

**Marek Drewnik, Andrzej Kacprzak, Mateusz Stolarczyk**  
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński  
ul. Gronostajowa 7, 30–387 Kraków  
marek.drewnik@uj.edu.pl, andrzej.kacprzak@uj.edu.pl  
mateusz.stolarczyk@uj.edu.pl

*Received: 6.02.2013*  
*Reviewed: 26.06.2013*

## **WPLYW SKŁADOWISKA NAWOZÓW MINERALNYCH NA WŁAŚCIWOŚCI GLEB I WÓD W OBSZARZE CHRONIONYM NA PRZYKŁADZIE TARNAWY WYŻNEJ W BIESZCZADZKIM PARKU NARODOWYM**

**Influence of a fertilizer stockpile on soil and water properties  
in a protected area – a case study from Tarnawa Wyżna  
in the Bieszczady National Park**

**Abstract:** After the displacement of population at the end of 1940s, soils of the upper San valley were subject to natural plant succession. In 1980s a large remediation programme was carried out in the studied area – the study was aimed to investigate the impact of one of the many abandoned fertilizer stockpiles. The research has shown only a relatively small and spatially limited influence of the stockpile on soil properties expressed mainly in pH changes and an increase in soil compactness. The obtained results indicate that soil, owing to its filtering role, prevents the spreading of calcium and phosphorus compounds, potentially able to eutrophicate the environment.

**Key words:** eutrophication, phosphorus, Cambisols.

### **Wstęp**

W latach osiemdziesiątych XX wieku podjęto próbę przekształcenia użytków porolnych w Bieszczadach Zachodnich w wysokoproduktywne łąki i pastwiska dla zwierząt hodowlanych (Skiba i in. 1998; Zaleski i in. 2007). Oprócz usuwania drzew i krzewów, mechanicznego wyrównywania i głębokiej orki, tereny te były również wapnowane i nawożone nawozami mineralnymi. Nagłe zaprzestanie prac rekultywacyjnych wymuszone sytuacją ekonomiczną spowodowało pozostawienie nieuprzątniętych przyzm nawozów, które są traktowane jako specyficzne zagrożenie chemiczne. Pryzmy te występują w okolicach Wetliny, Wołosatego i Beniowej (Skiba i in. 1998), jak również w terenach przyłączonych do Bieszczadzkiego Parku Narodowego w 1999 r., w tym i na obszarze Tarnawy Wyżnej (Drewnik i in. 2010).

Celem pracy jest określenie wpływu porzuconego składowiska nawozów mineralnych w Tarnawie Wyżnej na właściwości gleb i wód w jego bezpośrednim otoczeniu. Przyjęto hipotezę badawczą, że gleba pełni rolę filtra zabezpieczają-

cego środowisko przed rozprzestrzenianiem się składników mogących powodować eutrofizację środowiska, a zwłaszcza wód powierzchniowych. Ważne jest rozpatrzenie potencjalnej możliwości eutrofizacji fosforem, która stanowi istotne zagrożenie dla funkcjonowania ekosystemów wodnych (Sommer 1996). Do jednej z przyczyn wzrostu stężenia fosforu w zbiornikach wodnych zalicza się wypłukiwanie fosforu z gleby (Człepińska–Kamińska 1992). Zagadnienie to jest ważne w obszarze chronionym jakim jest park narodowy.

## Teren, zakres i metodyka badań

### Obszar badań

Dolina górnego Sanu to stosunkowo nisko położona część Bieszczadów Zachodnich zbudowana z utworów fliszowych jednostki śląskiej. W podłożu dominują tu warstwy łupkowe z mniejszym niż w wyższych partiach Bieszczadów udziałem piaskowców i pyłowców (Haczewski i in. 2007). Gleby wykształcone z osadów stokowych charakteryzują się ilasto-gliniastym uziarnieniem i są klasyfikowane jako różne podtypy gleb brunatnych właściwych (eutroficznych), w przewadze oglejonych (Skiba i in. 1998). Gleby wytworzone z różnowiekowych osadów aluwialnych odznaczają się na ogół lżejszym uziarnieniem piaszczysto-gliniastym i są to mady w różnych podtypach lub, w przypadku starszych aluwii, gleby brunatne (Kacprzak i in. 2012). W terenie tym występują także inne gleby, w tym szczególnie cenne oligotroficzne gleby torfowe, które zgodnie z Systematyką gleb Polski (2011) klasyfikowane są jako gleby torfowe fibrowe (OTi).

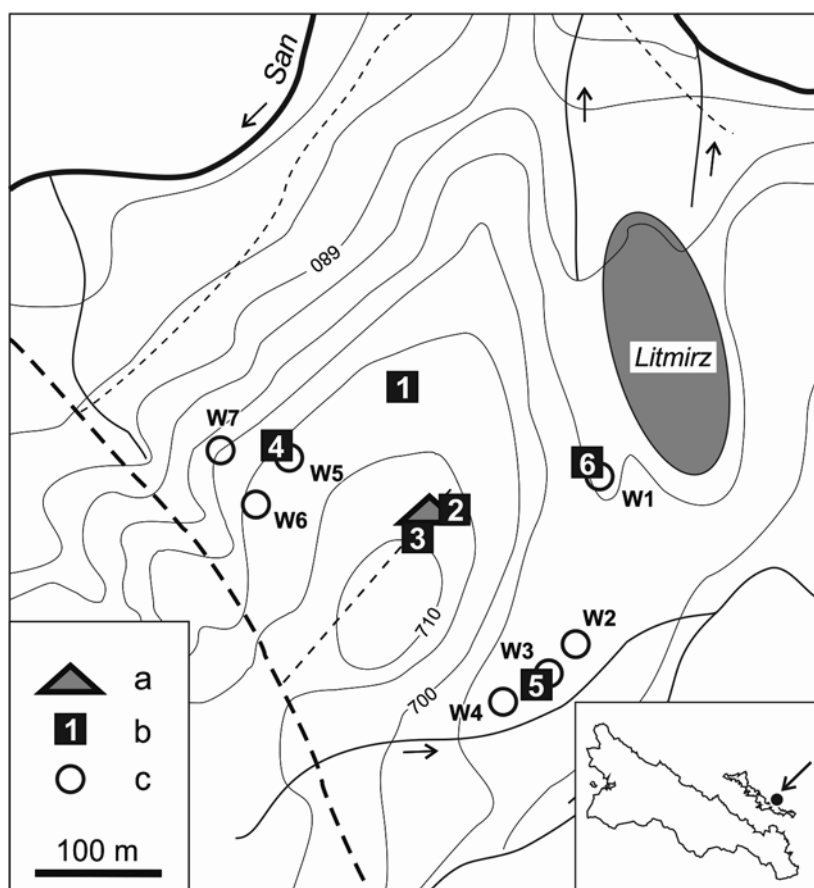
Gleby obszaru doliny górnego Sanu zazwyczaj odznaczają się znaczną zawartością części szkieletowych, rzędu kilkudziesięciu procent objętości. Charakteryzują się odczynem lekko kwaśnym i kwaśnym w części stropowej oraz odczynem obojętnym lub zasadowym w części spągowej. W niektórych glebach w części spągowej występują węglany pochodzące z materiału macierzystego gleby. Do charakterystycznych właściwości gleb tego obszaru należy znaczna (często powyżej 5%) zawartość materii organicznej występująca w mięjszych poziomach próchnicznych, co można wiązać z surowymi, górskimi warunkami klimatycznymi (Skiba i in. 1998).

Gleby doliny górnego Sanu były przez kilka stuleci użytkowane rolniczo, następnie – po wysiedleniach w 1947 r. – działalność ta ustała i nastąpiła spontaniczna renaturalizacja środowiska, w tym i gleb. W latach 1980., jak już wspomniano, omawiany teren został poddany pracom rekultywacyjnym z myślą o użytkowaniu rolniczym.

### Badany obiekt

Badaniami objęto porzucone składowisko nawozów mineralnych w Tarnawie Wyżnej, położone w dolinie górnego Sanu. Składowisko to jest zlokalizowane

na spłaszczonym grzbiecie o wysokości 708 m n.p.m. (Ryc. 1). Grzbiet ten stanowi pozostałość najwyższej (i najstarszej) plejstoceńskiej terasy zbudowanej ze zwietrzałych żwirów rzecznych (Haczewski i in. 2007). Pozostałością składowiska nawozów, oprócz drogi dojazdowej, jest widoczna do tej pory duża pryzma nawozów (Ryc. 2) zabezpieczona ogrodzeniem przed wstępem zwierząt i ludzi. Pryzma ma wymiary ok. 18 m na ok. 13 m. Chemiczna analiza jakościowa związków nieorganicznych (wg Minczewski, Marczenko 2005) wskazuje, że jest to nawóz mineralny z grupy nawozów fosforowych o składzie chemicznym  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . W odległości nie przekraczającej kilkuset metrów od składowiska, na wysokości 690–700 m n.p.m. na grzbiecie występuje szereg wypływów wody dających początek potokom uchodzącym do Sanu. W otoczeniu znajduje się



**Ryc. 1.** Obszar badań i lokalizacja punktów badawczych. Objaśnienia: a – pryzma nawozu, b – profile glebowe, c – miejsca poboru próbek wody.

**Fig. 1.** Study area and location of investigation sites. Explanations: a – fertilizer stockpile, b – soil profiles, c – water sampling sites.



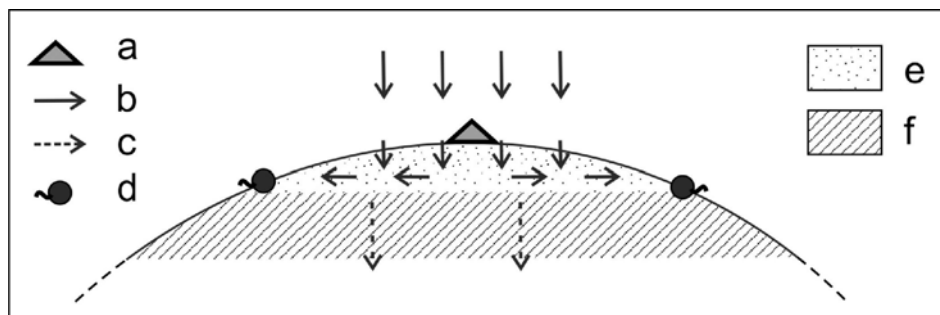
**Ryc. 2.** Pryzma nawozów w Tarnawie Wyżnej.

**Fig. 2.** Fertilizer stockpile at Tarnawa Wyżna.

znane torfowisko wysokie Litmirz (Ryc. 1). Grzbiet jest porośnięty wilgotną łąką mietlicową (*Mollinietalia*) (Michalik i in. 2010) wykaszana w ramach prac ochronnych przez Bieszczadzki Park Narodowy.

### Problem badawczy, zakres i metodyka pracy

Lokalizacja składowiska nawozów z jednej strony spełnia wymogi ochrony środowiska, gdyż nie znajduje się ono w bezpośrednim sąsiedztwie cieków wodnych i jest umieszczone na terenie płaskim (Duer i in. 2004), z drugiej strony jednak jest problematyczna, gdyż – jak wspomniano – wierzchołowa grzbietu jest zbudowana z osadów rzecznych o stosunkowo lekkim uziarnieniu, złożonych na fliszowym podłożu o przewadze łupków (Haczewski i in. 2007). Może to sprzyjać migracji roztworów rozprzestrzeniających składniki rozpuszczone w wodzie opadowej lub roztopowej ukierunkowanej różnicami przepuszczalności związanymi z uziarnieniem (Instrukcja... 1964). Rozmieszczenie na omawianym grzbiecie okresowych wpływów wody w strefie wysokości 690–700 m n.p.m., najprawdopodobniej na kontakcie utworów aluwialnych i fliszowego podłoża, sugeruje kierunek migracji wody/roztworów glebowych taki jak to schematycznie przedstawiono na rycinie 3.



**Ryc. 3.** Schemat prawdopodobnego obiegu wody w badanym obszarze. Objasnienia: a – przyzma nawozu, b – kierunki przepływu wody, c – kierunek utrudnionej infiltracji wody, d – miejsce okresowego wypływu wody na powierzchnię, e – utwory aluwialne, f – utwory fliszowe.

**Fig. 3.** Probable water circulation scheme in the study area. Explanations: a – fertilizer stockpile, b – waterflow directions, c – impeded infiltration direction, d – periodic water outlets, e – alluvia, f – flysch.

Badaniami objęto (Ryc. 1) gleby znajdujące się bezpośrednio pod przyzmą nawozową oraz w jej najbliższym otoczeniu (profile 2 i 3), a także gleby znajdujące się w odległości 100 m od składowiska (profil 1 jako profil porównawczy) i gleby znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie wypływów wód (profile 4, 5 i 6). Ponadto przeanalizowano skład chemiczny wypływających okresowo wód (próbki W1-W7 – Ryc. 1). W założeniu miało to pozwolić na ocenę ewentualnego stopnia i zasięgu rozprzestrzenienia się składników pokarmowych wraz z migrującą wodą.

Profile glebowe zostały zaklasyfikowane zgodnie z najnowszą systematyką polską (Systematyka gleb Polski 2011) i międzynarodową (IUSS Working Group WRB 2007). W zastosowanym zestawie symboli poziomów glebowych (Tab. 1) wykorzystano możliwość rozróżnienia intensywności genezy i siły procesów glejowych istniejącą przez lata w polskiej systematyce (Systematyka gleb Polski 1989), a obecnie zarzuconą. Jest to istotne ze względu na odzwierciedlenie w symbolicznym opisie profili glebowych ich właściwości warunkujących szczegółową pozycję systematyczną w systemie międzynarodowym. W wykonanych odkrywkach pobrano próbki z poszczególnych poziomów genetycznych, zaś w profilu nr 1 i nr 2 również interwałowo co 10 cm. Dodatkowo w otoczeniu składowiska nawozów za pomocą świdra pobrano próbki materiału glebowego (z głębokości 8–12 oraz 28–32 cm) lokalizując punkty pomiarowe w regularnej siatce kwadratów. Próbki wody (W1-W7) zostały pobrane jednokrotnie we wrześniu 2011 r. na wypływie wody.

Tabela 1. Morfologia i podstawowe właściwości badanych gleb.

Table 1. Morphology and basic properties of the studied soils.

Głębokość (cm) Depth (cm)	Poziom Horizon <sup>1)</sup>	Barwa w stanie wilgotnym Soil colour – moist	Struktura Soil structure <sup>2)</sup>	Układ Consistence <sup>2)</sup>	Korzenie Roots <sup>4)</sup>	pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCl)	CaCO <sub>3</sub> (%)	C org. (%)
Profil nr 1, Profile no. 1. Gleba brunatna eutroficzna wylugowana, Stagnic Cambisol (Humic, Epidystric)									
0-3	O	ściółka trawiasta – grass litter							
3-6(10)	A1	10YR 3/4	-	p	++++	-	-	-	-
10-22	A2	10YR 4/4	d3os	z	++	4,4	3,7	-	2,20
22-32	AB	10YR 4/6	s2os	z	+	5,0	4,1	-	1,35
32-44	Bwg1	10YR 4/6	s2os/oa-d2os	z	+	5,2	4,2	-	1,00
44-65	Bwg2	10YR 4/6	s2os-d2os	z	+	5,3	4,2	-	0,62
65-90	BCg	10YR 4/6	s2os-d2os	bzw	+	5,6	4,2	-	0,26
90-(152)	Cg	10YR 4/6	m	bzw	-	6,0	4,2	-	0,18
Profil nr 2, Profile no. 2. Gleba brunatna eutroficzna wylugowana, Technic Stagnic Cambisol (Humic, Epidystric)									
0-1	O	ściółka trawiasta – grass litter							
1-27	Ca	N 7/0	Nawóz - fertilizer						
27-39	Ag	10Y 3/1	d2oa	zb	++	3,9	3,9	-	2,31
39-50	ABg	10YR 3/4	d2os	zb	+	5,3	4,5	-	1,60
50-66	Bwg1	10YR 4/4	d2os-bd2os	zb	-	5,3	5,1	-	1,04
66-90	Bwg2	2,5Y 5/6	2dos-bd/d2os	zw	-	5,7	5,2	-	0,52
90-(120)	BCg	2,5Y 5/6	bd2os	zw	-	5,9	5,3	-	0,26
Profil nr 3, Profile no. 3. Gleba brunatna eutroficzna, Haplic Cambisol (Humic, Eutric, Pisocalcic)									
0-2	O	ściółka trawiasta – grass litter							
2-11	A1	10YR 3/4	d2oa	p	+++	7,8	7,3	3,76	1,77
11-23	A2	10YR 4/4	d2oa	zw	++	7,9	7,4	13,33	2,68
23-30	AB	10YR 4/6	d2os	zw	++	7,6	6,9	-	1,34

30-75	Bwg1	10YR 4/6	d2os-bd2os	zw	+	7,7	6,5	-	1,00
75-90	Bwg2	10YR 4/6	d2os-bd2os	bzw	-	7,6	6,9	-	0,45
90-(105)	BCg	10YR 4/6	bd2os	bzw	-	7,5	6,8	-	0,47
Profil nr 4, <i>Profile no. 4.</i> Gleba brunatna eutroficzna gruntowo-glejowa, Endogleyic Cambisol (Humic, Eutric)									
0-3	O	ściółka trawiasta – grass litter							
3-16	A1	2,5Y 3/1	d2oa	p	+++	7,0	6,6	0,22	4,74
16-37	A2	2,5Y 4/1	d2oa	uzw	+	7,0	6,6	-	3,17
37-75	Bwgg	10YR 3/3, 2,5Y 5/2, 10YR 5/6	d2os	zw	-	7,4	6,4	-	0,68
75-(105)	Ccagg	10Y 6/1	m	bzw	-	7,8	7,4	18,85	0,72
Profil nr 5, <i>Profile no. 5.</i> Gleba glejowa, Haplic Gleysol (Humic, Eutric)									
0-2	O	ściółka trawiasta – grass litter							
2-15	Agg	2,5Y 5/2, 10YR 5/6	d2oa	zw	++	5,5	4,5	-	3,03
15-30	Bgg1	2,5Y 5/1, 10YR 5/6	d2oa	zw	++	5,8	4,8	-	0,84
30-65	Bgg2	5Y 5/1, 10YR 5/6	d2os-bd2os	bzw	+	6,0	5,1	-	1,02
65-(90)	Cgg	2,5Y 5/2	m	bzw	-	7,6	7,2	0,34	0,33
Profil nr 6, <i>Profile no. 6.</i> Gleba glejowa, Mollic Gleysol (Hyperhumic, Eutric, Siltic)									
0-4	O	ściółka trawiasta – grass litter							
4-40	Agg1	2,5Y 3/1	d2oa	zw	++	7,0	6,3	-	5,40
40-70	Agg2	10YR 3/3, 2,5Y 5/2, 10YR 5/6	d2os-bd2os	uzw	+	6,6	6,1	-	8,29
70-(100)	Ccagg	10Y 7/1	m	bzw	-	8,2	7,0	1,75	0,50

<sup>1)</sup> g – słabsze oglejenie związane z wodami opadowymi i śródpokrywowymi / *stagnic colour pattern*, gg – silne oglejenie związane z wodami gruntowymi / *gleyic colour pattern*

<sup>2)</sup> Struktura / *Soil structure*: g – gruba / *coarse*, d – drobna / *fine*, s – średnia / *medium*, 1 – słaba / *weak*, 2 – średniotrwała / *moderate*, 3 – trwała / *strong*, os – subangularna / *subangular blocky*, oa – angularna / *angular blocky*, m – masywna / *massive*, r – rozdzielnioziarnista / *single grained*

<sup>3)</sup> Układ / *Consistence*: p – pulchny / *soft*, uzw – umiarkowanie związane / *moderately firm*, zw – związane / *firm*, bzw – bardzo związane / *very firm*, zb – zbity / *extremely firm*

<sup>4)</sup> Korzenie / *Roots*: +++++ dań / *extremely abundant*, ++++ bardzo liczne / *abundant*, +++ liczne / *common*, ++ nieliczne / *few*, – brak / *none*

Przeprowadzone analizy laboratoryjne obejmowały: uziarnienie (metodą areometryczną uzupełnioną metodą sitową dla frakcji piasku), odczyn w wodzie destylowanej i 1M KCl (metodą potencjometryczną), zawartość węgla organicznego (metodą Tiurina w modyfikacji Oleksynowej), zawartość węglanów (metodą objętościową Scheiblera) oraz ponadstandardowo zawartość frakcji fosforu (metodą Changa-Jackson'a). Do ekstrakcji fosforu związków rozpuszczalnych (L-P) zastosowano 30 minutowe wytrząsanie próbki (2g gleby,  $\varnothing < 2\text{mm}$ ) w 1M  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Następnie z tej samej próbki ekstrahowano po kolei formy związane: Al-P – 1 godzinne wytrząsanie w 0,5M  $\text{NH}_4\text{F}$ , Fe-P – 7 godzinne wytrząsanie w 0,1M NaOH oraz Ca-P – 1 godzinne wytrząsanie w 0,5M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Po każdej ekstrakcji próbkę dodatkowo przemywano roztworem nasyconego NaCl (Czepińska-Kamińska 1992).

Skład chemiczny wody został oznaczony metodą chromatografii jonowej z detekcją konduktometryczną z tłumieniem przewodnictwa eluentu (Dionex ICS 2000). W pracy podano dane o zawartości jonów ważnych z punktu widzenia eutrofizacji wód.

## Wyniki badań

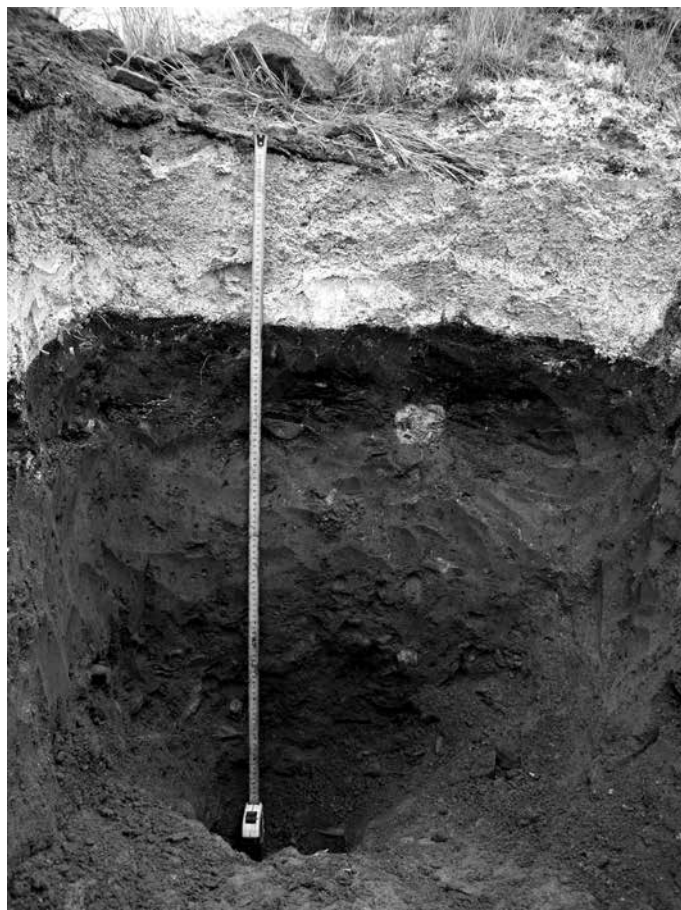
### Właściwości gleb

Badane gleby (Tab. 1) reprezentują gleby brunatne eutroficzne (profile 1, 2, 3, 4) zajmujące w badanym terenie największą powierzchnię oraz gleby glejowe (profile 5, 6) występujące w bezpośrednim otoczeniu okresowych wypływów wody. Wpływ procesów glejowych na właściwości gleby widoczny jest także w badanych profilach gleb brunatnych. W profilach 1, 2, 3 występuje charakterystyczna plamistość (stagnic colour pattern) związana z okresowym nadmiarem wód opadowych i śródpokrywowych (poziomy Bwg), a w spągu profilu nr 4 silne oglejenie uwarunkowane wysokim poziomem wód gruntowych (poziom Bgg i Ccagg).

Wraz z głębokością w badanych profilach (Tab. 1) obserwuje się zmianę struktury gleby od trwałej i średniotrwałej struktury angularnej lub subangularnej w poziomach A i AB, poprzez średniotrwałą strukturę angularną lub subangularną w poziomach B i BC, do struktury masywnej w poziomach C. Materiał glebowy wykazuje w większości poziomów mineralnych układ umiarkowanie zwięzły lub zwięzły, przy czym glebę znajdującą się pod przyzmą nawozu (profil nr 2) wyróżnia układ zbity obserwowany pod nadsypanym nawozem do głębokości ponad 60 cm od powierzchni gleby. Dostrzec tu także można (Ryc. 4) przemieszczony nawóz wypełniający pory glebowe.

Uziarnienie badanych gleb jest zróżnicowane (Tab. 2). Profile zlokalizowane w części grzbietowej wyróżnia relatywnie wysoka (25–40%) zawartość części szkieletowych (dawne otoczaki) występujących od stropu profilu. W glebie na





Ryc. 4. Gleba przykryta nawozem (profil nr 2).

Fig. 4. Soil profile covered with fertilizer layer (profile no. 2).

składowisku (profil nr 2) oraz glebie porównawczej na grzbiecie (profil nr 1) w częściach ziemistych przeważa glina lekka oraz glina piaszczysta, w glebie znajdującej się obok składowiska (profil nr 3) występuje zarówno glina lekka i piaszczysta jak i glina zwykła. Gleby położone niżej (profile nr 4, 5 i 6) charakteryzują się cięższym uziarnieniem (są to gliny zwykłe, ale także występują tu pyły i gliny pylaste).

Badane gleby o właściwościach nie zmienionych przez człowieka charakteryzują się odczynem obojętnym do kwaśnego, przy czym  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  wzrasta wraz z głębokością od wartości  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  rzędu 4 w części stropowej gleby do wartości  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  rzędu 6–6,5 w spągu gleby przypadku utworów bezwęglanowych i rzędu 7,8–8,0 w przypadku gdy występują węglany (profile: 4, 5, 6). W poziomach

**Tabela 2.** Zawartość części szkieletowych i uziarnienie badanych gleb.**Table 2.** Coarse fragments content and texture of the studied soils.

Głębokość poziomu <i>Horizon</i> <i>depth (cm)</i>	Części szkie- letowe (% obj.) <i>Coarse</i> <i>fragments</i> <i>(% vol.)</i>	Fracje (mm) (% wag.) <i>Fractions (mm) (% weight)</i>						Grupa gra- nul. <i>Texture</i> (PTG 2008)
		2,0 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05 - 0,02	0,02 - 0,006	0,006 - 0,002	<0,002	
<i>Profil nr 1, Profile no. 1</i>								
10-22	20	50	11	14	11	6	8	gl
22-32	15	50	10	14	10	9	7	gl
32-44	15	41	17	13	13	10	6	gl
44-65	25	53	10	13	11	8	5	gp
65-90	35	46	12	17	11	6	8	gl
90-(152)	35	64	8	9	8	4	7	gp
<i>Profil nr 2, Profile no. 2</i>								
27-39	10	54	13	14	11	5	3	gp
39-50	10	57	10	15	8	6	4	gp
50-66	10	54	10	12	10	8	6	gp
66-90	35	53	11	14	10	6	6	gp
90-(120)	50	60	10	11	8	4	4	gp
<i>Profil nr 3, Profile no. 3</i>								
2-11	15	41	11	15	11	9	13	gl
11-23	5	41	7	15	12	12	13	gz
23-30	15	38	12	15	14	12	9	gz
30-75	10	47	11	15	10	9	8	gz
75-90	25	49	12	17	8	4	10	gl
90-(105)	40	50	9	15	10	9	7	gp
<i>Profil nr 4, Profile no. 4</i>								
3-16	5	29	7	24	13	11	16	gz
16-37	5	31	10	18	12	12	17	gz
37-75	5	25	8	22	16	12	17	gz
75-(105)	80	7	1	9	29	23	31	gpyi
<i>Profil nr 5, Profile no. 5</i>								
2-15	5	50	13	14	7	6	10	gl
15-30	10	44	10	14	9	15	8	gl
30-65	30	36	12	16	9	9	18	gz
65-(90)	40	58	12	8	12	3	7	gp
<i>Profil nr 6, Profile no. 6</i>								
4-40	10	32	5	17	16	12	18	gz
40-70	0	20	1	25	16	15	23	pyi
70-(100)	5	12	2	5	20	24	37	gpyi

próchnicznych gleb brunatnych występujących na grzbiecie (profile 1, 2, 3) zawartość węgla organicznego sięga 2–3%, w glebach zlokalizowanych zaś w rejonie wypływu wody (profile 4, 5, 6) zawartość ta może przekraczać 5%.

Interesująco przedstawia się zawartość węglanów w badanych glebach. Gleby rozwinięte ze starych aluwiiw pokrywających grzbiec są praktycznie pozbawione węglanów (profile 1, 2, 3). W profilach wykształconych ze zwietrzliny utworów fliszowych (profile 4, 5, 6) w partiach spagowych zawartość węglanów różnicuje się od ułamka procenta do ponad 18%, zależnie od litologii podłoża. W stropie badanych gleb z kolei mogą występować węglany pochodzenia antropogenicznego. W profilu nr 3 obecność węglanów wynika zapewne z samego faktu składowania w tym miejscu nawozów mineralnych, których pozostałości zostały wmyte z wodą opadową w stropową część gleby.

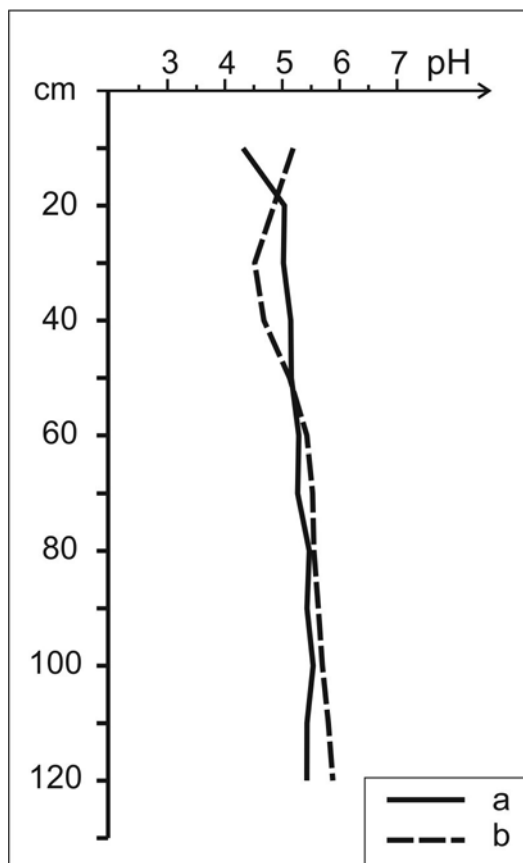
#### Odczyn gleby w otoczeniu składowiska nawozów

Wpływ przyzmy superfosfatu na odczyn gleby jest bardzo niewielki. Pomiar pH nawozu w roztworze wodnym wykazał wartość pH 4,19. Po przeprowadzeniu pomiarów interwałowo w profilu glebowym (Ryc. 5) obserwuje się słabą tendencję do wzrostu, a następnie obniżenia wartości pH gleby, na której składowany jest nawóz (profil nr 2). Z kolei poziomy niżej położone charakteryzowały się odczynem porównywalnym z tym, jaki stwierdzono w warunkach gleby porównawczej (profil nr 1). Natomiast w profilu 3 znajdującym się w pobliżu składowiska w poziomach powierzchniowych zanotowano wyraźne większe wartości  $pH_{(H_2O)}$  7,8–7,9 w porównaniu do pozostałych gleb, co należy tłumaczyć obecnością węglanu wapnia pochodzenia antropogenicznego w tej glebie (Tab. 1).

Wyniki pomiarów pH próbek glebowych pobranych z głębokości 8–12 cm oraz 28–32 cm wokół składowiska nawozów (Ryc. 6, 7) wskazują na zróżnicowanie odczynu powierzchniowych poziomów glebowych w związku z działalnością człowieka. O ile wpływ istniejącej obecnie przyzmy superfosfatu jest w skali przestrzennej minimalny, o tyle zaznacza się strefa wyraźnie podwyższonego pH w odległości kilku-kilkunastu metrów. Wzrost pH jest bardzo wyraźny na głębokości 28–32 cm. Biorąc pod uwagę opisane powyżej występowanie wtórnych węglanów w zlokalizowanym w tej strefie profilu 3 można przypuszczać, że zjawisko to wynika z obecności pozostałości nawozów wapniowych.

#### Zawartość fosforu w glebie oraz wybranych jonów w wodzie

W profilu porównawczym (profil nr 1) dominuje fosfor związany z wapniem (P-Ca) (Tab. 3). Jego zawartość wzrasta wraz z głębokością od ok. 11 do ok. 30 mg/100 g gleby. Ilości fosforu w pozostałych wydzielonych frakcjach są małe i wynoszą od ok. 1 do ok. 8 mg/100 g gleby, przy czym poziom ich zawartości ulega podwyższeniu wraz z głębokością. Fosfor labilny (łatwo dostępny – P-lab)

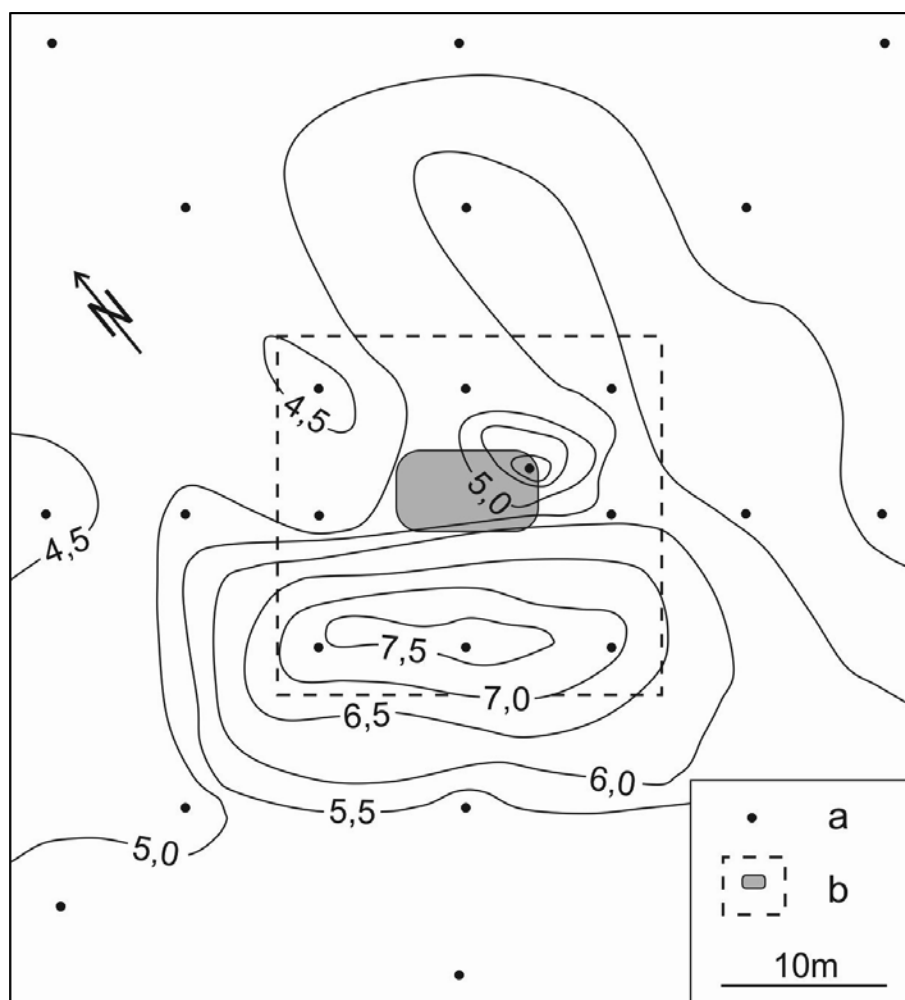


**Ryc. 5.** pH gleby (mierzone w roztworze wodnym) w profilu: a – gleba porównawcza (profil 1), b – gleba pod pryzmą nawozową (profil nr 2).

**Fig. 5.** Soil pH(H<sub>2</sub>O) in a vertical profile: a – a reference soil (profile no. 1), b – a soil under the fertilizer stockpile (profile no. 2).

w glebie porównawczej przeważa w części stropowej gleby (4,4 mg/100 g gleby), stanowiąc ok. 22 % całości oznaczanych form fosforu.

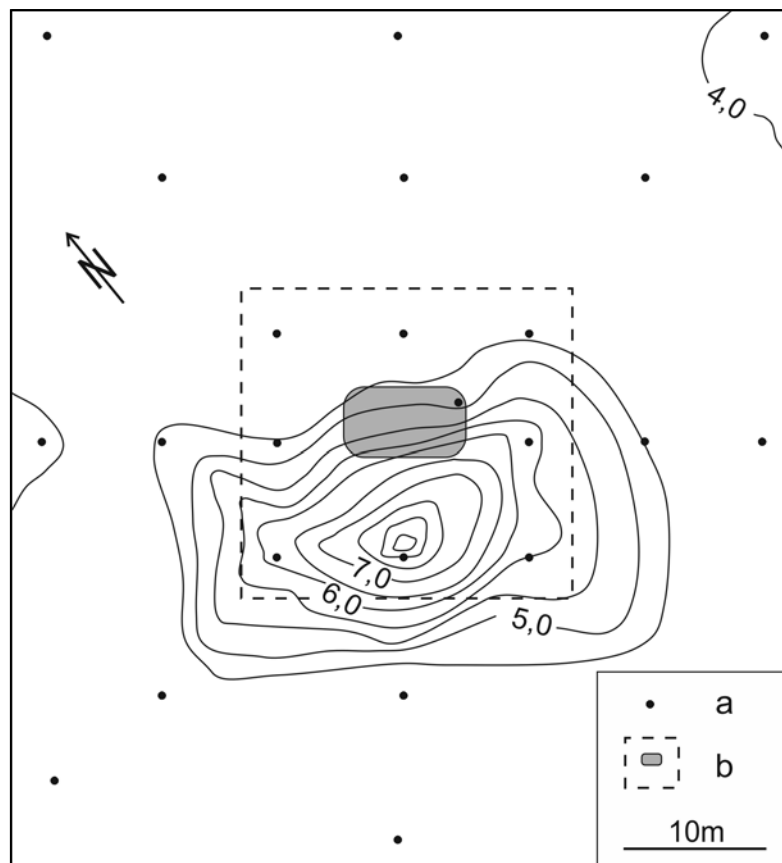
W glebie przykrytej superfosfatem (profil 2) zawartość wszystkich form fosforu jest dużo wyższa. Ilość fosforu związanego waha się od ok. 75 do ok. 99 mg/100 g gleby, przy czym najwyższy poziom występuje w części stropowej gleby na głębokości 25–35 cm (Tab. 3). Przeważają tutaj formy fosforu związane z glinem (P-Al) i żelazem (P-Fe). Ilość fosforu związane z wapniem (P-Ca) jest niższa niż w profilu porównawczym. W części stropowej gleby na głębokości 25–35 cm oraz 45–55 cm występuje wysoka zawartość fosforu labilnego (P-lab) (odpowiednio 10 i 16 mg/100 g gleby), co stanowi 10–14% całości oznaczanego fosforu. Na głębokości 95–105 cm w tej glebie zawartość P-lab osiąga poziom zbliżony do oznaczonego w porównawczym profilu nr 1, tj. 2,4 mg/100 g gleby.



**Ryc. 6.** Zróżnicowanie pH gleby (mierzonego w roztworze wodnym) na głębokości 8–12 cm w otoczeniu składowiska. Objaśnienia: a – miejsca poboru próbek, b – pryzma nawozów i ogrodzenie.

**Fig. 6.** Diversity of soil pH(H<sub>2</sub>O) at 8–12 cm depth in the vicinity of the fertilizer stockpile. Explanations: a – soil sampling points, b – fertilizer stockpile and fence.

W próbkach wody pobranych na wypływie w otoczeniu analizowano zawartość jonu fosforanowego oraz wybranych jonów, których zawartość jest istotna z punktu widzenia analizy zagadnienia eutrofizacji (Tab. 4) Stwierdzono brak fosforanów (V) (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), azotanów (III) (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) oraz niewielką zawartość (poniżej 3 mg/l) azotanów (V) (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Wszystkie te wartości są niższe od wartości granicznych dla występowania ryzyka eutrofizacji wód – za wody wrażliwe uznaje się te, które zawierają >0,25 mg P ogólnego/l oraz >10 mg NO<sub>3</sub>/l (Rozporządzenie... 2002).



**Ryc. 7.** Zróżnicowanie pH gleby (mierzonego w roztworze wodnym) na głębokości 28–32 cm w otoczeniu składowiska. Objaśnienia: a – miejsca poboru próbek, b – przyzma nawozów i ogrodzenie.

**Fig. 7.** Diversity of soil pH(H<sub>2</sub>O) at 28–32 cm depth in the vicinity of the fertilizer stockpile. Explanations: a – soil sampling points, b – fertilizer stockpile and fence.

## Dyskusja wyników

Badane profile glebowe mają morfologię (w tym: układ poziomów genetycznych, barwę, strukturę, układ, zawartość korzeni) typową dla bieszczadzkich gleb brunatnych (profile 1, 2, 3) lub bieszczadzkich gleb glejowych i gleb brunatnych oglejonych (profile 4, 5, 6) (Skiba i in. 1998). Przedstawione wyniki badań wskazują, że gleby występujące na wierzchołkach odznaczają się lżejszym uziarnieniem niż większość gleb w dolinie górnego Sanu (Skiba i in. 2006; Drewnik i in. 2010). Lekkie uziarnienie oraz większa zawartość części szkieletowych sprzyja infiltracji wody w głąb gleby (Instrukcja... 1964).

**Tabela 3.** Zawartość form fosforu w wybranych glebach.**Table 3.** The content of phosphorus forms in selected soils.

Profil nr <i>Profile no.</i>	Głębokość <i>Depth (cm)</i>	$P_{lab}$	Formy fosforu związanego <i>Bound forms of phosphorus</i>				Suma <i>Sum</i>	$\frac{P_{lab}}{P_{lab} + P_{Al} + P_{Fe} + P_{Ca}}$
			$P_{Al}$	$P_{Fe}$	$P_{Ca}$	$P_{Al} + P_{Fe} + P_{Ca}$	$P_{lab} + P_{Al} + P_{Fe} + P_{Ca}$	
			mg/100g gleby <i>mg/100g of soil</i>					
1	15-25	4,4	3,2	0,9	11,7	15,8	20,2	22
	45-55	1,6	2,2	8,3	19,2	29,7	31,3	5
	95-105	0,4	2,0	1,7	30,7	34,4	34,8	1
2	25-35	16,4	46,7	37,9	14,6	99,2	115,6	14
	45-55	10,3	42,5	35,2	12,4	90,1	100,4	10
	95-105	2,4	27,9	29,8	17,3	75,0	77,4	3

Objaśnienia / *Explanations:*

$P_{lab}$  – fosfor dostępny / *available phosphorus*

$P_{Al}$  – fosfor związany z glinem / *phosphorus bound with aluminium*

$P_{Fe}$  – fosfor związany z żelazem / *phosphorus bound with iron*

$P_{Ca}$  – fosfor związany z wapniem / *phosphorus bound with calcium*

**Tabela 4.** Zawartość jonów  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$  oraz  $PO_4^{3-}$  (mg/l) w pobranych próbkach wody.**Table 4.** Concentration of  $NO_3^-$ ,  $NO_2^-$  and  $PO_4^{3-}$  ions (mg/l) in collected water samples.

Nr próbki <i>Sample No</i>	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7
$NO_3^-$	0,00	1,76	2,72	2,14	1,65	1,71	2,46
$NO_2^-$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
$PO_4^{3-}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Może zatem ułatwiać migrację wody wraz z rozpuszczonymi w niej substancjami pochodzącymi ze składowanego nawozu. Potencjalnie można zatem rozważać eutrofizację gleb i wód otwartych w otoczeniu składowiska nawozów. O takim obiegu wody świadczą właściwości gleb znajdujących się w rejonie wypływu wody. Mają one cechy (zwłaszcza większa zawartość materii organicznej oraz obecność śladów oglejenia) świadczące o ich semihydrogenicznej genezie.

Jak wskazuje literatura (m.in. Belay i in. 2002) składowanie nawozów mineralnych w dłuższym przedziale czasu może mieć wpływ na właściwości chemiczne gleby. W badanym przypadku wykazano, że wpływ składowiska nawozów mineralnych na właściwości chemiczne gleby jest punktowy i ogranicza się do terenu samego składowiska. W najbliższym jego otoczeniu można zauważyć wyraźny wzrost wartości pH w stropowej części gleby spowodowany prawdopodobnie (dawniejszym) składowaniem nawozów wapniowych, na co wskazują wyniki uzyskane dla gleby nr 3. Strefa ta jest jednak niewielka (kilka metrów), a sama obecność węglanów nie jest zagrożeniem dla środowiska.

Analiza chemiczna wody w otoczeniu nie wykazała obecności anionów fosforanowych. Wskazuje to, że pomiędzy samą przyzmą nawozową z superfosfatem a wypływem wody istnieje bariera zatrzymująca ten składnik. Taką funkcję filtra pełni gleba. Przedstawione wyniki zawartości fosforu w wydzielonych frakcjach gleby z profilu nr 2 wskazują, że następuje uwstecznienie fosforu poprzez jego wytrącenie się w związkach z żelazem i glinem. W glebie tej, charakteryzującej się pH w zakresie 5,3–5,9, jeszcze na głębokości 45–55 cm zawartość form mobilnych fosforu jest dość wysoka, jednak już na głębokości 95–105 cm zbliża się do poziomu tła. Wytlumaczeniem tego zjawiska może być opisywana w literaturze (Mengel 1985; Potarzycki 2000) charakterystyka rozpuszczalności form fosforu w glebach o odczynie lekko kwaśnym. Należy zaznaczyć, że w glebach poddanych badaniom występują prawdopodobnie różne mechanizmy immobilizacji fosforu (także wiązanie z wapniem), co wynika z ich właściwości, jednak to duża zawartość wodorotlenków żelaza i glinu w glebach brunatnych tutaj dominujących jest prawdopodobnie najważniejsza.

## Podsumowanie

Obecnie – kilkadziesiąt lat po zaprzestaniu składowania nawozów mineralnych w Tarnawie Wyżnej – wpływ składowiska na gleby jest zauważalny jedynie w bliskim sąsiedztwie składowiska.

Mimo przepuszczalnego podłoża, którego cechy sprzyjają migracji roztworów glebowych oraz mimo wysokiej rozpuszczalności superfosfatu, nie obserwuje się migracji jonów fosforanowych. Składowanie superfosfatu zwiększa ilość fosforu labilnego i związanego w różnych frakcjach w glebie tylko w bezpośrednim sąsiedztwie przyzmy. Ryzyko eutrofizacji środowiska (wód otwartych) fosforem w rejonie składowiska nawozów mineralnych jest zatem niewielkie.

## Podziękowania

*Autorzy dziękują Recenzentom za uwagi, które w istotny sposób pomogły w ulepszeniu tej pracy.*



## Literatura

- Belay A., Claassens A.S., Wehner F.C. 2002. Effect of direct nitrogen and potassium and residual phosphorus fertilizers on soil chemical properties, microbial components and maize yield under long-term crop rotation. *Biol. Fertil. Soils*. 35: 420–427.
- Czepińska–Kamińska D. 1992. Wpływ procesów glebotwórczych na rozmieszczenie mineralnych związków fosforu w glebach. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 78 ss.
- Drewnik M., Kacprzak A., Żyła M., Klimek M., Prędko R. 2010. Plan Ochrony BdPN. Operat ochrony przyrody nieożywionej i gleb. Opracowanie tekstowe (rękopis).
- Duer I., Fotyma M., Madej A. 2004. Kodeks dobrej praktyki rolniczej. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Ministerstwo Środowiska, 96 ss.
- Haczewski G., Kukulak J., Bąk K. 2007. Budowa geologiczna i rzeźba Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Wyd. Nauk. Akademii Pedagogicznej w Krakowie, Kraków, 155 ss.
- Instrukcja opracowania Mapy Hydrograficznej Polski. 1964. Dokumentacja geograficzna nr 2, PAN, Warszawa, 83 ss.
- IUSS Working Group WRB. 2007. World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome, 116 ss.
- Kacprzak A., Drewnik M., Musielok Ł. 2012. Właściwości i klasyfikacja gleb powstałych na holocenijskich osadach rzecznych w dolinie górnego Sanu w rejonie Tarnawy Wyżnej. *Roczniki Bieszczadzkie* 20: 281–295.
- Mengel K. 1985. Dynamics and availability of major nutrients in soils. *Adv. Soil Sci.* 2: 65–131.
- Michalik S., Kucharzyk S., Szary A. 2010. Plan Ochrony BdPN. Operat ochrony lądowych ekosystemów nieleśnych. Arkusz 12, (rękopis).
- Minczewski J., Marczenko Z. 2005. Chemia analityczna t.1. Podstawy teoretyczne i analiza jakościowa. PWN, Warszawa, 401 ss.
- Potarzycki J. 2000. Forms of phosphorus in long-lasting soils fertilization with mineral and organic fertilisers. [In:] International Scientific – Research Seminar „Chemistry for Agriculture”. Velke Losiny, Czech Republic, ss. 69–76.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. 2002, Dz.U. 2002 nr 241, poz. 2093.
- Skiba S., Drewnik M., Prędko R., Szmuc R. 1998. Gleby Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Monografie Bieszczadzkie 2, 88 ss.
- Skiba S., Żyła M., Klimek M., Prędko R. 2006. Gleby doliny górnego Sanu w Bieszczadzkim Parku Narodowym. *Roczniki Bieszczadzkie* 14: 215–220.
- Sommer W.L.U. 1996. Ekologia wód śródlądowych. PWN, Warszawa, 416 ss.
- Systematyka gleb Polski. 1989. *Roczniki Gleboznawcze* 40(3/4): 1–150.
- Systematyka gleb Polski. 2011. *Roczniki Gleboznawcze* 62(3): 1–193.
- Zaleski T., Korzeniak J., Kalemba A. 2007. Antropogeniczne przekształcenia pokrywy glebowej łąk porolnych w Wołosatem, *Roczniki Bieszczadzkie* 15: 253–266.

## Summary

The paper presents the results of investigation upon the influence of an abandoned fertilizer stockpile with a heap of phosphate fertilizer at Tarnawa Wyżna (Bieszczady National Park) on soil and waters in its vicinity (Fig. 1, 2). Six soil profiles were exposed in pits and water samples were collected. The investigated soils have properties typical of soils in this part of the Bieszczady Mts. (Tab. 1), though it is possible to observe a significant diversity of texture (Tab. 2). The soils covering the interfluvium have coarser texture and more rock fragments which make for a larger permeability. This poses a potential risk of spreading of nutrients and environment eutrophication (Fig. 3).

A soil profile excavated under the phosphate heap (Fig. 4) presents very similar properties to a reference soil showing typical properties of soil in this area – what can be observed is a slight difference in pH and an increase in soil firmness due to filling the pores with phosphate transported with rainwater down the soil profile.

It is possible to observe a certain diversity of soil pH connected with storing fertilizers. Changes in the vertical profile of soil under the phosphate heap are relatively small compared to the reference profile (Fig. 5). When analyzing samples collected in a network of points, it is possible to discern a zone of increased pH in a place where lime used to be stored (Fig. 6, 7).

The analysis of phosphorus forms in a profile under the fertilizer heap (profile no 2) and in a reference profile (profile no 1) (Tab. 3) indicates a rapid immobilization of phosphorus in soil, mainly through bondage with iron and aluminum.

The investigation of the chemical composition of water appearing on the land surface in the vicinity of the stockpile did not indicate the presence of phosphate ions (Tab. 4). Therefore it is possible to draw a conclusion that soil effectively prevents these compounds from spreading in the environment.