

MAREK JABŁOŃSKI, MARCIN MIONSKOWSKI, PIOTR BUDNIAK

Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasu źródłem informacji o powierzchni lasów w Polsce

Forest area in Poland based on national forest inventory

ABSTRACT

Jabłoński M., Mionskowski M., Budniak P. 2018. Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasu źródłem informacji o powierzchni lasów w Polsce. Sylwan 162 (5): 365-372.

Forest area in Poland is annually evaluated as a part of public statistics research. However, this information is based on land use resulting from Land and Property Register (LPR). Delays in the reclassification of afforested land, as well as the natural expansion of trees on abandoned agricultural lands, observed over the last decades, caused that information from LPR becomes unreliable. In many countries forest area is assessed within the National Forest Inventories (NFIs) based upon systematic grid of sample plots. NFI in Poland has been performed since 2005, in 4×4 kilometre grid with clusters consisting of five plots. Until 2014 measurements were made only on these sample plots which were located in forest according to LPR records. Within the 3rd NFI cycle (2015-2019) the areas fulfilling the criteria of forest definition, but located on non-forest land referring to LPR, has become the object of study. The aim of this work is to present statistical approach for evaluation of forest area using NFI cluster sampling data. Additionally, results from two year measurements (2015-2016) were analysed and compared with LPR data. Attributes of NFI plots allow to apply national forest criteria as well as the land use and land cover thresholds recommended by Food and Agriculture Organization of the United Nations or Kyoto Protocol. Our research shows that forest cover in Poland is in the range of 32.8-33.0%, depending on forest definition used, and is almost 3% higher than official LPR data (30.1%). The standard error of forest cover, based on two years NFI data is 0.44. Thus, with 95% probability the true value of this parameter lies between 31.9 and 33.7%, while country thresholds of forest definition are used. Additionally it was assessed that using the entire NFI cycle data the standard error of forest cover should be lower i.e. less than 0.3. The National Forest Inventory seems to be an appropriate tool for monitoring forest area in Poland.

KEY WORDS

forest definition, land use, land cover, NFI, cluster sampling

ADDRESSES

Marek Jabłoński – e-mail: M.Jablonski@ibles.waw.pl

Marcin Mionskowski – e-mail: M.Mionskowski@ibles.waw.pl

Piotr Budniak – e-mail: P.Budniak@ibles.waw.pl

Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Wstęp

Według zapisów ewidencji gruntów i budynków (EGiB) lasy zajmują 30% powierzchni geodezyjnej Polski [Ochrona... 2017]. Z badań Hościło i in. [2016] wynika, że lesistość Polski już w 2014 roku wynosiła 32%, a rzeczywista powierzchnia lasów była o prawie 800 tys. ha większa niż publikowana przez Główny Urząd Statystyczny (GUS). Podstawą obliczeń w wymienionej pracy były ogólnodostępne, krajowe i europejskie bazy danych przestrzennych [Hościło i in. 2016]. Badania Jabłońskiego i in. [2017] przeprowadzone na terenie województwa podlaskiego wskazują na podobne rozbieżności. Autorzy stwierdzili, że lesistość województwa jest o około 2,4 punkty procentowe wyższa od oficjalnych danych. Podstawowe przyczyny wymienionych różnic to spontaniczne pojawianie się drzew na porzuconych terenach rolnych oraz opóźnienia w przekwalifikowaniu zalesień na grunty leśne [Wójcik 1996; Szwaagrzyk 2004; Bomanowska, Kiedrzyński 2011; Jabłoński 2015a; Kolecka i in. 2017].

W wielu krajach powierzchnia lasów jest określana na podstawie powierzchni próbnych rozmieszczonych w układzie schematycznym. Uznanie powierzchni próbnej za położoną na gruntach leśnych odbywa się bezpośrednio w terenie lub na podstawie interpretacji zdjęć lotniczych [Lawrence i in. 2010]. Ze względu na niewielki rozmiar powierzchni próbnych niezbędne jest uwzględnienie obszaru je otaczającego [Gabler i in. 2012]. W Polsce pomiary na stałych kołowych powierzchniach próbnych zgrupowanych po pięć w tzw. traktach i rozmieszczonych w sieci 4×4 km rozpoczęto w roku 2005 [Michalak, Zajączkowski 2010]. W 2014 roku został zakończony drugi cykl wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu (WISL). Sieć powierzchni próbnych WISL obejmuje 98,9 tys. punktów. Zarówno w pierwszym, jak i drugim cyklu WISL pomiary wykonywano tylko na powierzchniach położonych na gruntach leśnych według EGiB. Wyniki WISL były przetwarzane na poziom kraju w odniesieniu do powierzchni lasów wykazywanej przez GUS, tj. powierzchni zalesionej i niezalesionej (bez gruntów związanych z gospodarką leśną) [Wielkoobszarowa... 2015].

Jedną z ważniejszych zmian w metodyce WISL, wprowadzoną w trzecim cyklu, było objęcie pomiarami obszarów pokrytych roślinnością leśną, a niebędących lasem według EGiB i jednocześnie nieużytkowanych na cele nieleśne [Instrukcja... 2014]. Przyjęte rozwiązanie odwołuje się do definicji lasu zgłoszonej przez Polskę do Protokołu z Kioto [Report... 2006], tj. uwzględnia obszary z co najmniej 10-procentowym pokryciem terenu przez korony drzew. Wyniki trzeciego cyklu WISL (lata 2015-2019) powinny dostarczyć wiarygodnych (o znanej teoretycznej dokładności) informacji co do rzeczywistej powierzchni lasów w Polsce. Zastosowana procedura została przed wdrożeniem zweryfikowana na terenie województwa podlaskiego [Jabłoński i in. 2017], z ograniczeniem do obszarów spełniających kryteria powierzchni leśnej zalesionej [Instrukcja... 2012].

Celem niniejszej pracy jest zaprezentowanie rozwiązań metodycznych określania powierzchni lasów w Polsce na podstawie pomiarów WISL i przedstawienie wyników uzyskanych z wykorzystaniem wstępnych danych WISL z lat 2015-2016.

Lesistość i powierzchnia lasów

Określanie powierzchni lasów w ramach krajowych inwentaryzacji opartych o sieć powierzchni próbnych rozmieszczonych schematycznie odbywa się z wykorzystaniem własności rozkładu dwumianowego [Tomppo i in. 2010]. Na podstawie analizy pokrycia terenu na wszystkich teoretycznych powierzchniach próbnych sieci określa się frakcję powierzchni spełniających kryteria lasu. Decyzja co do uznania danej próby za las najczęściej jest podejmowana na podstawie

lokalizacji środka powierzchni próbnej. Nieco inne podejście jest stosowane np. w Austrii i na Litwie [Gabler, Schadauer 2008; Kuliešis i in. 2010], gdzie w przypadku powierzchni zlokalizowanych na granicy lasu uwzględnia się w obliczeniach tylko ich części (podpowierzchnie) położone na gruntach leśnych. Stosowanie tego rozwiązania wymaga jednak zakładania (lub opisywania) wszystkich powierzchni próbnych, również takich, których środek jest zlokalizowany na gruntach nieleśnych. Z kolei definicja lasu zastosowana w inwentaryzacji krajowej w Szwajcarii skutkuje tym, że za zlokalizowane na gruntach leśnych mogą być uznane również powierzchnie, których środek wypada poza granicą lasu [Brassel, Lischke 2001].

W Polsce powierzchnie wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu są zakładane wyłącznie, gdy środek powierzchni wypada na gruncie spełniającym kryteria przyjęte w instrukcji wykonywania WISL [Instrukcja... 2014]. Przy takim podejściu udział lasów może być określony następująco [Zasępa 1972; Cochran 1977]:

$$\hat{p} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad [1]$$

gdzie:

\hat{p} – oszacowany na podstawie WISL udział lasów,

i – numer traktu,

n – liczba traktów,

m_i – liczba teoretycznych punktów w trakcie i (standardowo 5, przy granicy kraju może być mniejsza),

f_i – liczba punktów w trakcie i uznana za las.

Wynik równania 1 wyrażony w procentach określa lesistość kraju.

Całkowita powierzchnia lasów w Polsce (A_L) obliczona na podstawie pomiarów WISL byłaby iloczynem udziału lasów i znanej (nieobarczonej błędem) powierzchni kraju (A):

$$A_L = \hat{p} \cdot A \quad [2]$$

Obliczone według równań 1 i 2 lesistość i powierzchnia lasów będą charakteryzować się określoną dokładnością. Wariancję udziału lasów w losowaniu zespołowym (ze względu na stosowanie traktów) oblicza się za pomocą następującego algorytmu [Cochran 1977; Gabler, Schadauer 2008]:

$$\hat{s}(\hat{p}) = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^n m_i\right)^2} \cdot \frac{n}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (f_i - \hat{p} \cdot m_i)^2 \quad [3]$$

Z 95-procentowym prawdopodobieństwem udział lasów (P) zawierać się będzie w przedziale:

$$P = \hat{p} \pm (1,96 \cdot \sqrt{\hat{s}(\hat{p})}) \quad [4]$$

gdzie 1,96 jest wartością krytyczną rozkładu normalnego przy $\alpha=0,05$.

Definicja lasu a powierzchnia lasów

W instrukcji wykonywania WISL [2014] zapisano, że inwentaryzacji podlegają:

1. lasy (w rozumieniu Ustawy... [1991]) wszystkich form własności wykazane w ewidencji gruntów i budynków,

2. obszary z roślinnością leśną niebędące lasami według zapisów EGiB, o zwartej powierzchni co najmniej 0,1 ha i pokryciu powierzchni koronami drzew wynoszącym więcej niż 10%, z wyłączeniem gruntów przeznaczonych lub wykorzystywanych na cele mieszkaniowe, rekreacyjne, infrastrukturalne i inne komunalne lub przemysłowe (np. obszary zabudowane, parki miejskie), a także terenów zagospodarowanych rolniczo (szkółki roślin drzewiastych itp.) oraz zadrzewień liniowych.

Należy zauważyć, że obszary wymienione w punkcie drugim obejmują nie tylko grunty o niewielkim zadrzewieniu, zgodne z definicją lasu zgłoszoną przez Polskę do Protokołu z Kioto [Report... 2006], ale również tereny spełniające kryteria powierzchni leśnej zalesionej [Instrukcja... 2012], z różnych przyczyn nieuwzględnione w EGiB jako lasy. Problematyka definicji lasu oraz niespójności w obecnym systemie określania powierzchni lasów została szeroko omówiona w pracach Jabłońskiego [2015a, b]. Dodatkowo w badaniach Jabłońskiego i in. [2017] zwrócono uwagę, że w wyniku błędów i nieściśłości w ewidencji gruntów i budynków powierzchnie WISL zakładane są na gruntach leśnych według EGiB, a w rzeczywistości użytkowanych, np. rolniczo.

Stosowany w WISL system opisu powierzchni próbnych pozwala na szacowanie powierzchni lasów według różnych definicji lasu, zarówno krajowych, jak i międzynarodowych, np. zgłoszonych do Protokołu z Kioto. Grunty leśne według EGiB, z roślinnością drzewiastą, ale wykorzystywane na cele nieleśne (np. mieszkaniowe), nie spełniają definicji lasu według Organizacji Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO). Natomiast obszary leśne według EGiB, ale bez roślinności drzewiastej i wykorzystywane na cele nieleśne, nie powinny być uznawane za las, zarówno według FAO, jak i Protokołu z Kioto.

Wstępne wyniki WISL

W latach 2015-2016 przeprowadzono pomiary na 11 871 powierzchniach WISL zlokalizowanych na gruntach opisanych w EGiB jako las. Ponieważ sieć powierzchni próbnych WISL obejmuje tylko część morskich wód wewnętrznych (bez obszaru Zatoki Gdańskiej), odniesienie wyników obliczeń możliwe jest wyłącznie do obszaru lądowego kraju (łącznie z wodami śródlądowymi). Na tak zdefiniowanym obszarze sieć WISL zawiera 39 481 powierzchni próbnych.

Mając na uwadze kryteria definicji lasu przyjmowane w sprawozdawczości międzynarodowej [Forest... 2012], należy zauważyć, że spośród 11 871 powierzchni założonych na gruntach leśnych według EGiB na 31 powierzchniach nie stwierdzono występowania roślinności leśnej (były to głównie grunty rolne), natomiast 43 powierzchnie były zlokalizowane na obszarach wykorzystywanych na szeroko rozumiane cele komunalne.

W dwóch pierwszych latach III cyklu WISL, na gruntach nieleśnych według EGiB, założono 1282 powierzchnie (tab. 1, ryc.). Ponad 90% z nich położone było w drzewostanach spełniających kryteria powierzchni leśnej zalesionej według zasad stosowanych w Państwowym Gospodarstwie Leśnym Lasy Państwowe (PGL LP) [Instrukcja... 2012]. Tylko 4% powierzchni było zlokalizowanych na gruntach niespełniających kryteriów powierzchni zalesionej. W przypadku kilkudziesięciu powierzchni brak informacji o wieku gatunku panującego w drzewostanie i zadrzewieniu uniemożliwił odpowiednią ich klasyfikację. Większość powierzchni założonych na gruntach nieleśnych według EGiB (79% z 1282) jest zlokalizowana na gruntach prywatnych. Na gruntach PGL LP (nieużytkach, pastwiskach, gruntach zadrzewionych itp.) założono 75 powierzchni.

Lesistość Polski z uwzględnieniem obszarów pokrytych roślinnością leśną na gruntach nieleśnych według EGiB zawiera się w przedziale 32,8-33,0% – w zależności od zastosowanych kryteriów definicji lasu (tab. 2). Powierzchnia lasów, obliczona jako iloczyn lesistości i całkowitej powierzchni kraju równej 31 189 tys. ha (bez morskich wód wewnętrznych) [Ochrona... 2017],

Tabela 1.

Struktura powierzchni WISL założonych w latach 2015-2016 na gruntach nieleśnych według EGiB, w układzie klas wieku i zadrzewienia

Structure of NFI sample plots established in 2015-2016 on non-forest lands according to LPR

Wiek Age	Zadrzewienie drzewostanu Stocking index											Ogółem Total
	Brak danych No data	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	≥1	
Brak danych No data	65	2	3	4	2							76
1-20				19*	20*	59	87	55	74	65	110	489
21-40		2*		8*	26	44	74	81	76	50	41	402
41-60				4	10	20	39	48	32	27	9	189
61-80					7	10	19	18	25	5	2	86
81-100						4	3	10	7	2	1	27
>100				2		1	2	2	3	3		13

* klasy niespełniające kryteriów powierzchni leśnej zalesionej; classes not fulfilling criteria of Polish forest definition



Ryc.

Powierzchnie próbne WISL (2015-2016) na gruntach nieleśnych według EGiB na tle województw

Location of NFI sample plots (2015-2016) on non-forest lands according to LPR

wynosiłaby około 10,2-10,3 mln ha. Zaproponowana w tabeli korekta danych ewidencyjnych (EGiB skoryg.) polega na pominięciu obszarów użytkowanych na cele nieleśne i uwzględnieniu tych, które nie są opisane jako lasy w EGiB, a spełniają kryteria powierzchni leśnej zalesionej. Według definicji FAO minimalna powierzchnia kompleksu leśnego wynosi 0,5 ha [Forest... 2012]. Dane WISL nie pozwalają na weryfikację tego kryterium, dlatego w analizach odniesiono się tylko do użytkowania gruntu (tab. 2).

Tabela 2.

Klasyfikacja powierzchni próbnych WISL, lesistość i powierzchnia lasów
 Classification of NFI sample plots regarding forest definitions, share of forest and forest area

	Liczba pow. No. of plots	Las według Forest referring to			
		EGiB LPR	EGiB skoryg. LPR corrected	FAO	Protokołu z Kioto Kyoto Protocol
na gruntach użytkowanych na cele leśne on land under forestry land use	11 797	+	+	+	+
Las według EGiB					
na gruntach z roślinnością leśną, użytkowanych na cele komunalne with trees but on land under urban land use	43	+	-	-	+
Forest referring to LPR					
na gruntach pozbawionych roślinności leśnej, użyt- kowanych na cele nieleśne without trees, on land under agricultural or urban land use	31	+	-	-	-
Grunty nieleśne według EGiB					
zalesione według zasad stosowanych w PGL LP forested referring to PGL LP	1 157	-	+	+	+
Non-forest land referring to LPR					
niezalesione według zasad stosowanych w PGL LP non-forested referring to PGL LP (with low stocking index)	49	-	-	+	+
Liczba powierzchni spełniających kryteria lasu Number of sample plots inside the forest	11 871	12 954	13 003	13 046	
Lesistość [%] Forest cover [%]		30,1	32,8	32,9	33,0
Powierzchnia lasów [tys. ha] Forest area [1000× ha]		9 378	10 211	10 250	10 284

PGL LP – State Forests National Forest Holding

Należy zauważyć, że lesistość według EGiB, obliczona za pomocą danych WISL i równania 1, jest niemal identyczna z danymi GUS. Powierzchnia lasów publikowana przez GUS [Ochrona... 2017] wynosi 9382 tys. ha.

Błąd standardowy lesistości określony z wykorzystaniem równania 3 we wszystkich analizowanych wariantach wynosi 0,44%. Z 95-procentowym prawdopodobieństwem lesistość i powierzchnia lasów określone według zmodyfikowanych kryteriów krajowych (EGiB skoryg.) czy definicji międzynarodowych różnią się istotnie od danych według EGiB (tab. 2). Przedziały ufności określone równaniem 4 nie zachodzą na siebie.

W obliczeniach nie uwzględniono ponad 100 powierzchni WISL, w tym 68 na gruntach opisanych w EGiB jako las, a niedostępnych z różnych przyczyn.

Dyskusja

Wstępne wyniki WISL potwierdzają doniesienia literaturowe co do istotnych różnic pomiędzy danymi oficjalnymi z rejestrów ewidencyjnych a rzeczywistą powierzchnią lasów [Jabłoński i in. 2017; Kolečka i in. 2017] i fakt występowania tego zjawiska w całym kraju [Hościło i in. 2016]. Z danych zamieszczonych w tabeli 1 wynika, że obszary spełniające kryterium lasu, a niewykazane w rejestrach ewidencyjnych to nie tylko inicjalne stadia sukcesji, ale również drzewostany kilkudziesięcio- czy nawet ponadstuletnie. Znaczące opóźnienia w przeklasyfikowaniu gruntów lub błędy EGiB mogą wynikać nie tylko z braku wsparcia finansowego dla działań prowadzonych z urzędu, ale również z niechęci właścicieli do zmiany kategorii użytkowania gruntów w oficjalnych rejestrach.

Według Price'a i in. [2016] przekształcanie użytków rolnych na ekosystemy leśne będzie postępować, a ewentualne jego ograniczenie autorzy wiążą tylko z interwencjami politycznymi. Przykładem takiego działania może być zmodyfikowana w 2017 roku ustawa o ochronie przyrody [2004], umożliwiająca m.in. usuwanie, bez konieczności ubiegania się o pozwolenie, drzew lub krzewów z gruntów nieużytkowanych w celu przywrócenia ich do użytkowania rolniczego.

Do oceny zmian pokrycia terenu w coraz większym zakresie wykorzystuje się zobrazowania satelitarne, zdjęcia lotnicze i dane skaningu laserowego [Kolečka i in. 2015; Szostak i in. 2017]. Należy jednak zaznaczyć, że szacowanie zmian powierzchni lasów wyłącznie na podstawie materiałów teledetekcyjnych nie pozwala m.in. na poprawną interpretację obszarów czasowo pozbawionych roślinności drzewiastej w wyniku prowadzenia gospodarki leśnej [Reams i in. 2010; Van Deusen i in. 2013; Hycza i in. 2017]. Problemem może być również uznawanie za las obszarów z roślinnością drzewiastą, a użytkowanych na inne cele (obszary zabudowane, cmentarze, parki miejskie, sady itp.).

Ze względu na ograniczenia metod pomiaru lasów, zarówno naziemnych, jak i wykorzystujących zdalne źródła informacji, skalę badań (cały kraj), tempo zmian, a także problem samego definiowania lasu, bezbłędne określenie powierzchni lasów wydaje się niemożliwe. Zaletą przedstawionej w niniejszym artykule propozycji szacowania powierzchni lasów na podstawie pomiarów WISL jest elastyczność co do generowania wyników w zależności od różnych kryteriów definicji lasu.

Błąd standardowy szacowania lesistości obliczony na podstawie wstępnych wyników WISL wynosi 0,44 punktu procentowego. Generalizując wyniki z dwóch lat na pełne pięć lat cyklu, oszacowano, że błąd ten wynosiłby mniej niż 0,3 punktu procentowego. Relatywnie duży błąd to m.in. efekt stosowania losowania zespołowego. Przy tej samej liczbie powierzchni próbnych rozmieszczonych pojedynczo dokładność szacunku byłaby zdecydowanie wyższa [Jabłoński i in. 2017]. Zakładanie pojedynczych powierzchni próbnych wiązałoby się jednak z wyższymi kosztami i pracochłonnością pomiarów.

Wnioski

- ✦ Udział lasów w Polsce jest wyższy od lesistości publikowanej przez GUS.
- ✦ Przy określaniu powierzchni lasów należy uwzględnić obszary wtórnej sukcesji oraz weryfikować grunty opisane jako las w EGiB.
- ✦ Prowadzona systematycznie wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasu może dostarczyć jednolitych metodycznie i dzięki temu spójnych danych o powierzchni lasów w Polsce zarówno do statystyk krajowych, jak i międzynarodowych.

Literatura

- Bomanowska A., Kiedrzyński M. 2011. Changing land use in recent decades and its impact on plant cover in agricultural and forest landscapes in Poland. *Folia Biologica et Oecologica* 7: 5-26.
- Brassel P., Lischke H. [red.]. 2001. Swiss National Forest Inventory: Methods and Models of the Second Assessment. Federal Research Institute WSL, Birmensdorf, Szwajcaria.
- Cochran W. G. 1977. Sampling Techniques. 3rd ed. John Wiley & Sons, New York.
- Forest Resources Assessment Programme. Terms and Definitions. 2012. FAO, Rome.
- Gabler K., Schadauer K. 2008. Methods of the Austrian Forest Inventory 2000/02. Origins, approaches, design, sampling, data models, evaluation and calculation of standard error. BFW-Berichte 142, Wien.
- Gabler K., Schadauer K., Tomppo E., Vidal C., Bonhomme C., McRoberts R. E., Gschwantner T. 2012. An Enquiry on Forest Areas Reported to the Global Forest Resources Assessment – Is Harmonization Needed? *Forest Science* 58 (3): 201-213. DOI: 10.5849/forsci.10-060.
- Hościło A., Mironczuk A., Lewandowska A. 2016. Określenie rzeczywistej powierzchni lasów w Polsce na podstawie dostępnych danych przestrzennych. *Sylwan* 160 (8): 627-634.
- Hycza T., Stereńczak K., Bałazy R. 2017. Black-Bridge data in the detection of forest area changes in the example of Sudety and Beskidy. *Folia Forestalia Polonica, series A – Forestry* 59 (4): 273-280.
- Instrukcja urządzania lasu. 2012. Część 1. Instrukcja sporządzania planu urządzenia lasu dla nadleśnictwa. CILP, Warszawa.
- Instrukcja wykonywania wielkoobszarowej inwentaryzacji stanu lasu. 2014. IBL, Sękocin Stary.
- Jabłoński M. 2015a. Definicja lasu w ujęciu krajowym i międzynarodowym oraz jej znaczenie dla wielkości i zmian powierzchni lasów w Polsce. *Sylwan* 159 (6): 469-482.
- Jabłoński M. 2015b. Powierzchnia gruntów leśnych – przyczyny zmian i spójność źródeł danych. *Wiadomości Statystyczne* 11: 54-67.
- Jabłoński M., Korhonen K. T., Budniak P., Mionskowski M., Zajączkowski G., Sućko K. 2017. Comparing land use registry and sample based inventory to estimate forest area in Podlaskie, Poland. *iForest* 10: 315-321. DOI: 10.3832/ifer2078-009.
- Kolecka N., Kozak J., Kaim D., Dobosz M., Ginzler C., Psomas A. 2015. Mapping Secondary Forest Succession on Abandoned Agricultural Land with LiDAR Point Clouds and Terrestrial Photography. *Remote Sensing* 7: 8300-8322. DOI:10.3390/rs70708300.
- Kolecka N., Kozak J., Kaim D., Dobosz M., Ostafin K., Ostapowicz K., Weżyk P., Price B. 2017. Understanding farmland abandonment in the Polish Carpathians. *Applied Geography* 88: 62-72. DOI: 10.1016/j.apgeog.2017.09.002.
- Kuliešis A., Kasperavičius A., Kulbokas G. 2010. Lithuania. W: Tomppo E., Gschwantner T., Lawrence M., McRoberts R. E. [red.]. National Forest Inventories. Pathways for Common Reporting. Springer, New York. 351-374.
- Lawrence M., McRoberts R. E., Tomppo E., Gschwantner T., Gabler K. 2010. Comparisons of national forest inventories. W: Tomppo E., Gschwantner T., Lawrence M., McRoberts R. E. [red.]. National Forest Inventories. Pathways for Common Reporting. Springer, New York. 19-32. DOI: 10.1007/978-90-481-3233-1_2.
- Michalak R., Zajączkowski R. 2010. National Forest Inventory Reports – Poland. W: Tomppo E., Gschwantner T., Lawrence M., McRoberts R. E. [red.]. National Forest Inventories. Pathways for Common Reporting. Springer, New York. 425-436.
- Ochrona środowiska. 2017. Informacje i opracowania statystyczne. GUS, Warszawa.
- Price B., Kaim D., Szwagrzyk M., Ostapowicz K., Kolecka N., Schmatz D. R., Wypych A., Kozak J. 2016. Legacies, socio-economic and biophysical processes and drivers: the case of future forest cover expansion in the Polish Carpathians and Swiss Alps. *Reg. Environ. Change* 17: 2279-2291. DOI 10.1007/s10113-016-1079-z.
- Reams G. A., Brewer C. K., Guldin R. W. 2010. Remote sensing alone is insufficient for quantifying changes in forest cover. *PNAS* 107 (38): 145. DOI:10.1073/pnas.1008665107.
- Report on the Determination of Poland's Assigned Amount under the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. 2006. Republic of Poland.
- Szostak M., Hawryło P., Piela D. 2017. Using of Sentinel-2 images for automation of the forest succession detection. *European Journal of Remote Sensing* 51 (1): 142-149. DOI: 10.1080/22797254.2017.1412272.
- Szwagrzyk J. 2004. Sukcesja leśna na gruntach porolnych; stan obecny, prognozy i wrażliwości. *Sylwan* 148 (4): 53-59.
- Tomppo E., Gschwantner T., Lawrence M., McRoberts R. E. [red.]. 2010. National Forest Inventories. Pathways for Common Reporting. Springer, New York.
- Van Deusen P. C., Roesch F. A., Wigley T. B. 2013. Estimating Forestland Area Change from Inventory Data. *Journal of Forestry* 111 (2): 126-131. DOI: 10.5849/jof.12-102.
- Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach. 1991. Dz. U. Nr 101, poz. 444 z późn. zm.
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody. 2004. Dz. U. Nr 92, poz. 880 z późn. zm.
- Wielkoobszarowa inwentaryzacja stanu lasów w Polsce. Wyniki II cyklu (lata 2010-2014). 2015. BULiGL, Sękocin Stary.
- Wójcik R. 1996. Sukcesja wtórna na gruntach porolnych. *Sylwan* 140 (8): 63-68.
- Zasępa R. 1972. Metoda reprezentacyjna. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.