

ROLNICTWO POLSKIE I OCHRONA JAKOŚCI WODY, ZWŁASZCZA WODY BAŁTYKU

Andrzej SAPEK

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Zakład Ochrony Jakości Wody

Słowa kluczowe: azot, fosfor, jakość wody, Morze Bałtyckie, rolnictwo

Streszczenie

Omówiono zagadnienie ochrony środowiska Morza Bałtyckiego, szczególnie wpływ rolnictwa na jakość wody morza, zagrożoną zrzucaniem doń związków azotu, fosforanów i potasu. Cały obszar Polski jest położony w dorzeczu Morza Bałtyckiego, więc przyjęto, iż jakość wody Bałtyku zależy od jakości wody i środowiska w Polsce. W całkowitym ładunku wnoszonym do Morza Bałtyckiego z Polski 13% azotu pochodzi opadu atmosferycznego oraz 25% azotu i 37% fosforu z wody rzek. Największym zagrożeniem środowiska Morza Bałtyckiego, jak i całego środowiska, jest nieumiarkowana konsumpcja ludności, a w szczególności nadmierne spożycie białka zwierzęcego, co kształtuje całą produkcję rolną.

WSTĘP

Polska jest krajem, który od dawna ma dostęp do morza – Morza Bałtyckiego. W Pierwszej Rzeczypospolitej dostęp ten rozciągał się od Ustki po prawie całe Inflanty z Dorpatem włącznie, jednakże gospodarka morska skupiała się w miastach należących do Związku Hanzeatyckiego, w których znaczny udział miał żywiół obcy – głównie niemiecki i holenderski, który jednak utożsamiał się z Polską, tak że polska i niemiecka ludność Gdańska jeszcze cztery lata po III rozbiórce czynnie i zbrojnie opierała się nawale pruskiej. Po I wojnie światowej przydzielono Polsce tylko skrawek wybrzeża, a Gdańsk uczyniono Wolnym Miastem, w którym żywiół polski był tępiący. Społeczeństwo Drugiej Rzeczypospolitej wykazało aliści ol-

brzymią wolę uczynienia Polski państwem morskim i w czasie wielkiego kryzysu w latach 1930–1934, mimo olbrzymiego ubóstwa, we wsi Gdynia wybudowano miasto i port, które pozostały nowoczesne po dzień dzisiejszy. Było to, między innymi, zasługą entuzjazmu, umiejętności i wiedzy inż. Eugeniusza Kwiatkowskiego, chemika z wykształcenia i zawodu. Dzięki jego zabiegom powstała flota pasażerska, handlowa i rybacka, a flaga polska była znana w portach całego świata. Ten impuls wymusił również na władzach PRL dalszy rozwój gospodarki i przemysłu morskiego. Katastrofalne dla polskiego wybrzeża stało się dopiero obecne dwudziestolecie, zmarnowano cały potencjał pełnomorskiej floty handlowej i rybackiej, ograniczono rybactwo przybrzeżne, zniszczono przemysł okrętowy – duma z Polski na morzu się skończyła. To odwrócenie się plecami ku morzu powoduje, że władze i społeczeństwo nie wykazują większego, prócz formalnego, zainteresowania stanem środowiska Morza Bałtyckiego. Władze ograniczają się do urzędowych sprawozdań z realizacji zobowiązań wynikających z porozumień międzynarodowych, a społeczeństwo jest zbyt słabo informowane o potrzebie ochrony wody Bałtyku, a i – co prawda – takich informacji się nie domaga.

Chciałbym przybliżyć zagadnienie ochrony środowiska Morza Bałtyckiego i omówić wpływ rolnictwa na jakość wody morza zagrożoną zrzucaniem doń związków azotu, fosforanów i potasu. Prawie cały obszar państwa polskiego jest położony w dorzeczu Morza Bałtyckiego, więc przyjęto założenie, iż jakość wody Bałtyku zależy również od jakości wody i środowiska w Polsce.

MORZE BAŁTYCKIE

Morze Bałtyckie jest w pełni otoczone lądem, a z Morzem Północnym łączy się jedynie wąskimi i płytkimi cieśninami między Danią i Szwecją, co znacznie ogranicza wymianę wody. Ten czas dotyczy również wymiany substancji zanieczyszczających, w tym związków azotu i fosforu. Ponad 200 dużych rzek zasila „słodką” wodą Morze Bałtyckie, co czyni je największym morzem ze „słonawą” wodą, to znaczy o zasoleniu wynoszącym tylko ok. 1% [FEJES i in., 1999].

Powierzchnia Morza Bałtyckiego obejmuje 415 266 km², a jego dorzecza ok. 2 150 000 km². W dorzeczu Morza Bałtyckiego położonych jest 14 państw (rys. 1). Dziewięć z nich ma bezpośredni dostęp do jego wybrzeża. Są to: Dania, Estonia, Finlandia, Litwa, Łotwa, Niemcy, Polska, Rosja i Szwecja. W dorzeczu tym znajduje się również część powierzchni Białorusi, Czech, Norwegii, Słowacji i Ukrainy. Użytki rolne stanowią ok. 60 do 70% powierzchni dorzecza w Danii, Niemczech i Polsce, natomiast w Estonii, Finlandii, Rosji i Szwecji od 65 do 90% powierzchni dorzecza stanowią lasy, mokradła i jeziora. Teren dorzecza zamieszkuje prawie 85 mln osób, 29% z nich żyje w dużych skupiskach miejskich, 45% w małych ośrodkach miejskich, a 29% w obszarach wiejskich. Gęstość zaludnienia waha się od 10 mieszkańców na km² w północnych częściach Finlandii i Szwecji do 500



Rys. 1. Zlewisko Morza Bałtyckiego

Fig. 1. The Baltic Sea drainage basin

mieszkańców na km² zurbanizowanych regionów Danii, Niemiec i Polski. Prawie 15 mln ludzi żyje w 10-kilometrowym paśmie wybrzeża [HELCOM, 1998]. Praktycznie cała ludność Polski zamieszkuje dorzecze Bałtyku.

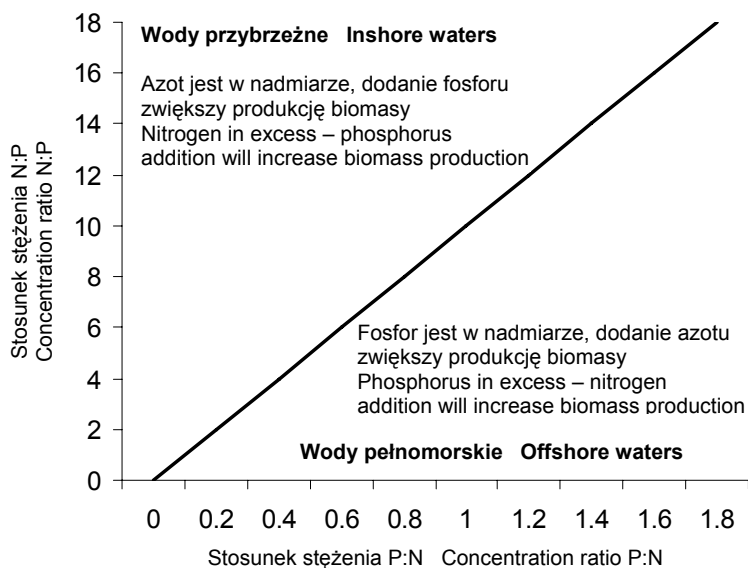
Azot i fosfor oraz inne substancje zanieczyszczające przedostają się do Morza Bałtyckiego z wodą rzek, ze spływem powierzchniowym i podpowierzchniowym

wzdłuż wybrzeża, z wymiany wody z Morzem Północnym, z opadem atmosferycznym i w wyniku działalności człowieka na morzu. Czas przebywania tych substancji w Morzu Bałtyckim odpowiada czasowi wymiany wody określanej na ok. 25–30 lat. W wymianie wody dominują dwa procesy obejmują one również wymianę substancji zanieczyszczających. Pierwszy to stały roczny dopływ ok. 540 km³ świeżej wody wnoszonej z rzekami i opadem atmosferycznym, a drugi to nieregularny wpływ głębokiej wody o dużym zasoleniu z Morza Północnego, wymuszony przez nadmiar świeżej wody w Morzu Bałtyckim i różnicę w gęstości wody w tych morzach [FENNEL, 1996]. Ten dopływ słonej wody jest jednakże niedostateczny, by utrzymać odpowiednie stężenie chlorków i tlenu w wodzie, które jest niezbędne, by zapewnić właściwe warunki do tarła niektórych ryb, jak na przykład dorszy, które wymagają określonej gęstości wody i dobrego dostępu tlenu. Zmniejszenie się zawartości tlenu do zera wyklucza możliwość życia. Obumarły materiał organiczny (plankton, algi itp.) opada stale z wierzchnich warstw morza na dno i dodatkowo wiąże tlen w procesie mineralizacji. Zjawisko to może być szczególnie nasilone w płytkich wodach przybrzeżnych, zwanych estuariami.

Ostatecznie ochrona wody Bałtyku polega na utrzymaniu w niej odpowiedniego stężenia tlenu. Pierwiastek ten może ulec wyczerpaniu w wyniku obecności nadmiernej ilości biomasy i jej rozkładu. Substancje organiczne w wodzie rzecznej pochodzą ze źródeł obszarowych i punktowych. Z obszarów wiejskich docierają na ogół substancje naturalne wymywane z pól uprawnych, łąk, lasów oraz z osiedli wiejskich, te ostatnie mogą jednak być wzbogacane w substancje pochodzące z bytowania ludzkiego, chowu zwierząt oraz działalności technicznej. Procesy samooczyszczania w wodzie rzek upraszczają skład chemiczny unoszonych substancji organicznych, czyniąc je coraz bogatszymi w azot i fosfor. To powoduje, że sama potrzeba utlenienia substancji wniesionych do wody Bałtyku nie decyduje o poziomie natlenienia wody. Większą rolę odgrywa dopływ związków azotu i fosforu, których obecność zwiększa w morzu produkcję biomasy, w coraz to bardziej nadmiernych ilościach, co jest podstawowym wyzwaniem. Związki organiczne i biomasę wnoszoną z rzekami do Bałtyku nie są zatem główną przyczyną eutrofizacji.

O eutrofizacji wody morskiej, także Bałtyku, a zatem o ilości produkowanej biomasy, nie decyduje sama obecność azotu i fosforu, lecz stosunek ich stężenia w wodzie. Obowiązuje tu prawo minimum Justusa Liebiga. W wodach przybrzeżnych składnikiem niedoborowym jest fosfor, a w pełnomorskich azot [ENELL, FEJES, 1995] (rys. 2).

Świeża woda dopływająca z Polski rzekami do Morza Bałtyckiego wnosi doń niemałe ładunki substancji rozpuszczalnych, z których przynajmniej część jest uznawana za zanieczyszczające (tab. 1) [Ochrona środowiska..., 2008; SAPEK, 2008a]. Największy udział wśród nich mają chlorki, kolejno wapń, siarczan i magnez, składniki pochodzące z wody Morza Północnego. Procentowo mały jest natomiast udział substancji sprzyjających eutrofizacji – azotu i fosforu [SAPEK, 2008a].



Rys. 2. Stosunek azotu do fosforu optymalny dla rozwoju alg w Morzu Bałtyckim [FEJES i in., 1999]

Fig. 2. The ratio of nitrogen to phosphorus optimal for the production of algae in the Baltic Sea [FEJES *et al.*, 1999]

Tabela 1. Średnie roczne ładunki substancji wprowadzane z obszaru Polski do Morza Bałtyckiego w latach 1990–2007 (na podstawie: Ochrona środowiska [2008])

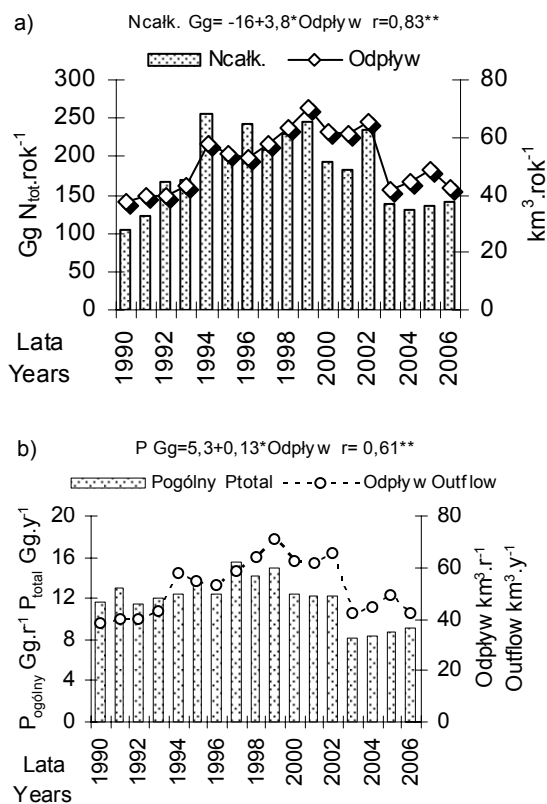
Table 1. Mean annual loads of substances delivered from Polish territory into the Baltic Sea (based on: Ochrona środowiska [2008])

Składnik Component	Gg·r ⁻¹ Gg·y ⁻¹	Udział substancji rozpuszczonych, % The share of dissolved substances, %
BZT ₅ BOD ₅ , O ₂	210	
ChZT-Mn COD-Mn, O ₂	448	
ChZT-Cr COD-Cr, O ₂	1 540	
Substancje rozpuszczone Dissolved substances	24,5	100,0
Azot całkowity Total nitrogen	181	0,74
Fosfor całkowity Total phosphorus	10,1	0,041
Ca	4 195	17,1
Mg	588	2,4
Cl	5 259	21,5
SO ₄	3 582	14,6

SKŁADNIKI NAWOZOWE W ROLNICTWIE I ŚRODOWISKU

Decydenci oraz niektóre ośrodki naukowe w Polsce przez wiele lat traktowały z niedowierzaniem wyniki badań, wskazujące na liczący się wpływ rolnictwa i obszarów wiejskich na zanieczyszczanie wody związkami azotu i fosforu, a atmosfery gazowymi związkami azotu. Oficjalne dokumenty zaprzeczały, aby sektor rolniczy stanowił powodował zanieczyszczenie wody i całego środowiska. Według tych dokumentów zużycie nawozów mineralnych w Polsce było od 2 do 3 razy mniejsze niż średnio w krajach OECD [Spójna polityka..., 1999] lub że poziom zużycia nawozów mineralnych w Polsce nie powodował istotnego i powszechnie występującego zagrożenia wobec środowiska ze strony gospodarki rolnej [Raport..., 1998]. Owe oficjalne stanowiska nie opierały się jednak na faktycznych danych, lecz promowały kierowanie funduszy przeznaczonych na ochronę środowiska do innych sektorów gospodarczych, zamiast do rolnictwa. Ośrodki naukowe nie chciały rezygnować z tradycyjnych przyzwyczajęń i nie prostowały tych dziwnych poglądów. Dopiero wizja przystąpienia państwa polskiego do Unii Europejskiej i wynikająca z tego konieczność dostosowania polityki ochrony środowiska do wymagań unijnych pobudziła do wyrwykowego działania. Ukształtowany stan świadomości społeczeństwa o roli rolnictwa w ochronie środowiska nie jest jednak pomocny w ich realizacji. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, podejmując międzynarodowy i kosztowny program budowy zbiorników na nawozy naturalne, zlecił CBOS badania na temat stanu takiej świadomości. W ankietyzacji przeprowadzonej w 2001 r. na reprezentatywnej próbie 1000 dorosłych Polaków na pytanie, czy rolnictwo powoduje istotne zagrożenie dla środowiska naturalnego w Polsce? odpowiedziano: nie – 64,8%, tak – 27,3% i trudno powiedzieć – 7,9%, a na pytanie, czy nawozy naturalne (gnojówka, gnojowica, obornik) mogą zanieczyszczać środowisko naturalne? odpowiedziano: tak – 16,5%, nie – 73,4% i trudno powiedzieć – 6,0% [SZOT, 2002]. Wydaje się, iż takie postrzeganie zagadnienia jest nadal aktualne, nie tylko wśród społeczeństwa. Wdrażanie Dyrektywy Azotowej UE zwiększyło ostatecznie zainteresowanie decydentów i ośrodków naukowych, lecz głównie w celu stwierdzenia stanu (monitoringu) jakości wody i komentowania jego wyników pod względem wymagań prawnych, a nie jako zobowiązanie do doszukiwania się źródeł i procesów zanieczyszczania oraz do podejmowania odpowiedniego działania.

Jakość wody oceniana ze względu na wnoszenie składników nawozowych z Polski do Morza Bałtyckiego nie uległa od 1990 r. poprawie w zakresie wnoszonego ładunku całkowitego azotu (rys. 3a), nastąpiła natomiast niewielka poprawa w zakresie ładunku całkowitego fosforu (rys. 3b). Głównym czynnikiem kształującym obydwa ładunki jest odpływ wody z dorzecza do morza, który w ostatnich latach zmalał, czemu towarzyszyło proporcjonalne zmniejszanie się ładunków substancji zanieczyszczających [SAPEK, 2008b]. Fakt ten zachęcił niektóre ośrodki do snucia optymistycznych wniosków, że skutecznie zapobiega się wnoszeniu azotu



Rys. 3. Roczne ładunki substancji wnoszonych rzekami z Polski do Morza Bałtyckiego w latach 1990–2006 na tle odpływu wody: a) azot, b) fosfor

Fig. 3. Annual loads of nitrogen compounds delivered with river waters from Poland into the Baltic Sea in 1990–2006 in relation to the water outflow: a) nitrogen, b) phosphorus

i fosforu do morza z Polski. Ocena udziału rolnictwa w tworzeniu omawianych ładunków napotyka na trudności metodyczne, a jeszcze bardziej światopoglądowe. Olbrzymia baza danych państwowego monitoringu jest, być może, niewystarczającym źródłem do takiej oceny, jednakże i tak nikt na jej podstawie koniecznej oceny się nie podejmuje.

Sądzę, że bardziej skutecznym postępowaniem będzie opieranie się na chemicznym prawie zachowania masy i rozpatrywaniu ilości składników nawozowych dodawanych lub ujmowanych w kolejnych ogniwach łańcucha pokarmowego człowieka, z którego rozpraszają się one do środowiska. Początkowym ogniwem owego łańcucha jest gleba, a końcowym – gazowe, ciekłe i stałe odpady bytowe. Pośrednimi są natomiast produkty roślinne i zwierzęce, ich przetwórstwo i przechowywanie oraz handel i spożycie. W celu przejrzystości obliczeń rozróżniamy wkład pierwotny składnika, pochodzący spoza łańcucha pokarmowego i wkład

wtórny składnika w postaci odpadów użytecznych, powracający ku początkowi łańcucha z dalszych ogniw. Wystarczająco dokładnie możemy ocenić ilości fosforu i potasu wnoszone do rolnictwa, gdyż prawie cały ten wkład pochodzi z nawozów mineralnych. Azot natomiast pochodzi z kilku źródeł, których udział nie zawsze można nawet w przybliżeniu ocenić. Obieg każdego składnika nawozowego w rolnictwie i środowisku najlepiej opisywać za pomocą jego bilansu. W rolnictwie są to jego ilości wnoszone z zewnątrz do gospodarstwa i wynoszone zeń z płodami. W środowisku trudniej jest obliczyć to wnoszenie i wynoszenie, gdyż nie ma w nim podobnej, wyodrębnionej jednostki terytorialnej, jaką jest gospodarstwo rolne.

Azot w rolnictwie i środowisku. Ilości azotu wnoszone z nawozami mineralnymi można określić stosunkowo dokładnie. Wnoszenie z dwóch pozostałych źródeł – wiązania mikrobiologicznego i opadu atmosferycznego jest trudniejsze do oszacowania. Ilości azotu wiązane przez rośliny motylkowate oblicza się, mnożąc powierzchnie ich uprawy przez współczynnik wiązania azotu przez daną roślinę. Współczynnik ten przyjmuje się na podstawie danych literaturowych, nie zawsze tych samych i odnoszących się do rozpatrywanych warunków. W Polsce powierzchnia tych upraw jest obecnie niewielka, więc ewentualne niedokładności nie mają większego wpływu na wyniki bilansu. Określenie ilości symbiotycznie wiązane azotu przez roślinność łąkową wymaga rozeznania udziału w runi roślin motylkowatych, jest ono możliwe tylko dla wiadomej łąki i to z dużym błędem. Rozeznanie natomiast ilości niesymbiotycznie wiązane azotu przez bakterie glebowe stwarza jeszcze większe trudności. Wydaje się bowiem, że obecnie dobra zasobność gleb w fosfor, a poniekąd i w potas, może stymulować aktywność drobnoustrojów wiążących azot. Powyższe dotyczy także nierolniczych ekosystemów.

Największe jednak niedokładności powstają w określaniu ładunku azotu wnoszonego z opadem atmosferycznym na powierzchnię Ziemi. W polskich pracach przyjmuje się, że ładunek ten z mokrego opadu wnosi ok. $17 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$ [SAPEK, SAPEK, 1993; SZPONAR i in., 1996]. Wielkość tego przeciętnego rocznego ładunku potwierdzono pomiarami prowadzonymi w Falentach od 1987 r., w którym ok. 60% zawartego w nim azotu stanowił amoniak [SAPEK, NAWALANY, 2006]. Prócz mokrego opadu wyróżnia się suchy opad, na który składa się opad cząstek stałych zawierających azot, osadzanie się rosy oraz zwłaszcza sorbowanie gazowych postaci amoniaku i tlenków azotu na powierzchni rośliny i gleby. Pomiar ładunku azotu w suchym opadzie jest więc złożony i tylko nieliczne ośrodki się nim zajmują. W Polsce takich badań się nie prowadzi. Zagadnienie to przybliżymy na podstawie danych uzyskanych w niektórych krajach europejskich. W Szwajcarii ponad 50% ładunku azotu z opadu całkowitego pochodziło z opadu suchego, opadającego głównie w postaci amoniaku (tab. 2) [STADELMAN, 1995]. W Wielkiej Brytanii GOULDING [1990] stwierdził, iż z suchym opadem wnosi się od 10 do 20 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, co stanowi prawie dwukrotność opadu mokrego. W Czechach oceniono całkowity opad azotu na 26 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ [ZAPLETAL, 1998]. KUGLER, HORVÁTH

Tabela 2. Atmosferyczny opad azotu w Szwajcarii [STADELMANN, 1995]**Table 2.** Atmospheric nitrogen deposition in Switzerland [STADELMANN, 1995]

Związek Compound	Opad azotu Nitrogen deposition		Udział w opadzie Share in deposition %	Rodzaj opadu Type of deposition
	kg N·ha·r ⁻¹	kg N·ha·y ⁻¹		
NH ₃	14,1		45,9	suchy dry
NO ₂	2,5		8,8	suchy dry
HNO ₃ + NO ³⁻	1,4		5,5	mokry wet
NO, N ₂ O ₅ , PAN, NO ²⁻	1,3		4,6	mokry wet
NH ⁴⁺	5,6		19,8	mokry wet
NO ³⁻	3,4		12,0	mokry wet
Razem Total	28,3		100,0	

i MACHON [2008] stwierdzili na Węgrzech dwukrotnie większy ładunek azotu w opadzie suchym niż mokrym wnoszonym na ekosystemy lądowe.

Uwzględnienie ładunku azotu w suchym opadzie wymaga innego ujmowania bilansu tego składnika zarówno w rolnictwie, jak i w środowisku. Z obszaru Polski rejestrowaną emisję gazowych związków ocenia się na 22 kg N·ha⁻¹·r⁻¹ (tab. 3). Rejestrowane dane nie uwzględniają licznych źródeł ulatniania się związków azotu, zwłaszcza amoniaku z działalności bytowej człowieka i ekosystemów nierolniczych [SAPEK, 1995]. Pogląd, że z mokrym opadem wnosi się około 17 kg N·ha⁻¹·r⁻¹ jest ogólnie uznawany i stosowany w pacach bilansowych [SZPONAR i in., 1996]. Cytowane powyżej dane badań europejskich nad ładunkiem azotu w suchym opadzie, wykazujące, iż jest on ponad dwukrotnie większy niż ów ładunek w opadzie mokrym, upoważniają do wyrażenia przypuszczenia, że z całkowitym opadem wnosi się na powierzchnię Ziemi w Polsce ok. 40 kg N·ha⁻¹·r⁻¹, co odpowiada 4,0 t N·km⁻². W sumie na powierzchnię gleb w Polsce można zatem spodziewać się sumarycznego opada odpowiadającego rocznie ok. 1 200 tys. t

Tabela 3. Źródła emitowanych gazowych związków azotu w Polsce**Table 3.** Sources of emitted gaseous nitrogen compounds in Poland

Emitowany związek ¹⁾ Emitted compound ¹⁾		Źródło emisji Emission source	
nazwa name	symbol	przemysł, transport, elektrownie industry, transportation, power station	rolnictwo agriculture
Amoniak Ammonia,	N-NH ₃	6	323
Tlenki azotu Nitrogen oxides,	N-NO _x	340	20
Podtlenek azotu Dinitrogen oxide,	N-N ₂ O	12	45
Całkowita emisja Total emission,	N	358	388

¹⁾ Ilość emitowanego azotu podana w tys. t N·r⁻¹.

¹⁾ Amounts of emitted nitrogen given in thousand t N·y⁻¹.

związanego azotu, to jest nawet więcej niż stosuje się z mineralnymi nawozami azotowymi.

Powstaje więc pytanie, jakie są źródła tak dużego ładunku azotu w całkowitym opadzie? Ważnym, stosunkowo lepiej rozpoznany, jego źródłem jest emisja gazowych związków azotu. Pochodzi ona z naturalnych procesów w atmosferze, antropogenicznych procesów w rolnictwie, energetyce, transporcie, przemyśle, gospodarce komunalnej oraz z antropogenicznych i naturalnych procesów w glebie lasów i innych użytków ekologicznych. Szacunek tylko części tej emisji jest ujmowany w opracowaniach GUS (tab. 4). Z danych tych jednak wynika, że emisja związków azotu wynosi ponad 750 tys. t N rocznie i jest niewiele mniejsza niż zużycie mineralnych nawozów azotowych oraz że z rolnictwa pochodzi co najmniej połowa emitowanego ładunku azotu. Skąd jednak pochodzi różnica między 1 200 tys. t N rocznie w oszacowanym opadzie całkowitym a wykazany emitowanym ładunkiem. Po prostu, w oficjalnie uznanym ładunku nie można ujmować innych źródeł, na które składają się: powstawanie tlenków azotu podczas wyładowań atmosferycznych, emisja z 50% gleb nierolniczych, emisja ze źródeł komunalnych oraz z transgranicznego wnoszenia tych związków z wiatrem, wiejącym głównie z zachodnich krajów Unii, w których omawiana emisja jest większa niż w Polsce. Ilości związanego azotu w czasie wyładowań atmosferycznych stanowią ok. 10% jego ilości w obecnej globalnej produkcji nawozów mineralnych [PACZYNA, GRAEDEL, 1995]. Z gleb lasów oraz tak zwanych użytków ekologicznych procesy emisji związków azotu są takie same, jak z gruntów rolnych, chociaż owa emisja może mieć mniejsze natężenie, a licząca się jej część jest wtórną emisją azotu z całkowitego opadu. Podobnie w czasie czynności fizjologicznej dzikich zwierząt ulatnia się amoniak, ulatnianie to może być jeszcze większe z wydalonych odchodów. Również czynnościom bytowym człowieka towarzyszy owa emisja, która jest również niebagatelna, zwłaszcza w procesie oczyszczania ścieków i składowania stałych odpadów komunalnych. Prócz emisji amoniaku z omówionych źródeł emitowane są również większe lub mniejsze ilości tlenków azotu i organicznych związków tego pierwiastka. Powyższe dodatkowo uzasadnia przedstawiony szacunek ładunek związanego azotu w całkowitym opadzie atmosferycznym w Polsce.

Tabela 4. Domniemane źródła azotu w opadzie całkowitym w Polsce

Table 4. Supposed sources of nitrogen in total atmospheric deposition in Poland

Źródła emisji	Emission sources	Ilość emitowanego azotu, tys. t N·r ⁻¹ Amounts of emitted nitrogen, thous. t N·r ⁻¹
Opisane źródła	Described sources	750
Wyładowania atmosferyczne	Lightning discharge	150
Ładunek transgraniczny	Transboundary load	140
Źródła niezidentyfikowane	Unidentified sources	160
Razem	Total	1 200

Emitowane gazowe związki azotu, w odróżnieniu od dwutlenku węgla, nie ulegają globalnemu rozproszeniu w atmosferze, lecz opadają w bliższej lub dalszej odległości od źródła. Tlenki azotu mogą wędrować nawet ponad tysiąc km, a przemieszczanie amoniaku nie przekracza kilku setek km. Powoduje to powrót większości wyemitowanych związków głównie do systemów lądowych. Około 24% azotu wnoszonego do Morza Bałtyckiego pochodzi z opadu atmosferycznego, co odpowiada 210 tys. N rocznie [FEJES i in., 1999]. Nie wiadomo jednak, czy w tym szacunku uwzględniono również ładunek azotu z suchego opadu.

Obieg związanego azotu w układzie atmosfera i powierzchnia Ziemi stanowi utrudnienie w obliczaniu bilansu azotu w środowisku kraju. Brakuje bowiem zgody także odnośnie do oceny przybliżonego ładunku azotu w całkowitym opadzie, którego uwzględnienie zwiększa prawie dwukrotnie ilości azotu wnoszone do środowiska (tab. 5). Zagadnienie to jest otwarte i wymaga wyjaśnienia. W dalszych przeto rozważaniach pominiemy ładunek azotu z opadu.

Fosfor w rolnictwie i środowisku. Fosfor jest pierwiastkiem odpowiadającym za bujność życia. Zwiększanie jego zawartości w środowisku sprzyja produkcji biomasy. W ekosystemach wodnych powoduje to zmniejszanie się stężenia tlenu

Tabela 5. Wnoszenie azotu do środowiska w Polsce w 2007 r. z uwzględnieniem i bez całkowitego opadu atmosferycznego

Table 5. Nitrogen input into the Polish environment in 2007 with and without the total atmospheric deposition

Źródło Source	Ilość emitowanego azotu, tys. t N·r ⁻¹ Amounts of emitted nitrogen, thous. t N·y ⁻¹	
	bez opadu without deposition	z szacunkiem opadu with deposition
Mineralne nawozy azotowe Mineral N fertilisers	1 056	1 056
Wiązanie mikrobiologiczne w rolnictwie Microbial N fixation in agriculture	150	150
Opad atmosferyczny na grunty rolne Atmospheric deposition on agricultural lands		600
Razem rolnictwo Total agriculture	1 206	1 806
Wiązanie mikrobiologiczne poza rolnictwem Non-agricultural microbial N fixation	40	40
Emisje gazowe z przemysłu itp. Gaseous emissions from industry etc.	358	358
Inne syntetyczne materiały Other synthetic materials	50	50
Opad atmosferyczny na grunty nierolne Deposition on non-agricultural lands		600
Razem pozarolnicze Total outside agriculture	448	1 408
Razem środowisko Total environment	1 654	3 214

w wodzie powierzchniowej, także morskiej, co skutkuje ograniczaniem w niej rozwoju organizmów żywych i ich różnorodności. Także w ekosystemach lądowych nadmiar fosforu ogranicza bioróżnorodność. Nadmiar ten nie jest jednak bezpośrednio szkodliwy dla organizmów żywych. W zbiorowiskach roślinnych ekosystemów lądowych sprzyja rozwojowi żywotniejszych gatunków i wypadaniu roślin siedlisk ubogich, co jest przyczyną naruszania bioróżnorodności. W ekosystemach wodnych nadmiar ten powoduje ich eutrofizację, co jest dobrze rozpoznane i opisane. To właśnie zagadnienie stanowi jedno z głównych wyzwań środowiskowych kierowanych do rolnictwa, także ze względu na ochronę środowiska Morza Bałtyckiego.

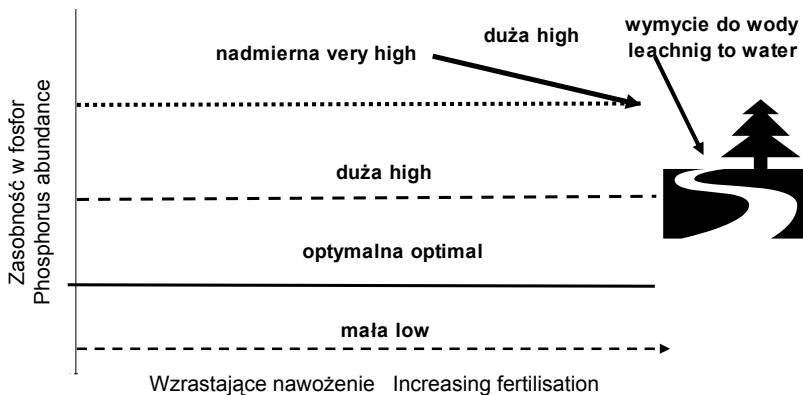
W odróżnieniu od azotu, opis obiegu fosforu w środowisku jest prostszy. Pierwiastek ten występuje tylko w postaci fosforanów, jego związki praktycznie nie ulatniają się do atmosfery, a ilości fosforu wnoszone z opadem atmosferycznym, oceniane w granicach od 0,3 do 0,7 kg·ha⁻¹, są niewielkie w porównaniu z ilością bilansowaną w rolnictwie, mogą jednak stanowić jego ważne źródło w niektórych ekosystemach. Fosfor w środowisku pochodzi z wietrzenia minerałów. W procesie tym uwalnia rocznie się ok. 13 mln t P·r⁻¹ i tyleż jest wnoszone do wody mórz i oceanów [SAPEK, SAPEK, 2004]. Antropogenicznie rozpraszany fosfor pochodzi z wydobywanych kopalni, z których ponad 90% urobku kieruje się do produkcji nawozów. Pozostałe 10% i tak w większości trafia do łańcucha pokarmowego człowieka, jeśli środki czystości dopiszemy do tegoż łańcucha.

Przyjmuje się, że gdy stężenie fosforanów w wodzie powierzchniowej jest większe niż 0,2 mg P-PO₄·dm⁻³ (0,065 mg P·dm⁻³), to następuje pogorszenie jej jakości. Stężenie fosforu całkowitego większe niż 0,25 mg P·dm⁻³ wymaga uznania tej wody za „wrażliwą na zanieczyszczenie związkami fosforu” [Rozporządzenie MŚ..., 2002]. Są to zawsze stężenia ponad 10 razy mniejsze niż odpowiednich związków azotu.

W wodach naturalnych rozpuszczalność fosforanów jest ograniczana stężeniem w niej wapnia, z którym tworzą one słabo rozpuszczalne sole. To nie obecność wapnia jest jednak głównym czynnikiem usuwania fosforanów z wody. Czynnikiem dominującym jest ich pobieranie przez rośliny oraz wiązanie i sorpcja przez substancje organiczne oraz zawiesinę mineralną w wodzie. Proces ten może przebiegać tylko do wysycenia pojemności sorbenta.

Fosfor w środowisku i rolnictwie jest pierwiastkiem zachowawczym i nieustannie wprowadzany ulega nagromadzeniu w glebie, z której jest trudno usuwany, jednakże tylko do pewnej jego zawartości, bowiem gleba ma ograniczoną pojemność wobec fosforanów, powyżej której są one coraz słabiej wiązane przez materiał glebowy i coraz łatwiej są zeń uwalniane. Pojemność sorpcyjna materiału glebowego zależy od jakości substancji próchnicznych i minerałów ilastych oraz zawartości w nich uwodnionych tlenków żelaza i glinu. Pojemność naturalnych gleb wobec fosforanów jest na ogół wystarczająca, by ograniczyć ich wymywanie, może ona jednak zostać wysycona i nagromadzony w glebie fosfor będzie łatwo

z niej uwalniany i wymyty. Ocena dopuszczalnego stopnia wysycenia jest swoista dla każdej gleby, co stwarza odpowiednie problemy metodyczne. Najprostszą metodą wyznaczenia środowiskowo dopuszczalnego wysycenia pojemności sorpcyjnej gleby wobec fosforu jest wykorzystanie testów glebowych ogólnie stosowanych w ocenie zasobności [SIBBESEN, SHARPLEY, 1997]. Jeśli zawartość wykazana testem glebowym jest od czterech do ośmiu razy większa niż przyjęta średnia zasobność, to uważa się, iż przekroczona została pojemność wysycenia gleby fosforem i nastąpiło zagrożenie jego uwalnianiem do zasobów wody (rys. 4). Przekroczenie tej pojemności jest również przyczyną uwalniania się fosforanów z osadów dennych w wodach powierzchniowych, także morskich. W Polsce stosuje się test glebowy wyciągu podwójnego mleczanu wapnia, według którego górna granica średniej klasy zasobności odpowiada przeciętnej zawartości $55 \text{ mg P}\cdot\text{kg}^{-1}$ gleby. Zawartość przyswajalnego fosforu większą niż $220 \text{ mg P}\cdot\text{kg}^{-1}$ należy uważać jako krytyczną – powyżej niej fosfor może być nadmiernie wymywany z gleby, a także uwalniany z erodowanego materiału [SAPEK, 2007]. W ramach projektu BAAP testowano 18 próbek gleby z 12 gospodarstw demonstracyjnych ukierunkowanych na produkcję zwierzęcą. W 5 badanych glebach stwierdzono przekroczenie wartości krytycznej testu, czyli jest to problem spotykany w intensywnych gospodarstwach w Polsce.



Rys. 4. Narastanie zagrożenia wymycia fosforu wraz ze zwiększaniem zasobności weń gleby

Fig. 4. Increasing risk of phosphorus leaching with its increased abundance in soil

W Polsce nie prowadzi się jednak odpowiednich badań nad zwiększającą się zasobnością gleb w fosfor, a wręcz odwrotnie – liczne są sygnały uspokajające ze strony odpowiedzialnych instytucji naukowych, iż nadmiar fosforu w polskim rolnictwie jest bliski zeru, co nie stwarza zagrożenia dla środowiska, a wszelkie propozycje dyskusji nie są podejmowane [SAPEK, 2008b]. Tymczasem przyrasta liczba gospodarstw. JAD CZYSZYN, FILIPIAK i IGRASA [2009], którzy w 700 gospodar-

stwach kontrolnych, o średnim poziomie intensywności produkcji rolnej, stwierdziłi, iż w 34% gospodarstw zasobność gleby w fosfor jest bardzo wysoka, a zatem pojemność tych gleb wobec fosforu jest wysycona lub bliska wysyceniu. Ponadto autorzy ci prognozują, że zasobność gleb tych gospodarstw zwiększy się o 26% w 2020 r. w porównaniu z 2004 r. Nierozpoznane są również skutki coraz powszechniejszego zalecania i stosowania nawozów wieloskładnikowych, w których dawki ustala się na ogół zgodnie z potrzebami nawożenia azotem, a zawartość fosforu w tych nawozach przekracza potrzeby w gospodarstwach dysponujących nawozami naturalnymi.

Dalsze, niekontrolowane rozpraszanie fosforu do środowiska, w bliższej lub dalszej przyszłości, może być w skutkach podobnym lub większym problemem niż jest obecnie emisja dwutlenku węgla.

Potas w rolnictwie i środowisku. Na ogół dość pobłażliwie podchodzi się do zagadnienia nadmiaru potasu w rolnictwie, a co najwyżej traktuje się to z punktu widzenia zbędnych kosztów produkcyjnych. Nadmiaru potasu w środowisku nie postrzega się jako zagrożenia, a jego stężenie w wodach powierzchniowych jest tylko w niewielkim zakresie uwzględniane w raportach z monitoringu. Być może jednak nasza wiedza o tym zagadnieniu jest niedostateczna [SAPEK, 2001].

Potas całkowity występuje obficie w glebie, jednak zawartość w niej jego ruchliwych postaci, dostępnych dla roślin, jest często niedoborowa, co wymaga nawożenia tym składnikiem. Podobnego wpływu niedostatku potasu można się spodziewać w ekosystemach wodnych. Mało natomiast zwraca się uwagi na udział nadmiaru potasu we wzmożonej produkcji biomasy w ekosystemach naturalnych, powodującej ich eutrofizację, która nie zawsze jest widoczna w warunkach nadmiaru fosforu i azotu, co może wynikać z niedoboru potasu, zwłaszcza w ekosystemach wodnych, na ogół ubogich w ten pierwiastek. Stężenie potasu w naturalnych wodach powierzchniowych i płytkich podziemnych (gruntowych) jest na ogół mniejsze niż sodu, magnezu lub chlorków. Być może jest to przyczyną, że w niektórych wodach powierzchniowych nie ma objawów eutrofizacji i jest możliwe, iż właśnie potas jest tam składnikiem niedoborowym. Badań w tym zakresie się jednak nie prowadzi.

Głównym naturalnym źródłem rozpraszania potasu w środowisku, podobnie jak fosforu, jest wietrzenie minerałów. Niedobory tego pierwiastka w rolnictwie uzupełnia się nawozami mineralnymi, otrzymywanymi z kopalni soli potasowych. Praktycznie cały urobek tych soli trafia do rolnictwa, niewielkie jego ilości zużywa przemysł farmaceutyczny i kosmetyczny.

Wynoszenie potasu z rolnictwa ze sprzedanymi produktami jest stosunkowo mniejsze niż azotu i fosforu, gdyż jego zawartość w produktach zwierzęcych jest mała. Jest to podstawowa przyczyna wykazanego jego dużego nadmiaru. Wprawdzie nie prowadzi się badań nad ujemnymi skutkami zanieczyszczenia środowiska tym pierwiastkiem, prócz niepotrzebnych kosztów, pozostaje jeszcze pytanie o ochronę zasobów złóż jego soli.

SKŁADNIKI NAWOZOWE W ŁAŃCUCHU POKARMOWYM CZŁOWIEKA

Współczesny łańcuch pokarmowy człowieka zaczyna się od gleby w rolnictwie i zbieranych z niej roślin. Następnie rozwidła się – część plonu roślin poprzez przemysł spożywczy i handel trafia do konsumenta, a dużo większa część pozostaje w gospodarstwie rolnym jako pasza dla zwierząt lub ściółka. Produkty zwierzęce tą samą drogą, przez przemysł i handel, trafiają ostatecznie do gospodarstw domowych. Dalszymi ogniwami łańcucha jest toaleta i zlew oraz pojemnik na śmieci. Składniki nawozowe uczestniczą we wszystkich ogniwach łańcucha i z każdego z nich ulegają rozproszeniu do środowiska.

W śledzeniu losów składników nawozowych w łańcuchu pokarmowym bardzo pomocna jest metoda ich bilansowania. Można ją stosować w całym łańcuchu lub w poszczególnych jego ogniwach. Do pierwszego ogniwa – gleby – trafia prawie cała masa składników wnoszonych do rolnictwa w postaci nawozów mineralnych, importowanych pasz [FOTYMA, IGRAS, KOPIŃSKI, 2009], mineralnych dodatków do paszy oraz biologicznie wiązane azotu (tab. 6). Z plonem roślin zbiera się z tej ilości 80% azotu, 90% fosforu i 81% potasu (tab. 7). Gdyby jednak uwzględnić azot wnoszony z opadem, to zebrano by tylko 56% azotu. Można spodziewać się, że azot niepobrany z plonem ulega rozproszeniu do środowiska, gdyż nie obserwuje się obecnie w Polsce odkładania materii organicznej w glebie. Nadmiar fosforu, wbudowuje się w większości w materiał glebowy, gdyż jego straty z rol-

Tabela 6. Wnoszenie składników nawozowych do rolnictwa, tys. t·r⁻¹

Table 6. Nutrient input into the agriculture, thous. t·y⁻¹

Składowa bilansu Budget component	Składnik Nutrient		
	N	P	K
Nawozy mineralne Mineral fertilisers	1 056	180	418
Wiązanie biologiczne Biological fixation	150		
Pasze z importu Imported fodder	225	26	13
Mineralne dodatki do paszy Mineral additives	–	5	–
Razem wnoszenie Total input	1 431	211	431

Tabela 7. Bilans składników nawozowych w produkcji roślinnej, tys. t·r⁻¹

Table 7. Nutrient budget in plant production, thous. t·y⁻¹

Składowa bilansu Budget component	Składnik Nutrient		
	N	P	K
Dodano do gleby Added to soil	1 431	211	431
Zebrano z plonem Removed with crops	1 140	191	779
Różnica: Dodano – Zebrano Difference: Added – Removed	301	20	–348

nictwa są obecnie jeszcze niewielkie. Potas natomiast jest pobierany z zapasu glebowego [SAPEK, 2000]. Ta różnica bilansowa wcale nie świadczy o ogoławaniu gleby z omawianych składników, gdyż tylko niecałe 20% masy zebranego plonu roślin opuszcza rolnictwo ze sprzedanymi produktami roślinnymi (tab. 8). Sprzedane produkty roślinne zawierają 17% N, 19% P, a tylko 10% K pobranego z plonem.

Tabela 8. Plon i sprzedaż składników nawozowych zawartych w produktach roślinnych, tys. t·r⁻¹

Table 8. Crops and sale of nutrients contained in plant products, thous. t·y⁻¹

Składowa bilansu Budget component		Składnik Nutrient		
		N	P	K
Zbiór z plonem	Removed with crops	1 140	191	779
Sprzedaż produktów roślinnych	Sale of plant products	138	26	55
Różnica: Zbiór – Sprzedaż	Difference: Removed – Sold	1 002	165	724

Niesprzedane produkty pozostają w gospodarstwach w postaci paszy dla inwentarza żywego, ściółki i różnego rodzaju odpadów. Część składników zawartych w paszy opuszcza gospodarstwo ze sprzedanym żywcem, mlekiem, jajami i wełną, pozostała zaś pozostaje w gospodarstwie z odchodami zwierzęcymi, które wykorzystuje się jako nawozy naturalne. W tych ostatnich znajduje się też ściółka. Z produktami zwierzęcymi wynosi się z rolnictwa więcej składników nawozowych niż z roślinnymi (tab. 9). Część z nich zawarta w produktach sprzedanych z rolnictwa wraca doń z przemysłu spożywczego, co zostało uwzględnione w obliczeniach. Ostatecznie, wykorzystanie azotu wnoszonego do rolnictwa nie przekracza 19%, fosforu 30%, a potasu tylko 11% (tab. 10), a gdyby ponownie uwzględnić azot z opadu, to jego wykorzystanie byłoby mniejsze od 15%.

Tabela 9. Składniki nawozowe w sprzedanych w produktach rolnych, tys. t·r⁻¹

Table 9. Nutrients in sold agricultural products, thous. t·y⁻¹

Składowa bilansu Budget component		Składnik Nutrient		
		N	P	K
Sprzedaż produktów roślinnych	Sale of plant products	124	25	34
Sprzedaż produktów zwierzęcych	Sale of animal products	152	38	13
Stosunek sprzedanych produktów zwierzęcych do roślinnych	The ratio of animal to plant sold products	1,2	1,5	0,4

Ludność kupuje do celów spożywczych tylko 16% N, 26% P i tylko 9% K wnoszonych do rolnictwa (tab. 11). Cała ta zakupiona masa trafia ostatecznie do ścieków lub na wysypisko śmieci i na niej skupia się zainteresowanie odpowiedzialnych czynników, mimo że wielokrotnie większa masa składników rozprasza

Tabela 10. Składniki nawozowe w sprzedanych w produktach roślinnych i zwierzęcych, tys. t·r⁻¹**Table 10.** Nutrients in sold plant and animal products, thous. t·y⁻¹

Składowa bilansu Budget component	Składnik Nutrient		
	N	P	K
Razem wnoszenie do rolnictwa Input into agriculture	1 431	211	431
Sprzedaż produktów roślinnych i zwierzęcych Sale of plant and animal products	276	63	47
Zostało w rolnictwie Left in agriculture	1 155	148	384
Wykorzystano w rolnictwie, % Used in agriculture, %	19	30	11

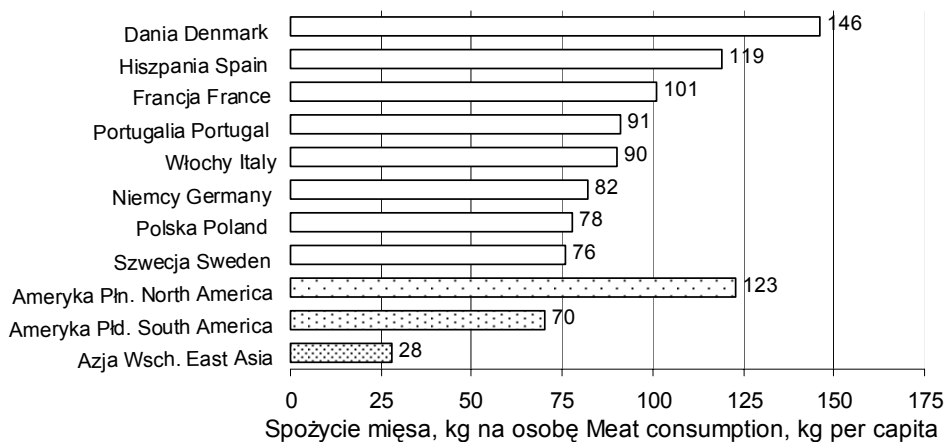
Tabela 11. Składniki nawozowe w łańcuchu pokarmowym człowieka, tys. t·r⁻¹**Table 11.** Nutrients in human food chain, thous. t·y⁻¹

Ogniwo łańcucha Chain link	Składnik Nutrient		
	N	P	K
Wnoszenie do rolnictwa Input into agriculture	1 431	211	431
Sprzedaż produktów roślinnych i zwierzęcych Sale of plant and animal products	276	63	47
Produkty zakupione przez ludność Products purchased by population	230	55	40
Produkty spożyte przez ludność Products consumed by population	195	43	23
Trafiło na wysypisko śmieci Thrown away to the garbage dump	40	12	7

się z całego łańcucha pokarmowego lub wzbogaca glebę, skąd wcześniej lub później przeniknie do środowiska.

PRODUKCJA ZWIERZĘCA A SKŁADNIKI NAWOZOWE W ŚRODOWISKU

Podstawową przyczyną zwiększania się zużycia nawozów mineralnych nie jest jednak wzrost produkcji roślinnej do celów spożywczych, lecz zapotrzebowanie na roślinny paszowe, co powoduje nasilenie rozpraszania się składników z łańcucha pokarmowego człowieka. To właśnie nadmierna konsumpcja wszelkich dóbr materialnych znajduje ostatecznie swoje odzwierciedlenie w sposobie odżywiania ludności, w którym dominuje coraz większe spożycie białka zwierzęcego (rys. 5), co powoduje odpowiednie ukierunkowanie współczesnej produkcji rolnej [SUTTON, 2008]. W Europie Polacy nie przodują w tym spożyciu białka zwierzęcego, ustępując nieznacznie Niemcom. Przoduje ludność Ameryki Północnej, a najuboższe spożycie jest w krajach dalekiej Azji [BLEKEN, 1997]. Tam jednak teraz ono szyb-



Rys. 5. Roczne spożycie mięsa przez ludność [SUTTON, 2008]

Fig. 5. Annual meat consumption by population [SUTTON, 2008]

ko się zwiększa, gdyż jeszcze pod koniec ubiegłego wieku sygnalizowano, że spożycie białka zwierzęcego w rozwijających się krajach Azji pozostawało na poziomie 7 kg na osobę na rok [BLEKEN, BAKKEN, 1997]. Wobec powyższego, nauki zootechniczne i produkcja zwierzęca powinny podjąć większą odpowiedzialność za rozpraszanie się azotu i fosforu z rolnictwa do środowiska. Obecnie dozwala się lub wręcz zaleca dodawanie coraz większej ilości fosforanów do żywności. Mogą to być tak zwane „ulepszacze”, dodawane do chleba i nabiału lub „poprawiacze”, zwiększające zawartość wody w mięsie. Dozwolony dodatek fosforu jest często kilkakrotnie większy niż naturalna zawartość w produkcie [Rozporządzenie MZ..., 2003] (tab. 12).

Dodatkowym czynnikiem, prócz nawożenia mineralnego, powodującym zakłócenia w naturalnym obiegu składników w łańcuchu pokarmowym człowieka, jest import pasz bogatych w azot i fosfor oraz dodawanie składników mineralnych do paszy, zwłaszcza fosforu. Ten ostatni, stosowany w postaci fosforanów, jest dodawany, często w niekontrolowanych ilościach, zarówno do paszy, jak i żywności. W gospodarstwach ukierunkowanych na intensywną produkcję zwierzęcą pasze własne są uzupełniane pochodzącymi na ogół spoza gospodarstwa paszami treściwymi, wzbogaconymi w białko i fosfor oraz w dodatki mineralne, zawierające zwłaszcza fosfor, wapń i magnez. To powoduje, że do gospodarstwa wprowadza się duże ilości składników nieujmowanych w bilansie powierzchni pola, zalecanym do obliczania przez IUNG-PIB w celu opracowywania planów nawozowych w gospodarstwach.

Przykładem ilości składników wnoszonych tą drogą może być ich bilans w diecie krowy, obliczony na podstawie rzeczywistych danych produkcyjnych w Zakładzie Doświadczalnym IMUZ w Falentach, w którym średnia roczna wydajność

Tabela 12. Zawartość fosforu w świeżej masie handlowej żywności, g P·kg⁻¹ [Rozporządzenie MZ..., 2003]**Table 12.** Phosphorus content in fresh matter of commercial food, g P·kg⁻¹ [Rozporządzenie MZ..., 2003]

Produkt Product	Zawartość naturalna Natural content	Dopuszczalny dodatek Acceptable supplement	Zawartość z dodatkiem Content with supplement
Mięso i przetwory Meat and meat products	2,1	2,2	4,3
Mleko UHT Milk UHT	0,1	0,44	0,54
Śmietana UHT Cream UHT	0,1	2,2	2,3
Sery topione Melt cheese		8,7	
Zabielacze do napojów Creamers		22,0	
Mąka Flour	1,3	8,8	10,1
Płynna masa jaja Liquid egg mass	0,2	4,4	2,64
Przetwory ziemniaczane Potatoe products	0,05	2,2	2,25
Napoje alkoholowe Alcoholic beverages		0,87	
Napój kawa z automatu Coffee from the slot machine		0,87	
Napoje typu Cola Refreshments	0,0	0,222·10 ⁻³	222·10 ⁻³

mleczna krowy w Zakładzie wynosiła 9000 kg·r⁻¹. Żywienie krów było indywidualne, według zaleceń firmy doradczej w zależności od wydajności mleka. Z paszami spoza gospodarstwa wnoszono podobne ilości azotu oraz 145% fosforu i tylko 35% potasu więcej niż z paszami własnymi (tab. 13). Dotyczy to wszystkich gospodarstw o intensywnej produkcji mleka, żywca wieprzowego, jaj i mięsa drobiowego, należy się zatem liczyć, że w gospodarstwach tych jest nadmiar składników nawozowych niewykorzystywanych w ich bilansie na powierzchni pola w skali gospodarstw, zalecanym przez IUNG-PIB. Ostatecznie gospodarstwa ukierunkowane na wyłączną produkcję zwierzęcą wymagają innej strategii nawożenia i odpowiedniego doradztwa w zakresie żywienia zwierząt.

Tabela 13. Bilans składników nawozowych w diecie krowy o wydajności mleka 9000 kg·r⁻¹**Table 13.** Nutrient budget in the diet of a dairy cow with milking efficiency of 9000 kg·y⁻¹

Pochodzenie paszy Origin of fodder	Ilość składnika, g·kg ⁻¹ s.m. Nutrient content, g·kg ⁻¹ DM		
	N	P	K
Z gospodarstwa From farm	107	15,8	95
Spoza gospodarstwa From outside the farm	100	22,8	34
Sprzedano z mlekiem Sold with milk	49	9,5	13
Pozostało w gospodarstwie Left in farm	158	29	115

DYSKUSJA

Na początku niniejszego wystąpienia stwierdzono, że jakość wody Bałtyku zależy od jakości wody i środowiska w Polsce. Pogląd ten jest symetryczny, jako że jakość wody w Bałtyku, a dokładniej ładunki składników nawozowych doń wnoszone są wizytówką naszych umiejętności w zakresie ochrony środowiska w rolnictwie. Znane są ładunki azotu, fosforu, wapnia i magnezu, wprowadzane z Polski do Bałtyku. Ładunek potasu i jego stężenie w wodach powierzchniowych nie jest jednak u nas monitorowane.

Azot, wśród trzech omawianych składników nawozowych, stanowi obecnie największe zagrożenie dla całości wód Bałtyku, tak w estuariach, jak i na pełnym morzu. W 2000 r. środowisko wody morza wzbogaciło się o ok. 1010 tys. t N, w tym 264 tys. t N pochodziła z opadu atmosferycznego, a pozostały ładunek z wody rzek [Nutrient pollution..., 2005]. Według tych danych, 13% azotu z opadu oraz 25% z wody rzek pochodziło z Polski.

Ładunek azotu wnoszony z opadem nie jest obliczany na podstawie danych pomiarowych, lecz za pomocą modelu, a dostępne polskie dane doświadczalne są zbyt skąpe. Ładunek wnoszony z rzekami pochodzi natomiast z krajowego monitoringu i jest wielce prawdopodobny, przeto może być podstawą do dalszej dyskusji. W tym samym opracowaniu [Nutrient pollution..., 2005] oceniono, że 58% tego ładunku pochodzi ze źródeł rozproszonych, a dokładnie z gleb uprawianych rolniczo i leśnie, 10% pochodzi ze źródeł punktowych, a pozostałe 32% z naturalnych ekosystemów. Taką proporcję udziału źródeł nie w pełni można odnieść do warunków polskich ze względu na duży w niej udział źródeł naturalnych, niemających u nas takiej wagi. Oceniona proporcja 6:1 pochodzenia azotu ze źródeł rozproszonych do źródeł punktowych upoważnia wreszcie do poważnego traktowania rolnictwa, jako głównej przyczyny obserwowanego mniejszego lub większego zanieczyszczenia wody związkami azotu. Jak bowiem wykazano, ludność w Polsce spożywa rocznie tylko niecałe 200 tys. t $N \cdot r^{-1}$, co stanowi ok. 14% ilości tego składnika wnoszonego do rolnictwa wynoszącej 1400 tys. t $N \cdot r^{-1}$; odpowiada to więc podobnej proporcji 7:1. Dane odnośnie do pochodzenia azotu w rolnictwie są wiarygodnie ocenione, choć pomniejszone o ładunek pochodzący z opadu atmosferycznego. Nie spotkano natomiast prac, w których oceniano by ten ładunek z oczyszczonych i nieoczyszczonych ścieków bytowych, aczkolwiek dane do takiej oceny są dostępne. Na podstawie przyjętej proporcji 6:1 (lub 7:1) można założyć, że ok. 15% spożytego azotu trafia do wody ze źródeł komunalnych, co odpowiada prawie 30 tys. t N rocznie, co wcale nie jest mało. Ponadto część azotu z tego źródła ulatnia się do atmosfery w drodze od toalety do zasobów wody, aczkolwiek takich pomiarów nie wykonuje się w Polsce. Trudno więc nadal podtrzymywać twierdzenie, iż ścieki bytowe są podstawowym źródłem rozpraszania azotu do środowiska. Tym bardziej, że duży postęp w budowie oczyszczalni ścieków, obserwowany w ostatnich latach, nie przyczynił się do ograniczenia jego ładunku wnoszonego do wody

Bałtyku. Niesłuszne byłoby również przypuszczenie, iż większa jego część pochodzi bezpośrednio z produkcji rolnej, aczkolwiek prawie cała masa azotu rozpraszanego do środowiska przechodzi przez rolnictwo, a nawet azot z opadu atmosferycznego w znacznej części pochodzi z tego źródła.

Nie wszystkim jednak azot rozpraszany z rolnictwa i leśnictwa pochodzi z jego ilości bieżąco wnoszonych z nawozami lub paszami z importu. Nierolniczym źródłem rozpraszania azotu z obszarów wiejskich jest jego ładunek w całkowitym opadzie atmosferycznym, a dokładnie ta jego część, która nie pochodzi z emisji z rolnictwa. Ładunku ok. $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{r}^{-1}$ z opadu nie są w stanie pobrać rośliny leśne i użytków ekologicznych. Niepobrażone ilości emitują z powrotem do atmosfery lub przenikają do wody. Mogą to być ilości w granicach od 10 do $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Innym źródłem jest uwalnianie azotu z gleb, na których zaniechano produkcji rolnej, a powstający ekosystem nie spożytkowuje azotu nagromadzonego w glebie, uwalnianego z mineralizującej się i przeobrażającej się materii organicznej gleby. Badań w tym zakresie nie prowadzi się wszelako na szerszą skalę. W IMUZ wszczęto badania nad uwalnianiem azotu i węgla z gleby po zaniechaniu wykorzystywania łąki do celów produkcyjnych, uprzednio intensywnie użytkowanej [SAPEK, BURZYŃSKA, 2009].

W przeciwieństwie do azotu, ładunek fosforu wnoszony z Polski do Bałtyku stanowi obecnie niecałe 10 tys. $\text{t P}\cdot\text{r}^{-1}$, co odpowiada albo tylko 5% jego ilości wprowadzonej rolnictwem, albo 20% spożytej przez ludność. Pozornie jest to niewiele i wydaje się, że można temu bez trudu zaradzić. Pozornie w gospodarce komunalnej wystarczy tylko objąć kontrolą wszystkie ścieki bytowe i zwiększyć skuteczność ich oczyszczania, a w rolnictwie zachować równowagę w nawożeniu, to znaczy stosować tylko tyle składnika pod uprawę, ile pobierze się go z plonem. Pozornie, bowiem oczyszczanie ścieków bytowych polega na oddzieleniu z nich fosforu do osadów ściekowych, a prawie każda propozycja ich utylizacji nie zapobiega rozpraszaniu się z nich fosforu do środowiska i zasobów wody. Współczesne technologie umożliwiają całkowite wydzielanie fosforu ze ścieków bytowych, by w ten sposób gromadzić ten składnik w osadach ściekowych, które mogą zawierać do $30 \text{ kg P}\cdot\text{t}^{-1}$ ($69 \text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{t}^{-1}$) suchej masy. Co jednak począć z taką masą fosforu? W propozycjach wykorzystania tej masy do nawożenia tym składnikiem trzeba jednak uwzględnić fosfor zawarty w osadzie w planie nawozowym gospodarstwa, by uniknąć nadmiernej eutrofizacji gruntów ornych.

W przypadku osadów ściekowych obecne rozwiązania prawne nie ograniczają, a wręcz sprzyjają powrotowi fosforu do wody, towarzyszy im bowiem koncepcja „utylizacji” osadów jako materiału ulepszającego, „kondycjonującego” gleby lub stosowania do nawożenia także gleb użytkowanych rolniczo, a równocześnie nie zaleca się uwzględniania ilości zastosowanych osadów w planach nawozowych w gospodarstwie rolnym i w bilansowaniu w tej skali składników nawozowych. Zezwala się, a nawet zaleca stosowanie osadów ściekowych na użytki ekologiczne. Są one często stosowane na trawniki i gazony miejskie jako podkład próchniczny

i nawóz. Inna dozwolona możliwość, to stosowanie do $600 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ w osadzie na gleby szczególnie narażone na erozję (!) lub już w mniejszych ilościach jako podkład do zadarniania wałów przeciwpowodziowych. Wystarczy powódź lub jedna ulewa i cały oddzielony ze ścieków fosfor trafi na powrót do ścieków, tym razem burzowych, skąd bliska droga do morza.

W rolnictwie zachowanie zasady równowagi: nawożenie–pobranie z plonem jest możliwe tylko w gospodarstwach ukierunkowanych na produkcję roślinną lub o niewielkiej produkcji towarowej. Zasada ta zawodzi zupełnie w gospodarstwach ukierunkowanych na intensywną produkcję zwierzęcą. Gospodarstwa te w Polsce zajmują obszar tylko kilku procent UR. Według FOTYMY, IGRASA i KOPÍŃSKIEGO [2009], trafia jednak do nich $19 \text{ tys. t P}\cdot\text{r}^{-1}$ z paszami z importu i dodatkami mineralnymi do pasz. Nie potrzeba wielkiej wyobraźni, by zauważyć, że gleby tych gospodarstw zostały lub wkrótce będą nadmiernie wzbogacone w fosfor, skąd ten z łatwością będzie wędrował do Morza Bałtyckiego. Tymczasem koncepcja zrównoważonego nawożenia opiera się na obowiązkowym obliczaniu bilansu składników nawozowych metodą „na powierzchni pola”, w której pomija się „koryto zwierząt”, do którego trafiają duże ilości fosforu, a także azotu wraz z importowanymi paszami i dodatkami paszowymi, a przez „koryto” na „na powierzchnię pola”. Ta obowiązująca w polskim rolnictwie metoda bilansowania składników nawozowych opiera się na średnich krajowych zawartościach NPK w nawozach naturalnych, które zdecydowanie zależą od żywienia zwierząt. O potrzebie selektywnego traktowania gospodarstw świadczą wyniki pracy JADCZYSZYN, FILIPIAK i IGRASA [2009], dotyczącej gospodarstwach o średnim poziomie intensywności produkcji rolnej. Można sądzić, że podobne badania w gospodarstwach ukierunkowanych tym razem na intensywną produkcję mleka, mięsa i jaj wykazałyby jeszcze bardziej dramatyczną sytuację i należałoby stawiać mniej optymistyczne prognozy. W świetle powyższego, zasady ochrony środowiska w rolnictwie oraz strategii nawożenia nie można odnosić do przeciętnego gospodarstwa i opierać się na średnich danych – należy ją odnosić do gospodarstw produkujących największą masę towarową.

Obserwowane w Polsce bagatelizowanie zagadnienia nadmiernego wzbogacania środowiska w fosfor może w najbliższych kilkudziesięciu latach doprowadzić do zagrożenia eutrofizacją środowiska, zagrożenia podobnej wagi, jak obecnie uważa się emisję gazów cieplarniach. Usunięcie natomiast nadmiaru fosforu z ośrodka jest praktycznie niewykonalne.

PODSUMOWANIE

Oficjalnie wykazano, że w całkowitym ładunku wnoszonym do Morza Bałtyckiego z Polski 13% azotu pochodzi z wprowadzanego z opadem atmosferycznym oraz 25% azotu i 37% fosforu jest wnoszone z wodami rzek [Nutrient pollution..., 2005]. W przeliczeniu na mieszkańca ładunki te są na ogół mniejsze niż z innych

krajów. Nie jest to, niestety, skutek zapobiegliwości naszych ośrodków decyzyjnych, administracyjnych bądź naukowych, lecz usytuowania naszego państwa nad Bałtykiem. Zgodnie z różą wiatrów emitowane u nas gazy unoszone są głównie na wschód czy też na południe. Ładunki wnoszone z rzekami zależą od objętości wody odprowadzanej do morza. Objętość ta przeliczona na powierzchnię kraju jest u nas najmniejsza. Ponadto droga składników nawozowych unoszonych rzekami jest znacznie dłuższa niż w pozostałych krajach, czemu towarzyszy większe samooczyszczanie wody. O znaczeniu tego zjawiska świadczy fakt, że zrzut azotu i fosforu rzekami Przymorza, w przeliczeniu na jednostkę powierzchni zlewni, jest ok. 1,5 razy większy niż z wodami Odry lub Wisły [BOGUDAŁ, 2006]. Te ostatnie dwie rzeki są najdłuższymi w dorzeczu Bałtyku, co zwiększa dodatkowo prawdopodobieństwo samooczyszczania.

Głównym zagrożeniem środowiska Morza Bałtyckiego, jak i całego środowiska, jest nieumiarkowana konsumpcja ludności, zwłaszcza spożycie białka zwierzęcego, co kształtuje całą produkcję rolną. Ponad 80% plonów roślinnych jest przeznaczonych bowiem na żywienie zwierząt, a zatem do produkcji białka zwierzęcego, w której wykorzystuje się mniej niż 20% azotu i fosforu zawartego w roślinach. O ile w produkcji polowej zwraca się coraz większą uwagę na ograniczenie strat tych pierwiastków, o tyle w produkcji zwierzęcej największą wagę przywiązuje się do opłacalności, a uwagi o potrzebie ograniczania ilości tych składników w dawkach żywieniowych są niezauważane, zwłaszcza w Polsce. W celu ograniczenia rozpraszania azotu i fosforu z rolnictwa należy traktować rolnictwo, to jest produkcję roślinną i zwierzęcą, jako całość, zwłaszcza na szczeblu gospodarstwa, a metod zmierzających do ograniczania strat azotu i fosforu nie ograniczać do powierzchni pola.

Cała masa azotu i fosforu wnoszona do środowiska, głównie z rolnictwa, zmierza ku Morzu Bałtyckiemu. Obecny jednak poziom produkcji rolnej w Polsce jest niższy niż w krajach starej Unii, a perspektywa jej wzrostu jest niewielka, zatem współczesne zagrożenia jakości środowiska Bałtyku z rolnictwa można niewielkim kosztem opanować. Potrzebne są do tego dobre chęci, poprawna organizacja, a zwłaszcza podjęcie działania. To ostatnie nie może ograniczać się do ankietowania instytucji, mających cokolwiek wspólnego z jakością wody lub nawożeniem i stawianiem im pytania: co zrobiliście dla ochrony Bałtyku? W naukach rolniczych zrobiono duży wysiłek nad rozpoznaniem źródeł i procesów rozpraszania azotu i fosforu.

Ponad 90% azotu i fosforu wnoszonych do środowiska w Polsce pochodzi z nawozów mineralnych stosowanych w rolnictwie i w tym sektorze należy poszukiwać możliwości ograniczania rozpraszania wymienionych składników, zwłaszcza do zasobów wody zmierzających ku Morzu Bałtyckiemu. Sektor ten jest odpowiednio przygotowany do takich działań. Są w nim liczne instytucje resortowe, jak instytuty naukowe, rozwinięte doradztwo rolnicze oraz organizacje pozarządowe, zwłaszcza izby rolnicze i stowarzyszenia producentów. W ramach biurokracji

odebrano natomiast rolnictwu oświatę zawodową. Nasza współpraca z gospodarstwami demonstracyjnymi, a przed wojną izb rolniczych z przykładowymi gospodarstwami, wykazała, iż rolnicy są otwarci na wszelki postęp, także dotyczący ochrony środowiska, gdyż oni są znacznie bliżej środowiska niż ekolodzy miejscy. Tylko we współpracy z rolnikami można ograniczyć rolnicze zagrożenia środowiska, jednak nie metodą nakazów i zakazów, a świadomym ich uczestnictwem. Wdrażanie Dyrektywy Azotanowej w Polsce jest typowym przykładem pomijania i niedoceniaenia rolnictwa i rolników. Dyrektywę wdrażało Ministerstwo Środowiska poprzez podległy mu Zarząd Gospodarki Wodnej, niemający dotychczas styczności z rolnikami oraz większej wiedzy o rolnictwie. Nie skorzystano z wiedzy i doświadczenia niektórych instytucji rolniczych, mających duży dorobek w zakresie ochrony środowiska przed ujemnym wpływem rolnictwa.

Bałtyk jest naszym morzem i mamy obowiązek go strzec, także dobro jego środowiska. Warto jednak włączyć do tego całe społeczeństwo, a decydentów zachęcić do działania „pro publico bono”.

LITERATURA

- BLEKEN M.A., 1997. Food consumption and nitrogen losses from agriculture. W: Some geochemical consequences of nitrogen circulation processes. Pr. zbior. Red. J. Lag. Norweg. Acad. Sci. Letters s. 19–31.
- BLEKEN M.A., BAKKEN L.R., 1997. The nitrogen cost of food production: the Norwegian society. *Ambio* 26 3 s. 134–142.
- BOGUDAŁ M., 2006. Ładunki składników nawozowych wnoszone do Morza Bałtyckiego ze zlewni Odry i rzek Przymorza. Falenty: WSPRR pr. dypl. maszyn. ss. 54.
- ENELL M., FEJES J., 1995. The nitrogen load to the Baltic Sea – Present situation, acceptable future load and suggested source reduction. *Water Air Soil Pollut.* 85 s. 877–882.
- FEJES J., GRENNFELDT P., LÖVBLAD G., ENELL M., GANNING B., JANSSON B-O., SARKKULA J., 1999. An Indicative Report for Cost-efficient Decrease of Today’s Algae-bloom in the Baltic Sea. *Baltic Sea 2008*. Tech. Rep. no 4 (dotyczy prognoz na rok 2008).
- FOTYMA M., IGRAS J., KOPIŃSKI J., 2009. Produkcyjne i środowiskowe uwarunkowania gospodarki nawozowej w Polsce. *St. Rap. IUNG-PIB* 14 s. 187–206.
- GOULDING K.W.T., 1990. Nitrogen deposition to land from the atmosphere. *Soil Use Manag.* 6 (2) s. 61–63.
- JADCZYŚYŹYŃ T., FILIPIAK K., IGRAS J., 2009. Ocena i prognoza stanu geochemicznego gleb w średnio intensywnych gospodarstwach rolnych. *St. Rap. IUNG-PIB* 14 s. 175–185.
- KUGLER Sz., HORVATH L., MACHON A., 2008. Estimation of nitrogen balance between the atmosphere and Lake Balaton and a semi natural grassland in Hungary. *Env. Pollut.* vol. 154 no 3 s. 498–503.
- Nutrient pollution to the Baltic Sea in 2000, 2005. *Baltic Sea Env. Proc.* 100 ss. 22.
- Ochrona środowiska, 2008. Warszawa: GUS.
- PACZYNA J.M., GRAEDEL T.E., 1995. Atmospheric emissions inventories: Status and prospects. *Ann. Rev. Energy Env.* 20 s. 265–300.
- Report: Stan środowiska w Polsce w latach 1996–2001, 2003. Warszawa: Insp. Ochr. Środ. ss. 263.

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. Dz. U. 2002 nr 241 poz. 2093.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 marca 2003 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych, substancji pomagających w przetwarzaniu i warunków ich stosowania. Dz. U. 2003 nr 87 poz. 805.
- SAPEK A., 2007. Przyczyny zwiększania się zasobów fosforu w glebach polskich. *Rocz. Gleb.* 58 (nr 3/4) s. 110–118.
- SAPEK A., 2008a. Źródła substancji wprowadzanych rzekami z Polski do Morza Bałtyckiego. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* t. 8 z. 2a (23) s. 151–161.
- SAPEK A., 2008b. Nawożenie fosforem a jego skutki w środowisku. Artykuł dyskusyjny. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie* t. 8 z. 2b (24) s. 127–137.
- SAPEK A., NAWALANY P., 2006. Ładunek składników nawozowych wnoszonych z opadem atmosferycznym na powierzchnię ziemi na przykładzie pól doświadczalnych w Falentach. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie* t. 6 z. specj. (17) s. 23–27.
- SAPEK A., SAPEK B., 1993. Assumed non-point water pollution based on the nitrogen budget in Polish agriculture. *Water Sci. Technol.* 28 3–5 s. 483–488.
- SAPEK A., SAPEK B., 2004. Phosphorus. W: Elements and their compounds in the environment. *Prac. zbior.* Red. E. Merion, M. Anke, M. Ichnat, M. Stoeppler. Weinheim: Wiley-VCH s. 1283–1296.
- SAPEK B., 2000. Potassium and phosphorus balance in a long-term grassland experiment. W: Potassium and phosphorus: fertilisation effect on soil and crops. Horgen: Intern. Potash Inst. (IPI) s. 61–68.
- SAPEK B., 2001. Zagadnienie potasu w świetle oddziaływania rolnictwa na środowisko. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 476 s. 281–292.
- SAPEK B., BURZYŃSKA I., 2009. Współzależność między zawartością rozpuszczalnych form węgla i składników mineralnych w glebie użytku zielonego w aspekcie ich rozproszenia w środowisku. *Rocz. Gleb* 60 (2) s. 59–68.
- SIBBESEN E., SHARPLEY A.N., 1997. Setting and justifying upper critical limits for phosphorus in soils. W: Phosphorus loss from soil to water. Wexford, 29–31 September 1995. *Prac. zbior.* Red. H. Tunney, O.T. Carton. Wallingford: CAB Intern. s. 151–176.
- Spójna Polityka Strukturalna Rozwoju Obszarów Wiejskich i Rolnictwa 1999. Dokument przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 13 lipca 1999 r. Warszawa, lipiec 1999 r. ss. 19.
- STADELMANN F.X., 1995. Landesweite Nährstoffbilanz: Terrestrische, aquatische und atmosphärische Überforderung. W: Wieviel Landwirtschaft braucht der Mensch? Wissenschaftliche Tagung 22.–24. Juni 1995, Koessshaus Davos. *Erich, ETH*, 12, 1–11.
- SUTTON M., 2008. Eat less meat! *Acid News* nr 4 s. 22–23.
- SZOT E., 2002. *Rzeczpospolita*, 17.01.2002.
- SZPONAR L., PAWLIK-DOBROWOLSKI J., DOMAGAŁA R., TWARDY S., TRACZYK I., 1996. Bilans azotu, fosforu i potasu w rolnictwie polskim. *Pr. IŻŻ* 88 ss. 75.
- The Baltic Sea Joint Comprehensive Environmental Action Programme. HELCOM Programme Implementation Task Force (HELCOM PITF). Helsinki Commission. *Ann. Rep.* 1998 ss. 34.
- ZAPLETAL M., 1998. Atmospheric deposition of nitrogen compounds in the Czech Republic. *Env. Pollut.* 102 (Suppl. 1) s. 305–311.

Andrzej SAPEK

**POLISH AGRICULTURE AND THE PROTECTION OF WATER QUALITY,
ESPECIALLY WATER OF THE BALTIC SEA**

Key words: agriculture, nitrogen, phosphorus, the Baltic Sea, water quality

S u m m a r y

Environmental protection of the Baltic Sea is discussed with special reference to the effect of agriculture on sea water quality threatened with the discharge of nitrogen, phosphorus and potassium. The whole Polish area is situated in the Baltic Sea drainage basin; hence it was assumed that the sea water quality depends on the quality of water and the environment in Poland. Of the total load delivered to the Baltic Sea from Poland 13% of nitrogen originates from atmospheric deposition and 25% of N and 37% of P – from river waters. The greatest threat to marine environment is intemperate consumption, particularly the excessive consumption of animal protein which is the driving force of the whole agricultural production.

Recenzenci:

prof. dr hab. Józef Koc

prof. dr hab. Jan Łabętowicz

Praca wpłynęła do Redakcji 11.08.2009 r.