

MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA GNOJOWICY W ROLNICTWIE
Z UWZGLĘDNIENIEM ASPEKTÓW DCHRONY ŚRODOWISKA

Jan Kutera

IMUZ i AR we Wrocławiu

Według szacunkowych danych w przemysłowych fermach bezściołowych utrzymywane jest około 5% stanu pogłównia krajowego, z czego w sektorze uspołecznionym 16,5% bydła i 21% trzody chlewnej. Ukształtował się przy tym średni wzorzec wielkości ferm (tab. 1).

T a b e l a 1

Przemysłowe fermy bezściołowe w Polsce

Ferma	Liczba sztuk	Liczba stanowisk tys. sztuk	Przeciętna liczba stanowisk w fermie
Krowy	300	146	490
Jałowizna	215	253	1180
Bukaty	82	200	2440
Trzoda chlewna	104	1015	9760

W ostatnich latach zmniejszyła się obsada bydła w sektorze uspołecznionym i zaczęły powstawać małe chlewnie bezściołowe u producentów indywidualnych. W porównaniu z naszymi sąsiadami nasz rozwój fermowego chowu bydła i trzody chlewnej należy uznać za niewielki. Biorąc natomiast pod uwagę utrzymujące się tendencje produkcji zwierzęcej w obiektach bezściołowych w świecie, a szczególnie w krajach znaczących w produkcji żywności, można oczekiwać, że przerwany rozwój budownictwa fermowego w Polsce będzie kontynuowany, choć zapewne w zmniejszonych sortymentach wielkości. Typy ferm i skale ich produkcji będą musiały być dostosowane do struktury rolnictwa i warunków konkretnej lokalizacji.

MOŻLIWOŚCI ZAGOSPODAROWANIA GNOJOWICY W ROLNICTWIE
Z UWZGLĘDNIENIEM ASPEKTÓW OCHRONY ŚRODOWISKA

Jan Kutera

IMUZ i AR we Wrocławiu

Według szacunkowych danych w przemysłowych fermach bezściołowych utrzymywane jest około 5% stanu pogłównia krajowego, z czego w sektorze uspołecznionym 16,5% bydła i 21% trzody chlewnej. Ukształtował się przy tym średni wzorzec wielkości ferm (tab. 1).

T a b e l a 1

Przemysłowe fermy bezściołowe w Polsce

Ferma	Liczba sztuk	Liczba stanowisk tys. sztuk	Przeciętna liczba stanowisk w fermie
Krowy	300	146	490
Jałowizna	215	253	1180
Bukaty	82	200	2440
Trzoda chlewna	104	1015	9760

W ostatnich latach zmniejszyła się obsada bydła w sektorze uspołecznionym i zaczęły powstawać małe chlewnie bezściołowe u producentów indywidualnych. W porównaniu z naszymi sąsiadami nasz rozwój fermowego chowu bydła i trzody chlewnej należy uznać za niewielki. Biorąc natomiast pod uwagę utrzymujące się tendencje produkcji zwierzęcej w obiektach bezściołowych w świecie, a szczególnie w krajach znaczących w produkcji żywności, można oczekiwać, że przerwany rozwój budownictwa fermowego w Polsce będzie kontynuowany, choć zapewne w zmniejszonych sortymentach wielkości. Typy ferm i skale ich produkcji będą musiały być dostosowane do struktury rolnictwa i warunków konkretnej lokalizacji.

Pomimo znacznego uprzemysławiania produkcji zwierzęcej nadal pozostał aktualny jej bezpośredni związek z produkcją roślinną, w którym zasadnicze ogniwo stanowi gospodarka gnojowicowa. Z zależności tej wynikają podstawowe kryteria lokalizacji ferm przemysłowych bydła i trzody chlewnej, którymi są - baza paszowa i możliwości zagospodarowania gnojowicy.

Pomimo zwiększającej się koncentracji zwierząt rolnicze wykorzystanie gnojowicy nadal uznawane jest w świecie za najbardziej uzasadnione z punktu widzenia uzyskiwanych wskaźników ekonomicznych i ochrony środowiska naturalnego. W wielu krajach ustawowo zabrania się odprowadzania gnojowicy do wód otwartych z pominięciem rolniczej utylizacji, nawet po wielostopniowych oczyszczalniach sztucznych. Wychodzi się z podstawowego założenia kontrolowanego naturalnego obiegu składników pokarmowych w przyrodzie [13]. Zakłócenie tego obiegu, przez odprowadzenie gnojowicy do wód z pominięciem gleby, może bowiem wyzwolić trudne do opanowania skutki w naturalnym środowisku. Również niebezpieczne dla środowiska może być przeciążenie gleby nadmiarem gnojowicy przy dużej i nieuzasadnionej koncentracji zwierząt.

Prawdopodobieństwo przerwania naturalnego obiegu materii na odcinku produkcja zwierzęca - gleba pojawiło się również w Polsce, kiedy to zaczęto traktować gnojowicę jako ściek, który chciano unieszkodliwiać na oczyszczalniach sztucznych, a następnie odprowadzać do wód otwartych. Na szczęście wydaje się, że ten kosztowny bez żadnego powodzenia eksperyment mamy już za sobą.

Krüger i Hirte [7] uważają, że bezpieczne dla środowiska wodnego jest stosowanie na 1 hektar gnojowicy trzody chlewnej od 4,5 i bydłowej od 6 sztuk przeliczeniowych dużych. Granicę tej wielkości obciążenia wyznaczyło w ich badaniach lizymetrycznych przenikanie azotu do wód gruntowych. Ze względu na przemieszczania się w glebie fosforu i bakterii Coli, według nich granicę obciążenia gnojowicą można by nawet zwiększyć do 8 sztuk dużych przeliczeniowych trzody chlewnej na 1 hektar.

Normy branżowe Niemieckiej republiki Demokratycznej TGL 24198/02 (1974) i TGL 24198/03 (1974) wykazują, że na etapie programowania i projektowania potrzebna minimalna powierzchnia rolniczego wykorzystania gnojowicy może być określona na podstawie całkowitego zapotrzebowania roślin na azot, według wartości wskaźnikowych podanych w tabeli 2 i 3.

Wspomniane normy NRD przewidują również, że obciążenie frakcją płynną gnojowicy może być zwiększone o 20% oraz że dopuszczalne obciążenie azotem III strefy ochrony terenów poboru wody pitnej i obszarów przewidzianych do użytkowania wód gruntowych wynosi 300 kg N/ha/rok.

Na podstawie badań przeprowadzonych w Instytucie Gospodarki Wodnej NRD Kramer i współprac. [16] zaproponowali maksymalne obciążenia gnojowicą terenów rolniczego jej wykorzystania. Wskaźniki te podbudowane wieloletnimi wielostronnymi bada-

T a b e l a 2

Wartości wskaźnikowe obciążenia w sztukach dużych na 1 ha przy rozdeszczowaniu gnojowicy w zależności od struktury zasiewów i dawki N w gnojowicy

Ferma	Struktura zasiewów w % zboża:okopowe:trawy w uprawie polowej			
	60:20:20 200 kg N/ha	40:20:40 300 kg N/ha	20:20:60 400 kg N/ha	0:0:100 500 kg N/ha
	Krowy	2,0	3,0	4,0
Cielęta	2,5	3,5	4,5	5,5
Jałówki i bukaty	2,0	3,0	4,0	5,0
Trzoda chlewna	2,5	3,5	4,5	5,5

T a b e l a 3

Wartości wskaźnikowe obciążenia w sztukach dużych na 1 ha przy rozprowadzeniu gnojowicy beczkownikami w zależności od struktury zasiewów i dawki N w gnojowicy

Ferma	Struktura zasiewów zboża:okopowe:trawy, polowe-pastewne w uprawie		
	60:20:20 150 kg N/ha	50:25:25 200 kg N/ha	40:30:30 250 kg N/ha
Krowy	1,5	2,0	2,5
Cielęta	1,5	2,5	3,0
Jałówki i bukaty	1,5	2,0	2,5
Trzoda chlewna	1,5	2,5	3,0

niami zaadaptowano do warunków polskich i poleca się je do stosowania w wytycznych do rolniczego wykorzystania gnojowicy [11].

Z powyższych danych wynika, że istnieją duże możliwości rozwiązań rolniczego wykorzystania gnojowicy poprzez dobór struktury upraw. Należy jednak z dużą ostrożnością stosować maksymalne obciążenie azotem gnojowicy, nawet przy dużym udziale w płodozmianie roślin pastewnych, ze względu na możliwość przenikania azotanów do wód gruntowych.

Według doświadczeń krajowych można przyjąć, że optymalna dawka gnojowicy pod rośliny pastewne wynosi 60-120 m³/ha, a pod rośliny zbożowe i ziemniaki 30-60 m³/ha/rok. Odpowiada to 2-5 sztukom na 1 hektar upraw pastewnych i 2-3 sztukom dużym przy uprawie zbóż i ziemniaków. Przyjmując, że w gospodarstwach dysponujących gnojowicą rośliny pastewne stanowią 50%, okopowe - 25%, zboża - 25%, obsada zwierząt z punktu widzenia zagospodarowania gnojowicy w przeciętnym gospodarstwie państwowym może wynosić 3 duże sztuki na hektar użytków rolnych.

T a b e l a 4

Maksymalne obciążenie gnojowicą terenów rolniczego jej wykorzystania

Udział roślin pastewnych w płodozmianie %	Maksymalne obciążenie azotem gno- jowicy kg N/ha/rok	Liczba sztuk dużych przeliczeniowych na 1 ha powierzchni nawożonej gnojowicą			
		krów	młodego bydła	bukatów	trzody chlewnej
20	250	2,5	2,5	3,5	2,5
30	325	3,5	3,5	4,0	2,5
40	390	4,0	4,5	4,5	3,0
50	460	4,5	5,0	5,5	3,5
60	530	5,0	6,0	6,0	4,0
70	600	6,0	6,5	7,0	4,5

Nawiązując do licznych badań niemieckich oraz doświadczeń z regionu północno-wschodniego Polski wskaźnik obciążenia gnojowicą może być zróżnicowany zależnie od terenu - od 2,5-3,0 sztuk dużych na wschodzie do 3,0-4,0 sztuk na zachodzie kraju.

Gnojowica jest wartościowym nawozem organicznym o wysokiej zawartości składników pokarmowych w formie łatwo dla roślin przyswajalnych. Może być również traktowana jako substytut nawozów mineralnych. Przyjmując współczynnik humifikacji obornika za 1, dla suchej masy gnojowicy wartość ta według autorów NRD wynosi 0,6. Według innych autorów wpływ suchej masy gnojowicy na odnowę zasobów substancji organicznej w glebie jest zbliżony lub taki sam jak obornika [16]. Szczególną rolę w nawożeniu organicznym może odegrać gnojowica stosowana z pociętą słomą.

Od 1 krowy w oborze ściółkowej z obornika otrzymuje się w ciągu roku przeciętnie 50 kg azotu, 10 kg fosforu, 65 kg potasu i 2,5 t masy organicznej. Od tej samej krowy trzymanej na rusztach uzyskuje się w ciągu roku 80 kg azotu, 45 kg fosforu, 95 kg potasu i 1,7 t masy organicznej. Świeży obornik zawiera 0,45% azotu, 0,25% fosforu i 0,55% potasu, czyli jest mniej zasobny w związki nawozowe od gnojowicy. Ponadto z obornika do natychmiastowego pobrania przez rośliny jest zaledwie 30% azotu, a z gnojowicy 60% [3].

Gnojowica wreszcie zawiera wystarczającą ilość wapnia, magnezu i sodu oraz pełny zestaw mikroelementów i auksyn. Przyjmuje się, że te substancje i związki gnojowicy, podobnie jak obornika, pokrywają zapotrzebowanie co najmniej na dwa lata.

Roczna, a zwłaszcza jednorazowe optymalne dawki gnojowicy nie są duże, dlatego też gnojowica w zasadzie może być stosowana na wszystkich glebach, które mają odpowiednio uregulowane stosunki wodne. Preferuje się jednak do gnojowicowania przede wszystkim gleby lekkie i średniozwięzłe.

Zagospodarowanie gnojowicy w rolnictwie może być dokonane metodą rolniczo optymalną, technicznie optymalną lub metodą intensywną.

Optymalny z punktu widzenia rolniczego sposób zagospodarowania gnojowicy najbardziej jest zbliżony do tradycyjnego gospodarowania obornikiem. Dąży się do racjonalnego dawkowania substancji organicznej w celu utrzymania produktywności gleb i tylko częściowo, najwyżej w 70%, pokrywa się potrzeby pokarmowe roślin z zasobów gnojowicy, przynajmniej jednym składnikiem nawozowym – zwykle azotem. Metoda takiego gospodarowania gnojowicą jest korzystna dla gleby i produkcji roślinnej oraz najbardziej bezpieczna dla środowiska wodnego. Powinna być stosowana z zasady we wszystkich mniejszych fermach.

Dla większych i dużych ferm sytuacja terenowa, a nawet względy ekonomiczne narzucają najczęściej stosowanie metody zagospodarowania gnojowicy metodą optymalną pod względem technicznym. Zakłada się wówczas pełne pokrycie potrzeb pokarmowych upraw przynajmniej jednym ze składników nawozowych, najczęściej azotem. Stosowana według tej metody gnojowica poprawia właściwości fizyczno-wodne zarówno gleb lekkich, jak i zwięzłych oraz zwiększa potencjał zwłaszcza gleb piaszczystych. Ze względu na to, że w rozwiązaniach tych z zasady bierze się pod uwagę zapotrzebowanie roślin na azot, metodą optymalną technicznie zagospodarowania gnojowicy uważa się za bezpieczną dla środowiska wodnego w takim samym stopniu, jak w przypadku równoważnego nawożenia mineralnego.

Bilans azotu stanowi podstawę racjonalnego dla rolnictwa, bezpiecznego dla środowiska rozwiązania rolniczej utylizacji gnojowicy z ferm bydła i trzody chlewnej. Z tego też względu gnojowica powinna być kierowana przede wszystkim na pola produkcji pasz. Preferencje dla kierunku upraw roślin pastewnych wynikają z potrzeby zabezpieczenia pasz w przypadku ferm bydła oraz ze względu na zwiększone ich zapotrzebowanie na gnojowicę. Ustalono, że płodozmiany pastewne mogą zużytkować dwukrotnie, a okopowo-pastewne trzykrotnie więcej gnojowicy niż płodozmiany zbożowo-okopowe [10]. Granice efektywności nawożenia azotowego roślin pastewnych są bardzo wysokie, szczególnie gdy rolnicze wykorzystanie gnojowicy dużych ferm jest stosowane w systemie wielkoobszarowych deszczowni w kombinacji z deszczowaniem wodą czystą.

W aktualnie polecanych systemach agrotechnicznych płodozmiarów pastewnych i pastewno-okopowych przeciętne nawożenie azotem ustala się na 200–300 kg/ha. Przy tym poziomie nawożenia, uwzględniając ekwiwalentne wartości azotu w gnojowicy, zróżnicowanie dawek rocznych gnojowicy zależy od stopnia wstępnego jej przygotowania i terminów wprowadzania do gleby.

W metodach optymalnego rolniczego i technicznego zagospodarowania roczne dawki gnojowicy ustala się według wzoru:

$$D = \frac{Z_N \cdot P_N}{C \cdot R_N \cdot 100}; \text{ m}^3/\text{ha w roku},$$

gdzie:

D - dawka gnojowicy, m^3/ha ,

Z_N - ustalone nawożenie azotowe poszczególnych upraw, kg/ha ,

P_N - zakładany stopień pokrycia zapotrzebowania upraw na azot, %,

C - zawartość azotu w gnojowicy, kg/m^3 ,

R_N - równoważnik nawozowy azotu, w zależności od gleby i termin stosowania gnojowicy, 0,3-0,8.

Intensywne metody zagospodarowania gnojowicy polegają na stosowaniu maksymalnych dawek gnojowicy, dopuszczalnych z punktu widzenia potrzeb zabezpieczenia środowiska wodnego i glebowego. Maksymalne dawki gnojowicy określa się na podstawie wzoru:

$$D_m = \frac{M_N}{C \cdot R_N} ; m^3/ha \text{ w roku,}$$

gdzie:

D_m - maksymalna roczna dawka gnojowicy, m^3/ha ,

M_N - dopuszczalna, maksymalna dawka azotu w nawozach mineralnych, kg/ha ,

C - zawartość azotu w gnojowicy, kg/m^3 ,

R_N - równoważnik nawozowy azotu, w zależności od gleby i terminu stosowania gnojowicy, 0,3-0,8.

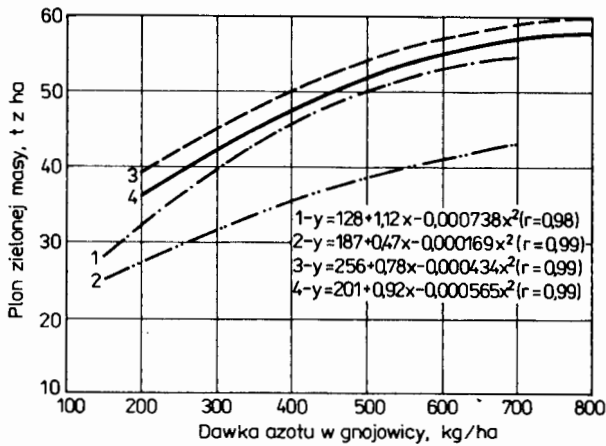
W Polsce nie ma dotychczas normatywu ograniczającego maksymalne dawki nawożenia. W wytycznych do rolniczego wykorzystania gnojowicy z konieczności przyjęto dopuszczalne dawki nawozów azotowych według normy NRD (TGL 26567/01-1974), w wysokości 500 kg/ha , lub 700 kg/ha przy deszczowaniu gnojowicy w kombinacji z wodą czystą.

W celu ochrony gleby, a szczególnie wód gruntowych, ze szczególną rozwagą należy decydować się na intensywne sposoby zagospodarowania gnojowicy. Maksymalne dawki gnojowicy należałoby chyba stosować w uzasadnionych wypadkach.

Liczne i już wieloletnie doświadczenia krajowe potwierdziły słuszność omawianych założeń technicznych gospodarowania gnojowicą z ferm przemysłowych na podstawie bilansu azotu [8, 14]. Wykazano między innymi możliwość stosowania nawet do 300 m^3 gnojowicy na 1 hektar bez ujemnych następstw w ilości i jakości plonów roślin pastewnych.

Do pełnego pokrycia gnojowicą zapotrzebowania na azot w pierwszym rzędzie nadają się trwałe użytki zielone oraz trawy w uprawie polowej. Stosując gnojowicę w kombinacji z deszczowaniem wodą czystą lub ściekami, nawet na mało produkcyjnych piaskach słabogliniastych można zbierać cztery pokosy traw [Dragun i in., 1979]. Przy mniej więcej równych ilościach azotu stosowanych na trawy łąkowe efektywniejsza w działaniu na plon jest gnojowica trzody chlewnej od gnojowicy bydłowej (rys. 1).

Na temat zachwaszczenia pól i łąk nawożonych gnojowicą zdania są podzielone. Najnowsze wyniki badań i obserwacje wskazują, że na wzrost zachwaszczenia może



Rys. 1. Wpływ azotu dostarczonego z gnojowicą na plonowanie mieszanki traw według doświadczeń IMUZ

1 - gnojowica bydłeca i deszczowanie ściekami miejskimi, 2 - gnojowica bydłeca i deszczowanie wodą czystą, 3 - gnojowica świńska i deszczowanie ściekami, 4 - gnojowica świńska i deszczowanie wodą czystą

mieć wpływ nierównomierne rozlewanie gnojowicy i stosowanie nieodpowiedniego sprzętu. Przy deszczowaniu gnojowicy z wodą i stosowaniu równomiernie rozłożonych dawek polewowych w wysokości nie przeciążającej roślinności i gleby, nie należy obawiać się wzrostu zachwaszczenia upraw.

Inne sposoby utylizacji gnojowicy są dopiero na etapie prób i doświadczeń. Ze względów głównie ekonomicznych nie stanowią one konkurencji dla metody nawozowego zagospodarowania gnojowicy w produkcji roślinnej.

Systematyczne stosowanie gnojowicy prowadzi do wzbogacenia gleby w składniki pokarmowe, zwłaszcza w fosfor i potas i to zarówno form ogólnych, jak też łatwo dla roślin przyswajalnych. Nagromadzenie w glebie składników pokarmowych w wyniku stosowania gnojowicy zależy od wielkości dawek, częstotliwości stosowania oraz wielkości plonów upraw i nie ogranicza się tylko do warstwy ornej, lecz także do warstw głębszych.

W największym stopniu wzrasta w glebie ilość fosforu, gdyż składnik ten stosowany w dużych dawkach gnojowicy jest w glebie akumulowany i nie ulega wymywaniu. Notowany również wzrost w glebie przyswajalnych form fosforu jest wynikiem dużej aktywności mikroorganizmów, jaka ma miejsce po wprowadzeniu gnojowicy [1]. Wzmocniona aktywność mikroorganizmów powoduje, że fosfor gnojowicy ulega w glebie łatwiej przemieszczeniu do warstw głębszych niż fosfor nawozów mineralnych. Nie odnosi się to jednak do całej ilości tego składnika w gnojowicy, lecz tylko do okre-

ślonej frakcji, która nie jest w glebie sorbowana [14]. Fosfor jest dobrze zatrzymywany w glebie o odczynie alkalicznym, dlatego też w celu ochrony wód gruntowych i otwartych przed tym biogenem należy zwracać uwagę na wapnowanie gleby nawożonej gnojowicą.

Wzrost zasobności gleby w przyswajalny potas obserwuje się dopiero przy stosowaniu dawek powyżej 180 kg/ha/rok. Potas nie jest jednak nadmiernie kumulowany w glebie, jego nadwyżki są łatwo wymywane. Wielokrotne nawożenie gnojowicą przyczynia się również do wzrostu w glebie przyswajalnego dla roślin magnezu.

W naszych warunkach klimatycznych nawet wieloletnie nawożenie dużymi dawkami gnojowicy nie prowadzi do zasolenia gleby. Przy intensywnym nawożeniu gnojowicą wzrasta natomiast zagrożenie zasoleniem wód gruntowych.

Gnojowica jest określana jako uniwersalny nawóz, bowiem poza zasobnością w makroskładniki nawozowe zawiera wszystkie mikroelementy. Racjonalne nawożenie gnojowicą prowadzi do dodatkowej równowagi mikroelementów w warstwie czynnej gleby.

Azot dostarczony w gnojowicy, nie pobrany przez rośliny, jest łatwo wymywany z gleby lub ulatnia się do atmosfery. W warunkach tlenowych znacznie przeważają straty azotu związane z wymywaniem, natomiast w warunkach anaerobowych wzmaga się ulatnianie azotu do atmosfery. Z tego powodu azot w mniejszych ilościach gromadzi się w glebie niż fosfor i potas. Vetter i Klasiuk [27] podają, że w ich doświadczeniach z 1000 kg/ha N stosowanego corocznie w gnojowicy - 150 kg pobrały rośliny, 50 kg pozostało w glebie, 100 kg zostało wymyte z gleby i 700 kg stanowiły straty w formie gazowej. Z badań Kühna i Langego [12] i przeglądu literatury dokonanego przez Maćkowiaka [14] wynika, że przy racjonalnych metodach zagospodarowania gnojowicy około 20-30% jej zasobów azotowych zostaje w glebie w formie bardziej trwałej. Przy stosowaniu gnojowicy łącznie ze słomą wzbogacanie gleby w azot jest większe i wynosi 30-40, a nawet 50% i jest zbliżone do wskaźników uzyskiwanych przy nawożeniu obornikiem.

Pod wpływem stosowania gnojowicy zachodzą nieznaczne zmiany w odczynie gleby. Na ogół określa się, że gnojowica stabilizacyjnie działa na odczyn gleby.

Gnojowica zawiera podobne ilości azotu jak obornik i wyraźnie niższą ilość węgla. Istotny dla kierunku przemian w glebie stosunek C:N w stosowanej masie organicznej gnojowicy jest znacznie węższy niż w oborniku - 5:1 i 9:1, podczas gdy w przefermentowanym oborniku wynosi przeciętnie 20:1. Wobec wąskiego stosunku C:N w gnojowicy uważano, że nawóz ten może powodować rozkład rodzimej próchnicy glebowej. Nowsze badania [22] wykazały, że substancja organiczna gnojowicy trudno ulega rozkładowi i w związku z tym nie działa ujemnie na zawartość próchnicy w glebie. Gnojowica stosowana w kombinacji ze słomą wpływa na odnowę zapasów próchnicy w glebie w zakresie podobnym jak obornik. Działanie samej gnojowicy jest pod tym względem nieco słabsze niż obornika.

Masa organiczna gnojowicy oddziaływa specyficznie i różnie na glebę, zależnie od panujących w glebie stosunków powietrzno-wodnych, pogody, pory rozlewu gnojowicy, warunków uprawy, właściwości gnojowicy. Różnorodność wstępnych ocen tego organicznego nawozu jest wynikiem zbyt małej ilości wieloletnich badań. Jednak wiadomo, że nadmierne dawki gnojowicy, powyżej dopuszczalnej normy, wywołują niekorzystne zmiany w środowisku glebowym. Gnojowica w dużych dawkach może uszczelniać powierzchnię gleby dla gazowej dyfuzji; stosowana w nadmiarze może pogorszyć właściwości fizyczno-wodne gleb. Można przeciwdziałać temu niekorzystnemu zjawisku stosując nawożenie gnojowicą ze słomą.

Uogólniając wyniki badań można stwierdzić, że gnojowica stosowana zgodnie z zalecanymi zasadami oddziaływa korzystniej na glebę niż nawożenie mineralne i nieco gorzej niż obornik.

Istnieją duże trudności pełnej kontroli skuteczności oczyszczania gnojowicy na polach nawożonych i nawadnianych gnojowicą. W przybliżeniu można ocenić rezultaty oczyszczania gnojowicy w glebie nawożonej dzięki kontroli stanu czystości wód gruntowych w obrębie oddziaływania gnojowicy. Tam, gdzie pola deszczowane wodą i gnojowicą albo nawożone samą gnojowicą nie są drenowane, możliwa jest kontrola skuteczności oczyszczania gnojowicy na obszarze stanowiącym zlewnię kontrolowanego cieku wodnego. W tym celu dokonuje się analiz wody w cieku powyżej i poniżej obszarów nawożonych gnojowicą.

Ocena wyników oczyszczania gnojowicy na polach nawadnianych tylko na podstawie wskaźników koncentracji poszczególnych obciążeń w odpływach jest niemiarodajna. Wiadomo bowiem, że w systemach naturalnych oczyszczalni glebowych o skuteczności eliminacji obciążeń decyduje zmniejszona ilość odpływu. W wielu wypadkach, przy braku odpływu, nie ma nawet okresowego zasilania wód zanieczyszczeniami z pól nawożonych gnojowicą. Miarodajnym zatem wskaźnikiem oczyszczania jest redukcja ładunków obciążeń.

Rozwiązanie polegające na utrzymywaniu w glebie warunków aerobowych wymagają stosowania dawek gnojowicy takich ilości, które wynikają z danych uzyskanych z bilansu wodnego gleby. Według Kowalika [5] maksymalne dawki obciążeń gnojowicowych, jakie można wprowadzić do gleby, nie powinny przekraczać $1,9 \text{ g O}_2/\text{m}^2/\text{dobę}$ wyrażonych w BZT_1 lub ChZT , dla gleb bezstrukturalnych o pojemności powietrznej rzędu 10%. Stosowanie mniejszych dawek pozwala na utrzymanie w glebie warunków dla jej tlenowego (aerobowego) samooczyszczania.

Jeśli znamy ładunek zanieczyszczeń BZT_1 zawarty w przeznaczony do nawodnienia gnojowicy, to można łatwo obliczyć dobową dopuszczalną dawkę.

Z wieloletnich badań lizymetrycznych Majdowskiego [17] wynika, że efekt usuwania zanieczyszczeń organicznych gnojowicy w glebie piaszczystej, wyrażony ładunkiem BZT_5 , wynosi prawie 100 (tab. 5).

Wskaźniki oczyszczania gnojowicy trzody chlewnej
w glebie lekkiej użytków zielonych [17]

Dawki gnojowicy	Ładunki, kg/ha/rok	BZT ₅	N og.	P ₂ O ₅
NPK + woda czysta	wprowadzone	6	330	103
	w odcieku z gleby	2	27	1
	zredukowane w %	66,6	91,8	99,0
Gnojowica pełna 50 m ³ /ha + woda czysta	wprowadzone	1170	260	122
	w odcieku z gleby	6	50	0,7
	zredukowane w %	99,5	80,8	99,4
Gnojowica pełna 100 m ³ /ha + woda czysta	wprowadzone	2572	477	182
	w odcieku z gleby	10	149	1
	zredukowane w %	99,6	68,8	99,5
Gnojowica pełna 150 m ³ /ha + woda czysta	wprowadzone	4264	714	285
	w odcieku z gleby	13	245	1
	zredukowane w %	99,7	65,7	99,6
Gnojowica pełna 200 m ³ /ha + woda czysta	wprowadzone	5550	942	430
	w odcieku z gleby	21	374	2
	zredukowane w %	99,6	60,3	99,5

Środowisko glebowe, wspierane antagonistycznym działaniem drobnoustrojów ry-zosfery roślin, ogranicza rozprzestrzenianie się zarazków. W badaniach lizymetrycznych wykazano, że odcieki z 1-metrowej warstwy gleby porośniętej roślinnością łąkową, nawożonej zarówno gnojowicą bydlęcą, jak i gnojowicą trzody chlewnej są wolne od bakterii Coli [7].

Z wprowadzonych do gleby z gnojowicą składników biogennych, fosfor jest prawie całkowicie utrzymywany w glebie. Nawet przy uważanej za maksymalną dawkę gnojowicy 200 m³/ha/rok, w doświadczeniach lizymetrycznych gleba zatrzymała ponad 90% fosforu. Z dawką 200 m³/ha gnojowicy przybywa w warstwie ornej tyle mniej więcej fosforu przyswajalnego, co przy równoważnym ilościowo nawożeniu minimalnym [15].

Odpływy fosforu z drenowanych pól nawożonych gnojowicą do wód otwartych są znikome i w każdym razie nie większe niż w przypadku normalnego nawożenia mineralnego, a nawet z pól nie nawożonych. Podobnej wielkości odpływy fosforu, jak z pól racjonalnie gnojowiczowanych, znaleziono bowiem nawet w warunkach gleby dużego kompleksu leśnego, który dotychczas nie był nigdy nawożony [18].

W nielicznych wypadkach zachodzi potrzeba oczyszczania gnojowicy metodami sztucznymi. Gnojowica oczyszczona tą metodą, nawet przy zastosowaniu wielostopniowych procesów, nie jest pozbawiona nawozowych związków biogennych i z zasady powinna być kierowana do nawodnień rolniczych. Przydatność do rolniczego wykorzystania oczyszczonej sztucznie gnojowicy, a równocześnie możliwość jej oczyszczania w zakresie związków biogennych wykazali Karačevcev i Samykin [4]. Poprzez nawadnia-

T a b e l a 6

Wyniki badań wód na terenach o różnej intensywności
obsady bydła wg Vettera [27] oraz Mazura i Wróbla [19]

Tereny i wody	N og.	N _{NO₃}	N _{NH₄}	P
Wody gruntowe				
- na terenach bez nawożenia gnojowicą	8,3	5,1	3,1	0,10
- na terenach nawożonych gnojowicą	59,3	52,6	6,7	0,10
Wody w rowach i ciekach				
- na terenach o średniej obsadzie bydła	3,4	1,4	2,0	0,21
- na terenach o dużej obsadzie bydła	4,2	1,8	2,4	0,15
Studnie głębinowe w obrębie intensywnego nawożenia gnojowicą	24,5	21,0	0,7	-
Rowy łąk nawożonych gnojowicą	28,7	25,4	0,4	-
Rowy z drenów z wybiegów dla zwierząt	41,5	26,2	3,9	-

nie użytków rolnych na polach nawadnianych można obniżyć koncentrację azotu w biologicznie sztucznie oczyszczonej gnojowicy o 80-90%, a fosforu o 96-100%. Biorąc pod uwagę ilości gnojowicy zatrzymane w glebie, wykorzystanie ładunków tych nawozów, a tym samym wyeliminowanie ich ze środowiska wodnego, jest bardzo duże.

Trudno jest ściśle ocenić wpływ gnojowicy z wielkostadnego chowu zwierząt na stan czystości wód powierzchniowych i wgłębnych. Na zanieczyszczenia obszarowe wód składają się bowiem spływy i odpływy pochodzące zarówno z nawożenia mineralnego, jak i organicznego oraz z zapasów glebowych.

Z badań wykonanych w NRD [2], NRF [27] i w Polsce [19] wynika, że istnieje potencjalna możliwość zanieczyszczenia wód przede wszystkim azotanami pochodzenia gnojowicowego (tab. 6).

Zanieczyszczenia wód mogą wystąpić w wyniku spływów powierzchniowych lub prześiąków wgłębnych gnojowicy. Na terenie płaskim w zasadzie nie występują spływy powierzchniowe, które mogłyby zasilać wody otwarte substancjami pochodzenia gnojowicowego pod warunkiem stosowania optymalnych, a nawet dopuszczalnych maksymalnych dawek jednorazowych gnojowicy, wynoszących 50 m³/ha, przy czym przy nawożeniu gleby bez roślinności gnojowica powinna być możliwie najszybciej zmieszana z glebą.

Znacznie większe niebezpieczeństwo spływu odchodów zwierzęcych do wód otwartych, nawet na terenach stosunkowo płaskich, stwarza stałe przetrzymywanie zwierząt na wybiegach otwartych.

W Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej przy masowej hodowli bydła na otwartych wybiegach wielokrotnie notowano katastrofalne spływy odchodów zwierzęcych do wód otwartych [25].

Na terenach falistych, podgórskich i górskich, przy stosowaniu zarówno nawożenia mineralnego, jak i organicznego płynnego, należy się liczyć ze znacznie większymi możliwościami zanieczyszczenia wód w ciekach i zbiornikach otwartych. Przy nawożeniu zboczy w rejonach górskich, o większych niż średnie opadach, może nastąpić w określonych warunkach zanieczyszczenie wód.

Na tych terenach należy przede wszystkim zwrócić uwagę na możliwość bezpośredniego zanieczyszczenia cieków przez wypasane bydło, które ma z zasady prawie zawsze swobodny dostęp do cieków, jako do źródła wody do picia.

Potencjalne możliwości spływów powierzchniowych obciążeń gnojowicowych w górach są ograniczone względami technicznymi stosowania gnojowicy na zboczach. Według Stüdermana [24] przy deszczowaniu urządzeniami przetaczanymi spadki podłużne terenu nie powinny przekraczać 12%, a spadki poprzeczne 10%, natomiast dla rozprowadzania gnojowicy transportem kołowym, w zależności od stosowanego sprzętu, spadki podłużne nie powinny przekraczać 12-20%, a poprzeczne mogą wynosić maksymalnie 8-15%. Przy tym autor ten zakłada, że dawka jednostkowa nie powinna przekraczać 4 mm ($40 \text{ m}^3/\text{ha}$) wraz z dodatkiem 20 mm wody przy deszczowaniu.

Aby uniknąć odpływu zanieczyszczeń z gnojowicy stosowanej na zboczach należy:

- dokonywać upraw na zboczach, zgodnie z zaleceniami przeciwozyjnymi, czyli w poprzek zbocza,
- rozlewać gnojowicę w poprzek zbocza,
- stosować zmniejszone jednorazowe dawki gnojowicy, a w każdym razie nie przekraczać dawki maksymalnej $50 \text{ m}^3/\text{ha}$,
- nie dopuszczać do powstawania kolein wzdłuż stoku,
- stosować sprawne rozpryskiwanie i rozlewacze gnojowicy przy beczkowozach,
- obserwować i ewentualnie ukierunkowywać rozlewanie gnojowicy na zboczu,
- stosować gnojowicę w miarę możliwości pogłównie, najlepiej na użytki zielone trwałe, okresowo odnawiane czy przemienne.

Prawie całkowitą ochroną wód powierzchniowych przed dopływami powierzchniowymi obciążeń gnojowicowych można uzyskać również przez utrzymywanie wzdłuż cieków i zbiorników wodnych pasów trwałego użytku zielonego oraz stosowanie drenów i rowów opaskowych u podnóża zbocza.

Fizyczne właściwości gnojowicy, a zwłaszcza jej gęstość i lepkość powodują, że jest ona bardzo powoli przemieszczana w profilu glebowym. Dowodzą tego pomiary porównawcze filtracji, przytoczone w tabeli 7.

Szczególnie powolnemu przemieszczeniu ulega gnojowica pełna stosowana na glebie gliniastej. W miarę udatniania i oczyszczania gnojowica staje się roztworem

T a b e l a 7

Przeciętne wskaźniki filtracji różnic wstępnie uzdatnianej gnojowicy [6]

	Filtracja w mm/godz. w glebie		
	piaszczystej	gliniastej	średnio
Gnojowica pełna	0,15	0,09	0,13
po wydzieleniu części stałych	3,45	0,41	1,93
po biologicznym oczysz- czeniu	4,61	0,39	2,50
po biologicznym oczysz- czeniu w stawach	5,47	0,81	3,14
Woda czysta	13,90	2,33	8,12

bardziej przepuszczalnym w środowisku gleby - szczególnie lekkiej. Gnojowica oczyszczona biologicznie z powodu dużej szybkości wsiąkania, może dostarczyć do wód glebowych i gruntowych nawet większych ilości związków mineralnych niż gnojowica surowa. Istnieje zatem konieczność korygowania dawek polewowych, uwzględniając parametr wsiąkania różnie oczyszczonych wstępnie gnojowic. Najbardziej bezpieczne dla środowiska wód gruntowych jest stosowanie gnojowicy pełnej, która ma bardzo małą szybkość wsiąkania, a jej azot występuje w połowie organicznie związanej i w połowie w formie amonowej. Gnojowica pełna surowa nie zawiera w zasadzie azotu azotanowego, który najszybciej jest wypłukiwany z gleby do wód gruntowych.

Azotanowe formy azotu gnojowicy mogą mieć istotny wpływ na zwiększenie wydajności produktów eutrofizacji wód szczególnie stojących. W celu ograniczenia skutków eutrofizacji wód, dawki gnojowicy powinny wynikać z bilansu dostarczonego i pobieranego azotu przez rośliny, z uwzględnieniem warunków glebowych. Wody szczególnie chronione muszą ponadto być zabezpieczone odpowiednimi strefami.

Gnojowica składa się z kału i moczu zwierząt domowych, dlatego porównywana jest do ścieków zanieczyszczonych fekaliami i może być źródłem zakażenia. Wynikają stąd określone zadania skutecznego zabezpieczenia środowiska przy rolniczym wykorzystaniu gnojowicy.

Skuteczne zabezpieczenie sanitarne środowiska w systemach rolniczego wykorzystania gnojowicy należy przede wszystkim od:

- wystarczającej ilości pól do nawożenia gnojowicą,
- przestrzegania obowiązujących zakazów i zastrzeżeń dotyczących stosowania gnojowicy,
- właściwego uzdatniania gnojowicy przed rolniczym wykorzystaniem,
- odpowiedniej lokalizacji pól nawożonych gnojowicą i stosowania wokół nich bezpiecznych stref ochronnych,

- przestrzegania odpowiednich okresów karencji na poszczególnych użytkach i uprawach nawożonych gnojowicą,
- ścisłego przestrzegania przepisów weterynaryjnych i odpowiedniego postępowania z gnojowicą w okresie epizootii,
- zachowania higieny sanitarnej obsługi urządzeń gnojowicowych.

Wykorzystanie gnojowicy w rolnictwie nie może zagrażać, a nawet nie powinno przeszkadzać w normalnym funkcjonowaniu terenom zamieszkałym, zakładom produkcyjnym, samej produkcji zwierzęcej, jak również urządzeniom komunalnym i socjalnym, a także ruchowi na drogach.

Nie wolno stosować gnojowicy i jej rozdzielonych frakcji w I i II strefie ochrony ujęć wody do zaopatrzenia ludności, w strefie źródeł mineralnych i leczniczych oraz na terenach objętych ochroną przyrody i wykorzystywanych do zbiorowego wypoczynku ludności. Nie wolno nawozić pogłównie warzyw spożywanych w stanie surowym.

W celu ograniczenia ewentualnego przenikania azotanów do wód gruntowych tereny rolniczej utylizacji gnojowicy powinny mieć ustabilizowane stosunki wodne. Przyjmuje się za ogólną zasadę, że średni poziom wód gruntowych na terenach nawożonych gnojowicą w kombinacji z nawodnieniem wodą czystą powinien na łąkach wynosić co najmniej 1,0 m, a na gruntach ornym - 1,2 m [9]. Możliwe jest stosowanie gnojowicy również na terenach o płytszym poziomie wody gruntowej. Polskie zalecenia dopuszczają rolnicze wykorzystanie gnojowicy na terenach o wodach gruntowych na głębokości 0,6-1,0 m, przy zmniejszeniu dawki gnojowicy o 50% [23]. Według normy branżowej Niemieckiej Republiki Demokratycznej TGL 24118/01, nie należy stosować gnojowicy na obszarach nisko położonych o poziomie wody gruntowej 0,4 m. Na obszarach o zwierciadle wody gruntowej 0,4 m i 1,0 m należy dokonać uzgodnienia z kompetentnym organem nadzoru wodnego i dążyć do stosowania zmniejszonych dawek gnojowicy, aby maksymalna ilość azotu w niej zawartego nie przekraczała 250 kg N/ha, a pokrycie potrzeb tego składnika z gnojowicy nie przekraczało 50%. Przy dawce wyższej niż 300 kg N/ha na glebach ilastych, gliniastych i pylastych wymagany jest poziom wody gruntowej poniżej 1 m, a przy piaskach słabo gliniastych i luźnych poniżej 1,5 m [24].

Ponieważ czynna ochrona środowiska polegająca na odpowiedniej technologii przygotowania gnojowicy i właściwym stosowaniu jej w produkcji roślinnej może okazać się niewystarczająca, w systemach rolniczej utylizacji stosuje się, głównie dla ochrony wód i powietrza, strefy sanitarne, a przeciw przenoszeniu patogennych drobnoustrojów za pośrednictwem roślin nawożonych gnojowicą - okresy karencji.

LITERATURA

1. Asmus i in.: Einsatz der Gülle in der Pflanzenproduktion. Fortschrittsbericht für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft, t. 13, 1975.
2. Grabik H.: Gesichtspunkte des Gewässerschutzes bei der Güllebehandlung und-Verwertung. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, nr 6, 1972.
3. Higersberger J.: Kilka słów o gnojowicy. Nowe Rol., nr 11, 1980.
4. Karačevcev A., Samykin W.: Stopień očištki osvjetlnjnih stocov životnovodž-ěških kompleksov na poljäh orošeniya. Sel'skocħzjajstvennoe ispol'zovanie stočnyh vod. Sbornik naučnyh trudov, z. 6, VNIIGiM, Moskva.
5. Kowalik P.: Rolnicze zagospodarowanie ścieków zwierzęcych a ochrona środowiska w warunkach województwa gdańskiego. Referaty na konferencję szkoleniowo-techniczną nt.: Zagadnienia utylizacji gnojowicy z ferm przemysłowych. SITR i IMGW. Gdańsk, 1976.
6. Kramer D i in.: Möglichkeiten zur Güllesaufbereitung und Verwertung durch Intensivbodenbehandlung. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, nr 9, 1977.
7. Krüger W., Hirte W.: Wasserwirtschaftliche Aspekte bei der landwirtschaftlichen Gülleverwertung. Wasserwirtschaft-Wassertechnik, nr 6, 1972.
8. Kuszelewski L.: Działanie i wykorzystanie dużych dawek gnojowicy. Stan i kierunki badań nad wykorzystaniem gnojowicy do celów nawozowych. Materiały na sympozjum naukowe, 1977.
9. Kutera J.: Rolnicze wykorzystanie gnojowicy - zalecenia. Materiały instruktażowe, nr 23. IMUZ Falenty, 1977.
10. Kutera J.: Zasady rolniczego wykorzystania gnojowicy. Materiały na konferencję naukowo-techniczną nt.: Wpływ przemysłowych ferm hodowlanych na środowisko przyrodnicze w problematyce opracowań fizjograficznych dla gmin. Geoprojekt, Wrocław, 1979.
11. Kutera J., Trzmiel J., Żurek J.: Rolnicze wykorzystania gnojowicy. Wytyczne IMUZ, 1979.
12. Kühn G., Lange H.: Einfluss einer langjährigen Güllendüngung in Vergleich zu anderen organischen Düngemitteln auf Löss-Schwarzerde. Tag. Ber. Dt. Akad. Landwirtschaft.-Wiss., nr 116, Berlin, 1971.
13. Loehr R.: An overview utilization of residues from agriculture and agroindustries. Residue Utilization - Mengement of Agriculture and Agro-Industrial Wastes, FAO, Rome, 1977.
14. Maćkowiak C.: Ocena gnojowicy z ferm przemysłowych. Maszynopis. IUNG, Puławy. 1978.
15. Maćkowiak C., Lipska E.: Wpływ nawożenia na zawartość w glebie przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu oraz pH. Materiały konferencji naukowej nt.: Rola melioracji w kształtowaniu środowiska przyrodniczego. IMUZ Falenty, 1978.
16. Maćkowiak C., Lipska E., Szweczyk M.: Rola nawożenia organicznego w warunkach intensywnego rolnictwa. Nowe Rol., nr 21, 1980.
17. Majdowski F.: Oczyszczanie gnojowicy z fermy trzody chlewnej w glebie w warunkach lizymetrycznych. Roczn. Nauk. Rol., ser. F, 79, 4, 1978.
18. Margowski Z., Bartoszewicz A.: Przenikanie podstawowych składników nawozowych do wód gruntowych. Materiały na konferencję naukową nt.: Nawożenie a eutrofizacja wód. PAN i WSI. Zielona Góra, 1976.
19. Mazur T., Wróbel Z.: Zanieczyszczenie wód gruntowych i powierzchniowych gnojowicą. Materiały na sympozjum naukowe nt.: Stan i kierunki badań nad wykorzystaniem gnojowicy do celów nawozowych. PAN i AR-T Dłstzyn, 1977.
20. Norma branżowa NRD. Wykorzystanie gnojowicy. Rozprowadzanie przy pomocy deszczowni. TGL - 24198/02, 1974.
21. Norma branżowa NRD. Wykorzystanie gnojowicy. Rozprowadzanie pojazdami. TGL. 24198/93, 1974.
22. Oberländer H., Roth K.: Die Umwandlung eines ^{14}C - markierten Düngers aus Gülle und Stroh im Boden. Die Bodenkultur, T. 26, 1975.
23. Sikorski M., Simoni J., Żurek J.: Zasady lokalizacji ferm z punktu widzenia ochrony środowiska. Materiały instruktażowe, nr 29, IMUZ Falenty, 1978.

24. Stüdermann O.: Kryteria wyboru lokalizacji ośrodków produkcji zwierzęcej. Materiały seminarium naukowo-technicznego nt.: Oczyszczanie i utylizacja ścieków w środowisku glebowym i wodnym jako jeden z głównych kierunków realizacji Konwencji Helsińskiej. NOT i AR Szczecin i IKŚ O/Wrocław, Szczecin 1977.
25. Tietjen C., Berdtke D.: Wirkung tierischer Exremente auf Boden, Pflanze und Gewässer. Abfälle aus der Tierhaltung. Verlag Ulmer. Stuttgart 1977.
26. Vetter H. i in.: Mist and GÜlle. Frankfurt a. Main, 1973.
27. Vetter H., Klasiuk A.: Untersuchungen zu den Grenzen der Anwendung von Schweine- und Hühnergülle. Landwirtschaftliche Forschung. Sonderheft 27/I, 1972.