

Mateusz Stolarczyk, Magdalena Gus, Łukasz Jelonkiewicz
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
mateusz.stolarczyk@uj.edu.pl, magdalena.gus@uj.edu.pl,
lukasz.jelonkiewicz@uj.edu.pl

Received: 22.03.2017
Reviewed: 9.06.2017

ZMIANY WE WŁAŚCIWOŚCIACH CHEMICZNYCH GLEB TORFOWYCH WSKUTEK ODWODNIENIA NA PRZYKŁADZIE TARNAWY WYŻNEJ (BIESZCZADY ZACHODNIE)

**Changes in the chemical properties of peat soils as a result of drainage
on the example of Tarnawa Wyżna (Western Bieszczady Mts.)**

Abstract: The paper presents the outline of the research on the chemical properties of soil organic matter accumulated in organic soils within selected bogs in the valley of the Upper San river (Western Bieszczady Mts.). Groundwater chemistry of characterized peat bogs and soil transformations due to melioration works were taken into account. The results show that major changes in the sorption complex of peat as well as composition and chemistry of groundwater occur in soils affected by moorsh forming process and decession.

Key words: peat bog, drainage, sorption complex, groundwater chemistry, Western Bieszczady Mts.

Wstęp

Z uwagi na znaczną zawartość substancji organicznej torfowiska charakteryzują się szeregiem istotnych funkcji środowiskowych, wśród których wyróżnić można zdolność do pochłaniania i zatrzymywania różnych składników oraz cząstek znajdujących się w glebie (Ilnicki 2002; Holden i in. 2004). Substancje humusowe wpływają na pojemność sorpcyjną gleb organicznych, która w przypadku swoistych związków próchnicznych wynosi od 150 do 300 cmol(+) kg⁻¹ gleby (Ilnicki 2002). Wpływa to na istotny udział materii organicznej torfu w transporcie metali ciężkich oraz substancji biologicznie aktywnych dla roślin (Kalisz i Łachacz 2009). Duże zdolności sorpcyjne substancji organicznej przyczyniają się również do regulacji stężenia kationów zasadowych (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺) w roztworze glebowym poprzez ich uwalnianie bądź sorbowanie (Bogacz i in. 2004; 2012; Głina i in. 2013). Jest to wynikiem zarówno składu jakościowego, jak i ilościowego substancji organicznej zakumulowanej w torfowiskach (Taylor i in. 2001; Maławska i in. 2006; Kalisz i in. 2010). Główną rolę w kształtowaniu składu kompleksu sorpcyjnego gleb torfowych odgrywa stopień rozkładu ma-

terii organicznej oraz odczyn torfu (Piaścik i Gotkiewicz 2004; Andrzejczak i in. 2016). Dotychczasowe badania wykazały, że zdolności sorpcyjne gleb organicznych zwiększają się wraz ze wzrostem intensywności humifikacji substancji organicznej oraz wartości pH gleby (Piaścik i Gotkiewicz 2004; Kalisz i Łachacz 2009). W związku z tym przyspieszone procesy przemian torfu, zachodzące w glebach organicznych w wyniku osuszania i murszenia (Kucharzyk i Szary 2012; Stolarczyk i Drewnik 2015), mogą skutkować zmianami w składzie chemicznym materiału torfowego oraz uwalnianiem niektórych składników pokarmowych (Vitt i in. 1995; Bragazza i Gerdol 1999) do wód gruntowych lub powierzchniowych (Holden i in. 2004).

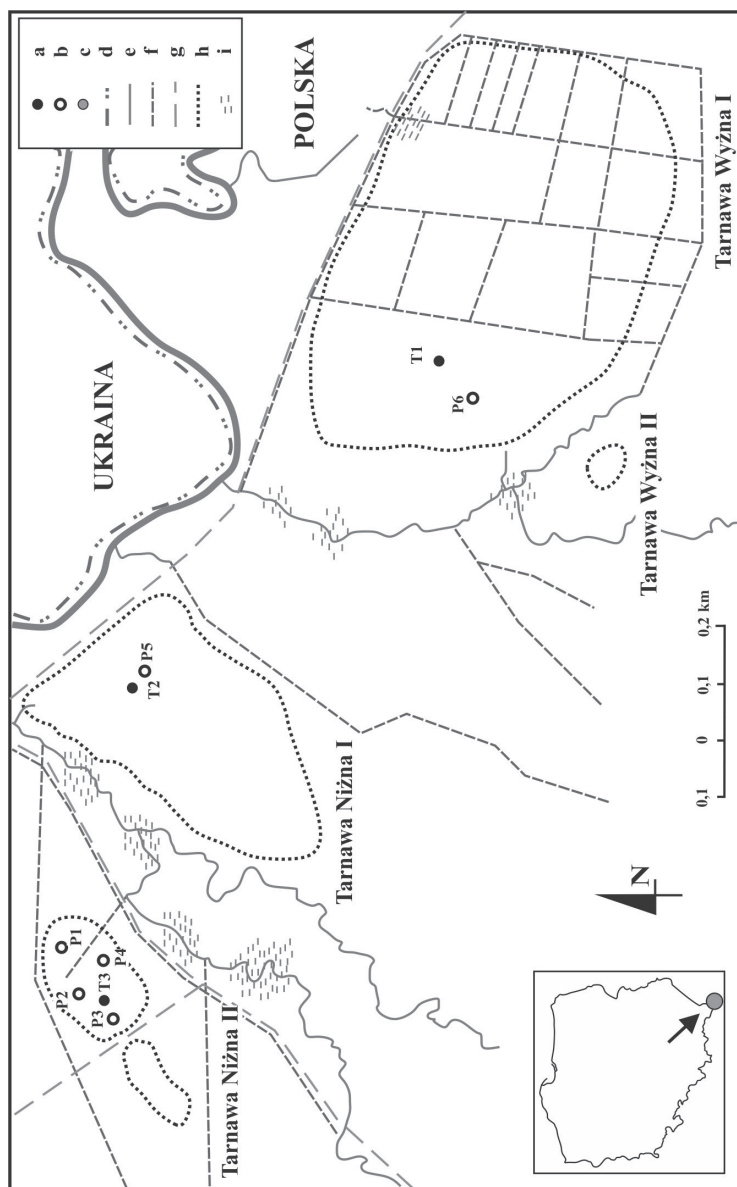
Celem pracy było scharakteryzowanie zmian w składzie chemicznym materii organicznej gleb torfowych pod wpływem przeprowadzonych prac melioracyjnych na przykładzie Tarnawy Wyżnej w Bieszczadach Zachodnich, z uwzględnieniem chemizmu wód gruntowych zasilających badane torfowiska.

Zakres i metodyka pracy

Prace terenowe zostały wykonane na obszarze trzech torfowisk występujących w dolinie górnego Sanu w Bieszczadach Zachodnich – Tarnawa Wyżna I, Tarnawa Niżna I oraz Tarnawa Niżna II (Ryc. 1). W obrębie badanych płatów torfowisk wytypowano powierzchnie charakteryzujące naturalne, niezmienione wskutek prac melioracyjnych gleby organiczne – profile T1 i T2 oraz gleby organiczne przekształcone w wyniku osuszania zapoczątkowanego prawdopodobnie w drugiej połowie XIX wieku – profil T3 (Kucharzyk, Szary 2012).

W najbliższym otoczeniu profili T1 i T2 występowały zbiorowiska roślinne *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris* – T1 oraz *Sphagnetum magellanicum* – T2, a w przypadku gleb zmeliorowanych (Profil T3) – *Molinietum caeruleae* (Michalik i in. 2009). Materiałem podścielającym złoża torfu, zlokalizowane w dolinie górnego Sanu, są różnoziarniste osady rzeczne, na których występuje kilkucentymetrowa warstwa ilów bądź mulów bogatych w szczątki drewna (Haczewski i in. 2007). Badania przeprowadzone przez Rzoncę i Siwka (2011) wskazują, że wody powierzchniowe i podziemne, występujące na analizowanym obszarze, charakteryzują się mineralizacją ogólną rzędu 60-200 mg l⁻¹ i przewagą wapnia oraz magnezu w składzie chemicznym.

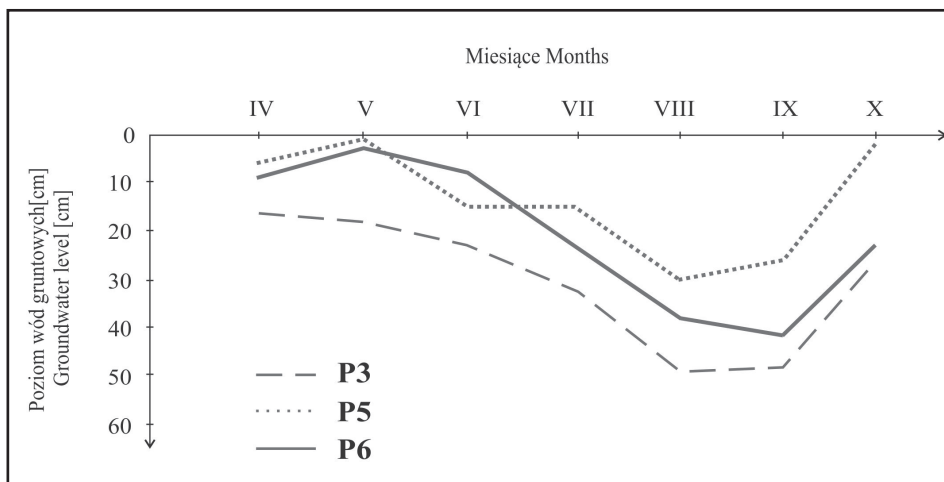
Prace terenowe obejmowały swoim zakresem interwałowy pobór próbek glebowych o naruszonej strukturze z trzech profili glebowych (Profile T1, T2, T3) oraz próbek wód gruntowych z sześciu piezometrów (P1-P6) w trzech terminach, w ciągu roku charakteryzujących kolejne etapy okresu wegetacyjnego (kwiecień, czerwiec, październik). Dodatkowo w trzech piezometrach (P3, P5 oraz P6), od kwietnia do października (raz w każdym miesiącu), był mierzony poziom wód gruntowych (Ryc. 2). Pobrane próbki po przywiezieniu do laboratorium przecho-



Ryc. 1. Obszar badań i badane profile glebowe oraz piezometry.

Fig. 1. Research area, studied soil profiles and piezometers.

a) profile glebowe, b) piezometry, c) lokalizacja terenu badań, d) granica państwa, e) ciek, f) ważniejsze ciek melioracyjne, g) drogi, h) zasięg torfowisk, i) rozlewiska utworzone przez tamy bobrowe.
a) soil profiles, b) piezometers, c) study area, d) national border, e) watercourses, f) drainage systems, g) roads, h) peatlands area, i) water reservoirs formed by beaver dams.



Ryc. 2. Poziom wód gruntowych mierzony w trzech piezometrach (P3 – torfowisko zdegradowane, P5 i P6 – torfowiska naturalne) od kwietnia do października.

Fig. 2. Groundwater level measured in three piezometers (P3 – degraded peatland, P5 and P6 – natural peatland) from April to October.

wywano w temperaturze około 4°C. Analizy laboratoryjne próbek glebowych, po uprzednim wysuszeniu i rozdrobnieniu w młynku, obejmowały oznaczenie podstawowych właściwości materii organicznej, takich jak popielność metodą straty żarowej w temperaturze 400°C przez 16 godzin (Nelson i Sommers 1996), stopień rozkładu torfu metodą SPEC (Lynn i in. 1974), pH metodą potencjometryczną w wodzie destylowanej w stosunku 1:1 (czas równoważenia – 1h) oraz w 0,01M CaCl_2 w stosunku 1:2 (czas równoważenia – 2 min.) (USDA NRCS 2004) oraz całkowitą zawartość węgla i azotu metodą chromatografii gazowej (Nelson i Sommers 1996). Zawartość kationów zasadowych (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) została oznaczona w ekstraktach NH_4OAc (pH 7,0) z użyciem atomowej spektrometrii absorpcyjnej (USDA NRCS 2004). Kwasowość hydrolityczną (Y) oznaczono metodą Kappena z użyciem 0,5M octanu amonu. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym (V) oraz pojemność kompleksu sorpcyjnego (CEC) zostały wyliczone na podstawie kwasowości hydrolitycznej oraz sumy kationów o charakterze zasadowym (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) (Thomas 1996). Skład chemiczny próbek wód gruntowych oznaczono metodą chromatografii jonowej z detekcją konduktometryczną z tłumieniem przewodnictwa eluentu (Dionex ICS 2000). Badane gleby zostały sklasyfikowane zgodnie z Systematyką Gleb Polski (Systematyka Gleb Polski 2011) oraz międzynarodową klasyfikacją WRB (IUSS Working Group WRB, 2014/15).

Wyniki

Właściwości chemiczne materii organicznej

Badane gleby organiczne, które znajdowały się w obrębie naturalnych płatów torfowisk (profile T1 i T2), zostały sklasyfikowane jako gleby torfowe fibrowe typowe (SGP 2011). Poziomy organiczne tych gleb odznaczały się słabym (*fibric*) lub średnim (*hemic*) stopniem rozkładu materiału organicznego, a także wysokim indeksem pirofosforanowym (4-7) oraz niską popielnością (1,23-7,64%) (Tab. 1). Zawartość węgla całkowitego mieściła się w przedziale od 462,1 do 496,6 g kg⁻¹ gleby dla profilu T1 oraz od 454,1 do 476,3 g kg⁻¹ gleby w przypadku profilu T2. Z kolei zawartość azotu całkowitego osiągała największe wartości w stropowych poziomach analizowanych gleb i nie przekroczyła 16,3 g kg⁻¹ gleby w profilu T1 oraz 17,8 g kg⁻¹ gleby w profilu T2. Wartości stosunku węgla całkowitego do azotu całkowitego (TC/TN) były szerokie i mieściły się w przedziale od 31 do 82 w profilu T1, natomiast w profilu T2 od 26 do 68 (Tab. 1).

Profil T3, charakteryzujący gleby organiczne przekształcone w wyniku melioracji został sklasyfikowany jako gleba organiczna fibrowo-murszowa (SGP 2011). W stropowej części analizowanego profilu glebowego dominował materiał murszowy o strukturze gruzłkowej, natomiast w spągowej materiał organiczny silnie rozłożony (*sapric*). W środkowej części profilu zaobserwowano przede wszystkim materiał organiczny średnio (*hemic*) oraz słabo (*fibric*) rozłożony. Wartość indeksu pirofosforanowego nie przekraczała 6, a popielność wahała się między 6,64, a 56,99%. Zawartość węgla całkowitego wynosiła od 285,9 do 506,1 g kg⁻¹ gleby, natomiast zawartość azotu całkowitego mieściła się w zakresie od 3,6 do 28 g kg⁻¹ gleby. Stosunek TC/TN był znacznie niższy i wynosił od 12 do 27 (Tab. 1).

Profile glebowe T1 i T2 charakteryzowały się silnie kwaśnym odczynem (pH H₂O: 3,1 – 4,4), natomiast w przypadku profilu T3 odczyn był kwaśny (pH H₂O: 4,4 – 5,0) (Tab. 2). Zawartość jonów wapnia (Ca²⁺) w profilu T1 była bardzo niska i nie przekraczała 0,11 cmol(+) kg⁻¹ gleby, natomiast w profilu T2 wynosiła od 2,61 do 8,51 cmol(+) kg⁻¹ gleby. Najwyższą zawartość tego pierwiastka zanotowano w profilu T3, która wynosiła od 14,85 do 26,72 cmol(+) kg⁻¹ gleby. Profil T1 charakteryzował się najniższą zawartością jonów magnezu (do 1,17 cmol(+) kg⁻¹ gleby) oraz najwyższą zawartością jonów sodu (1,58–3,83 cmol(+) kg⁻¹ gleby) i potasu (1,28–2,48 cmol(+) kg⁻¹ gleby). W profilu T2 oraz T3 zawartości opisywanych pierwiastków były zbliżone i wyniosły dla Mg²⁺ od 0,88 do 2,97 cmol(+) kg⁻¹ gleby w profilu T2 i odpowiednio 1,29 do 2,40 cmol(+) kg⁻¹ gleby w profilu T3, natomiast dla Na⁺ wartości nie przekraczały 0,21 cmol(+) kg⁻¹ gleby, a dla K⁺ nie były wyższe niż 1,45 cmol(+) kg⁻¹ gleby. Kwasowość hydrolityczna (Y) badanych gleb (Tab. 2) była zróżnicowana w obrębie analizowanych profili glebowych. W profilu T1 wartości były zbliżone i wynosiły od 16,50 do 20,00

Tabela 1. Właściwości materii organicznej badanych gleb.**Table 1.** Organic matter properties of studied soils.

Głębokość Depth (cm)	IP ¹⁾	Nazwa materiału torfowego Type of peat material ²⁾	Popielność Ash content %	TC ³⁾	TN ⁴⁾	TC/TN ⁵⁾
				g kg ⁻¹ gleby/ g kg ⁻¹ soil		
Profil T1 / Profile T1 Gleba torfowa fibrowa typowa (OTit) ⁶⁾ ; Hyperdystic, Ombric, Fibric HISTOSOL (Hyperorganic) ⁷⁾						
0-10	6	Fibric	4,57	496,6	16,3	31
10-20	4	Hemic	7,64	477,0	15,5	31
20-30	6	Fibric	2,52	476,5	11,2	43
30-40	7	Fibric	1,52	478,7	9,5	51
40-60	7	Fibric	1,23	464,9	6,7	69
60-80	7	Fibric	1,34	462,1	5,6	82
80-110	7	Fibric	2,12	469,5	8,5	55
Profil T2 / Profile T2 Gleba torfowa fibrowa typowa (OTit); Hyperdystic, Ombric, Fibric HISTOSOL						
0-10	7	Fibric	2,47	476,2	11,9	40
10-20	4	Hemic	5,69	459,9	14,0	33
20-30	5	Fibric	7,64	454,1	17,8	26
30-40	6	Fibric	4,34	466,1	8,9	52
40-60	7	Fibric	1,75	461,7	7,2	64
60-80	7	Fibric	1,67	456,5	7,4	61
80-110	7	Fibric	1,86	476,3	7,1	68
110-140	7	Fibric	4,47	457,4	8,1	57
140-160	n.a	n.a	94,76	25,9	1,4	n.a
Profil T3 / Profile T3 Gleba organiczna fibrowo-murszowa (OMi); Hyperdystic, Rheic, Murshic HISTOSOL						
0-10	1	n.a	23,45	370,4	28,0	13
10-20	3	n.a	11,89	464,2	25,3	18
20-30	4	Hemic	6,88	506,0	21,8	23
30-40	6	Fibric	6,64	506,1	21,4	24
40-60	6	Fibric	9,46	496,4	22,6	22
60-80	4	Hemic	9,42	480,9	20,8	23
80-90	2	Sapric	56,99	285,9	10,5	27
90-110	n.a	n.a	86,41	57,3	3,6	n.a

¹⁾ Indeks Pirofosforanowy, ²⁾ Według (PN-G-02500:1985). Torf. Genetyczny podział surowca. Polska norma, ³⁾ Węgiel całkowity, ⁴⁾ Azot całkowity, ⁵⁾ Stosunek węgla i azotu całkowitego, ⁶⁾ Według Systematyki Gleb Polski 2011, ⁷⁾ Według IUSS Working Group WRB 2014/2015., n.a - nie analizowano.

¹⁾ SPEC (Specyficy Phosphorus Extract Absorbance), ²⁾ According to (PN-G-02500:1985). Torf. Genetyczny podział surowca. Polska norma, ³⁾ Total carbon content, ⁴⁾ Total nitrogen content, ⁵⁾ Carbon to nitrogen ratio, ⁶⁾ According to Polish Soil Systematic 2011, ⁷⁾ According to IUSS Working Group WRB, 2014/2015. World reference base for soil resources 2014/2015, n.a – not analyzed.

Tabela 2. Właściwości chemiczne materii organicznej.**Table 2.** Chemical properties of organic matter.

Table 27. Chemical properties of organic matter.									
Głębokość <i>Depth</i> cm	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Y ¹⁾	CEC ²⁾	V ³⁾ %
			Cmol kg ⁻¹ gleby <i>cmol kg⁻¹ soil</i>						
Profil T1 / Profile T1 Gleba torfowa fibrowa typowa (OTit) ⁴⁾ ; Hyperdistic, Ombric, Fibric HISTOSOL (Hyperorganic) ⁵⁾									
0-10	3,3	3,0	0,09	1,17	3,83	2,48	17,50	23,81	26,51
10-20	3,1	2,8	0,07	0,44	1,76	1,28	16,50	19,54	15,55
20-30	3,1	2,8	0,07	0,00	1,58	1,38	18,50	21,46	13,80
30-40	3,2	2,8	0,06	0,00	1,97	1,35	19,50	22,82	14,55
40-60	3,3	2,9	0,07	0,00	2,45	1,40	18,00	21,85	17,62
60-80	3,2	2,8	0,10	0,00	1,97	1,48	19,50	22,96	15,07
80-110	3,2	2,8	0,11	0,00	2,37	1,53	20,00	23,89	16,29
Profil T2 Profile T2 Gleba torfowa fibrowa typowa (OTit); Hyperdistic, Ombric, Fibric HISTOSOL									
0-10	3,6	3,2	7,47	2,97	0,13	1,45	8,00	18,44	56,60
10-20	3,1	2,9	3,37	1,56	0,11	0,62	17,00	21,93	22,48
20-30	3,1	2,9	2,61	1,39	0,09	0,16	15,50	19,74	21,49
30-40	3,3	2,9	3,47	1,30	0,08	0,00	19,50	24,27	19,65
40-60	3,3	2,9	4,24	1,33	0,11	0,00	19,00	24,57	22,67
60-80	3,3	3,0	5,22	1,40	0,12	0,00	10,00	16,62	39,83
80-110	3,5	3,1	8,51	1,48	0,15	0,00	8,50	18,49	54,03
110-140	3,5	3,0	5,47	1,42	0,15	0,00	9,00	15,89	43,37
140-160	4,4	3,9	3,51	0,88	0,11	0,00	2,00	6,39	68,70
Profil T3 Profile T3 Gleba organiczna fibrowo-murszowa (OMi); Hyperdistic, Rheic, Murshic HISTOSOL									
0-10	4,4	4,2	18,37	1,64	0,09	0,00	8,50	28,50	70,18
10-20	4,8	4,5	22,88	2,40	0,08	0,00	8,00	33,28	75,96
20-30	5,0	4,5	21,69	1,56	0,14	0,00	8,00	31,25	74,40
30-40	4,8	4,5	14,85	1,29	0,11	0,14	6,50	22,64	71,30
40-60	4,8	4,5	15,22	1,37	0,10	0,00	6,00	22,59	73,44
60-80	4,9	4,6	19,04	1,43	0,13	0,00	7,50	27,97	73,19
80-90	4,9	4,7	19,97	1,41	0,14	0,00	5,50	26,88	79,54
90-110	5,0	4,7	26,72	1,55	0,21	0,32	2,50	30,77	91,87

¹⁾ Kwasowość hydrolityczna, ²⁾ Całkowita pojemność kompleksu sorpcyjnego, ³⁾ Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi, ⁴⁾ Według Systematyki Gleb Polski 2011, ⁵⁾ Według IUSS Working Group WRB 2014/2015.

¹⁾ Exchange acidity, ²⁾ Cation exchange capacity, ³⁾ Base saturation, ⁴⁾ According to Polish Soil Systematic 2011, ⁵⁾ According to IUSS Working Group WRB 2014/2015. World reference base for soil resources 2014/2015.

cmol(+) kg^{-1} gleby. Podobne wartości zanotowano dla stropowych poziomów w profilu T2 (15,50 – 19,50 cmol(+) kg^{-1} gleby), natomiast spągowa część profilu T2, jak i profil T3 charakteryzowały się niższą kwasowością hydrolityczną w zakresie od 2,00 do 9,00 cmol(+) kg^{-1} gleby. Pojemność kompleksu sorpcyjnego (CEC) dla poziomów organicznych gleb niezmeliorowanych (T1 i T2) była zbliżona i wynosiła w profilu T1 od 19,54 do 23,89 cmol(+) kg^{-1} gleby, w profilu T2 od 18,44 do 24,57 cmol(+) kg^{-1} gleby, natomiast w profilu T3 wartości były wyższe i wynosiły od 22,59 do 33,28 cmol(+) kg^{-1} gleby. Najwyższym wysyceniem kompleksu sorpcyjnego zasadami (V) odznaczał się profil T3, w którym wartości V mieściły się w zakresie od 70,18 do 91,87%. Natomiast w profilu T2 wartości te nie przekraczały 68,7%, a w profilu T1 mieściły się w zakresie od 13,80 do 26,51%.

Właściwości wód gruntowych

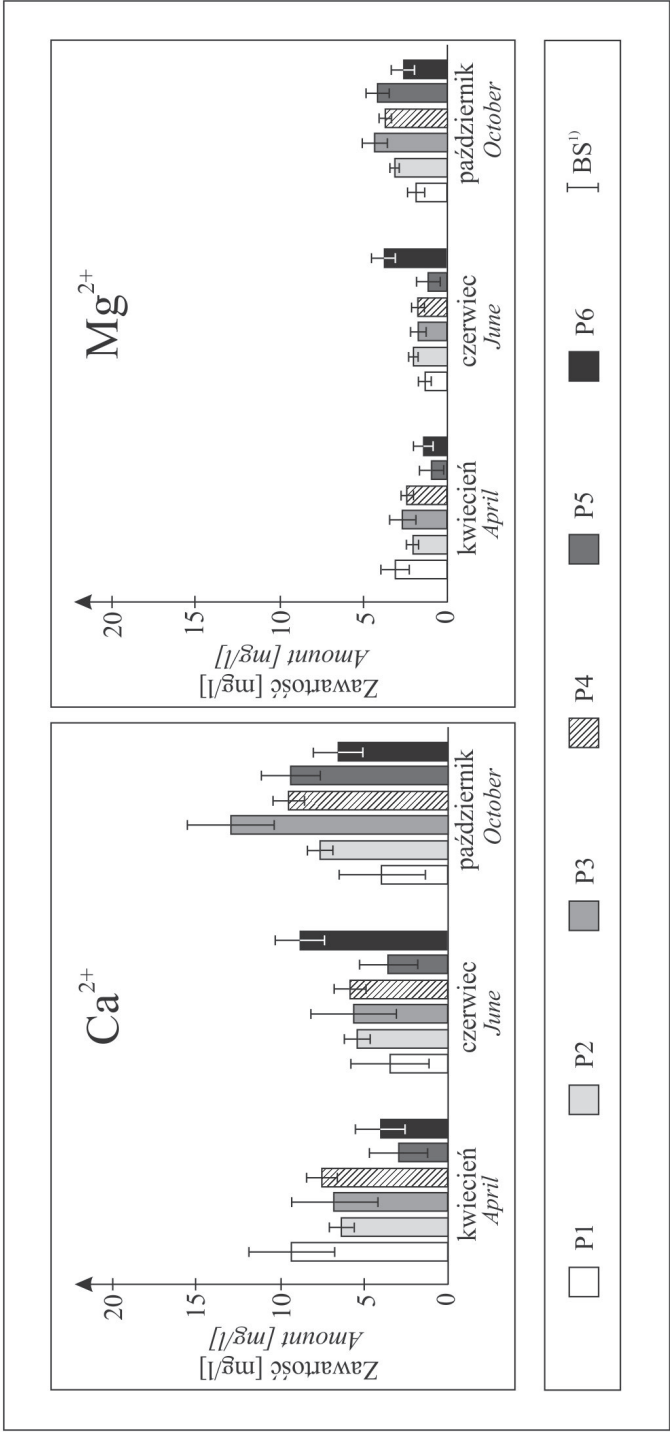
Poziom wód gruntowych w obrębie badanych pól torfowisk wahał się w ciągu roku (Ryc. 2). Najwyższy był w okresie wiosennym, gdzie nie przekraczał 10 cm, a najniższy w okresie letnim (30-50 cm). Najniższym poziomem wód gruntowych, mierzonym od kwietnia do października, charakteryzowały się gleby zmeliorowane (piezometr P1).

Wartości pH badanych wód gruntowych (Tab. 3) w większości przypadków nieznacznie różniły się w ciągu roku w obrębie tych samych piezometrów, ale wykazywały dużą zmienność pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi. W obrębie powierzchni zmeliorowanej największymi wahaniami wartości pH w ciągu roku charakteryzował się punkt P4, którego pH mieściło się w zakresie od pH 5,2 do pH 7,1. W kwietniu, na początku okresu wegetacyjnego, najwyższą wartość pH zanotowano dla punktu P3 (pH 6,9), natomiast najniższą określono w punkcie P1 (pH 5,7). W czerwcu wartość najwyższa również przypisana jest dla punktu P3 (pH 6,3), z kolei wartość najniższa dla punktów P2 i P4 (pH 5,2). Pod koniec okresu wegetacyjnego najwyższą wartość pH zanotowano dla punktu P4 (pH 7,1), a najniższą dla P1 i P2 (pH 5,4). W ciągu roku największymi zmianami odczynu charakteryzowały się punkty znajdujące się na powierzchniach niezmeliorowanych (P5 i P6). Najwyższe wartości pH dla tych punktów zostały odnotowane w kwietniu (punkt P5 - pH 6,5), zaś najniższe w październiku (punkt P5 - pH 3,5).

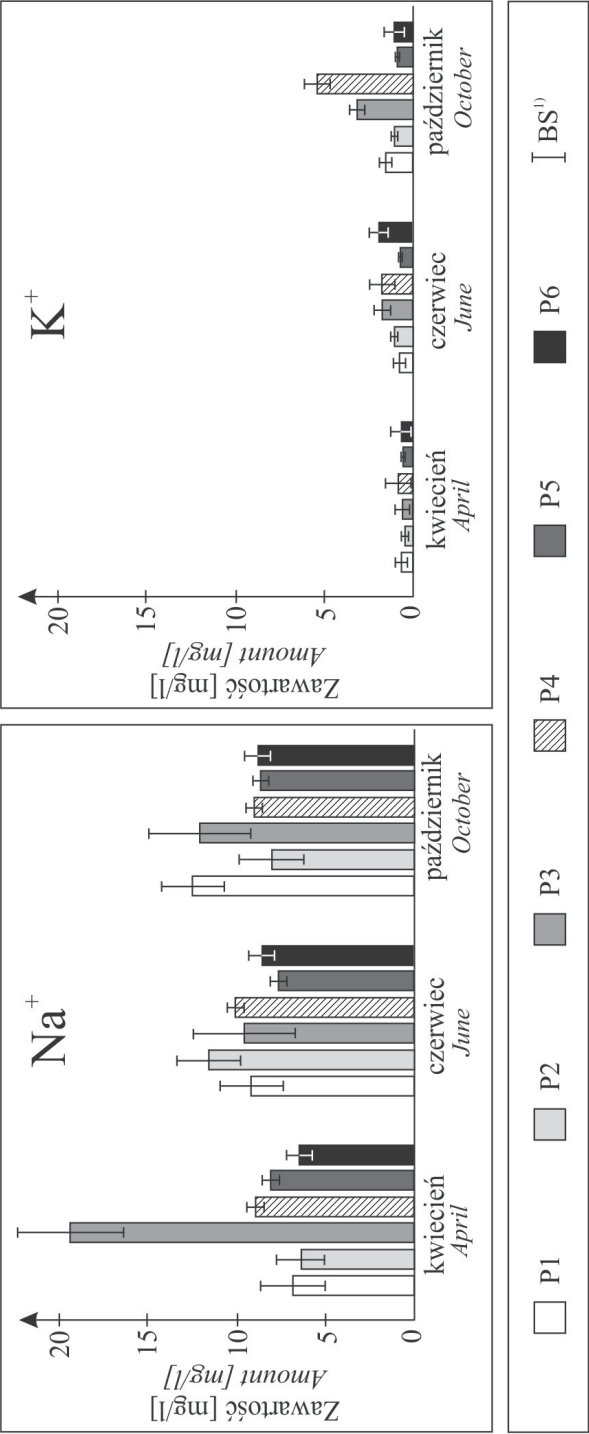
W składzie chemicznym analizowanych wód gruntowych (Tab. 3, Ryc. 3, Ryc. 4) przeważały jony Na^+ oraz Ca^{2+} . Zawartość sodu w badanych punktach była nieznacznie zróżnicowana w ciągu roku, a największe różnice pomiędzy punktami zanotowano w kwietniu. Na początku okresu wegetacyjnego punkt P3 odznaczał się podwyższoną zawartością sodu, która wynosiła 19,27 mg l^{-1} . Z kolei wapń charakteryzował się dużym zróżnicowaniem zarówno w ciągu roku jak i pomiędzy poszczególnymi punktami, a najwyższą zawartość Ca^{2+} w większości punktów można stwierdzić w październiku. Zawartość jonów Mg^{2+} oraz K^+ w

Tabela 3. Właściwości chemiczne wód gruntowych.
Table 3. Chemical properties of groundwaters.

Piezometr <i>Piezometer</i>	pH		mg l ⁻¹				pH		mg l ⁻¹				pH		mg l ⁻¹																																												
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺																																								
Kwiecień <i>April</i>																				Czerwiec <i>June</i>																				Październik <i>October</i>																			
Gleby torfowe odwodnione <i>Drained peat soils</i>																																																											
P1	5,7	9,81	2,72	6,89	0,81	5,7	3,33	1,31	9,17	0,77	5,4	3,61	1,42	12,76	1,52																																												
P2	5,9	6,12	1,99	6,36	0,50	5,2	5,15	2,12	11,59	1,00	5,4	7,63	2,54	7,66	1,19																																												
P3	6,9	6,85	2,43	19,27	0,75	6,3	5,20	1,73	9,79	2,37	6,6	13,02	3,69	12,55	3,63																																												
P4	6,0	7,09	2,25	8,55	0,85	5,2	5,29	1,75	10,04	2,38	7,1	9,29	2,87	9,25	5,73																																												
Gleby torfowe naturalne <i>Natural peat soils</i>																																																											
P5	6,3	2,75	0,93	7,69	0,64	4,0	3,46	1,09	7,45	0,68	3,5	9,25	3,28	9,01	0,96																																												
P6	5,6	3,90	1,29	6,73	0,73	4,7	9,45	3,22	8,32	2,42	3,9	6,40	2,29	9,13	1,10																																												



Ryc. 3. Sezonowa zmienność zawartości wapnia i magnezu w wodach gruntowych w obrębie badanych torfowisk.
Fig. 3. Seasonal variability of the calcium and manganese content in groundwater within the studied peatlands.



Ryc. 4. Sezonowa zmienność zawartości sodu i potasu w wodach gruntowych w obrębie badanych torfowisk.
Fig. 4. Seasonal variability of the sodium and potassium content in groundwater within the studied peatlands.

analizowanych punktach nie przekraczała 6 mg l^{-1} . Najwyższa zawartość jonów magnezu występowała pod koniec okresu wegetacyjnego. Najniższa zawartość jonów potasu przypada na kwiecień, a najwyższa na październik, gdzie stosunkowo wysokimi wartościami odznaczały się punkty P3 ($3,63 \text{ mg l}^{-1}$) oraz P4 ($5,73 \text{ mg l}^{-1} \text{ mg l}^{-1}$).

Dyskusja wyników

Badane gleby organiczne, zlokalizowane na obszarze trzech płatów torfowisk w dolinie górnego Sanu, odznaczały się dużym zróżnicowaniem zarówno pod względem właściwości chemicznych materii organicznej, jak i chemizmu wód gruntowych (Tab. 1, Tab. 2, Tab. 3). Substancja organiczna zakumulowana w naturalnych glebach torfowych - profile T1 i T2 cechowała się w większości przypadków słabym (*fibric*) stopniem rozkładu torfu, charakterystycznym dla gleb torfowych powstających ze szczątków mchów *Sphagnum*, dominujących jako substrat w najbliższej okolicy analizowanych profili glebowych (Bogacz i in. 2004; Bogacz i in. 2012; Glina i in. 2013; Andrzejczak i in. 2016). W obrębie torfowiska Tarnawa Niżna II (profil T3) materia organiczna wykazywała średni (*hemic*) i wysoki (*sapric*) stopień rozkładu materiału torfowego (Tab. 1), będący rezultatem zaawansowanego procesu murszenia, występującego w stropowych częściach badanych gleb organicznych (Piaścik i Gotkiewicz 2004; Stolarczyk i Drewnik 2015). Na zaawansowane procesy przemian materii organicznej, w wyniku przeprowadzonych prac melioracyjnych (Kucharzyk i Szary 2012), wskazują również wyniki zawartości węgla, którego najniższe wartości notowane były dla poziomów stropowych gleb przekształconych (Tab. 1). Zwiększone ilości azotu, zaobserwowane w profilu T3, mogą być skutkiem intensywnych przekształceń materii organicznej w wyniku murszenia (Bogacz i in. 2004; Piaścik i Gotkiewicz 2004; Kalisz i Łachacz 2009; Kalisz i in. 2010; Bogacz i in. 2012; Glina i in. 2013; Stolarczyk i Drewnik 2015), jak i efektem składu chemicznego substratu, jakim są obumarłe części trzęślicy modrej *Molinia caerulea*, zawierające duże ilości azotu (Taylor i in. 2001). Ponadto wyższe wartości współczynnika TC/TN, notowane w osuszonych glebach torfowych, mogą świadczyć o postępującej mineralizacji materii organicznej w wyniku procesu decesji torfu i degradacji torfowiska Tarnawa Niżna II (Ilnicki 2002; Piaścik i Gotkiewicz 2004).

Zmiany w strukturze substancji organicznej, w wyniku obniżenia zwierciadła wód gruntowych, wpływają również na właściwości kompleksu sorpcyjnego gleb organicznych (Ilnicki 2002; Piaścik i Gotkiewicz 2004), co potwierdziły powyższe badania (Tab. 2). Gleby torfowe, znajdujące się w fazie decesji, posiadały wyższe wartości pH oraz wyższą pojemność (CEC) i stopień wysycenia (V) kompleksu sorpcyjnego od gleb naturalnych, co zostało również opisane w badaniach innych autorów, prowadzonych na obszarze Karkonoszy (Bogacz i in.

2004; Bogacz i in. 2012; Andrzejczak i in. 2016), Gór Stołowych (Glina i in. 2013), Tatr (Malawska i in. 2006), Bieszczadów (Stolarczyk i Drewnik 2015) oraz północnej części Polski (Piaśnik i Gotkiewicz 2004; Kalisz i Łachacz 2009; Kalisz i in. 2010). W składzie chemicznym badanych gleb organicznych przeważał wapń (Tab. 2), którego zawartość w glebach zmeliorowanych była prawie 20-krotnie wyższa niż w przypadku gleb torfowych, zlokalizowanych w obrębie naturalnego dla gleb torfowisk wysokich zbiorowiska *Vaccinio uliginosi-Pinetum sylvestris* (Michalik in. 2009). Czynnikiem warunkującym tak dużą ilość wapnia w badanych glebach może być okresowe zasilanie analizowanego torfowiska (Tarnawa Niżna II) wysoce zmineralizowanymi wodami węglanowymi (Rzonca i Siwek 2011; Glina i in. 2013), w których rozpuszczane są związki chemiczne, pochodzące zarówno z podłoża mineralnego badanych torfów (Haczewski i in. 2007), jak i bezpośrednio z nimi sąsiadujących gleb mineralnych, wzbogaconych w składniki alkaliczne (Skiba i in. 1998; Skiba i in. 2006). Procesom sorpcji i uwalniania kationów z kompleksu sorpcyjnego mogą sprzyjać również duże wahania zwierciadła wód gruntowych w badanych torfowiskach (Illicki 2002) (Ryc. 2). We wszystkich badanych glebach organicznych zauważalny jest niedobór magnezu w kompleksie sorpcyjnym oraz zdecydowanie najmniejsze ilości potasu charakterystyczne dla gleb torfowych (Bogacz i in. 2004; Bogacz i in. 2012). Oprócz profilu T1, gdzie sód dominuje pod względem zawartości w składzie chemicznym, w pozostałych profilach glebowych (T2 i T3) udział poszczególnych kationów o charakterze zasadowym możemy uporządkować w następujący szereg: $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^{+} > \text{K}^{+}$ (Tab. 2). Podobne wyniki dla gleb organicznych, zlokalizowanych w obszarach górskich, otrzymywali w swoich pracach Glina i in. (2012) oraz Bogacz i in. (2004; 2012). Zwiększone zawartości kationów Mg^{2+} , Na^{+} oraz K^{+} w stropowych poziomach naturalnych gleb torfowych mogą być spowodowane dużą intensywnością procesów biochemicznych zachodzących w strefie akrotelmu oraz mniejszym zapotrzebowaniem na te pierwiastki przez rośliny występujące w dystroficznych warunkach siedliskowych (Illicki 2002; Malawska i in. 2006). Różnice w kwasowości hydrolitycznej oraz stopniu wysycenia kompleksu sorpcyjnego pomiędzy glebami naturalnymi (profile T1 i T2), a przekształconymi (profil T3) świadczą o zaburzeniu warunków troficznych panujących na badanych torfowiskach (Bogacz i in. 2004; Bogacz i in. 2012; Andrzejczak i in. 2016) i przejściowym charakterze torfowiska Tarnawa Niżna II. Silnie oligotroficzne gleby torfowe odznaczają się wartościami V często nie przekraczającymi 10% (Bogacz i in. 2004), natomiast w badanych glebach tylko w profilu T1 otrzymane wyniki są zbliżone do tych przedstawianych w pracach Bogacza i in. (2004) z obszaru Karkonoszy (Tab. 2).

Chemizm wód gruntowych wykazuje w większości punktów pomiarowych duży związek z właściwościami chemicznymi materii organicznej, występującej na obszarze badanych płatów torfowisk (Tab. 2, Tab. 3). Odczyn anali-

zowanych wód jest głównie kwaśny, lekko kwaśny lub obojętny, a tylko w przypadku piezometrów zlokalizowanych w obrębie naturalnych gleb torfowych jest silnie kwaśny. Takie wartości pH wody są charakterystyczne dla obszarów ombrogenicznych torfowisk wysokich (Vitt i in. 1995; Bragazza i Gerdol 1999). Największy udział w składzie chemicznym badanych wód gruntowych mają wapń oraz sód, które wykazywały duże zróżnicowanie w obrębie tego samego płatu torfowiska (piezometry P1-P4), jak i sezonową zmienność w całym okresie pomiarowym (Tab. 3, Ryc. 3, Ryc. 4). Zawartość kationów Ca^{2+} oraz Na^+ odznaczała się zdecydowaną dominacją w składzie chemicznym badanych wód w piezometrach zamontowanych w glebach przekształconych w porównaniu do naturalnych (Vitt i in. 1995), co może być również pośrednim powodem większej ilości wapnia w składzie kompleksu sorpcyjnego badanych gleb. Sezonowa zmienność i wyższe zawartości tych pierwiastków w okresie jesiennym (październik) (Ryc. 3) są prawdopodobnie rezultatem zmniejszenia odczynu badanych gleb, czego skutkiem jest zwiększenie rozpuszczalności związków organicznych i tworzenie soli z jedno lub dwuwartościowymi kationami (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) (Sapek 2013). Na uwagę zasługuje również duże zróżnicowanie we właściwościach chemicznych wód gruntowych w obrębie tego samego płatu torfowiska Tarnawa Niżna II. Może być to rezultatem zróżnicowanych warunków hydrologicznych wynikających z uwarunkowań geomorfologicznych oraz obecnością systemów zastawek na rowach melioracyjnych w północnej jego części (Ryc. 1), jak również dynamiką chemicznych przemian materii organicznej w ciągu roku (Ilnicki 2002).

Podsumowanie

Przeprowadzone badania potwierdzają wpływ przeobrażeń materii organicznej wskutek odwodnienia, na chemizm gleb torfowych występujących na obszarze torfowisk wysokich w dolinie górnego Sanu. W wyniku prowadzonych prac melioracyjnych oraz obniżenia poziomu wód gruntowych zaobserwowano różnice w morfologii oraz właściwościach chemicznych gleb organicznych w obrębie badanych płatów torfowisk, które powiązane są z procesem murszenia stropowych warstw torfu. Przyspieszona humifikacja substancji organicznej skutkuje zwiększeniem pojemności kompleksu sorpcyjnego gleb torfowych oraz zmianami w jego składzie chemicznym. Poprzez postępującą decesję złoża torfowego zaburzeniu ulegają również warunki zasilenia w wodę gleb organicznych, w których zaczynają przeważać wysoce zmineralizowane wody gruntowe nad ubogimi w składniki pokarmowe wodami opadowymi. W rezultacie zmieniają się warunki troficzne analizowanych gleb organicznych, wpływając na proces ich degradacji.

Literatura

- Andrzejczak M., Bogacz A., Tomaszewska K., Podlaska M. 2016. Plant communities, properties, and age of organic soils in the post-extraction sites of the Trzcińskie Mokradła Peatland (Sudetes Mts., SW Poland). *Soil Science Annual* 67/2: 79–87.
- Bogacz A., Romanowska B., Rybkowski P. 2004. Właściwości gleb organicznych Karkonoskiego Parku Narodowego. In: Štursa J., Mazurski K. R., Palucki A., Potocka J. (eds.). *Geoekologicke problémy Krkonoš. Sborn. Mez. Věd. Konf. Listopad 2003. Szklarska Poręba. Opera Corcontica* 41: 38–47.
- Bogacz A., Dzięcioł D., Głina B., Gersztyn L. 2012. Gleby organiczne na renaturyzowanym torfowisku „Niknąca Łąka” w Parku Narodowym Gór Stołowych. *Soil Science Annual* 63(2): 3–8.
- Bragazza L., Gerdol R. 1999. Hydrology, groundwater chemistry, and peat chemistry in relation to habitat condition in a mire on the South-eastern Alps of Italy. *Plant Ecology*, 144: 243–256.
- Głina B., Bogacz A., Bojko O., Kordyjarek M. 2013. Diversity of soils in the peatland located on slope near Karłów (Stołowe Mountain National Park). *Episteme* 18/3: 287–296.
- Haczewski G., Kukula J., Bąk K. 2007. Budowa geologiczna i rzeźba Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Kraków. 170 ss.
- Holden J., Chapman P.J., Labadz J.C. 2004. Artificial drainage of peatlands, hydrological and hydro chemical process and wetland restoration. *Progress in Physical Geography* 28(1): 95–123.
- Ilnicki P. (red.). 2002. Torfowiska i torf. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augustyna Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań. 606 ss.
- IUSS Working Group WRB 2014/15. World reference base for soil resources. International soil classification system for naming and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO. Rome.
- Kalisz B., Łachacz A. 2009. Content of nutrients, heavy metals and exchangeable cations in riverine organic soils. *Polish Journal of Soil Science* 42/1: 43–52.
- Kalisz B., Łachacz A., Głazewski R. 2010. Transformation of some organic matter components in organic soils exposed to drainage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 34: 245–256.
- Kucharzyk S., Szary A. 2012. Degradacja i ochrona torfowisk wysokich w Bieszczadzkim Parku Narodowym. *Roczniki Bieszczadzkie* 20: 83–97.
- Lynn W. C., McKinzie W. E., Grossman R. B. 1974. Field laboratory tests for characterization of Histosols. In: *Histosols: Their Characteristics, Classification and Use*. (ed.). Stelly M. SSSA Spec. Pub. 6 Medison, WI: 11–20.
- Malawska M., Ekonomiuk A., Wiłkomirski B. 2006. Chemical characteristics of some peatlands in southern Poland. *Mires and Peat* 1: 1–14.
- Michalik S., Szary A., Kucharzyk S. 2009. Charakterystyka roślinności na terenie Obwodu Ochronnego Tarnawa w Bieszczadzkim Parku Narodowym. *Roczniki Bieszczadzkie* 17: 189–216.
- Nelson D.W., Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*; Sparks, D.L., ed.; 2572 M. K.

- Matthiessen et al. SSSA Book Series No. 5; Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin, 961–1010.
- Piaścik H., Gotkiewicz J. 2004. Przeobrażenia odwodnionych gleb torfowych jako przyczyna ich degradacji. *Soil Science Annual* 45(2): 331–338.
- (PN-G-02500:1985) 1985. Torf. Genetyczny podział surowca. Polska norma.
- Rzonca B., Siwek J. (red.). 2011. *Hydrologia Bieszczadów. Zlewnie Sanu i Solinki powyżej Jeziora Solińskiego*. Wyd. IGiGP UJ. Kraków: 89 ss.
- Sapek B. 2013. Relationship between dissolved organic carbon and calcium and magnesium in soil water phase and their uptake by meadow vegetation. *Journal of Water and Land Development* 19: 69–76.
- 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.
- Stolarczyk M., Drewnik M. 2015. Morfologia i właściwości gleb torfowiska w dolinie potoku Syhłowaciec w Wołosatem (Bieszczadzki Park Narodowy), *Roczniki Bieszczadzkie* 23: 335–347.
- Systematyka Gleb Polski. 2011. *Soil Science Annual* 62(3): 1–193.
- Taylor K., Rowland A. P., Jones H.E. 2001. *Molinia caerulea* (L.) Moench. *Journal of Ecology* 89: 126–144.
- Thomas G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. In: Sparks, D. L. i in. (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. Soil Science Society of America Inc., Madison, WI, USA, pp. 475–490.
- USDA NRCS 2004. *Soil Survey Laboratory Methods Manual, Version No. 4.0, Soil Survey Investigations Report No. 42*, 700 ss.
- Vitt D. H., Bayley S. E., Jin T. E. 1995. Seasonal variation in water chemistry over a bog-rich fen gradient in continental western Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 52: 587–606.

Summary

Organic matter decomposition degree and peat reaction performed an important role in forming a chemical composition of sorption complex in organic soils. This is a result of the qualitative and quantitative composition of the organic matter accumulated in the peat bogs. The main aim of the study was to characterize changes in the chemical composition of peat bogs organic matter as a result of drainage works in Tarnawa Wyżna (Western Bieszczady Mts.). Basic properties of organic matter and the chemical composition of sorption complex and groundwater was analyzed. The study confirmed the effect of organic matter transformation on the chemistry of peat soils. Increasing intensity of the mineralization and humification processes of organic matter during the succession phase of peat development resulted in increasing the capacity of the sorption complex of studied peat soils and changes in water and trophic conditions.