

Aleksandra Król

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WYKORZYSTANIE MODELU Farm-SAFE DO PODEJMOWANIA DECYZJI O SPOSOBIE UŻYTKOWANIA GRUNTÓW W GOSPODARSTWIE*

Słowa kluczowe: modelowanie, Farm-SAFE, grunt orny, grunt leśny, system rolno-leśny, współczynnik ekwiwalentu terenu LER, marża netto, ekwiwalent wartości rocznej

Wstęp

Sposób użytkowania gruntów w gospodarstwie ma istotny wpływ na wartość produkcji oraz ekonomikę gospodarstwa. Określone zmiany użytkowania terenu rolnego w kierunku zalesiania gruntów rolnych lub wprowadzania celowych upraw energetycznych w tym plantacji drzew szybko rosnących wiążą się często z potrzebą zagospodarowania gruntów rolnych uznawanych za grunty rolniczo nieprzydatne. U podstawy takich decyzji może leżeć również chęć dywersyfikacji działalności produkcyjnej gospodarstwa w stronę produkcji energii odnawialnej lub alternatywnych bioproduktów. Natomiast o podjęciu decyzji o uprawie roślin wieloletnich decyduje wykonalność finansowa przedsięwzięcia i informacja o oczekiwanym zwrocie z inwestycji. Długi okres zwrotu nakładów na ich założenie oraz zmienność cen, dotacji i plonów w cyklu życia roślin zniechęca do tego typu działań. Alternatywnym sposobem użytkowania gruntów może być jednoczesna uprawa drzewiastych roślin wieloletnich oraz tradycyjnych roślin rolniczych na tej samej powierzchni (agroleśnictwo/systemy rolno-leśne). Ponadto, drzewa pełnią funkcję ochronną dla gleb uprawnych (przeciwoerozyjne, przeciwwietrzne, poprawiające bilans wodny, zmniejszają ryzyko przymrozków itp.) i w ten sposób przyczyniają się do wzrostu poziomu plonów upraw rolnych w dłuższym okresie.

Porównywanie ekonomiki systemów rolnych, leśnych i rolno-leśnych jest utrudnione ze względu na zróżnicowanie długości analiz. W systemach rolnych dochody uzyskiwane są już po okresie jednego roku, natomiast w pozostałych systemach okres ten jest znacznie dłuższy (kilkuletni). W porównywaniu systemów

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.7 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

rolnych wykorzystywana jest bieżąca wartość netto, ale aby porównać wszystkie trzy systemy należy wykorzystać metodę analizy zdyskontowanych kosztów i zysków. Kolejnym kluczowym problemem wynikającym z długości analizy systemów leśnych i rolno-leśnych jest niemożliwość pozyskiwania danych empirycznych dla całości analizowanego okresu. Alternatywę dla badań empirycznych stanowi modelowanie, które umożliwia prognozę wpływu systemów uprawy na plonowanie (modele biofizyczne) oraz ekonomikę gospodarstw (modele ekonomiczne). Modele często traktowane są również jako narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji o sposobie gospodarowania. Istnieje wiele modeli dotyczących systemów rolnych i leśnych, jednak modeli analizujących systemy rolno-leśne jest już zdecydowanie mniej. Wybór modeli uwarunkowany jest głównie kosztem użytkowania programu, dostępnością, ilością oraz rodzajem danych wejściowych.

Jednym z modeli ekonomicznych uwzględniających system rolny, leśny i rolno-leśny jest opisany w pracy model Farm-SAFE. Model ten porównuje wspomniane systemy uprawy w aspekcie opłacalności oraz uzyskiwanych zysków z gospodarstwa. W modelu porównywane są wartości: marży netto, bieżącej wartości netto, bieżącej wartości netto dla nieskończonych przepływów pieniężnych, ekwiwalentu wartości rocznej oraz nakładów pracy w odniesieniu do skali 1ha oraz skali gospodarstwa. Analiza ekonomiki gospodarstw umożliwia ocenę, który system dla danego gospodarstwa przynosi największe zyski ekonomiczne, społeczne oraz środowiskowe.

Celem pracy jest przedstawienie modelu ekonomicznego Farm-SAFE jako narzędzia wspomagającego podejmowanie decyzji o sposobie użytkowania gruntów w gospodarstwie na przykładzie systemów rolnego i rolno-leśnego.

Agroleśnictwo (system rolno-leśny)

Ponieważ system rolno-leśny nie jest powszechnie znany i wiąże się z wielokierunkowością produkcji, co wymaga szerszego omówienia, poniżej przedstawiono krótką jego charakterystykę. System agroleśnictwa polega na jednoczesnej uprawie drzew oraz roślin polowych na tym samym obszarze (6, 23). Zadrzewienia w krajobrazie rolniczym są obserwowane w postaci: pasów ochronnych, pasów wiatrochronnych, zadrzewień śródpolnych, stref buforowych, leśnych wysepek, żywopłotów, systemów agroleśnictwa oraz systemów leśno-pastwiskowych (26). Dawniej, system rolno-leśny dominował w krajobrazie rolniczym (5). W późniejszym okresie zaczęto go jednak zastępować systemami monokulturowymi, a w późnych latach 70. XX wieku agroleśnictwo ponownie zaczęło być postrzegane, przez instytucje naukowe, jako ulepszony, nowoczesny sposób użytkowania gruntów (18). W ostatnim czasie ze względu na potencjalną możliwość ograniczenia degradacji gruntów, a także środek łagodzenia zmian klimatycznych przez sekwestrację glebowego węgla, system rolno-leśny przyciąga coraz większą uwagę (16). Coraz więcej badań dotyczy koncepcji ponownego zastąpienia dotychczas dominujących systemów rolnych –

systemami rolno-leśnymi (11). Badania prowadzone przez Graves'a i in. (9) pokazują, że wielu rolników jest zainteresowanych możliwością wprowadzenia zadrzewień do swoich plantacji. Jednak, zainteresowanie to zależy od warunków środowiskowych oraz społeczno-ekonomicznych danego gospodarstwa. Niestety pomimo wysokiego zainteresowania tematem agroleśnictwa, tylko 40% badanych jest zaznajomionych z jego definicją (9).

Z systemami rolno-leśnymi wiąże się wiele korzyści zarówno środowiskowych jak i ekonomicznych. Systemy rolno-leśne postrzegane są również jako jedna z form adaptacji do zmian klimatu, która jest często niedoceniana i nieznana. Zadrzewienia w systemach rolno-leśnych zwiększają m.in. bioróżnorodność, ograniczają wymywanie azotu, występowanie powodzi, erozję lub parowanie z gruntu, łagodzą wpływ ekstremalnych temperatur, a także zwiększają zawartość wody w glebie poprzez akumulację śniegu na powierzchni gruntu oraz ograniczają wpływ wiatru na uprawy rolne (1, 17, 20). Ponadto, uprawy mieszane z drzewami poprzez redukcję naświetlenia, obniżanie temperatury powietrza oraz zwiększanie wilgotności względnej, powodują kształtowanie się mikroklimatu, który może powodować wzrost plonu pszenicy ozimej oraz poprawienie jego jakości (m.in. zwiększenie zawartości białka) (6). Graves i in. (12), Mercer i in. (17) oraz Borek (1) w swoich pracach wskazują również na pozytywny wpływ systemów rolno-leśnych na plonowanie.

Systemy rolno-leśne w dużej mierze pozytywnie oddziałują na środowisko, ale nie należy również zapomnieć o jego negatywnych skutkach środowiskowych. W pracy Fang i in. (6) zwrócono uwagę na problem redukcji plonów pszenicy wraz ze zwiększaniem gęstości sadzenia topoli. Sadzenie drzew na gruntach ornych może ograniczać zasoby wodne i pokarmowe roślin uprawnych (1).

Z adaptacji systemów rolno-leśnych w danym gospodarstwie – poza korzyściami związanymi ze środowiskiem – wynikają również znaczne korzyści ekonomiczne (17, 20). Fang i in. (6) wskazuje na wzrost zysków w systemie rolno-leśnym w stosunku do systemów monokulturowych o ok. 20-47%. Jednak badania przeprowadzone dla Francji przez Graves i in. (10) wykazują, że w większości analizowanego okresu (60 lat) skumulowana wartość przepływu pieniędzy jest najwyższa w systemie rolnym. Natomiast Burgess i in. (3) porównując ekonomikę systemów rolnych, leśnych oraz rolno-leśnych wskazali, że rentowność produkcji systemów rolno-leśnych zależy od osiągniętego plonu, kosztów jego uzyskania, ceny oferowanej za wytworzone produkty w tym ceny biomasy drewna oraz szerokości alei drzew. Jak powszechnie wiadomo, kluczowym czynnikiem decydującym o zmianie użytkowania gruntu jest perspektywa wyższych dochodów niż w przypadku dotychczasowych systemów (5, 21). Dlatego też, prowadzone są badania związane z wykorzystywaniem drzew w celu poszerzenia zakresu produktów pochodzących z rolnictwa (np. cenne drewno, owoce, alternatywne bioprodukty), potencjalnie zmniejszające ryzyko inwestycji oraz zwiększające przychody (17, 26). Ponadto, w systemie leśno-pastwiskowym, kontrolowany wypas zwierząt może skutkować skróceniem okresu zwrotu inwestycji. W ramach Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich przewidziane jest wsparcie dla

utrzymania niektórych odmian drzew owocowych oraz tradycyjnych ras zwierząt (1). Należy jednak podkreślić istotny wpływ aktualnych cen produktów rolniczych na rentowność systemów rolno-leśnych (6).

Podsumowując, agroleśnictwo jest coraz częściej postrzegane jako potencjalny sposób użytkowania gruntów w Europie (10). Jednak wprowadzenie nowego systemu do gospodarstwa jest ograniczane przez brak wsparcia do ich zakładania i utrzymywania, oraz jego złożoność co wymaga przyswojenia nowej wiedzy (10, 21). Co więcej, aby system agroleśnictwa był efektywny, należy go dostosować do lokalnych warunków glebowych i klimatycznych danego gospodarstwa (1). Decyzja o sposobie użytkowania gruntów powinna bazować na analizach ekonomicznych przeprowadzonych dla danego gospodarstwa, w których porównywany jest zysk netto poszczególnych systemów. Zysk netto obliczany jest na podstawie wartości skumulowanych przychodów oraz kosztów wyrażonych w postaci bieżącej wartości netto (5).

Analiza porównawcza systemów rolno-leśnych, leśnych i rolnych jest utrudniona ze względu na różnicę długości okresu oczekiwania na uzyskanie przychodów. W systemach rolnych zysk uzyskiwany jest już po roku uprawy, natomiast w systemach leśnych i rolno-leśnych okres ten jest zdecydowanie dłuższy (5, 20). Dlatego też, do oceny długoterminowej rentowności gospodarstw niezbędne są długoterminowe prognozy wydajności (23). Porównanie długoterminowych przychodów oraz kosztów związanych z poszczególnymi systemami uprawy możliwe jest przy wykorzystaniu modelowania (np. modelu Farm-SAFE); (5, 20).

Modelowanie systemów uprawy gruntów

Modele gospodarki rolnej często wspomagają decyzje o sposobie użytkowania gruntów w gospodarstwach o szerokim zakresie warunków środowiskowych i społeczno-ekonomicznych (11, 16). Przy jednoczesnym wykorzystaniu indywidualnych danych o gospodarstwie oraz bioekonomicznych modeli możemy ocenić skutki adaptacji poszczególnych scenariuszy (14). Głównym celem modelowania jest analiza wpływu różnorodnych czynników (np. zmian klimatu, sposobu uprawy, rodzaju gleby), m.in. na plonowanie oraz ekonomikę gospodarstw, która ze względu na dużą liczbę danych byłaby niemożliwa do przeprowadzenia w sposób empiryczny (16). Ze względu na trudności w pozyskiwaniu pełnych danych empirycznych dotyczących pełnego zmianowania drzew, w analizach biofizycznych i ekonomicznych systemów leśnych i rolno-leśnych wykorzystywane są modele symulacyjne, które uzupełniają brakujące dane (11).

Modele ekonomiki gospodarstw są wykorzystywane m.in. do przewidywania reakcji rolnika (np. zmniejszenia powierzchni systemów rolnych czy rolno-leśnych w gospodarstwie) na ewentualne zmiany wartości cen oraz poniesionych kosztów, a także zmian w polityce wsparcia do danej uprawy (11). Modele symulacyjne pozwalają określić np. najbardziej efektywną gęstość sadzenia drzew oraz strategię

zarządzania dla poszczególnych scenariuszy produkcyjnych (25). Modele określają jaki wpływ na plonowanie ma wprowadzenie poszczególnych systemów (1, 12, 17), oraz ich układ przestrzenny w tym zagęszczenie drzew w uprawie (6). Porównywanie rentowności poszczególnych systemów uprawy (rolnych, leśnych i rolno-leśnych) dla danego gospodarstwa, jest również możliwe dzięki modelowaniu (5, 20).

Dla systemów rolnych i systemów leśnych opracowano wiele modeli symulacyjnych, natomiast modeli analizujących systemy rolno-leśne jest już zdecydowanie mniej (11). Do modeli systemów rolno-leśnych należy model HyPAR (19), WaNuLCAS (24) oraz rodzina modeli SAFE: Hi-SAFE (5), Yield-SAFE (23), Plot-SAFE (10) oraz Farm-SAFE (10). Modele symulacyjne dzielą się na: modele biofizyczne o dość ograniczonej analizie ekonomicznej oraz rozbudowane modele ekonomiczne (np. WaNuLCAS, Farm-SAFE), które dane biofizyczne pozyskują ze źródeł zewnętrznych (2, 11).

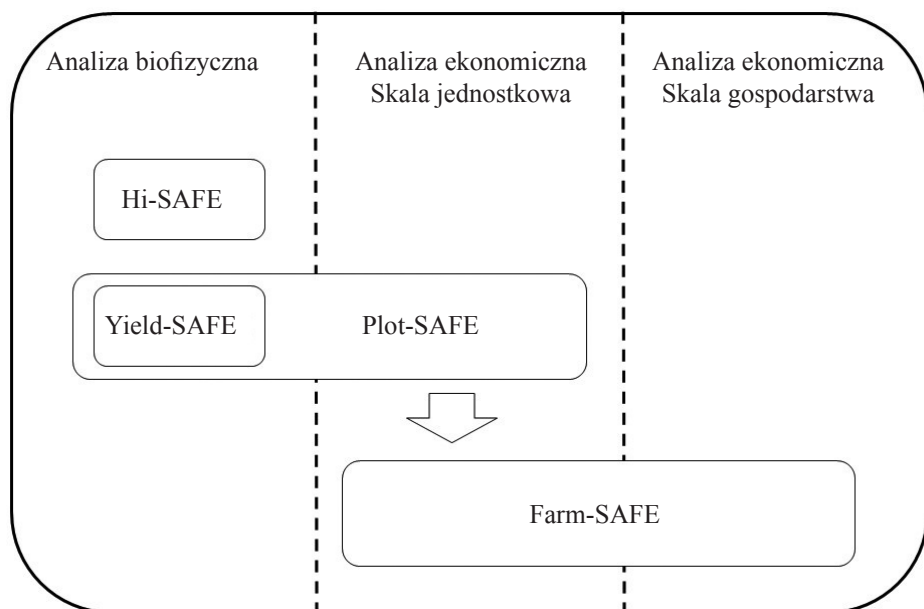
Model Farm-SAFE

Model Farm-SAFE (ang. *Financial And Resource-use Model for Silvoarable Agroforestry For Europe*) jest jednym z grupy modeli opracowanych w ramach projektu SAFE (ang. *Silvoarable Agroforestry for Europe*) (8). Projekt SAFE miał na celu ocenę produktywności agroleśnictwa, prognozowanie skutków wprowadzenia systemów rolno-leśnych, a także ekstrapolację uzyskanych wyników z poziomu pola do poziomu całego gospodarstwa (5, 10). W ramach projektu SAFE została opracowana rodzina modeli SAFE (Rys. 1): Hi-SAFE (5), Yield-SAFE (23), Plot-SAFE (10) oraz Farm-SAFE (10).

Model Hi-SAFE symuluje wzajemny wpływ i oddziaływanie pomiędzy występującymi na gruntach ornych zadrzewieniami i roślinami uprawnymi (5). Model Yield-SAFE stworzono w celu symulacji plonów oraz optymalizacji ekonomicznej gospodarstw (23). Jego dokładny opis znajduje się w pracy van der Werf i in. (23). Model Plot-SAFE umożliwia integrację modelu biofizycznego (YieldSAFE) z danymi ekonomicznymi na poziomie 1 ha. Uwzględnia on: zmianowanie upraw, przycinanie drzew oraz zaprzestanie uprawy, gdy jest ona nierentowna (8).

Model Farm-SAFE określa oraz porównuje rentowność systemów: rolnych, leśnych i rolno-leśnych na poziomie pola oraz gospodarstwa dla maksymalnie czterech zdefiniowanych jednostek przeliczeniowych (LU, ang. *Land Units*). Model przeprowadza roczne analizy dla zmianowań drzew trwających do 60 lat (8). Niezbędne dane wejściowe dotyczące plonowania roślin uprawnych i drzew mogą zostać pozyskane z modelu YieldSAFE (10). Jako podstawę do utworzenia modelu Farm-SAFE wykorzystano dwa istniejące już modele: model POPMOD (22; za: 10) i ARBUSTRA (15; za: 10). Pierwszy z nich wykorzystuje empiryczny model do określenia plonowania drzew i roślin uprawnych dla systemów rolnych, leśnych i rolno-leśnych w skali jednego hektara. Natomiast model ARBUSTRA pozwala na analizę różnych zestawień systemów rolnych/agroleśnych/leśnych na poziomie

gospodarstwa (10). Model Farm-SAFE pozwala ocenić możliwość wprowadzenia agroleśnictwa w analizowanych gospodarstwach rolnych. Badany obszar jest opisywany przez maksymalnie cztery jednostki przeliczeniowe LU, charakteryzujące się specyficzną dla nich rzeźbą terenu i żyznością gleby, dla których model ocenia rentowność agroleśnictwa w stosunku do systemu leśnego i rolnego. Następnie model integruje wyniki na poziomie LU do poziomu całego gospodarstwa, które mogą, dla wybranych klas środowiskowych, zostać ekstrapolowane do skali regionu. Podstawową jednostką finansową jest euro (8).



Rys. 1. Schemat relacji występujących pomiędzy modelami biofizycznymi (Hi-SAFE, Yield-SAFE), modelem bio-ekonomicznym (Plot-SAFE) oraz modelem ekonomicznym (Farm-SAFE).
Źródło: Graves i in., 2011 (10)

Zatem model Farm-SAFE może m.in. określić czy adaptacja agroleśnictwa dla danego gospodarstwa byłaby opłacalna. Badania przeprowadzone przez Graves i in. (12) pokazały, że największa opłacalność agroleśnictwa istnieje wtedy gdy, wszystkie komponenty systemu są opłacalne. Nieopłacalność jednego z komponentów skutkuje zmniejszeniem rentowności całego systemu rolno-leśnego. Ponadto, największa rentowność systemów rolno-leśnych była obserwowana, gdy rentowności systemów rolnych i leśnych były zbliżone. Badania wskazują również na zróżnicowanie rentowności poszczególnych systemów uprawy pomiędzy poszczególnymi krajami Unii Europejskiej. Wynika to, głównie z przestrzennego zróżnicowania cen pozyskanych plonów oraz wysokości dotacji (12). Graves i in. (12) analizując system agroleśnictwa w wybranych krajach Unii Europejskiej wykazali, że we Francji

(z przynoszącym wysokie zyski orzechem oraz topolą o krótkotrwałej rotacji) może on stanowić korzystną alternatywę dla pozostałych systemów. Natomiast w Hiszpanii wykazany został niekorzystny wpływ agroleśnictwa (z dębem ostrolistnym oraz sosną pinia) na plonowanie roślin uprawnych. Co więcej, w Holandii, ze względu na niską wartość drewna, zastąpienie systemów monokulturowych - systemem agroleśnictwa nie jest opłacalne (12).

Budowa modelu

Istnieje wiele modeli umożliwiających porównywanie ekonomiki gospodarstw, zróżnicowanych pod względem stosowanych systemów uprawy. Wybór modeli uwarunkowany jest kosztem użytkowania, dostępnością modelu oraz rodzajem i ilością danych wejściowych. Dlatego też, aby zwiększyć liczbę potencjalnych użytkowników, model Farm-SAFE bazuje na arkuszu kalkulacyjnym oprogramowania *Microsoft Excel*, ułatwiając jego dostępność oraz ograniczając koszty związane z jego użytkowaniem. Istotną zaletą modelu jest dostępność różnych wersji językowych oprogramowania (np. języka angielskiego, francuskiego, niemieckiego, włoskiego czy hiszpańskiego), dzięki czemu model może być wykorzystywany przez użytkowników pochodzących z różnych krajów. Ponadto, użytkownik może samodzielnie wprowadzać modyfikację do modelu. Użytkowanie modelu Farm-SAFE jest ułatwione ze względu na zastosowanie funkcji VBA (ang. *Visual Basic for Application*), tj. języka programowania opartego na VB służącego do automatyzacji pracy (8). Jednym z narzędzi VBA jest narzędzie „*Quick Guide*”, które w kolejnych krokach oprowadza nowego użytkownika przez najważniejsze etapy modelowania (13). Narzędzie to zostało szczegółowo opisane przez Graves i in. (13). Kryteria jakie powinny spełniać modele ekonomiczne oraz według których został opracowany model Farm-SAFE zostały przedstawione w Tab. 1.

Model Farm-SAFE składa się z ośmiu arkuszy roboczych zawierających kluczowe elementy analizy ekonomicznej. Pierwszy z nich - arkusz *Opcje i wyniki* (ang. *Option and results*) jest arkuszem kontrolnym, w którym definiowane są dane wejściowe (10). Składa się on z sześciu sekcji określających:

1. system uprawy i dane finansowe,
2. ceny, dofinansowania oraz koszty,
3. plan sadzenia,
4. analizę czułości modelu,
5. analizę danych w skali jednostkowej,
6. analizę danych w skali gospodarstwa.

Tabela 1

Wymagania jakie powinny spełniać modele ekonomiczne

Cechy modeli	Wymagania jakie powinny spełniać modele ekonomiczne
Tło	• Funkcjonowanie w języku angielskim • Początkowo zaprojektowane i użytkowane jako narzędzie badawcze • Funkcjonowanie jako model „zamknięty”
Modelowane systemy	• Modelowanie systemów rolnych, leśnych i rolno-leśnych • Modelowanie kilku terminów sadzenia
Cele analizy ekonomicznej	• Wykorzystanie wspólnych ram koncepcyjnych gospodarki rolnej (wraz z marżą netto) • Uwzględnienie efektu zmiany wartości pieniądza w czasie poprzez dyskontowanie • Porównanie rentowności systemów. Zdyskontowane przyszłe korzyści i koszty dla każdego systemu powinny być agregowane. Ponadto, model powinien prognozować wartość bieżąca netto, nieskończoną wartość bieżąca netto oraz roczną wartość ekwiwalentu • Analiza wrażliwości każdego z modelowanych systemów na zmianę wartości początkowych
Decyzje	• Symulacja decyzji podjętych przez pojedynczego rolnika w kontekście sytuacji ekonomicznej gospodarstwa
Skala przestrzenna	• Skala jednego hektara • Skala gospodarstwa. Zróżnicowanie gruntów oraz typu gospodarstwa powinno zostać uwzględnione za pomocą czterech jednostek przeliczeniowych LU (ang. <i>Land Units</i>). • Uwzględnienie zmiany w czasie wielkości obszarów objętych poszczególnymi systemami uprawy
Skala czasowa	• Roczny krok czasowy symulacji • Maksymalna długość analiz to 60 lat
Wytwarzanie i wykorzystywanie danych biofizycznych	• Dane dotyczące rocznego plonu pozyskiwane z zewnętrznego źródła (np. z modeli biofizycznych)
Platforma i interfejs	• Model arkusza kalkulacyjnego wykorzystujący łatwo dostępną i niekosztowną platformę • Bezpośredni interfejs z możliwością wyboru wersji językowej
Dane wejściowe i wyjściowe	• Zmniejszenie wymagań wejściowych poprzez przechowywanie kluczowych parametrów w modelu • Wykorzystanie bazy danych do przechowywania kluczowych parametrów i danych finansowych • Wygenerowanie danych wyjściowych w postaci tabelarycznej i graficznej

Źródło: Graves i in., 2011 (10)

W ramach sekcji *Opcje* (ang. *Options section*) użytkownik określa odpowiedni system uprawy, definiuje dane finansowe, ceny, dofinansowania, koszty oraz plan sadzenia. Parametry te są definiowane dla poszczególnych jednostek przeliczeniowych LU (8). Natomiast w sekcji *Wyniki* (ang. *Results*) przedstawione są otrzymane wartości rentowności, produkcji oraz zapotrzebowania na pracowników (8, 10). Wyniki prezentowane są w postaci graficznej oraz tabelarycznej (8). W modelu każdy scenariusz uprawy może być zapisywany w postaci oddzielnego pliku, umożliwiając w ten sposób jego ponowne wykorzystanie bez konieczności ponownego wprowadzania danych, co przyspiesza przeprowadzenie kolejnych analiz (10).

Arkusze *System rolny* (ang. *Arablesystem*), *System leśny* (ang. *Foresystem*) oraz *System rolno-leśny* (ang. *Agroforestrysystem*) przedstawiają podstawowe dane biofizyczne związane z danym systemem uprawy. Natomiast arkusze *Finanse systemu rolnego* (ang. *Arablefinance*), *Wartość drzew* (ang. *Treevalue*), *Dofinansowanie do zadrzewiania i pielęgnacji drzew* (ang. *Treegrant*) oraz *Koszty związane z uprawą drzew* (ang. *Treecost*) zawierają podstawowe dane ekonomiczne związane z poszczególnymi systemami uprawy (8, 10). Schemat relacji pomiędzy poszczególnymi arkuszami modelu został przedstawiony na Rys. 2. Komórki oznaczone kolorem niebieskim dotyczą ekonomiki gospodarstw, kolorem żółtym - systemu rolnego, a kolorem zielonym - systemu leśnego (10).

Dane finansowe związane z systemem rolnym przedstawione są w arkuszu *Finanse systemu rolnego* i obejmują:

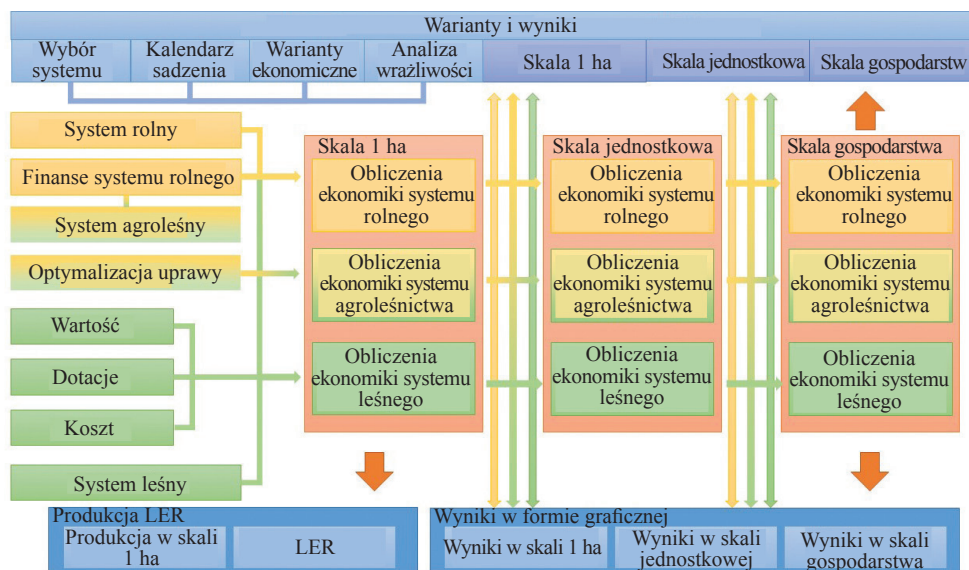
- Przychody (z plonu głównego i ubocznego oraz płatności obszarowej),
- Koszty zmienne (związane z siewem, nawożeniem, ochroną roślin),
- Koszty stałe (koszt zakupu paliwa, naprawy maszyn, koszty związane z zatrudnieniem),
- Koszty i przychody związane z produkcją zwierzęcą (8).

Dane finansowe związane z uprawą drzew obejmują:

- Dochód z produkcji drewna. Arkusz *Wartość drzew* zawiera informacje dotyczące ceny produktów drzewnych, ceny drewna opałowego oraz innych produktów ubocznych pochodzenia drzewnego. Wartość drewna powinna być wyznaczona na podstawie zależności ceny od średnicy drzewa. W wielu krajach zaobserwowano, że wraz ze wzrostem średnicy drzewa zwiększa się jego cena jednostkowa.
- Koszty przedstawione w arkuszu *Koszty związane z uprawą drzew* możemy podzielić na sześć grup, tj. koszty związane z: założeniem uprawy (np. zakupu sadzonek, przygotowania gleby), pielęgnacją (np. zakupu środków ochrony roślin), podkrzesywaniem gałęzi, ubezpieczeniem, trzebieżą oraz zrębem zupełnym.
- Dotacje przedstawione w arkuszu *Dofinansowanie do zadrzewiania i pielęgnacji drzew*. Arkusz zawiera dane o dotacjach oraz ubezpieczeniach powiązanych z uprawą drzew. Wartość dotacji jest szeroko zróżnicowana pomiędzy krajami Unii Europejskiej. Ubezpieczenia oraz dofinansowania na utrzymanie uprawy są często przyznawane w ramach systemów leśnych, a ich wartość w modelu jest definiowana przez użytkownika (3, 8, 10).

Model Farm-SAFE uwzględnia dwa główne typy dotacji: dotacja na zadrzewianie/zalesianie oraz dotacja na utrzymanie uprawy wraz z ubezpieczeniem. W modelu, dofinansowanie związane z założeniem uprawy drzew posiada trzy różne podejścia:

- Dofinansowanie jest odniesione do powierzchni, na której drzewa w danym systemie są uprawiane - np. w systemie leśnym drzewa obejmują 100% powierzchni systemu, dlatego też dofinansowanie obejmuje całą jego powierzchnię.
- Dofinansowanie jest przyznawane w kwocie odpowiadającej procentowej wartości dofinansowania zdefiniowanej przez użytkownika.
- Dofinansowanie jest związane z kosztem założenia uprawy drzew (m.in. koszt pracy, koszt zakupu sadzonek). Dla tego podejścia niezbędne jest zdefiniowanie okresu, w którym przyznawane jest dofinansowanie oraz procent kosztów jaki pokrywa (8).



Rys. 2. Schemat modelu Farm-SAFE składający się z ośmiu podstawowych arkuszy

Źródło: Graves i in., 2006 (8)

Analizy ekonomiczne systemów uprawy

Do przeprowadzenia analiz ekonomiki gospodarstw niezbędne jest zebranie danych dotyczących dochodów oraz kosztów związanych z poszczególnymi systemami uprawy: systemem rolnym, leśnym i rolno-leśnym. Koszty w gospodarstwach rolnych związane są głównie z założeniem oraz prowadzeniem (pielęgnacją) uprawy. Przychody w systemach leśnych i rolno-leśnych pochodzą z produkcji drewna oraz z dofinansowań. Dochody z produkcji drewna obliczane są na podstawie ceny metra sześciennego drewna i średnicy drzewa (12). Z uwagi na to, że wartość dotacji

warunkuje rentowność poszczególnych systemów uprawy, tematem wielu prac (5, 10) jest analiza różnych scenariuszy dotacji.

Analiza opłacalności systemów rolno-leśnych bazuje na współczynniku ekwiwalentu terenowego LER (ang. *Land Equivalent Ratio*), który definiuje stosunek powierzchni uprawy w monokulturze do powierzchni upraw w systemie mieszanym np. agroleśnictwa (11). Współczynnik LER jest opisany na podstawie poniższej funkcji (12):

$$\text{LER} = \frac{\text{Plon drzew (agroleśnictwo)}}{\text{Plon drzew (monokultura)}} + \frac{\text{Plon rośliny uprawnej (agroleśnictwo)}}{\text{Plon rośliny uprawnej (monokultura)}}$$

Bazując na parametrze LER możemy określić, że system agroleśnictwa jest bardziej opłacalny w stosunku do pozostałych systemów, gdy jego wartość (np. obliczona przez model YieldSAFE) jest większa od 1 (12). Z badań wynika, że najbardziej korzystne, wysokie wartości współczynnika LER, występują w przypadku dużej gęstości drzew. W sytuacji dużego zagęszczenia, drzewa oraz jesienne rośliny uprawne w całkowity sposób wykorzystują dostępne zasoby światła oraz wody, produkując w ten sposób dodatkową biomasę. Natomiast niskie wartości LER wynikały z małego zagęszczenia upraw, a także niskiej zawartości wody w glebie (10).

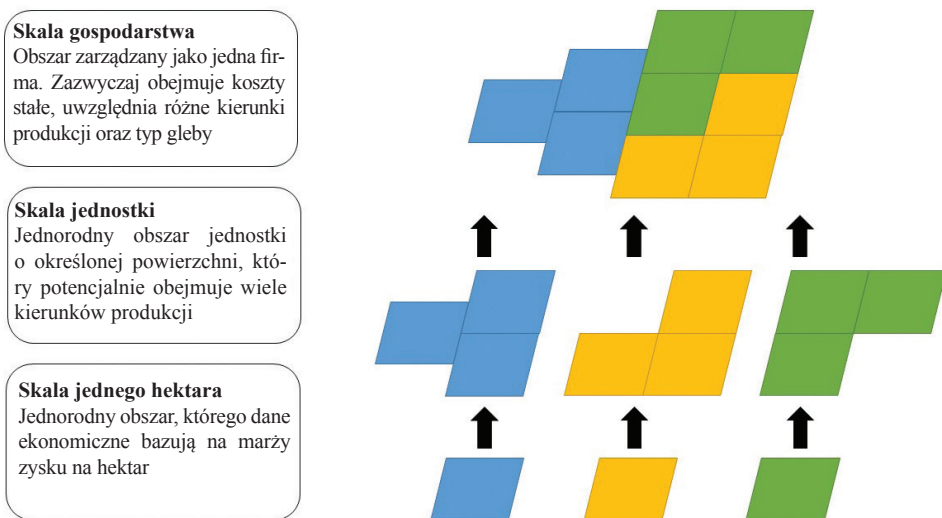
Analiza ekonomiczna gospodarstw przeprowadzona na podstawie parametru LER nie jest wystarczająca. Dlatego też, badanie rentowności systemów rolno-leśnych według Graves i in. (11) powinno składać się z następujących etapów:

1. Zdefiniowanie i scharakteryzowanie obszarów pod uprawę w systemie rolno-leśnym.
2. Zdefiniowanie potencjalnych systemów rolnych, leśnych i rolno-leśnych.
3. Symulacja plonu przy wykorzystaniu modeli biofizycznych, (np. YieldSAFE).
4. Określenie wartości dochodów, kosztów oraz dofinansowań związanych z badanym obszarem.
5. Wykonanie analiz w skali 1 ha i skali gospodarstwa przy wykorzystaniu modelu ekonomicznego (np. Farm-SAFE).

Skale przestrzenne analiz ekonomicznych

Wyniki analiz ekonomiki systemów upraw odnoszone są do jednej z trzech skali przestrzennych, tj.: skali jednego hektara, skali pola lub skali gospodarstwa (Rys. 3). Różnice pomiędzy modelowaniem w skali jednego hektara a modelowaniem w skali gospodarstwa zostały przedstawione w Tab. 2. Skala jednego hektara jest najmniejszą skalą przestrzenną analiz i zakłada prowadzenie tylko jednego systemu uprawy na całości analizowanego obszaru (11). Odniesiona do skali 1ha analiza porównawcza systemów rolnych z pozostałymi systemami bazuje na marży brutto (tj. wartości dochodów pomniejszonej o koszty stałe). Natomiast przy porównywaniu systemów rolnych i leśnych analizowana jest marża netto uwzględniająca „przypisane koszty

stałe”, tj. koszty maszyn i pracy. Analizy odniesione do skali gospodarstwa określają wpływ zestawienia systemów rolnych, leśnych i rolno-leśnych na jego zasoby finansowe. (11). Uwzględniają one koszty stałe oraz opodatkowanie (8). Skala 1 ha wykorzystywana jest do oceny rentowności, natomiast skala gospodarstwa stosowana jest w analizach opłacalności systemów polegającej na porównaniu konkurencyjnych systemów uprawy (np. porównaniu systemu leśnego z systemem rolno-leśnym); (11).



Rys. 3. Schemat zróżnicowania skali przestrzennych w modelowaniu. Opracowanie własne na podstawie (10)

Źródło: Graves i in., 2011 (10)

Tabela 2

Różnice pomiędzy modelowaniem w skali jednego hektara a modelowaniem w skali gospodarstwa

Skala jednego hektara	Skala gospodarstwa
Wykorzystywana do porównywania gospodarstw rolnych	Wykorzystywana do porównywania rentowności gospodarstw oraz nakładów pracy
Porównanie w odniesieniu do jednostkowej powierzchni	Porównanie ponad zdefiniowaną przez użytkownika powierzchnię
Dla systemu leśnego i rolno-leśnego możliwość zdefiniowania wyłącznie jednego terminu sadzenia oraz zrębu zupełnego	Dla systemu leśnego i rolno-leśnego możliwość zdefiniowania kilku terminów sadzenia oraz zrębu zupełnego
Brak niejednorodności przestrzennej	Niejednorodność przestrzenna
Analizy oparte są na budżetach częściowych konkurujących gospodarstw rolnych	Analizy mogą uwzględniać koszty stałe gospodarstwa

Źródło: Graves i in., 2011 (10)

Analizy ekonomiczne w skali 1 ha

W większości europejskich gospodarstw rolnych dominuje rolny system uprawy, związany z przychodami (R) oraz kosztami zmiennymi (V) odniesionymi do jednostki powierzchni (np. 1 ha). W systemie rolnym koszty zmienne wynikają głównie z zakupu nawozów, nasion oraz środków ochrony roślin (5). Dlatego też, rentowność poszczególnych systemów rolnych jest porównywana na podstawie rocznej marży brutto odniesionej do skali 1 ha, która jest określana jako różnica pomiędzy przychodem (R, € ha⁻¹) a kosztami zmiennymi (V, € ha⁻¹) (12). Z funkcjonowaniem gospodarstw rolnych związane są również koszty stałe (A), tj. koszty wynikające z zatrudnienia pracowników oraz utrzymania maszyn rolniczych (5). Ze względu na długoletnie funkcjonowanie systemów rolno-leśnych i leśnych, ich analiza porównawcza bazuje na marży netto. Marża netto stanowi różnicę pomiędzy przychodem (R, € ha⁻¹) a kosztami zmiennymi (V, € ha⁻¹) oraz kosztami stałymi (A, € ha⁻¹) i jest określona poniższym wzorem (10):

$$\text{Marża netto} = R - V - A$$

Istotnym problemem podczas porównywania systemów rolnych z systemami leśnymi jest znacząca różnica w czasie uzyskania przychodów. Dochody z systemów rolnych są pozyskiwane w ciągu dwunastu miesięcy, podczas gdy z systemów leśnych pozyskiwane są one dopiero po wielu latach (5, 10). Dlatego też, do określenia wartości przyszłych kosztów i dochodów, zarówno w systemach rolnych jak i leśnych oraz rolno-leśnych, stosowana jest metoda analizy zdyskontowanych kosztów i korzyści opracowana przez F a u s t m a n n (7; za: 5). Dyskontowanie umożliwia bezpośrednie porównanie wartości bieżącej danej kwoty z kwotą pieniędzy uzyskiwaną w danym momencie w przyszłości. Ze względu na inflację, większość rolników chce w jak najszybszym czasie uzyskać przychody (5). Dlatego też, w modelu Farm-SAFE, bieżąca wartość netto przyszłych przychodów i kosztów (NPV) obliczana jest poprzez podzielenie ich wartości przez przyjętą stopę dyskontową i (przyjmującą głównie wartości od 0.0 do 0.1) (10, 12). Jeżeli NPV dla systemów rolno-leśnych jest większa niż dla pozostałych systemów, wtedy możliwa jest adaptacja tego systemu. Wartość NPV obliczana jest na podstawie poniższego wzoru (17):

$$NPV = \sum_{t=0}^{t=T} \frac{(R_t - V_t - A_t)}{(1 + i)^t}$$

gdzie:

NPV – wartość bieżąca netto (€ ha⁻¹) określona dla każdego roku t,

R_t – przychód (€ ha⁻¹) określony dla każdego roku t,

V_t – koszty zmienne (€ ha⁻¹) określone dla każdego roku t,

A_t – ustalone koszty zmienne (€ ha⁻¹) określone dla każdego roku t,

t – horyzont czasowy (lata),

i – stopa dyskontowa.

Co więcej, analiza systemów stosujących różne zmianowania bazuje na wartości bieżącej netto dla nieskończonych przepływów pieniężnych (iNPV) (12). Wartość iNPV obliczana jest wzorem (5, 10, 12):

gdzie:

$$iNPV = NPV \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

NPV – wartość bieżąca netto określona na nieskończony horyzont czasowy, w którym każdy cykl produkcji posiada n-letnie zmianowanie,

i – stopa dyskontowa.

Ze względu na to, że w systemach rolnych zyski obserwowane są już po okresie jednego roku, porównywanie tych systemów z systemami leśnymi i rolno-leśnymi bazuje na ekwiwalencie wartości rocznej (EAV, ang. *Equivalent Annual Value*, € ha⁻¹ a⁻¹) (17). EAV wyraża wartość bieżącą netto dla nieskończonych przepływów pieniężnych (iNPV) i jest określana wzorem (5, 10).

$$EAV = iNPV \times i$$

gdzie:

iNPV – wartość bieżąca netto dla nieskończonych przepływów pieniężnych,

i – stopa dyskontowa.

Analizy ekonomiczne w skali gospodarstwa

Jak omówiono wcześniej, model Farm-SAFE umożliwia odniesienie przeprowadzonych analiz ekonomicznych do skali 1ha oraz do skali gospodarstwa. W modelu gospodarstwo może zostać scharakteryzowane jako co najwyżej cztery jednostki przeliczeniowe LU (ang. *Land Units*) reprezentujące dany poziom produktywności. Użytkownik zobowiązany jest do określenia powierzchni każdej z nich (a_{lu} , ha). Przykładem może być gospodarstwo o powierzchni 150 ha, którego 50 ha stanowi gleba piaszczysta a 100 ha – gleby gliniaste. Zatem wspomniane gospodarstwo składa się z dwóch LU o powierzchni 50 i 100 ha (10).

W analizach porównawczych, systemów leśnych i rolno-leśnych, odniesionych do skali jednostkowej, zakłada się, że wszystkie drzewa w obrębie gospodarstwa zostaną posadzone w ciągu pierwszego roku. Niestety takie podejście skutkuje poważnymi zakłóceniami w przepływie pieniędzy i zapotrzebowaniu na pracę (8, 10). Dlatego też, model Farm-SAFE uwzględnia etapowy system sadzenia poprzez zdefiniowanie na jakiej części gospodarstwa sadzono drzewa i w jakim okresie (10).

Co więcej, porównywanie systemów, które przynoszą zyski dopiero po kilku latach (systemów leśnych i rolno-leśnych) wymaga przeprowadzenia analiz odniesionych do długiego okresu czasu. W analizach tych należy uwzględnić zmianę wartości pieniądza w czasie, a wartości finansowe należy dyskontować w miarę upływu

czasu. Analiza porównawcza bazuje na wartości bieżącej netto NPV przy określonej stopie dyskontowej i (8). Analiza opłacalności systemów na poziomie gospodarstwa bazuje na bieżącej wartości netto NPV oraz bieżącej wartości netto dla nieskończonych przepływów pieniężnych iNPV określanych na podstawie poniższych wzorów: (10, 12).

$$NPV_{farm} = \left(\sum_{l=1}^{l=4} \left(\sum_{t=0}^{t=T} \frac{(N_{ar})_t (a_{ar})_t + (N_{for})_t (a_{for})_t + (N_{sil})_t (a_{sil})_t}{(1+i)^t} \right) \right) - \sum_{t=0}^{t=T} \frac{F_t}{(1+i)^t}$$

$$iNPV_{farm} = \left(\sum_{l=1}^{l=4} N_{ar} a_{ar} + N_{for} a_{for} + N_{sil} a_{sil} - \sum_{t=0}^{t=T} \frac{F_t}{(1+i)^t} \times \frac{(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right)$$

gdzie:

l – jedno z czterech możliwych jednostek przeliczeniowych LU ,

t – rok uprawy,

N_{ar} , N_{for} , N_{sil} – marża netto dla systemu rolnego, leśnego i rolno-leśnego (€ ha⁻¹),

a_{ar} , a_{for} , a_{sil} – powierzchnia systemu rolnego, leśnego i rolno-leśnego (ha),

F_t – koszty stałe w roku t (€ gospodarstwo⁻¹),

T – horyzont czasowy (lata).

Koszty związane z systemem rolnym

Koszty związane z systemem rolnym dzielą się na koszty stałe oraz koszty zmienne (8). Koszty zmienne są w łatwy sposób przyporządkowane dla danego gospodarstwa i rosną proporcjonalnie do jego skali (4). Koszty zmienne wynikają głównie z zakupu nasion, nawozów, środków ochronny roślin (8). Czasami koszt związany z pracą dorywczą również traktowany jest jako koszt zmienny (4).

Koszty stałe nie zmieniają się w zależności od skali gospodarstwa (4). Do kosztów stałych związanych z systemem rolnym należą koszty związane z: maszynami rolniczymi (zakupem paliwa, naprawą, amortyzacją), zatrudnieniem pracowników, czynszem, dzierżawą oraz odsetkami (4, 8).

Koszty związane z systemem leśnym i rolno-leśnym

Koszty związane z uprawą drzew w systemie leśnym i rolno-leśnym dzielą się na koszty związane z ubezpieczeniami, założeniem, pielęgnacją i likwidacją uprawy. Koszty wynikające z założenia uprawy związane są głównie z zakupem sadzonek, przygotowaniem gruntu, ochroną drzew oraz zatrudnieniem. Koszty obserwowane podczas etapu pielęgnacji wynikają głównie z zatrudnienia, zakupu środków ochrony roślin, założenia darni, trzebieży oraz podkrzesywania gałęzi (8).

Istotną praktyką pielęgnacji drzewostanu jest trzebież, tj. cięcie pielęgnacyjne zmniejszające zagęszczenie drzewostanu, polegające na usunięciu wybranych

(chorych i karłowatych) drzew (3). Trzebież poprawia rozwój pozostałych drzew, o pokroju wskazującym na większy potencjał produkcyjny oraz lepszą jakość drewna. Wpływ przycinki na produkcję drewna został opisany w pracy van Noordwijk i in. (3).

Kolejną praktyką pielęgnacji drzew jest boczne podkrzesywanie gałęzi (przycinka), skutkujące pozyskiwaniem wartościowego drewna bezsękowego oraz podnoszeniem wydajności produkcji poprzez szybszy wzrost i rozwój drzew przy większym dostępie do zasobów promieniowania słonecznego (10). W modelu Farm-SAFE użytkownik definiuje lata, w których gałęzie są podkrzesywane. Alternatywnie okres ten jest wyznaczany w sposób automatyczny. Minimalna, maksymalna wysokość podkrzesywania oraz przyrost wysokości pnia poprzez podkrzesywanie jest również charakteryzowana przez użytkownika (8). Co więcej, wysokość pnia w roku n ($H_{bole,n}$) określana jest jako suma wysokości pnia w momencie sadzenia ($H_{bole,t=0}$) i jego przyrostu powodowanego podkrzesywaniem (ΔH_{bole}) i wyznaczona jest na podstawie poniższego wzoru (10):

$$(H_{bole})_n = (H_{bole})_{t=0} + \sum_{t=0}^{t=n} \Delta H_{bole}$$

Praktyka usuwania zbędnych gałęzi jest uwzględniana, gdy ostatnia wysokość pnia nie przekracza zdefiniowanej przez użytkownika, maksymalnej wysokości podkrzesywania bądź maksymalnej proporcji całkowitej wysokości drzewa. Koszt pracy podkrzesywania gałęzi w odniesieniu do skali 1 ha wyznaczany jest na podstawie nakładów pracy (L_p , min), kosztów pracy (€ min^{-1}) oraz wskaźnika zagęszczenia (p). Nakłady pracy na danej wysokości są interpolowane na podstawie zdefiniowanych wartości nakładów pracy na minimalnej i maksymalnej wysokości (10).

Kluczowym problemem systemów rolno-leśnych jest spadek plonowania wraz z rozwojem koron drzew, z drugiej jednak strony uprawa rolna nie jest zawsze opłacalna. Dlatego też, w przeprowadzanych analizach uwzględniane jest zaprzestanie produkcji rolnej. W modelu określany jest finansowy i fizyczny próg dla upraw rolnych, a także wyznaczana jest optymalna długość rotacji. W przypadku zaprzestania uprawy rolnej, częstą praktyką jest zadarnienie gruntu. W modelu definiowany jest czas wysiewu traw, wraz z nakładami i kosztami pracy, a także kosztami materiałów. Uwzględniane są również koszty utrzymania darni (10).

Bardzo często wraz ze wzrostem uprawianych drzew rolnik redukuje proporcję uprawianej powierzchni. Model Farm-SAFE definiuje względną powierzchnię uprawianą (f_c) na podstawie proporcji całego systemu. W systemach rolnych f_c wynosi 1, natomiast w systemach rolno-leśnych przyjmuje wartości pomiędzy 0 i 1. Z uwagi na odniesienie danych finansowych i fizycznych do powierzchni uprawianej, końcowa marża netto systemów rolnych (N_c) w danym roku t pomnóżana jest przez wartość proporcji powierzchni uprawianej (10) (wzór):

$$N_c = f_c(R - V - A)$$

W przypadku systemów leśnych i rolno-leśnych, wiele drzew wymiera w początkowych latach uprawy, co wiąże się ze znacznymi kosztami ich wymiany (10). W modelu uwzględniona jest więc praktyka polegająca na uzupełnianiu drzewostanu poprzez dosadzanie drzew (8). Użytkownik definiuje liczbę lat od rozpoczęcia uprawy (T_{per}), w których współczynnik umieralności – również definiowany przez użytkownika - dotyczy wszystkich uprawianych drzew. Zakłada się, że dla danego roku t liczba uzupełniających drzew (ρ_b) zależy od zasadzonych drzew (ρ_{pl}) w poprzedzającym roku $t-1$ (wzór) (10):

$$\begin{cases} \rho_b = (\rho_{pl})_{t-1}, & \text{gdy } T_r \leq T_{per} \\ \rho_b = 0, & \text{gdy } T_r > T_{per} \end{cases}$$

Model uwzględnia również zmianę obszaru uprawy danego systemu w czasie, ale tylko w obrębie jednej jednostki przeliczeniowej LU (8). W miarę upływu czasu w ramach systemów rolno-leśnych i leśnych będą występowały obszary, gdzie drzewa zostaną całkowicie wycięte oraz gdzie drzewa zostaną posadzone ponownie. Dlatego też, powierzchnia na jakiej – w danym roku t – prowadzony jest system leśnictwa (a_{for}) i agroleśnictwa (a_{sil}) obliczana jest w modelu na podstawie poniższych wzorów (10):

$$\begin{aligned} (a_{for})_t &= (a_{for})_{t-1} + (a_{newfor})_t - (a_{fellfor})_t \\ (a_{sil})_t &= (a_{sil})_{t-1} + (a_{newsil})_t - (a_{fellsil})_t \end{aligned}$$

gdzie:

a_{fell} – obszary całkowitej wycinki drzew,

a_{new} – obszary sadzenia nowych drzew.

Wyniki uzyskiwane z modelu Farm-SAFE

Model Farm-SAFE prezentuje wyniki w formie tabelarycznej oraz graficznej. Tabelaryczna prezentacja wyników obejmuje rzeczywiste i zdyskontowane wartości przychodów (z uwzględnieniem przyznanych dotacji i bez ich uwzględniania) oraz wartości kosztów systemów rolnych, leśnych i rolno-leśnych w odniesieniu do skali: 1 ha, jednostkowej i gospodarstwa. Wyniki obejmują także nakłady pracy (8, 10).

Graficzny sposób prezentacji wyników obejmuje m.in. analizę: parametrów zmiennych w czasie (plonowanie, przepływ pieniędzy), zmian w powierzchni poszczególnych systemów uprawy na skutek różnych układów sadzenia drzew, zmian stóp dyskontowych na NPV. Analiza zmian nakładów pracy w czasie jest dość utrudniona. Dla systemów rolnych i leśnych obserwowane są gwałtowne zmiany nakładów pracy w czasie, natomiast w przypadku systemów rolnych zmiany te są znacznie mniejsze. Graficzna analiza dynamicznych skutków wprowadzenia poszczególnych systemów uprawy ma na celu ułatwienie oceny, który sposób gospodarowania posiada największe szanse powodzenia (10).

Istotną zaletą modelowania jest możliwość określenia czułości zmiany parametrów wejściowych na otrzymane wyniki przeprowadzonych analiz (10). W modelu Farm-SAFE modelowany jest wpływ zmian względnych wartości produkcji, plonu, dofinansowań, cen, nakładów pracy oraz kosztów na wartość marży netto danego gospodarstwa (8). Analizowane zmiany są definiowane przez użytkownika i głównie przyjmują wartości w zakresie od 0 do 2. Następnie, badany jest wpływ stopniowych zmian danego parametru wejściowego (zazwyczaj proporcja pomiędzy -0.1 a 0.1) np. kosztów pracy oraz uprawy drzew. Analizując wartość NPV przy różnych stopach dyskontowych, zaobserwowano, że dla systemów rolnych wyższe stopy dyskontowe skutkują wyższym NPV, natomiast dla systemów leśnych i rolno-leśnych niższe stopy dyskontowe skutkują wyższym NPV (10).

Podsumowanie

Podjęcie decyzji o wyborze sposobu użytkowania gruntów w gospodarstwie wymaga przeprowadzenia szczegółowej analizy ekonomicznej w dłuższym okresie, uwzględniającej różne scenariusze użytkowania. Dywersyfikacja produkcji w kierunku jednoczesnej produkcji drzew i roślin uprawnych na tej samej powierzchni gruntu może przynieść wiele korzyści zarówno ekonomicznych jak i środowiskowych. Jednak korzyści te uwarunkowane są wieloma czynnikami (np. położeniem gospodarstwa, klimatem, rynkowymi cenami poszczególnych produktów oraz dostępnością dotacji). Dlatego też, skutki adaptacji systemów rolno-leśnych powinny być badane indywidualnie dla każdego gospodarstwa. Empiryczna analiza porównawcza (zarówno ekonomiczna jak i biofizyczna) poszczególnych systemów uprawy jest ograniczona ze względu na jej długi czas trwania. Analiza ta może zostać przeprowadzona przy wykorzystaniu modelowania, którego analizy nie posiadają ograniczeń ani czasowych, przestrzennych ani ekonomicznych.

Istnieje wiele modeli wykorzystywanych do analizy rentowności poszczególnych systemów uprawy. Wybór odpowiedniego modelu uwarunkowany jest celem analiz, kosztem, oraz dostępnością oprogramowania. Istotna jest również dostępność danych wejściowych wymaganych dla danego modelu. Głównym problemem wynikającym z modelowania jest jednoczesna analiza zarówno roślin uprawnych (w systemach rolnych i rolno-leśnych) przynoszących zyski po upływie zaledwie jednego roku oraz upraw drzew, które przynoszą zyski dopiero po kilku latach (w systemach rolno-leśnych i leśnych).

Omawiany model Farm-SAFE umożliwia przeprowadzenie analizy ekonomiki gospodarstw rolnych. Ze względu na wykorzystanie platformy oprogramowania *Microsoft Excel* jest on łatwo dostępny dla użytkowników pochodzących z różnych krajów UE. Model ten porównuje systemy rolne, leśne i rolno-leśne poprzez analizę: marży netto, bieżącej wartości netto, bieżącej wartości netto dla nieskończonych przepływów pieniężnych, ekwiwalentu wartości rocznej oraz nakładów pracy. Umożliwia on również przeprowadzenie analizy czułości zmiany wielkości produkcji,

dotacji oraz cen na rentowność poszczególnych systemów. Model ten więc może być wykorzystywany jako narzędzie wspomagające podejmowanie decyzji o sposobie użytkowania gruntów w gospodarstwie.

Literatura

1. Borek R.: Znaczenie systemów rolno-leśnych i możliwości wsparcia ich rozwoju w ramach Wspólnej Polityki Rolnej UE. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego., 2016, **1**: 22-38.
2. Brown D. R.: A review of bio-economic models. Cornell African Food Security and Natural Resource Management (CAFSNRM) Program, 2000, ss. 102.
3. Burgess P. J., Incoll L. D., Hart B. J., Beaton A., Piper R. W., Seymour I., Reynolds F. H., Wright C., Pilbeam D. J., Graves A. R.: The impact of silvoarable agroforestry with poplar on farm profitability and biological diversity. Cranfield University, University of Leeds and the Royal Agricultural College, London, 2003.
4. Definitions of Terms used in Farm Business Management. Defra. Department for Environment Food and Rural Affairs. 2010. <http://www.neat-network.eu/sites/neat-network.eu/files/Definition%20of%20terms.pdf>
5. Dupraz C., Burgess P. J., Gavaland A., Graves A. R., Herzog F., Incoll L. D., Jackson N., Keesman K., Lawson G., Lecomte I., Mantzanas K., Mayus M., Palma J., Papanastasis V., Paris P., Pilbeam D. J., Reisner Y., van Noordwijk M., Vincent G., van der Werf W.: 2005. SAFE (Silvoarable agroforestry for Europe) Synthesis report (August 2001–January 2005), 2005.
6. Fang S., Xu X., Yu X., Li Z.: Poplar in wetland agroforestry: a case study of ecological benefits, site productivity, and economics. Wetlands Ecology and Management, 2005, **13.1**: 93-104.
7. Faustmann M.: F Berechnung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen. Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung, 1849, **15.1849**: 7-44.
8. Graves A. R., Burgess P. J., Herzog F., Palma J.: Farm-SAFE 2006 User Manual, 2006.
9. Graves A. R., Burgess P. J., Liagre F., Pisanelli A., Paris P., Moreno G., Bellido M., Mayus M., Postma M., Schindler B., Mantzanas K., Papanastasis V. P., Dupraz C.: Farmer perceptions of silvoarable systems in seven European countries. Agroforestry in Europe. Springer Netherlands, 2009, 67-86.
10. Graves A. R., Burgess P. J., Liagre F., Terreaux J. P., Borrel T., Dupraz C., Palma J., Herzog F.: Farm-SAFE: the process of developing a plot-and farm-scale model of arable, forestry, and silvoarable economics. Agroforestry systems, 2011, **81.2**: 93-108.
11. Graves A. R., Burgess P. J., Liagre F., Terreaux J. P., Dupraz C.: Development and use of a framework for characterising computer models of silvoarable economics. Agroforestry Systems, 2005, **65.1**: 53-65.
12. Graves A. R., Burgess P. J., Palma J. H., Herzog F., Moreno G., Bertomeu M., Dupraz C., Liagree F., Keesmanf, K., van der Werf, W., de Nooyg A. K., van den Briel J. P.: Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable, and forestry systems in three European countries. Ecological Engineering, 2007, **29.4**: 434-449.
13. Graves A., Burgess P., Herzog F., Palma J.: Quick user guide to Farm-SAFE 2006, 2006.
14. Kanellopoulos A., Reidsma P., Wolf J., Van Ittersum M. K.: Assessing climate change and associated socio-economic scenarios for arable farming in the Netherlands: an application of benchmarking and bio-economic farm modelling. European J. Agron., 2014, **52**: 69-80.
15. Liagre F.: ARBUSTRA Manuel de l'utilisateur. User manual for ARBUSTRA, Centre Régional de la Propriété Forestière (CRPF) and l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) Montpellier, France, 1997.
16. Luedeling E., Smethurst P. J., Baudron F., Bayala J., Huth N. I., van Noordwijk M., Ong C. K., Mulia R., Lusiana B., Muthuri C., Sinclair F. L.: Field-scale modeling of tree-crop interactions: Challenges and development needs. Agricultural Systems, 2016, **142**: 51-69.

17. Mercer D. E., Cubbage F. W., Frey G. E.: Economics of Agroforestry, 2014, 188-209.
18. Mercer D. E., Miller R. P.: Socioeconomic research in agroforestry: progress, prospects, priorities. *Agroforestry Systems*, 1997, **38.1-3**: 177-193.
19. Mobbs D. C., Cannell M. G. R., Crout N. M. J., Lawson G. J., Friend, A. D., Arah J.: Complementarity of light and water use in tropical agroforests: I. Theoretical model outline, performance and sensitivity. *Forest Ecology and Management*, 1998, **102.2**: 259-274.
20. Moorhead D. J., Dickens E. D.: Agroforestry: a profitable land use. An overview of the 12th North American Agroforestry Conference. *Agroforestry Systems*, 2012, **86.3**: 299-302.
21. Pannell D. J.: Social and economic challenges in the development of complex farming systems. *Agroforestry Systems*, 1999, **45.1**: 395-411.
22. Thomas T.H.: A spreadsheet approach to the economic modelling of agroforestry systems. *Forest Ecology and Management*, 1991, **45.1-4**: 207-235
23. van der Werf W., Keesman K., Burgess P., Graves A., Pilbeam D., Incoll L. D., Metselaara K., Mayusa M., Stappersa R., van Keulene H., Palmaf J., Dupraz C.: A parameter-sparse, process-based dynamic model for predicting resource capture, growth, and production in agroforestry systems. *Ecological engineering*, 2007, **29.4**: 419-433.
24. van Noordwijk M., Lusiana B.: WaNuLCAS, a model of water, nutrient and light capture in agroforestry systems. *Agroforestry for Sustainable Land-Use Fundamental Research and Modelling with Emphasis on Temperate and Mediterranean Applications*. Springer Netherlands, 1999, 217-242.
25. Wojtkowski P.A., Jordan C. F., Cubbage F. W.: Bioeconomic modeling in agroforestry: a rubber-cacao example. *Agroforestry Systems*, 1991, **14.2**: 163-177.
26. Zajączkowski J., Zajączkowski K.: Farmland afforestations: new goals and guidelines for Poland, 2009.

Adres do korespondencji:

mgr Aleksandra Król
Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 4786 897
e-mail: akrol@iung.pulawy.pl