

Rola lasów i gleb leśnych w sekwestracji węgla – ważne zagadnienie w edukacji przyrodniczo-leśnej społeczeństwa w aspekcie zmian klimatu

Lidia Oktaba, Marek Kondras, Jarosław Oktaba

Abstrakt. Lasy pełnią różne funkcje: produkcyjne, kulturowo-społeczne oraz szeroko rozumiane funkcje środowiskowe. Wśród tych ostatnich, szczególnie istotna w obecnych czasach jest sekwestracja węgla atmosferycznego. Ograniczenie wzrostu stężenia dwutlenku węgla w atmosferze możliwe jest poprzez: ograniczenie spalania surowców węglowych albo gromadzenie węgla w środowisku. W ekosystemach leśnych węgiel występuje w części nadziemnej oraz w glebie (głównie w postaci glebowej materii organicznej). Globalnie ilość węgla zmagazynowanego w glebie jest 2-3 krotnie większa, niż ilość w nadziemnej masie roślinnej i może wynosić ok. 1500 Pg.

Celem artykułu jest pokazanie roli lasów i zwrócenie uwagi na szczególną rolę gleb leśnych w wiązaniu węgla atmosferycznego oraz potrzebę edukacji społeczeństwa w tym zakresie. Temat ten jest niezwykle istotny w czasach, gdy zmiany klimatu stają się coraz bardziej widoczne, a przed leśnictwem (leśnikami) stoją nowe wyzwania, związane z zapobieganiem tym zmianom. Podejmowane są działania umożliwiające większą sekwestrację węgla przez ekosystemy leśne.

Słowa kluczowe: zmiany klimatu, sekwestracja węgla, gleba, edukacja gleboznawcza

Abstract. The role of forests and forest's soils in carbon sequestration – important problem in nature – forestry education in the aspect of climate change. Forests serve different functions: production, cultural and social as well as widely understood environmental functions. Among the latter, particularly important at the present time, is the sequestration of atmospheric carbon. The limitation of the increase of carbon dioxide is possible by two ways: reduction of carbonaceous materials combustion or carbon accumulation in the environment. In forest ecosystems carbon occurs in the aboveground part and in the soil (mainly in the form of soil organic matter). Globally, the amount of carbon stored in the soil is 2-3 times greater than the quantity in weight of above ground plants and may reach approx. 1500 Pg.

The aim of this paper is to present the role of forests and to draw attention to the particular role of forest's soils in the carbon sequestration and the need to educate the society in this topic. This subject is extremely important at a time when climate change is becoming more visible, and foresters face new challenges in preventing these changes. Action is taken to enable greater carbon sequestration by forest ecosystems.

Key words: climate change, carbon sequestration, soil, education

Wstęp

Zmiany klimatu, które w przeszłości również występowały, dzisiaj przebiegają niezwykle intensywnie. Większość badaczy jest przekonanych, że zmiany te są wywołane (lub wzmoczone) przez działalność człowieka. Jednym z 17 celów zrównoważonego rozwoju wg Narodów Zjednoczonych jest „podjęcie pilnych działań w celu przeciwdziałania zmianom klimatu i ich skutkom”. W celu oceny ryzyka, związanego z wpływem człowieka na zmianę klimatu, Światowa Organizacja Meteorologiczna (WMO) oraz Program Narodów Zjednoczonych ds. Środowiska (UNEP) w 1988 r. powołały Międzynarodowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change).

Wyniki pracy tego zespołu wskazują, że:

1. Od 1880 do 2012 r., średnia globalna temperatura wzrosła o 0,85°C (na każdy 1 stopień wzrostu temperatury, plony ziarna spadają o około 5 procent).
2. Oceany uległy ogrzaniu, ilości śniegu i lodu zmniejszyły się, a poziom morza wzrósł. Od 1901 do 2010 r. ogólny średni poziom morza wzrósł o 19 cm ze względu na ocieplenie i topnienie lodu. W Arktyce powierzchnia lodu zmniejszyła się od 1979 r. o 1,07 mln km² w trakcie każdej dekady.
3. Biorąc pod uwagę aktualne stężenie i bieżące emisje gazów cieplarnianych, jest prawdopodobne, że do końca tego stulecia, wzrost globalnej temperatury przekroczy 1,5°C w porównaniu do lat 1850-1900. Większość negatywnych aspektów zmian klimatu będzie się utrzymywać przez wiele wieków nawet, jeśli emisje zostaną zatrzymane.
4. Globalne emisje dwutlenku węgla zwiększyły się o prawie 50 procent od 1990 roku.
5. Emisje rosły szybciej w latach 2000-2010, niż w każdej z trzech poprzednich dekad (<http://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change-2/>)

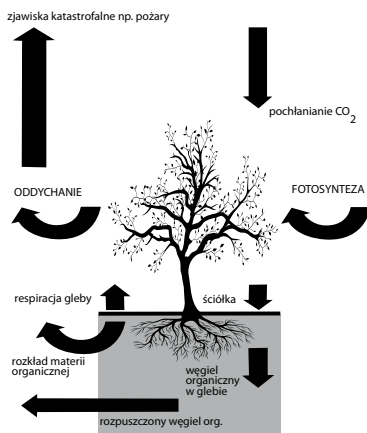
Współczesna polityka klimatyczna naszego kraju zakłada, że przy odpowiedniej gospodarce leśnej (m. in. poprzez zmiany w użytkowaniu przedrębnym i rębnym, zmianom w składzie gatunkowym drzewostanów i innych) uda się wychwycić większą ilość CO₂ z atmosfery. W celu zbadania tych założeń uruchomiono Program Leśnych Gospodarstw Węglowych (Zarządzenie nr 2, Lasy Państwowe 2017). Obecnie trwają też prace nad włączeniem sektora LULUCF (Land Use, Land-Use Change and Forestry) do europejskiego systemu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych (EU-ETS) po roku 2020. Tak ważne zagadnienia praktycznie nie znajdują zainteresowania w mediach. Nawet w trakcie tzw. Konferencji Klimatycznych padały jedynie krótkie informacje na temat przebiegających zdarzeń. Brakowało dyskusji eksperckich, w trakcie których społeczeństwo informowane byłoby na temat zagrożeń, jakie niosą ze sobą zmiany klimatu oraz konieczności działań podejmowanych w zapobieganiu tym zmianom.

Lasy a sekwestracja węgla

Choć trendy zmian powierzchni lasów są różne na różnych kontynentach, to ogólna powierzchnia lasów na świecie zmniejsza się. Z ponad 41 mln km² w roku 1990 zmniejszyła się do prawie 40 mln km² w roku 2015. Głównie jest to wynik wycinania lasów tropikalnych (<http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.K2?end=2015&start=1990&view=chart>). W Europie od 1990 r. powierzchnia lasów stale wzrasta. Obecnie lasy zajmują średnio 33% całkowitej

powierzchni kontynentu (Forest Europe 2015). W różnych częściach Europy sytuacja ta kształtuje się odmiennie, natomiast Polska należy do krajów, gdzie powierzchnia lasów wzrosła od roku 1995 do roku 2015 o 459 tys. ha, powodując wzrost lesistości do 29,5% (GUS 2016). Ta optymistyczna informacja nie jest powszechnie znana i nawet znaczny odsetek studentów uczelni wyższej, jaką jest Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, podaje dużo niższy procent lesistości naszego kraju (wyniki testów – dane Katedry Nauk o Środowisku Glebowym).

Węgiel w środowisku leśnym zgromadzony jest w żywej biomasy nadziemnej, obumarłych drzewach stojących, martwym drewnie leżącym oraz w glebowej materii organicznej, na którą składają się: próchnica (endogenna i egzogenna), korzenie roślin oraz organizmy glebowe. Jest to układ niezwykle dynamiczny, ulegający ciągłym przemianom (ryc. 1).



Ryc. 1. Obieg węgla w ekosystemie leśnym (Kowalczewski i Żaczek 2013 – zmienione)

Fig. 1. Carbon cycle in the forest ecosystem

Lasy globalnie wiążą około 1240Pg węgla (Van-Camp i in. 2004). W zależności od strefy geograficznej ilości węgla, zgromadzone w biomasy i glebie różnią się. Różne są też łączne zasoby węgla (tab. 1).

Tab. 1. Zapasy węgla w poszczególnych biomach na świecie (Lal 2005)

Table 1. Carbon stock in selected biomes of the world

Biom / Biome	Zasoby węgla / Carbon stock (Pg)		
	Wegetacja Vegetation	Gleba Soil	Łącznie Total
Tundra/Tundra	8	97	105
Tajga/Taiga	88	471	559
Lasy strefy umiarkowanej/ Temperate forest	59	100	159
Tropiki/Tropical	212	216	428
Mokradła/Wetlands	6	202	208
Łącznie / Total	373	1086	1459

Średnia roczna sekwestracja węgla w latach 2005-2015 w biomase lasów Europejskich wyniosła 719 mln ton CO₂ (Forest Europe 2015). Leśne nadziemne zasoby węgla na terenie Europy są najmniejsze w jej centralnej części i zwiększają się w stronę południowo-zachodnią oraz północno-wschodnią.

FAO podaje, że lasy mogą związać ilość węgla równoważną 1/10 globalnej emisji dwutlenku węgla (<http://www.fao.org/forestry/climatechange/53459/en/>).

Uwzględniając lasy w działaniach związanych z łagodzeniem zmian klimatycznych należy wziąć pod uwagę cztery strategie: 1) zwiększanie powierzchni leśnej poprzez zalesienia; 2) zwiększanie gęstości węgla w już istniejących lasach, zarówno w skali pojedynczego drzewostanu, jak i w skali krajobrazu; 3) rozszerzenie wykorzystania produktów z drewna; 4) redukcję emisji węgla powodowanej wylesianiem i degradacją lasów (Canadell i Raupach 2008).

Wzrost koncentracji węgla w lasach środkowoeuropejskich w stosunku do obecnej sytuacji jest możliwy. Z badań symulacyjnych wynika, że największy przyrost zasobności drzewostanów, a tym samym i zawartości węgla w ekosystemach leśnych, zapewnia strategia zbliżona do założeń półnaturalnej hodowli lasu. Zmniejszając nasilenie trzebieży oraz wydłużając długość cyklu produkcyjnego w stosunku do obecnie obowiązujących standardów można osiągnąć ok. 50% wzrost ilości węgla zmagazynowanego w biomase nadziemnej drzewostanów. Efekt ten uzyskuje się kosztem znaczącej redukcji (prawie 4-krotnego zmniejszenia) wielkości wyprodukowanego surowca drzewnego. Oznacza to, że zwiększenie wiązania węgla w ekosystemach leśnych wiązałoby się z koniecznością ograniczenia produkcji drewna (Brzeziecki 2013).

Gleby a sekwestracja węgla

Wbrew powszechnym wyobrażeniom, że za akumulację węgla odpowiada głównie żywa biomasa roślin, znacznie większa część węgla zgromadzonego w ekosystemie leśnym znajduje się w glebie.

Ilość węgla w glebie uzależniona jest od dopływu do niej ilości materii organicznej oraz od warunków przemian tej materii, wpływających na intensywność procesów mineralizacji i humifikacji. O wyżej wymienionych decydują warunki środowiska (rodzaj skały macierzystej, ukształtowanie terenu oraz związane z tym stosunki powietrzno-wodne) i klimatu (głównie temperatura i ilość opadów).

Biorąc pod uwagę różne sposoby użytkowania ziemi szacuje się, że ilość węgla w glebie jest 2-3 krotnie większa, niż ilość w nadziemnej masie roślinnej i może wynosić ok. 1500 Pg (Dixon i in. 1994). Szacuje się, że zapas węgla w poziomie ektopróchnicy może wynosić od 1,3 do 70,8 ton węgla na hektar, a w powierzchniowej, dwudziestocentymetrowej warstwie gleby mineralnej, od 11,3 do 126,3 ton węgla na hektar (Baritz i in. 2010). Autorzy ci zwracają również uwagę na znaczne różnice w koncentracji węgla pomiędzy glebami uprawnymi i leśnymi, wskazując na ogromne znaczenie tych drugich w akumulacji tego pierwiastka.

Glebowe zasoby węgla w lasach zależą od czynników naturalnych, ale także antropogenicznych. Wśród tych ostatnich można wyróżnić m.in.: zalesianie/wylesianie, sposoby przygotowania gleby przy sadzeniu lasu, sposoby pozyskiwania drewna i inne.

Jednym z czynników antropogenicznych jest sposób użytkowania lasu. Degórski (2005) stwierdził wpływ gospodarczego użytkowania lasu na obniżenie naturalnej żywności gleb, co doprowadziło do zwiększenia zapasów węgla w badanych glebach. Również Kondras

i in. (2012) stwierdzili wpływ troficzności siedliska na zapasy węgla organicznego w glebie. Mniejsze zapasy węgla w glebie stwierdzono w siedliskach o większej troficzności.

Zalesianie gleb porolnych może wpłynąć na akumulację węgla w wierzchnich poziomach glebowych lub na zmniejszenie ilości tego pierwiastka, w zależności od typu gleby, warunków środowiska oraz czasu, jaki upłynie od chwili posadzenia drzew (Smal i Olszewska 2008, Oktaba i Kondras 2015).

Edukacja

W powszechnej świadomości za lasy uważa się jedynie ich nadziemną część, całkowicie pomijając część glebową. Z punktu widzenia udziału lasów w procesach związanych z sekwestracją węgla, to jednak gleba i procesy glebotwórcze odgrywają istotniejszą rolę.

Jednak wiedza społeczeństwa o glebach, pomimo powszechności ich występowania i funkcji, jakie odgrywają w życiu człowieka, jest bardzo niska (Brożek i in. 2008). Oprócz edukacji społeczeństwa w tym zakresie istnieje pilna potrzeba uświadomienia tego faktu decydującemu na wszystkich szczeblach władzy. Problem z edukacją na temat gleb polega na tym, że gleba jest postrzegana jak coś nieatrakcyjnego, „brudnego” (Pacanowski 2016).

Podejmowane do tej pory wysiłki przez środowisko naukowe na rzecz zwrócenia uwagi na rolę gleby w środowisku zaczyna powoli odnosić skutek. 68. Zgromadzenie Ogólne ONZ ogłosiło rok 2015 – Międzynarodowym Rokiem Gleb (A/RES/68/232). Gleboznawcy ze wszystkich ośrodków badawczych włączyli się w obchody, organizując seminaria i konferencje oraz imprezy edukacyjne promujące gleby i poszerzające świadomość społeczeństwa na temat ich znaczenia w środowisku (http://ptg-wroclaw.up.wroc.pl/CzarnaZiemia_17.pdf).

Istotne jest, aby podejmowane działania trafiały do jak najszerszej rzeszy odbiorców. Takim przykładem może być prezentacja o roli gleb w czasie pikniku rodzinnego w Łazienkach Królewskich w Warszawie (fot. 1).

Na szczególne zainteresowanie zasługuje Centrum Edukacji Gleboznawczej – Muzeum Gleb Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, jako unikatowe w skali kraju. Można obejrzeć w nim różnorodne gleby Europy. Jego zasoby umożliwiają kształcenie z zakresu systematyki i genezy gleb, siedliskoznawstwa, fizjografii, architektury krajobrazu i środowiskowych funkcji lasu. W CEG-MG wykorzystane są najnowsze formy przekazu – monitory dotykowe z prezentacjami multimedialnymi. Materiały zilustrowane są fotografiami i filmami (Brożek i in. 2012).

Oprócz braku wiedzy na temat gleb, polskie społeczeństwo charakteryzuje się również niską świadomością w zakresie zmian klimatu i ochrony atmosfery. Tylko 42% Polaków uważa, że powinno się obecnie redukować emisję gazów cieplarnianych. Chociaż liczba osób świadomie podejmujących próby oszczędzania energii w gospodarstwach domowych wzrasta, to nadal świadomość ekologiczna Polaków w tym obszarze wymaga działań edukacyjnych (Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej 2013). Należy zwrócić również baczniejszą uwagę na prawdziwość i rzetelność informacji podawanych w podręcznikach szkolnych. Znajdują się w nich często uproszczenia, a nawet błędne informacje (Grzywacz i in. 2016).



Fot. 1. Gleba w słoiku? Prezentacja funkcji gleb w czasie pikniku „SGGW w Łazienkach Królewskich”
Photo 1. Soil in the jar? Presentation about soil functions during picnic „SGGW in the Royal Łazienki”

Wnioski

1. Lasy odgrywają znaczącą rolę w wiązaniu węgla atmosferycznego i posiadają duże możliwości sekwestracji tego pierwiastka. Węgiel magazynowany jest w biomasie nadziemnej i w glebie.
2. Gleba jest niedocenianym elementem środowiska leśnego. Gleby leśne magazynują większą ilość węgla niż ta, która jest związana w biomasie.
3. Zmiany klimatu i towarzyszące im niekorzystne zjawiska wymuszają pilne podjęcie działań zapobiegających wzrostowi stężenia gazów cieplarnianych (głównie CO₂) w atmosferze. Leśnictwo może aktywnie uczestniczyć w tych działaniach.
4. Niezbędna jest szeroka edukacja społeczna na temat zmian klimatu i konieczności oraz sposobów przeciwdziałania tym zmianom.

Literatura

- A/RES/68/232 Resolution adopted by the General Assembly on 20 December 2013 68/232. World Soil Day and International Year of Soils.
- Baritz R., Seufert G., Montanarella L., Van Ranst E. 2010. Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. *Forest Ecology and Management*, 260: 262-277.
- Barredo J.I., San Miguel J., Caudullo G., Busetto L. 2012. A European map of living forest biomass and carbon stock. Executive report. JRC Scientific and Policy Reports. European Commission, Italy.

- Brożek S., Wanic T., Zwydak M., Lasota J., Gruba P. 2008. Gleba w Edukacji Przyrodniczo-Leśnej. Stud. i Mat. CEPL, Rogów, 17 (2): 173-179.
- Brożek S., Błońska E., Wanic T., Lasota J., Pacanowski P., Zwydak M., Gruba P. 2012. Centrum Edukacji Gleboznawczej – Muzeum Gleb Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie – nowe perspektywy edukacji leśnej. Stud. i Mat. CEPL, Rogów, 32 (3): 129-135.
- Brzeziecki B. 2013. Wpływ wariantowych sposobów zagospodarowania (sposobów odnowienia, pielęgnacji, użytkowania) na bilans węgla w lasach; potencjał sekwestracji i gromadzenia węgla w zależności od sposobu zagospodarowania. W: Panel Ekspertów „KLIMAT”. Lasy i drewno a zmiany klimatyczne: zagrożenia i szanse. IBL, 18 czerwca 2013.
- Canadell J.G., Raupach M.R. 2008. Managing forests for climate change mitigation. Science 320: 1456-1457.
- Dixon R.K., Brown S., Houghton R.A., Solomon A.M., Trexler M.C., Wisniewski J. 1994. Carbon pools and fluxes of global forest ecosystems. Science 263: 185-190.
- Degórski M. 2005. Wpływ sposobu użytkowania lasu na zapasy węgla organicznego w glebie. Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 6: 75-83.
- Forest Europe 2015. State of Europe's Forests 2015.
- Gobin A., Campling P., Janssen L., Desmet N., van Delden H., Hurkens J., Lavelle P., Berman S. 2011. Soil organic matter management across the EU – best practices, constraints and trade-offs, Final Report for the European Commission's DG Environment, September 2011.
- Grzywacz A., Greczuk M., Rożmiarek B. 2016. Zawartość leśnych treści kształcenia w podręcznikach i zeszytach ćwiczeń z zakresu przyrody dla szkół podstawowych Stud. i Mat. CEPL, Rogów, 47 (2): 83-90.
- GUS 2016. Leśnictwo 2016. Informacje i Opracowania Statystyczne. Warszawa.
- Kondras M., Czepińska-Kamińska D., Sienicka P., Otręba A., Torzewski K., Oktaba L. 2012. Zapas węgla organicznego gleb leśnych zespołu kontynentalnego boru mieszanego świeżego w Kampinoskim Parku Narodowym. Roczniki Gleboznawcze – Soil Science Annual, 63 (4): 26-33.
- Kowalczewski T., Żaczek M. 2013. Udział lasów w Polsce w ochronie klimatu: Zobowiązania i możliwości. W: Panel Ekspertów „KLIMAT”. Lasy i drewno a zmiany klimatyczne: zagrożenia i szanse. IBL, 18 czerwca 2013.
- Lal R. 2005. Forest soils and carbon sequestration. Forest Ecology and Management, 220: 242-258.
- Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej 2013. Strategia Edukacji Ekologicznej Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na lata 2013 – 2016 z perspektywą do 2020 roku. Warszawa.
- Oktaba L., Kondras M. 2015. Przemiany materii organicznej gleb łąkowych w pierwszych latach po zalesieniu. Sylwan, 159 (2): 126-134.
- Pacanowski P. 2016. “Brudna” gleba – trudne wyzwanie w edukacji przyrodniczo-leśnej. Stud. i Mat. CEPL, Rogów, 47 (2): 129-135.
- Smal H., Olszewska M. 2008. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus silvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus. Plant and Soil 305: 171-187.
- Van-Camp L., Bujarrabal, B., Gentile, A-R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C., Selvaradjou, S-K. 2004. Reports of the Technical Working Groups Established under

the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/3, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Zarządzenie nr 2 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 17 stycznia 2017 roku w sprawie realizacji w formie wspólnego przedsięwzięcia jednostek organizacyjnych Lasów Państwowych projektu rozwojowego o charakterze pilotażowym pod nazwą „Leśne Gospodarstwa Węglowe”: 11-12.

<http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.K2?end=2015&start=1990&view=chart>
(dostęp: 31.03.2017)

http://ptg-wroclaw.up.wroc.pl/CzarnaZiemia_17.pdf

<http://www.fao.org/forestry/climatechange/53459/en/> (dostęp: 31.03.2017).

<http://www.muzeumgleb.pl/images/banners/1a.jpg>

<http://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change-2/> (dostęp: 31.03.2017).

Lidia Oktaba¹, Marek Kondras¹, Jarosław Oktaba²

¹ Katedra Nauk o Środowisku Glebowym
Wydział Rolnictwa i Biologii SGGW w Warszawie,

² Katedra Użytkowania Lasu
Wydział Leśny, SGGW w Warszawie

lidia_oktaba@sggw.pl