

HYDROGEOLOGICZNE I HYDROLOGICZNE WARUNKI EKSPLOATACJI TORFU METODĄ FREZOWANIA ORAZ REKULTYWACJI WYROBISK W POLSCE PÓŁNOCNEJ

HYDROGEOLOGICAL AND HYDROLOGICAL CONDITIONS OF PEAT EXPLOITATION USING GRINDING METHOD AND EXCAVATION SITES RECLAMATION IN NORTHERN POLAND

Leszek Jurys - Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy Oddział Geologii Morza, Gdańsk

Torfowiska, szczególnie torfowiska wysokie, uznawane są za niezwykle cenne przyrodniczo obszary. Dlatego przemysłowa eksploatacja torfu, w praktyce głównie z torfowisk wysokich, poddawana jest silnej krytyce. Za szczególnie szkodliwe uznaje się odwadnianie wyrobisk, które ma jakoby prowadzić do bardzo niekorzystnych zmian stosunków wodnych w okolicy. Pogląd ten w świetle praktyki i wyników badań nie znajduje potwierdzenia. Eksploatowane torfowiska wysokie posiadają autonomiczne warunki hydrogeologiczne i hydrologiczne. Stan ten nie zmienia się istotnie w wyniku eksploatacji, co radykalnie ogranicza jej oddziaływanie na otoczenie.

W artykule przedstawione są warunki wodne w różnych torfowiskach wysokich, w zależności od położenia w typowych sytuacjach geologicznych, oraz zmiany warunków wodnych wywołane eksploatacją torfu.

Słowa kluczowe: warunki hydrogeologiczne, warunki hydrologiczne, torfowisko wysokie, eksploatacja torfu, rekultywacja wyrobisk

Bogs, especially raised bogs are recognized as environments of extreme natural value. This is why peat industrial exploitation, in fact mainly from the areas of raised bogs, comes across strong criticism. Drainage of peat excavation sites is considered to affect the adjacent water regime negatively. Such an outlook, in the light of current praxis and results of researches, is not confirmed. Raised bogs possess autonomic hydrogeological and hydrological systems. They are not likely to change during the exploitation which limits the interaction radically.

Water regimes within raised bogs are described in this article. Their local geological conditions and water regime variation due to exploitation has been investigated.

Key words: hydrogeological conditions, hydrological conditions, raised bog, peat excavation, excavation site reclamation

Wstęp

Torfowiska, szczególnie torfowiska wysokie, uznawane są za niezwykle cenne przyrodniczo obszary. Docenia się ich florystyczną wyjątkowość, ważną funkcję archiwizowania zmian środowiska, a zwłaszcza rolę jaką pełnią w retencji i obiegu wody. W tej sytuacji trudno się dziwić, że przemysłowa eksploatacja torfu, w praktyce głównie z torfowisk wysokich, poddawana jest krytyce. Za szczególnie szkodliwe uznaje się odwadnianie wyrobisk, które oprócz zmniejszenia retencji oraz zmiany obiegu wody, ma jakoby powodować degradację okolicznych, nie objętych eksploatacją części torfowiska. W świetle praktyki i wyników badań z poglądami tymi nie sposób zgodzić się bezkrytycznie. Z pewnością są to zbyt daleko

idące uogólnienia. Zwraca na to uwagę profesor Ilnicki w rozdziale o hydrologii torfowisk książki „Torfowiska i torf” [5]. Przedstawiając wpływ torfowisk na gospodarkę wodną zlewni pisze między innymi „...wyniki badań wskazują na to, iż torfowisk nie można traktować jako źródeł wody dla cieków. Wpływ torfowisk na bilans wodny polega na ich większej – w porównaniu z glebami mineralnymi – ewapotranspiracji, wynikającym z tego mniejszym odpływie oraz mniejszej zdolności retencyjnej profilu glebowego”. Wypowiedź ta jest fragmentem omówienia wyników światowych badań w zakresie hydrologii torfowisk, w tym również badań hydrogeologicznych. Bardziej kategorię stwierdzenie profesora Ilnickiego znajdziemy w pracy pt. „Ekspertyza: wpływ kopalni torfu Żelazkowo na środowisko przyrodnicze” z 1990 r. [4] gdzie także odwołując

się do wyników badań hydrologicznych przeprowadzonych w wielu krajach kwestionuje powszechny pogląd, że „torfowisko stanowi zbiornik wodny (lądowe jezioro), który reguluje przepływy wody w rzece zmniejszając stany wysokie i podwyższając niskie”. Jest wręcz przeciwnie. Torfowisko jak gąbka chłonie wodę do maksymalnej pojemności, po czym dopiero jest możliwy spływ nadmiaru opadów. W czasie suszy nie oddaje wody do cieków. Nie pełni zatem roli regulatora przepływów w rzekach lecz zwiększa ich skrajne wartości. Rolę taką może natomiast pełnić torfowisko o „obniżonym poziomie wody gruntowej”.

Ekspertyza ta wyróżniająca się wnikliwością i oparciem o szerokie spektrum danych o torfowisku i jego otoczeniu jest niestety nietypowa. W większości opracowań wykonywanych w związku z planowaną eksploatacją torfu warunki hydrogeologiczne powstania i funkcjonowania torfowisk przedstawiane są na ogół schematycznie. Dotyczy to także dokumentacji geologicznych. Autorzy tych opracowań zadowalają się ogólną, podręcznikową wiedzą na ten temat, niestety nie zawsze słuszną w odniesieniu do danego torfowiska, lub wręcz błędną w opisie relacji między torfowiskiem a wodami podziemnymi.

Jedną z przyczyn ograniczonej wiedzy o hydrologii torfowisk i jej związku z miejscowymi warunkami hydrogeologicznymi jest praktykowany w przeszłości sposób rozpoznawania złóż, a w tym opisywania profili wyrobisk badawczych. Większość eksploatowanych złóż torfu udokumentowana została w okresie, gdy torfy nie były uznane za kopalinę i geologiczne „dokumentacje torfowiskowe” wykonywali na ogół botanicy i leśnicy, którzy torf opisywali kompetentnie, ale wody występujące w torfie oraz osady podtorfowe ogólnikowo, lub wręcz źle. Często do osadów podtorfowych w ogóle się nie dowiercano. Najważniejszym jest jednak fakt, że zwykle w profilach otworów badawczych brak jest jakiegokolwiek informacji o wodzie. Informacje na temat wody występującej w torfach znajdują się w części tekstowej dokumentacji, ale przedstawione są w sposób bardzo ogólnikowy. Prawie nigdy nie rozpatrywano w nich położenia torfowiska na tle lokalnych warunków geologicznych i hydrogeologicznych. Mimo tego wody występujące w torfie uznaje się zwykle za część występującej na danym terenie warstwy wodonośnej, z którą mają silną więź hydrauliczną polegającą na zasilaniu torfowisk wodami gruntowymi. Niestety ten pogląd, w większości przypadków błędny, daje podstawę do późniejszych obaw co do skutków odwadniania wyrobisk.

Slabo zbadane i ogólnikowo opisane są również warunki hydrologiczne. Na szczęście opisy te dotyczą głównie brzeżnych części torfowisk, w których występują torfy niskie i przejściowe. W naturalnych warunkach kopuła ombrogenicznego torfowiska wysokiego pozbawiona jest cieków i zbiorników wód powierzchniowych.

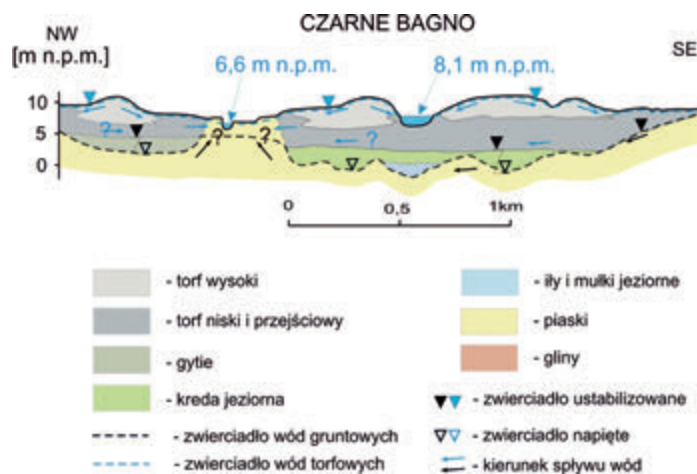
W świetle przedstawionego powyżej braku standardowych informacji o wodzie w złożu torfu gospodarka wodna w kopalniach wydaje się być mało przewidywalna, a jej środowiskowe oddziaływanie nieznane. W tej sytuacji praktyka górnicza opierała się na doświadczeniach i tradycji.

Można niestety uznać, że hydrogeologia torfowisk wysokich w Polsce nie była przedmiotem kompleksowych badań opartych na konkretnych pomiarach ilościowych. Nie są nimi także wieloletnie badania terenowe prowadzone przez autora [7,8,9] będące podstawą przedstawionych w dalszej części poglądów. Były to głównie badania geologiczno-poszukiwawcze i rozpoznawcze złóż kredy jeziornej i torfu, szczegółowe kartowanie geologiczne oraz hydrologiczne badania środowiskowe eksploatowanych torfowisk wykonywane w Polsce północnej. Dlatego przedstawione w dalszej części informacje dotyczą głównie pomorskich i warmińskich torfowisk wysokich, które głównie były i są przedmiotem przemysłowej eksploatacji torfu.

Liczne i obszerne badania prowadzone przez naukowców z Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych oraz innych placówek naukowych dotyczyły prawie wyłącznie hydrologii torfowisk niskich i przejściowych możliwych do zagospodarowania rolniczego. Ponadto ich głównym celem było uzyskanie wiedzy pozwalającej na skuteczną meliorację.

Z powyższych przyczyn, w tym braku oparcia o metodyczne wykonane celowe pomiary i badania, opisana w artykule problematyka ma w wielu miejscach cechy koncepcji, których weryfikacja w drodze dalszych specjalistycznych badań wydaje się być zasadną.

Rzetelne wyjaśnienie warunków geologicznych i hydrogeologicznych w jakich powstało i funkcjonuje torfowisko oraz jest prowadzone wydobywanie torfu ma kardynalne znaczenie dla ochrony torfowisk, ich renaturyzacji i rekultywacji wyrobisk. Jest to tym bardziej ważne wobec wspomnianego wcześniej powszechnego przekonania o silnej więzi hydraulicznej wód występujących w torfie z wodami gruntowymi w okolicy. Dla jasności opisu w dalszej części tekstu wody gruntowe występujące w torfie nazywane są wodami torfowymi w odróżnieniu od



Rys. 1. Przekrój geologiczny przez torfowisko „Czarne Bagno”

Fig. 1. Geological cross section through “Czarne Bagno” bog

wód gruntowych występujących poza i pod torfowiskiem.

Warunki geologiczne, hydrogeologiczne i hydrologiczne występowania dużych torfowisk wysokich

Podstawą wiedzy o warunkach wodnych w jakich torfowisko powstawało jest rozpoznanie budowy geologicznej obszaru, na którym się ono znajduje wraz z poznaniem budowy samego torfowiska. Trzeba także zebrać przynajmniej podstawowe dane hydrologiczne, w tym o melioracji i jej stanie. Jak skomplikowany jest system wodny torfowiska przedstawia przekrój hydrogeologiczny przez torfowisko Czarne Bagno w Pradolinie Łeby (rys. 1). Dopiero analiza całości powyżej wymienionych informacji pozwala na przewidywanie oraz ocenę zakresu i skali zmian wywołanych eksploatacją torfu, a także kierunku postępowania na etapie rekultywacji.

Budowa geologiczna większego obszaru występowania złoża torfu pokazuje czy istnieje i jaki jest kontakt torfowiska z wodami gruntowymi oraz jaki jest jego charakter. Wieloletnie badania geologiczne i hydrogeochemiczne torfowisk eksploatowanych oraz innych, prowadzone przez autora wraz ze zmieniającym się zespołem pozwoliły wyróżnić na Pomorzu, Warmii i Mazurach trzy podstawowe hydrogeologiczne uwarunkowania występowania dużych torfowisk, a w nich nadających się do eksploatacji torfowisk wysokich. Oczywiście podział ten nie jest kategoryczny. Bywają warunki geologiczne mieszane, zwłaszcza pomiędzy typami II i III.

Typ I – warunki hydrogeologiczne wysoczyznowe (rys. 2)

Torfowiska powstały w płytkich obniżeniach gliniastej powierzchni wysoczyzny morenowej praktycznie bez kontaktu z wodami gruntowymi. Jedynie miejscami na obrzeżu torfowisk występują wysięki i małe wypływy wód gruntowych, prawdopodobnie zawieszonych.

W obniżeniach gliniastej powierzchni, przed akumulacją torfu występowały miejscami niewielkie jeziora zasilane wodami powierzchniowymi spływającymi z okolicznych terenów. Ilaste osady jeziorne mają zwykle małą miąższość, kilku, kilkunastu centymetrów, rzadziej większą. Jeziora te szybko zarosły i nastąpił etap rozwoju torfowiska. W brzeżnych częściach rozwijało się torfowisko niskie i przejściowe, którego roślinność przechwytywała dopływające wody powierzchniowe i zawarte

w nich składniki pokarmowe. W centralnej części torfowiska powstawało torfowisko wysokie zasilane wyłącznie wodami opadowymi, o charakterystycznej kopulastej powierzchni, położonej kilka metrów wyżej niż części brzeżne.

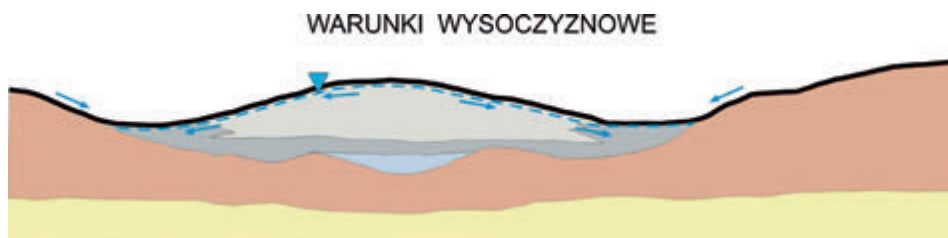
Typ II – warunki hydrogeologiczne pojeziorne (rys. 3)

Torfowiska powstały w zagłębieniach pojeziornych o różnym kształcie i głębokości, niegdyś będących miejscem drenażu wód gruntowych. W tych warunkach misy jezior wypełniły się różnego rodzaju gytiami, zwykle wapiennymi, niekiedy nawet kredą jeziorną. Jeziora te przestały istnieć około 5 - 6 tysięcy lat temu, wraz z obniżeniem się poziomu wód gruntowych po całkowitym wytopieniu się zagrzebanych brył martwego lodu, pochodzącego z ostatniego lądolodu. Na osadach jeziornych rozwinęły się torfowiska. Aktualnie zwierciadło wód gruntowych znajduje się na wysokości granicy między osadami jeziornymi a torfem. Osady jeziorne szczelnie izolują dno obniżenia tak, że wody gruntowe mogły dostawać się jedynie miejscami do brzeżnych części torfowiska, gdzie akumulowany był torf niski i przejściowy. Ta część torfowiska zasilana była także wodami pochodzącymi ze spływu powierzchniowego. W takich warunkach hydrologicznych występuje okrajek. W centralnej części obniżenia, podobnie jak w poprzednim przypadku powstawała kopuła torfowiska wysokiego zasilanego wyłącznie wodami opadowymi.

Typ III – warunki hydrogeologiczne pradolinne (rys. 4)

Podłożem torfowisk powstających w pradolinach są osady piaszczyste przez które na powierzchnię terenu wypływały wody podziemne. Przy braku możliwości gromadzenia się wód w jeziorze spływały one po mineralnej powierzchni dna pradoliny tworząc miejscami cieki. W tych warunkach powstawały największe torfowiska. Gdyby nie ich wielkość można by je nazwać źródłiskowymi. Tutaj także, tak jak w poprzednich przypadkach, w brzeżnych częściach rozwijały się torfowiska niskie i przejściowe zasilane wodami gruntowymi oraz wodami spływu powierzchniowego, a w środku pradolin powstawały kopuły torfowisk wysokich. Dopływ wód gruntowych z piasków podścielających torfowiska ma bardzo ograniczony zasięg wysokościowy, wynoszący zwykle nie więcej niż 0,3 m.

Należy podkreślić iż zaprezentowany podział dotyczy hydrogeologicznych warunków występowania torfowisk a nie ich relacji z wodami gruntowymi, które jeśli zachodziły to głównie



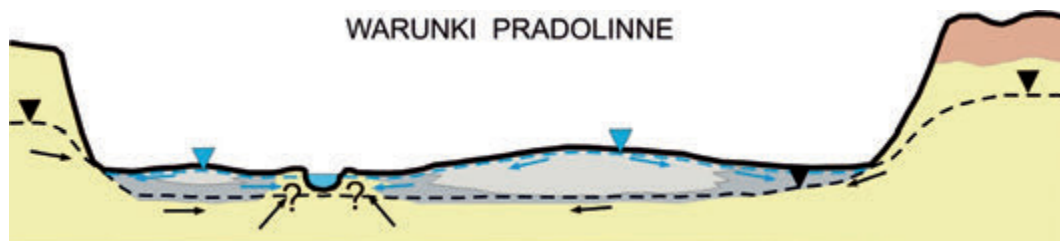
Rys. 2. Torfowisko wysokie na wysoczyźnie morenowej – objaśnienia jak na rys. 1

Fig. 2. Raised bog within a moraine plateau – see Fig. 1. for legend explanation



Rys. 3. Torfowisko wysokie pojeziorne – objaśnienia jak na rys. 1

Fig. 3. Raised bog developed from a lake – see Fig. 1. for legend explanation



Rys. 4. Torfowisko wysokie w pradolinie – objaśnienia jak na rys. 1

Fig. 4. Raised bog within a proglacial stream valley – see Fig. 1. for legend explanation

w fazie inicjalnej rozwoju torfowiska i wyjątkowo na jego obrzeżach. Z pewnością brak jest więzi hydraulicznej pomiędzy wodami torfowymi a gruntowymi występującymi poza i pod torfowiskiem. Wyjątkiem są tu torfowiska źródłiskowe.

Cechy fizykochemiczne wód torfowych

W rozpoznaniu warunków hydrogeologicznych w obrębie torfowiska i jego najbliższym otoczeniu niezwykle przydatne są badania podstawowych cech fizykochemicznych wód takich, jak pH i przewodność elektrolityczna, będąca równoważnikiem mineralizacji. Badania te można wykonywać w terenie szybko i w dużej ilości, używając dostępnych, niewielkich urządzeń.

Wody torfowe różnią się wyraźnie cechami fizykochemicznymi od wód gruntowych oraz powierzchniowych występujących w otoczeniu torfowiska. Posiadają niską mineralizację i związaną z tym niską przewodność elektrolityczną, mniejszą niż 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ oraz niskie pH (od 3,5 do 5) [8]. Niska przewodność elektrolityczna świadczy o ich pochodzeniu atmosferycznym. W wodach gruntowych parametry te osiągają wartości wyraźnie większe, przewodność od 300 do 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a pH od 6 do 7. Najniższe wartości przewodności elektrolitycznej i pH cechują wody torfowisk wysokich. Jest to wynikiem ich odrębności hydrogeologicznej.

Wieloletnie badania cech fizykochemicznych wód torfowych [8,9] pozwoliły na stwierdzenie braku istotnej więzi wód torfowych z wodami gruntowymi w otoczeniu torfowiska. Więź tę stwierdzono tylko w jednym przypadku, na torfowisku Krakulice w Pradolinie Łęby. Torf leży tu bezpośrednio na zawodnionych piaskach. Infiltracja wód gruntowych piasku do torfu (trzciniowego i drzewnego) sięga do około 30 cm powyżej stropu piasków.

Zdecydowanie częściej na obrzeżach torfowisk stwierdzano dopływ wód powierzchniowych.

Hydrogeologia kopuły torfowiska wysokiego

Opisane na początku rozdziału warunki hydrogeologiczne i hydrologiczne dotyczyły całych torfowisk wraz z ich otoczeniem. Zwykle w ich centrum znajduje się użytkowana górniczo płaska kopuła torfowiska wysokiego o wysokości względnej nawet do 8 m i autonomicznych właściwościach hydrogeologicznych. Jedyna woda, która tutaj się dostawała to opady deszczu i śniegu. Była ona następnie gromadzona w torfie w szczątkach roślinnych i w przestrzeni pomiędzy nimi, tak jak w gąbce. Frankiewicz [1] wymienia 6 różnych „rodzajów” wody w torfie: wodę grawitacyjną, kapilarną, ultra kapilarną, osmotyczną, związaną fizycznie i chemicznie oraz higroskopową. Gromadzenie jak największej ilości wody przy równoczesnym ograniczeniu do minimum jej utraty w wyniku odpływu i ewapotranspiracji jest determinantą życia

torfowiska wysokiego. Zwierciadło wody w żywym torfowisku znajduje się nie głębiej niż około 20-30 cm, w torfowisku zdegradowanym, np. porośniętym borem bagiennym, nieco głębiej, około 50 cm.

Przed ingerencją człowieka kopuła żywego torfowiska wysokiego kształtowała się w warunkach równowagi hydrogeologicznej. Jej kształt odpowiadał powierzchni lustra wód torfowych. Szybsze narastanie torfu wysokiego niż niskiego i przejściowego na obrzeżach torfowiska zwiększało gradient hydrauliczny i co za tym idzie tempo spływu wód torfowych z kopuły. Można zatem przypuszczać, że kopuła torfowiska wysokiego nie może rosnąć w nieskończoność, a jedynie do czasu gdy po osiągnięciu pewnej wysokości infiltracja wód opadowych nie będzie mogła uzupełnić sumy odpływu wód i parowania. Osiągnięcie tego stanu znacznie przyspieszyła melioracja obrzeży torfowiska i użytkowanie rolnicze. Zahamowały one narastanie torfu, ale także uruchomiły proces osiadania torfowiska, przez co wzrosła wysokość względna kopuły torfowiska wysokiego. W konsekwencji obniżył się w niej poziom wody, na tyle, by ułatwić zarastanie nową, inną roślinnością zwiększającą ewapotranspirację. W ten sposób zaburzone równowagę hydrogeologiczną całego torfowiska.

O dynamice wód torfowych decydują dwa podstawowe parametry, którymi są wysokość względna kopuły torfowiska wysokiego oraz bardzo zmienny współczynnik filtracji (k), którego wartość jest odwrotnie proporcjonalna do stopnia rozkładu torfu, ale zależna też od składu botanicznego. Według Mioduszewskiego [12] najwyższe wartości współczynnika filtracji (około 70 m/dobę) posiada słabo rozłożony torf drzewny a najniższe silnie rozłożony torf sfagnowy (około 0,0004 m/dobę). Podobnie zróżnicowane wartości podają inni autorzy [1,13]. Kopułę torfowiska wysokiego tworzą torfy sfagnowe, dla których Mioduszewski [13] podaje maksymalny współczynnik filtracji około 8 m/dobę. Wartość tę można przyjąć dla torfu w szczytowej części kopuły. Będzie ona zdecydowanie maleć wraz ze wzrostem głębokości i zbliżania się do brzegu kopuły.

Poniżej na przykładzie torfowiska „Józefowo” przedstawiono położenie i spływ wód torfowych w kopule torfowiska wysokiego zgodnie z prawem Darcy. Średnia wysokość kopuły tego torfowiska wynosi 8 m i odpowiada spadkowi hydraulicznemu. Przyjmując arbitralnie średnią wartość współczynnika filtracji torfu wysokiego równą 0,45 m/dobę [12, 13] uzyskujemy prędkość przepływu wody w torfie o wielkości 0,007 m/dobę (7 mm/dobę). Kopuła torfowiska „Józefowo” ma powierzchnię około 2,5 km², średnicę 1 km i obwód 6 km. Przyjmując, że na obwodzie warstwy torfu, którą spływa woda torfowa ma około 2 m miąższości to w ciągu doby z kopuły torfowiska odpływa około 83 m³ wody. Jeśli przyjmiemy podawaną w literaturze [12] wysoką wartość współczynnika filtracji 4 m/dobę otrzymamy wielkość spływu wód torfowych z kopuły torfowiska

„Józefowo” 768 m³/dobę. Istotne znaki zapytania wynikają z porównania rocznego odpływu wód torfowych 30,1 tys. m³ (maksymalnie 280 tys. m³) do rocznych opadów na kopułę torfowiska wysokiego (750 mm) pomniejszonych o parowanie (580 mm). Teoretycznie na torfowisku zostaje 405,6 tys. m³ wody opadowej, przeszło 2 razy więcej niż odpływa w torfie. Zapewne duża jej część to spływ powierzchniowy a pozostała, być może odpowiada zwiększonej ewapotranspiracji.

Przedstawione obliczenia spływu wód torfowych mają charakter szacunkowy, głównie z powodu dużej, naturalnej zmienności współczynnika filtracji w obrębie torfowisk, czego konsekwencją jest zróżnicowanie danych podawanych w literaturze. Niepewne są także inne dane np. o parowaniu i ewapotranspiracji wód opadowych. Pomimo jedynie szacunkowego charakteru powyższych obliczeń można na ich podstawie uznać, że odwodnienie torfu wysokiego jest niezwykle trudne, w krótkim czasie wręcz niemożliwe. Nie dość, że torf ten oddaje wodę bardzo powoli, to każdy ubytek może być łatwo zrekomensowany opadami. Zatem dla osuszenia eksploatowanego torfowiska konieczne jest zmniejszenie infiltracji wody opadowej poprzez ułatwienie spływu powierzchniowego.

Hydrologia (hydrografia)

W Polsce północnej we wszystkich znanych autorowi przypadkach, duże torfowiska są przekształcone antropogenicznie głównie zabiegami melioracyjnymi tworzącymi nową i przekształcającymi naturalną sieć wód powierzchniowych. Najczęstszym celem zmian było użytkowanie rolnicze, jedynie miejscami także eksploatacja torfu na cele opałowe. Dopiero w następnej kolejności, na niektórych torfowiskach, podjęto przemysłową eksploatację torfu. W pierwszej kolejności antropopresja obejmowała powierzchnie występowania torfu niskiego i przejściowego, nadające się do wykorzystania rolniczego i na torf opałowy. Dobrze rozwinięte kopuły torfowisk wysokich, jako tereny rolniczo nieprzydatne, nie były meliorowane.

Na sieć hydrograficzną torfowisk przed eksploatacją składają się zatem naturalne ciekі powierzchniowe, sieć kanałów melioracyjnych, oraz miejscami wyrobiska po eksploatacji torfu na cele opałowe. Na ombrogenicznej, zasilanej wyłącznie wodami opadowymi, kopule torfowiska wysokiego zwykle brak wód powierzchniowych (rys. 5). Miejscami zdarzało się jednak, że przez torfowisko wysokie poprowadzono zbiorczy kanał melioracyjny, lub nowe koryto rzeki.

Najbogatszą sieć hydrograficzną posiadają torfowiska powstałe w obniżeniach powierzchni wysoczyzn morenowych. Do takiego obniżenia spływają okoliczne ciekі, których wody płyną dalej brzegiem torfowiska powodując powstanie obszarów torfowiskowo-bagiennych. Odpływ jest zwykle tylko jeden. Naturalne ciekі w większości są włączone w sieć melioracyjną, której zadaniem jest tylko obniżenie poziomu wód.

Torfowiska powstałe w warunkach geologicznych pojeziernych i pradolinnych posiadają znacznie uboższą sieć hydrograficzną. Niekiedy nie posiadają cieków i zbiorników naturalnych, wszystkie jednak zostały poddane melioracji i są pocięte siecią rowów.

Naturalną sieć hydrologiczną, nawet częściowo przekształconą można uznać za stabilną. Inaczej jest w przypadku rowów i innych instalacji melioracyjnych, których sprawność zależy od obsługi przez ludzi. Zaniechanie obsługi może prowadzić do radykalnych zmian warunków hydrologicznych w ciągu kilku

lat. Z kolei skuteczna melioracja odwadniająca prowadzi do przyspieszonej decesji (utleniania) torfu i związanego z tym osiadania powierzchni terenu co zmusza do pogłębiania rowów – zjawisko „czarciego kręgu”.



Rys. 5. Torfowisko „Józefowo” przed eksploatacją
Fig. 5. „Józefowo” bog before exploitation

Przedstawione powyżej warunki hydrologiczne w zasadzie nie odnoszą się do części objętej działalnością górnictwem, ale nie można ich pomijać z trzech ważnych powodów. Pierwszy z nich to fakt, iż do istniejących cieków włączony zostanie system odwadniania kopalni; drugi wynika z konieczności rozpoznania niekorzystnego oddziaływania wydobywania torfu na środowisko na tle degradacji torfowiska wywołanej przez meliorację dla gospodarki rolnej; trzeci to planowanie przyszłej rekultywacji wyrobisk, której efektywność zależy od właściwej regulacji stanu wody, a ta może być zależna od wód występujących w otoczeniu.

Użytkowane górnictwem ombrogeniczne torfowiska wysokie miały pierwotnie kształt płaskiej kopuły o wysokości względnej nawet do 8 m. Na ich powierzchni zwykle brak cieków i zbiorników wód.

Cechy torfowisk przed eksploatacją

Topografia

Większość torfowisk poddanych przemysłowej eksploatacji górnictwem ma powierzchnię znacznie przekraczającą 100 ha. Zawsze występują one w obniżeniach powierzchni terenu. Ich brzeżne części zbudowane z rozłożonych torfów niskich i przejściowych położone są najniżej (rys. 5). Położenie to może mieć także przyczynę dodatkową, antropogeniczną. Aktywnie odwadniane torfowiska dla użytkowania rolniczego

przyśpiesza utlenianie się (decesję) torfu i osiadanie gruntu. W miarę oddalania się od brzegu torfowiska ku jego środkowi powierzchnia terenu się podnosi w wyniku wzrostu grubości torfu, proporcjonalnie do zmniejszającego się stopnia rozkładu. Towarzyszy temu zmiana gatunków roślin torfotwórczych. Powstająca kopuła torfowiska wysokiego może posiadać wysokość względną przekraczającą 5 m. Największa na torfowisku Józefowo ma wysokość nieco ponad 8 m. Istotnym składnikiem topografii torfowisk są wody powierzchniowe w postaci cieków naturalnych i sztucznych, rzadziej zbiorników wodnych.

Przydatne rolniczo obrzeża torfowiska to przede wszystkim łąki i pastwiska. W miejscach najbardziej podmokłych rosną zwykle olsy, lub krzewy wierzb. Kopuła torfowiska wysokiego jest zwykle zarośnięta borem bagiennym, silnie zdegradowanym w pobliżu użytków rolnych.

Zagospodarowanie

Prawdopodobnie powierzchnię torfowisk wysokich przed eksploatacją porastały bory bagienne o naturalnym pochodzeniu, lub będące pośrednim efektem okolicznej melioracji. Tak jest w przypadku wszystkich torfowisk, których stan przed eksploatacją jest znany. Należy tu podkreślić fakt, że kopuły torfowisk wysokich były wyjątkowo długo poza strefą bezpośredniej antropopresji przejawiającej się „zagospodarowaniem”. Wynikało to z ich małej użyteczności dla ludzi. Nie stanowiły także dogodnych siedlisk dla zwierząt. Natomiast na kwaśnym i mokrym podłożu torfowym powstawały specyficzne fitocenozy, bogate w rzadkie, obecnie chronione rośliny. W skład fitocenozy boru bagiennego na torfowisku wysokim z natury wchodzi rośliny chronione, w tym malina moroszka (*Rubus chamaemorus*), której występowanie stało się istotną przyczyną utworzenia wielu rezerwatów tuż przy kopalniach torfu.

Zagospodarowaniem objęte były tereny położone na torfach niskich i przejściowych w brzeżnych częściach torfowisk. Były one użytkowane rolniczo z czym wiązało się powstanie sieci rowów melioracyjnych. W wielu miejscach położonych na granicy obszarów użytkowanych rolniczo a kopułą torfowiska wysokiego, prowadzono eksploatację torfu na cele opałowe. Wyrobiska te są obecnie zarośnięte.

Z punktu widzenia gospodarki wodnej w kopalniach torfu zagospodarowanie powierzchni torfowisk inne niż sieć melioracyjna ma małe znaczenie. Użytkowanie rolnicze terenów na torfach niskich i przejściowych oraz górnicze na torfach wysokich nie kolidują ze sobą.

Gospodarka wodna w kopalniach torfu prowadzących wydobywanie metodą frezowania

Podstawowe cechy eksploatacji

Eksploatacja torfu metodą frezowania prowadzona jest na dużym obszarze liczącym zwykle kilkadziesiąt hektarów. Pozbawiony wierzchnicy (nadkładu) torf wysoki jest na tej powierzchni frezowany (ścinany) cienkimi warstwami o grubości kilku cm. Urobek po wysuszeniu jest zbierany, hałdowany i następnie transportowany do zakładu produkcyjnego. Ważnym procesem jest wspomniane suszenie urobku, głównie dla uniknięcia samozapłonu w hałdach i magazynach. W sezonie eksploatacyjnym, głównie wczesną wiosną, frezowanie wykonuje się kilkakrotnie. W rezultacie łączna miąższość eksploatacji może dojść do 30 cm rocznie. Do niedawna stosowano również eksploatację metodą cegiełkową. Metoda ta, stosowana

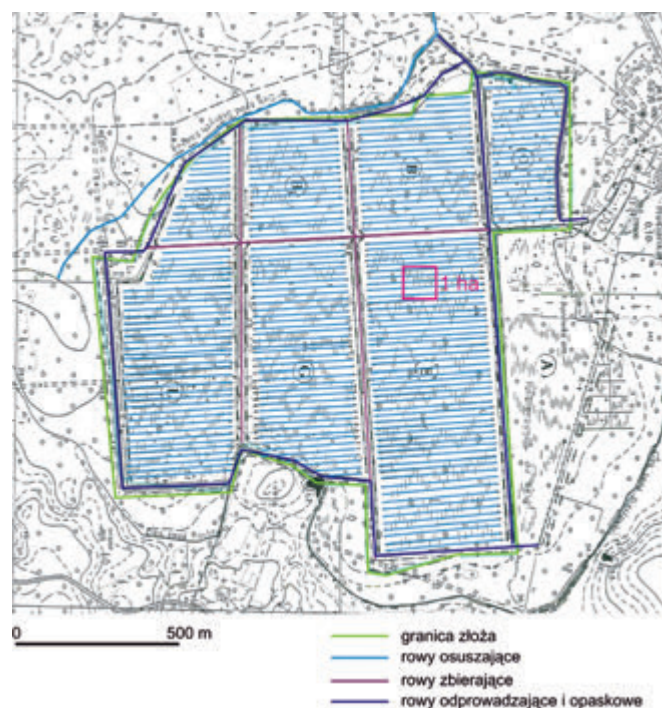
jedynie w przypadku najwartościowszych fragmentów złoża, polegała na wycinaniu cegiełek z jego powierzchni. Do wszystkich prac używa się specjalistycznych maszyn na podwoziu gąsienicowym, umożliwiającym bezpieczne poruszanie się po powierzchni torfowiska. Jedynie urobek jest wywożony transportem szynowym.

Ważną, organizacyjną cechą eksploatacji jest to, że nie odbywa się ona równocześnie na całej powierzchni złoża. Złoże podzielone jest na pola eksploatacyjne o różnym stopniu zawansowania wydobywania. Sytuację tę komplikuje konieczność dostosowania eksploatacji do różnej jakości torfu i obecności warstw z pniami drzew. We wszystkich kopalniach obszary eksploatacji sąsiadują z już nieczynnymi wyrobiskami i terenami leżącymi poza złożem, na których eksploatację zakończono przed wielu laty. Z reguły spąg wyrobisk znajduje się na różnej głębokości.

Odwadnianie

Opisany sposób eksploatacji wymaga odwadniania wyrobisk, najlepiej połączonego z kontrolowanym osuszaniem kopaliny w stropie złoża. Sucha powierzchnia wyrobiska jest warunkiem osuszania urobku, umożliwiając równocześnie poruszanie się maszyn. W celu odwodnienia wykonuje się sieć rowów składającą się z rowów osuszających eksploatowaną część złoża, rowów zbierających wodę z całego obszaru eksploatacji i rowów odprowadzających wody kopalniane poza złożo [Rys. 6]. W większości przypadków odwadnianie jest grawitacyjne. Do wyjątków należą kopalnie, w których używa się pomp do przesyłu wody w rowie odprowadzającym.

Budowa systemu rowów i ich późniejsze utrzymanie jest istotną częścią robót górniczych. Ich funkcja na obszarach objętych eksploatacją jest wyraźnie określona – mają odwadniać wyrobiska i kopalinę w złożu oraz odprowadzać zebrane wody poza kopalnię. Z chwilą zakończenia eksploatacji zmienia się funkcja i znaczenie rowów, zwłaszcza osuszających i zbierających. Niestety jest ona różnie widziana i oceniana, jednak



Rys. 6. Sieć rowów w kopalni torfu „Rucianka”

Fig. 6. Network of drainage ditches in a peat excavation site “Rucianka”

zawsze rowy przestają pełnić funkcję odwadniającą.

Rowy osuszające (fot. 1) wykonuje się na eksploatowanym fragmencie złoża co około 20 m. Równoległe, płytkie (od 0,5 do 1,5 m) rowy osuszające łączą się z głębokim na ponad 2 m rowem zbierającym. Ich podstawowym zadaniem jest osuszanie torfu w złożu w miarę obniżania się powierzchni eksploatacji co jest realizowane przez ich systematyczne pogłębianie.



Fot. 1. Rowy osuszające, kopalnia „Józefowo”

Fot. 1. Drainage ditches, “Józefowo” excavation site

Drugą, główną funkcją rowów osuszających jest odprowadzanie wód opadowych, które nie powinny się zatrzymywać w wyrobisku i infiltrować do złoża. By ułatwić spływ wód opadowych do rowów kształtuje się wypukły profil powierzchni eksploatacji pomiędzy rowami.

Systematyczne osuszanie złoża płytkimi rowami ma pewien wpływ na jakość kopaliny. Przedwczesne osuszenie torfu prowadzi do jego utleniania – decesji i związanego z tym ubytku zasobów. Dodatkowo w rowach osuszających o zbyt dużej głębokości, których dno sięga osadów podłożowych, rozwija się roślinność. Nasiona, siewki i szczątki żywych roślin mogą zanieczyścić urobek. W rowach płytkich wykopanych w kwaśnym torfie złożowym, przez dużą część roku suchych i pogłębianych zwykle corocznie, wegetacja roślin jest niemożliwa.

Rowy zbierające mają zwykle docelową głębokość, która wynosi około 2-3 m. Ich dno sięga osadów podłożowych, a miejscami nawet podtorfowych. W miarę eksploatacji przyległych części złoża ich głębokość (wysokość ścian) maleje, poza odcinkami wzdłuż których biegną tory kolejki do transportu urobku. Sieć rowów zbierających jest znacznie rzadsza niż rowów osuszających. Niektóre z nich mogą równocześnie pełnić funkcje rowów odprowadzających.

Rowy odprowadzające mają parametry techniczne podobne jak rowy zbierające, których funkcję mogą równocześnie pełnić. Ich głębokość rzadko ulega zmianie. Rowy odprowadzające jako jedyne znajdują się także poza złożem.

W niektórych kopalniach wykonuje się także tzw. rowy opaskowe uniemożliwiające dopływ wód z okolicy. Zwykle

pełnią one równocześnie funkcję rowów odprowadzających.

Regułą jest, że na powierzchni jednego hektara obszaru eksploatowanego wykonuje się około 0,5 km rowów, co sprawia, że na całym złożu ich łączna długość zwykle wynosi od kilkunastu do dwudziestu kilku kilometrów.

Nieznana jest ilość wody pochodzącej z odwadniania złoża i wyrobisk. Z pewnością najwięcej spływa wody opadowej. W

przypowierzchniowej, suchej warstwie torfu zatrzymuje się jej niewiele, po czym ma miejsce spływ powierzchniowy do rowów osuszających. W żadnej znanej autorowi kopalni nie wykonuje się pomiarów wielkości odpływu wód kopalnianych.

Woda nasączająca torf w złożu spływa do rowów osuszających w ilości koniecznej do odwodnienia warstwy przypowierzchniowej o grubości około 20 cm, z tym, że odwodnienie to w dużym, lub nawet większym stopniu zachodzi także przez parowanie. Powierzchnia wyrobiska to torf o brunatnej i ciemnobrunatnej barwie, łatwo ulegający nagrzanemu promieniami słonecznymi. Jeśli towarzyszy temu wiatr, torf schnie bardzo szybko.

Głębokość rowów osuszających, określająca gradient hydrauliczny, jest dobierana empirycznie, zależnie od jakości eksploatowanego torfu, planowanej głębokości i etapu eksploatacji. Jest to bezpieczne wobec prawdopodobnej przewagi osuszania torfu przez parowanie nad osuszaniem poprzez drenaż wód torfowych. Parowanie wód torfowych w wyniku nagrzewania się powierzchni wyrobisk jest zagadnieniem nierozpoznanym. Podczas eksploatacji ma wyłącznie korzystne skutki, inaczej może być podczas rekultywacji wyrobisk.

Od czasu objęcia eksploatacji torfu nadzorem Urzędów Górniczych pojawiły się na kopalniach przeciwpożarowe, bezodpływowe zbiorniki wodne.

W kopalniach, w których kończą się zasoby torfu wysokiego zwykle eksploatuje się leżący głębiej torf przejściowy. Cechy fizyczne średniorozłożonego torfu przejściowego uniemożliwiają eksploatację metodą frezowania więc urabia się go

podpoziomowo koparkami, poruszającymi się na powierzchni pozostawionej cienkiej warstwy torfu wysokiego. W rezultacie powstają głębokie, częściowo zawodnione wyrobiska.

Wody torfowe oraz wody kopalniane cechuje, wspomniane wcześniej, zróżnicowanie geochemiczne. Ponieważ pochodzą z wód opadowych mają niską mineralizację przejawiającą się przewodnością elektryczną mniejszą niż 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Niskie jest także pH oscylujące wokół 4. Tam, gdzie rowy sięgają osadów podłożowych, a zwłaszcza osadów mineralnych, pH zmienia się do obojętnego (6,5-7,5). Podobne pH, ale przy niskiej mineralizacji mają wody kopalniane w okresach opadów, co potwierdza istnienie i rolę spływu powierzchniowego w odwadnianiu wyrobisk. Mineralizacja rośnie wyraźnie, gdy do rowów dopływają wody gruntowe, przewodność przekracza wówczas 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Nawadnianie

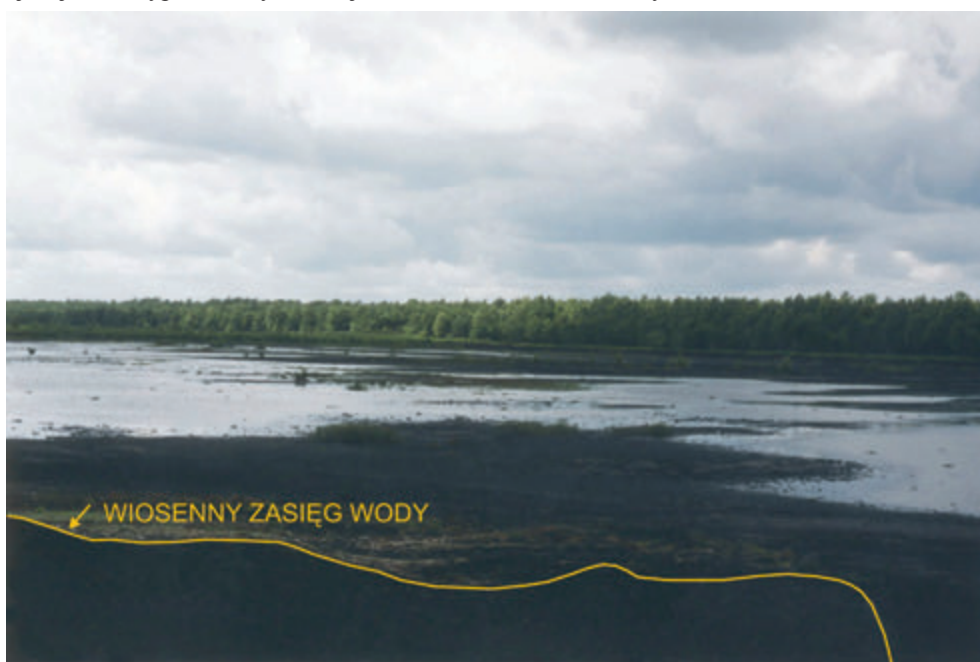
Jak już wspomniano eksploatacja torfu nie jest prowadzona równocześnie na całej powierzchni złoża. W związku z tym wyrobiskom czynnym towarzyszą tereny gdzie złożo zostało całkowicie wyeksploatowane lub eksploatację zakończono ze względu na obecność pni drzew. Po zakończeniu eksploatacji wyrobiska poddane są zabiegom rekultywacyjnym. Prawie wszędzie rekultywacja zmierza w kierunku renaturyzacji torfowiska. Wyjątkowo wyrobiska są wykorzystywane do upraw borówki amerykańskiej lub żurawiny.

Podstawowym i w zasadzie najbardziej skutecznym zabiegiem rekultywacyjnym jest uniemożliwienie odpływu wody (nawadnianie bierne). W tym celu zasypuje się rowy osuszające, lub tylko ich ujścia do rowu zbierającego. Często nie przynosi to pożądanego efektu. Spąg rekultywowanych wyrobisk budują torfy średnio i silnie rozłożone o bardzo niskim współczynniku filtracji, radykalnie ograniczającym dopływ wód torfowych. Sytuacja pogarsza się, jeśli wokół są inne wyrobiska. Wówczas rekultywowane wyrobiska zasilane są przede wszystkim przez wody opadowe, które rozlane na dużej, brązowej powierzchni spągu potrafią całkowicie wyparować (fot. 2) w przeciwieństwie do wody wypełniającej nie zasypane rowy osuszające.

Przedstawiony powyżej bardzo ogólnikowy opis nawadniania rekultywowanych wyrobisk wynika przede wszystkim z faktu iż w każdej kopalni powstają szczególne, niepowtarzalne warunki hydrogeologiczne i hydrologiczne, do których trzeba dostosowywać systemy nawadniania. Warunki te nie są niestety rozpoznawane i analizowane. W tej sytuacji najlepiej znają je pracownicy kopalni prowadzący, najczęściej mimochodem, obserwacje wód kopalnianych. Wiedzę tę, a nawet szerszą, można oczywiście zdobyć prowadząc stosowne obserwacje, co mogłoby być zadaniem służby geologicznej zakładu górniczego.

Świadectwem konieczności rozpoznania warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych przed rekultywacją jest nieudana restytucja roślinności torfowiskowej na powierzchni starych wyrobisk kopalni torfu „Żelazkowo” na Czarnym Bagnie w Pradolinie Łęby. Niestety pomimo ograniczenia odpływu wody rowami było zbyt sucho dla rozwoju posadzonych torfowców. Obecnie prace te trwają w nieco zmodyfikowanej formie. Według H. Kuntze i R. Eggelsmanna [10] na sukces w odtwarzaniu fitocenozy torfowiskowej winno się czekać nawet około 60 lat, więc być może prowadzona restytucja roślinności torfowiskowej się uda. Aktualnie można jednak oceniać negatywne skutki regulacji przepływu wody w rowach, która miała na celu skierowanie jej na teren gdzie posadzono torfowce. Woda w rowach na sąsiednich wyrobiskach opadła o około 0,5 m co przerwało naturalną, bardzo powolną ekspansję roślinności, w tym gatunków chronionych np. *Drosera rotundifolia* i *Erica tetralix*.

Na etapie rekultywacji (także jej planowania) ważne jest prowadzenie prostych badań fizyko-chemicznych wody w zakresie kwasowości (pH) i mineralizacji. Wyniki pozwalają wnioskować o możliwości, charakterze i tempie renaturyzacji. Zbiorniki wodne (także wypełnione wodą rowy) o pH bliskim 7 i dużej mineralizacji będą zarastać szybko, ale fitocenoza, która powstanie będzie dość pospolita. Inaczej w zbiornikach o wodzie kwaśnej słabo zmineralizowanej; fitocenozy powstawać będą powoli i składać się będą w dużej części z roślin torfowiskowych.



Fot. 2. Wyrobisko rekultywowane. Kopalnia „Krakulice” – latem
Fot. 2. Reclaimed excavation site “Krakulice” in summer

Podsumowanie

Przed ingerencją człowieka kopuła żywego torfowiska wysokiego kształtowała się w warunkach równowagi hydrogeologicznej. Jej kształt odpowiadał powierzchni lustra wód torfowych. Szybsze narastanie torfu wysokiego niż niskiego i przejściowego na obrzeżach torfowiska zwiększało gradient hydrauliczny i co za tym idzie tempo spływu wód torfowych z kopuły. Można zatem przypuszczać, że kopuła torfowiska wysokiego nie może rosnąć w nieskończoność, a jedynie do czasu gdy po osiągnięciu pewnej wysokości infiltracja wód opadowych nie będzie mogła uzupełnić sumy odpływu wód i parowania. Osiągnięcie tego stanu znacznie przyspieszyła melioracja obrzeży torfowiska i użytkowanie rolnicze. Zahamowały one narastanie torfu, ale także uruchomiły proces osiadania torfowiska, przez co wzrosła wysokość względna kopuły torfowiska wysokiego. W konsekwencji obniżył się w niej poziom wody, na tyle, by ułatwić zarastanie nową, inną roślinnością zwiększającą ewapotranspirację.

Nadal jednak torfowiska te, będące miejscem eksploatacji torfu na skalę przemysłową, posiadają autonomiczne warunki zasilania wodą. Znajdująca się w nich i na nich woda jest pochodzenia wyłącznie opadowego (torfowiska ombrogeniczne). Spływające z nich, w tym z wyrobisk, wody torfowe zasilają położone na obrzeżu torfowiska przejściowe i niskie oraz cieki powierzchniowe. Bez przeprowadzenia specjalistycznych badań ilościowa ocena wielkości spływu tych wód może mieć wyłącznie charakter szacunkowy, ale jak podaje Ilnicki [4,5] mało znaczący dla zasilania rzek.

Przed eksploatacją roczny opad wód atmosferycznych na torfowisko dzielił się na ewapotranspirację wraz z parowaniem, infiltrację i spływ powierzchniowy – kolejność od części największej do najmniejszej. Na obszarach eksploatowanych prawdopodobnie dominuje spływ powierzchniowy, infiltracja jest maksymalnie ograniczana przez osuszanie, a ewapotranspiracja nie występuje, w jej miejsce występuje parowanie bezpośrednie z nagrzanych i osuszanych wiatrem powierzchni wyrobisk. Przed eksploatacją na wszystkich torfowiskach bilans opadów (klimatyczny bilans wodny) jest dodatni. Z pewnością ulega on zmianie na powierzchni kilkudziesięciu, miejscami blisko dwustu hektarów wyrobisk.

Wywołane eksploatacją torfu zmiany warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych nie pogarszają zasilania sieci

wód powierzchniowych. Wyrobiska nie drenują wód powierzchniowych, zawsze położonych niżej. Nie mają też wpływu na wody gruntowe, z którymi zwykle nie mają więzi hydraulicznej. Odwadnianie wyrobisk może natomiast miejscami nieznacznie zmienić występowanie wód torfowych w przylegających do kopalni, nieeksploatowanych częściach kopuły torfowiska. Występowanie, charakter i wielkość tych zmian zależą w dużym stopniu także od innych lokalnych czynników nie związanych z eksploatacją torfu (rodzajów torfu, bilansu opadów, rodzaju szaty roślinnej, odległości od obszarów zmeliorowanych itp.), dlatego winny być prognozowane i oceniane lokalnie.

Dla rekultywacji wyrobisk niezwykle istotną jest wiedza o tym, co dzieje się z wodą opadową i gruntową na terenach eksploatowanych. W Niemczech uważa się [10], że do renaturyzacji nadają się torfowiska w rejonach, w których dodatni klimatyczny bilans wodny wynosi około 200 – 400 mm. W Polsce na terenie nieeksploatowanych torfowisk szacowany jest on na 100 – 200 mm. Prawdopodobnie na terenie wyrobisk jest on jeszcze niższy. W konsekwencji większość projektowanych zabiegów rekultywacyjnych ma charakter życzeniowy. Nieco lepiej jest w praktyce, ponieważ użytkownicy złóż uwzględniają własne obserwacje stanu wyrobisk nieczynnych od wielu, nawet kilkudziesięciu lat, jak również naturalną ekspansję roślin w kopalni. Badania warunków wodnych i klimatycznych w rejonie wyrobisk są wykonywane prawie wyłącznie w sytuacjach, gdy planuje się utworzenie plantacji borówki amerykańskiej lub żurawiny.

Wobec sytuacji większości kopalni torfu, którym kończą się zasoby i nie mają możliwości podjęcia eksploatacji nowych złóż, nasuwa się pytanie, jaki jest praktyczny sens takich badań. Może się przecież zdarzyć, że nie będą już przydatne żadnemu przedsiębiorcy górniczemu. Mogą być jednak przydatne dla ukierunkowania działań w szeroko rozumianej ochronie torfowisk i terenów bagiennych. Bez bardziej szczegółowej wiedzy o warunkach hydrogeologicznych i hydrologicznych nie da się sporządzić właściwego planu ochrony rezerwatów torfowiskowych, czy prowadzić prac renaturalizacyjnych. Nie jest słuszną promowana idea, że doprowadzenie do likwidacji działalności górniczej, lub nie dopuszczenie do niej jest pełnym i wystarczającym sukcesem w zakresie ochrony torfowisk. Eksploatacja torfu wysokiego jest tylko jednym z wielu rodzajów antropopresji na torfowisko, w dodatku ograniczonym przestrzennie i środowiskowo.

Literatura

- [1] Frankiewicz J.K., *Surowce mineralne świata* Torf. WG. Warszawa, 1980
- [2] Gorski D., *Czarne bagno w świetle nowych badań geomorfologicznych*. Praca magisterska, Uniwersytet Gdański Katedra Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska, 1999
- [3] Hałas S., Słowiński M., Lamentowicz M., *Relacje między czynnikami meteorologicznymi i hydrologią małego torfowiska mszarnego na Pomorzu*. Studia Limnologica et Telmatologica Vol. 2 nr 1, 2008.
- [4] Ilnicki P., Ekspertyza: *Wpływ kopalni torfu Żelazkowo na środowisko przyrodnicze*. Maszynopis. Poznań, 1990
- [5] Ilnicki P., *Torfowiska torf*. Wyd. AR. Poznań, 2002.
- [6] Jasnowski M. *Torfowiska województwa śląskiego. Stan, zasoby, znaczenie, zasady gospodarowania, ochrona*. Nauka – Praktyce. Akademia Rolnicza Szczecin, 1990

- [7] Jurys L., Żmuda J., *Geologiczne i górnicze warunki rekultywacji wyrobisk po eksploatacji dużych złóż torfu*. Górnictwo Odkrywkowe 2. Wrocław, 2005
- [8] Jurys L., *Cechy torfów w nadkładzie złóż kredy jeziornej na Pomorzu*. Górnictwo Odkrywkowe 1. Wrocław, 1999
- [9] Jurys L., *Ekosystemy zwałowisk i wyrobisk po eksploatacji złóż kruszywa naturalnego, torfu i kredy jeziornej oraz ich znaczenie dla rekultywacji*. Górnictwo Odkrywkowe 2. Wrocław, 2011.
- [10] Kuntze H., Eggelsmann R., *Zur Schuttfähigkeit nordwestdeutscher Moore*. Telma 11. Hannover, 1981
- [11] Lidzbarski M., Pruszkowska E., *Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000 arkusz Łęborg*. PIG-PIB. Warszawa 1997
- [12] Myślińska E., *Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badania*. PWN. Warszawa, 2001
- [13] Mioduszeński W., *Regulowanie zwierciadła wód gruntowych w dolinach małych rzek nizinnych*. Biblioteczka Wiadomości IMUZ 73,. Warszawa 1989
- [14] Pawłat H., *Ocena oddziaływania projektowanej eksploatacji torfu i rekultywacji potorfi obiektu „Józefowo” na środowisko przyrodnicze*. Maszynopis. Warszawa, 1996
- [15] Pawłat H., *Ocena oddziaływania projektowanej eksploatacji torfu i rekultywacji potorfi obiektu „Rucianka” na środowisko przyrodnicze*. Maszynopis. Warszawa, 1996
- [16] Wojciechowski I., *Warunki funkcjonowania ekosystemów torfowiskowych i wodno-torfowiskowych w Polsce, w Problemy aktywnej ochrony ekosystemów wodnych i torfowiskowych w polskich parkach narodowych*. Wyd. UMC-S. Lublin 1999



Śródleśna-torfianka

fot. A. Różycki