Zmniejszenie zasięgu złóż torfu i ich retencji wodnej w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i w Bieszczadach w wyniku działalności człowieka

Adam Łajczak[1]

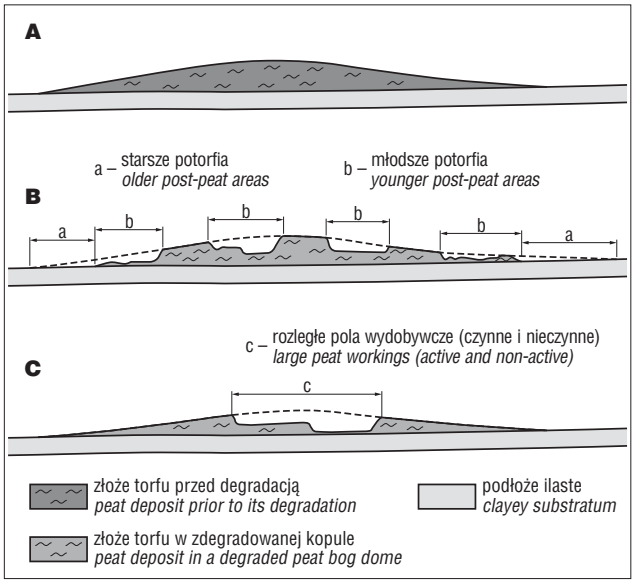
Reduction of the extent of peat deposits and their water retention capacity in the Orava-Nowy Targ Basin and Bieszczady Mts. due to human activity. Prz. Geol., 61: 532–540.

A b s t r a c t. The paper deals with the problem of anthropogenic changes in the extent of peat deposits, their volume and water retention capacity of raised and valley peat bogs in the Polish part of the Orava-Nowy Targ Basin and the Bieszczady Mts. This problem has not received a great deal of attention in the research literature. Special attention was paid to the remnants of peat domes and post-peat areas. The decrease in the area of peat bogs, the volume of peat deposit and the quantity of water retained within them were estimated for the last ca. 400 years. This paper is based on an analysis of maps produced over the last 230 years as well as aerial photographs. Field data and laboratory data were also analyzed as part of this research.

Keywords: *anthropopression, raised bog, peat dome, post-peat area, peat extraction, reclamation works, shallow groundwater, Orava-Nowy Targ Basin, Bieszczady Mts.*

Jednym ze skutków antropogenicznej degradacji torfowisk jest szybko postępujące zmniejszanie ich zasięgu, rozczłonkowywanie wielu obiektów na mniejsze fragmenty, a nawet ich zanik. Wybieranie torfu powoduje także zmniejszenie miąższości złoża (Pietrucień, 1993; Koczur, 1996; Łajczak, 2002, 2006, 2011a, b). Również osuszanie złoża rowami odwadniającymi skutkuje zagęszczeniem, kurczeniem i murszeniem torfu (Ilnicki, 1973; Krzywonos, 1974; Okruszko i in., 1993; Frąckowiak & Feliński, 1994; Chrzanowski & Szuniewicz, 2002; Oleszczuk, 2011). W konsekwencji gospodarcze użytkowanie torfowisk prowadzi nie tylko do zmniejszenia objętości złóż torfu, lecz przede wszystkim do znacznego zredukowania objętości zretencjonowanej w nich wody (Dynowska, 1988; Churski, 1993; Pietrucień, 1993; Zembrzuski, 1994; Łajczak 2006).

W porównaniu z innymi obszarami na świecie stopień rozpoznania antropogenicznych zmian zasięgu, ukształtowania i nawodnienia torfowisk w niektórych rejonach Polski należy uznać za zaawansowany. Dotyczy to nie tylko torfowisk w północnej Polsce, gdzie liczba tych obiektów jest największa i gdzie jest prowadzona wielkoobszarowa eksploatacja torfu powiązana z osuszaniem złoża na rozległych terenach (Jasnowski, 1975; Żurek, 1987; Dynowska, 1988; Churski, 1993), lecz także w niewielkim stopniu pokrytej torfowiskami Polski południowej, gdzie najlepiej zbadano pod tym względem torfowiska w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej (Koczur, 1996; Łajczak, 2002, 2006), a w mniejszym stopniu w Bieszczadach (Łajczak, 2011a, b). W tych rejonach wybieranie, wypalanie i osuszanie torfu doprowadziło do zredukowania zasięgu kopuł torfowych, które obecnie są ukształtowane jako ostańce obrzeżone skarpą eksploatacyjną i otoczone przez potorfia. Starsze potorfia, pozbawione złoża torfu, są użytkowane głównie jako pastwiska i grunty orne. Młodsze potorfia mają zachowaną warstwę torfu, jednak bardzo zredukowaną w stosunku do pierwotnej miąższości. Te obszary są w większym stopniu drenowane przez rowy melioracyjne niż stare potorfia. Wśród potorfi wyróżniają się pola eksploatacyjne



Ryc. 1. Typowe rozmieszczenie antropogenicznie zdegradowanych obszarów na torfowisku wysokim: **A** – torfowisko przed rozpoczęciem degradacji, **B–C** – torfowisko zdegradowane
Fig. 1. Typical distribution of anthropogenically degraded areas within the raised bog: **A** – peat bog prior to human degradation, **B–C** – degraded peat bog

(czynne lub nieczynne), które są intensywnie osuszane (ryc. 1). Zmniejszenie zasięgu kopuł torfowych, ich fragmentacja, a nawet zanik, drastyczna redukcja miąższości złoża na potorfiach i jego drenowanie przez rowy odwadniające, a także odwodnienie torfowisk niskich na rozległych obszarach doprowadziły do radykalnego zmniejszenia retencji wodnej na zatorfionych terenach w Polsce. To zjawisko na dużych obszarach torfowiskowych jest postrzegane jako katastrofa ekologiczna (Churski, 1993; Łajczak, 2006). O jego skali może informować ilościowe ujęcie w pracy Dynowskiej (1988). Wstrzymanie wydobywania torfu i zaprzestanie osuszania złoża (np. przez zarzucenie czyszczenia rowów melioracyjnych) stanowi punkt

[1] Instytut Geografii, Uniwersytet Jana Kochanowskiego, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce; alajczak@o2.pl.

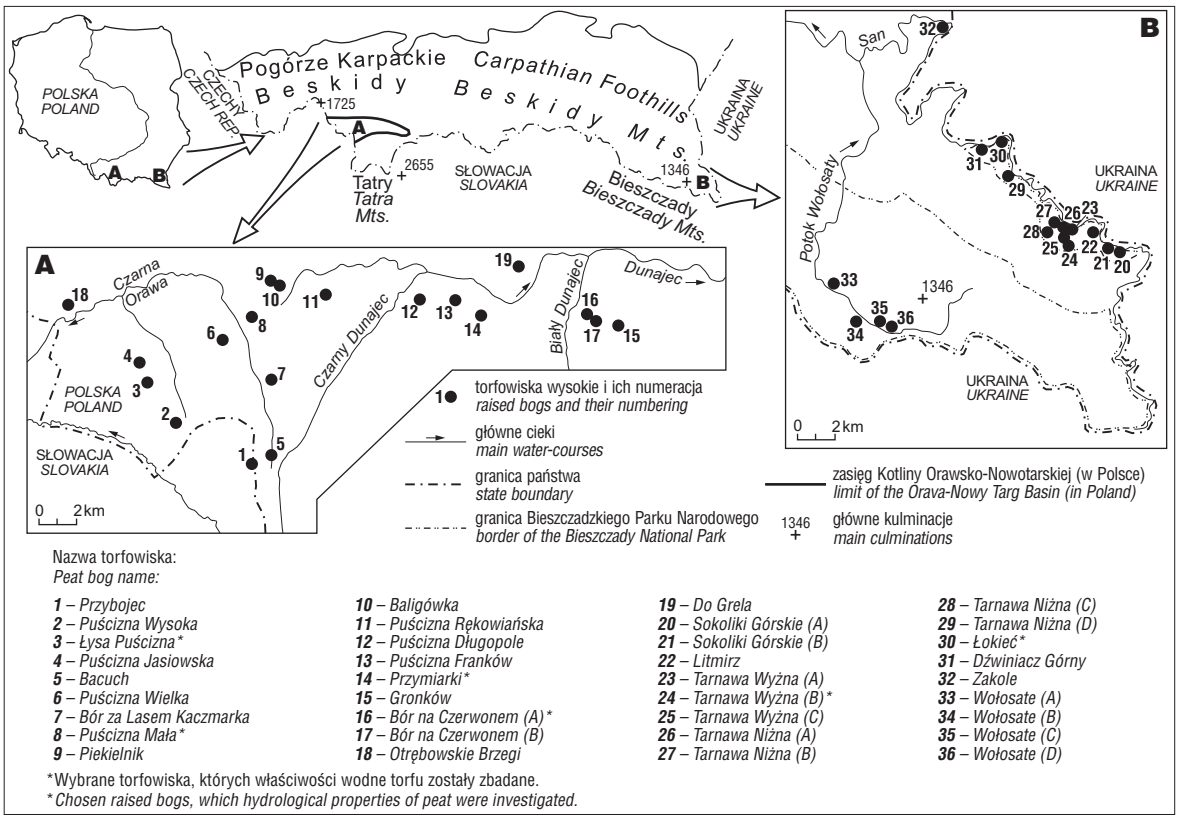
wyjścia do zapoczątkowania renaturalizacji zdegradowanego torfowiska, czego wyrazem są zwiększające się od tego momentu zasoby wody w jego obrębie (Łajczak, 2011a, b).

OBSZAR BADAŃ I CEL PRACY

Do szczegółowej analizy wybrano torfowiska wysokie i niskie dwóch w największym stopniu zatorfionych obszarów polskich Karpat – Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i Bieszczadów (ryc. 2), różniących się historią gospodarczego użytkowania. W Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej (w granicach Polski) znajduje się 19 szczątkowych kopuł torfowych o zróżnicowanych rozmiarach, otoczonych przez młodsze potorfia (Łajczak, 2006, 2009). Występują one na wysokości 592–770 m n.p.m., są rozwinięte na terasach czwartorzędowych od mindelskiej po poglacjalną i wznoszą się odpowiednio od 5–10 m do 30–40 m nad korytami Czarnego Dunajca, Białego Dunajca i Czarnej Orawy (ryc. 2A). Torfowiska wykształciły się na słabo przepuszczalnej warstwie gliny leżącej na wodonośnych żwirach. Rozwojowi torfowisk sprzyja chłodny i wilgotny klimat (opady ok. 1000 mm). Tylko jedno torfowisko można uznać za ombrogeniczne, pozostałe są częściowo zasilane przez wypływy wody gruntowej. W Bieszczadach (w granicach Polski) występuje 17 torfowisk wysokich o położeniu dolinnym (13 w dolinie górnego Sanu i 4 w dolinie potoku Wołosaty) (ryc. 2B). Ich kopuły są mniejsze od większości torfowisk w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej. Są one położone na wysokości 550–700 m n.p.m. i zajmują terasę poglacjalną oraz stożki napływowe, wznoszą się od 5 m do 8 m nad korytami rzek. Podłoże tych torfowisk także stanowi warstwa iłu leżąca na żwirach. Opady na tym obszarze wynoszą 1000–1200 mm. Większość tych torfowisk leżących u podstawy stoków także jest zasilana przez wysięki wody gruntowej (Łajczak, 2011a). Torfowiska wysokie w obu rejonach buduje torf mszarny z przewarstwieniami torfu drzewnego, zalegający na złożu torfu turzycowego (Korczyńska, 1952; Mirska, 1956; Lipka, 1999; Łajczak, 2011a, b).

Torfowiska na obu obszarach były w przeszłości w różny sposób użytkowane przez człowieka. W Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej ich zasięg zmniejsza się od zapoczątkowania akcji osadniczej w XVI–XVII w., natomiast w Bieszczadach zaczęły podlegać udokumentowanej presji człowieka dopiero w XIX w. W pierwszej lokalizacji wybieranie torfu do różnych celów rozpoczęto na dużą skalę w połowie XIX w. i osiągnęło ono nieporównanie większe rozmiary niż w Bieszczadach, gdzie taka działalność mogła być prowadzona tylko do połowy lat 40. XX w. (Łajczak, 2006, 2011a, b), stąd w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej znacznie większy zasięg potorfi, które były do niedawna intensywnie odwadniane przez rowy melioracyjne. Wąskie potorfia wokół kopuł torfowych w Bieszczadach stanowią głównie efekt ich osuszenia. Począwszy od lat 90. XX w. w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej na większości torfowisk już nie wybiera się torfu, równocześnie rowy odwadniające ulegają zarastaniu. Z kolei w polskiej części Bieszczadów proces renaturalizacji torfowisk rozpoczął się już w połowie XX w., przerwano go jednak na niektórych obiektach w latach 70. i 80., kiedy przeprowadzono na nich prace melioracyjne.

Artykuł zawiera ocenę zmniejszenia zasięgu i objętości złóż torfu i na tym tle ilości zretencjonowanej w nich wody



Ryc. 2. Rozmieszczenie torfowisk wysokich w polskiej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (**A**) i Bieszczadów (**B**)
Fig. 2. Distribution of raised bogs in the Polish part of the Orava-Nowy Targ Basin (**A**) and Bieszczady Mts. (**B**)

na wskazanych obszarach polskich Karpat, różniących się czasem trwania i nasileniem gospodarczego użytkowania torfowisk. Zanalizowano okres od rozpoczęcia gospodarczego użytkowania torfowisk aż do początku XXI w. W przypadku torfowisk wysokich szczególną uwagę zwrócono na zmiany zaistniałe w szczątkowych kopułach i na potorfiach.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Analiza map topograficznych z lat 1779–1782, z 1855 r., 1879 r., 1894 r., 1934 r., 1965 r., 1978 r. i 1996 r., zdjęć lotniczych z 1965 r., 1988 r. i 2006 r. oraz wyników kartowania geomorfologicznego i hydrograficznego szczątkowych kopuł torfowych, potorfi i torfowisk niskich prowadzonego przez autora w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej od 2000 r., a w Bieszczadach od 2009 r. pozwoliła ustalić współczesny zasięg poszczególnych torfowisk i prawdopodobne zmiany, które zaszły w ostatnich ok. 400 latach, tzn. w okresie, kiedy na obu badanych obszarach nasilały się zmiany środowiska geograficznego spowodowane akcją osadniczą. Szczególną uwagę zwrócono na zmniejszenie zasięgu kopuł torfowych i zmiany rozprzestrzenienia potorfi. Na mapach z lat 1779–1782 i z 1855 r. uwzględniono jedynie największe torfowiska i to tylko w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej. Zasięg kopuł torfowych na tych mapach wyznacza skarpa eksploatacyjna, obok której zaznaczono młodsze potorfia jako miejsca z prowadzonym wybieraniem torfu. Od drugiej połowy XIX w. zaczęto coraz dokładniej przedstawiać, także w przypadku znacznie mniejszych torfowisk w Bieszczadach, zmniejszający się zasięg kopuł, przebieg skarp eksploatacyjnych oraz zmeliorowane obszary na potorfiach, dlatego mapy z tego okresu pozwalają na bardziej dokładną ilościową analizę zmian zasięgu poszczególnych szczątkowych kopuł torfowych i młodszych potorfi. Zmiany te w odniesieniu do znacznie większych torfowisk w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej można przedstawić z większą dokładnością niż w przypadku torfowisk bieszczadzkich, jednak ilościowa analiza tendencji zmian jest możliwa dla obu obszarów. Obecny zasięg w różnym stopniu zredukowanych kopuł torfowych ustalony na podstawie barwnych zdjęć lotniczych został zweryfikowany podczas badań terenowych. Dokumentacja kartograficzna zasięgu torfowisk wysokich w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej sięga ok. 1780 r., a w Bieszczadach 1880 r. Zasięg kopuł torfowych we wcześniejszym okresie, kiedy antropogeniczna degradacja tych torfowisk nie była tak nasilona jak w późniejszych latach, oszacowano na podstawie rozmieszczenia śladów po dawnym złożu torfu poza granicami młodszych potorfi. Wyniki tych badań wskazują na znacznie większą redukcję torfowisk w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej niż w Bieszczadach.

Uzyskane wyniki pozwoliły określić prawdopodobną powierzchnię poszczególnych torfowisk wysokich w okresie przed rozpoczęciem ich użytkowania przez człowieka, w połowie XIX w., kiedy zaczęły być intensywnie wykorzystywane, i współczesną powierzchnię szczątkowych kopuł oraz młodszych potorfi. Oszacowano także powierzchnię sąsiadujących torfowisk niskich w tych okresach. Całkowita powierzchnia torfowiska wysokiego obejmuje kopułę i strefę okrajka, a w przypadku torfowiska zdegradowanego szczątkową kopułę i potorfia – starsze i młodsze (ryc. 3, 4 – patrz str. 494). Według Myślińskiej (2001) potorfia o powierzchni większej od 0,5 ha ze średnią miąższością zredukowanego złoża torfu większą od 20 cm należy rozpatrywać już jako torfowiska. Kryteria te spełniają wszystkie zbadane młodsze potorfia, dlatego włączono je razem ze szczątkowymi kopułami do całkowitej powierzchni każdego torfowiska. Takie podejście skutkuje większą niż dotąd przyjmowano w niektórych publikacjach powierzchnią badanych torfowisk (por. dyskusja wyników badań w pracach autora – Łajczak, 2006, 2011a). Grubość złoża torfu w każdej szczątkowej kopule, potorfiach i torfowiskach niskich ustalono na podstawie gęstej siatki wierceń wykonanych od sierpnia do października, kiedy zawartość wody w złożu torfu jest najmniejsza w roku i w efekcie powierzchnia torfowiska jest obniżona. Dlatego biorąc pod uwagę zjawisko retencji pulsacji torfowisk (Horawski i in., 1979; Szuniewicz i in., 1993; Gilman, 1994; Szajda & Olszta, 1995; Price, 1997; Price & Schlotzhauer, 1999; Oleszczuk, 2011), uzyskane wyniki badań odnoszące się do poszczególnych torfowisk należy uznać za porównywalne. Miejsca wierceń wyznaczane za pomocą GPS były zlokalizowane w środku kwadratów o boku 200 m pokrywających cały obszar wymienionych elementów torfowisk. W ocenie miąższości złóż torfu uwzględniono udostępnione przez Zakład Produkcji Torfowej „Bór za Lasem" w Czarnym Dunajcu wyniki wierceń w miejscach, gdzie w przeszłości prowadzono lub gdzie nadal prowadzi się wybieranie torfu na skalę przemysłową (torfowiska o największej grubości złoża – lokalnie do 12 m: Bór za Lasem Kaczmarka, Baligówka, Puścizna Wielka).

Współczesną objętość złóż torfu w poszczególnych szczątkowych kopułach, młodszych potorfiach i torfowiskach niskich obliczono jako iloczyn ich powierzchni i średniej grubości złoża ze wszystkich wierceń. Objętość złóż torfu w połowie XIX w. i ok. 400 lat temu oszacowano, biorąc pod uwagę ich ówczesną powierzchnię i obecną średnią grubość.

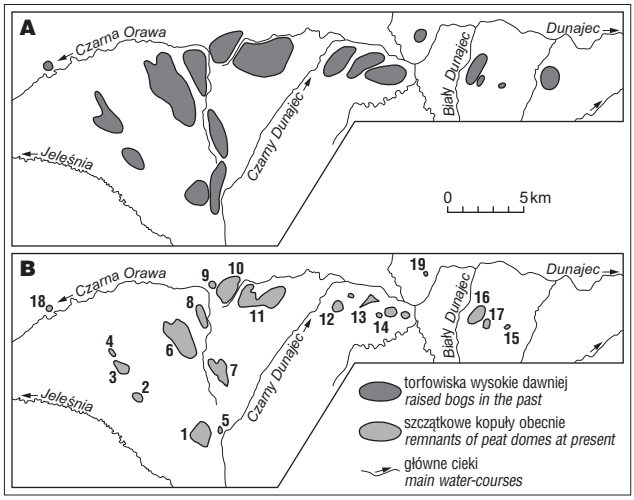
Zawartość wody w torfie zbadano w sześciu wybranych torfowiskach wysokich (czterech w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i dwóch w Bieszczadach) w obrębie kopuł i potorfi, a także w pięciu sąsiadujących torfowiskach niskich (cztery w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i jedno w Bieszczadach) (ryc. 2). Zastosowano metodę suszarkową z użyciem naczyniek Kopecky'ego (0,25 dm^3). Próby torfu pobierano na różnych głębokościach złoża: we wkopach od dolnego zasięgu strefy akrotelmu do głębokości 1 m (co 50 cm), a głębiej za pomocą świdra rdzeniowego do głębokości 5 m (co 1 m). W obrębie kopuł próby torfu pobierano w każdym stanowisku średnio na czterech głębokościach (min. dwóch, maks. sześciu), a na potorfiach oraz w torfowiskach niskich maksymalnie na trzech głębokościach. Najgłębsze próby pochodzące z kopuł i potorfi reprezentują torf niski (turzycowiskowy), a płytsze torf wysoki (mszarny). Torf na potorfiach ulegający murszeniu odznacza się mniej korzystnymi właściwościami wodnymi od torfu na kopułach. Próby torfu pobierano w okresach od maja do września lub października w odstępach dwumiesięcznych, w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej w 2008 r., a w Bieszczadach w 2009 r. Na każdym torfowisku wysokim próby torfu pobierano średnio w 10 stanowiskach:

pięciu na szczątkowych kopułach (w środku kopuły i na jej obrzeżach) i pięciu na potorfiach (punkty poboru rozmieszczone wzdłuż osi strefy potorfi równomiernie wokół kopuły), a na torfowisku niskim w trzech punkach wzdłuż spadku terenu. W każdym z wybranych torfowisk wysokich pobrano 90 prób torfu (razem 540 prób), a na torfowiskach niskich 68 prób. Wyniki badań pozwoliły prześledzić zmiany wilgotności torfu w różnych warunkach topograficznych każdego torfowiska i na różnej głębokości złoża, co pośrednio wskazuje na zmiany zasobów wody zmagazynowanej w torfowiskach w ciągu sezonu wegetacyjnego. Równolegle, ale tylko w Bieszczadach, prowadzono comiesięczne pomiary głębokości zwierciadła wody w złożu torfu w centralnych częściach siedmiu wybranych torfowisk. Piezometry zainstalowano w maju 2009 r. i pomiary prowadzono do listopada, a w 2010 r. od kwietnia do listopada. Podstawę porównań retencji wodnej torfowisk stanowią wyniki badań prowadzone w sezonie, kiedy nasycenie wodą złóż torfu jest największe w roku. Sytuacja taka najczęściej występuje w kwietniu lub w maju, po zakończeniu roztopów. Oceniając ilość wody zmagazynowanej w każdym torfowisku, wzięto pod uwagę kapilarną pojemność wodną torfu w wariancie objętościowym P_{wv} [%]. Wielkość ta wskazuje na największą ilość wody, jaka potencjalnie może być czasowo zmagazynowana w złożu. Różnica między kapilarną pojemnością wodną torfu a jego wilgotnością stwierdzoną podczas poszczególnych pomiarów wyraża wielkość ubytku wody w złożu na skutek parowania, zwiększonego przez antropogeniczną degradację torfowisk, m.in. w wyniku odwadniania złoża przez rowy melioracyjne. Zasoby wody w torfowiskach przed rozpoczęciem ich antropogenicznej degradacji i w połowie XIX w. oszacowano, biorąc pod uwagę ówczesną objętość złóż torfu i przyjmując współczesną maksymalną kapilarną pojemność wodną torfu.

ZMNIEJSZENIE ZASIĘGU TORFOWISK WYSOKICH I NISKICH I ICH WSPÓŁCZESNA POWIERZCHNIA

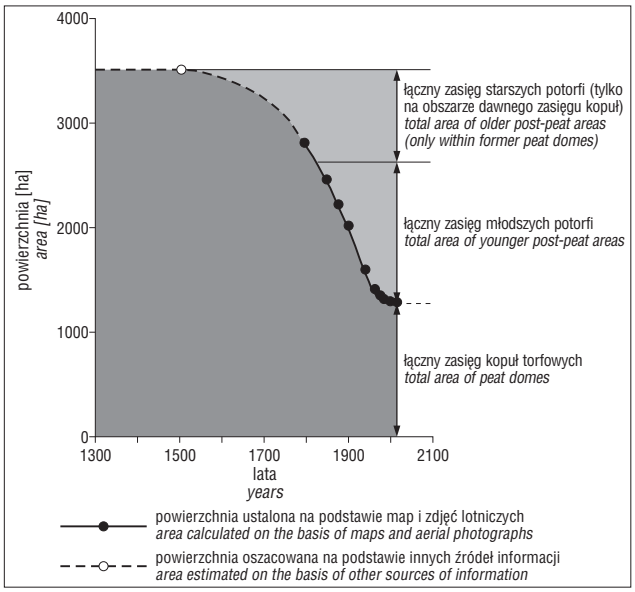
W Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej zmniejszenie zasięgu torfowisk wysokich i niskich w analizowanym okresie osiągnęło nieporównanie większe rozmiary niż w Bieszczadach. Na pierwszym z tych obszarów pierwotny zasięg torfowisk wysokich znacznie różnił się od obecnego (ryc. 5). Z uwagi na mniejsze rozmiary takich torfowisk w Bieszczadach i niewielkie zredukowanie ich zasięgu zrezygnowano z graficznej prezentacji zmian ich powierzchni. Łączną powierzchnię kopuł torfowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej w okresie przed rozpoczęciem ich antropogenicznej degradacji oszacowano na ok. 3500 ha, a otaczających je torfowisk niskich na co najmniej 15 000 ha. Powierzchnia wszystkich kopuł torfowych o położeniu dolinowym w badanej części Bieszczadów wynosiła tylko 56 ha. Wszystkie torfowiska niskie na tym obszarze miały przypuszczalnie zbliżoną powierzchnię.

Bogata dokumentacja kartograficzna pozwala na ustalenie przebiegu zmniejszania łącznej powierzchni kopuł torfowych w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej począwszy od 1780 r. Proces ten został jednak zapoczątkowany już wcześniej, tzn. po rozpoczęciu zorganizowanej akcji osie-



Ryc. 5. Prawdopodobny zasięg torfowisk wysokich w polskiej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej przed rozpoczęciem ich antropogenicznej degradacji (**A**) oraz współczesny zasięg szczątkowych kopuł na tym obszarze (**B**). Numeracja torfowisk jak na ryc. 2

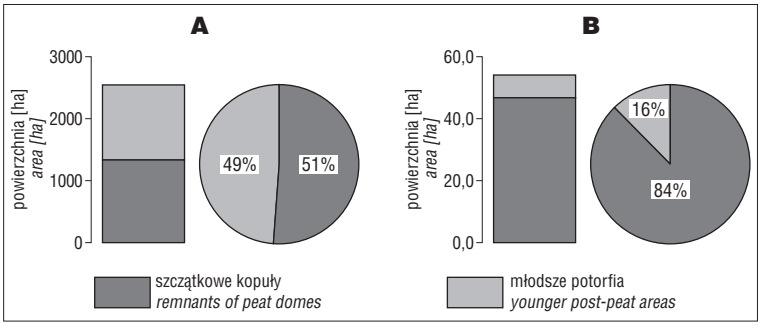
Fig. 5. Presumed limit of individual raised bogs in the Polish part of the Orava-Nowy Targ Basin prior to human degradation (**A**) and recent limit of remnants of peat domes (**B**). For numbering of peat bogs see Fig. 2



Ryc. 6. Spadek łącznej powierzchni kopuł torfowych w polskiej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej w ciągu ostatnich co najmniej 400 lat

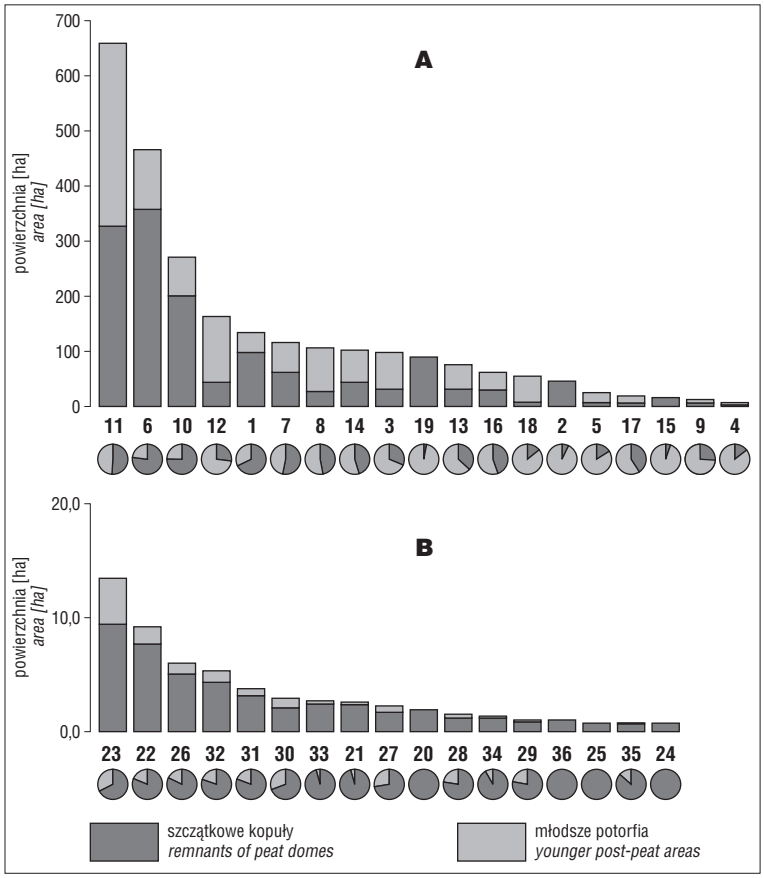
Fig. 6. A decrease in the total area of peat domes in the Polish part of the Orava-Nowy Targ Basin over at least the last 400 years

dleńczej w tym rejonie w XVI–XVII w. (ryc. 6). Zasięg kopuł najszybciej malał w XIX w. i w pierwszej połowie XX w., później nastąpiło znaczne zwolnienie. W ostatnich 20 latach zaznaczyła się stabilizacja zasięgu tych obiektów, wynikająca z malejącego zainteresowania właścicieli gruntów wybieraniem torfu i ze wstrzymania prac melioracyjnych. Prowadzi to do coraz bardziej widocznej renaturalizacji potorfi (Łajczak, 2011b). Obecnie szczątkowe kopuły torfowe zajmują w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej 1300 ha (37% początkowej powierzchni), a otaczające je młodsze potorfia 1250 ha (ryc. 7A). Nieco mniejszy obszar



Ryc. 7. Współczesna łączna powierzchnia torfowisk wysokich i zlokalizowanych w ich obrębie szczątkowych kopuł i młodszych potorfi oraz udział kopuł i potorfi w powierzchni torfowisk w polskiej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (**A**) i Bieszczadów (**B**)

Fig. 7. Total area of raised bogs and remnants of peat domes and younger post-peat areas, and the proportions of peat domes and post-peat areas in the total area of peat bogs in the Polish part of the Orava-Nowy Targ Basin (**A**) and Bieszczady Mountains (**B**)



Ryc. 8. Powierzchnia zajmowana przez poszczególne torfowiska wysokie i przez zlokalizowane w ich obrębie szczątkowe kopuły i młodsze potorfia oraz udział kopuł i potorfi w powierzchni każdego torfowiska (diagramy koliste) w polskiej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (**A**) i Bieszczadów (**B**). Numeracja torfowisk jak na ryc. 2

Fig. 8. Acreage of individual raised bogs including areas occupied by remnants of peat domes and younger post-peat areas, and the proportions of remnants of peat domes and post-peat areas in the total area of individual raised bogs (circle diagrams) in the Polish part of the Orava-Nowy Targ Basin (**A**) and Bieszczady Mountains (**B**). For numbering of peat bogs see Fig. 2

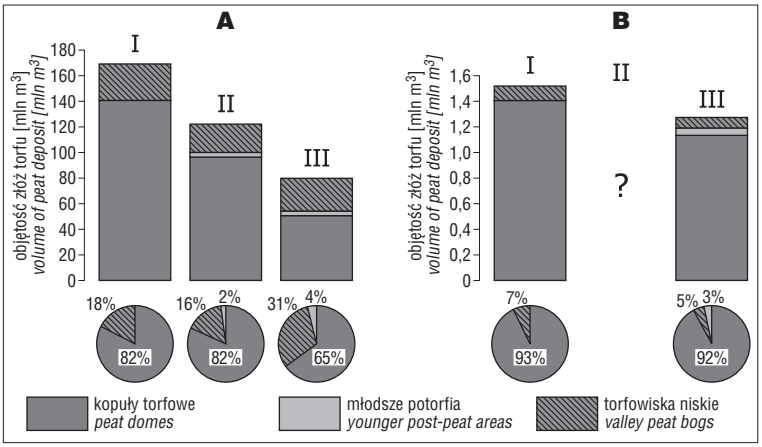
zajmują starsze potorfia z całkowicie wyeksploatowanym złożem w obrębie dawnego zasięgu kopuł torfowych. Powierzchnia starszych potorfi na terenie dawnych torfowisk niskich jest już co najmniej 10-krotnie większa (Łajczak, 2006). Powierzchnia torfowisk niskich obecnie nieco przekracza 5000 ha.

W Bieszczadach po zachodniej stronie Sanu łączna powierzchnia kopuł torfowych jest obecnie 28 razy mniejsza niż w badanej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i wynosi 47 ha, co stanowi 84% ich pierwotnego zasięgu (ryc. 7B). Otaczające je młodsze potorfia, utworzone w większym stopniu na skutek osuszenia złoża, niż wybierania torfu, zajmują tylko 9 ha. Brak informacji na temat użytkowania torfowisk bieszczadzkich przed połową XIX w. nie pozwala stwierdzić, czy na tym obszarze utworzone zostały starsze potorfia (Łajczak, 2011a). Należy więc przyjąć, że zmniejszenie zasięgu kopuł torfowych i utworzenie potorfi nastąpiło w tym rejonie między połową XIX w. a latami 80. XX w. Później, po utworzeniu rezerwatów torfowiskowych i po włączeniu w 1999 r. prawie wszystkich torfowisk do Bieszczadzkiego Parku Narodowego, rozpoczął się proces ich renaturalizacji.

Poszczególne torfowiska wysokie w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej mają obecnie znacznie bardziej zróżnicowaną powierzchnię niż te w Bieszczadach. W pierwszym z tych rejonów każde z 19 torfowisk zajmuje obszar od 9 ha do 660 ha (ryc. 8A). W 14 torfowiskach młodsze potorfia mają większą powierzchnię niż szczątkowe kopuły, a w 9 z tych obiektów potorfia stanowią nawet ponad 70% powierzchni całego torfowiska. Z największych torfowisk tylko w Puściźnie Wielkiej i Baligówce dominują kopuły obejmujące ponad 70% powierzchni. Duża, a nawet dominująca powierzchnia zajmowana przez młodsze potorfia w prawie każdym z torfowisk w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej wskazuje, że na te obszary powinna być zwrócona szczególna uwaga w analizie współczesnej retencji wodnej torfowisk w tym rejonie. W Bieszczadach każde z 17 torfowisk ma powierzchnię tylko od 0,8 ha do 13,5 ha (ryc. 8B). We wszystkich tych torfowiskach potorfia są już znacznie mniejsze niż kopuły i stanowią do 30% powierzchni torfowiska (w większości przypadków do 20%). W czterech torfowiskach nie stwierdzono potorfi.

ZMNIEJSZENIE OBJĘTOŚCI ZŁÓŻ TORFU NA SKUTEK DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA

W oszacowaniu objętości złóż torfu w obrębie kopuł (poza zasięgiem potorfi) w trzech wyróżnionych okresach przyjęto założenie, że średnia grubość złoża odniesiona do okresu o najmniejszej zawartości wody w torfie (przełom lata i jesieni) nie uległa istotnej zmianie w ciągu ostatnich 400 lat, gdyż nie mogły jej zmodyfikować zmiany klimatu, jak również minimalny przyrost złoża (zbyt krótki czas). W przypadku Kotliny Orawsko-Nowotarskiej przyjęto średnią miąższość torfu w kopułach w każdym



Ryc. 9. Łączna objętość złóż torfu w kopułach, młodszych potorfiach i torfowiskach niskich przed rozpoczęciem antropogenicznej degradacji torfowisk (I), w połowie XIX w. (II) i na początku XXI w. (III) w polskiej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (**A**) i Bieszczadów (**B**), a także udział kopuł, młodszych potorfi i torfowisk niskich w łącznej objętości złóż torfu w wyróżnionych okresach (diagramy koliste)

Fig. 9. Total volume of peat deposit in peat domes, younger post-peat areas and in valley peat bogs prior to human degradation (I), in the mid 19th century (II) and at the beginning of the 21st century (III) in the Polish part of the Orava-Nowy Targ Basin (**A**) and Bieszczady Mts. (**B**), and the proportions of peat domes, younger post-peat areas and valley peat bogs in the total volume of peat deposits in specified time periods (circle diagrams)

z wyróżnionych okresów równą 4,0 m, a w młodszych potorfiach 0,2 m. Ta ostatnia wartość stanowi efekt wybrania torfu, a także jego osuszenia rowami melioracyjnymi, które były wykonywane już w XVIII w. Obniżanie powierzchni osuszonych resztkowych złóż torfu musiało więc zacząć się lokalnie nawet co najmniej 200 lat temu. Według Pierzgalskiego (1996) proces ten najszybciej zachodzi w pierwszych latach po odwodnieniu złoża torfu. Skurczenie złoża torfu, czyli zmniejszenie jego objętości na skutek obniżenia powierzchni w wyniku utraty wody, zależy od skali odwodnienia złoża (Oleszczuk, 2011). Dlatego w badanych szczątkowych kopułach jest ono mniejsze niż w młodszych potorfiach lub w ogóle się nie zaznacza. Wpływa na to także, wskazana przez Myślińską (2001), mniejsza kurczliwość słabiej rozłożonych torfów wysokich budujących kopuły w stosunku do silniej rozłożonych torfów niskich – np. turzycowiskowych. Regulacja koryt potoków w sąsiedztwie torfowisk i związana z tym zmiana reżimu odpływu zapoczątkowana w połowie XX w. odgrywa niewielką rolę w osuszaniu złóż torfu w porównaniu z gęstą siatką rowów. Średnią miąższość złoża torfu w sąsiadujących torfowiskach niskich oszacowano w dwóch pierwszych okresach także na 0,2 m, ale współcześnie już na 0,5 m, ponieważ złoże o mniejszej miąższości zostało wcześniej na przeważającym obszarze wybrane, wypalone lub uległo likwidacji w wyniku rolniczego użytkowania gruntów. W Bieszczadach średnia miąższość torfu w kopułach wynosi tylko 2,5 m, w potorfiach 0,4 m (redukcja grubości złoża głównie w wyniku prac odwodnieniowych), a w torfowiskach niskich 0,2 m. W sąsiedztwie tych torfowisk nie prowadzono prac regulacyjnych w korytach cieków wodnych. Łączną powierzchnię kopuł, potorfi i torfowisk niskich w każdym z wymienionych okresów w obu badanych rejonach podano wcześniej. Oszacowane objętości torfu przedstawiono na rycinie 9.

Objętość złóż torfu w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej (w granicach Polski) przed rozpoczęciem antropogenicznej degradacji torfowisk oszacowano na 170 mln m^3, z czego 140 mln m^3 stanowiły rozległe kopuły, a 30 mln m^3 znacznie większe obszarowo torfowiska niskie. Złoża torfu w badanej części Bieszczadów miały wtedy ponad 100-krotnie mniejszą objętość – ok. 1,5 mln m^3 (w tym 1,4 mln m^3 w kopułach i 0,1 mln m^3 w torfowiskach niskich). Do połowy XIX w., od kiedy zmniejszanie zasięgu torfowisk w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej zachodziło coraz szybciej, objętość złóż torfu zmniejszyła się o ok. 28% i wynosiła wówczas prawdopodobnie 122 mln m^3. Blisko 82% objętości torfu było wtedy skoncentrowane w kopułach, 16% w torfowiskach niskich i 2% w potorfiach. Współczesna objętość torfu w tej kotlinie wynosi 79,5 mln m^3 i jest ponad dwukrotnie mniejsza niż w okresie, gdy na tym obszarze rozpoczęto zorganizowaną akcję osiedleńczą. Na kopuły przypada 65% objętości złóż, na torfowiska niskie 31%, a na potorfia 4%. W polskiej części Bieszczadów objętość złóż torfu wynosi obecnie 1,27 mln m^3, czyli jest 63 razy mniejsza niż w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej. Od czasu powstania wiosek w dolinach bieszczadzkich (XVII w.) objętość torfu zmalała na tym obszarze tylko o ok. 15%. Kopuły, mimo zmniejszenia zasięgu, nadal stanowią 92% objętości torfu, 5% złoża przypada na torfowiska niskie, a 3% na potorfia. Redukcja objętości złóż torfu ma zbliżony przebieg w czasie do zmniejszania zasięgu torfowisk. Na obu badanych obszarach w analizowanym okresie łączna objętość złóż torfu spadła o ok. 91 mln m3, czyli o 53%. Aż 99,7% tej wartości przypada na torfowiska w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej.

WSPÓŁCZESNE SEZONOWE ZMIANY ZAWARTOŚCI WODY W ZŁOŻACH TORFU

Głębokość, do której zachodzą sezonowe zmiany wilgotności torfu, jest wyznaczona przez najniższe położenie zwierciadła wody w ciągu roku. W kopułach torfowych strefa wahań zwierciadła wody obejmuje głównie akrotelm, dlatego niżej leżącą strefę katotelmu należy uznać za stabilną pod względem nawodnienia. Na obrzeżach szczątkowych kopuł torfowych w pobliżu świeżych skarp eksploatacyjnych lub złagodzonych skarp poeksploatacyjnych strefa wysychania złoża sięga głębiej i lokalnie może dochodzić do podstawy skarpy, obejmuje ona jednak wąski pas kopuł. Na potorfiach okresowe wysychanie zachodzi już w całej miąższości resztkowego złoża, ponieważ na takich obszarach rowy melioracyjne często osiągają ilaste podłoże torfu lub są docięte głębiej, aż do żwirów (Łajczak, 2006). Oleszczuk i in. (2001) oraz Brandyk i in. (2006) zaproponowali zależności empiryczne wyrażające relacje między zapasami wody a położeniem zwierciadła wody gruntowej oraz powierzchni terenu w profilu gleby torfowo-murszowej (na przykładzie doliny Biebrzy).

Wyniki badań sezonowych wahań głębokości zwierciadła wody w wybranych kopułach torfowisk w Bieszczadach z zainstalowanymi piezometrami przedstawiono w tabeli 1. Największe nasycenie wodą przypowierzchniowej warstwy

Tab. 1. Zmiany głębokości zwierciadła wody (w centymetrach) w wybranych kopułach torfowisk w Bieszczadach w latach 2009–2010. Dane z piezometrów zlokalizowanych w środku kopuł. Numeracja torfowisk jak na ryc. 2
Table 1. Fluctuations of water level depth (in centimetres) in some peat domes of the Bieszczady Mts. in the period 2009–2010. Data from piesometers located in the centres of the domes. For peat bog numbering see Fig. 2

Numer torfowiska *Peat bog number*	2009							2010							
	23–24.05	20–21.06	12–14.07	27–28.08	16–18.09	24–26.10	21–23.11	18–20. 04	9–11. 05	8–10.06	8–10.07	6–8.08	10–12.09	1–3.10	4–6.11
20	19	23	22	28	39	3	2	3	6	39	10	19	26	29	6
22	8	20	21	28	32	3	2	5	7	32	23	28	32	36	8
23	5	10	9	22	27	3	3	5	6	43	16	21	30	33	10
30	14	24	26	34	35	12	7	0	2	35	17	22	36	41	8
31	8	12	11	17	22	6	4	0	1	22	5	13	21	26	6
32	12	25	27	30	38	2	2	2	7	38	14	20	33	42	8
33	5	7	8	8	10	0	0	0	3	10	15	18	22	22	7

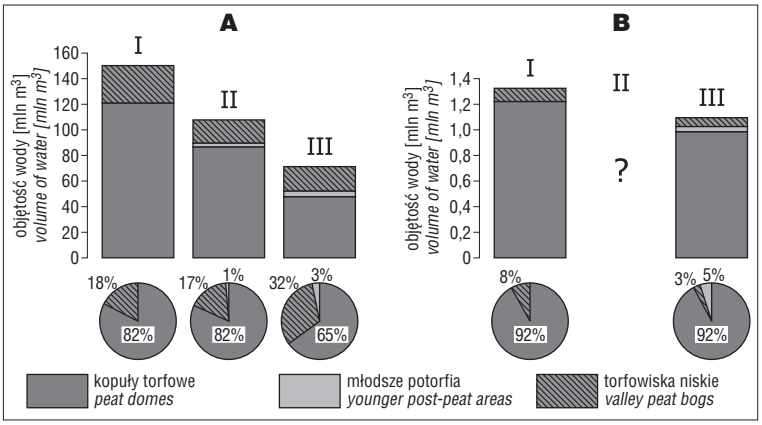
badanych złóż torfu stwierdzono od zakończenia roztopów do końca maja, kiedy zwierciadło wody zalega bardzo płytko. Latem po długotrwałych i obfitych opadach wilgotność złoża torfu także jest duża, jednak dość szybko spada, a zwierciadło wody obniża się. Zwierciadło wody w torfach zalega najniżej w długim okresie od sierpnia do października. Duże i długo trwające nasycenie wodą torfy osiągają ponownie późną jesienią. Ujemne temperatury zimą stabilizują ten poziom. W okresach najwyżej zalegającego zwierciadła wody gruntowej (kopuły, potorfia) wilgotność torfu zbliża się do wartości jego maksymalnej kapilarnej pojemności wodnej P_{wv}. Na obu badanych obszarach w całym profilu złóż torfu w kopułach w części odpowiadającej katotelmowi P_{wv} osiąga średnio 87%, w złożu w potorfiach 82%, natomiast w złożu w torfowiskach niskich 89%. Najmniejsza retencyjność wodna potorfi wynika ze zmniejszonej zdolności retencyjnej zmurszałego torfu, co stanowi potwierdzenie prawidłowości wskazanej przez Ilnickiego (2002) oraz Brandyka i Szatyłowicza (2002).

Ogólnie w sezonie wegetacyjnym zawartość wody w złożu torfu wykazuje tendencję malejącą. Najmniejsze zasoby wody w torfowiskach stwierdzono we wrześniu lub październiku podczas długotrwałej bezdeszczowej pogody. Wtedy poziom wody w torfie występuje najniżej, przykładowo na dużych obszarach wielu kopuł na głębokości poniżej 50 cm, a nawet 100 cm, a w pobliżu skarp eksploatacyjnych czy skarp rowów melioracyjnych nawet głębiej. Od zakończenia roztopów wiosennych do października zaznacza się więc tendencja do wzrostu różnicy między maksymalną kapilarną pojemnością wodną torfu a jego aktualną wilgotnością. Ten niedobór wody w złożu torfu obejmuje tylko przypowierzchniową strefę kopuł i ich brzeżne partie, ale na potorfiach już całą miąższość resztkowego złoża, które często uległo zmurszeniu. W sumie nie więcej niż ok. 20% objętości złóż torfu podlega okresowo częściowemu osuszaniu. Pozostała, głębiej leżąca część złoża ma prawie stałe zasoby wodne. Ujemna temperatura w sezonie zimowym stabilizuje duże zasoby wodne torfowisk powstające późną jesienią. W ciągu roku wysokie nasycenie wodą przypowierzchniowej warstwy torfu w kopułach zbliżone do jego maksymalnej kapilarnej pojemności wodnej trwa nieprzerwanie w ciągu co najmniej siedmiu miesięcy (od listopada do maja), podczas gdy głębsze partie złoża są trwale nasycone wodą. Postępujące osuszanie przypowierzchniowej warstwy torfu w sezonach letnim i jesiennym jest często przerywane podczas epizodów opadowych, co nawet na zmeliorowanych potorfiach umożliwia w sprzyjających warunkach opanowywanie takich obszarów przez typowe dla torfowisk gatunki roślin. Najbardziej sprzyjające warunki do wysokiej i stabilnej zawartości wody w torfie istnieją w tych fragmentach torfowisk, które są porośnięte przez mchy torfowce, a najmniej w tych, gdzie złoże nie jest pokryte roślinnością i gdzie torf ulega murszeniu, zwłaszcza na nadal stromych skarpach poeksploatacyjnych.

OCENA ZMNIEJSZENIA RETENCJI WODNEJ ANTROPOGENICZNIE ZDEGRADOWANYCH TORFOWISK

Maksymalną objętość wody, która mogła być zretencjonowana przez wszystkie torfowiska wysokie i niskie w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej (przykładowo w maju) zanim te obiekty zaczęły podlegać antropogenicznej degradacji, oszacowano na 150 mln m^3 (ryc. 10). Około 82% ilości wody gromadziły kopuły torfowe, a 18% torfowiska niskie. Chociaż do połowy XIX w. na skutek skurczenia zasięgu torfowisk ilość wody zawartej w torfie zmalała na tym obszarze o 28%, to kopuły nadal gromadziły 82% wody, torfowiska niskie 17%, a potorfia 1%. Obecnie torfowiska w kotlinie mogą zatrzymywać w maju prawie 70 mln m^3 wody, przy czym na kopuły przypada tylko 65% tej wielkości, na torfowiska niskie 32%, a na potorfia 3%. Ilość wody, jaką mogły maksymalnie zgromadzić wszystkie torfowiska w badanej części Bieszczadów, była do XVII w. 113 razy mniejsza niż w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i aż 92% tej wielkości przypadało na kopuły, a 8% na torfowiska niskie. Do czasów współczesnych retencyjność torfowisk bieszczadzkich zmalała w niewielkim stopniu. Nadal 92% maksymalnej objętości wody, którą mogą zatrzymać, gromadzi się w kopułach, 3% w torfowiskach niskich i 5% w potorfiach.

W polskiej części zarówno Kotliny Orawsko-Nowotarskiej, jak i Bieszczadów w latach nasilającej się presji



Ryc. 10. Maksymalna objętość wody zretencjonowanej w złożu torfu w kopułach, młodszych potorfiach i torfowiskach niskich przed rozpoczęciem antropogenicznej degradacji torfowisk (I), w połowie XIX w. (II) i na początku XXI w. (III) w polskiej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej (**A**) i Bieszczadów (**B**), a także udział kopuł, młodszych potorfi i torfowisk niskich w objętości zretencjonowanej wody w wyróżnionych momentach (diagramy koliste)

Fig. 10. Estimated maximum total volume of water retained in peat deposit in peat domes, younger post-peat areas and valley peat bogs prior to human degradation (I), in the mid 19th century (II) and at the beginning of the 21st century (III) in the Polish part of the Orava-Nowy Targ Basin (**A**) and Bieszczady Mts. (**B**), and the proportions of peat domes, younger post-peat areas and valley peat bogs in the total volume of water retained in peat deposit in specified time periods (circle diagrams)

człowieka na ekosystemy torfowiskowe ilość wody trwale zatrzymywanej przez złoża torfu zmniejszała się, co nie nawiązywało jednak do przebiegu ubytku objętości tych złóż. Wraz z przyrostem powierzchni młodszych potorfi zwiększała się objętość zmurszałego torfu, który łatwiej ulega głębszemu osuszaniu i krócej magazynuje wodę w porównaniu z torfem niezwietrzałym. Począwszy od drugiej połowy XIX w. szybko zwiększająca się sieć rowów odwadniających przyspieszyła tempo ubytku wody z murszejących torfów. O skali tego zjawiska może świadczyć często większa powierzchnia potorfi ze szczątkowym złożem torfu w stosunku do zachowanych fragmentów kopuł.

Na obu badanych obszarach maksymalna ilość wody, jaką mogły przez pewien czas zatrzymywać torfowiska, zmalała łącznie o ok. 79 mln m^3, czyli o 53%, z czego aż 77 mln m^3 przypada na fragmenty kopuł, które uległy całkowitej likwidacji lub zmieniły się w młodsze potorfia. Podobnie jak w przypadku ubytku objętości złoża torfu, także 99,7% bezpowrotnie utraconej ilości wody odnosi się do antropogenicznie zdegradowanych torfowisk w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej. Objętość wody utraconej przez skurczone kopuły torfowe w tej kotlinie stanowi 97% wody utraconej przez wszystkie torfowiska na obu badanych obszarach.

DYSKUSJA I WNIOSKI

Antropogeniczne zmiany retencji wodnej torfowisk, zwłaszcza wysokich, zachodzą głównie wskutek wybierania torfu ze złoża i jego osuszania. Rozszerzanie zasięgu potorfi kosztem kurczących się kopuł torfowych jest wynikiem ręcznego wybierania torfu przez indywidualnych właścicieli gruntów, a także wielkoobszarowego wybierania torfu metodami przemysłowymi i osuszania złoża na terenach zmeliorowanych. Pierwsza z tych sytuacji jest typowa dla badanych rejonów (Mirska, 1956; Koczur, 1996; Łajczak, 2002, 2006, 2011b), natomiast rozległe pola wydobywcze (czynne lub nieczynne – zamienione w potorfia) oraz zmeliorowane duże obszary torfowisk spotyka się najczęściej w północnej Polsce (Ilnicki, 1973; Krzywonos, 1974; Piaścik i in., 1992; Churski, 1993; Mioduszewski i in., 1996; Pierzgalski, 1996).

Złoże torfu bez pokrywy roślinnej (na potorfiach) w obrębie badanych torfowisk częściej i dłużej ulega przesuszaniu i jest bardziej narażone na murszenie niż – przykładowo – torfowiska w Wielkiej Brytanii i Irlandii, gdzie z uwagi na uwarunkowania klimatyczne doły torfowe są często podmokłe i gdzie narastanie złoża zachodzi szybciej (Cooper & McCann, 1995; Latocha, 2012). Na wyspach brytyjskich dużemu uwilgoceniu złóż torfu sprzyja szybkie zarastanie potorfi trawami, podczas gdy na badanych obszarach Karpat zarastanie skarp torfowych – głównie roślinami krzewinkowymi i sosnami – trwa dłużej, a mchy torfowce początkowo kolonizują wyłącznie doły torfowe i rowy melioracyjne (Korczyńska, 1952; Mirska, 1956; Zembrzuski, 1994; Koczur, 1996; Łajczak, 2006, 2011b).

Zachowane fragmenty kopuł torfowych w polskiej części Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i Bieszczadów stanowią 0,7% liczby zinwentaryzowanych torfowisk wysokich w kraju, jednak zajmują one obecnie powierzchnię 1347 ha, co odpowiada 2,2% obszaru wszystkich torfowisk wysokich w Polsce (por. Żurek, 1983; Ilnicki & Żurek, 1996). Udział tych kopuł włącznie z potorfiami młodszymi wzrasta już do 4,3% powierzchni torfowisk wysokich w kraju, natomiast razem z zachowanymi fragmentami torfowisk niskich w ich otoczeniu wynosi tylko 0,6% powierzchni wszystkich torfowisk w Polsce. Udział zbadanych szczątkowych kopuł torfowych w łącznej objętości wszystkich złóż torfu w Polsce wynosi 0,13%, a włącznie z potorfiami 0,14%.

Według Churskiego (1993) torfowiska w Polsce gromadzą obecnie co najmniej 34 mld m^3 wody. Tylko 0,21% tej wielkości przypada na torfowiska w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i jedynie 0,004% na torfowiska w polskiej części Bieszczadów. Łącznie w obu rejonach 2/3 ilości wody gromadzą szczątkowe kopuły. Ilość wody bezpowrotnie utraconej w wyniku wyeksploatowania części złoża torfu i jego osuszenia na obu badanych obszarach w polskich Karpatach, wynosząca 79 mln m^3 (w tym w kopułach 77 mln m^3), stanowi aż połowę objętości wody, o którą zmniejszyły się zasoby wodne wszystkich torfowisk w kraju tylko w wyniku ich zmeliorowania (por. Dynowska, 1988; Pietrucień, 1993). Podana wielkość 79 mln m^3 wody dotyczy prawie w 100% Kotliny Orawsko-Nowotarskiej i stanowi 34% pojemności zbiornika Czorsztyńskiego przy średnim stanie wody. Tak drastyczne zmniejszenie zasobów wodnych w torfowiskach tej kotliny można uznać za klęskę ekologiczną (Łajczak, 2006).

Pomimo zaawansowanego stanu badań nad antropogeniczną degradacją omówionych torfowisk wskazana jest ich kontynuacja, która powinna uwzględniać ocenę wzrostu zasobów wodnych w zachowanych złożach torfu w warunkach postępującej renaturalizacji zdegradowanych wcześniej torfowisk.

LITERATURA

BRANDYK T., OLESZCZUK R. & SZATYŁOWICZ J. 2006 – Porównanie różnych sposobów określenia zapasów wody w glebie torfowo-murszowej użytkowanej łąkowo. Acta Agrophys., 8: 11–21.

BRANDYK T. & SZATYŁOWICZ J. 2002 – The influence of meadow abandonment on physical properties and water conditions of peat soils. [W:] Ilnicki P. (red.) Restoration of carbon sequestaration capacity and biodiversity in abandoned grassland on peatland in Poland. Wyd. Akad. Rol., Poznań: 77–93.

CHRZANOWSKI S. & SZUNIEWICZ J. 2002 – Zanikanie gleb organicznych na intensywnie zmeliorowanym torfowisku w rejonie Biebrzy. Woda–Środowisko–Obszary Wiejskie, 2: 129–137.

CHURSKI Z. 1993 – Antropogeniczne i naturalne tendencje rozwoju jezior i mokradeł w Polsce. [W:] Dynowska I. (red.) Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych. Wyd. Uniw. Jagiell., Kraków: 55–210.

COOPER A. & MCCANN T. 1995 – Machine peat cutting and land use change on blanket bog in Northern Ireland. J. Environ. Manag., 43: 153–170.

DYNOWSKA I. 1988 – Przemiany stosunków wodnych. [W:] Starkel L. (red.) Przemiany środowiska geograficznego Polski. Zakł. Narod. im. Ossolińskich, Wrocław: 137–153.

FRĄCKOWIAK H. & FELIŃSKI T. 1994 – Obniżanie się powierzchni łąkowych gleb organicznych w warunkach intensywnego przesuszenia. Wiad. Inst. Melior. Użyt. Ziel., 17(2): 29–35.

GILMAN K. 1994 – Hydrology and wetland conservation. Wiley & Sons, New York, s. 101.

HORAWSKI M., CURZYDŁO J. & WÓJCIKIEWICZ M. 1979 – Wahania poziomu powierzchni torfowiska wysokiego Bór na Czerwonem w latach 1974 i 1975. Zesz. Nauk. Akad. Rol. im. H. Kołłątaja w Krakowie 153, Melioracje, 10: 19–32.

ILNICKI P. 1973 – Rozmiar osiadania zmeliorowanych torfowisk nadnoteckich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 146: 33–61.

ILNICKI P. 2002 – Torfowiska i torf. Wyd. Akad. Rol., Poznań, s. 606.

ILNICKI P. & ŻUREK S. 1996 – Peat resources in Poland. [W:] Lappalainen E. (red.) Global peat resources. Intern. Peat Soc., Geol. Surv. Finland: 119–125.

JASNOWSKI M. 1975 – Torfowiska i tereny bagienne w Polsce. [W:] Kac I. (red.) Bagna kuli ziemskiej. PWN, Warszawa: 356–390.

KOCZUR A. 1996 – Zmiany powierzchni i stanu zachowania torfowisk wysokich koło Ludźmierza w ostatnim stuleciu. Chrońmy Przyr. Ojcz., 5: 25–38.

KORCZYŃSKA E. 1952 – Bory i puścizny Podhala i Orawy. Pr. Zakł. Dendr. Pomol. w Kórniku: 240–259.

KRZYWONOS K. 1974 – Pomelioracyjne osiadanie torfowisk w rejonie ZD MUZ Biebrza. Wiad. Inst. Melior. Użyt. Ziel., 12(1): 151–169.

LATOCHA A. 2012 – Antropogeniczne zmiany środowiska przyrodniczego obszarów górskich w Irlandii na przykładzie Parku Narodowego Glenveagh. [W:] Łajczak A. (red.) Antropopresja w wybranych strefach morfoklimatycznych – zapis zmian w rzeźbie i osadach. Pr. Wydz. Nauk o Ziemi Uniw. Śl., 77: 231–241.

LIPKA K. 1999 – Ocena aktualnego stanu wartości przyrodniczych torfowisk oraz terenów przyległych z określeniem możliwości ograniczonego, kontrolowanego pozyskania mchów torfowców na obszarze gmin Lipnica Wielka, Jabłonka, Czarny Dunajec, Nowy Targ – miasto i gmina. Firma Specjalist. PEAT-POL, Kraków, s. 110.

ŁAJCZAK A. 2002 – Antropogeniczna degradacja torfowisk orawsko-podhalańskich. Czas. Geogr., 73: 27–61.

ŁAJCZAK A. 2006 – Torfowiska Kotliny Orawsko-Nowotarskiej. Inst. Botan. im. W. Szafera PAN, Kraków, s.147.

ŁAJCZAK A. 2009 – Warunki rozwoju i rozmieszczenie torfowisk w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej. Prz. Geol., 57: 694–702.

ŁAJCZAK A. 2011a – Plan ochrony Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Archiwum Dyr. Bieszcz. Parku Narod., Ustrzyki Górne, s. 240.

ŁAJCZAK A. 2011b – Contemporary changes in the relief of raised bogs on the example of the Polish Carpathians. Geogr. Pol., 84, Spec. Issue, Part 2: 75–92.

MIODUSZEWSKI W., SZUNIEWICZ J., KOWALEWSKI Z., CHRZANOWSKI S., ŚLESICKA A. & BOROWSKI J. 1996 – Gospodarka wodna na torfowisku w środkowym basenie Biebrzy. Bibl. Wiad. Inst. Melior. Użyt. Ziel., 90: 1– 84.

MIRSKA A. 1956 – O możliwościach gospodarczego wykorzystania nieużytków potorfowych Kotliny Nowotarskiej. Chrońmy Przyr. Ojcz., 2: 3–9.

MYŚLIŃSKA E. 2001 – Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, s. 208.

OKRUSZKO H., GOTKIEWICZ J. & SZUNIEWICZ J. 1993 – Zmiany zawartości mineralnych składników gleby torfowej pod wpływem wieloletniego użytkowania łąkowego. Wiad. Inst. Melior. Użyt. Ziel., 17(3): 139–152.

OLESZCZUK R. 2011 – Analiza charakterystyk zmian objętości odwadnianych i nawadnianych gleb torfowisk niskich. Rozpr. Nauk. Monogr. SGGW, 381, s. 138.

OLESZCZUK R., SZATYŁOWICZ J. & BRANDYK T. 2001 – Ocena zasobów wodnych gleby torfowo-murszowej na podstawie pomiarów pionowych zmian położenia powierzchni gleby. Probl. Post. Nauk Rol., 477: 121–128.

PIAŚCIK H., BIENIEK B. & WÓJCIAK H. 1992 – Zmiany w niektórych glebach torfowych Pojezierza Mazurskiego powodowane ponad 100-letnim odwodnieniem i użytkowaniem. Rocz. Nauk Rol., F, 83: 89–97.

PIERZGALSKI E. 1996 – Melioracje użytków zielonych – nawodnienia podsiąkowe. Wyd. SGGW, Warszawa, s. 200.

PIETRUCIEŃ C. 1993 – Zmiany hydrologiczne i przestrzenne obszarów podmokłych. [W:] Dynowska I. (red.) Przemiany stosunków wodnych w Polsce w wyniku procesów naturalnych i antropogenicznych. Wyd. Uniw. Jagiell., Kraków: 177–205.

PRICE J. 1997 – Soil moisture, water tension and water table relationship in a managed cutover bog. J. Hydrol., 202: 21–32.

PRICE J.S. & SCHLOTZHAUER S.M. 1999 – Importance of shrinkage and compression in determining water storage changes in peat: the case of mined peatland. Hydrol. Proc., 13: 2591–2601.

SZAJDA J. & OLSZTA W. 1995 – Ocena udziału retencji pulsacji w bilansie wodnym torfowiska Krowie Bagno. [W:] Golubiewska E. i in. (red.) Torfoznawstwo w badaniach naukowych i praktyce. Sesja naukowa z okazji jubileuszu 45-lecia działalności naukowej oraz 70. rocznicy urodzin prof. dra hab. Henryka Okruszko, Falenty, 6–7 listopada 1995. Wyd. Inst. Melior. Użyt. Ziel., Falenty: 292–329.

SZUNIEWICZ J., CHURSKI T. & SZAJDA J. 1993 – Ruchy powierzchni i retencja pulsacji w glebach torfowo-murszowych. Wiad. Inst. Melior. Użyt. Ziel., 17(3): 191–205.

ZEMBRZUSKI J. 1994 – Ochrona torfowisk Orawy i Podhala jest konieczna i możliwa. [W:] Kraina torfowisk orawsko-podhalańskich, ocalić czy zniszczyć? Wyd. LOP, Klub Ekol. Karpaty: 7–14.

ŻUREK S. 1983 – Stan inwentaryzacji torfowisk w Polsce. Wiad. Melior. i Łąk., 7: 210–215.

ŻUREK S. 1987 – Złoża torfowe w Polsce na tle stref torfowych Europy. Dokument. Geogr., 4: 1–84.

Praca wpłynęła do redakcji 15.05.2011 r.
Po recenzji akceptowano do druku 8.05.2013 r.

Zmniejszenie zasięgu złóż torfu i ich retencji wodnej w Kotlinie Orawsko-Nowotarskiej i w Bieszczadach w wyniku działalności człowieka (patrz str. 532)

Reduction of the extent of peat deposits and their water retention capacity in the Orava-Nowy Targ Basin and Bieszczady Mts. due to human activity (see p. 532)

Ryc. 3. Skarpa poeksploatacyjna oddzielająca wierzchowinę torfowiska od potorfi, południowy skraj torfowiska Bór za Lasem Kaczmarka w sąsiedztwie miejscowości Podczerwone (Kotlina Orawsko-Nowotarska)
Fig. 3. Non-active exploitation escarpment separating the peat dome from the post-peat areas, southern edge of the Bór za Lasem Kaczmarka raised bog, vicinity of Podczerwone village (Orava-Nowy Targ Basin)

Ryc. 4. Aktywna skarpa eksploatacyjna torfowiska wysokiego Puścizna Wielka w okolicach miejscowości Piekielnik (Kotlina Orawsko-Nowotarska). Obie fot. A. Łajczak
Fig. 4. Active exploitation escarpment of the Puścizna Wielka raised bog, vicinity of Piekielnik village (Orava-Nowy Targ Basin). Both photos by A. Łajczak