

# DOŚWIADCZALNY I SYMULOWANY BILANS AZOTU NA TRWAŁYM UŻYTKU ZIELONYM

## EXPERIMENTAL AND SIMULATED N - BALANCE ON THE PERMANENT MEADOW

*Tadeusz Marcinkowski*

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach  
Oddział Żuławski w Elblągu

### Wstęp

Straty azotu, które występują na różnych etapach produkcji rolniczej mogą być rozpatrywane jako wynik pewnego rodzaju niezrównoważonego sposobu gospodarowania [Fotyma & Fotyma 1996]. Rozważania dotyczące określania skali tych strat prowadzone są najczęściej na obszarach rolniczych zlewni rzecznych lub też polderów w przypadku Żuław Wiślanych [Balcerska i Taylor 1987]. Duże zróżnicowanie w poziomie intensyfikacji produkcji w gospodarstwach rolnych regionu, proces modernizacji Żuław, zmiany w strukturze użytkowania ziemi powodują, że odpowiedzialność oraz udział poszczególnych producentów rolnych w kształtowaniu ogólnego ładunku zanieczyszczeń obszarowych jest wysoce zróżnicowana i zależy od sumy wielu czynników. W związku z tym, jak również mając na uwadze poszukiwanie skutecznych metod ograniczania zanieczyszczeń azotem, podjęto badania prognozowania strat azotu w wybranych towarowych gospodarstwach rolnych traktując je całościowo jako pewnego rodzaju punktowe źródło zanieczyszczeń [Pietrzak i Sapek 1996]. Jednym z elementów wykonywanych prac było szacowanie strat azotu w oparciu o jego symulowany i doświadczalny bilans na trwałym użytku zielonym, porównanie wymienionych metod bilansu oraz ocena ich przydatności do prognozowania skutków ekologicznych tego zjawiska, zwłaszcza w odniesieniu do czystości zasobów wodnych.

### Lokalizacja i metodyka badań

Badania prowadzono w latach 1994 - 1996 w ramach projektu KBN nr 4 S401 031 06 w dwóch gospodarstwach demonstracyjnych położonych na Żuławach Elbląskich w zlewni jeziora Drużno. Gospodarstwo oznaczone nr 1 zajmuje się

produkcją zbóż oraz mleka, posiada powierzchnię 33 ha w tym 10 ha stanowią trwale użytki zielone zaś gospodarstwo nr 3 ma podobny profil produkcji i zajmuje powierzchnię 26 ha z czego 12 ha zajmują użytki zielone. Wymienione gospodarstwa położone są na gruntach o zbliżonych warunkach glebowo - wodnych posiadają jednakową obsadę zwierząt hodowlanych tj. około 1,5 SD/ha, jednak wyraźnie różnią się wynikami produkcyjnymi i ekonomicznymi. Przyjęty model gospodarowania powoduje, że w gospodarstwie nr 1 średni wskaźnik towarowej produkcji rolniczej wynosi 36,3 a w gospodarstwie nr 3 62,2 jed. zboż./ha.

Doświadczalny bilans azotu na poziomie pola weryfikowany modelem symulacyjnym CREAMS wer. 1.8 [Sapek & Sapek 1995] wykonano dla lat 1994 - 1995 w oparciu o badania i obserwacje prowadzone w:

- gospodarstwie nr 1 na łące trwałej o pow. 1,5 ha położonej na madzie lekkiej na piasku słabo-gliniastym. Łąkę nawożono azotem w dawce rocznej 80 kg N/ha w postaci saletry amonowej. W runi łąkowej stwierdzono duży udział wyczyńca łąkowego, życicy trwałej i wielokwiatowej zaś niewielki roślin motylkowatych. Średni plon suchej masy z dwóch pokosów oszacowano na około 5000 kg/ha w roku 1994 i 4700 kg/ha w roku 1995.

- gospodarstwie nr 3 na łące trwałej o pow. 2,0 ha położonej na madzie średniej pylastej. Stosowano nawożenie azotem w rocznej dawce 206 kg N/ha w postaci mocznika i saletry amonowej. Ocena botaniczna runi łąkowej wykazała duży udział wyczyńca łąkowego, perzu właściwego i kupkówki pospolitej oraz brak roślin motylkowatych. Średni plon suchej masy siana z trzech pokosów oszacowano na około 8000 kg/ha w roku 1994 i 8200 kg/ha w roku 1995.

W celu oceny doraźnych skutków przyjętych wyżej sposobów gospodarowania prowadzono stały monitoring jakości wód gruntowych pobieranych spod terenu badanych trwałych użytków zielonych zwracając uwagę na zawartość mineralnych form azotu. Posługując się modelem symulacyjnym CREAMS opracowano również prognozę strat azotu dla obszaru badanych obiektów łąkowych traktując je jako sumę procesów wymywania azotanów i denitryfikacji. Prognoza dotyczyła okresu lat 1987 - 1995.

### **Wyniki badań i dyskusja**

Uzyskane dane doświadczalnego bilansu azotu dla badanych obiektów przedstawiono w tab.1. W obu przypadkach otrzymano dodatni wynik bilansu przy czym w gospodarstwie nr 1 stwierdzono straty rzędu 18,1 i 11,5 kg N/ha zaś w gospodarstwie nr 3 straty kilka razy większe rzędu 71,1 i 57,0 kg N/ha. Wykazany nadmiar, a raczej poniesione straty azotu, w obu przypadkach należy uznać jako skutek wymywania azotanów w głąb profilu glebowego oraz denitryfikacji

(pominięto straty azotu na skutek emisji  $\text{NH}_3$ ). Nasuwa się wniosek, że proces ten ma miejsce bez względu na stopień intensyfikacji produkcji na użytkach zielonych,

Tabela 1/Table 1

Doświadczalny bilans azotu na poziomie łąki trwałej w wybranych gospodarstwach demonstracyjnych w latach 1994 - 1995 (w kg N/ha)  
Experimental nitrogen balance on the permanent meadow in selected demonstration farms in 1994 - 1995 (kg N/ha)

Wyszczególnienie Specification	Gospodarstwo nr 1 Farm no 1		Gospodarstwo nr 3 Farm no 3	
	1994	1995	1994	1995
<b>Przychód azotu :</b> N - inputs:	<b>152,3</b>	<b>147,2</b>	<b>324,9</b>	<b>300,0</b>
zawartość N mineralnego w glebie wczesną wiosną content of mineral N in the soil in early spring	33,6	36,4	96,0	71,0
azot dostarczony w nawozach mineralnych N in commercial fertilizers	80,0	80,0	206,0	206,0
azot wiązany przez rośliny motylkowate <sup>a)</sup> N fixed by papilionaceous crops	15,8	7,9	-	-
azot wiązany przez mikroorganizmy glebowe <sup>b)</sup> N fixed by soil microorganismus	10,0	10,0	10,0	10,0
azot dostarczony w postaci opadu suchego i mokrego N in dry and wet precipitation	12,9	12,9	12,9	12,9
<b>Rozchód azotu :</b> N - outputs:	<b>134,2</b>	<b>135,7</b>	<b>253,8</b>	<b>243,0</b>
azot wyniesiony z plonem suchej masy roślin N removed with the yield of dry matter	121,0	110,0	195,0	200,0
zawartość N mineralnego w glebie późną jesienią content of mineral N in the soil in late autumn	13,2	25,7	58,8	23,1
<b>Wynik bilansu :</b> Balance:	<b>18,1</b>	<b>11,5</b>	<b>71,1</b>	<b>57,0</b>

a) i b) przyjęto na podstawie danych literaturowych (Pietrzak 1997)

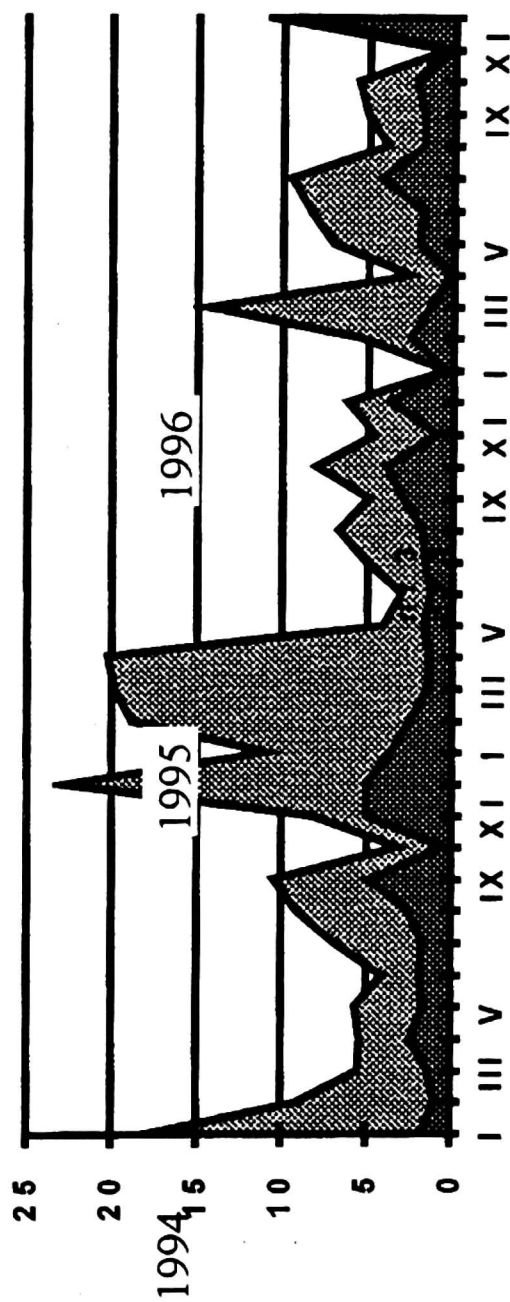
a) and b) taken on the literature (Pietrzak 1997)

zaś model przyjętego sposobu gospodarowania w tym także wspomniana intensyfikacja, związana najczęściej z poziomem nawożenia, może mieć raczej związek ilościowy z przebiegiem procesów wymywania i denitryfikacji, a więc tu rozumianych strat azotu na poziomie pola. W chwili obecnej, o ile proces wymywania azotanów na gruntach użytkowanych rolniczo został dobrze rozpoznany

Tabela 2/Table 2  
 Doświadczalny i symulowany bilans azotu (kg N/ha) na łące trwałej w gospodarstwach demonstracyjnych w latach 1994 - 1995

Experimental and simulated N balance on permanent meadow in selected demonstration farms in : 1994 - 1995

Wyszczególnienie Specification	Rok badań Year	Doświadczalne pobranie N z plonem Experimental N uptake with yield	Symulowane pobranie N z plonem Simulated N uptake with yield	Symulowane wycie azotanów Simulated nitrate leaching	Symulowana denitryfikacja Simulated denitrification	Razem wycie + denitryfikacja Total leaching + denitrification	Straty wg danych doświadczalnych Losses by experimental data
Gospodarstwo nr 1 Farm no 1	1994	121,0	98,9	10,6	10,2	20,8	18,1
	1995	110,0	113,4	1,8	2,8	4,6	11,5
Gospodarstwo nr 3 Farm no 3	1994	195,0	198,7	39,6	40,7	80,3	71,1
	1995	200,0	216,9	14,8	15,8	30,6	57,0



Rys. 1. Stężenie N - NO<sub>3</sub> (mg/dm<sup>3</sup>) w wodzie gruntowej pobieranej na obiektach łąkowych w latach 1994 - 1996  
 Fig. 1. Concentration of N - NO<sub>3</sub> (mg/dm<sup>3</sup>) in ground water sampled below meadows in: 1994 - 1996

Wybrane elementy bilansu azotu na trwałym użytku zielonym w badanych gospodarstwach  
demonstracyjnych wg. modelu CREAMS ver. 1.8 (lata 1987 - 1995)

Some component of N - balance on permanent grassland in demonstration farms simulated by means of CREAMS model

Gospodarstwo Farm	Lata badań Year	Sumaryczny przebieg do wody gruntowej w mm Accumulated drainage	Azot z mineralizacji materii organicznej gleby mineralization of soil organic matter		Azot wyniesiony z plonem roślin N removed with the yield		Straty azotu na skutek wymycia azotanów N losses caused by N - NO <sub>3</sub> leached		Straty azotu na skutek denitryfikacji Denitrification	
			A	B	A	B	A	B	A	B
			kg N/ha							
Nr 1 No 1	1987	81,5	12,9	44,8	107,4	116,4	5,0	8,1	5,7	9,6
	1988	105,2	18,7	51,0	105,7	118,4	5,5	13,3	11,1	23,9
	1989	53,3	19,2	51,6	109,6	129,2	2,7	6,9	3,7	9,6
	1990	54,8	17,2	49,5	110,8	118,6	1,7	27,3	3,6	17,2
	1991	66,5	18,4	53,0	110,6	115,0	1,8	10,3	2,6	14,9
	1992	182,8	16,2	50,4	99,3	98,4	8,9	30,6	8,0	35,5
	1993	44,9	16,4	48,8	105,7	107,9	1,4	5,6	1,9	7,4
	1994	174,5	18,1	49,1	98,9	118,6	10,7	28,7	10,3	32,5
	1995	117,8	16,4	43,0	113,4	131,7	1,8	7,7	2,8	9,7
	X <sub>śr</sub>	97,9	17,1	49,0	106,8	117,2	4,4	13,2	5,5	17,6
Nr 3 No 3	1987	78,5	17,7	26,9	216,1	216,1	9,1	9,9	12,3	13,1
	1988	105,4	25,2	68,5	195,0	195,0	16,1	24,4	32,8	46,3
	1989	54,1	25,5	69,1	214,8	214,8	10,7	20,5	14,1	26,4
	1990	55,4	23,3	66,9	197,7	197,7	11,5	24,9	24,1	52,4
	1991	69,4	24,3	69,9	223,3	223,3	15,7	32,2	21,6	44,7
	1992	160,5	21,7	67,3	215,2	215,2	21,0	52,0	30,1	74,0
	1993	43,4	22,3	66,3	200,8	200,8	3,6	9,3	4,8	12,5
	1994	175,4	24,5	66,7	198,7	198,7	39,6	70,5	40,7	78,2
	1995	117,1	21,8	56,9	216,9	216,9	14,8	34,2	15,8	36,4
	X <sub>śr</sub>	95,5	22,9	62,1	208,8	208,6	16,1	30,9	21,8	42,8

i opisany, o tyle brak jest zwłaszcza w literaturze krajowej, jakichkolwiek danych doświadczalnych na temat procesów denitryfikacji azotu [Sapek 1996]. Wartości doświadczalnego bilansu azotu porównano z danymi uzyskanymi w oparciu o model symulacyjny CREAMS (tab. 2). Pewne różnice rzędu 20 kg N/ha stwierdzono przy doświadczalnym i symulowanym określaniu ilości azotu wyniesionego z plonem w roku 1994 w gospodarstwie nr 1, oraz w roku 1995 w gospodarstwie nr 3, jak również w symulowanym i doświadczalnym określaniu strat azotu jako sumy procesów wymywania i denitryfikacji, szczególnie w roku 1995 dla obu badanych obiektów. Różnice te wynikają przede wszystkim z tego, że doświadczalny model bilansu azotu nie uwzględnia udziału szeregu złożonych czynników przyrodniczych mających istotny wpływ na obieg azotu w skali pola, w tym zwłaszcza meteorologicznych i posiada w związku z tym charakter raczej szacunkowy. Nie oznacza to jednak, że w przypadku potrzeby dokonania ogólnej i doraźnej oceny efektów produkcyjnych i ekologicznych (potencjalne straty azotu) na użytkach zielonych, nie powinien znaleźć praktycznego zastosowania.

Posługując się modelem symulacyjnym CREAMS opracowano prognozę strat azotu na skutek procesów wymywania i denitryfikacji w latach 1987 - 1995 tj. procesów jakie mogły mieć miejsce na użytkach zielonych znajdujących się w gospodarstwach nr 1 i nr 3 (tab. 3). Założono dwa warianty modelu symulacji:

**model A** - zawartość azotu pochodzącą z mineralizacji materii organicznej gleby wynika z rzeczywistej zawartości  $C_{org}$  w glebie,

**model B** - założono większą zawartość azotu pochodzącą z mineralizacji materii organicznej gleby o około 30 kg N/ha (może to być wynikiem np. zmiany użytkowania wieloletniego użytku zielonego, względnie zastosowanej metody jego renowacji).

Wykazano, że średnie straty azotu na skutek wymywania w postaci azotanów w latach 1987 - 1995 wynosiły w gospodarstwie nr 1  $4,4 \div 13,2$  kg N/ha/rok a w gospodarstwie nr 3  $16,1 \div 30,9$  kg N/ha/rok w zależności od przyjętego modelu symulacji. Różnice w ilości wymywanych azotanów pomiędzy gospodarstwami wynikały w dużej mierze ze stosowanej dawki nawozów azotowych, zaś znaczne zróżnicowanie w wymywaniu azotanów w gospodarstwach w poszczególnych latach (tab. 3) z przebiegu warunków klimatycznych a zwłaszcza wielkości przesiąku. Z przedstawionych danych wynika również, że przyjęty sposób gospodarowania na użytkach zielonych w gospodarstwie nr 3 ma znacznie większy udział w kształtowaniu zanieczyszczeń azotem lokalnych wód gruntowych niż w gospodarstwie nr 1 co potwierdziły znalezione wartości stężeń N -  $NO_3$  w badanych próbkach wody z tych obiektów (rys. 1). Przy założeniu ograniczonego procesu mineralizacji materii organicznej gleby (model A) ładunek wymywanych azotanów 4,4 kg N/ha w obiekcie nr 1 i 16,1 kg N/ha w obiekcie nr 3 jest stosunkowo niski i odpowiada przeciętnym stratom azotu będących wynikiem tego procesu, najczęściej notowanym przy tym sposobie nawożenia i użytkowania gruntów [Sapek 1995]. W przypadku jednak zaistnienia zjawiska niekontrolowanej mineralizacji materii organicznej, co może mieć miejsce na skutek zaorania wieloletniego użytku

zielonego (wariant B), straty azotu na skutek wymycia ulegają podwojeniu i może to mieć określone skutki ekologiczne, zwłaszcza w latach o większej ilości opadów atmosferycznych (przeziąk). Dlatego też stosowanie właściwych metod renowacji trwałych użytków zielonych, w tym zwłaszcza metody podsiewu [Skopiec 1993], winno być postrzegane jako istotny element tzw. kodeksu dobrych praktyk rolniczych skutecznie ograniczających zanieczyszczenie zasobów wodnych.

## Wnioski

1. Przedstawiona metoda doświadczalnego bilansu azotu na użytkach łąkowych pozwala w sposób prosty i nie skomplikowany oszacować obieg tego składnika w skali wybranego obiektu. Pomija ona jednak wpływ wielu czynników przyrodniczych i ma w związku z tym charakter raczej szacunkowy. Ogranicza to jej szersze zastosowanie jedynie do doraźnej oceny efektów produkcyjnych i ekologicznych.
2. Model symulacyjny CREAMS może być zastosowany do prognozowania strat azotu na trwałych użytkach zielonych w nieco szerszym zakresie. Pozwala on na przewidywanie skutków środowiskowych związanych ze przyjętym modelem gospodarowania jak również wynikających ze zmiany struktury użytkowania ziemi.
3. Uzyskane wyniki doświadczalnego i symulowanego bilansu azotu wskazują na to, że przyjęty sposób gospodarowania na użytkach zielonych w gospodarstwie nr 3, w tym poziom nawożenia azotem, ma znacznie większy udział w zanieczyszczaniu zasobów wodnych tym składnikiem niż w gospodarstwie nr 1. Potwierdzają to również znalezione wartości stężeń azotanów w badanych próbkach wód gruntowych.

## Literatura

- Balcerska M., Taylor R. 1987. *Czynniki kształtujące jakość wód sieci melioracyjnej na Żuławach Wiślanych*. Wiad. Instytutu Meteorologii Gospodarki Wodnej, T X: 115 - 125.
- Fotyma M., Fotyma E. 1996. *Zawartość azotu mineralnego w glebie jako wskaźnik środowiskowych skutków nawożenia*. Mat. Konf. Międzynarod. IMUZ Falenty : 35 -40.
- Pietrzak S. 1997. *Metoda bilansowania składników nawozowych w gospodarstwie rolnym*. Materiały instruktażowe nr 116. IMUZ Falenty: 22 ss.
- Pietrzak S., Sapek A. 1996. *Ocena zagrożeń dla środowiska pochodzących ze źródeł rolniczych na podstawie bilansu azotu w gospodarstwie rolnym*. Technika i technologia w ochronie środowiska. Lublin - Nałęczów 1996.: 127 - 130.
- Sapek A. 1994. *Oddziaływanie na środowisko gospodarstw specjalizujących się w produkcji mleka*. Materiały informacyjne nr 24. IMUZ Falenty: 18 ss.
- Sapek A., Sapek B. 1995. *Application of Nitrogen Balance and CREAMS Model to Describe and Foresee the Nitrogen Losses in Polish Agriculture*. 9th International

Symposium on Computer Science for Environmental Protection. Marburg 1995: 219-226.

Sapek A. 1996. *Zagrożenie zanieczyszczenia wód azotem w wyniku działalności rolniczej*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych. 440: 309 - 329.

Sapek B. 1995. *Wymywanie azotanów oraz zakwaszenie gleby i wód gruntowych w aspekcie działalności rolniczej*. Materiały informacyjne nr 30. IMUZ Falenty: 30 ss.

Skopiec B. 1993. *Sposoby renowacji zdegradowanych runi użytków zielonych*. Materiały Instruktażowe nr 107: 25 ss.

#### **Summary:**

**Experimental and simulated N - balance on the permanent meadow.** In 1994 - 1996 two ways of estimation N - losses in choosen farms in Żuławy Region were compared. These were:

1. results from field experiments as a base for the balance,
2. simulating model CREAMS v. 1.8.

Their usefulness for forecasting the effects of N glut on environment, particulary on quality of local ground water, was estimated. It was also taken notice of potential jeopardy of water polution with nitrates as a result of excessively mineralization of soil organic matter, mainly after permanent grassland ploughing.

Tadeusz Marcinkowski  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych  
Oddział Żuławski  
ul. Giermków 5  
82-300 Elbląg