

Mokrada a zmiany klimatu

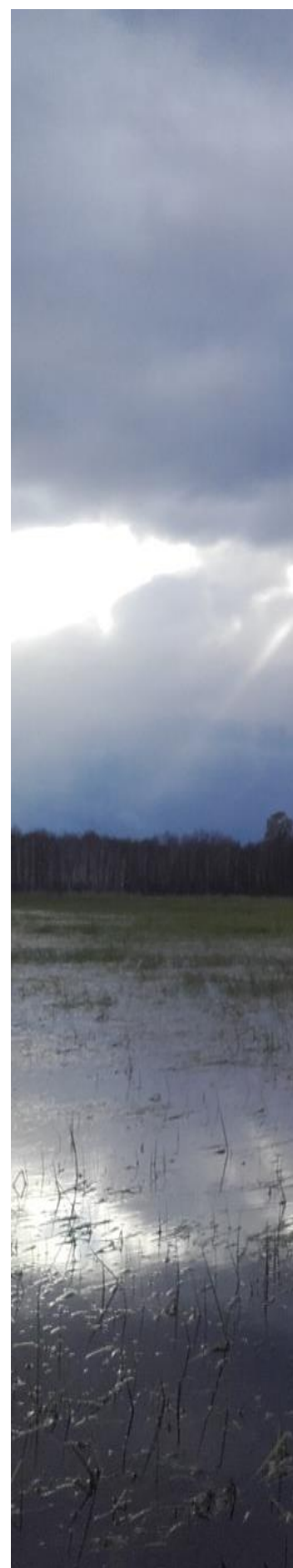
Materiały dla mediów - Światowy Dzień Mokradeł 2019

Autorzy: Wiktor Kotowski, Ewa Jabłońska, Łukasz Kozub, Izabela Jaszczuk, Piotr Panek, styczeń 2019

W 48. rocznicę podpisania międzynarodowej konwencji o ochronie mokradeł (Konwencji Ramsarskiej) naukowcy i przyrodnicy spotykają się by omawiać znaczenie tych ekosystemów dla zmieniającego się klimatu. Rola mokradeł jest powszechnie niedoceniana, a najnowsze badania przynoszą coraz więcej dowodów na to, że obszary bagienne świata należą do najważniejszych regulatorów klimatu Ziemi. Ochrona mokradeł może nam pomóc zarówno ograniczyć globalne ocieplenie, jak i zaadaptować się do zmian klimatu. Ale mokradła mogą też paść ofiarą tych zmian – a wraz z nimi tysiące zamieszkujących je gatunków roślin i zwierząt.

Bagna są najważniejszymi lądowymi „magazynami” węgla organicznego, zawierając 30% glebowego węgla świata i aż dwa razy więcej niż wszystkie lasy na Ziemi. W geologicznej skali czasowej przyczyniają się do ochładzania klimatu, usuwając z atmosfery dwutlenek węgla. Ale w krótszej skali czasowej mogą przyczyniać się do ocieplania, uwalniając do atmosfery metan – ważny element klimatycznych sprzężeń zwrotnych. Jaka będzie relacja między bagnami, a klimatem zależy w dużej mierze od nas. Osuszanie mokradeł to jeden z czynników przyspieszających globalne ocieplenie, ponieważ powoduje szybkie biologiczne utlenianie zawartego w torfie węgla i jego emisję do atmosfery w postaci dwutlenku węgla. Emisje CO₂ z osuszonych torfowisk, obejmujących zaledwie ok. 0,5% powierzchni lądów, odpowiadają aż za 5% antropogenicznych emisji gazów cieplarnianych. Możemy ich uniknąć przywracając na osuszonych niegdyś torfowiskach warunki bagienne i zaprzestając ich rolniczego wykorzystania.

Mokrada – w ujęciu Konwencji Ramsarskiej – to nie tylko bagna, ale też śródlądowe ekosystemy wodne i wodno-błotne oraz płytkie przybrzeżne wody morskie. Wszystkie są wrażliwe na obserwowany wzrost temperatury i zmiany rozkładu opadów. Bezpośrednim skutkiem utraty mokradeł dla człowieka jest wyczerpywanie się zasobów wody użytkowej, wymieranie populacji poławianych ryb, czy zaburzenie lokalnego mikroklimatu. Dlatego, tak jak ochrona klimatu musi być częścią całościowych działań na rzecz ochrony biosfery, tak ochrona mokradeł powinna być nierozłącznym elementem mądrej polityki klimatycznej.



Konwencja Ramsarska i Światowy Dzień Mokradeł

Światowy Dzień Mokradeł jest obchodzony w rocznicę podpisania 2 lutego 1971 roku w irańskim mieście Ramsar konwencji o obszarach wodno-błotnych mających znaczenie międzynarodowe, zwłaszcza jako środowisko życia ptactwa wodnego (zwanej też Konwencją Ramsarską). Na świecie do 2018 roku utworzono ponad 2300 obszarów Ramsar¹. (mokradła o międzynarodowym znaczeniu), obejmujących powierzchnię ponad 250 milionów hektarów, czyli ok. 13-18% mokradeł lądowych i nadmorskich. Polska była jednym z pierwszych krajów, które ratyfikowały tę konwencję (w 1978). Na terenie naszego kraju wyznaczono do dziś 16 obszarów Ramsar. Są to rezerваты: jezioro Łuknajno, jezioro Świdwie, jezioro Karaś, Jezioro Siedmiu Wysp, Jezioro Drużno, Słońsk (który włączony został do powołanego w 2001 r. Parku Narodowego "Ujście Warty"), Stawy Milickie oraz Biebrzański, Słowiński, Wigierski, Poleski i Narwiański Park Narodowy, subalpejskie torfowiska w Karkonoskim Parku Narodowym, Stawy Przemkowskie, Torfowiska Doliny Izery i Ujście Wisły. Warto podkreślić, że, wedle założeń Konwencji, każda z umawiających się stron ma obowiązek chronić nie tylko mokradła umieszczone w "Spisie obszarów Ramsar", ale również inne cenne obszary wodno-błotne na swoim terytorium. Obok: rozmieszczenie obszarów Ramsar na świecie¹.



Hasło przewodnie tegorocznych obchodów Światowego Dnia Mokradeł, zaproponowane przez Sekretariat Konwencji brzmi „Mokradła a zmiany klimatu”. Jak co roku, Wydział Biologii UW oraz Centrum Ochrony Mokradeł zapraszają do wspólnego świętowania. Dlaczego mokradła należą do najważniejszych regulatorów globalnego klimatu? W jaki sposób człowiek swoją działalnością niszczy tę funkcję mokradeł i czy „zepsute” mokradła da się naprawić i odzyskać ich pozytywny wpływ na klimat? I jak bagna świata odpowiedzą na globalne ocieplenie – spowolnią je czy przyspieszą? Na te i podobne pytania odpowiedzi będą szukać prelegenci w czasie spotkania na Wydziale Biologii Uniwersytetu Warszawskiego w sobotę 2 lutego 2019 (początek o godz. 11.00). Program spotkania dostępny jest na stronie www.bagna.pl.

Mokradła, bagna, torfowiska

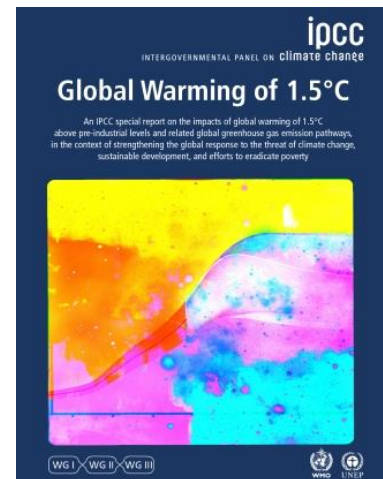
Konwencja Ramsarska definiuje mokradła (ang. *wetlands*) jako „tereny bagien, błot i torfowisk lub zbiorniki wodne zarówno naturalne jak i sztuczne, stałe i okresowe, o wodach stojących lub płynących, słodkich, słonawych lub słonych (łącznie z wodami morskimi, których głębokość podczas odpływu nie przekracza 6 m)”. Tak szerokie ujęcie mokradeł ma głębokie uzasadnienie. Nie da się jednoznacznie oddzielić (przestrzennie i funkcjonalnie) mokradeł lądowych (bagien i terenów zalewowych) od śródlądowych ekosystemów wodnych, czy przybrzeżnych wód morskich. Nie da się też chronić bagien bez ochrony powiązanych z nimi wód powierzchniowych, ani zachować integralności ekologicznej jezior, czy rzek bez zachowania stref szuwarów, mokradeł nadrzecznych, czy bagien regulujących hydrologię zlewni.

W kontekście regulacji klimatu szczególne znaczenie mają **bagna**, czyli typ mokradeł, w których następuje akumulacja torfu – martwych szczątków roślinnych, które dzięki wysyceniu gleby wodą nie rozkładają się całkowicie, ale odkładają się w postaci, często wielometrowej miąższości, osadów. Bagna to termin zbliżony znaczeniowo do **torfowisk**, ale dotyczy tylko ekosystemów naturalnych. Osuszone torfowisko – np. użytkowane rolniczo lub eksploatowane – przestaje zatem być bagnem, a jego znaczenie dla regulacji klimatu ulega zasadniczym zmianom.

Ograniczenie zmian klimatu – najważniejsze wyzwanie współczesnego świata

Według naukowców zajmujących się globalnymi problemami środowiskowymi, wywołane przez człowieka globalne ocieplenie jest jednym z najważniejszych zagrożeń biosfery, a wraz z nią – człowieka (pozostałe problemy planetarne o podobnej randze to masowe wymieranie gatunków, przeżyźnienie wód oraz łądów związkami azotu i fosforu, czy zanieczyszczenie oceanów plastikiem).

Zmiany klimatu, których obecnie jesteśmy świadkami, spowodowane są antropogeniczną emisją gazów cieplarnianych do atmosfery (przede wszystkim dwutlenku węgla, a w dalszej kolejności metanu, podtlenku azotu i freonów) i doprowadziły dotychczas do podwyższenia się średniej rocznej temperatury powietrza o 1°C powyżej poziomu sprzed epoki przemysłowej. Zarówno tempo emisji jak i zmiany klimatu ciągle przyspieszają. Ratyfikując Porozumienie Paryskie - globalną umowę z 12 grudnia 2015 r. poświęconą zmianie klimatu - większość krajów świata, w tym Polska, zobowiązała się utrzymać wzrost średniej temperatury globalnej znacznie poniżej 2°C oraz dołożyć wszelkich starań, żeby wzrost globalnej temperatury nie przekroczył 1,5°C. Jak wynika z Raportu specjalnego IPCC z października 2018 roku, jeśli emisja gazów cieplarnianych będzie nadal postępowała w obecnym tempie, średnia temperatura globalna wzrośnie o 1,5°C już między 2030 a 2052 r. Żeby nie dopuścić do wzrostu średniej temperatury o 1,5°C, należy do 2030 roku zredukować globalne emisje gazów cieplarnianych o połowę (w porównaniu do emisji z 2010 roku), a do 2050 przejść na gospodarkę całkowicie bezemisyjną (netto)².



Scenariusze ograniczające globalne ocieplenie do 1,5°C wymagają szybkiej i daleko idącej transformacji energetycznej, którą można osiągnąć jedynie za pomocą równoczesnego wprowadzenia szeregu technologii, zmiany schematów inwestycyjnych, a także zmiany postaw i zachowań ludzi. Powinniśmy przede wszystkim, najszybciej jak to tylko możliwe, odejść od spalania paliw kopalnych i przeprowadzić całkowitą dekarbonizację energetyki i transportu. Jednocześnie konieczna jest transformacja rolnictwa – kolejnego sektora gospodarki generującego znaczące emisje gazów cieplarnianych. To właśnie tu mieszczą się, emisje CO₂ z osuszonych pod uprawy torfowisk, ale również emisje metanu z hodowli bydła, czy podtlenku azotu z nawozów. Skutkiem zobowiązań klimatycznych jest konieczność drastycznego ograniczenia tych emisji, w tym całkowitego zrezygnowania do 2050 r. z rolniczego użytkowania torfowisk i ich osuszania. Więcej o perspektywach tej zmiany piszemy w kolejnych rozdziałach.

Modele klimatyczne pokazują, że wyhamowanie emisji nie wystarczy, aby całkowicie zatrzymać podwyższenie się temperatury, bowiem system klimatyczny ma swoją bezwładność, a atmosfera zawiera ogromny ładunek CO₂ zakumulowany od czasów rewolucji przemysłowej. Dlatego potrzebujemy tzw. „ujemnych emisji”, czyli wychwytywania dwutlenku węgla z atmosfery. Choć w wielu ośrodkach pracuje się nad opracowaniem technologii chemicznego wiązania CO₂, wciąż najefektywniejsze są te oparte na funkcjonowaniu naturalnych ekosystemów, w szczególności lasów i bagien. W przypadku **lasów** najważniejsza jest akumulacja węgla w starych drzewostanach puszczańskich, które magazynują olbrzymie ilości węgla, a dodatkowo trwale, choć powoli, pochłaniają CO₂ z atmosfery. Niewątpliwie cennym działaniem jest też zalesianie nowych obszarów, ale – by akumulacja ta była trwała – nie powinny to być użytkowe lasy gospodarcze. Pamiętajmy jednak, że ochrona starodrzewów i zalesianie nie rozwiążą problemu globalnego ocieplenia, a najwyżej nieco zmniejszą jego dotkliwość - wiązanie dwutlenku węgla przez lasy jest wciąż niewielkie w porównaniu do skali naszych emisji. **Bagna** są ważnym sojusznikiem we wdrażaniu ujemnych emisji, gdyż dzięki specyficznym warunkom są w stanie na tysiące lat wycofać z obiegu węgiel zasymilowany przez rośliny. Ich ochrona i restytucja powinny być działaniem priorytetowym w celu uzyskania ujemnych emisji, jednak również ten proces jest bardzo powolny i może skompensować (w skali globalnej) najwyżej 1% antropogenicznych emisji.

Bagna - największe lądowe klimatyzatory

Bagna (czyli aktywnie akumulujące torf, naturalne torfowiska) są najskuteczniejszym lądowym pochłaniaczem węgla, dzięki temu, że stale magazynują część tkanek roślinnych w pokładach torfu, co zapobiega ich rozkładowi. W skali świata torfowiska zawierają dwa razy więcej węgla niż wszystkie lasy na Ziemi i aż 30% całego węgla glebowego, podczas gdy zajmują jedynie ok. 3% powierzchni kontynentów³ (dla porównania lasy pokrywają ok. 30% powierzchni kontynentów).

Jeden hektar ekosystemu bagiennego magazynuje w ciągu roku od kilkuset kg (bagna arktyczne) do nawet dwóch ton węgla (tropikalne lasy bagienne). W geologicznej skali czasowej bagna wpływają ochładzająco na klimat, bowiem zmniejszają ilość węgla krążącego między biosferą a atmosferą. Jeśli jednak analizować wpływ bagien na klimat w krótszym oknie czasowym, to okazuje się, że akumulacja węgla w torfie odpowiada zaledwie 1% antropogenicznych emisji dwutlenku węgla ze spalania paliw kopalnych. Poza tym, usuwanie dwutlenku węgla jest kompensowane emisją metanu – jest on silniejszym gazem cieplarnianym niż dwutlenek węgla, ale ma krótszy „czas życia” w atmosferze. Dlatego w kontekście ochrony klimatu najważniejsze jest, by bagna, jako ogromne magazyny węgla, pozostawały w stanie naturalnym. Ich zaburzenie może zwiększyć zarówno emisję dwutlenku węgla (po osuszeniu), jak i metanu (w efekcie erozji, zwiększenia żyzności i w odpowiedzi na wzrost temperatury).

W skali lokalnej i regionalnej niezmiernie ważną klimatyczną funkcją mokradeł jest też wspomaganie krążenia wody między atmosferą a lądem. Występująca blisko powierzchni woda paruje i po jakimś czasie powraca do ekosystemu w postaci opadów. Przy okazji parowanie schładza lokalny klimat. Osuszając mokradła sprawiamy, że znacznie więcej wody spływa bezpośrednio do rzek lub wsiąka w głąb gleby, a lokalne krążenie wody maleje.



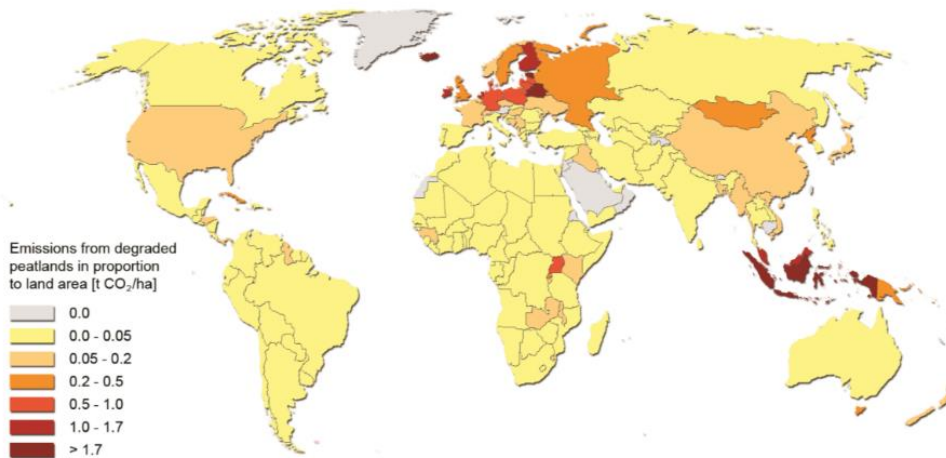
Bagna Biebrzańskie – największe torfowiska Polski. Fot. M. Ostrowski / CMok.

Osuszanie bagien zmienia je w źródła dwutlenku węgla do atmosfery

Gdy torfowiska zostają osuszone, stają się znaczącym źródłem CO₂, ponieważ zakumulowany przez tysiąclecia torf dostaje się w warunki tlenowe i ulega szybkiemu rozkładowi. W skali świata osuszono ok 15-20% torfowisk, zajmują one ok. 0,5% powierzchni lądów, a emitują rocznie ok. 2 Gt CO₂, co odpowiada ok 5% globalnych antropogenicznych emisji z energetyki, transportu i przemysłu⁴.

Na poniższej mapie przedstawiono emisje z odwodnionych torfowisk w proporcji do powierzchni poszczególnych krajów (Użyczone przez Joosten H., 2011)

Wyróżniają się dwa obszary skoncentrowanych emisji dwutlenku węgla z osuszonych torfowisk: Azja Południowo-Wschodnia (w szczególności Indonezja i Malezja) oraz Europa Środkowo-Wschodnia (Białoruś,



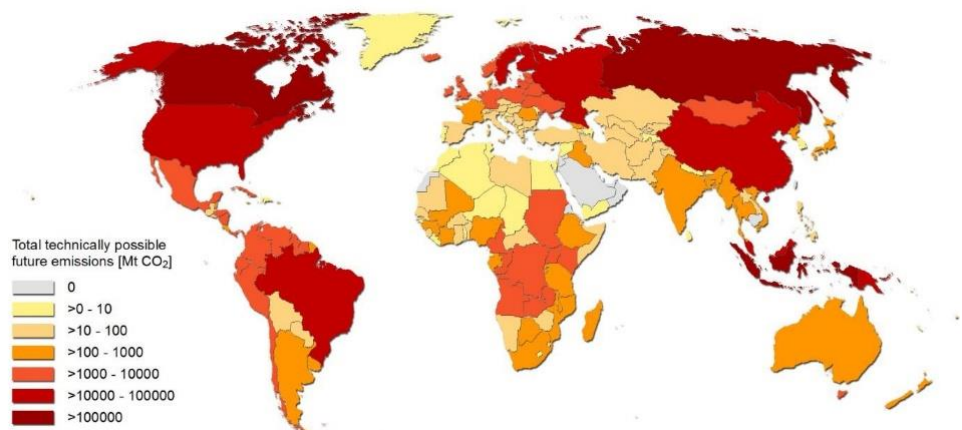
Polska, Niemcy, kraje nadbałtyckie, Finlandia, europejska część Rosji). W Azji Południowo-Wschodniej większość emisji jest skutkiem osuszania torfowisk na potrzeby plantacji palm olejowych oraz, zrealizowanego w latach 80. XX w. zakrojonego na wielką skalę, ale nieudanego projektu, zagospodarowania

torfowisk pod uprawy ryżu (w znacznej części również przekształconych w plantacje palm olejowych). Osuszenie ogromnych połaci torfowisk doprowadziło tam do ogromnych pożarów torfowisk, w wyniku których do atmosfery uwalniane są ogromne ilości dwutlenku węgla. W Europie Środkowo-Wschodniej większość emisji jest skutkiem osuszania torfowisk na potrzeby rolnictwa i leśnictwa. Powstrzymanie tych emisji jest konieczne dla ograniczenia efektu cieplarnianego i wypełnienia zobowiązań Paryskich – wymaga to podjęcia szybkich działań renaturyzacyjnych: podniesienia poziomów wody, zaniechania intensywnej uprawy torfowisk.

Równie ważne jak ponowne nawodnienie osuszonych torfowisk jest zabezpieczenie zasobów węgla w naturalnych bagnach poprzez zapobieżenie ich osuszeniu. Potencjał emisji dwutlenku węgla z torfowisk jest olbrzymi, co ilustruje

poniższa mapa, na której

przedstawiono całkowitą możliwą emisję z torfowisk w przypadku jeśli zostaną one osuszone lub w inny sposób zaburzone (w przypadku torfowisk arktycznych i borealnych – jeśli rozpuści się zalegająca w nich wieczna zmarzlina) (Użyczone przez Joosten H., 2011)



Kłopotliwy metan

Metan jest silniejszym gazem cieplarnianym niż dwutlenek węgla (w 100-letnim oknie czasowym ma 21 razy większy wpływ na ocieplenie klimatu), ale jego ilość w atmosferze jest ponad 200 razy mniejsza. Powstaje w warunkach beztlenowych w naturalnych ekosystemach bagiennych. Są to jednak często ekosystemy niskoproduktywne, więc ilość „paliwa” (martwej materii organicznej) dla mikroorganizmów produkujących metan jest tam stosunkowo ograniczona. Jego emisja jest kompensowana przez akumulację dwutlenku węgla, dzięki czemu bagna mają w czasie rzeczywistym bliski neutralnemu wpływ na ocieplenie klimatu, a geologicznej skali czasowej – ochładzający, dzięki stopniowej akumulacji węgla. Po osuszeniu, emisje metanu z torfowisk maleją (choć np. rowy melioracyjne stanowią jego istotne źródło), ale rośnie emisja dwutlenku węgla. Jeśli natomiast przywracamy na odwodnionym torfowisku warunki bagienne zatrzymujemy emisje dwutlenku węgla, ale możemy doprowadzić do gwałtownego, choć krótkotrwałego wzrostu emisji metanu. Dzieje się tak, gdyż powstający po nawodnieniu ekosystem jest dużo bardziej produktywny niż odwodnione kiedyś bagno („korzysta” z substancji pokarmowych uwolnionych z torfu mineralizującego się w czasie, gdy było osuszone), a obumierające korzenie zatopionych roślin dostarczają „pokarmu” mikroorganizmom produkującym metan. W miarę jak warunki na nawodnionym torfowisku stabilizują się, spada także emisja metanu osiągając poziom typowy dla naturalnych, niezaburzonych torfowisk. Dlatego im dłuższe „okno czasowe” rozpatrujemy, tym większe są pozytywne skutki ponownego nawadniania torfowisk dla klimatu. W praktyce konieczne jest zagwarantowanie trwałości takich przedsięwzięć poprzez odpowiednie zapisy prawne.

Metanowe sprzężenia zwrotne

Najważniejszym elementem dodatknych klimatycznych sprzężeń zwrotnych związanych z bagnami jest wzrost emisji metanu z torfowisk w związku z podwyższaniem temperatury i zwiększoną ilością opadów w niektórych regionach. W wypadku realizacji scenariusza klimatycznego zakładającego brak redukcji emisji gazów cieplarnianych, a więc podwojenie koncentracji dwutlenku węgla w powietrzu w ciągu najbliższego stulecia, emisje metanu z torfowisk mogą zwiększyć się nawet o 78%⁵. Problem dotyczy w największym stopniu emisji z torfowisk tropikalnych i z torfowisk arktycznych. W tropikach podwyższonych emisji metanu można się spodziewać przede wszystkim z bagien w Afryce równikowej, bo to właśnie tam przewidywane jest zwiększenie ilości opadów o około 10% - 20%. Również w Arktyce można spodziewać się zwiększonego wydzielania metanu w związku z podwyższoną ilością opadów i wzrostem zabagnienia.

Jednak w przypadku bagien arktycznych znacznie poważniejszym problemem jest uwalnianie się metanu z rozmarzającej wiecznej zmarzliny, w której jest on uwięziony od tysięcy lat (porównaj akapit: *Bagna z wieczną zmarzliną*). Według ubiegłorocznych szacunków do końca wieku w ten sposób do atmosfery uleci ponad 20 miliardów ton węgla⁶. Jeśli to nastąpi, gwałtowny puls metanu z tajania wiecznej zmarzliny może wywołać niemożliwą do powstrzymania pętlę sprzężenia zwrotnego, prowadzącą do topnienia kolejnych obszarów i uwalniania kolejnych ładunków metanu. Do tego dokładają się reakcje innych elementów regulujących ziemski system klimatyczny – topnienie lodowców, czy rozpad podwodnych hydratów metanu. Jest to część scenariusza prowadzącego w efekcie (w ciągu kilkuset lat) do tzw. Ziemi cieplarnianej – ze średnimi temperaturami wyższymi o kilka stopni Celsjusza, brakiem lodu na biegunach i poziomem mórz wyższym o kilkadziesiąt metrów⁷.

Zbiorniki zaporowe – wygenerowane przez człowieka źródło metanu

Powstałe w wyniku piętrzenia rzek sztuczne mokradła (zbiorniki zaporowe i ich cofki) stają się źródłem znacznych emisji metanu. Dzieje się tak, gdyż dopływające tam żyzne i bogate w materię organiczną wody rzeczne deponują ją w dnach zbiorników, tworząc beztlenowe strefy dogodne do produkcji metanu. Problem ten dotyka najsilniej zbiorników w strefie tropikalnej (ze względu na wysokie temperatury, które przyspieszają proces metanogenezy), ale jest też istotny w strefie umiarkowanej. Obliczono, że **wskutek emisji metanu ze zbiornika, każda jednostka energii wyprodukowanej w hydroelektrowniach może przyczynić się bardziej do ocieplenia klimatu niż ta produkowana ze źródeł kopalnych**⁸.

Jak zmiany klimatu wpłyną na mokradła?

Zmiany klimatu są jednym z najpoważniejszych zagrożeń dla integralności biosfery, zachowania różnorodności biologicznej, a poprzez wpływ na funkcjonowanie ekosystemów, również dla ludzkości. Globalne ocieplenie wpłynie na mokradła na całym świecie bezpośrednio poprzez podnoszenie się temperatury wody oraz pośrednio poprzez zmiany w cyklu hydrologicznym, wzrost prawdopodobieństwa występowania susz w niektórych regionach i intensywnych opadów w innych oraz wzrost koncentracji dwutlenku węgla w powietrzu. Najbardziej wrażliwe na zmiany klimatu są dwa typy ekosystemów: mokradła przybrzeżne (nadmorskie) i bagna torfowe⁹, przy czym jedno i drugie są ogromnymi magazynami węgla organicznego, stanowią zatem kluczowe elementy klimatycznych sprzężeń zwrotnych. Zmiany klimatu mogą, w zależności od regionu świata, spowodować degradację bagien lub przeciwnie – wzrost intensywności procesów bagiennych. W bilansie przyrodniczych zysków i strat te drugie wydają się jednak znacząco przeważać.

Mokradła nadmorskie

Mokradła nadmorskie to np. lasy namorzynowe – porastające ogromne obszary wybrzeży w strefie międzyzwrotnikowej. Są one bezpośrednio zagrożone przez podnoszący się poziom morza oraz coraz częstsze i bardziej intensywne sztormy¹⁰. Nawet w najbardziej optymistycznym scenariuszu zmian klimatu, zakładającym spadek emisji gazów cieplarnianych do zera około roku 2050, przewidywany jest wzrost poziomu morza o około 50 cm do 2100 roku. Przy założeniu takiego wzrostu poziomu morza prognozowane jest zniszczenie do 60% mokradeł przybrzeżnych na całym świecie. Bezpośrednim zagrożeniem dla funkcjonowania przybrzeżnych mokradeł jest też wzrost zasolenia wód (wskutek wkraczania wód morskich w głąb lądu), gdyż wiele żyjących tam organizmów nie jest w stanie znieść zasolenia większego niż to w którym obecnie występują. Co więcej, ocieplający się klimat stanowi zagrożenie dla akumulacji węgla przez te ekosystemy – powoduje bowiem wzrost tempa rozkładu materii organicznej.



Zarośla namorzynów. Fot. W. Kotowski.



Bagna, torfowiska

Prognozy co do przyszłego wpływu zmian klimatu na ekosystemy bagienne utrudnia fakt, że wielkość, kierunek i sezonowość prognozowanych zmian hydrologicznych są różne dla różnych regionów, a los węgla zmagazynowanego w mokradłach zależy od lokalnych warunków. Większość prognoz zakłada, że w północnej części Europy zwiększy się roczna suma opadów, lecz będzie to spowodowane głównie opadami w zimie. W lecie przewidywane są długotrwałe susze, które wpłyną na mokradła w znacznie większym stopniu niż zimowe opady deszczu.

Największym zagrożeniem, jakie wiąże się z przewidywanymi w niektórych regionach długotrwałymi suszami, jest spadek poziomu wód gruntowych i powierzchniowych¹¹. Skutkiem będzie wysychanie torfowisk i uwalnianie dwutlenku węgla z torfu w wyniku jego przyspieszonej mikrobiologicznej mineralizacji. Najbardziej gwałtownym procesem emisji dwutlenku węgla są pożary osuszonych torfowisk, których częstość i intensywność nieuchronnie wzrosną w czasie upalnych, pozbawionych deszczu, lat. Co prawda, przewiduje się również wzrost produktywności torfowisk, ze względu na zwiększenie wydajności fotosyntezy - efekt ten prawdopodobnie może być znaczący jedynie w torfowiskach Arktyki, tam jednak bilans reakcji torfowisk na zmiany klimatu będzie przede wszystkim zależał od losów wiecznej zmarzliny (zobacz niżej).

W prognozowaniu reakcji torfowisk na zmiany klimatu trzeba też wziąć pod uwagę – w niektórych regionach zapewne najważniejszy - czynnik społeczno-ekonomiczny. Wraz z ociepleniem klimatu i pustoszczeniem obszarów położonych bliżej zwrotników, będzie rosła presja rolnictwa na obszary położone na północy. Elementem tej presji, który obserwujemy już teraz, będzie zwiększony nacisk na melioracje bagien i ich pozyskiwanie pod uprawy, a w efekcie – gwałtowny wzrost torfowych emisji CO₂.

Bagna z wieczną zmarzliną

W torfowiskach wiecznej, czy raczej wieloletniej, zmarzliny zmagazynowane jest mniej więcej 300 miliardów ton węgla, co daje ok. 30-50% węgla "gruntowego" i odpowiada ok. 1/3 ilości węgla atmosferycznego. Należy pamiętać, że część obszarów obecnej wiecznej zmarzliny kilka tysięcy lat temu nie była nią skuta i w tamtym czasie intensywnie odkładał się tam torf. Tak intensywnie, że osłabiło to efekt cieplarniany i od tego czasu mimo różnych wahań, średnia temperatura globalnie, a zwłaszcza na półkuli północnej, spadała aż do niedawna. W czasie ostatniego zlodowacenia, wydzielający się w dawnych procesach bagiennych, metan został częściowo uwięziony w lodzie. Teraz zasięg zmarzliny się cofa uwalniając zgromadzone w niej bąbelki metanu oraz uruchamiając „produkcję” nowego – wskutek przyspieszającego w rosnącej temperaturze rozkładu torfu. W tym wieku tajanie może dotknąć co najmniej połowy powierzchni zmarzliny¹², prowadząc do uruchomienia sprzężeń zwrotnych prowadzących do gwałtownego ocieplania się klimatu (porównaj akapit: *Metanowe sprzężenia zwrotne*).

Prognozuje się też, że ocieplenie może wzmocnić rolę arktycznych torfowisk w pochłanianiu węgla – po pierwsze w związku ze wzrostem tempa fotosyntezy, po drugie – dzięki przesuwaniu się zasięgu roślinności na tereny dotąd słabo nią pokryte¹³. Po trzecie, topnienie wiecznej zmarzliny zmienia strukturę podłoża tak, że roślinność typowa dla torfowisk skrajnie ubogich jest wypierana przez typową dla torfowisk nieco żyzniejszych, lasotundrowych, a to te drugie w warunkach arktycznych sprawniej akumulują węgiel. Jednak wzrost pochłaniania węgla będzie następował powoli, nie równoważąc uwalniania dużej ilości węgla w wyniku topnienia zmarzliny.

Jeziora i rzeki

Bezpośrednim zagrożeniem wynikającym ze zmian klimatu, szczególnie w przypadku jezior i płytkich rzek, jest podnoszenie się temperatury wody, a w efekcie również spadek jej natlenienia. Poskutkuje to zmianą warunków dla organizmów wodnych i kurczeniem się ich zasięgów geograficznych lub migracją w kierunku stref zimniejszych. Przewidywanym skutkiem podnoszenia temperatury wody jest też nasilenie się zjawisk eutrofizacji – połączonych z zakwitami sinic, deficytami tlenu i wymieraniem populacji wielu gatunków ryb.

Na wody płynące i jeziora zmiany klimatu będą wpływać w dużej mierze zależnie od ich sposobu zaopatrywania w wodę. W przypadku jezior najbardziej zagrożone niedostatecznym zaopatrzeniem w wodę będą te na niskich szerokościach geograficznych. Na zagrożenie nierównomiernym i nieprzewidywalnym zaopatrzeniem w wodę zwraca się uwagę głównie w przypadku rzek. Większość rzek na półkuli północnej zasilana jest w znacznej mierze wodą roztopową, która powodowała wiosenne wezbrania. W zmieniającym się klimacie możemy spodziewać się wezbrań zimą i gwałtownych powodzi spowodowanych intensywnymi opadami deszczu w innych porach roku. Dużym problemem będzie też zanikanie lodowców, które pozbawi część rzek stabilnego źródła wody i w konsekwencji może doprowadzić do niedoborów wody. Efekt ten pogłębią prognozowane długotrwałe susze, a skutkiem – obok zmiany funkcjonowania ekosystemów rzecznych i nadrzecznych – będzie choćby znaczące zmniejszenie ilości wody pitnej, czy przemysłowej, którą można bezpiecznie pobrać z rzeki. Przykładem jest Ren – jedna z najdłuższych i największych rzek Europy, gdzie już dziś dochodzi do długotrwałych stanów bardzo niskiej wody, znacząco utrudniających korzystanie z tej rzeki.

Biorąc pod uwagę „reakcję” ekosystemów na zmiany klimatu trzeba uwzględnić rolę zmian w tych ekosystemach spowodowanych przez gospodarkę człowieka. Od wieków regulując rzeki na potrzeby żeglugi śródlądowej, lub w celu zagospodarowania (rolniczego lub mieszkalnego) nadrzecznych terenów zalewowych ograniczyliśmy znacznie naturalną odporność tych ekosystemów na zaburzenia - w tym na zmiany klimatu. W uregulowanych rzekach głębokie niżówki mają dużo gorsze skutki dla organizmów tam żyjących, gdyż ujednolicenie siedlisk pozbawia je miejsc, gdzie mogłyby się chronić przez niekorzystnymi warunkami. Co więcej, gwałtowne wezbrania (których wzrost częstotliwości jest jednym z prognozowanych skutków zmian klimatu) są w takich rzekach o wiele bardziej niszczycielskie, gdyż przepływ (co za tym idzie prędkość przemieszczania się fali powodziowej) w nich jest szybszy, a ograniczenie powierzchni terenów zalewowych prowadzi do ograniczenia zdolności retencyjnej i kumulacji wody w korycie.



Naturalne rozlewiska Narwi wiosną. Fot. E. Jabłońska.

Niegdyś wydawało się, że rozwiązaniem, które pomaga kontrolować przepływy w rzekach (zarówno te niskie, jak i ekstremalnie wysokie) jest budowa zbiorników zaporowych – stanowiących jednocześnie źródło energii – uznawanej za „czystą”, bowiem pozbawioną emisji ze spalania paliw kopalnych. Wyniki najnowszych badań pokazały jednak, że zbiorniki negatywnie oddziałują na klimat (zobacz akapit: *Zbiorniki zaporowe – wygenerowane przez człowieka źródło metanu*). Na dodatek, przeciwpowodziowa funkcja zbiorników z reguły również okazywała się mrzonką – zapory najczęściej zwiększają ryzyko powodzi - tereny zalewowe powyżej zapór są już pod wodą, więc w razie powodzi są w stanie zmieścić o wiele mniej dodatkowej wody niż „suche” tereny zalewowe. Nie można też zapominać, że budowa zbiorników prowadzi do degradacji ekosystemu rzeczno-jeziornego, ograniczając zdolności do migracji organizmów (w tym tych, których populacje istnieją tylko dzięki takim migracjom – jak ryby wędrowne np. łosoś i węgorz) a dodatkowo zmieniając warunki siedliskowe z rzecznych na jeziorowe.

Bagna muszą być mokre! Dla klimatu, dla ludzi, dla przyrody.

Przywrócenie wysokich poziomów wody na osuszonych torfowiskach jest jedynym skutecznym sposobem na ograniczenie ich negatywnego wpływu na klimat. W skali globalnej pozwoliłoby uniknąć emisji ok. 2 gigaton CO₂ rocznie, co odpowiada 5% antropogenicznych emisji ze spalania paliw kopalnych. Przywrócenie warunków bagiennych zwykle oznacza konieczność zasypania lub spiętrzenia rowów odwadniających, za pomocą których torfowiska osuszono czy likwidacji systemów drenarskich. Taką restytucję przyrodniczą bagien przeprowadza się od lat na całym świecie¹⁴, wiele projektów wykonano również w Polsce, choć ich skala jest stosunkowo mała.

W klasycznym podejściu ponowne nawodnienie wiąże się z utratą dotychczasowej (zwykle rolniczej) funkcji torfowisk na rzecz celów ochrony przyrody, ale nie zawsze musi tak być. Od kilkunastu lat rozwijana jest praktyka przywracania wysokich poziomów wody na torfowiskach przy zachowaniu ich funkcji produkcyjnej. Oczywiście w takich warunkach uprawiać można głównie rośliny występujące w stanie dzikim na mokradłach - takie jak różne gatunki traw (w tym trzcinę), pałkę czy turzycę. Takie bagienne rolnictwo (ang. *paludiculture*)¹⁵ umożliwia znaczące zmniejszenie emisji bez konieczności formalnej zmiany kategorii użytkowania gruntów, a wysoka produktywność ponownie nawodnionych torfowisk (rozłożony torf jest bogaty w substancje pokarmowe) pozwala na uzyskanie wysokich plonów bagiennych roślin i potencjalnie znaczących zysków. Rośliny można wykorzystać jako paszę dla zwierząt (np. młode pędy pałki), czy do produkcji materiałów budowlanych (trzcin, pałka), a także do produkcji „zielonej” energii w biogazowniach, czy w kotłowniach na biomasę. Daje to dodatkowe możliwości obniżenia emisji gazów cieplarnianych. Ponadto, wynosząc co roku biomasę z powtórnie nawodnionych torfowisk usuwamy z nich znaczne ilości substancji pokarmowych (azotu i fosforu) przez co chronimy sąsiadujące z nimi cieki i zbiorniki wodne przed eutrofizacją.

W roku 2011 powtórne nawodnienie osuszonych torfowisk zostało włączone do protokołu z Kyoto jako nieobligatoryjne działanie „osuszanie i powtórne nawadnianie mokradeł”, a od roku 2018 emisje związane z mokradłami i zobowiązania do ich redukcji powinny być umieszczone w tzw. planowanych wkładach krajowych w redukcje emisji (Nationally Determined Contributions). Istnieją międzynarodowe standardy pozwalające obiektywnie szacować redukcję emisji gazów cieplarnianych w wyniku powtórnego nawodnienia osuszonych torfowisk. Standardy te są podstawą funkcjonowania dobrowolnego rynku handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych. Firmy lub osoby, które chcą obniżyć swój „ślad węglowy” mogą wykupić certyfikaty redukcji emisji od podmiotów zajmujących się powtórnym nawadnianiem torfowisk. Taki program wdrożyły trzy niemieckie kraje związkowe (Meklemburgia – Pomorze Przednie, Brandenburgia i Szlezwik-Holsztyn) pod nazwą „MoorFutures” (<http://www.moorfutures.de>). Polega on na sprzedaży „cegiełek”, z których zysk jest przeznaczany na redukcję emisji gazów cieplarnianych poprzez powtórne nawodnienie osuszonych torfowisk.

Powtórne nawadnianie osuszonych torfowisk ma pozytywne konsekwencje nie tylko dla klimatu. Odwodnione torfowiska, szczególnie kiedy ich gleby ulegną degradacji stają się nieprzydatne dla rolnictwa a w dodatku są źródłem zanieczyszczeń trafiających do rzek i jezior. Powtórne nawadnianie osuszonych torfowisk może zatem pomóc w walce z niedożywieniem w miejscach gdzie lokalne społeczności opierają swoją egzystencję na rybołówstwie czy uprawie roślin na mokradłach. Z tego względu Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) zwróciła niedawno uwagę na nawadnianie osuszonych torfowisk jako działanie wspierające walkę z ubóstwem¹⁶.





Dodatkowych informacji w imieniu Centrum Ochrony Mokradel mogą udzielić:

dr hab. Wiktor Kotowski,
Uniwersytet Warszawski, Instytut Botaniki,
Zakład Ekologii Roślin i Ochrony Środowiska,
Centrum Ochrony Mokradel
E-mail: w.kotowski@uw.edu.pl
Telefon: (4822) 55 26 528

dr Łukasz Kozub
Uniwersytet Warszawski, Instytut Botaniki,
Zakład Ekologii Roślin i Ochrony Środowiska,
Centrum Ochrony Mokradel
E-mail: lukasz.kozub@biol.uw.edu.pl
Telefon: (4822) 55 26 621

Ważne linki:

Światowy Dzień Mokradel: <http://www.worldwetlandsday.org>

Konwencja Ramsarska: <https://www.ramsar.org/>

Serwis mokradłowy Centrum Ochrony Mokradel: <http://www.bagna.pl/>

Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska – przetłumaczone na polski materiały Konwencji Ramsarskiej na Światowy Dzień Mokradel 2019: <http://ochronaprzyrody.gdos.gov.pl/publikacje-i-materialy-promocyjne>

Generalna Dyrekcja Ochrony Środowiska – ochrona mokradel: <http://ochronaprzyrody.gdos.gov.pl/ochrona-mokradel>

Międzyrządowy Panel do spraw Zmian Klimatu: <https://www.ipcc.ch/>

Serwis Nauka o Klimacie: <https://www.naukaoklimacie.pl/>

Polskie tłumaczenie Specjalnego Raportu IPCC - podsumowanie dla decydentów (linki do poszczególnych części wklejone jako hiperłącza): [Wstęp i część A](#), [część B](#), [część C](#), [część D](#).

Cytowane źródła literaturowe:

¹ Ramsar Convention on Wetlands. (2018). Global Wetland Outlook: State of the World's Wetlands and their Services to People. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat. Dostęp: https://www.ramsar.org/sites/default/files/flipbooks/ramsar_gwo_english_web.pdf.

² IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)].

- ³ Parish F., Sirin A., Charman D., Joosten H., Minayeva T., Silviu M., Stringer L. (Eds.) 2008. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change: Main Report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen. Dostęp: http://www.imcg.net/media/download_gallery/books/assessment_peatland.pdf.
- ⁴ Joosten H. 2009. "The Global Peatland CO₂ Picture: peatland status and drainage related emissions in all countries of the world." The Global Peatland CO₂ Picture: peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. Dostęp: <https://unfccc.int/sites/default/files/draftpeatlandco2report.pdf>.
- ⁵ Shindell D. T., Walter B. P., Faluvegi G. 2004. Impacts of climate change on methane emissions from wetlands. *Geophysical Research Letters* 31(21).
- ⁶ Jones M. C., Harden J., O'Donnell J., Manies K., Jorgenson T., Treat C., Ewing S. 2016. Rapid carbon loss and slow recovery following permafrost thaw in boreal peatlands. *Global Change Biology* 23, 1109–1127.
- ⁷ Steffen W., Rockström J., Richardson K., Lenton T. M., Folke C., Liverman D., ... Donges J. F. 2018. Trajectories of the Earth System in the Anthropocene. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(33), 8252-8259. Zob. także: Ziemia „stabilna” czy „cieplarniana”? <http://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/ziemia-stabilna-czy-cieplarniana-309>.
- ⁸ Gibson L., Wilman E. N., Laurance W. F. 2017. How Green is 'Green' Energy? *Trends in Ecology & Evolution* 32(12), 922–935.
- ⁹ Moomaw W. R., Chmura G. L., Davies G. T., Finlayson C. M., Middleton B. A., Natali S. M., Perry J. E., Roulet N., Sutton-Grier A. E. 2018. Wetlands In a Changing Climate: Science, Policy and Management. *Wetlands* 38(2), 183-205.
- ¹⁰ Erwin K. L. 2009. Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management* 17: 71.
- ¹¹ Junk W. J., An S., Finlayson C. M., Gopal B., Květ J., Mitchell S. A., Mitsch W. J., Robarts R. D. 2013. Current state of knowledge regarding the world's wetlands and their future under global climate change: a synthesis. *Aquatic Sciences* 75(1), 151-167.
- ¹² Gallego-Sala A. V., Charman D. J., Brewer S., Page S. E., Prentice I. C., Friedlingstein P., ... Zhao Y. 2018. Latitudinal limits to the predicted increase of the peatland carbon sink with warming. *Nature Climate Change* 8(10), 907–913.
- ¹³ Zhang H., Gallego-Sala A. V., Amesbury M. J., Charman D. J., Piilo S. R., Väiranta M. M. (2018). Inconsistent Response of Arctic Permafrost Peatland Carbon Accumulation to Warm Climate Phases. *Global Biogeochemical Cycles* 32(10), 1605–1620.
- ¹⁴ Bonn A., Allott T., Evans M., Joosten H., Stoneman, R. (Eds.). 2016. Peatland restoration and ecosystem services: science, policy and practice. Cambridge University Press.
- ¹⁵ Paludiculture - agriculture and forestry on rewetted peatlands. <https://www.moorwissen.de/en/paludikultur/paludikultur.php>
- ¹⁶ Joosten H., Tapio-Biström M. L., Tol S. 2012. Peatlands: guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/a-an762e.pdf>.