



OSZACOWANIE EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z UŻYTKOWANIA GLEB ORGANICZNYCH W POLSCE ORAZ POTENCJAŁU ICH REDUKCJI

CZERWIEC 2021



Współpraca:

Centrum Ochrony Mokradeł

Autor:

Wiktor Kotowski

Uniwersytet Warszawski, Wydział Biologii,
Zakład Ekologii i Ochrony Środowiska
Centrum Ochrony Mokradeł

Wydawca:

Fundacja WWF Polska, ul. Usypiskowa 11, 02-386 Warszawa
tel.: +48 22 660 44 33

ISBN 978-83-60757-87-1

Skład:

Agencja Wydawnicza Ekopress

Fotografie na okładce:

© Ewa Jabłońska (dolne), Wiktor Kotowski (górne)

Propozycja cytowania:

Wiktor Kotowski (2021). *Oszacowanie emisji gazów cieplarnianych z użytkowania gleb organicznych w Polsce oraz potencjału ich redukcji*. Fundacja WWF Polska.

Tekst: © 2021 Fundacja WWF Polska

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Fundacja WWF Polska wyraża zgodę na udostępnianie niniejszej publikacji dla celów niekomercyjnych. Kopiowanie całości lub części raportu, w tym zdjęć, poza dozwolonym użyciem, wymaga pisemnej zgody Fundacji WWF Polska. W każdym przypadku prosimy o podanie źródła i wydawcy.



Naturalne torfowiska w stanie bagiennym akumulują torf, mając w długim horyzoncie czasowym ochładzający wpływ na klimat



**OSZACOWANIE EMISJI
GAZÓW CIEPLARNIANYCH
Z UŻYTKOWANIA
GLEB ORGANICZNYCH
W POLSCE ORAZ
POTENCJAŁU
ICH REDUKCJI**

CZERWIEC 2021

STRESZCZENIE

Torfowiska stanowią największy lądowy magazyn węgla organicznego. W stanie naturalnym (bagiennym) pochłaniają dwutlenek węgla z atmosfery, akumulując węgiel w torfie. Jeśli się je osuszy, stają się silnymi źródłami gazów cieplarnianych, przyczyniając się do powiększania efektu cieplarnianego. W skali świata odwodnione torfowiska emitują ok. 2 Gt dwutlenku węgla rocznie, co odpowiada ok. 5% antropogenicznych emisji.

Celem niniejszego opracowania było oszacowanie emisji gazów cieplarnianych z odwodnionych torfowisk Polski, z uwzględnieniem ich użytkowania, oraz weryfikacja poprawności raportowania tych emisji w ramach Konwencji Klimatycznej ONZ. Oszacowanie emisji oparto na wskaźnikach emisji dwutlenku węgla, metanu i tlenku azotu (I) z gleb torfowych w różnych wariantach użytkowania opracowanych przez Międzypaństwowy Panel ds. Zmiany Klimatu (IPCC 2014). Przyjęto całkowitą powierzchnię torfowisk Polski za publikacją „Mires and Peatlands of Europe” (Kotowski i in. 2017) jako 1 495 000 ha, a skalę ich odwodnienia na 86%, co daje szacunkowo 1 255 800 ha torfowisk odwodnionych, w tym 1 110 480 ha nieleśnych i 294 336 ha leśnych. W oparciu o powyższe założenia uzyskano wartość emisji na poziomie 33,9 Mt ekw. CO₂, z czego 30,3 Mt ekw. CO₂ (89,4%) przypada na sektor rolnictwa, a 3,6 Mt ekw. CO₂ (10,6%) na sektor LULUCF (leśnictwo). Przewyższa to wielokrotnie wysokość emisji gazów cieplarnianych z gleb organicznych raportowaną przez Polskę do Konwencji Klimatycznej UNFCCC. Dla obszarów rolniczych

oszacowane emisje węgla w postaci dwutlenku węgla i metanu (z zastosowaniem przelicznika 28) są 23,7 razy wyższe niż raportowane przez Polskę do UNFCCC w 2020 roku emisje dwutlenku węgla (metanu nie wykazano w ogóle), a całkowite emisje gazów cieplarnianych z uwzględnieniem tlenku azotu (I) są 6,9 razy wyższe niż w raporcie do UNFCCC. Dla lasów oszacowania emisji przedstawione w niniejszym opracowaniu to odpowiednio 3,8 razy mniej w przypadku emisji węgla (jako CO₂ i CH₄) i 4,2 razy więcej dla emisji wszystkich gazów cieplarnianych, niż podano w raporcie Polski do UNFCCC. Oszacowano, że ponowne zabagnienie wszystkich odwodnionych torfowisk Polski poprzez zatrzymanie odpływu wody rowami melioracyjnymi pozwoliłoby zredukować emisje gazów cieplarnianych o około 21,7 Mt ekw. CO₂. Kluczem do powszechnego przywrócenia warunków bagiennych na torfowiskach, obok tworzenia obszarów dzikiej przyrody, powinna być tzw. paludikultura, czyli bagiennie rolnictwo.



Pożary torfowisk są najszybszym procesem emisji dwutlenku węgla do atmosfery.
Bagno Calowanie. © K. Brzezińska

1 WPROWADZENIE

Degradacja gleb organicznych jest w wielu krajach jednym z największych źródeł gazów cieplarnianych w kategoriach Rolnictwo oraz LULUCF (Użytkowanie gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwo)¹. Emisje te są związane przede wszystkim z odwodnieniem torfowisk i ich rolniczym lub leśnym użytkowaniem, a także wydobyciem torfu i pożarami osuszonych torfowisk. Rozkładający się torf uwalnia do atmosfery ogromne ilości dwutlenku węgla, a także podtlenek azotu i metan. Emisje z gleb organicznych są często niedostrzegane i nieprawidłowo lub niekompletnie raportowane przez państwa-strony Konwencji Klimatycznej UNFCCC (Joosten i in. 2016a). Przytoczone w poniższym tekście szacunkowe obliczenia wskazują, że tak jest również w Polsce. Jedynym sposobem, by znacząco zmniejszyć te emisje, jest ponowne nawodnienie osuszonych obszarów i przywrócenie na nich warunków bagiennych.

Do gleb organicznych zalicza się gleby torfowe, murszowe, limnowe i ściółkowe (Kabała i in. 2019), ale znaczenie dla emisji gazów cieplarnianych mają przede wszystkim dwie pierwsze kategorie, czyli gleby torfowe i murszowe. Gleby torfowe powstają w warunkach bagiennych, tj. przy pełnym wysyceniu gruntu wodą i związanymi z tym warunkami beztlenowymi. W tej sytuacji część biomasy roślinnej nie ulega pełnemu rozkładowi i zostaje zachowana w postaci torfu. Gleby murszowe powstają z gleb torfowych pod wpływem długotrwałego odwodnienia i spowodowanej nim mineralizacji torfu. Z reguły warstwa murszowa zalega na, podlegających stopniowym procesom decesji², pokładach torfu, a kontynuacja odwad-

niania powoduje, że proces murszenia postępuje w głąb profilu glebowego, przyczyniając się do zaniku materii organicznej i obniżania powierzchni torfowiska.

Akumulacja torfu w bagnach zachodzi wolno – na torfowiskach niskich strefy umiarkowanej jest to około 1 mm rocznie, ale dzięki temu, że proces ten trwa nieprzerwanie przez tysiące lat, pozwala on na zgromadzenie w torfowiskach ogromnych ilości węgla wycofywanego z atmosfery. W skali świata jest to ok. 450 GT węgla (Joosten 2009, Page i in. 2011), a niedawne wyliczenia podają, że nawet ponad 1 teratona (Nichols i in. 2019). Ponieważ w literaturze naukowej trwa dyskusja co do poprawności tego ostatniego oszacowania, warto przyjmować, że jest to przedział od 450 do 1000 GT węgla. Oznacza to, że torfowiska stanowią największą pulę węgla spośród wszystkich ekosystemów lądowych, zawierając co najmniej 2 razy więcej węgla niż lasy i co najmniej 1/3 glebowego węgla organicznego świata. Jest to jednocześnie najbardziej skoncentrowany – w przeliczeniu na powierzchnię – zasób węgla w biosferze lądowej. Torfowiska zajmują ok. 3% powierzchni lądów i zawierają średnio 1125 ton węgla na hektar (Joosten i in. 2016b), a więc wielokrotnie więcej niż lasy. Dodajmy jeszcze, że całkowita ilość węgla zgromadzona w torfowiskach świata odpowiada ok. 60% węgla zawartego w atmosferze (a jeśli wziąć pod uwagę oszacowania Nicholasa i in. [2019], to nawet go przewyższa). Z powyższego wynikają dwie ważne konsekwencje dla klimatycznej roli torfowisk. Po pierwsze, ekosystemy te mają ogromny potencjał do długotrwałego wycofywania węgla z obiegu, stanowiąc podstawę potężnego ujemnego klimatycznego sprzężenia zwrotnego (Frolking i in. 2011). Pula węgla w większości torfowisk półkuli północnej została zakumulowana w ciągu holocenu (11 700 lat) (Mäkilä i Saarnisto 2008). Po drugie jednak, torfowiska, stanowiąc ogromny i skoncentrowany magazyn węgla, pod wpływem odwodnienia mogą zostać przekształcone w równie potężne źródło jego emisji do atmosfery (Harenda i in. 2018).

Bilans przepływu gazów cieplarnianych pomiędzy torfowiskami a atmosferą zależy przede wszystkim od ich uwilgotnienia. Bagna (czyli torfowiska w stanie bagiennym)³ są pochłaniaczami węgla netto, a zatem w długiej perspektywie czasowej (powyżej kilkudziesięciu lat) wywołują ujemne wymuszenie radiacyjne (Frolking i in. 2011, Joosten i in. 2016). W krótszej perspektywie czasowej pochłanianie dwutlenku węgla jest jednak kompensowane przez emisje metanu – jest go wprawdzie mniej niż pochłoniętego CO₂, ale ma wyższy od niego potencjał globalnego ocieplania (ang. *global warming potential*) (Frolking i Roulet 2007). Jeśli ponadto uwzględnimy stosunkowo krótki czas trwania metanu w atmosferze, to stanie się jasne,

1 Kategorie źródeł emisji gazów cieplarnianych wykorzystywane w raportowaniu w ramach Ramowej Konwencji ONZ o Zmianie Klimatu.

2 Decesja jest przyspieszonym procesem humifikacji i mineralizacji materii organicznej wskutek przesuszenia torfu.

3 Bagno jest tu rozumiane jako ekosystem torfotwórczy, czyli odpowiednik angielskiego słowa „*mire*”.

że wpływ bagien na klimat jest tym bardziej „ochładzający”, im dłuższe okno czasowe weźmiemy pod uwagę. W przybliżeniu należy więc przyjąć, że w perspektywie kilku- do kilkudziesięcioletniej bagna mają neutralny lub najwyżej lekko ocieplający wpływ na klimat (pod względem wpływu na cykl węglowy), a w perspektywie dziesiątek do tysięcy lat jest to wpływ ochładzający (Joosten i in. 2016b).

Osuszenie torfowisk sprawia, że przestają być bagnami i zmieniają się z pochłaniaczy w źródła węgla do atmosfery. W warunkach odwodnienia, w obecności tlenu, torf zaczyna się gwałtownie rozkładać, uwalniając przy tym zgromadzony w szczątkach roślin węgiel do atmosfery w postaci dwutlenku węgla. Emisje CO₂ z odwodnionych torfowisk mogą wynosić do kilkudziesięciu ton z hektara rocznie. Dochodzą do nich jeszcze emisje tlenu azotu (I) oraz metanu, który powstaje z przedostającej się do wód torfowiska i rowów odwadniających rozpuszczonej frakcji materii organicznej (Joosten i in. 2016b). Wielkość emisji zależy od głębokości odwodnienia (im suszej, tym są one większe), sposobu użytkowania (np. orka znacząco zwiększa mineralizację torfu i w efekcie emisje CO₂) oraz temperatury (emisje z odwodnionych torfowisk są najwyższe w okresach wysokich temperatur, np. latem).



Systemy rowów odwadniających, niemal zawsze pozbawione zastawek pietrzycy, odwadniają torfowiska nawet po wycofaniu się rolnictwa. © K. Brzezinska

2 ZAŁOŻENIA OBLICZEŃ – WSPÓŁCZYNNIKI EMISJI IPCC

Raportowanie emisji z gleb organicznych w ramach Konwencji Klimatycznej ONZ opiera się na założeniu, iż emisje z naturalnych torfowisk są (neutralnym klimatycznie) „stanem odniesienia”, a zatem nie wykazuje się ich, natomiast raportowaniu podlegają emisje antropogeniczne, związane z gospodarką rolną i leśną na odwodnionych torfowiskach, a także z wydobyciem torfu i pożarami torfowisk. Aktualnie obowiązującymi wytycznymi raportowania emisji gazów cieplarnianych przez państwa-strony Konwencji Klimatycznej jest opracowanie Międzyrządowego Panelu ds. Zmiany Klimatu (IPCC) z roku 2006 (IPCC 2006), przy czym współczynniki emisji gazów cieplarnianych z użytkowania gleb organicznych zostały zaktualizowane w 2013 roku na podstawie analizy wielu źródeł literaturowych i zawarte w tzw. „Wetland Supplement” (tabela 1, IPCC 2014).

Dla odwodnionych torfowisk strefy umiarkowanej najwyższy współczynnik emisji mają pola orne (średnia 7,9 t CO₂-C ha⁻¹ rok⁻¹), ale niewiele ustępują im trwale użytki zielone, zwłaszcza żyźne (nawożone lub naturalnie zasobne w biogeny) łąki na głęboko odwodnionym torfie (średnia 6,1 t CO₂-C ha⁻¹ rok⁻¹). Najniższe są średnie emisje z lasów na odwodnionych torfowiskach, na poziomie 2,6 t CO₂-C ha⁻¹ rok⁻¹, oraz obszarów wydobycia torfu (2,1 t CO₂-C ha⁻¹ rok⁻¹)⁴. Wytyczne zawarte w załączniku mokradłowym IPCC uwzględniają również zestandaryzowane współczynniki emisji dla metanu (tabela 2) i tlenu azotu (I) (tabela 3).

Tabela 1. Współczynniki emisji dwutlenku węgla dla odwodnionych torfowisk strefy umiarkowanej wg „Wetland Supplement” IPCC (2014)

Kategoria użytkowania gruntów	Średnia (t CO ₂ -C ha ⁻¹ rok ⁻¹)	Przedział ufności 95%	
las	2,6	2	3,3
grunty orne	7,9	6,5	9,4
łąki, mało zasobne w biogeny	5,3	3,7	6,9
łąki, zasobne w biogeny, głęboko odwodnione	6,1	5	7,3
łąki, zasobne w biogeny, płytko odwodnione	3,6	1,8	5,4
obszary wydobycia torfu	2,1	1,1	4,2

Tabela 2. Współczynniki emisji metanu dla odwodnionych torfowisk strefy umiarkowanej wg „Wetland Supplement” IPCC (2014)

Kategoria użytkowania gruntów	Średnia (kg CH ₄ ha ⁻¹ rok ⁻¹)	Przedział ufności 95%	
las	2,5	-0,6	5,7
grunty orne	0	-2,8	2,8
łąki, mało zasobne w biogeny	1,8	0,72	2,9
łąki, zasobne w biogeny, głęboko odwodnione	16	2,4	29
łąki, zasobne w biogeny, płytko odwodnione	39	-2,9	81
obszary wydobycia torfu	6,1	1,6	11
rowy w lasach	217	41	393
rowy na płytko odwodnionych łąkach	527	285	769
rowy na głęboko odwodnionych łąkach	1165	335	1995
rowy na obszarach wydobycia torfu	542	102	981

⁴ Trzeba jednak pamiętać, że wydobywanie torfu, poza emisjami *in situ* związanymi z odwodnieniem miejsca eksploatacji, generuje także znacznie większe emisje *ex situ* poprzez eksport węgla w postaci pozyskanej masy torfu.

Tabela 3. Współczynniki emisji tlenu azotu (I) dla odwodnionych torfowisk strefy umiarkowanej wg IPCC (2014)

Kategoria użytkowania gruntów	Średnia (kg N ₂ O-N ha ⁻¹ rok ⁻¹)	Przedział ufności 95%	
las	2,8	-0,57	6,7
grunty orne	13	8,2	18
łąki, mało zasobne w biogeny	4,3	1,9	6,8
łąki, zasobne w biogeny, głęboko odwodnione	8,2	4,9	11
łąki, zasobne w biogeny, płytko odwodnione	1,6	0,56	2,7
obszary wydobycia torfu	0,30	-0,03	0,64

Oprócz emisji dwutlenku węgla w miejscu odwodnienia, IPCC (2014) wskazuje też na potrzebę wykazania emisji *off-site* związanych ze zwiększonym, wskutek odwodnienia torfowisk, przechodzeniem rozpuszczonej frakcji węgla organicznego (DOC = *dissolved organic carbon*) do wód gruntowych i rowów odwadniających, a nimi do wód powierzchniowych. W ekosystemach wodnych DOC w około 90% jest utleniany do dwutlenku węgla, który ulatnia się do atmosfery. Są to „ukryte emisje”, do niedawna nie uwzględniane w szacowaniu wpływu osuszania torfowisk na efekt cieplarniany. IPCC (2014) szacuje je dla strefy umiarkowanej na 0,31 t C ha⁻¹ rok⁻¹ (przedziały ufności 95% 0,19-0,46).

Aby policzyć całkowitą utratę węgla z odwodnionych torfowisk, należy uwzględnić emisje dwutlenku węgla, rozpuszczonego węgla organicznego i metanu z powierzchni torfowiska oraz metanu z rowów (przeliczając według średniego udziału rowów w powierzchni odwodnionych torfowisk), a dla policzenia całkowitego wymuszenia radiacyjnego – należy uwzględnić dodatkowo tlenek azotu (I) w przeliczeniu na ekwiwalenty CO₂ (szersze wyjaśnienie można znaleźć w opracowaniu Pawlaczyka [2014]). Joosten i in. (2017) zestawili te wszystkie współczynniki emisji w oparciu o omówione wyżej rekomendacje IPCC (tabela 4).

Oprócz emisji związanych z biologiczną mineralizacją odwodnionych gleb organicznych w warunkach użytkowania rolniczego, leśnego i wydobycia torfu, znaczącym źródłem emisji gazów cieplarnianych są też pożary odwodnionych torfowisk. W pożarach do atmosfery przedostają się duże ilości dwutlenku węgla, a także metanu i tlenu węgla (który nie jest sam w sobie istotnym gazem cieplarnianym, ale wpływa na globalne ocieplenie reagując z rodnikami hydroksylowymi OH, które zmniejszają zawartość innych gazów cieplarnianych, w tym metanu). IPCC (2014) podaje sposób wyliczenia emisji gazów cieplarnianych z pożarów torfowisk na podstawie informacji o powierzchni pożaru i miąższości wypalanej warstwy torfu oraz średniej gęstości objętościowej i zawartości węgla w glebie torfowej. W źródle tym podano również średnie wskaźniki do wyliczenia emisji CO₂, CH₄ i CO. W strefie umiarkowanej w pożarze odwodnionego torfowiska ubywa średnio 336 ton suchej masy torfu z hektara, a na kilogram wypalanej suchej masy torfu uwalnia się do atmosfery 362 (±41) g CO₂, 207 (±70) g CO i 9 (±4) g CH₄.

Tabela 4. Zestawienie wartości współczynników emisji gazów cieplarnianych z odwodnionych torfowisk wg IPCC (2014) dla różnych kategorii użytkowania gruntów w strefie miarkowanej

Kategoria użytkowania gruntów	t CO ₂	t DOC	kg CH ₄	kg N ₂ O	GWP (t ekw. CO ₂ ha ⁻¹ rok ⁻¹)
las	9,53	1,14	7,9	4,4	12,1
grunty orne	29,0	1,14	58,3	20,4	37,2
łąki, mało zasobne w biogeny	19,4	1,14	60,0	6,8	24,0
łąki, zasobne w biogeny, głęboko odwodnione	22,4	1,14	73,5	12,9	29,0
łąki, zasobne w biogeny, płytko odwodnione	13,2	1,14	63,4	2,5	16,8
obszary wydobycia torfu	10,3	1,14	33,2	0,47	12,4

Emisje metanu uwzględniają emisje z rowów. Kalkulacja całkowitego współczynnika ocieplenia globalnego (GPW = *global warming potential*) oparto na przeliczniku 28 dla CH₄ i 265 dla N₂O. Na podstawie Joosten i in. (2017). Uwaga: różnice w wartościach dla CO₂ i N₂O w porównaniu z tabelami 1 i 2 wynikają z różnych jednostek (masa CO₂-C i NO₂-N vs. masa CO₂ i N₂O).

3 OSZACOWANIE EMISJI Z ODWODNIONYCH GLEB ORGANICZNYCH W POLSCE

3.1. OSZACOWANIE POWIERZCHNI ODWODNIONYCH TORFOWISK W POLSCE

Na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto szacunkową powierzchnię torfowisk Polski jako 1 495 000 ha (za Kotowskim i in. 2017). Oszacowanie to było oparte na następujących przesłankach. Baza GIS Mokradła (Piórkowski i in. 2007) zawiera informacje o 1 322 000 ha torfowisk. Ponieważ jednak większość źródeł danych tej bazy danych pochodzi z inwentaryzacji złóż torfu pod kątem jego wydobycia, informacje o leśnych torfowiskach, administrowanych przez Lasy Państwowe, nie zostały w całości uwzględnione i nie mogą być traktowane jako kompletne (zbiorowiska leśne i krzewiaste obejmują według tej bazy ok. 236 300 ha torfowisk). Najlepszym aktualnym źródłem informacji o torfowiskach leśnych jest Bank Danych o Lasach (2014-2020), który zawiera dane o powierzchni wszystkich wyróżnionych w Polsce siedliskowych typów lasu. Lasy występujące zwykle na glebach torfowych, tj. bory bagienne, bory mieszane bagienne, lasy mieszane bagienne i olsy (typy nizinne i górskie), zajmowały w 2015 roku łącznie 350 400 ha⁵, czyli około 50% więcej

niż powierzchnia leśnych torfowisk szacowana na podstawie bazy GIS Mokradła (Piórkowski i in. 2007). W związku z tą rozbieżnością w opracowaniu Kotowskiego i in. (2017) zdecydowano się oprzeć na najnowszym Banku Danych Leśnych dla torfowisk leśnych oraz na bazie GIS Mokradła dla torfowisk nieleśnych. W ten sposób uzyskano wartość 1 495 000 ha torfowisk występujących obecnie w Polsce. Jest to nadal oszacowanie zachowawcze, biorąc pod uwagę, że baza GIS Mokradła nie uwzględnia torfowisk o powierzchni <1 ha (liczonych w krajobrazie młodogłacjalnym północnej Polski).

Brak jest aktualnych i kompletnych danych pozwalających na bezpośrednie obliczenie powierzchni torfowisk odwodnionych. Jak dotychczas, najlepszą podstawą do jej oszacowania jest szata roślinna torfowisk, choć i tu dane są bardzo nieaktualne. Baza GIS Mokradła podaje informacje na temat roślinności na podstawie inwentaryzacji prowadzonych w latach 90. XX wieku (a częściowo nawet starszych), i to tylko dla obszarów niebędących lasem. Według tych informacji, 202 000 ha torfowisk (tj. 16% powierzchni torfowisk nieleśnych) ma roślinność bagienną, czyli mszary (typowe dla torfowisk wysokich i przejściowych), mechowiska (zbiorowiska mszysto-turzycowe typowe dla torfowisk niskich alkalicznych) oraz szuwały turzycowe i trzcinowe (charakterystyczne dla żyznych torfowisk, np. z terenów zalewowych rzek). Powierzchnia otwartych bagien torfowych została prawdopodobnie w ten sposób przeszacowana, ponieważ duża część wysokich zbiorowisk turzycowych i trzcinowisk może występować w warunkach odwodnienia (tj. nie być bagnami), a z kolei powierzchnia mechowisk (określona jako siedlisko torfowisk alkalicznych 7230) została ostatnio oceniona na 10 173 ha (Wołejko i in. 2019), czyli ośmiokrotnie (!) mniej niż powierzchnia szacowana na podstawie GIS Mokradła (81 700 ha). Obecnie nie ma też dobrego źródła informacji, które pozwoliłoby oszacować, jaka część lasów na siedliskach związanych z torfowiskami pozostaje bagnami, a jaka jest odwodniona. Na podstawie własnych obserwacji terenowych szacuję, że stopień degradacji torfowisk leśnych jest nieco mniejszy niż torfowisk otwartych. Ze względu na brak lepszych przesłanek przyjęto jednak, że udział bagien w powierzchni torfowisk leśnych jest taki sam,

5 Zestawienie z Banku Danych o Lasach na rok 2019 podaje informacje o 358,61 tys. hektarów lasów związanych z siedliskami torfowiskowymi, czyli o 8,21 tys. ha więcej niż w 2015. Dla zachowania

spójności całkowitej powierzchni torfowisk z poprzednim opracowaniem zdecydowałem się utrzymać na potrzeby oszacowania emisji wartość z 2015 roku, zakładając, że błąd wynikający z tej różnicy jest pomijalny (wynosi ok. 2%).

jak poza lasami (16%), a prawdopodobne przeszacowanie dla torfowisk otwartych jest zrekompensowane przez większy rzeczywisty udział bagien leśnych.

Daje to powierzchnię bagien (torfowisk pozostających w warunkach torfotwórczych) wynoszącą 239 000 ha, oraz **1 255 800 ha torfowisk odwodnionych, w tym 1 110 480 ha nieleśnych i 294 336 ha leśnych**. Pamiętając, że są to jedynie oszacowania, wykorzystam je jako podstawę estymacji emisji gazów cieplarnianych z odwodnionych torfowisk Polski. Biorąc pod uwagę powyższe wyjaśnienia, zakładam, że jest to oszacowanie zachowawcze, a jego błąd może wynikać raczej z niedoszacowania niż z przeszacowania powierzchni odwodnionych torfowisk.

3.2. OSZACOWANIE EMISJI Z ODWODNIONYCH TORFOWISK POLSKI

3.2.1. Torfowiska użytkowane rolniczo

Jak wynika z powyższych zestawień tabelarycznych, poziom emisji gazów cieplarnianych z gleb organicznych użytkowanych rolniczo zależy od sposobu użytkowania, a w przypadku łąk – od poziomu odwodnienia i żyzności. Według bazy GIS Mokradła, w latach 90. XX w. około 60% otwartych torfowisk pokrywały łąki podmokłe, a pozostałe 40% – łąki świeże i suche. Nie wykazano gruntów ornych. Trudno traktować przytoczone kategorie wilgotności łąk jako miarodajne wskaźniki głębokości odwodnienia – raczej obecność łąk podmokłych świadczyła o mało jeszcze zaawansowanej decesji gleb organicznych (na skutek procesu murszenia), ale niekoniecznie o wysokim poziomie wody. Ponadto, na podstawie obserwacji terenowych z ostatnich lat należy uznać przytoczone dane o roślinności odwodnionych torfowisk za nieaktualne: zdecydowana większość torfowisk nieleśnych wydaje się dziś znacząco odwodniona, a łąki wilgotne należą do stosunkowo rzadkich elementów ich krajobrazu. Na podstawie mojej eksperckiej oceny przyjmuję więc, że 80% odwodnionych torfowisk nieleśnych odpowiada kategorii „łąka głęboko odwodniona zasobna w biogeny”, 10% – kategorii „łąka zasobna w biogeny płytko odwodniona”; i również 10% – „łąka głęboko odwodniona uboga w biogeny”⁶. Ta ostatnia kategoria została

6 Oszacowanie to opieram na terenowych obserwacjach i pomiarach poziomu wody na torfowiskach w ciągu ostatnich lat wykonywanych przeze mnie oraz innych badaczy torfowisk, z którymi się konsultowałem (Ewa Jabłońska, Łukasz Kozub, Paweł Pawlaczyk). Zgodnie z kryteriami IPCC (2014) za łąki płytko

uwzględniona przez IPCC dla łąk na odwodnionych torfowiskach wysokich, ale wydaje się, że część łąk na odwodnionych torfowiskach niskich (zwłaszcza w sytuacji silnej limitacji produkcji pierwotnej fosforem lub potasem) również należy do tej kategorii. Pomijam grunty orne na torfowiskach ze względu na brak danych, ale nie jest to źródło znaczącego błędu, zważywszy, że emisje z gruntów ornych są tylko o ok. 1,3 razy większe niż z głęboko odwodnionych żyznych łąk (grunty orne na torfowiskach obserwuje się w Polsce wciąż raczej sporadycznie). Na podstawie powyższych założeń uzyskujemy średni potencjał ocieplenia globalnego 27,28 ekwiwalentu CO₂ ha⁻¹ rok⁻¹ (w tabeli 5 podano średnie emisje poszczególnych gazów cieplarnianych). Przemnożywszy te wartości przez zakładaną powierzchnię odwodnionych torfowisk nieleśnych, czyli 1 110 480 ha, uzyskujemy całkowite emisje z nieleśnych odwodnionych torfowisk w Polsce na poziomie **30,3 Mt ekwiwalentu CO₂**, z czego 27,0 Mt przypada na dwutlenek węgla, DOC i metan, a 3,3 Mt na tlenek azotu (I).

Porównanie do emisji z rolnictwa raportowanych przez Polskę do UNFCCC

Według raportu Polski z 2020 roku (Poland's National Inventory Report [2020]), w naszym kraju użytkuje się 160 100 ha gleb organicznych jako grunty orne i 761 690 ha jako łąki. Powierzchnie te zostały znacząco zmienione

odwodnione uznają te o średnim poziomie wody, nie niższym niż 30 cm poniżej powierzchni gruntu. Przy takich poziomach wody na terenie Polski występują zbiorowiska roślinne podmokłych łąk kaczęncowych, a niekiedy zmiennowilgotnych łąk trzęślicowych. Oba typy zbiorowisk roślinnych w dużym tempie zanikają w Polsce, co również sugeruje, że obniżają się poziomy wody w torfowiskach. Niewątpliwie weryfikacja stanu uwodnienia i aktualnej szaty roślinnej torfowisk Polski jest pilnym zadaniem badawczym.

Tabela 5. Oszacowane emisje z odwodnionych nieleśnych użytkowanych rolniczo torfowisk Polski

	t CO ₂	DOC t CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O	GWP [t ekw. CO ₂]
Średnie roczne emisje z hektara	21,18	1,14	71,14	11,25	27,28
Całkowite roczne emisje dla Polski (×1000)	23 520,0	1 265,9	78 999,5	12 492,9	30 293,9

Średnie emisje z hektara uwzględniają założenie, że 10% odwodnionych torfowisk należy do kategorii „łąka uboga w biogeny”, 80% – „łąka zasobna w biogeny głęboko odwodniona” i 10% – „łąka zasobna w biogeny płytko odwodniona”. Wyliczono dla powierzchni 1 110 480 ha.

Fot. 1-4. Przykłady użytkowanych rolniczo torfowisk



Od lewego górnego zdjęcia kolejno: zbiór siana na głęboko odwodnionym torfowisku w środkowym basenie Doliny Biebrzy (Biebrzański PN), prace utrzymaniowe na uregulowanej rzece zwiększające odwodnienie torfowiska (obszar Natura 2000 Bagno Całowanie), zaorane torfowisko przygotowane pod uprawę (obszar Natura 2000 Bagno Całowanie), świeżo pogłębiony rów na torfowisku (obszar Natura 2000 Bagno Wizna). Fot. 1, 2, 3: W. Kotowski, 4: E. Jabłońska.

w ostatnim raporcie (rok wcześniej podawano 571 970 ha gruntów ornych i 161 430 ha łąk) – według raportu m.in. w oparciu o bazę GIS Mokradła. Całkowita powierzchnia odwodnionych torfowisk użytkowanych rolniczo to wg raportu z 2020 roku 921 790 ha. Trudno ustalić, skąd różnica w powierzchni w porównaniu z oszacowaniami podanymi w niniejszym opracowaniu (1 110 480 ha), niemniej jest ona stosunkowo niewielka i wynosi 17%.

Z powyższego areалу łąk i pól, Polska raportuje utratę węgla z użytkowania rolniczego gleb organicznych jako 350 Kt C (160 Kt z gruntów ornych i 190 Kt z łąk), co odpowiada 1,28 Mt CO₂. Jest to wartość **23,7 razy niższa** niż wynik przedstawionego wyżej oszacowania emisji węgla z CO₂, DOC i CH₄ (z zastosowaniem przelicznika 28 dla metanu). Warto nadmienić, że nawet przy pominięciu metanu (który nie został uwzględniony w raporcie w części związanej z użytkowaniem gleb organicznych), oszacowane tu emisje są 19,4 razy wyższe niż emisje CO₂ z gleb organicznych raportowane przez Polskę w kategorii „rolnictwo”.

Ta różnica może wynikać z dwóch przyczyn. Po pierwsze – ze wspomnianej różnicy w założonej powierzchni, choć, jak też wspomniano, jest to różnica stosunkowo mała i może odpowiadać najwyżej za kilkunastoprocentową różnicę. Znacznie istotniejszym powodem niskich wartości emisji w raporcie Polski do UNFCCC są zastosowane współczynniki emisji z hektara. Polska nie posługuje się współczynnikami emisji zalecanymi przez IPCC w suplemencie z 2013 roku (IPCC 2014). Dla gruntów ornych wykorzystano wskaźnik emisji 1 t C ha⁻¹ rok⁻¹ (a więc 8 razy niższy niż rekomendowany przy uwzględnieniu samych tylko emisji CO₂), powołując się na opracowanie Turbiaka i Miatkowskiego (2010). Niestety, po przestudiowaniu tej pracy nie znalazłem tam danych na potwierdzenie tych wartości emisji. Z danych przedstawionych w pracy wynika, że takie grunty emitują 1000 mg CO₂ m⁻² h⁻¹, w ciągu doby emitowane są 24 g CO₂/m², co w okresie wegetacji 7 miesięcy (IV-X) daje około 50 t CO₂ ha⁻¹ rok⁻¹, czyli 13,7 t CO₂-C ha⁻¹ rok⁻¹ (informacja uzyskana przeze mnie bezpośrednio u autora: J. Turbiaka).

Również współczynnik przyjęty dla łąk (użytków zielonych) jest w mojej ocenie znacząco zaniżony. Polska przyjęła współczynnik na podstawie wytycznych IPCC z 2006 roku (a więc sprzed opublikowania aktualizacji), w dodatku wybierając wartość dla strefy borealnej i zimnej umiarkowanej, wynoszący 0,25 t C ha⁻¹ rok⁻¹, podczas gdy właściwszy dla Polski byłby współczynnik dla strefy umiarkowanej cieplej. Przyjęty współczynnik jest 23 razy niższy niż wynikający z wytycznych z aneksu mokradłowego IPCC (2014), po zważeniu udziału łąk w poszczególnych kategoriach przy uwzględnieniu samej tylko

Tabela 6. Oszacowanie emisji gazów cieplarnianych z torfowisk leśnych Polski przy założeniu skali odwodnienia równej torfowiskom nieleśnym (84%). Wyliczone dla powierzchni 294 336 ha

	t CO ₂	DOC t ekw. CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O	GWP t ekw. CO ₂
Standardowe współczynniki emisji z hektara	9,53	1,14	7,9	4,4	12,1
Całkowita roczna emisja z lasów (x1000)	2 805,0	335,5	2 325,3	1 295,0	3 561,5

emisji dwutlenku węgla (wynosi on 5,77 t CO₂-C). Kolejnym źródłem niedoszacowania jest brak uwzględnienia DOC oraz metanu, których wyliczenie rekomenduje IPCC.

Dodatkowo, z całości gleb organicznych użytkowanych rolniczo wskazano emisje 11,59 Kt tlenu azotu (I). Jest to wartość zbliżona do uzyskanej w niniejszym opracowaniu (12,49 Kt), a różnica wynika zapewne z nieco większej założonej powierzchni odwodnionych torfowisk użytkowanych rolniczo przyjętej w niniejszym opracowaniu.

Łączny współczynnik wpływu na globalne ocieplenie wynikający z użytkowania rolniczego gleb organicznych według raportu Polski to 4,36 Mt ekw. CO₂ rocznie, czyli **6,9 razy** mniej niż współczynnik wpływu na globalne ocieplenie oszacowany w niniejszym opracowaniu.

Fot. 5. Drzewostan brzozyowy na głęboko odwodnionym torfowisku Kuwasy (Dolina Biebrzy). Fot. W. Kotowski



3.2.2. Torfowiska użytkowane jako lasy

Przyjmując standardowe współczynniki emisji IPCC (2014) oraz oszacowaną uprzednio powierzchnię odwodnionych torfowisk w lasach (294 336 ha), uzyskujemy całkowite emisje gazów cieplarnianych rzędu 3,6 Mt ekw. CO₂ (tabela 6) i utratę węgla na poziomie 766,1 Kt (łącznie z emisji CO₂ i CH₄)⁷.

Porównanie do emisji z lasów raportowanych do UNFCCC

Według Poland's National Inventory Report (2020) Polska użytkuje 338 380 ha gleb organicznych jako lasy. Jest to

⁷ Jest to oszacowanie emisji pochodzącej z mineralizacji odwodnionych gleb organicznych. Biorąc pod uwagę, że lasy na torfowiskach w Polsce są w dużym stopniu pozostawione bez użytkowania, w ostatecznym bilansie węgla należałoby więc też uwzględnić akumulację węgla w biomasy przyrastających drzew, czego wyrazem jest zachodzący obecnie przyrost zasobności. Obecnie na siedliskach bagiennych w Polsce można go szacować na średnio ok. 0,5 m³/ha rocznie, co szacunkowo odpowiadałoby 0,45 t ekw. CO₂ ha⁻¹ rok⁻¹ (Paweł Pawlaczek, informacja bezpośrednia). Jest to jednak zjawisko chwilowe, w perspektywie kilkudziesięciu lat można oczekiwać, że wpływ zamierania drzew i ich rozkładu zrówna się z wpływem przyrostu drzew.



Wydobycie torfu przyczynia się do emisji *in-situ* w związku z degradacją torfowiska oraz *ex-situ*, w efekcie rozkładu wydobytego torfu. Niecka Gródecko-Michałowska. © E. Jabłońska

nieco więcej, niż oszacowano w niniejszym opracowaniu (294 336 ha). W raporcie z 2020 roku zastosowano wskaźnik $0,68 \text{ t C ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ (co po przeliczeniu na CO_2 daje $2,50 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$). Jest to wskaźnik 2,6 razy niższy niż wynikający z wytycznych IPCC (2014). W efekcie, Polska raportuje utratę węgla z odwodnionych torfowisk pokrytych lasami na poziomie $230,1 \text{ Kt CO}_2\text{-C}$, czyli $844,5 \text{ Kt CO}_2$. Jest to **4,2 razy mniej**, niż wynoszą emisje wszystkich gazów cieplarnianych w niniejszym opracowaniu, i **3,8 razy mniej** niż wyliczone emisje wynikające z mineralizacji węgla (w postaci CO_2 , DOC i CH_4 , z zastosowaniem przelicznika 28).

3.2.3. Obszary wydobycia torfu

W raporcie Polski do Konwencji Klimatycznej UNFCCC z 2020 roku podano informacje o łącznie 7 580 ha torfowisk użytkowanych jako kopalnie torfu (w tym 3 450 ha w kategorii „obszary wydobycia pozostające obszarami wydobycia” oraz 4 130 ha w kategorii „grunty przekształcone w obszary wydobycia”). Jest to 0,5% całkowitej powierzchni torfowisk. W raporcie, w kategorii „wetlands” wskazano emisje CO_2 z tych obszarów w wysokości $585,6 \text{ Kt CO}_2\text{-C}$ ($1,88 \text{ Mt CO}_2$), co uwzględnia zarówno emisje *in situ* związane z osuszeniem torfowiska, jak i emisje *ex situ* związane z ogrodnictwem wykorzystaniem podłoża torfowych (przy założeniu, że cały wydobyty torf wkrótce ulegnie rozkładowi). Dane te wyglądają wiarygodnie. Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce (Szuflicki i in. 2017) informuje o wydobyciu $1\,370\,410 \text{ m}^3$ torfu w 2018 roku. Przeliczając tę ilość z uwzględnieniem średniej wilgotności torfu 40% oraz zawartości węgla w torfie na poziomie 40%, uzyskuje się emisje *ex situ* na podobnym poziomie $1,217 \text{ Mt ekw. CO}_2$ ($328,9 \text{ Kt CO}_2\text{-C}$), a przemnożenie wyżej podanej powierzchni obszarów wydobycia przez współczynnik dla strefy umiarkowanej (IPCC 2014) daje emisje *in situ* na poziomie $51,2 \text{ Kt ekw. CO}_2$, czyli $14,0 \text{ Kt CO}_2\text{-C}$. O ile więc emisje *in situ* z kopalni torfu w Polsce wydają się pomijalne w zestawieniu z emisjami *in situ* z rolnictwa i leśnictwa na odwodnionych torfowiskach, o tyle emisje *ex situ* stanowią znaczącą pozycję.

3.2.4. Pożary odwodnionych torfowisk

Brak jest kompleksowych danych pozwalających ocenić skalę pożarów torfu w Polsce oraz oszacować emisje z nimi związane. Na obecnym etapie można jedynie stwierdzić, że jest to zjawisko powszechne, a ocieplenie klimatu i stające się regułą letnie susze zwiększają częstość, czas trwania i intensywność pożarów. Szacunkowe obliczenia wskazują, że długotrwałe pożary wglębne torfowisk mogą generować znaczące jednorazowe emisje. Stosując cytowane wyżej współczynniki emisji dwutlenku węgla i metanu z pożarów torfowisk można np. wyliczyć, że pożar torfowiska Biele Suchowolskie w Biebrzańskim Parku Narodowym w 2002 roku, gdy wypaliło się średnio 30 cm torfu na obszarze 1230 ha (Sulwiński 2018), spowodował emisje rzędu 1 Mt ekw. CO_2 ⁸.

Raport Polski do UNFCCC z 2020 roku nie uwzględnia żadnych emisji z pożarów torfowisk.

Fot. 6. Pożar torfu na osuszonym torfowisku Bagno Całowanie. Fot. K. Brzezińska



3.2.5. Całkowite emisje z użytkowania gleb organicznych

Podsumowując, powyżej opisane oszacowanie emisji gazów cieplarnianych, łącznie dla torfowisk odwodnionych na gruntach rolniczych i leśnych, wyniosło **33,9 Mt ekw. CO₂** rocznie (tabela 7), w tym **26,3 Mt CO₂**, **81,3 Kt CH₄** oraz **13,8 Kt N₂O**. Do tej liczby należy jeszcze dodać ok. **1,88 Mt ekw. CO₂** związanych z wydobyciem torfu – głównie jako emisje *ex situ* – oraz trudną do oszacowania, ale prawdopodobnie coraz bardziej znaczącą ilość emisji z pożarów torfowisk.

Przedstawione oszacowanie jest wyższe niż wcześniejsze estymacje (zob. Pawlaczyk 2014), ale nie odbiega znacząco od oszacowania Joostena (2009), który wyliczył emisje z odwodnionych torfowisk Polski na $23,5 \text{ Mt ekw. CO}_2$.

⁸ Ogromny pożar w Biebrzańskim Parku Narodowym wystąpił również w maju 2020 roku. Tym razem udało się jednak uniknąć pożaru wglębnego torfu na znaczących obszarach, wypaliła się za to nadziemna część roślin na powierzchni około 6 tysięcy hektarów.

4 MOŻLIWOŚĆ REDUKCJI EMISJI POPRZEZ PONOWNE NAWODNIENIE

Emisje z osuszonych torfowisk mogą być znacząco zredukowane przez ponowne nawodnienie. Redukcje mogą być raportowane do UNFCCC w kategorii „Rewetting” w oparciu o standardowe współczynniki emisji dla torfowisk ponownie nawodnionych (tabela 7), które dają możliwość policzenia wielkości redukcji emisji wynikających z ponownego nawodnienia dla różnych ka-

tegorii użytkowania gruntów (tabela 8). Wytyczne IPCC biorą pod uwagę bilans z początkowych lat po ponownym nawodnieniu, kiedy emisje metanu są wciąż stosunkowo wysokie (badania wskazują, że z reguły maleją one do poziomu notowanego na naturalnych torfowiskach w ciągu kilku, kilkunastu lat). Oznacza to, że ponownie nawodnione torfowiska mają wciąż dodatni współczynnik wpływu na ocieplenie globalne, jego wartość jest jednak znacznie niższa niż w przypadku użytkowanych gruntów odwodnionych.

Tabela 7. Standardowe współczynniki emisji dla ponownie nawodnionych gleb torfowych w strefie umiarkowanej. Wartość ujemna oznacza sekwestrację. Na podstawie Joosten i in. (2017)

Kategoria użytkowania gruntów	t CO ₂	kg CH ₄	kg N ₂ O	GWP t ekw. CO ₂
Ponownie nawodnione torfy ubogie w biogeny	-0,8	122,7	0	3,5
Ponownie nawodnione torfy zasobne w biogeny	1,8	288,0	0	10,8

Tabela 8. Oparte na standardowych współczynnikach emisji IPCC redukcje emisji gazów cieplarnianych wynikające z ponownego nawodnienia torfowisk w strefie umiarkowanej, w zależności od kategorii użytkowania. Na podstawie Joosten i in. (2017)

Kategoria dotychczasowego użytkowania gruntów	Emisje w stanie odwodnionym	Emisje po ponownym nawodnieniu	Redukcja emisji	Pow. w Polsce	Możliwe redukcje emisji w Polsce
	t ekw. CO ₂ ha ⁻¹ rok ⁻¹	t ekw. CO ₂ ha ⁻¹ rok ⁻¹		tys. ha	Kt ekw. CO ₂ ha ⁻¹ rok ⁻¹
Las	12,1	3,5	8,6	294,4	2 531,3
Grunt orny	37,1	10,8	26,4	?*	?*
Łąka, uboga w biogeny	24,0	3,5	20,6	111,0	2 287,6
Łąka, zasobna w biogeny, głęboko odwodniona	29,0	10,8	18,2	888,4	16 168,6
Łąka, zasobna w biogeny, płytko odwodniona	16,8	10,8	6,0	111,0	666,3
Wydobycie torfu (in situ)	12,4	3,5	9,0	7,6	68,2
Możliwe redukcje emisji łącznie					21 722,0
– w tym w rolnictwie					19 122,5
– w tym w leśnictwie					2 531,3

^a W obliczeniach nie uwzględniono redukcji emisji z gruntów ornyczych na odwodnionych torfowiskach ze względu na brak aktualnych wiarygodnych w opinii autora danych na temat ich arealu.

Wskazane w tabeli 8 wartości redukcji emisji pozwalają obliczyć, że nawadniając osuszone torfowiska w Polsce można zredukować emisję gazów cieplarnianych prawie o **22 Mt ekw. CO₂** rocznie, przy czym 88% potencjalnych redukcji (12,1 Mt ekw. CO₂ rocznie) przypada na obszary rolnicze, a 11,7% (2,53 Mt ekw. CO₂ rocznie) na lasy. W przypadku wydobycia torfu możliwe redukcje emisji *in situ* to zaledwie 68 Kt ekw. CO₂ rocznie, ale do nich należy doliczyć redukcje związane z zaprzestaniem eksploatacji torfu, w wielkości 0,3-0,5 Mt ekw. CO₂ rocznie (co wymagałoby przedstawienia przemysłu ogrodniczego na alternatywne do torfu podłoża).

Restytucja przyrodnicza odwodnionych torfowisk może mieć na celu zarówno odtworzenie stanu dzikiej przyrody (choć niekoniecznie jednakowej ze stanem wyjściowym), jak i system półnaturalny uwzględniający działania ochrony czynnej czy jakiejś formy użytkowania (Kotowski i in. 2016). Trzeba zaznaczyć, że przywrócenie warunków

bagiennych na torfowiskach nie musi oznaczać wycofania ich z sektora gospodarczego. Dla torfowisk nieleśnych wskazaną opcją jest zastąpienie użytkowania opartego na odwadnianiu paludikulturą, czyli rolnictwem i leśnictwem bagiennym (Wichtmann i in. 2016). Jest to użytkowanie pozwalające na utrzymanie funkcji produkcyjnej torfowisk po przywróceniu na nich warunków bagiennych. Trzcina czy różne gatunki pałki wodnej, a także drzewa takie jak olsza czarna to rośliny, które można uprawiać na ponownie nawodnionych torfowiskach i pozyskiwać w skali przemysłowej, z przeznaczeniem na produkcję energii (spalanie, biogaz) czy materiałów budowlanych lub ociepleniowych. Wymienionym gatunkom roślin sprzyja wysoka zwykle produktywność ponownie nawodnionych gleb torfowych i murszowych, wskutek uwolnienia substancji pokarmowych pochodzących z rozkładu torfu. Innym przykładem paludikultury jest uprawa mchów torfowców na wyeksploatowanych torfowiskach w celu zastąpienia w ogrodnictwie torfu pozyskiwanego kosztem niszczenia wciąż kolejnych naturalnych bagien torfowych. Paludikulturą jest również gospodarka leśna nie naruszająca torfowych zasobów węgla – możliwa w przypadku olsów czy upraw olszy na ponownie nawodnionych torfowiskach. W obu przypadkach warunkiem rzeczywistej redukcji emisji jest jednak zapewnienie stałego poziomu wody blisko powierzchni gruntu, bez okresowego obniżania go (np. na czas koszenia łąk).



PODSUMOWANIE I WNIOSKI

- 1. W opracowaniu przedstawiono oszacowanie emisji gazów cieplarnianych z gleb organicznych związanych z osuszonymi torfowiskami w Polsce.** Wyliczenia opierają się na standardowych współczynnikach emisji z gleb organicznych wg kategorii użytkowania gruntów i głębokości odwodnienia, za Międzyrządowym Panelem ds. Zmiany Klimatu (IPCC), oraz na eksperckim oszacowaniu udziału tych kategorii w powierzchni torfowisk Polski.
- 2. Średnie emisje gazów cieplarnianych z odwodnionych torfowisk Polski oszacowano na 33,9 Mt ekw. CO₂,** z czego 30,3 Mt ekw. CO₂ (89,4%) przypada na rolnictwo, a 3,6 Mt ekw. CO₂ (10,6%) na leśnictwo.
- 3. Emisje gazów cieplarnianych z gleb organicznych oszacowane w niniejszym opracowaniu są znacznie wyższe niż emisje wykazywane przez Polskę w raporcie do Konwencji Klimatycznej UNFCCC.** Dla obszarów rolniczych oszacowane emisje węgla w postaci dwutlenku węgla i metanu (z zastosowaniem przelicznika 28) są 23,7 razy wyższe niż raportowane przez Polskę do UNFCCC w 2020 roku emisje dwutlenku węgla (metanu nie wykazano w ogóle), a całkowite emisje gazów cieplarnianych z uwzględnieniem tlenu azotu (I) są 6,9 razy wyższe niż w raporcie do UNFCCC. Dla lasów oszacowania emisji przedstawione w niniejszym opracowaniu to odpowiednio 3,8 razy mniej w przypadku emisji węgla (jako CO₂ i CH₄) i 4,2 razy więcej dla emisji wszystkich gazów cieplarnianych, niż podano w raporcie Polski do UNFCCC.
- 4. Szacunkowe redukcje emisji, które można osiągnąć w skali Polski zabagniając osuszone torfowiska, wynoszą ok. 21,7 Mt ekw. CO₂,** w tym 19,1 Mt CO₂ w rolnictwie i 2,5 Mt CO₂ w leśnictwie. Znaczącą skalę ponownego nawodnienia torfowisk można byłoby uzyskać upowszechniając w Polsce paludikulturę, czyli bagienne rolnictwo na wtórnie zabagnionych terenach.
- 5. Główne źródło niepewności oszacowań** zawartych w niniejszym opracowaniu leży w oszacowaniu powierzchni torfowisk Polski w poszczególnych kategoriach użytkowania gruntów i głębokości odwodnienia. Pilnie potrzebne jest uzupełnienie tych informacji w oparciu o ogólnokrajową inwentaryzację gleb organicznych.

PODZIĘKOWANIA

Bardzo dziękuję za cenne uwagi do wcześniejszej wersji tego opracowania Bogdanowi Chojnickiemu, Oskarowi Kulikowi, Mariuszowi Lamentowiczowi oraz Pawłowi Pawlaczykowi.



W warunkach bagiennych torf zawiera nawet 95% wody.
To jej obecność powstrzymuje szczątki roślin przed rozkładem.
© E. Jabłńska

CYTOWANA LITERATURA

- Bank Danych o Lasach (2014-2020). <https://www.bdl.lasy.gov.pl/portal/>.
- Frolking S., Talbot J., Jones M.C., Treat C.C., Kauffman J.B., Tuittila E.S., Roulet N. (2011). Peatlands in the Earth's 21st century climate system. *Env Rev* 19:371–396. <https://doi.org/10.1139/a11-014>.
- Frolking S., Roulet N.T. (2007). Holocene radiative forcing impact of northern peatland carbon accumulation and methane emissions. *Global Change Biology*, 13(5), 1079-1088.
- Harenda K.M., Lamentowicz M., Samson M., Chojnicki B.H. (2018). The Role of Peatlands and Their Carbon Storage Function in the Context of Climate Change. Springer, *Interdisciplinary Approaches for Sustainable Development Goals*, 01/2018: 169-187.
- IPCC (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (red.). Published: IGES, Japan.
- IPCC (2014). 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, Hiraishi T., Krug T., Tanabe K., Srivastava N., Baasansuren J., Fukuda M., Troxler T.G. (red.). Published: IPCC, Switzerland.
- Joosten H. (2010). The Global Peatland CO₂ Picture. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. Wetlands International, Ede.
- Joosten H., Tanneberger F., Moen A. (red.) (2017). Mires and peatlands in Europe. Status, distribution and conservation. Schweizerbart Science Publ.
- Joosten H., Couwenberg J., Von Unger M. (2016a). International carbon policies as a new driver for peatland restoration. W: Bonn A., Allott T., Evans M., Joosten H., Stoneman R. (red.). Peatland restoration and ecosystem services: science, policy and practice. Cambridge University Press/British Ecological Society, Cambridge: 291-313.
- Joosten H., Sirin A., Couwenberg J., Laine J., Smith, P. (2016b). The role of peatlands in climate regulation. W: Bonn A., Allott T., Evans M., Joosten H., Stoneman R. (red.). Peatland restoration and ecosystem services: science, policy and practice. Cambridge University Press/British Ecological Society, Cambridge: 63-76.
- Kabała C., Charzyński P., Chodorowski J., Drewnik M., Glina B., Greinert A., Hulisz P., Jankowski M., Jonczak J., Łabaz B., Łachacz A., Marzec M., Mazurek R., Mendyk Ł., Musiał P., Musielok Ł., Smreczak B., Sowiński P., Świtoniak M., Uzarowicz Ł., Waroszewski J. (2019). Systematyka gleb Polski. Polskie Towarzystwo Gleboznawcze. Komisja Genezy, Klasyfikacji i Kartografii Gleb.
- Kotowski W., Ackerman M., Grootjans A.P., Klimkowska A., Röbbling H., Wheeler B. (2016). Restoration of temperate fens: matching strategies with site potential. W: Bonn A., Allott T., Evans M., Joosten H., Stoneman R. (red.). Peatland restoration and ecosystem services: science, policy and practice. Cambridge University Press. (Part of Ecological Reviews): 170-191.
- Kotowski W., Dembek W., Pawlikowski P. (2017). Poland. W: Joosten H., Tanneberger F., Moen A. (red.). Mires and peatlands in Europe. Status, distribution and conservation. Schweizerbart Science Publ.: 549-571.
- Mäkilä M., Saarnisto M. (2008). Carbon accumulation in boreal peatlands during the holocene – impacts of climate variations. W: Strack M. (red.). Peatlands and Climate Change. International Peat Society, Finland.
- Nichols J.E., Peteet D.M. (2019). Rapid expansion of northern peatlands and doubled estimate of carbon storage. *Nature Geoscience*, 12(11), 917-921.
- Page S.E., Rieley J.O., Banks C.J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. *Global Change Biology*, 17(2), 798-818.

- Pawlaczyk P. (2014). Akumulacja i emisja węgla przez torfowiska, w tym przez torfowiska alkaliczne. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.
- Piórkowski H., Oświecimska-Piaso Z., Dembek W., Ostrowski J. (2007). System Informacji Przestrzennej o Mokradłach Polski i możliwości jego wykorzystania [Spatial Information System Polish Wetlands and possibilities of its use]. *Roczniki Geomatyki* 5: 69-79.
- Poland's National Inventory Report (2020). Greenhouse Gas Inventory for 1988-2018 Submission under the UN Framework Co. National Centre for Emission Management (KOBiZE), Institute of Environmental Protection. Ministry of Climate, Warszawa (dostęp 10.05.2020).
- Sulwiński M. (2018). Siedliskowe uwarunkowania sukcesji roślinności na wypalonym torfowisku niskim Biele Suchowolskie. Rozprawa doktorska, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski (dostęp 31.05.2020): <https://depotuw.ceon.pl/bitstream/handle/item/2624/1400-DR-ECOL-211170.pdf?sequence=1>
- Szufficki M., Malon A. i Tymięński M. (red.) (2017). Bilans zasobów złóż kopalin w Polsce według stanu na 31 XII 2016 r.
- Turbiak J., Miatkowski Z. (2010). Emisja CO₂ z gleb pobagiennych w zależności od warunków wodnych siedlisk. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 10 (2010): 201-210.
- Wichtmann W., Schröder C., Joosten H. (2016). Paludiculture-productive use of wet peatlands. Schweizerbart Science Publishers.
- Wolejko L., Pawlaczyk P., Stańko R. (red.) (2019). Torfowiska alkaliczne w Polsce – zróżnicowanie, zasoby, ochrona. Wydawnictwo Klubu Przyrodników, Świebodzin.



Przegroda piętrząca na renaturyzowanym torfowisku wysokim. © P. Pawlaczyk

NASZYM CELEM JEST WALKA O ŚRODOWISKO NATURALNE I STWORZENIE PRZYSZŁOŚCI, W KTÓREJ BĘDZIE MIEJSCE DLA CZŁOWIEKA I DLA PRZYRODY



Po co jesteśmy

Aby zapobiec degradacji środowiska naturalnego na Ziemi
i zbudować przyszłość, w której ludzie żyją w harmonii z przyrodą.

together possible.

Odwiędź nas na: wwf.pl

© 2021

WWF, 28 rue Mauverney, 1196 Gland, Switzerland. Tel. +41 22 364 9111 CH-550.0.128.920-7

Znaki towarowe WWF® i World Wide Fund for Nature® oraz © 1986 Panda Symbol są
własnością WWF-World Wide Fund for Nature (dawniej World Wildlife Fund).

Wszelkie prawa zastrzeżone.

Dane kontaktowe i więcej informacji można znaleźć na naszej stronie internetowej
pod adresem www.wwf.pl