

Ślady rolniczej działalności człowieka na Pojezierzu Mazurskim sięgają początku neolitu (2500–1300 lat p.n.e.). Natomiast wiek deluwiów, które są efektem tej działalności, wydatowano na 4080±70–3220±70 lat BP [Bieniek 1997]. Według Sinkiewicza [1989] oddziaływanie na stok procesów spełzywania i splukiwania, wywołanych i przyspieszonych rolniczą działalnością człowieka, na skutek stosowania maszyn i narzędzi rolniczych (głównie pługa), nosi nazwę denudacji antropogenicznej. Osady, zgodnie z sugestią Stochlaka [1996], należą do grupy deluwiów antropogenicznych i podgrupy deluwiów rolnych.

W wyniku procesów denudacji antropogenicznej modyfikowane są morfologia i właściwości gleb. Powstają nowe gleby o odmiennych właściwościach w stosunku do gleb terenów otaczających [Orzechowski i in. 2001; Orzechowski, Smółczyński 2002; Piaścik, Sowiński 2002]. Najwłaściwszym podejściem do analizy właściwości gleb w krajobrazie moreny dennej jest metoda katen glebowych. Jest to sekwencja gleb wzdłuż stoku, których zróżnicowanie zależy od spadków terenu, deniwelacji, zalegania poziomu wody gruntowej. Analizując przestrzennie pokrywę glebową, daje się wyraźnie zaobserwować związek pomiędzy geomorfologicznymi formami terenu, użytkowaniem, a określonymi jednostkami gleb i ich właściwościami [Marcinek i in. 1998].

Celem pracy było ukazanie wpływu rolniczego użytkowania na właściwości fizyczno-wodne gleb w krajobrazie moreny dennej na Pojezierzu Mazurskim.

METODY

Badania prowadzono metodą katen glebowych w obniżeniu śródmorenowym Tomaszkowo w krajobrazie moreny dennej falistej na Pojezierzu Olsztyńskim. Obiekt ten zlokalizowany jest na terenie Zakładu Doświadczalnego UWM. Spadki terenu wynoszą około 3°. Stoki zbudowane są głównie z pylastych, warstwowych utworów sedymentacyjnych, natomiast w obniżeniu zalegają zmurzałe torfy, przykryte osadami deluwialnymi, podścielone gytą ilastą. Omawiany obiekt w całości przejęty jest pod intensywną uprawę płużną. Zagłębienie ma charakter bezodpływowy, a odwadnianie jest ceramiczną siecią drenarską. W przekroju poprzecznym szerokość dna wynosi około 50 m.

Badania terenowe polegały na wyznaczeniu transektu, wzdłuż którego wykonano sześć odkrywek glebowych, reprezentujących poszczególne typy i podtypy gleb. Z poziomów glebowych pobrano próby do analiz laboratoryjnych. W laboratorium oznaczono: skład granulometryczny metodą Bouyoucosa-Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, popielność przez spalenie prób glebowych w temperaturze 550°C, węgiel organiczny w utworach mineralnych i mineralno-organicznych – metodą Tiurina, natomiast w utworach organicznych – me-

todą Springera i Klee, gęstość właściwą utworów mineralnych i mineralno-organicznych – metodą piknometryczną; gęstość właściwą utworów organicznych wyliczono na podstawie równania regresji [Okruszko 1971]: $G_w = 0,011 \cdot A + 1,451$ (G_w – gęstość właściwa, A – popielność), gęstość objętościową rzeczywistą z cylindrów o pojemności 100 cm^3 , po wysuszeniu w 105°C , porowatość ogólną z wyliczenia: $P_o = G_w - G_o \cdot 100 \cdot G_w^{-1}$ (P_o – porowatość ogólna, G_w – gęstość właściwa, G_o – gęstość objętościowa), ciśnienie ssące gleby w zakresie $0\text{--}490,5 \text{ hPa}$ oznaczono na płytach ceramicznych w komorach niskociśnieniowych, a w przedziale $98,1\text{--}14715,0 \text{ hPa}$ – w komorach wysokociśnieniowych [Zawadzki 1973]. Zawartość porów glebowych uzyskano z wyliczenia: makropory: porowatość ogólna – zawartość wody odpowiadająca ciśnieniu $98,1 \text{ hPa}$; mikropory: zawartość wody odpowiadająca ciśnieniu $14715,0 \text{ hPa}$; mezopory: odpowiadają potencjalnej retencji użytecznej – PRU, w zakresie ciśnienia $98,1\text{--}14715,0 \text{ hPa}$; w potencjalnej retencji użytecznej wyróżniono: efektywną retencję użyteczną (ERU) utworów mineralnych (ciśnienie $98,1\text{--}981,0 \text{ hPa}$); efektywną retencję użyteczną (ERU) utworów mineralno-organicznych i organicznych (ciśnienie $98,1\text{--}490,5 \text{ hPa}$); retencję drobnych kapilar (DKR) utworów mineralnych (ciśnienie $981,0\text{--}14715,0 \text{ hPa}$); retencję drobnych kapilar (DKR) utworów mineralno-organicznych i organicznych (ciśnienie $490,5\text{--}14715,0 \text{ hPa}$).

WYNIKI

W badanej katenie w obniżeniu stwierdzono występowanie gleb deluwialnych i namurszowych [Systematyka gleb Polski. 1989. Rocz. Gleb. 40, 3/4, 1–150]. Charakteryzują się one specyficzną sekwencją, właściwościami i ewolucją [Szrejder 1998; Orzechowski i in. 2001; Piaścik i in. 2001; Orzechowski, Smólczyński 2002; Piaścik, Sowiński 2002]. Na wierzchowinie występują erodowane gleby płowe gruntowo-glejowe.

Rolnicze użytkowanie gleb wpłynęło w wyraźny sposób na właściwości fizyczno-wodne badanych gleb. W wyniku procesów denudacji antropogenicznej stwierdzono przemieszczanie po stoku materiału glebowego. Wpłynęło to na zamulenie, a następnie przykrycie namulem deluwialnym, zakumulowanych w obniżeniu, utworów organicznych. Gleby deluwialne i namurszowe są 2–9-krotnie zasobniejsze w części spławialne w odniesieniu do gleby erodowanej (tab. 1). Największą koncentrację frakcji ilastej stwierdzono w brzeżnych partiach obniżenia. Bieniek [1997] fakt ten tłumaczy ewolucją materiału deluwianego poddawanego denudacji antropogenicznej, a także procesom luviacji profilu glebowego w warunkach przemysłowego typu gospodarki wodnej.

Tabela 1. Właściwości fizyczne i zawartość węgla organicznego w glebach kateny Tomaszkowo
 Table 1. Physical properties and content of organic carbon in Tomaszkowo catena soils

Nr profilu Położenie Profile No. Location	Poziom Horizon	Głębokość Depth cm	Utwór glebo- wy Soil forma- tion	Zawartość frakcji o Φ w mm Texture Φ in mm %				Popiel- ność Ash Content	Org. C	Gęstość właściwa Specific density	Gęstość objęt. rzeczyw. Bulk density
				1,0-0,1	0,1-0,02	<0,02	<0,002				
Gleba płowa gruntowo-glejowa Gley lessive soil											
1 górna część zbocza upper slope	Ap	0-24	psp	55	39	6	0		11,6	2,59	1,44
	Eet	24-85	plz	54	41	5	1			2,64	1,45
	Btgg	85-105	plz	18	48	34	18			2,65	1,51
	Cgg	105-150	plz	34	41	25	13			2,69	1,52
Gleba deluwialna właściwa Proper deluvial soil											
2 dolna część zbocza lower slope	Ap	0-30	plz	46	42	12	2		12,3	2,57	1,49
	A2	35-60	ip	10	38	52	9		10,6	2,62	1,50
	Otni	60-90	tniolR _{3,z}					478	303,6	1,98	0,55
Gleba deluwialna próchniczna Black-earth deluvial soil											
3 dolne zbocze lower slope	Apa	0-40	plz	31	45	24	4		29,2	2,49	1,31
	Otni	40-60	tniolR _{3,z}					592	237,4	2,10	0,58
Gleba namurszowa Mucky soil with mineral organic layer in top horizon											
4 podnóże foot-slope	Ap	0-29	min-org	10	35	55	8	898	41,8	2,45	1,08
	Otni	29-45	tniolR _{3,z}					503	288,8	2,00	0,58
Gleba namurszowa Mucky soil with mineral organic layer in top horizon											
5 podnóże foot-slope	Ap	0-29	min-org	17	41	42	8	897	59,8	2,44	0,96
	Mt	29-46	mtz					602	231,3	2,10	0,61
	Otni	46-58	tniolR _{3,z}					449	320,2	1,95	0,26
Gleba namurszowa Mucky soil with mineral organic layer in top horizon											
6 obniżenie depression	Ap	0-25	min-org	23	43	34	8	881	68,8	2,42	0,92
	Mt	25-37	mtz					412	342,1	1,90	0,48
	Otni	37-60	tniolR _{3,z}					415	339,9	1,91	0,46

psp – piasek słabogliniasty pylasty weakly loamy silted sand

plz – utwór pyłowy zwykły common silt

pli – utwór pyłowy ilasty clayed silt

ip – il pylasty; silted clay

tniolR_{3,z} – torf niski olesowy, silnie rozłożony, zamulony strongly decomposed, silted alder wood peat

mtz – mursz torfowy zamulony peat muck silted

min-org – utwór mineralno-organiczny; mineral-organic formation

Przemieszczanie części spławialnych wpływa na zagęszczenie powierzchniowych poziomów gleb deluwialnych i namurszowych. Gęstość objętościowa jest 2–4-krotnie wyższa w odniesieniu do głębiej zalegających zamulonych silnie rozłożonych torfów olesowych (tab. 1). Zagęszczenie utworów organicznych zachodzi nie tylko na skutek zamulenia, ale także w wyniku nacisku wyżej leżą-

cych namulów deluwialnych [Orzechowski, Smólczyński 2002]. Porowatość ogólna w namulach deluwialnych jest 1,5–2-krotnie niższa niż w zamulonych utworach organicznych.

Zawartość porów glebowych w glebach kateny Tomaszkowo jest zróżnicowana i wykazuje zmienność katenalną i profilową. W utworach mineralnych gleb deluwialnych zawartość makroporów waha się od 0,043% do 0,114% (tab. 2). Natomiast w utworach mineralno-organicznych gleb namurszowych zawartość tych porów wynosi 0,091–0,096%. W utworach organicznych tych gleb zawartość makroporów jest zróżnicowana i wynosi 0,100–0,165%.

Tabela 2. Właściwości fizyczno-wodne gleb kateny Tomaszkowo
Table 2. Physical-water properties of catena Tomaszkowo soils

Nr profilu Położenie Profile No. Location	Poziom Horizon	Głębokość Depth cm	Utwór glebowy Soil formation	Porowatość Total porosity	Makropory Macro- pores	Mezopory Mesopores			Mikropory Micro- pores
						PRU AWC	ERU RAWC	DKR SAWC	
% obj. % vol.									
Gleba płowa gruntowo-glejowa Gley lessive soil									
1 górna część zbozca upper slope	Ap	0-24	psp	44,4	23,5	15,6	5,8	9,8	5,3
	Eet	24-85	plz	45,1	10,5	26,7	15,3	11,4	7,9
	Btgg Cgg	85-105 105-150	plz plz	43,1 43,5	9,7 11,1	23,8 19,4	13,9 6,3	9,9 13,1	9,6 13,0
Gleba deluwialna właściwa Proper deluvial soil									
2 dolna część zbozca lower slope	Ap	0-30	plz	42,0	5,9	27,8	10,1	17,7	8,3
	A2	35-60	ip	42,7	4,3	31,6	4,6	27,0	6,8
	Otni	60-90	tniolR _{3z}	72,2	9,1	28,6	8,1	20,5	34,5
Gleba deluwialna próchniczna Black-earth deluvial soil									
3 dolne zbozce lower slope	Apa	0-40	plz	47,4	11,4	21,5	11,2	10,7	14,5
	Otni	40-60	tniolR _{3z}	75,8	9,9	33,2	11,5	21,7	32,7
Gleba namurszowa Mucky soil with mineral organic layer in top horizon									
4 podnóże foot-slope	Ap	0-29	ip	55,9	9,6	23,5	12,8	10,7	22,8
	Otni	29-45	tniolR _{3z}	71,0	14,7	22,9	16,0	6,9	33,4
Gleba namurszowa Mucky soil with mineral organic layer in top horizon									
5 podnóże foot-slope	Ap	0-29	pli	60,5	9,2	22,8	9,5	13,3	25,8
	Mt	29-46	mtz	71,0	16,4	23,3	10,5	12,8	31,3
	Otni	46-58	tniolR _{3z}	86,7	16,5	42,1	23,8	18,3	28,1
Gleba namurszowa Mucky soil with mineral organic layer in top horizon									
6 obniżenie depression	Ap	0-25	plz	62,1	9,1	29,8	10,7	19,1	23,2
	Mt	25-37	mtz	74,7	11,8	31,5	9,3	22,2	31,4
	Otni	37-60	tniolR _{3z}	75,7	10,0	37,8	20,9	16,9	27,9

Objaśnienia w Tabeli 1 Explanations see Table 1

PRU – potencjalna retencja użyteczna AWC – available water capacity

ERU – efektywna retencja użyteczna; RAWC – readily available capacity

DKR – retencja drobnych kapilar; SAWC – small pores available water capacity

Objętość mezoporów (PRU) w utworach mineralnych gleb deluwialnych wynosi 0,215–0,316% (tab. 2). W utworach mineralno-organicznych gleb namurszowych nie stwierdzono wyraźnych zmian w ich objętości (0,228–0,298%). W zamulonych murszach i silnie rozłożonych torfach olesowych objętość mezoporów wynosi 0,229–0,421%.

Efektywna retencja użyteczna (ERU) w utworach mineralnych gleb deluwialnych wynosi 0,046–0,112% i nieznacznie wzrasta w utworach mineralno-organicznych gleb namurszowych (0,095–0,128%). Największym zróżnicowaniem cechują się utwory organiczne tych gleb, w których objętość mezoporów odpowiadających efektywnej retencji użytecznej wynosi 0,096–0,238%.

Retencja drobnych kapilar (DKR) w glebach deluwialnych jest zróżnicowana i wynosi 0,107–0,270%. W utworach mineralno-organicznych gleb namurszowych objętość ich waha się od 0,107 do 0,191%. DKR rośnie w głąb profilu tych gleb, osiągając w utworach organicznych wartości średnio dwukrotnie większe niż w mineralno-organicznych.

Objętość mikroporów, które są wskaźnikiem wody niedostępnej dla roślin, jest wyraźnie uzależniona od składu granulometrycznego utworów mineralnych i stopnia zamulenia utworów organicznych. W utworach mineralnych gleb deluwialnych zawartość mikroporów wynosi 0,068–0,145% i rośnie wraz z obniżaniem się terenu (tab. 2). W utworach mineralno-organicznych gleb namurszowych wynosi 0,228–0,285% i jest średnio dwukrotnie wyższa w odniesieniu do utworów mineralnych gleb deluwialnych. Wraz z głębokością zawartość mikroporów rośnie blisko 2–3-krotnie w glebach deluwialnych lub nieznacznie, jak w przypadku gleb namurszowych (tab. 2).

Wraz ze spadkiem terenu maleje objętość makroporów. W glebach erodowanych stwierdzono ich 2–4-krotnie więcej niż w glebach leżących niżej. Natomiast w kierunku centrum obniżenia stwierdzono dwukrotny wzrost mezoporów i czterokrotny mikroporów w odniesieniu do gleb erodownych.

Reasumując, należy stwierdzić, iż właściwości fizyczno-wodne gleb kateny Tomaszkowo są determinowane przez zawartość materii organicznej i frakcji ilastej. Obecność materii organicznej, poprzez koloidy organiczne, sprzyja silniejszemu wiązaniu wody, sprawiając, że staje się ona trudno dostępna lub niedostępna dla roślin. Sytuację tę potęgują procesy denudacji antropogenicznej. Koloidy mineralne (frakcja ilasta) przemieszczane z górnych partii stoków akumulowane są w wierzchnich poziomach gleb deluwialnych, namurszowych i torfowo-murszowych. Powoduje to wzrost retencji drobnych kapilar i zawartości mikroporów w badanych glebach, a w konsekwencji prowadzi do zwiększenia się objętości porów drobnych (DKR i mikroporów). Tym samym maleje potencjalna i efektywna retencja wodna. Największą objętość mezoporów posia-

dają gleby deluwialne i one wykazują się najlepszymi właściwościami fizyczno-wodnymi wśród badanych gleb. Największą objętością mikroporów cechują się gleby namurszowe. W odniesieniu do gleb deluwialnych jest ona nawet dwukrotnie wyższa. Skutkiem dużej objętości mikroporów jest mniejsza ilość wody łatwo dostępnej dla roślin.

WNIOSKI

1. Rolnicza działalność w glebach moreny dennej falistej na Pojezierzu Mazurskim prowadzi do modyfikacji właściwości fizyczno-wodnych.

2. W badanych glebach stwierdzono przemieszczanie materiału glebowego, głównie frakcji ilastej, w dół stoku. Prowadzi to do wzrostu zagęszczenia i zmniejszenia porowatości ogólnej namulów deluwialnych i utworów organicznych gleb namurszowych i deluwialnych.

3. Rolnicze użytkowanie gleb wpływa na rozkład i charakter porów glebowych. Wraz z obniżaniem się stwierdzono 2–4-krotny spadek zawartości makroporów oraz dwukrotny wzrost objętości mezoporów i czterokrotny mikroporów w odniesieniu do gleby erodowanej.

4. Wraz ze wzrostem zawartości materii organicznej i frakcji ilastej zwiększa się objętość porów drobnych (DKR i mikroporów). Ogranicza to ilość wody łatwo dostępnej dla roślin.

PIŚMIENNICTWO

- Bieniek B. 1997. Właściwości i rozwój gleb deluwialnych Pojezierza Mazurskiego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura* 64, Suppl. B, 3–80.
- Marcinek J., Kaźmierowski C., Komisarek J. 1998. Rozmieszczenie gleb i zróżnicowanie właściwości w katenie falistej moreny dennej Pojezierza Poznańskiego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 460, 53–74.
- Orzechowski M., Smółczyński S. 2002. Modyfikacja właściwości gleb pobagiennych Pojezierza Mazurskiego przez procesy deluwialne. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 487, 205–212.
- Orzechowski M., Smółczyński S., Sowiński P. 2001. Właściwości gleb obniżeń śródmorenowych Pojezierza Mazurskiego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 476, 229–235.
- Piaścik H., Sowiński P. 2002. Wpływ denudacji antropogenicznej na rozwój gleb obniżeń śródmorenowych w krajobrazie Pojezierza Mazurskiego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 487, 249–257.
- Piaścik H., Sowiński P., Orzechowski M., Smółczyński S. 2001. Sekwencja gleb obniżeń śródmorenowych w krajobrazie młodoglacjalnym Pojezierza Mazurskiego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 476, 491–496.
- Sinkiewicz M. 1998. Rozwój denudacji antropogenicznej w środkowej części Polski Północnej. *UMK Toruń*, 5–103.

-
- Stochlak J. 1996. Osady deluwialne nieodłączny efekt procesu spłukiwania i propozycja ich podziału. Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe. Ochrona agrosystemów zagrożonych erozją. Puławy-Lublin-Zwierzyniec, 111–132.
- Szrejder B. 1998. Niektóre właściwości i pozycja systematyczna gleb powstałych w wyniku denudacji antropogenicznej w Koniczynie na Wysoczyźnie Chełmińskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 460, 500–511.
- Zawadzki S. 1973. Laboratoryjne oznaczanie zdolności retencyjnych utworów glebowych. Wiad. IMUZ 11 (2), 11–31.