

DOI 10.2478/v10116-012-0004-5

ZASTOSOWANIE NARZĘDZI INVEST DO WYCENY PRODUKCJI DREWNA JAKO ŚWIADCZENIA EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH

PRZYKŁAD NADLEŚNICTWA ŻŁOTÓW

PIOTR LUPA

Zakład Geografii Kompleksowej, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Dziegiełowa 27, 61-680 Poznań, Poland

Abstract: The subject of this article is timber production in Złotów Forest District and the evaluation of wood produced in different forest habitat types. The main goals of the study are to show the process of timber production as a forest ecosystem service, to present InVEST tools abilities in the valuation of timber production (managed timber production model).

Total volume of timber produced annually in the district has been estimated at 76,3 thousand cubic meters, while the potential value of this benefit was valued at more than 21,1 million PLN. These figures show a significant variation within different forest habitat types.

The studies are the author's first step on the way to determine the total value of the forest, and should be included among activities related to the protection of forest ecosystems.

Keywords: forest ecosystem services, valuation, InVEST, timber production, forest habitat types

UWAGI WSTĘPNE

Zbiorowiska leśne w skali całego kraju stanowią najcenniejsze pod względem różnorodności biologicznej i pełnionych funkcji ekosystemy lądowe. Rykowski (2005) podkreśla, że aż 65% wszystkich zasobów bioróżnorodności w Polsce zlokalizowanych jest właśnie w lasach. Z informacji zawartych w najnowszym Raporcie o stanie lasów w Polsce 2010 (GDLP, 2011) wynika, że ekosystemy leśne naszej strefy klimatyczno-geograficznej są najmniej zniekształconą formacją przyrodniczą. Ponadto stanowią one niezbędny czynnik równowagi ekologicznej, będąc jednocześnie formą użytkowania gruntów, która zapewnia produkcję biomasy, przedstawiającą wartość rynkową. Autorzy raportu podkreślają także wymiar ogólnospołeczny zasobów leśnych kształtujących jakość życia człowieka.

Lasy dostarczają człowiekowi wielu różnorodnych korzyści, których całość kształt określa się mianem funkcji lasu. Ich zakres i poziom zależą zarówno od charakteru lasu, jak i sposobu prowadzenia gospodarki leśnej (Płotkowski

2008). Zgodnie z przepisem Ustawy z dnia 28 września 1991 r. o lasach (Dz.U. z 2011 r. Nr 12, poz. 59 ze zm.), obowiązkiem podmiotów zarządzających lasami jest prowadzenie trwale zrównoważonej gospodarki leśnej ukierunkowanej na zachowanie trwałości lasów, ciągłości ich wielofunkcyjnego użytkowania oraz powiększanie zasobów leśnych. Powszechnie wyróżnia się następujące grupy funkcji lasu (GDLP, 2011):

1. Funkcje ekologiczne (ochronne), obejmujące m.in. korzystny wpływ lasów na kształtowanie klimatu globalnego i lokalnego, regulację obiegu wody w przyrodzie, przeciwdziałanie powodziom, lawinom i osuwiskom, ochronę gleb przed erozją oraz krajobrazu przed stepowaniem.
2. Funkcje społeczne, które m.in. kształtują korzystne warunki zdrowotne i rekreacyjne dla społeczeństwa i wzbogacają rynek pracy.
3. Funkcje produkcyjne (gospodarcze), polegające głównie na zdolności do odnawialnej produkcji biomasy, w tym przede wszystkim drewna i użytków ubocznych.

W badaniach zwrócono szczególną uwagę na funkcje produkcyjne, o których w największym stopniu decyduje siedlisko. Warunki siedliskowe determinują zarówno ilość, jak i jakość produkcji w lasach, natomiast z poprawą tych warunków skraca się okres produkcji, a pozyskiwany użytek pod względem ilościowym i jakościowym staje się cenniejszy i bardziej urozmaicony (Szymański 2000). Biorąc pod uwagę wymienione ustalenia, w badaniach nad produkcją drewna uwzględniono podział lasu na typy siedliskowe, definiowane jako grupy siedlisk o zbliżonej żyzności i wilgotności oraz potencjalnej naturalnej zdolności produkcyjnej (Polna 2003).

Podjęto próbę przedstawienia produkcji drewna jako jednego z pozytywnych dla człowieka efektów funkcjonowania przyrody. Ujęcie problemu w proponowany sposób powiązано z zastosowaniem koncepcji świadczeń ekosystemów (*ecosystem services*), które rozumieć należy jako całokształt korzyści osiąganых przez człowieka z metabolizmu ekosystemów (Costanza 1997). Korzyści, o których mowa, coraz częściej stanowią przedmiot kwantyfikacji i wyceny naukowców na całym świecie (np. projekty MEA¹, NCP², TEEB³). Także w Polsce poszerza się grono badaczy dostrzegających atrakcyj-

¹MEA – Millennium Ecosystem Assessment – projekt zainicjowany w 2001 r. z ramienia Sekretarza Generalnego ONZ Koffiego Annana, którego głównym celem było oszacowanie konsekwencji zmian ekosystemów w skali globalnej dla dobrobytu człowieka oraz wypracowanie podstaw do działań wzmacniających ochronę i zrównoważone korzystanie z zasobów przyrodniczych. W prace badawcze zaangażowanych było ponad 1360 naukowców z całego świata (<http://www.maweb.org>).

²NCP – The Natural Capital Project – projekt zainicjowany w 2006 r. przez badaczy amerykańskich mający na celu opracowanie narzędzi służących wycenie wartości kapitału naturalnego (www.naturalcapitalproject.org).

³TEEB – The Economics of Ecosystems&Biodiversity – projekt zainicjowany w 2007 r. z ramienia rządu Niemiec, obsługiwany w ramach Programu Ochrony Środowiska ONZ (UNEP).

ność tego podejścia (m.in.: Ryszkowski 2007; Czajkowski i in. 2009; Mizgajski 2010; Żylicz 2010; Stępniewska 2011).

Opierając się na ustaleniach Milenijnej Oceny Ekosystemów (2005), w pracy przyjęto podział świadczeń ekosystemów na cztery kategorie: świadczenia podstawowe (np. procesy glebotwórcze, produkcja pierwotna, obieg biogenów), które warunkują występowanie pozostałych grup świadczeń, tj. zaopatrujących (np. wytwarzanie żywności, zaopatrzenie w wodę pitną, drewno i inne surowce), regulacyjnych (np. regulacja klimatu, oczyszczanie wód, zapobieganie powodziom i innym zjawiskom ekstremalnym) oraz kulturowych (np. walory estetyczne krajobrazu, stwarzanie warunków do rekreacji i wypoczynku). Produkcja drewna, będąca przedmiotem badań, została skwalifikowana jako świadczenie zaopatrujące, i efekt produkcji pierwotnej ekosystemów leśnych.

Główny cel przeprowadzonych badań miał charakter teoretyczno-metodyczny i polegał na przedstawieniu produkcji drewna jako jednego ze świadczeń ekosystemów leśnych oraz zaprezentowaniu narzędzi InVEST do jego wyceny. W ujęciu praktycznym równoległym celem badań było przedstawienie możliwości aplikacji tego narzędzia do wyceny poszczególnych typów siedliskowych lasu. Podstawowym zadaniem badawczym służącym realizacji tych celów było zaadaptowanie amerykańskiego modelu obliczeniowego (InVEST) do warunków polskich oraz jego wykorzystanie do oszacowania wartości pieniężnej produkowanego drewna.

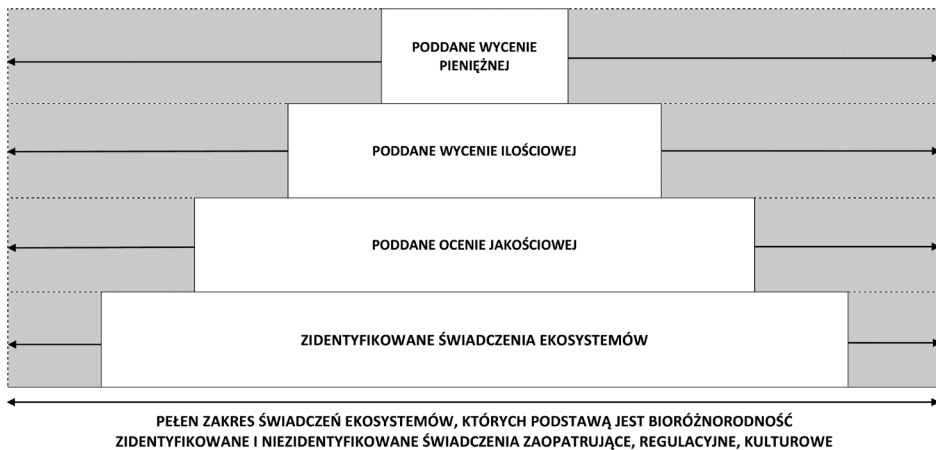
Wyceniając korzyści wynikające z funkcjonowania poszczególnych ekosystemów (w tym leśnych) trzeba zdawać sobie sprawę, że istnieją świadczenia, które nie zostały zidentyfikowane, a które w sposób istotny mogą decydować o wartości całkowitej ekosystemu. Korzyści dla człowieka, które dziś jesteśmy w stanie wycenić ekonomicznie, przyjmując miary pieniężne, stanowią tylko część ogółu (ryc. 1). Istnieje zatem potrzeba rozwijania metod i narzędzi badawczych dających możliwość pełniejszej (kompleksowej) wyceny pożytków przyrodniczych.

W zamyśle autora, wyniki badań mają stanowić krok na drodze do określenia całkowitej wartości lasu uwzględniającej również pozarynkową wartość świadczeń ekosystemów.

ZAŁOŻENIA BADAWCZE

W badaniach założono, że miernikiem wartości świadczenia w postaci produkcji drewna przez las jest przychód ze sprzedaży tego surowca na ryn-

Głównym jego celem jest zwrócenie uwagi na globalne korzyści ekonomiczne wynikające z bioróżnorodności oraz uwypuklenie problemu wzrastających kosztów utraty bioróżnorodności i degradacji ekosystemów (www.teebweb.org).



Ryc. 1. Ocena świadczeń ekosystemów (za: P. ten Brink 2008)

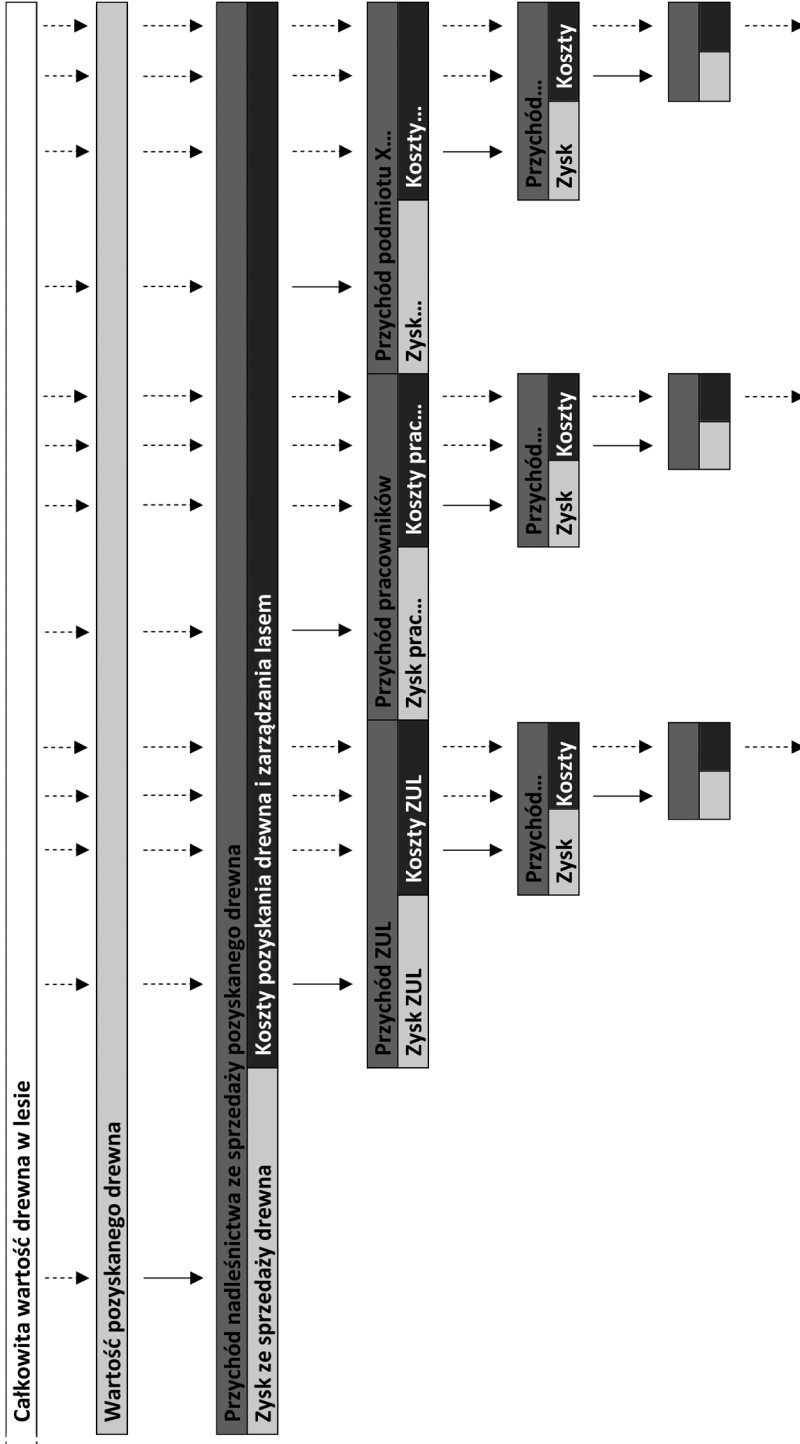
Fig. 1. Valuing ecosystem services (after: P. ten Brink 2008)

ku. Przyjmując taki punkt odniesienia, przeprowadzono wycenę produkcji drewna z wykorzystaniem analizy kosztów i korzyści ograniczonej wyłącznie do określenia przychodu (przyjęto zerowy poziom kosztów, rachunek ekonomiczny produkcji drewna nie był przedmiotem badań). Część kosztów obciążająca przychód nadleśnictwa z tytułu sprzedaży drewna stanowi zysk innych podmiotów świadczących usługi na rzecz nadleśnictwa, np. koszty poniesione przez właściciela/zarządcę lasu na pozyskanie drewna są korzyścią (przychodem) dla podmiotów świadczących usługi leśne (zakłady usług leśnych ZUL) (ryc. 2).

Bardzo ważnym czynnikiem stanowiącym podstawę wyceny produkcji drewna jest cena sprzedaży tego surowca, zależna przede wszystkim od rodzaju i gatunku drzewostanu. W pracy przyjęto poziom cen netto drewna z lipca 2011 r. (Zarządzenie nr 29/2011 Nadleśniczego Nadleśnictwa Złotów z dnia 13.07.2011 r.) oraz założono, że skład gatunkowy lasu w podziale na typy siedliskowe jest stały w czasie i odpowiada orientacyjnym składom odnowieniowym upraw, określonym w Planie urządzenia lasu Nadleśnictwa Złotów (PUL).

METODY I ETAPY BADAŃ

W postępowaniu badawczym zastosowano tzw. model zarządzanej (kontrolowanej) produkcji drewna (*managed timber production model*), opracowany w ramach projektu The Natural Capital Project, zrzeszającego naukowców



Ryc. 2. Przykład podziału przychodów z tytułu produkcji i sprzedaży drewna
 Fig. 2. Distribution of income from timber production and sales – an example

z Uniwersytetu Stanforda, Uniwersytetu Minnesoty oraz członków organizacji World Wildlife Fund for Nature (WWF) i The Nature Conservancy. Projekt został zainicjowany w 2006 r. Jego głównym celem jest rozwijanie narzędzi do określania wartości kapitału naturalnego w sposób jasny, wiarygodny i praktyczny, wspierających podejmowanie decyzji dotyczących korzystania z zasobów naturalnych (www.naturalcapitalproject.org). W 2011 r. udostępniono najnowszą wersję zestawu narzędzi pod nazwą InVEST 2.1.3 – Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs służących oszacowaniu wartości trzynastu świadczeń ekosystemów, m.in. wielkości produkcji drewna w lasach (Tallis i in. 2011). Do obsługi pakietu narzędzi wymagane jest oprogramowanie ArcGIS w wersji 9.3 lub 10 z zainstalowanymi rozszerzeniami do analiz przestrzennych (ArcGIS Spatial Analyst extension).

Model zarządzanej produkcji drewna wykorzystuje metodę analizy kosztów i korzyści (Cost Benefit Analysis – CBA), często stosowaną do wyceny strat i korzyści ekologicznych. Jest to metoda porównywania korzyści i nakładów, kosztów oraz strat związanych z danym projektem działań, zwłaszcza inwestycyjnych (Famielec 1999). Zdaniem Winpenny’ego (1995) technika ta, polegająca na bilansowaniu kosztów przedsięwzięcia z oczekiwanymi korzyściami, jest zabiegiem intuicyjnie bardzo atrakcyjnym. Istnieją jednak pewne ograniczenia i utrudnienia w jej stosowaniu. Jednym z podstawowych założeń tej metody jest bowiem nadanie wszystkim korzyściom i kosztom wartości pieniężnych. Jest to problematyczne w odniesieniu do dóbr i usług, które nie mają normalnego rynku, a zatem i swojej ceny (Woś 1995). Przykładem jest część świadczeń ekosystemów, zwłaszcza regulacyjnych i kulturowych, na które nie ma realnych rynków.

Obszarem badań objęto kompleksy leśne zarządzane przez Nadleśnictwo Złotów, wchodzące w skład Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Pile. Dzięki nawiązanej współpracy pozyskano niezbędny zakres informacji w postaci danych przestrzennych i atrybutowych pochodzących z *Leśnej mapy numerycznej* (LMN) oraz z Planu urządzenia lasu Nadleśnictwa Złotów (PUL).

Zebrane dane przestrzenne poddano selekcji, uwzględniając w dalszych badaniach wyłącznie pododdziały leśne pokryte lasem oraz takie, dla których istniała informacja o typie siedliskowym lasu. Na podstawie informacji z PUL poszczególnym typom siedliskowym lasu przyporządkowano charakterystyczne składy odnowieniowe upraw leśnych. Umożliwiło to określenie powierzchni zajmowanej przez dany gatunek drzewa w konkretnej parceli leśnej, np. w pododdziale. Przygotowano łącznie 106 zestawów danych charakteryzujących kompleksy leśne Nadleśnictwa Złotów, które następnie analizowane były z wykorzystaniem modelu obliczeniowego. Pojedynczy zestaw danych wejściowych dotyczył jednego gatunku drzewa w danym typie siedliskowym lasu i obrębie leśnym. Przykładowo, dla boru mieszanego świeżego (BMśw) z przypisanym orientacyjnym składem odnowieniowym obejmującym trzy podstawowe

gatunki drzew (sosna – 70%, dąb – 20%, buk – 10%) przygotowano łącznie dziewięć zestawów danych (3 gatunki \times 3 obręby leśne = 9).

Podstawowym zadaniem badawczym na etapie wyceny było zaadaptowanie i wykorzystanie amerykańskiego modelu produkcji drewna do oszacowania przychodu z tytułu produkcji i sprzedaży tego surowca. W zamyśle twórców narzędzia służyć ma ono do **oszacowania całkowitej wartości bieżącej netto** (total net present economic value, TNPV) uwzględniającej zdyskontowane strumienie kosztów i korzyści związanych z procesem produkcji (Tallis i in. 2010, 2011). W niniejszej pracy model ten wykorzystano w węższym zakresie, umożliwiającym **określenie wyłącznie przychodu ze sprzedaży drewna**. Mimo to w celu zaprezentowania pełnych możliwości obliczeniowych narzędzia przedstawiono informacje na temat ogółu danych wejściowych i wzorów obliczeniowych.

Pierwszym krokiem na drodze do oszacowania całkowitego przychodu z tytułu sprzedaży drewna było określenie przez model wartości drewna pozyskanego z danej parceli w czasie zrębu WDZ_x z uwzględnieniem parametrów:

- **procentu parceli leśnej objętej zrębem** pl_x [%] – przyjęto podział na parcele różniące się typem siedliskowym lasu (TSL) według danych z *Leśnej mapy numerycznej* Nadleśnictwa Złotów (warstwa tematyczna o nazwie „sied_pol”, stan na styczeń 2011 r.),
- **ceny netto sprzedaży drewna** c_x (PLN/m³) – przyjęto je na podstawie Zarządzenia nr 29/2011 Nadleśniczego Nadleśnictwa Złotów z dnia 13.07.2011 r. w sprawie ustalenia cen detalicznych na drewno, obowiązujących w Nadleśnictwie Złotów. Stanowiła ona średnią ważoną średnich arytmetycznych cen drewna danych sortymentów w podziale na wielkowymiarowe (waga 2), średniowymiarowe (waga 3) i małowymiarowe (waga 1), obliczoną dla poszczególnych gatunków drzew,
- **objętości drewna pozyskanego w trakcie zrębu** v_x (m³/ha) – została przyjęta osobno dla każdego gatunku drzewa w danym obrębie leśnym jako przeciętna zasobność drzewostanów na 1 ha w klasie wieku (w zakresie od 298 do 435 m³/ha/ T_x) powiększona o objętość drewna pozyskaną w wyniku czyszczeń i trzebieży w okresie zarządzania lasem (od 56 do 176 m³/ha/ T_x). Wykorzystano dane z PUL charakteryzujące stan zasobów drzewnych w Nadleśnictwie Złotów za okres 1993–2003 r.

$$WDZ_x = \frac{pl_x}{100} * (c_x * v_x) \quad [1]$$

Wartość WDZ_x (PLN/ha) obliczona z wykorzystaniem wzoru [1] stanowiła przychód ze sprzedaży drewna uzyskany w ciągu całego okresu zarządzania lasem (T_x). Zatem potencjalny roczny przychód z tytułu produkcji drewna stanowił iloraz WDZ_x i T_x , natomiast całkowity roczny przychód dla danej parceli oszacowany został jako iloczyn całkowitej powierzchni parceli leśnej

(a_x w ha) do ilorazu WDZ_x i T_x ($a_x * WDZ_x / T_x$). Przyjęto, że okres zarządzania lasem (T_x w latach) stanowić będzie przedział czasu od momentu nasadzenia drzewostanu do jego wycinki, odpowiadający przyjętemu w PUL Nadleśnictwa Złotów wiekowi rębności poszczególnych gatunków drzew, np. dąb 160 lat, sosna 110 lat, brzoza i olcha 80 lat. Jednym z wyników końcowych była także informacja na temat wielkości pozyskanego drewna (m^3/T_x) w danej parceli. W celu wypracowania wskaźników dla poszczególnych typów siedliskowych lasu pozyskane dotąd informacje zostały poddane dalszej obróbce w arkuszu kalkulacyjnym EXCEL.

W przypadku domyślnego zastosowania modelu produkcji drewna do oszacowania całkowitej wartości bieżącej netto drewna $CWBN_x$ obliczana jest w pierwszej kolejności wartość drewna pozyskanego w czasie zrębu (WDZ_x):

$$WDZ_x = \frac{pl_x}{100} * (c_x * v_x - kz_x) \quad [2]$$

gdzie:

kz_x – całkowite koszty pozyskania drewna (przeprowadzenia zrębu).

Następnie model wylicza bieżącą wartość netto drewna (WBN_x) z wykorzystaniem wzoru:

$$WBN_x = \sum_{s=1}^{(\frac{T_x}{cz_x})} \frac{WDZ_x}{(1 + \frac{r}{100})(cz_x * s)} - \sum_{t=0}^{T_x-1} (\frac{kl_x}{(1 + \frac{r}{100})^t}) \quad [3]$$

gdzie:

cz_x – częstotliwość zrębów [w latach],

kl_x – całkowite koszty utrzymania lasu [PLN/ha/r.],

r – stopa dyskonta [%].

Ostatnim etapem wyceny $CWBN_x$ jest przeliczenie wartości bieżącej netto drewna WBN_x przez całkowitą powierzchnię parceli leśnej:

$$CWBND_x = a_x * WBN_x \quad [4]$$

Wykorzystany w badaniach model produkcji drewna charakteryzują pewne ograniczenia i uproszczenia, mające wpływ na wyniki wyceny oraz wygodę użytkownika tego narzędzia. Przyjęto, że takie zmienne jak: procent lasu objętego wyrębem w każdym okresie zrębowym, masa pozyskanego drewna w każdym okresie zrębowym, częstotliwość zrębów, ceny drewna i koszty jego pozyskania oraz zarządzania lasem pozostają stałe w zdefiniowanym przez użytkownika okresie zarządzania (Tallis i in. 2010, 2011). W rzeczywistości każda

z tych cech podlega większym lub mniejszym zmianom, zwłaszcza ceny sprzedaży drewna oraz koszty gospodarki leśnej, które mogą zmieniać się w okresie krótszym niż rok.

WYNIKI BADAŃ

W toku przeprowadzonych badań symulacyjnych oszacowana została potencjalna objętość drewna możliwa do pozyskania z lasów Nadleśnictwa Złotów, która stanowiła podstawę do wyceny świadczeń ekosystemów. Dzięki zastosowanej metodycy możliwe stało się określenie produktywności poszczególnych typów siedliskowych lasu w podziale na obręby leśne (tab. 1).

Roczna produktywność drzewostanów nadleśnictwa została oszacowana na poziomie ponad 75,3 tys. m³, tj. około 4,3 m³/ha. Najwyższą wartością tej cechy charakteryzowały się lasy obrębu Złotów (prawie 36,8 tys. m³, tj. ok. 4,8 m³/ha), następnie kompleksy leśne obrębu Krajenka (ponad 29,6 tys. m³, tj. ok. 4,1 m³/ha), a najmniejszą lasy obrębu Łobżenica (8,9 tys. m³, tj. ok. 3,6 m³/ha), zajmującego jednocześnie najmniejszą powierzchnię w całym nadleśnictwie (wg Polnej (2003) poziom produktywności lasów woj. wielkopolskiego w podziale na nadleśnictwa wahał się od 2,6 – 4,3 m³/ha/r. w latach 1994–1999). Wśród poszczególnych typów siedliskowych lasu najwyższą produktywnością odznaczały się: las mieszany bagienny, bór mieszany bagienny, ols typowy i bór mieszany wilgotny (kolejno: 5,6 m³/ha/r., 5,2 m³/ha/r., 5,0 m³/ha/r. i 4,8 m³/ha/r.). Najmniejszą zaś las łęgowy, las świeży i las wilgotny oraz ols jesionowy (kolejno: 2,9 m³/ha/r., po 3,4 m³/ha/r. i 3,8 m³/ha/r.). Największy wpływ na całkowitą roczną wielkość produkcji drewna w skali całego nadleśnictwa miały typy siedliskowe lasu odznaczające się najwyższym udziałem powierzchniowym, tj.: las mieszany świeży, bór mieszany świeży i bór świeży (odpowiednio: 40%, 28% i 15,2% całkowitej produkcji rocznej). One także zdecydowały w największym stopniu o całkowitej rocznej wielkości produkcji drewna w poszczególnych obrębach leśnych.

Najmniejszy wpływ na całkowitą produkcję roczną miały analogicznie siedliska o najmniejszym udziale powierzchniowym: las łęgowy, las mieszany bagienny, bór mieszany wilgotny, bór suchy, bór mieszany bagienny (każdy poniżej 0,5% całkowitej produkcji rocznej).

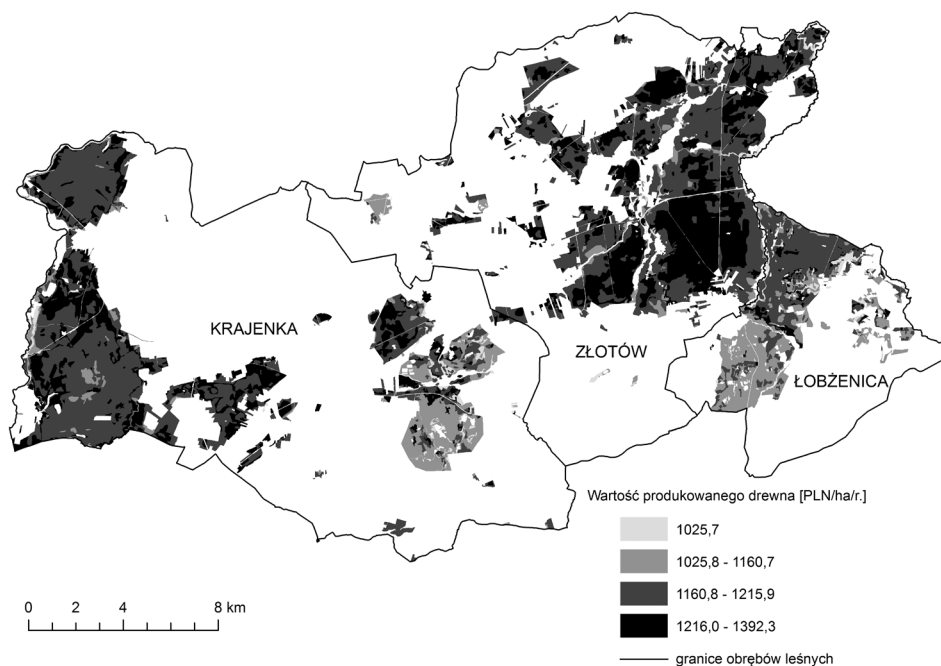
Otrzymane wyniki są ściśle powiązane z przeciętną zasobnością drzewostanów w danej klasie wieku, która zgodnie z PUL była najwyższa w obrębie leśnym Złotów, a najniższa w obrębie leśnym Łobżenica. Średni błąd standardowy dotyczący określenia miąższości zasobów drzewnych w trakcie prac taksacyjnych kształtował się na poziomie od 1,1% w obrębie Złotów do 1,6% w pozostałych obrębach (PUL).

Potencjalna wartość przychodu ze sprzedaży drewna pozyskanego w lasach

Tabela. Zestawienie wyników badań symulacyjnych
Table. Summary of test results

TSL*	Drewno i przychód z jego sprzedaży w skali roku <i>Timber and the income from the sale per year</i>															
	Obręb Krajenka <i>Krajenka forest precinct</i>				Obręb Łobżenica <i>Łobżenica forest precinct</i>				Obręb Złotów <i>Złotów forest precinct</i>				Nadleśnictwo Złotów <i>Złotów Forest District</i>			
	m ³ /ha	m ³	ha	PLN/ha	tys. PLN	m ³ /ha	m ³	ha	PLN/ha	tys. PLN	m ³ /ha	m ³	ha	PLN/ha	tys. PLN	
Bs	4,4	325	1160,7	86	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Bśw	4,4	10 083	1159,2	2656	4,1	12	1079,4	3	5,2	1363	1364,2	358	4,5	11 458	1180,1	3017
BMśw	4,0	6745	1149,7	1939	3,8	299	1086,1	86	4,7	14 049	1364,5	4079	4,4	21 093	1283,7	6103
BMw	4,3	58	1242,4	17	—	—	—	—	5,0	147	1461,2	43	4,8	206	1392,3	60
BMb	4,4	2	1183,2	1	4,1	6	1100,2	2	5,2	339	1391,9	91	5,2	347	1383,8	93
LMśw	4,1	7480	1115,4	2035	3,9	4394	1043,1	1175	4,9	18 221	1317,6	4900	4,5	30 095	1215,9	8110
LMw	3,8	687	1238,9	224	3,5	228	1145,6	75	4,4	554	1467,9	185	4,0	1470	1300,1	484
LMb	5,1	26	1143,9	6	4,4	6	992,5	1	5,9	92	1317,8	20	5,6	123	1257,7	28
Lśw	3,4	1626	1116,9	534	3,2	2845	1049,9	934	4,0	908	1334,8	303	3,4	5380	1110,6	1771
Lw	3,4	1512	1140,3	507	3,1	370	1052,3	126	4,0	184	1357,3	63	3,4	2067	1139,5	695
OI	4,9	429	1122,1	98	4,3	339	980,2	77	5,6	599	1297,2	139	5,0	1367	1149,6	314
OIJ	3,8	618	1020,8	166	3,4	407	925,4	111	4,5	324	1203,5	87	3,8	1349	1025,7	363
LI	2,9	28	1168,2	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ogółem	4,1	29 619	1140,7	8280	3,6	8908	1042,4	2589	4,8	36 780	1340,5	10 266	4,3	75 307	1214,6	21 135

* TSL – typ siedliskowy lasu (ang. *forest habitat type*)



Ryc. 3. Przestrzenne zróżnicowanie oszacowanej wartości świadczeń ekosystemów z tytułu produkcji drewna w lasach Nadleśnictwa Złotów (na podstawie *Leśnej mapy numerycznej*)
 Fig. 3. Spatial variation of the estimated value of ecosystem services for timber production in Złotów Forest District (based on *Forest Numerical Map*)

Nadleśnictwa Złotów została oszacowana na poziomie ponad 21,1 mln PLN rocznie (przy założeniu pozyskania drewna na poziomie rocznego przyrostu, tab.). Należy przypomnieć, że jest to wartość maksymalna, stanowiąca – z punktu widzenia Nadleśnictwa Złotów – jedynie przychód niepomniejszony o całkowite koszty jego uzyskania. Wskaźnik potencjalnej wartości drewna w przeliczeniu na jednostkę powierzchni w nadleśnictwie kształtował się na poziomie prawie 1215 PLN/ha/r. Najwyższy poziom wartości świadczenia charakteryzował lasy obrębu Złotów (> 1340 PLN/ha/r.), następnie lasy obrębu Krajenka (prawie 1141 PLN/ha/r.), najniższy dotyczył zaś kompleksów leśnych obrębu Łobzenica (> 1042 PLN/ha/r.). Z analizy wyników dla poszczególnych typów siedliskowych lasu wynika, że na terenie Nadleśnictwa Złotów najbardziej wartościowe pod kątem produkcji drewna były: bór mieszany wilgotny (> 1392 PLN/ha/r.) oraz bór mieszany bagienny (prawie 1384 PLN/ha/r.), jednak z uwagi na niewielki ich udział powierzchniowy nie wpływały one znacząco na roczną całkowitą wartość ze sprzedaży drewna (generowały ok. 0,7% całkowitej wartości pozyskiwanego drewna). Z badań wynika, że największym znaczeniem w generowaniu przychodów z tytułu produkcji drewna charakteryzowały się siedliska: lasu mieszanego świeżego, boru mieszanego świeżego, boru świeżego

i lasu świeżego (odpowiednio: 38,4%, 28,9%, 14,3% i 8,4% całkowitej wartości drewna), które łącznie zajmują prawie 90% ogólnej powierzchni lasów obszaru badań.

Oszacowany potencjalny wskaźnik produkcji drewna w Nadleśnictwie Złotów jest wyższy od krajowego wskaźnika produkcji globalnej leśnictwa, stanowiącego sumę wartości pozyskanego drewna, użytków ubocznych, zwierząt łownych oraz pozostałej produkcji i usług, a który w 2009 r. kształtował się na poziomie 887 PLN/ha (GUS 2010). Różnice te niewątpliwie wynikają z odmiennej metodyki, ale także mogą być rezultatem ponadprzeciętnej zasobności drzewostanów Nadleśnictwa Złotów, które według badań Polnej (2003) znalazło się w grupie jednostek charakteryzujących się dużą zasobnością bazy surowcowej przy średniej lesistości (badania dotyczyły województwa wielkopolskiego).

Coraz większym zainteresowaniem cieszą się badania nad wyceną pozaprodukcyjnych funkcji lasu. Z badań Costanzy i in. (1997) wynika, że wartość produkcji surowców drzewnych w skali globalnej może stanowić zaledwie 14% całkowitej wartości lasu. Z kolei rezultaty badań Warszawskiego Ośrodka Ekonomii Ekologicznej⁴ wskazują, że pozaprodukcyjna wartość lasu może nawet pięciokrotnie przewyższać sumę korzyści wynikających z produkcji drewna w tych ekosystemach.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania symulacyjne pozwalają stwierdzić, że potencjał produkcji drewna w lasach Nadleśnictwa Złotów jest zróżnicowany pod względem poszczególnych typów siedliskowych i wahał się od 2,9 m³/ha/r. dla lasu łęgowego do 5,6 m³/ha/r. dla lasu mieszanego bagiennego. Wazona powierzchnią średnia produkcja drewna w lasach analizowanego obszaru została oszacowana na poziomie 4,3 m³/ha/r., czyli około 75,3 tys. m³/r. w skali całego nadleśnictwa. Najwyższym wskaźnikiem produktywności charakteryzowały się siedliska borów mieszanych i lasów mieszanych, najmniejszym siedliska lasowe (z wyjątkiem olsu typowego). Z analizy danych wejściowych wynika, że główną przyczyną niższej produktywności żyznych siedlisk lasowych był dominujący udział gatunków drzew o najdłuższym wieku rębności (160 lat dla dębu i jesionu).

Podczas postępowania badawczego produkcja drewna została przedstawiona jako jeden z wielu pożytków wynikających dla człowieka z funkcjonowania ekosystemów leśnych. Wartość tej korzyści, rozumianej jako świadczenie ekosystemu, stanowi składową całkowitej wartości lasu oraz punkt wyjścia

⁴Na podstawie prezentacji pt. *Jaką wartość mają lasy?*, przedstawionej przez prof. T. Żylicza w trakcie XXXIII Sympozjum „Współczesna Gospodarka i Administracja Publiczna”, Ryto 20–22 maj 2011 r. [dostęp elektroniczny: <http://www.ae.krakow.pl/~gap/main.php?up=3&id=331>].

w badaniach nad wyceną pozostałych funkcji i świadczeń tego środowiska. W przypadku Nadleśnictwa Złotów wartość lasu z tytułu produkcji drewna oszacowano na poziomie ponad 21,1 mln PLN w skali roku, czyli około 1215 PLN/ha/r. Rozkład tej wartości wykazuje zróżnicowanie w obrębie poszczególnych typów siedliskowych lasu i waha się od niespełna 1026 PLN/ha/r. dla olsu jesionowego do ponad 1392 PLN/ha/r. dla boru mieszanego wilgotnego. Najwyższą wartością ze sprzedaży drewna charakteryzowały się siedliska borów mieszanych i lasów mieszanych, najniższą zaś siedliska lasowe. Główny wpływ na kształtowanie wartości tych siedlisk w przyjętej metodyce miała ich produktywność ($m^3/ha/r.$) oraz cena sprzedaży drewna, uwzględniająca m.in. jakość zasobów drzewnych.

Należy podkreślić, że z punktu widzenia nadleśnictwa przedstawione wartości pieniężne odzwierciedlają poziom potencjalnego przychodu z tytułu sprzedaży drewna. Nie mogą być one zatem traktowane jako kryterium opłacalności danych inwestycji w gospodarce leśnej (np. związanych z przebudową struktury drzewostanów). Stanowią one jednak przesłanki do ochrony gruntów leśnych jako jednej z wielkości wchodzących w strumień potencjalnych strat z tytułu zmian użytkowania i przeznaczenia gruntów leśnych na inne cele.

Model zarządzanej produkcji drewna (InVEST) w zamyśle twórców służy przede wszystkim do określenia całkowitej wartości bieżącej netto, stanowiącej jeden ze wskaźników analizy kosztów i korzyści. W takim ujęciu może on znaleźć zastosowanie w planowaniu hodowli lasu i przy jego urządzaniu jako wstępny (zgeneralizowany) model oceniający wykonalność finansową poszczególnych scenariuszy (np. wariantów upraw leśnych). Do zalet narzędzia należą: prostota obsługi, niewielka liczba danych wymaganych do jego uruchomienia, ogólnodostępność (aplikacja typu *freeware*) oraz charakter danych wyjściowych, umożliwiające przeprowadzenie analizy przestrzennego zróżnicowania oszacowanej wartości w obrębie obszaru badań. Ograniczeniami modelu natomiast są przyjęte uproszczenia metodyczne zakładające stałość w czasie takich cech związanych z produkcją drewna, jak: powierzchnia lasu objętego wyrębem w każdym okresie zrębowym, masa pozyskanego drewna w każdym okresie zrębowym, częstotliwość zrębów, ceny drewna i koszty jego pozyskania oraz zarządzania lasem.

Wyniki przeprowadzonych badań charakteryzują wartość lasu wyłącznie w zakresie produkcji drewna. W celu oszacowania całkowitej wartości tego ekosystemu niezbędne jest podjęcie dalszych badań zmierzających do wyceny pozostałych korzyści z funkcjonowania lasu, zwłaszcza świadczeń regulacyjnych i kulturowych.

LITERATURA

- Brink ten P. za: *The Economics of Ecosystems&Biodiversity: An Interim Report*, 2008: European Commission, Brussels [dostęp elektroniczny: www.teebweb.org].
- Costanza R., D'arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M., 1997: *The value of ecosystem services: putting the issues in perspective*. *Nature*, Vol. 387.
- Czajkowski M., Buszko-Briggs M., Hanley N., 2009: *Valuing changes in forest biodiversity*. *Ecological Economics*, 68(2009), 2910–2917.
- Famielec J., 1999: *Straty i korzyści ekologiczne w gospodarce narodowej*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa–Kraków.
- Leśna mapa numeryczna Nadleśnictwa Złotów*, wg stanu na styczeń 2011 r. (wykorzystano warstwy shape: „nadm_pol”, „obr_l_pol”, „sied_pol”, „wyds_pol”).
- Leśnictwo*, 2010: Główny Urząd Statystyczny. Departament Rolnictwa, Warszawa 2010 [dostęp elektroniczny: www.stat.gov.pl].
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005: *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC [dostęp elektroniczny: www.maweb.org].
- Mizgajski A., 2010: *Świadczenia ekosystemów jako rozwijające się pole badawcze i aplikacyjne*. *Ekonomia i Środowisko*, 1(37).
- Plan urzędzenia lasu Nadleśnictwa Złotów na okres 01.01.2003– 31.12.2012 r., zatwierdzony decyzją Ministra Środowiska z dnia 13.08.2003 r., Złotów 2003.
- Płotkowski L., 2008: *Ekonomiczne aspekty oceny funkcji lasu, czyli gospodarka leśna w koncepcji zrównoważonego rozwoju*. *Stud. i Mat. Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej*, R. 10, z. 3(19).
- Polna M., 2003: *Funkcje produkcyjne lasów województwa wielkopolskiego*. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Raport o stanie lasów w Polsce 2010: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. GDLP, Warszawa 2011 [dostęp elektroniczny: www.lasy.gov.pl].
- Rykowski K., 2005: *O gospodarce leśnej w Leśnych Kompleksach Promocyjnych*. Sękocin Las, Warszawa.
- Ryszkowski L., 2007: *Adaptacja działalności ekonomicznej do procesu metabolizmu ekosystemów podstawą zrównoważonego rozwoju*. [W:] A. Graczyk (red.), *Zrównoważony rozwój w teorii ekonomii i w praktyce*. Wyd. Akad. Ekon. im. Oskara Langego, Wrocław.
- Stępniewska M., 2011: *Geograficzne uwarunkowania gospodarki ściekami komunalnymi na terenach wiejskich województwa wielkopolskiego*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- Szymański S., 2000: *Ekologiczne podstawy hodowli lasu*. PWRiL, Warszawa.
- Tallis H.T., Ricketts T., Guerry A.D., Nelson E., Ennaanay D., Wolny S., Olwero N., Vigerstol K., Pennington D., Mendoza G., Aukema J., Foster J., Forrest J., Cameron D., Lonsdorf E., Kennedy C., Verutes G., Kim C.K., Guannel G., Papenfus M., Toft J., Marsik M., Bernhardt J., Wood S.A., Sharp R., 2011: *InVEST 2.1 beta User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford.
- Tallis H.T., Ricketts T., Nelson E., Ennaanay D., Wolny S., Olwero N., Vigerstol K., Pennington D., Mendoza G., Aukema J., Foster J., Forrest J., Cameron D., Lonsdorf E., Kennedy C., 2010: *InVEST 1.005 beta User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford.
- Ustawa z dnia 28 września 1991 r. o lasach (Dz.U. z 2011 r. Nr 12, poz. 59 ze zm.).
- Winpenny J.T., 1995: *Wartość środowiska. Metody wyceny ekonomicznej*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Woś A., 1995: *Ekonomika odnawialnych zasobów naturalnych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- <www.naturalcapitalproject.org> – strona internetowa projektu The Natural Capital Project [dostęp elektroniczny: 12.12.2011 r.].
- Żyłicz T., 2010: *Wycena usług ekosystemów. Przegląd wyników badań światowych*. *Ekonomia i Środowisko*, 1(37).

Żylicz T., 2011: *Jaką wartość mają lasy?* [materiały niepublikowane]. Prezentacja przedstawionej podczas XXXIII Sympozjum „Współczesna Gospodarka i Administracja Publiczna”, Ryto 20–22 maj 2011 r. [dostęp elektroniczny: <http://www.ae.krakow.pl/~gap/main.php?up=3&id=331>].

THE USE OF *INVEST* TOOLS FOR EVALUATION OF TIMBER PRODUCTION AS A FOREST ECOSYSTEM SERVICE BASED ON THE EXAMPLE OF ZŁOTÓW FOREST DISTRICT

Summary

The main goals of this simulation study were to present timber production in different forest habitat types as a forest ecosystem service and to show possibility of *INVEST* tools to valuation this service. The study adopted the classification of ecosystem services proposed by the Millennium Ecosystem Assessment. The study areas were different forest habitat types located in Złotów Forest District. The author adapted the managed timber production model (one of the *INVEST* tools) developed in The Natural Capital Project. This tool allows the costs and benefits of various timber production scenarios to be analysed. Input data were obtained from the Forest Numerical Map and Forest Management Plan for Złotów Forest District. The study assumes that the measure of the value of timber production will be income from timber sales on the market.

Total volume of timber produced annually in the district has been estimated at 76,300 cubic meters, while the potential value of this benefit was valued at more than PLN 21.1 mln (average of 1215 PLN/ha/y). These figures show a significant variation within different forest habitat types. The highest value was estimated for moist mixed coniferous forest (1392 PLN/ha/y) and the lowest for alder-ash forest (1026 PLN/ha/y).

Using the concept of ecosystem services in an environmental impact assessment can minimize the risk of making wrong decisions, which in turn can affect the maintenance of the natural balance in ecosystems (e.g. in forest ecosystems). The results can be used in cost-benefit analysis for projects related to forest management and in proceedings relating to land use changes.