

WOJCIECH MŁYNARSKI, ADAM KALISZEWSKI

## Zastosowanie metody granicznej analizy danych do oceny efektywności gospodarowania w leśnictwie i przemyśle drzewnym

Application of Data Envelopment Analysis to efficiency evaluation in forestry and wood-based industry

### ABSTRACT

Młynarski W., Kaliszewski A. 2018. Zastosowanie metody granicznej analizy danych do oceny efektywności gospodarowania w leśnictwie i przemyśle drzewnym. Sylwan 162 (10): 808-818.

The paper presents the literature review concerning the general assumptions of the Data Envelopment Analysis (DEA) and its applications in forest management and wood industry evaluation. So far, efficiency evaluation in forestry sector was carried out using mostly the ratio analysis only. The DEA approach, which was developed in the 1970s, is based on the mathematical programming algorithm and gives more opportunities to analyze efficiency in forestry sector. We describe the main steps of DEA and possible options for the analysis. It also discusses the advantages and disadvantages of the method applications. We also present the most significant papers concerning DEA application in forest management and wood-based industry. As far as forest management is regarded, DEA was used for evaluating forest offices, administration and institutions and optimizing forestry operations performed by both private and state-owned companies. In case of wood-based industry, the method was used mostly for evaluating efficiency of sawmills and pulp mills. Most of the research in this field was carried out in the United States and Canada. DEA was applied to measure efficiency in forest management in Poland only recently, which should be considered as a good step towards improvement of research quality in this field in Poland and should provide comprehensive results of forest management efficiency evaluation. The method should be used more widely to evaluate efficiency of various aspects of forestry and wood-based industry in Poland.

### KEY WORDS

efficiency analysis, DEA method, non-parametric approach

### ADDRESSES

Wojciech Młynarski – e-mail: w.mlynarski@ibles.waw.pl

Adam Kaliszewski – e-mail: a.kaliszewski@ibles.waw.pl

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

## Wstęp

Istotą gospodarowania jest możliwie najszersze zaspokojenie nieograniczonych potrzeb ludzkich za pomocą ograniczonych środków [Manteuffel Szoega 2005]. Efektywne gospodarowanie sprawdza się do poszukiwania sposobów pozwalających na uzyskanie optymalnej relacji między

poniesionymi nakładami a osiągniętymi efektami, co w przypadku gospodarstwa leśnego oznacza realizację poszczególnych funkcji lasu [Klocek, Płotkowski 2009].

Dotychczasowe badania nad efektywnością gospodarki leśnej w Polsce opierają się przede wszystkim na metodach wskaźnikowych. Pierwsze prace w tej dziedzinie, podjęte w latach 70. XX wieku, dotyczyły zastosowania rachunku ekonomicznej efektywności w odniesieniu do wybranych czynności gospodarczych [Marszałek 1974, 1975]. Andrzejczyk [1979], wykorzystując rachunek efektywności produkcji leśnej na pniu, opracował szereg wskaźników efektywności produkcji drzewostanów sosnowych. Prowadzone przez Szramkę w latach 80. ubiegłego wieku badania skupiały się na określeniu efektywności pracy przy uwzględnieniu zróżnicowania przyrodniczych warunków prowadzenia gospodarki leśnej [Szramka 1989]. W tym okresie badania prowadził również Podgórski [1989], a efektem jego analiz było określenie bezwzględnych cząstkowych wskaźników efektywności produkcji.

W okresie transformacji systemowej w Polsce Szramka [1992] dokonał analizy i kategoryzacji determinantów pracy. Podzielił je na pierwotne (wynikające z warunków produkcji leśnej) oraz wtórne (stanowiące rezultat determinantów pierwotnych i działań praw rynku). W późniejszych badaniach autor ten w ocenie efektywności gospodarowania wybranymi nadleśnictwami użył powszechnie stosowanych wskaźników finansowych. Do weryfikacji wyliczonych wskaźników efektywności pracy nadleśnictw zastosował współczynnik korygujący  $Q$ , umożliwiający uwzględnienie w analizach zróżnicowanych kosztów produkcji ponoszonych przez badane jednostki [Szramka 1995]. Dalsze badania skupiły się na ocenie efektywności nadleśnictw w związku z wprowadzeniem nowych zasad gospodarki finansowej w Lasach Państwowych oraz analizie przydatności wskaźników finansowych do oceny ekonomicznej efektywności jednostek Lasów Państwowych [Szramka 1996, 1997].

Prowadzone w pierwszej połowie lat 90. XX wieku badania dotyczyły wariantowej oceny efektywności gospodarki Lasów Państwowych i pozwoliły na zbudowanie wskaźników bazujących na sprzedaży dóbr i usług w połączeniu ze szkodami od zwierzyny w drzewostanach oraz z gospodarką mieszkaniową [Arbatowski i in. 1994]. Z kolei praca Podgórskiego i Kikayi [1996] skupiła się na próbie określenia produktywności lasu za pomocą wskaźników techniczno- i ekonomiczno-leśnych, stanowiących podstawę do bezpośredniego wnioskowania o produktywności i produktywności lasu.

W zakresie efektywności gospodarki leśnej badania prowadził również Buraczewski [1996], analizując stan majątkowy i finansowy nadleśnictw Lasów Państwowych oparty na rocznym sprawozdaniu finansowym (bilans, rachunek zysków i strat). Efekty badań przedstawiono w postaci funkcji: informacyjnej, poznawczej i oceniającej. W późniejszych pracach Buraczewski i Wysocki [1997, 2000] wykorzystali taksonomiczną metodę porządkowania liniowego do oceny sytuacji ekonomicznej jednostki przy użyciu syntetycznego miernika rozwoju. Analiza opierała się na konstrukcji cechy syntetycznej (miernika), której wartości pozwoliły na ocenę danego przedsiębiorstwa na tle innych podmiotów oraz wyodrębnienie klas jednostek gospodarczych o różnym poziomie kondycji finansowej.

Na początku obecnego stulecia zrealizowano badania dotyczące wpływu warunków przyrodniczo-leśnych na efektywność gospodarowania jednostkami organizacyjnymi Lasów Państwowych. Ich rezultatem było opracowanie metody określania stopnia trudności gospodarowania nadleśnictwami w oparciu o 14 wskaźników cząstkowych, charakteryzujących wielkość, strukturę i rozmieszczenie zasobów leśnych, utrudnienia terenowe, stopień zagrożenia zasobów oraz wielkość i strukturę zadań gospodarczych. Pozwoliło to na określenie syntetycznego stopnia trudności gospodarowania nadleśnictwami i regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych [Kwiecień, Kocel 2006;

Kocel, Kwiecień 2010; Kocel i in. 2012]. W toku dalszych badań wypracowano metodę określania standardowych kosztów administracyjnych nadleśnictw z wykorzystaniem wskaźnika stopnia trudności gospodarowania (STG) [Kocel i in. 2017]. Uzyskane wyniki wykorzystano przy budowie przewidywania planów finansowych w latach 2014-2016 w regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych.

Badania w zakresie analizy i oceny sytuacji finansowej nadleśnictw przeprowadził Lysik [2005]. Wykonał on analizę wskaźnikową badanych jednostek oraz wyznaczył syntetyczny miernik rozwoju i syntetyczny wskaźnik kosztów, co pozwoliło na stwierdzenie wpływu zróżnicowanych warunków przyrodniczo-gospodarczych na osiągnięte przez nadleśnictwa wyniki ekonomiczno-finansowe. Odmienne badania przeprowadziła Czerwińska-Kayzer [2014], wykorzystując w ocenie efektywności finansowej regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych metodę TOPSIS w oparciu o wskaźniki finansowe. Wyniki badań pokazały duże zróżnicowanie dyrekcji w zakresie efektywności finansowej i posłużyły do sformułowania wytycznych w zakresie dywersyfikacji stylu zarządzania.

Kożuch i Ryś [2016] wykorzystały analizę wskaźnikową do oceny sytuacji finansowej Leśnego Zakładu Doświadczalnego w Krynicy w latach 2008-2012. Wyniki badań wykazały poprawę efektywności i sprawności działania jednostki w analizowanym okresie, pokazały jednocześnie jej duży potencjał w zakresie rozwoju i poszerzania oferty handlowo-usługowej. Analiza potwierdziła przydatność zastosowanych wskaźników do oceny sytuacji finansowej jednostek zarządzających zasobami leśnymi.

Prowadzone dotychczas badania efektywności gospodarowania w leśnictwie opierały się głównie na metodach wskaźnikowych. Mimo że ocena wskaźnikowa znajduje powszechne zastosowanie w praktyce, pod względem naukowym odbiega od obecnych tendencji europejskich i światowych. W ostatnich latach coraz większego znaczenia nabiera podejście parametryczne i nieparametryczne, w tym nieparametryczna metoda DEA (Data Envelopment Analysis). W języku polskim nazwa metody nie została ujednoczona i stosowane są zamiennie różne jej określenia: analiza danych granicznych [Ćwiakła-Matys, Nowak 2009], analiza otoczki danych [Prędko 2003] czy analiza obwiedni danych [Guzik 2009]. Metoda DEA jest znacznie bardziej zaawansowana pod względem wykorzystywanych narzędzi matematycznych i ekonometrycznych, co daje jej szersze możliwości analizy, jak np. analiza efektów skali nadleśnictw czy analiza zmian efektywności w czasie za pomocą indeksu Mälmqvista.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie założeń metody DEA oraz najważniejszych dotychczasowych zastosowań w ocenie efektywności gospodarki leśnej i przemysłu drzewnego.

## Założenia metody DEA

Do czasu opracowania nieparametrycznej metody pomiaru efektywności technicznej DEA, wykorzystującej algorytm programowania matematycznego, ocena efektywności ograniczała się do analizy relacji między pojedynczym nakładem i pojedynczym efektem [Charnes i in. 1978]. Podejście DEA opiera się na odmiennej zasadzie: jest deterministyczną metodą wykorzystującą programowanie liniowe, określającą efektywność każdej jednostki poprzez maksymalizację stosunku sumy ważonych efektów do sumy ważonych nakładów. Oznacza to, że nie przyjmuje się z góry założeń dotyczących wcześniejszej znajomości wag w stosunku do efektów i nakładów [Coelli i in. 2005], a podczas obliczeń wyszukiwane są wagi maksymalizujące efektywność każdego obiektu [Kozuń-Cieślak 2013]. Metoda ta służy przede wszystkim do oceny względnej efektywności technicznej jednostek decyzyjnych (Decision Making Units, DMU). Efektywność jednostki decyzyjnej mierzona jest względem innych obiektów z badanej grupy. Termin DMU

odnosi się do analizowanych podmiotów odpowiedzialnych za przekształcenia nakładów w efekty, a zatem DEA może być stosowana do pomiaru efektywności podmiotów różnego rodzaju [Wolszczak-Derlacz 2014].

Określenie efektywności technicznej DMU wymaga skonstruowania empirycznej granicy efektywności, nazywanej też granicą produkcyjną, w oparciu o informacje o nakładach i efektach wszystkich jednostek uwzględnionych w analizie [Šporčić, Landekić 2014]. Jednostki znajdujące się na krzywej efektywności uznaje się za efektywne technicznie (wzorcowe), a ich współczynnik efektywności wynosi 1. Obiekty znajdujące się poza krzywą efektywności są nieefektywne, a stopień ich nieefektywności zawiera się w przedziale od 0 do 1 (orientacja na nakłady) lub uzyskuje wartości większe od 1 (orientacja na produkty).

Podstawowy podział modeli DEA dotyczy ich orientacji: na nakłady lub na efekty [Kucharski 2014]. W przypadku modeli zorientowanych na nakłady optymalizacja polega na minimalizacji nakładów przy zachowaniu określonego poziomu wyników. W drugim przypadku (modele zorientowane na wyniki) dochodzi do maksymalizacji efektów przy określonym poziomie nakładów, zatem ocena efektywności technicznej polega na określeniu wielkości uzyskanych wyników przy określonym poziomie nakładów.

Kluczowe znaczenie przy obliczaniu efektywności technicznej metodą DEA ma wybór odpowiedniej orientacji modelu. W przypadku podmiotów, których działalność skupia się na maksymalizacji zysku (np. banki), stosuje się modele ukierunkowane na efekty. Modele zorientowane na nakłady są natomiast wykorzystywane do oceny jednostek decyzyjnych, których priorytetem jest minimalizacja poniesionych nakładów (np. jednostki organizacyjne Lasów Państwowych).

W literaturze często spotyka się również podział modeli DEA pod względem typu efektów skali [Feruś 2006; Ćwiąkała-Małys, Nowak 2009]. W tej klasyfikacji wyróżnia się modele: CRS (Constant Returns to Scale) zakładające stałe korzyści skali, VRS (Variable Returns to Scale) o zmiennych korzyściach skali, NIRS (Non-Increasing Returns to Scale) o nierosnących korzyściach skali oraz NDRS (Non-Decreasing Returns to Scale) przyjmujące niemalejące korzyści skali.

Model CRS, znany w też literaturze jako model CCR, jest pierwszym chronologicznie modelem DEA [Charnes i in. 1978]. Jest to podstawowy model o stałych efektach skali. Efektywność techniczna w modelu CRS oznacza proporcjonalne zmiany nakładów (model zorientowany na nakłady) lub proporcjonalne zmiany efektów (model zorientowany na efekty) [Guzik 2009]. Model CRS zakłada funkcjonowanie przedsiębiorstw w obszarze stałych efektów skali (skali optymalnej).

Model VRS (określany też jako BCC) [Banker i in. 1984] służy do pomiaru efektywności technicznej przy założeniu zmiennych efektów (korzyści) skali. Model ten znajduje zastosowanie w sytuacji, gdy podmioty gospodarcze funkcjonują w obszarze rosnących, malejących oraz stałych efektów skali. Badania pokazują, że większość przedsiębiorstw działa w obszarze zmiennych efektów skali, ponieważ ich działalność uzależniona jest od wielu czynników (np. przepisów prawa czy niedoskonałej konkurencji).

Rozważając użycie metody DEA do pomiaru efektywności technicznej badanych podmiotów, należy uwzględnić następujące przesłanki stosowania modeli:

- zbiór badanych obiektów powinien być jednorodny lub prawie jednorodny, a obiekty powinny mieć dostęp do tych samych zasobów oraz działać w podobnych warunkach zewnętrznych;
- efekty i nakłady nie mogą być ujemne;
- dany nakład czy efekt powinien być mierzony w tych samych jednostkach dla każdego obiektu;

- nakłady powinny być w wyraźny sposób związane z efektami;
- liczba analizowanych obiektów powinna być znacząco większa od łącznej liczby nakładów i efektów [Guzik 2009; Cook, Zhu 2013].

Za główne zalety metody DEA należy uznać: możliwość zastosowania w podmiotach wielosortymentowych, wytwarzających wiele efektów za pomocą wielu nakładów, brak potrzeby znajomości postaci analitycznej funkcji produkcji (czyli zależności funkcyjnej pomiędzy nakładami a efektami), możliwość wyrażenia nakładów i efektów w różnych jednostkach oraz możliwość objęcia badaniami niezbyt licznych prób (obserwacji), a więc analizowanie zjawisk niedostępnych dla innych metod ekonometrycznych. Jednocześnie jednak podejście to ma liczne wady, z których najważniejsze dotyczą:

- względności miar uzyskanych wyników i braku łatwego przejścia na bezwzględne miary efektywności (dołączenie bądź usunięcie jednego obiektu ma wpływ na efektywność pozostałych, zaś po takiej zmianie obliczenia należy wykonać od początku);
- dużej czasochłonności obliczeń;
- dużej wrażliwości modeli na błędne dane (jedna błędna wartość może znacząco zmienić wyniki obliczeń);
- braku statystycznego charakteru estymacji miar i możliwości określenia własności statystycznych uzyskanych ocen [Sengupta, Sahoo 2006; Cooper i in. 2011; Kucharski 2014].

Dokonując oceny i analizy efektywności technicznej podmiotów gospodarczych, należy uwzględnić dodatkowy zestaw informacji w postaci czynników egzogenicznych wpływających na tę efektywność. Z metodologicznego punktu widzenia, aby zbadać, które z potencjalnie wpływających na efektywność czynników są istotne, należy oszacować model ekonometryczny, w którym zmienną zależną są wskaźniki efektywności DEA przypisane obiektom, a zmiennymi niezależnymi zbiór potencjalnych czynników egzogenicznych determinujących efektywność badanych jednostek [Cooper i in. 2011]. W tym celu najczęściej wykorzystuje się tzw. model tobitowy, który po raz pierwszy został zastosowany do określenia zmiennej zależnej cenzurowanej w opisie wydatków na dobra luksusowe [Tobin 1958]. W dziedzinie gospodarki leśnej model tobitowy wykorzystano m.in. do wskazania determinant poprawy efektywności regionalnych ośrodków leśnych w Finlandii [Viitala, Hänninen 1998].

### Zastosowanie metody DEA w leśnictwie i przemyśle drzewnym

DEA znalazła szerokie zastosowanie w analizie efektywności obiektów, których celem działania jest minimalizacja nakładów, np. organizacje non-profit, jak uczelnie [Wolszczak-Derlacz 2014] czy szpitale [Hofmarcher i in. 2002], ale również w badaniu instytucji nastawionych na maksymalizację zysków, w tym banków [Rogowski 1998; Gospodarowicz 2000]. Za pomocą tej metody wykonano natomiast stosunkowo niewiele badań odnoszących się do gospodarki leśnej i przemysłu drzewnego.

Dotychczas metodę DEA do oceny efektywności gospodarki leśnej w Polsce zastosowali jedynie Młynarski i Pędko [2016a, b, 2017]. Autorzy przeprowadzili ocenę efektywności finansowej i zasobów gospodarczych nadleśnictw na obszarze czterech regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych. Nadleśnictwa pogrupowano na „nizinne” i „wyzynno-górskie” według zbliżonych typów siedlisk leśnych, co służyło zapewnieniu jednorodności jednostek i porównywalności wyników badań. Wyniki analizy pokazały zróżnicowane wykorzystanie zasobów finansowych i gospodarczych przez nadleśnictwa, przy czym te „nizinne” okazały się efektywniejsze od „wyzynno-górskich”.

Wyniki pierwszych analiz wykorzystujących metodę DEA do oceny efektywności jednostek związanych z leśnictwem zostały opublikowane w latach 90. XX wieku [Kao, Yang 1991, 1992; Kao i in. 1993; Kao 1998]. Badania dotyczyły funkcjonowania 13 okręgów leśnych na Tajwanie i obejmowały 10 lat. W analizie przyjęto cztery zmienne wejściowe (budżet okręgów leśnych, zatrudnienie początkowe, łączna liczba pracowników, powierzchnia gruntów leśnych) i cztery wyjściowe (produkcja drewna, produkcja uboczna, ochrona gleby, rekreacja). Badania wykazały, że niektóre okręgi leśne okazały się nieefektywne, w zależności od przyjętego modelu oceny. W badaniach przeprowadzonych po trzech latach od reorganizacji lasów państwowych stwierdzono jedynie niewielką poprawę efektywności. W późniejszym okresie analizę rozszerzono o badanie zmian efektywności w czasie oraz ocenę produktywności okręgów leśnych przy wykorzystaniu indeksu Mälmuquista [Kao 2010].

Na gruncie europejskim metodę DEA w leśnictwie wykorzystywano w Finlandii, Danii, Słowenii i Słowacji. Viitala i Hänninen [1998] przeprowadzili pomiar efektywności 19 regionalnych izb leśnych w Finlandii. Efektywność pojedynczej izby leśnej określono jako średnią ważoną wskaźników efektywności każdego z sześciu obszarów działalności obiektu (m.in. planowania i utrzymania dróg leśnych i rowów melioracyjnych, planowania urzędniowego, szkoleń i rozwoju). W badaniach wykorzystano model tobitowy, pozwalający określić czynniki wpływające na efektywność izb. Badania dowiodły, że spośród czynników wewnętrznych na efektywność zarządzania największy wpływ ma styl zarządzania i wspieranie pracowników. Potwierdzono także istnienie zależności między efektywnością izb a czynnikami środowiskowymi [Viitala, Hänninen 1998].

Metodę DEA wykorzystano także do optymalizacji działalności biur Duńskiego Centrum Doradztwa Leśnego. Dla każdego biura przyjęto jedną zmienną wejściową (koszty administracyjne) i trzy zmienne wyjściowe (roczne nadwyżki ekonomiczne jednostki, roczne nadwyżki generowane przez biura na rzecz swoich członków oraz roczna sprzedaż sadzonek). Analiza wykazała niską efektywność badanych jednostek. Szansy na poprawę sytuacji autorzy upatrywali w połączeniu biur, na co nie wyrażali zgody pracownicy Centrum. Za alternatywę uznano zatem upowszechnianie know-how, współpracę między sąsiednimi biurami oraz zmianę skali działalności poszczególnych jednostek [Bogetoft i in. 2003].

Za pomocą metody DEA określono także efektywność 14 zakładów usług leśnych w Słowenii. W badaniach efektywności technicznej wykorzystano cztery modele: pozyskania drewna, hodowli lasu i infrastruktury leśnej, pozyskania i hodowli lasu oraz pozyskania i eksportu drewna. Inne trzy modele (pozyskania drewna, pozyskania drewna i hodowli lasu, pozyskania i eksportu drewna) służyły do określenia efektywności kosztowej. Wyniki badań wykazały niską efektywność prowadzonej gospodarki leśnej i potwierdziły przyjętą hipotezę, że przedsiębiorstwa działające na obszarach o niskiej lesistości są technicznie i ekonomicznie nieefektywne. Zdaniem autorów poprawa niekorzystnej sytuacji mogłaby mieć miejsce przy ograniczeniu liczby udzielanych koncesji na zagospodarowanie lasu i jednoczesnym zwiększeniu obszaru działalności jednego zakładu [Mörec, Jeromel 2011].

Prowadzone na Słowacji badania Kovalčíka [2011] również dotyczyły efektywności zakładów usług leśnych prowadzących działania w zakresie hodowli lasu i pozyskania drewna. Analizą objęto 7 przedsiębiorstw sektora publicznego i 29 prywatnego. Na podstawie czterech zmiennych wejściowych (nakładów) i dwóch wyjściowych (efektów) zbudowano dwa modele pomiaru efektywności: techniczny i ekonomiczny. Przedsiębiorstwa reprezentujące model ekonomiczny wykazały większą efektywność niż przedsiębiorstwa w modelu technicznym. Ponadto wykazano znaczną przewagę przedsiębiorstw państwowych nad prywatnymi.

W późniejszych latach Kovalčík [2018] wykorzystał metodę DEA do oceny efektywności gospodarki leśnej 22 krajów europejskich w latach 2005-2008. Wyniki badań, w zależności od przyjętego modelu, wykazały średnią efektywność w przedziale od 69 do 90%. Odnotowano duże różnice w efektywności w poszczególnych krajach, jednak porównanie krajów rozwiniętych z krajami o gospodarce w fazie transformacji nie wykazało istotnych statystycznie różnic w efektywności gospodarki leśnej.

Analizę wpływu systemu dotacji rządu federalnego Szwajcarii na efektywność publicznych przedsiębiorstw leśnych w zakresie produkcji drewna przeprowadzili Mack i Schoenenberger [2008]. Dotacje rządowe wprowadzono w 1999 roku w celu zagospodarowania i ochrony drzewostanów po huraganie Lothar. Przy wykorzystaniu modelu DEA autorzy wykazali, że w latach 1999-2003 dotacje miały wpływ na efektywność przedsiębiorstw leśnych tylko w jednym kantonie rok po huraganie. Nie zaobserwowano natomiast wpływu wsparcia finansowego na efektywność przedsiębiorstw w innych kantonach.

Wykonane w Turcji badania dotyczyły pomiaru efektywności (częściowej i całkowitej) przedsiębiorstw lasów państwowych. Efektywność częściową określono osobno w zakresie trzech czynników produkcji (kapitału, pracy i ziemi), natomiast całkowitą stanowiła suma wskaźników efektywności częściowej. Najmniejszą efektywność stwierdzono dla jednostek znajdujących się w grupie pracy (68%), największą natomiast w grupie kapitału (75%) [Korkmaz 2011a]. W innych badaniach Korkmaz [2011b] do określenia zmian efektywności sześciu przedsiębiorstw leśnych metodą DEA zastosował indeks Mälmluista. Wykorzystując trzy rodzaje nakładów i dwa rodzaje efektów, ocenił zmiany efektywności technicznej, zmiany technologiczne oraz efektywność skali. Większość badanych jednostek okazała się nieefektywna w zakresie zarządzania i produkcji, a przeprowadzone zmiany technologiczne nie wpłynęły istotnie na poprawę efektywności.

Badania efektywności w leśnictwie przy użyciu metody DEA prowadzone były również na innych kontynentach, m.in. w Japonii do określenia efektywności działalności stowarzyszeń właścicieli lasów [Shiba 1997] oraz zbadania wpływu dotacji rządowych na efektywność gospodarki leśnej w japońskich prefekturach (regionalnych jednostkach administracyjnych) [Managi i in. 2004], w Chinach do oceny zmian efektywności ponad 100 przedsiębiorstw leśnych w 10-letnim okresie [Yang i in. 2016] oraz oceny wpływu reform gospodarczych na efektywność 40 państwowych urzędów leśnych w latach 1995-1997 [Zhang 2001], a także w Iranie do pomiaru efektywności spółdzielni i przedsiębiorstw leśnych [Limaei 2013].

Nieparametryczna metoda DEA znalazła również zastosowanie w ocenie efektywności przemysłu drzewnego. Liczne badania w tym zakresie przeprowadzono w Ameryce Północnej (Stany Zjednoczone i Kanada). Wykorzystując tę metodę, Helvoigt i Grosskopf [2005] zbadali efektywność techniczną i korzyści skali przemysłu tartacznego w stanie Waszyngton. Ponadto autorzy przy użyciu indeksu produktywności Mälmluista określili tempo wzrostu produktywności i zmian technologicznych w latach 1970-1990. W badaniach wykazano, że po spadku produktywności w latach 70. w dwóch kolejnych dekadach nastąpił szybki wzrost produktywności w tej branży przemysłu.

W innych badaniach oszacowano efektywność techniczną oraz – przy pomocy wskaźnika Mälmluista – łączny wzrost produktywności przemysłu tartacznego w latach 1963-2001 w różnych regionach Stanów Zjednoczonych i Kanady [Li i in. 2008]. Efektywność techniczna była zróżnicowana w zależności od regionu i okresu, a w całym badanym przedziale czasu średnie roczne tempo wzrostu produktywności przemysłu tartacznego w Stanach Zjednoczonych wyniosło 2,5%, natomiast w Kanadzie 1,3%. Różnica wynikała głównie z odmienności zmian technologicznych w obu krajach.



Hailu i Veeman [2000, 2001, 2003] wykonali serię badań nad zmianami produktywności w kanadyjskim przemyśle drzewnym i celulozowo-papierniczym w latach 1959-1994 oraz 1977-1995. Do oszacowania całkowitego wskaźnika produktywności wykorzystali parametryczną funkcję produkcji w orientacji na nakłady oraz indeks Tornquista. Użycie modelu tobit pozwoliło oszacować wpływ zmiennych charakterystycznych dla danego regionu na poziom efektywności technicznej. Wyniki badań pokazały spadek produktywności w latach 60. i 70. Jednocześnie autorzy zarejestrowali wzrost produktywności w latach 80. i 90., co jest spójne z wynikami badań Helvoigta i Grosskopta [2005]. Za główną przyczynę wzrostu produktywności autorzy uznali powstanie nowocześniejszych zakładów przetwórczych.

Analizę efektywności i produktywności 82 kanadyjskich tartaków w latach 1990-2002 wykonali Salehirad i Sowlati [2005]. Wykorzystując metodę DEA i wskaźnik produktywności, autorzy wykazali, że zakłady tartaczne z zachodniej części kraju (Kolumbia Brytyjska) charakteryzowały się wysoką efektywnością skali, ale ich efektywność techniczna była niska. Najwyższą efektywnością charakteryzowały się tartaki z północnej i środkowej Kanady, a najniższy wskaźnik efektywności wykazały zakłady zlokalizowane na południu kraju.

Ciekawe porównanie przeprowadził Yin [1999], który badając efektywność techniczną i konkurencyjność kosztową, przeanalizował 70 zakładów celulozowo-papierniczych w 10 krajach regionu Pacyfiku. Wyniki badań pokazały, że zakłady w Kanadzie (Kolumbia Brytyjska) miały wyższą efektywność kosztową niż zakłady z obszaru Azji i Oceanii. Najbardziej efektywnych producentów charakteryzowały stałe korzyści skali, a ich zakłady dobrze funkcjonowały zarówno pod względem technicznym, jak i alokacyjnym. Ze względu na najniższe ceny masy celulozowej i niższe koszty pracy zakłady zlokalizowane w Ameryce Łacińskiej cechowała najwyższa efektywność kosztowa, w przeciwieństwie do fabryk zlokalizowanych w krajach Azji i Oceanii, cechujących się wyższymi kosztami produkcji, a tym samym znacząco niższą efektywnością kosztową.

W Europie badania efektywności sektora drzewnego z użyciem metody DEA prowadzili m.in. Nyrud i Baardsen [2003], którzy dokonali pomiaru efektywności 220 tartaków w Norwegii. Obok określenia współczynników efektywności technicznej (CRS) oraz zmiennych efektów skali (VRS) autorzy określili zmianę efektywności w czasie. Badania dowiodły, że duże zakłady tartaczne są bardziej efektywne od jednostek średnich i małych. Ponadto większą efektywność odnotowano wśród zakładów o dłuższym stażu rynkowym.

Analizę wydajności 17 tartaków w Grecji przy użyciu metody DEA przeprowadził Fotiou [2000]. Stosując analizę wariancji, obliczył wpływ dwóch podstawowych czynników logistycznych (rynku surowca i wewnętrznego obiegu drewna) na wydajność zakładów. Tartaki posiadające szerokie możliwości zakupu surowca były bardziej efektywne od tych, których rynek zakupu był ograniczony.

Diaz-Balteiro i in. [2006] poddali analizie relacje między efektywnością produkcji a działalnością innowacyjną hiszpańskiego przemysłu produktów drewnopochodnych. Badania dotyczyły efektywności technicznej i efektywności skali z użyciem modelu DEA z podziałem na sektory: drewna i produktów drzewnych, celulozowo-papierniczy oraz meblowy. Do określenia relacji pomiędzy efektywnością produkcji a wskaźnikiem działalności innowacyjnej użyto modelu regresji logistycznej. Średnia efektywność techniczna wyniosła około 70% niezależnie od zastosowanego modelu (CRS lub VRS) i była wyraźnie wyższa w zakładach wprowadzających innowacje w procesie produkcji.

## Wnioski

✦ Prowadzone dotychczas w Polsce badania nad efektywnością gospodarowania w leśnictwie opierały się głównie na metodach wskaźnikowych.



- ✚ Metoda granicznej analizy danych (DEA), znacznie bardziej zaawansowana pod względem wykorzystywanych narzędzi matematycznych i ekonometrycznych, coraz częściej znajduje zastosowanie w ocenie efektywności gospodarki leśnej i przemysłu drzewnego w Europie i na świecie.
- ✚ Metoda DEA – jako nowoczesne podejście badawcze, wykorzystujące zaawansowane narzędzia i znajdujące zastosowanie w ocenie bardzo zróżnicowanych jednostek – powinna być wykorzystywana w szerszym zakresie w analizie efektywności różnych aspektów funkcjonowania sektora leśno-drzewnego w Polsce.

## Literatura

- Andrzejczyk A. 1979. Postulaty metodyczne i rezultaty rachunku efektów produkcji drewna na pniu w drzewostanach sosnowych. *Sylvan* 123 (5): 1-12.
- Arbatowski S., Parzuchowska J., Kwiecień R. 1994. Wariantowa ocena efektywności Lasów Państwowych. IBL, Warszawa.
- Banker R. D., Charnes A., Cooper W. W. 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science* 30 (9): 1078-1092.
- Bogetoft P., Thorsen B. J., Strange N. 2003. Efficiency and merger gains in the Danish forestry extension service. *Forest Science* 49 (4): 585-595.
- Buraczewski A. 1996. Próba analizy stanu majątkowego i finansowego Nadleśnictwa Lasów Państwowych opartej na rocznym sprawozdaniu finansowym. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 82: 27-37.
- Buraczewski A., Wysocki F. 1997. Próba zastosowania metod statystycznej analizy porównawczej do o ceny sytuacji finansowej nadleśnictw. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 84: 7-15.
- Buraczewski A., Wysocki F. 2000. Ocena sytuacji finansowej nadleśnictw za pomocą syntetycznego miernika rozwoju. *Sylvan* 144 (1): 43-51.
- Charnes A., Cooper W. W., Rhodes E. 1978. Measuring efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2: 429-444.
- Coelli T. J., Prasada Rao D. S., O'Donnell C. J., Battese G. E. 2005. *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Cook W. D., Zhu J. 2013. *Data Envelopment Analysis: Balanced Benchmarking*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Cooper W. W., Seiford L. M., Zhu J. [red.]. 2011. *Handbook on Data Envelopment Analysis*. Springer, Dordrecht.
- Czerwińska-Kayzer D. 2014. Zróżnicowanie efektywności finansowej w Regionalnych Dyrekcjach Lasów Państwowych w roku 2011. *Sylvan* 158 (3): 163-172.
- Ćwiakala-Małys A., Nowak W. 2009. Wybrane metody pomiaru efektywności podmiotu gospodarczego. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- Diaz-Balteiro L., Casimiro Herruzo A., Martinez M., Gonzalez-Pachon J. 2006. An Analysis of Productive Efficiency and Innovation Activity Using DEA: An Application to Spain's Wood-Based Industry. *Forest Policy and Economics* 8 (7): 762-773.
- Feruś A. 2006. Zastosowanie metody DEA do określania poziomu ryzyka kredytowego przedsiębiorstw. *Bank i Kredyt* 7: 44-59.
- Fotiou S. I. 2000. Efficiency measurement and logistics-an application of DEA in Greek sawmills. W: *Proc. Logistics in the forest sector*. Timber Logistics Club, Helsinki.
- Gospodarowicz M. 2000. *Procedury analizy i oceny banków*. Materiały i Studia NBP 103.
- Guzik B. 2009. *Podstawowe modele DEA w badaniu efektywności gospodarczej i społecznej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Poznań.
- Hailu A., Veeman T. S. 2000. Environmentally Sensitive Productivity Analysis of the Canadian Pulp and Paper Industry, 1959-1994: An Input Distance Function Approach. *Environmental Economics and Management* 40 (3): 251-274.
- Hailu A., Veeman T. S. 2001. Non-Parametric Productivity Analysis with Undesirable Outputs: An Application to the Canadian Pulp and Paper Industry. *American Journal of Agricultural Economics* 83 (3): 605-616.
- Hailu A., Veeman T. S. 2003. Comparative analysis of efficiency and productivity growth in Canadian regional boreal logging industries. *Canadian Journal of Forest Research* 33 (9): 1653-1660.
- Helvoigt T. L., Grosskopf S. 2005. Productivity Growth, Technical Efficiency and Returns to Scale in the Washington State Sawmill Industry. *International Journal of Information Technology & Decision Making* 4 (3): 1-14.
- Hofmarcher M. M., Peterson I., Riedel M. 2002. Measuring hospital efficiency in Austria – a DEA approach. *Health Care Management Science* 5 (1): 7-14.

- Kao C. 1998. Measuring the efficiency of forest districts with multiple working circles. *Journal of the Operational Research Society* 49: 583-590.
- Kao C. 2010. Malmquist productivity index based on common-weights DEA: The case of Taiwan forests after reorganization. *Omega* 38(6): 484-491.
- Kao C., Chang P., Hwang S. N. 1993. Data Envelopment Analysis in Measuring the Efficiency of Forest Management. *Journal of Environmental Management* 38: 3-85.
- Kao C., Yang Y. 1991. Measuring the Efficiency of Forest Management. *Forest Science* 37 (5): 1239-1252.
- Kao C., Yang Y. C. 1992. Reorganization of forest districts via efficiency measurement. *European Journal of Operational Research* 58: 356-362.
- Klocek A., Plotkowski L. 2009. Zagadnienia przyszłości ekonomiki leśnictwa. W: Społeczno-ekonomiczne uwarunkowania przyszłości polskiego leśnictwa, PTL, Gorzów Wielkopolski. 109-129.
- Kocel J., Kwiecień R. 2010. Metoda określania syntetycznego wskaźnika efektów gospodarowania zasobami przyrodniczymi, ludzkimi i ekonomicznymi nadleśnictw. *Leś. Pr. Bad.* 71 (1): 91-104.
- Kocel J., Kwiecień R., Mionskowski M., Garbacz M. 2017. Metoda standaryzacji kosztów administracyjnych nadleśnictw z wykorzystaniem stopnia trudności gospodarowania. *Sylvan* 161 (3): 403-413.
- Kocel J., Kwiecień R., Młynarski W., Mionskowski M. 2012. Wskaźnik stopnia trudności gospodarowania leśnictw Lasów Państwowych. *Sylvan* 156 (6): 403-413.
- Korkmaz M. 2011a. Productivity changes of forest enterprises in Turkey: A non-parametric Malmquist approach. *African Journal of Agricultural Research* 6 (28): 6189-6196.
- Korkmaz M. 2011b. Measuring the productive efficiency of forest enterprises in Mediterranean Region of Turkey using data envelopment analysis. *African Journal of Agricultural Research* 6 (19): 4522-4532.
- Kovalčík M. 2011. Hodnotenie efektívnosti hospodárenia na lesnej pôde. *Lesický Časopis – Forestry Journal* 57 (3): 166-177.
- Kovalčík M. 2018. Efficiency of the Slovak forestry in comparison to other European countries: An application of Data envelopment Analysis. *Central European Forestry Journal* 64: 46-54.
- Kozuń-Cieślak G. 2013. Efektywność inwestycji publicznych w kapitał ludzki. *Ekonomista* 3: 319-344.
- Kożuch A., Ryś M. 2016. Ocena ekonomicznej efektywności gospodarki leśnej prowadzonej przez Leśny Zakład Doświadczalny w Krynicy. *Leś. Pr. Bad.* 77 (3): 230-238.
- Kucharski A. 2014. Metoda DEA w ocenie efektywności gospodarczej. *Katedra Badań Operacyjnych, Łódź.*
- Kwiecień R., Kocel J. 2006. Metoda określania stopnia trudności gospodarowania nadleśnictw. *Leś. Pr. Bad.* 2: 51-71.
- Li Y., Zhang D., Nagubadi R. V. 2008. Productivity in the U.S. and Canadian sawmill industries: A nonparametric programming analysis. *Forest Products Journal* 58 (12): 33-40.
- Limaei S. M. 2013. Efficiency of Iranian forest industry based on DEA models. *Journal of Forestry Research* 24 (4): 759-765.
- Lysik K. 2005. Wpływ warunków przyrodniczych i wybranych czynników ekonomicznych na sytuację finansową nadleśnictw w RDLP Katowice, Kraków i Krosno. *Maszynopis pracy doktorskiej. Akademia Rolnicza w Krakowie, Kraków.*
- Mack A., Schoenenberger A. 2008. Technische Effizienz der öffentlichen Forstbetriebe in der Schweiz und Auswirkungen der Subventionen. *Die Volkswirtschaft: das Magazin für Wirtschaftspolitik* 81 (6): 16-19.
- Managi S., Aoyagi S., Horio M. 2004. Evaluation and Policy Analysis of Japanese Forestry: Productivity Management and Energy Supply. 10<sup>th</sup> Asia Pacific Confederation of Chemical Engineering.
- Manteuffel Szoego H. 2005. *Zarys problemów ekonomiki środowiska.* Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Marszałek T. 1974. Efektywność gospodarki leśnej. *Sylvan* 118 (10): 8-16.
- Marszałek T. 1975. *Efekty i efektywność.* PWRiL, Warszawa.
- Młynarski W., Prędko A. 2016a. Ocena efektywności technicznej i finansowej wybranych nadleśnictw Lasów Państwowych za pomocą metody DEA. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu* 446: 126-143.
- Młynarski W., Prędko A. 2016b. Zastosowanie metody DEA w ocenie efektywności gospodarowania nadleśnictw – orientacja na produkty. *Quantitative Methods in Economics* 17 (2): 86-100.
- Młynarski W., Prędko A. 2017. Metoda DEA w badaniu efektywności nadleśnictw. *Sylvan* 161 (12): 1018-1025.
- Mörce B., Jeromel K. 2011. The efficiency and performance analysis of Slovenian forest enterprises. *Proceedings of 8<sup>th</sup> International Conference 'Economic Integration, Competition and Cooperation', 6-9 April, Opatija, University of Rijeka.* 1-15.
- Nyrud A. Q., Baardsen S. 2003. Production efficiency and productivity growth in Norwegian sawmilling. *Scandinavian Journal of Forest Research* 49 (1): 89-97.
- Podgórski M. 1989. Efektywność produkcji leśnej „przy pniu” i „na pniu” w nadleśnictwach Lasów Państwowych. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 68: 61-68.
- Podgórski M., Kikayi P. R. 1996. Próba określenia produktywności i produktywności lasu za pomocą wskaźników technicznych i ekonomicznych, na przykładzie nadleśnictw Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Szczecinie. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 82: 125-133.

- Prędko A. 2003. Analiza efektywności za pomocą metody DEA: Podstawy formalne i ilustracja ekonomiczna. *Przegląd Statystyczny* 1: 87-100.
- Rogowski G. 1998. Metody analizy i oceny banku na potrzeby zarządzania strategicznego. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej, Poznań.
- Salehirad N., Sowlati T. 2005. Performance analysis of primary wood producers in British Columbia using data envelopment analysis. *Canadian Journal of Forest Research* 35 (2): 285-294.
- Sengupta J. K., Sahoo B. K. 2006. Efficiency Models in Data Envelopment Analysis: Techniques of Evaluation of Productivity of Firms in a Growing Economy. Palgrave Macmillan, London.
- Shiba M. 1997. Measuring the efficiency of managerial and technical performances forestry activities by means of DEA. *Journal of Forest Engineering* 8 (1): 7-19.
- Šporčić M., Landekić M. 2014. Nonparametric Model for Business Performance Evaluation in Forestry. Computational and numerical simulations. In *Tech – Open Science Open Minds*: 451-475.
- Szramka H. 1989. Analiza przydatności współczynników różnej konstrukcji do korygowania wskaźników efektywności pracy w gospodarstwie leśnym. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 68: 103-109.
- Szramka H. 1992. Wstępna analiza podstawowych determinantów ekonomicznej efektywności pracy w gospodarstwie leśnym. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 76: 119-124.
- Szramka H. 1995. Analiza sytuacji finansowej nadleśnictw Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Szczecinku. *Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk. Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 80: 131-136.
- Szramka H. 1996. Próba oceny sytuacji gospodarczej nadleśnictw po wprowadzeniu nowych zasad gospodarki finansowej w Lasach Państwowych. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 82: 143-149.
- Szramka H. 1997. Przegląd i próba wyboru metod określania ekonomicznej efektywności bieżącej działalności gospodarczej jednostek Lasów Państwowych. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych* 84: 51-57.
- Tobin J. 1958. Estimation of relationships for limited dependent variables. *Econometrica* 26: 24-36.
- Vitala E. J., Hänninen H. 1998. Measuring the efficiency of public forestry organizations. *Forest Science* 44 (2): 298-307.
- Wolszczak-Derlacz J. 2014. Efektywność naukowa, dydaktyczna i wdrożeniowa publicznych szkół wyższych w Polsce – analiza nieparametryczna. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- Yang H., Yuan T., Zhang X., Li S. 2016. A Decade Trend of Total Factor Productivity of Key State-Owned Forestry Enterprises in China. *Forests* 7: 97.
- Yin R. 1999. Production efficiency and cost competitiveness of pulp producers in the Pacific Rim. *Forest Products Journal* 49: 43-49.
- Zhang Y. 2001. The Impacts of Economic Reform on the Efficiency of Silviculture in China: A Non-Parametric Approach. Cambridge University Press.