelm Gostowski z 1563r. "Gospodarstwo Rolne", Jakub Ham "Ekonomika Ziemiańska" z 1675r. Krzysztof Kluk "O Rolnictwie" z 1799r.

- czym jest kompostowanie – w swej najprostszej pierwotnej formie (ogólnie) to **tlenowy proces biologiczny**, podczas którego materiały organiczne są przekształcane w kompost
- współcześnie kompostowanie jest bardziej **procesem biotechnologicznym** (zastosowanie różnych technologii) polegającym na **rozkładzie substancji organicznych w warunkach tlenowych pod wpływem mikroorganizmów termofilnych promieniowców, bakterii i pleśni.**



Zróżnicowanie odpadów związanych z różnymi formami działalności człowieka

Formy działalności człowieka	Odpady
Produkcja żywności i jej przetwórstwo	Pozostałości roślin (słoma, biomasa odpadowa itd.), odchody zwierzęce (przetwarzanie na gnojówkę, gnojownicę, obornik), odpady przemysłu rolno-spożywczego (organiczne pozostałości stałe, ścieki, osady ściekowe)
Konsumpcja żywności	Odpady żywnościowe, zużyte opakowania (tworzywa sztuczne, papier, szkło itp.), odpady bytowe (ścieki i osady ściekowe)
Przemysł wydobywczy, energetyka i produkcja cementu	Popioły powstałe przy wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepłej, odpady wapniowe, odpady węgla brunatnego itp.
Transport	Złom metali, odpady gumowe
Ogrody przydomowe, zieleń miejska	Trawa, gałęzie drzew i krzewów

[Źródło: Przyrodnicze wykorzystanie odpadów 2011]

PERCEPCJA SPOŁECZNA GOSPODARKI ODPADAMI

Metoda postępowania	Opinia ludności	Koszt	Możliwość odzysku	Uciążliwość dla środowiska
Odzysk i recykling	Bardzo korzystna	Bardzo wysoki	Duża jeżeli jest rynek zbytu	Niska, jeśli będzie zbyt.
Tlenowe kompostowanie	Bardzo korzystna	Wysoki	Średnia (dobry kompost)	Średnia (odory).
Beztlenowe kompostowanie	Korzystna (mniej znana)	Wysoki	Duża (kompost i biogaz)	Średnia (odory).
Składowanie	Niekorzystna	Niski	Średnia (biogaz).	Średnia.
Spalanie.	Bardzo niekorzystna.	Wysoki.	Energia, odzysk metali.	Niska.

ODPADOWE MATERIAŁY ORGANICZNE JAKO SUROWCE DO KOMPOSTOWANIA- wykorzystane do nawożenia

1. Odpady z gospodarstw wiejskich
 2. Odpady komunalne
 3. Organiczne odpady przemysłowe
 4. Osady ściekowe
 5. Zasoby roślinne z pielęgnacji zieleni miejskiej
-

1. Odpady z gospodarstw wiejskich

- ⇒ słoma i plewy zbóż,**
- ⇒ słoma i łuszczyzny krzyżowych roślin oleistych,**
- ⇒ liście roślin okopowych,**
- ⇒ łęty ziemniaczane,**
- ⇒ liście i gałęzie z pielęgnacji drzew owocowych,**
- ⇒ odpady z odchwaszczania plantacji i.in.**
- ⇒ odpady gospodarcze np. śmieci, zmiotki podwórzowe,**
- ⇒ odpady pochodzenia zwierzęcego np. kości, pierze itp..**

Zawartość suchej masy oraz składników nawozowych w odpadach organicznych z gospodarstw wiejskich

Rodzaj odpadu	Sucha masa (g · kg ⁻¹)	Zawartość składników nawozowych (g · kg ⁻¹ s.m.)			
		N	P	K	Ca
Śmiecie	850	4,1	1,5	3,4	26,7
Odpady kuchenne	700	11,1	5,1	-	1,0
Liście drzew	800	10,0	1,6	3,1	14,0
Słoma żytnia	900	5,9	1,0	11,6	2,2
Chwasty świeże	240	16,7	2,5	10,0	13,8
Kości	940	40,4	108,6	1,8	23,6
Fekalia	60	50,0	16,6	28,3	-

Organiczne odpady przemysłowe

- ⇒ trociny, kora, wióry drzewne,
 - ⇒ odpady z przemysłu zielarskiego,
 - ⇒ odpady z przemysłu celulozowo –
papierniczego,
 - ⇒ odpady z przetwórstwa warzyw
 - ⇒ wywary gorzelniane
 - ⇒ podłoża po produkcji pieczarek
-

W prawidłowo przebiegającym procesie kompostowania wyróżniamy cztery fazy, które są spowodowane

ciepłem uwalnianym podczas rozkładu materii organicznej

(co wpływa na skład i sukcesję mikroflory bytującej w masie kompostowej):

- *Faza utajona-** mikroorganizmy zasiedlają masę kompostową;
- *Faza mezofilna (20-40°C)-** dominują bakterie mezofile ($10^8 \cdot g^{-1}$ s.m.k.) i grzyby ($10^6 \cdot g^{-1}$ s.m.k.), które wykorzystują głównie cukry proste i aminokwasy (energia uwalniana z rozkładanych związków organicznych powoduje wzrost temperatury w przyście kompostowej);
- *Faza termofilna (40-70°C)-** mezofile są zastępowane przez termofilne bakterie ($10^8 \cdot g^{-1}$ s.m.k.), promieniowce ($10^8 \cdot g^{-1}$ s.m.k.) i grzyby ($10^7 \cdot g^{-1}$ s.m.k.). W procesie wielogodzinnej pasteryzacji niszczone są patogeny, jaja pasożytów, nasiona chwastów oraz mikroorganizmy nie wytwarzające form przetrwalnikowych.
- *Faza schładzania wraz ze stabilizacją (dojrzwaniem) kompostu-** spadek aktywności mikrobiologicznej wraz ze stopniowym zmniejszaniem temperatury od 70°C aż do uzyskania temperatury otoczenia. Kompost zasiedlany jest głównie przez mezofilne bakterie ($10^{11} \cdot g^{-1}$ s.m.k.), promieniowce i grzyby mikroskopowe ($10^5 \cdot g^{-1}$ s.m.k.) oraz zwierzęta bezkręgowce. Złożone związki organiczne (celuloza, hemicelulozy również lignina) przekształcane są do związków humusowych.

Czynniki wpływające na przebieg procesu kompostowania

skład chemiczny materiału wyjściowego (wsadu), do przerobu najlepiej nadają się odpady bogate w substancje organiczne, oraz inne makroskładniki i nie zawierające substancji szkodliwych, optymal

- **zawartość azotu** w mat. wyjściowym powinna się zawierać w granicach **0,8 – 1,7%**
- **stosunek C:N** jest istotnym czynnikiem procesu kompostowania (przebieg temp. straty azotowe), powinien wynosić **1:25-30**, w dojrzałym kompoście **C:N(<20)**
- **Odczyn** – optymalnym dla rozwoju mikroorganizmów oraz zabezpieczającym przed stratą azotu jest **pH 6,5-7,5**
- **wilgotność** – optymalna w granicach **40-50%**
- **napowietrzanie** – istotny czynnik niezbędny dla rozwoju mikroorganizmów aerobowych
- **temperatura** – pierwszy etap egzotermiczny (**70-75°C**), w dalszym etapie **45-50°C**.

Stosunek C:N w różnych materiałach organicznych

Materiał	C:N
Trociny	500:1
Słoma	125:1
Kora drzew	40:1
Odpady kuchenne	23:1
Osady ściekowe	15:1
Trawa	12:1
Mączka kostna	5:1
Mączka z krwi	3:1
Gnojówka	0,8:1

SCHEMAT PROCESU KOMPOSTOWANIA

FAZA PRZYGOTOWAWCZA

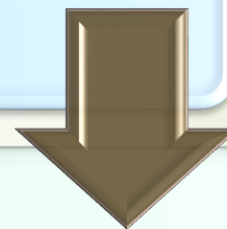
Selektywna zbiórka odpadów

Magazynowanie

Sortowanie

Przesiewanie

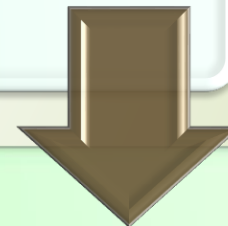
Ustalanie składu i mieszanie



FAZA PODSTAWOWA

Kompostowanie w pryzmach na otwartej przestrzeni

Kompostowanie w komorach fermentacyjnych



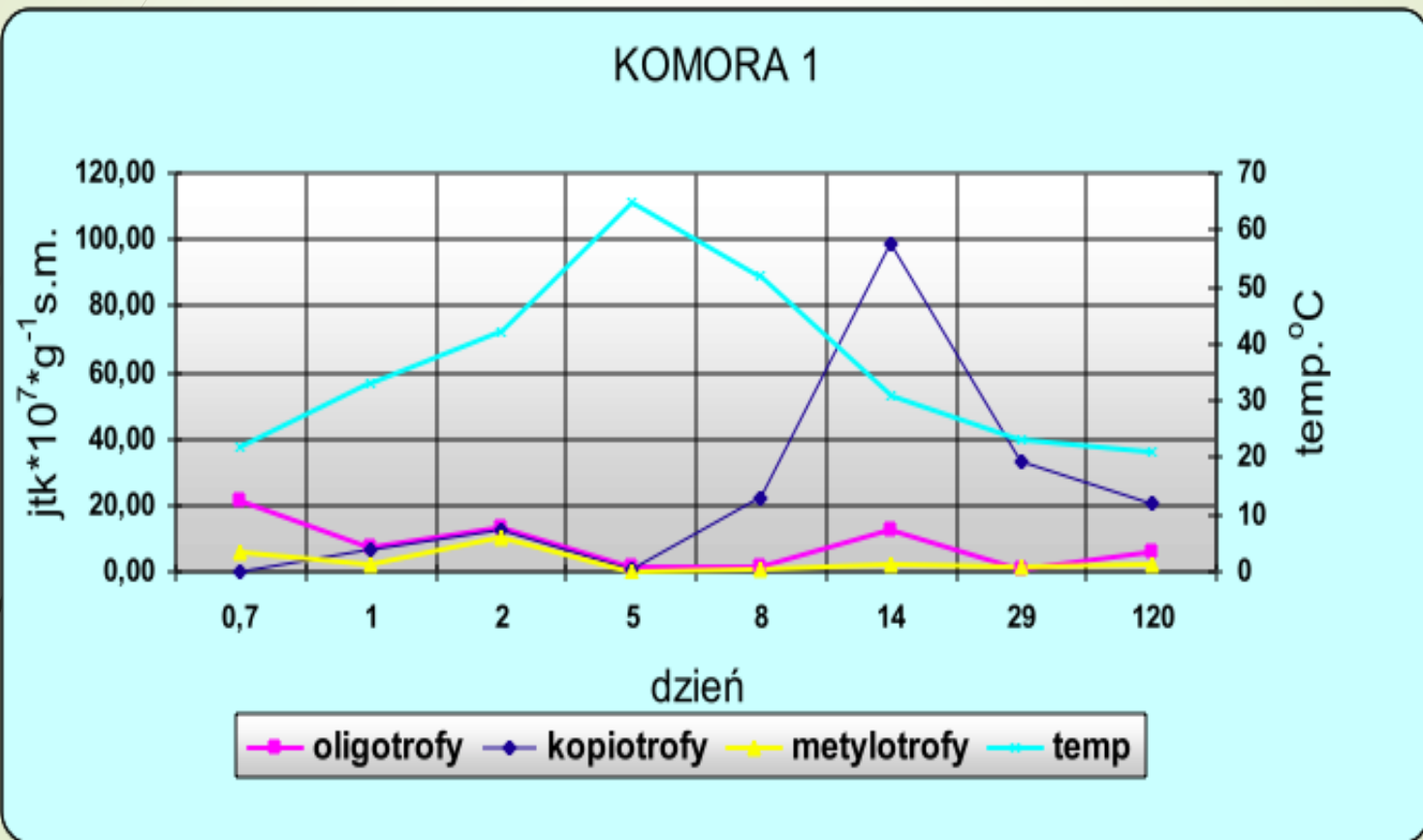
FAZA KOŃCOWA

Dojrzewanie kompostu

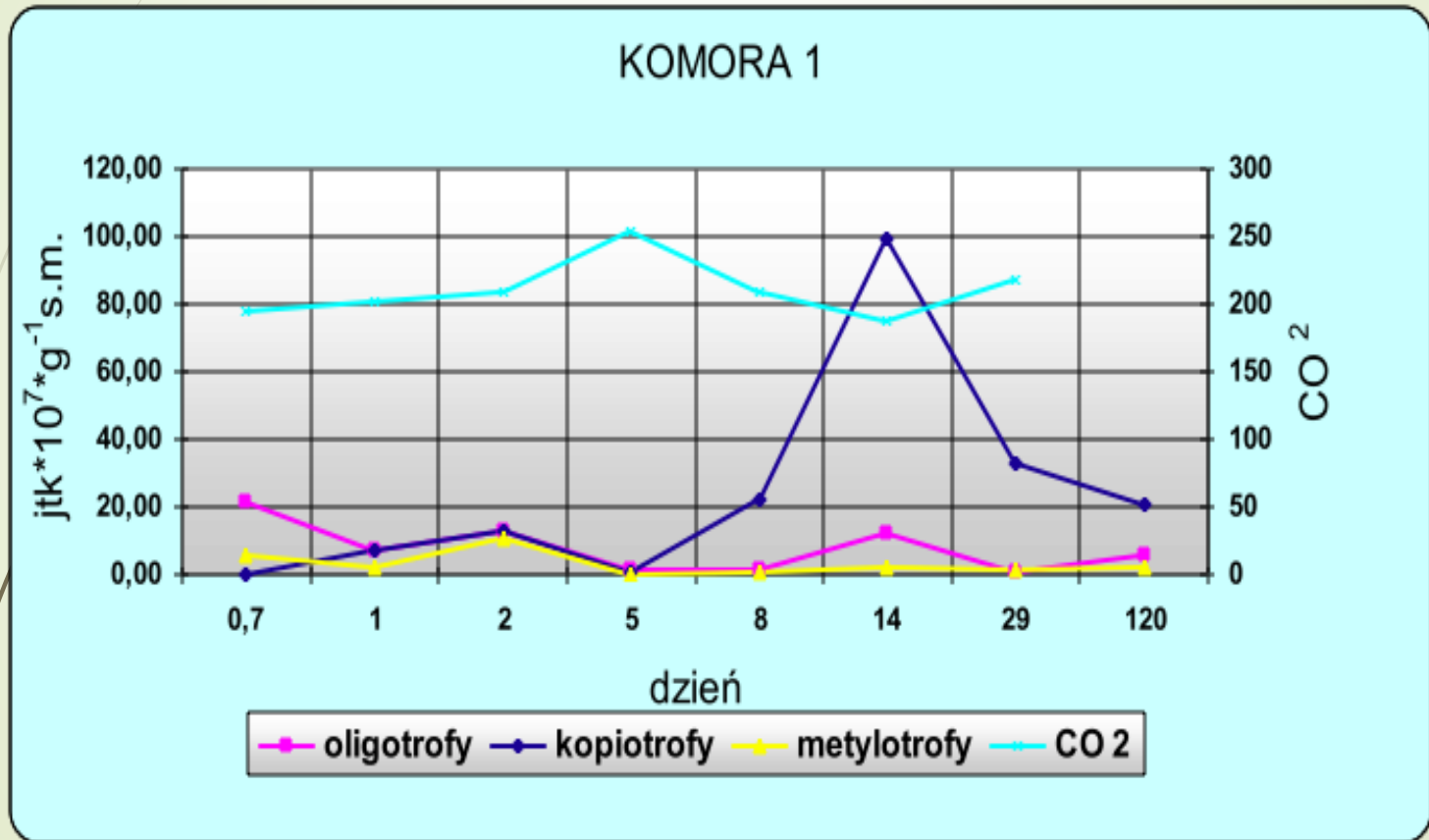
Homogenizowanie i określanie jakości

Ekspedycja kompostu dojrzałego

Przykładowy przebieg temperatur na tle poszczególnych grup mikroorganizmów



Przykład wydzielania dwutlenku węgla na tle poszczególnych grup mikroorganizmów



Podstawowe warunki technologiczne wpływające na prawidłowość procesu kompostowania

Warunki	Zakres tolerowany	Zakres preferowany
Stosunek C/N	20:1-40:1	25:1-35:1
Wilgotność	40-65%	50-60%
Stężenie tlenu	>5%	znacznie więcej niż 5%
Wielkość cząstek	4-5 cm	różny
pH	5,5-9,0	6,5-8,0
Temperatura	5-30	20-30

TECHNOLOGIE KOMPOSTOWANIA

```
graph LR; A[TECHNOLOGIE KOMPOSTOWANIA] --- B[w pryzmach na otwartej przestrzeni]; A --- C[w zamkniętych komorach]; A --- D[w przenośnych kontenerach]; A --- E[w brykietach]; A --- F[wermikompostowanie]; A --- G[w kompostownikach];
```

w pryzmach na otwartej przestrzeni

w zamkniętych komorach

w przenośnych kontenerach

w brykietach

wermikompostowanie

w kompostownikach



[<http://ekotechnologie.org>]



[<http://www.lm.pl/tv/informacja/69889/Kombajn-na-biodopady>]
 Narodowego Funduszu
 i Gospodarki Wodnej



[http://www.cemamol.com.pl/oferta,1020,Aerator_pryzm_materi_alow_organicznych_N904]



**PRZYKRYTE STATYCZNIE
NAPOWIETRZANE PRYZMY
Z MOBILNYM NAPOWIETRZANIEM
(PSNPMN)**

**AC Composter™ (covered Aerated
Static Pile) & CompDog™**

KOMPOSTOWANIE W KOMORACH ZAMKNIĘTYCH

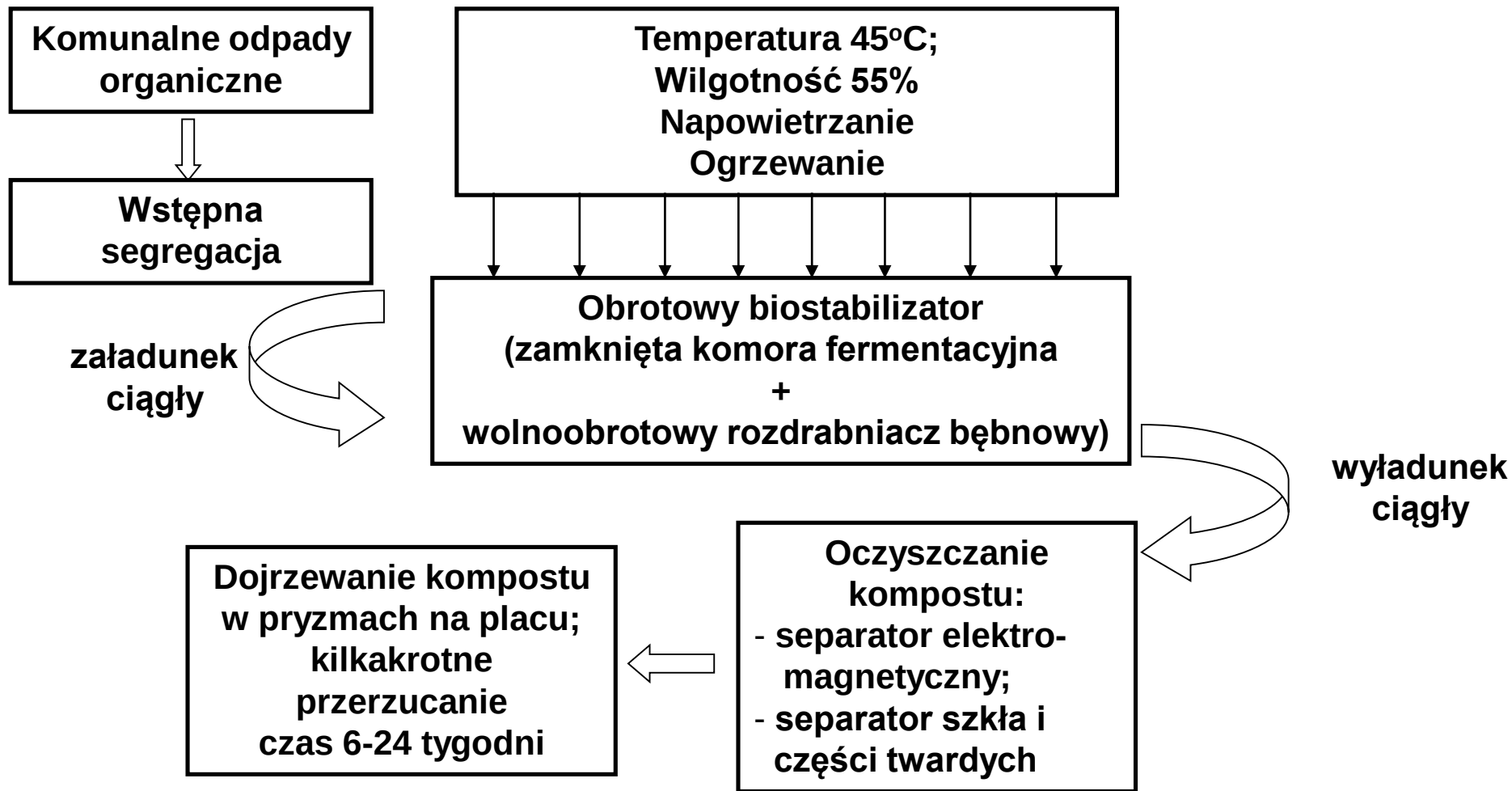
PROCESY STATYCZNE

- ⇒ bioreaktor statyczny
- ⇒ zamknięte pomieszczenie izolowane z wymuszonym przewietrzaniem
- ⇒ proces sterowany automatycznie: wilgotność, temperatura, natlenienie
- ⇒ instalacja obiegu odcieków
- ⇒ instalacja wentylacyjna z filtrem biologicznym

PROCESY DYNAMICZNE

- ⇒ bioreaktor dynamiczny - obrotowa komora bębnowa
- ⇒ bioreaktory kolumnowe:
 - półki poziome, na których odpady przebywają 1-8 dni, są nawilżane i napowietrzane
 - przemieszczają się w dół na kolejne półki

3. Kompostowanie w bioreaktorach



Uproszczony schemat produkcji kompostu DANO



Dojrzały kompost powinien charakteryzować się odpowiednimi cechami organoleptycznymi takimi jak: struktura sypka gruzełkowata, barwa od brunatnej do czarnej, zapach ziemisty znacznie inny od gnilnego.

Temperatura	Kontrola	Możliwe przyczyny	Działania korygujące
Temperatura odpadów w pryzmie nie rośnie	sprawdzić wilgotność odpadów	materiał zbyt suchy	nawodnić odpady
		materiał zbyt mokry	zmieszać z suchym materiałem lub rozłożyć odpady w cienkie warstwy
	sprawdzić wartość stosunku C/N w odpadach	zbyt niska zawartość azotu	dodać materiał bogaty w azot
	sprawdzić zawartość tlenu w powietrzu odlotowym	niedobór tlenu	zwiększyć napowietrzanie
	temperatura otoczenia	zbyt niska temperatura otoczenia	formować większe pryzmy
		surowiec ubogi w mikroorganizmy	dodać gotowy kompost
Temperatura powyżej 65°C. Proces zbyt aktywny	sprawdzić wilgotność odpadów	materiał zbyt suchy	dodać wody
	sprawdzić wartość stosunku C/N w odpadach	zbyt wysoka zawartość azotu	dodać materiał bogaty w węgiel
	sprawdzić zawartość tlenu w powietrzu odlotowym	wysoka zawartość tlenu w powietrzu odlotowym	ograniczyć napowietrzanie lub napowietrzać powietrzem odlotowym

METODY PRZYRODNICZEGO UŻYTKOWANIA KOMPOSTU

Komposty mogą być wykorzystywane do:

- ☐ celów nawozowych,
- ☐ melioracyjnego użyźniania gleb,
- ☐ rekultywacji gruntów bezglebowych,
- ☐ produkcji podłoży ogrodnich,
- ☐ produkcji preparatów nawozowych

Wpływ nawozów z kompostów na żyzność gleby



INOWACYJNE TECHNOLOGIE **przetwarzania odpadów organicznych**

Fermentacja metanowa

- biogaz
- poferment

Piroliza

- energia
- biowęgiel

Granulacja

- odory
- amoniak

Kompostowanie

- Quantor itp.
- Odpady popieczarkowe
- struwit

TWORZENIE KOMPOZYCJI NAWOZOWYCH
– NAWOZY ORGANICZNE I
ORGANICZNO- MINERALNE

Wszystkie technologie muszą mieć element końcowy poprawy właściwości tak aby mogły być:

- **bezpieczne magazynowane,**
- **transportowane (odory i inne)**
- **wysiewane przez nowoczesne siewniki.**
- **powstające produkty powinny być dedykowane z uwzględnieniem właściwości gleb i potrzeb pokarmowych roślin.**

NAWOZY WYTWORZONE NA BAZIE KOMPOSTÓW:

nawozy organiczne - nawozy wyprodukowane z substancji organicznej lub z mieszanin substancji organicznych, w tym komposty, a także komposty wyprodukowane z wykorzystaniem dżdżownic;

nawozy organiczno-mineralne - mieszaniny nawozów mineralnych i organicznych;

NAWOZY WYTWORZONE NA BAZIE KOMPOSTÓW:

środek poprawiający właściwości gleby -

substancje dodawane do gleby w celu poprawy jej właściwości lub jej parametrów chemicznych, fizycznych, fizykochemicznych lub biologicznych, z wyłączeniem dodatków pochodzenia zwierzęcego w rozumieniu przepisów rozporządzenia (WE) nr 1774/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 października 2002 r. ustanawiającego przepisy sanitarne dotyczące produktów ubocznych pochodzenia zwierzęcego

NAWOZY WYTWORZONE NA BAZIE KOMPOSTÓW:

podłoże do upraw –

materiał inny niż glebę, w tym substraty, w którym są uprawiane rośliny;

środki wspomagające uprawę roślin –

**środki poprawiające właściwości gleby,
stymulatory wzrostu i podłoża do upraw;**

PODSUMOWANIE

- **Wzrost świadomości ekologicznej społeczeństwa wymusza proekologiczne działania producentów nawozów i rolników**
- **Narastająca presja na bezpieczeństwo żywności i bezpieczeństwo środowiska stymuluje działania na rzecz nowych nawozów i nowych technologii nawożenia**
- **Nowa filozofia gospodarowania (**Biogospodarka**) stymuluje rozwój technologii przetwarzania biomasy odpadowej na nawozy.**
- **Należy oczekiwać rozwoju nowych technologii wytwarzania nawozów organicznych i organiczno-mineralnych do poprawy i utrzymania żyzności gleb. Głównie właściwości biologicznych i fizyko-chemicznych**



Dziękuję za uwagę...

Samodzielny Zakład Chemii Rolniczej i Środowiskowej



Warszawa, 2022 r.

SZKOŁA GŁÓWNA
GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO