UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU
WYDZIAŁ LEŚNY I TECHNOLOGII DREWNA
KATEDRA TECHNIKI LEŚNEJ

DAMIAN MORDAS

Autoreferat rozprawy doktorskiej

MODEL OPTYMALIZACJI WIELKOŚCI PRODUKCJI SADZONEK W LEŚNYCH SZKÓŁKACH KONTENEROWYCH

Production size optimization model of seedlings in forest container nurseries

Rozprawa wykonana pod kierunkiem:
prof. UPP dr hab. inż. Krzysztof Jabłoński
w Katedrze Techniki Leśnej

POZNAŃ 2020

WSTĘP

Podstawowym celem każdego osobnika wszystkich gatunków na Ziemi jest pozostawienie po sobie potomstwa z przekazaniem mu nabytych i wykształconych w procesie ewolucji cech, również tych przysposabiających dany gatunek do lokalnych warunków środowiskowych. W przypadku lasu, najbardziej złożonego ekosystemu na Ziemi, proces ten poprzez samoodnawianie się stanowi jego naturalną cechę.

Najwcześniej naturalne zbiorowiska leśne przekształcono na produkcyjne w Europie, gdzie od ponad dwustu lat na wielu powierzchniach leśnych zaczęły dominować monokultury lub uprawy złożone co najwyżej z kilku, pożądanych przez człowieka gatunków drzew leśnych (Szabla i Pabian 2009). Uzyskiwanie odnowienia pożądanych przez człowieka gatunków wymagało rozpoczęcia hodowli sadzonek. Wieloletnie doświadczenie w produkcji materiału sadzeniowego zdobywane na świecie oraz w Polsce zaowocowało powstaniem nowoczesnych technik oraz technologii wykorzystywanych do produkcji materiału sadzeniowego.

Analiza dostępnych publikacji wskazuje na pewien brak opracowań w zakresie optymalnego wykorzystywania posiadanego potencjału produkcyjnego. Prace opisujące nowoczesne technologie produkcji materiału sadzeniowego różnych autorów w większości wyjaśniają zasadność przyjętych schematów postępowania oraz wykorzystywania nowoczesnych technologii i jej zalet. W tym obszarze powstała pewna luka badawcza, której uzupełnienie prowadzonymi badaniami pozwoli, przy wykorzystaniu metod z zakresu programowania liniowego, wskazać na rozwiązania umożliwiające w sposób sprawniejszy i tańszy realizować produkcję materiału sadzeniowego niezbędnego do realizacji zadań, związanych z prowadzoną gospodarką leśną.

1. Cel i zakres pracy

Celem badań było zbudowanie modelu matematycznego wykorzystującego metodę programowania liniowego do przeprowadzania optymalizacji wielkości i zakresu produkcji w szkółkach kontenerowych. Ponadto, postanowiono zbadać:

- jakie czynniki i zasoby środków produkcji determinują jej wielkość,
- zmiany zoptymalizowanego programu produkcji przy zmianie wybranych zasobów środków produkcji,
- koszty produkcji sadzonek w szkółkach o zróżnicowanym potencjale technicznym,

- wybrane szkółki w kierunku posiadanych możliwości produkcyjnych przy posiadanym technicznym wyposażeniu i ich wykorzystaniu w badanym okresie.

Badania obejmowały okres produkcji w latach 2016 i 2017, realizowany w trzech szkółkach kontenerowych, prezentujących różny poziom wyposażenia w środki techniczne oraz różniących się poziomem produkcji oraz rodzajem produkowanych sadzonek. Jako obiekty badawcze wybrano następujące szkółki:

- szkółka kontenerowa doinwestowana, o wysokim stopniu utechnicznienia, położona w Miłogostowicach, na terenie Nadleśnictwa Legnica, RDLP we Wrocławiu,
- szkółka kontenerowa niemodernizowana, położona na terenie Nadleśnictwa Babimost, RDLP w Zielonej Górze,
- szkółka kontenerowa w trakcie rozbudowy, położona w Jarocinie, na terenie Nadleśnictwa Jarocin, RDLP w Poznaniu.

2. Metodyka badań

Praca polegała na opracowaniu modelu optymalizacji produkcji, zebraniu danych wejściowych w terenie, wykonaniu obliczeń optymalizacyjnych dla sytuacji zastanej w wybranych obiektach badawczych (szkółkach) w okresie prowadzonych badań oraz na przeprowadzeniu obliczeń symulacyjnych.

Działania podjęte w celu realizacji założeń przyjętych do badań wymagały podziału zadań na kilka etapów.

Wstępny etap badań związany był z pracami terenowymi w wybranych obiektach szkółkarskich, w celu zebrania jak najszerszego zakresu informacji o poszczególnych obiektach. Główne źródło informacji, związanej z kosztami ponoszonymi w badanych szkółkach, w ramach prowadzonej produkcji sadzonek, stanowiły dokumenty opracowywane i przechowywane w badanych obiektach.

Kolejnym etapem było opracowanie modelu optymalizacji produkcji szkółkarskiej przy wykorzystaniu metody programowania liniowego, co otwierało etap prac kameralnych. Zebrane w terenie dane zostały pogrupowane i przeliczone w taki sposób, aby można było wstawić je do zbudowanego modelu matematycznego.

Opracowany model zastosowano do wykonania obliczeń optymalizacyjnych produkcji szkółkarskiej w wybranych trzech zróżnicowanych względem siebie obiektach.

Następnie dokonano obliczeń symulacyjnych, symulując zwiększanie całkowitej produkcji szkółki.

2.1. Ogólna budowa modelu optymalizacyjnego

Celem zbudowanego modelu optymalizacji wielkości produkcji sadzonek w szkółce była odpowiedź na pytanie, ile produkować poszczególnych rodzajów sadzonek drzew, aby plan produkcji szkółki był najtańszy, a jednocześnie nie zostały przekroczone limity dostępnych środków produkcji (zasobów) i ograniczenia produkcji. Wielkości produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek drzew stanowiły zmienne decyzyjne (X). Model optymalizacyjny zawarty w pracy został opracowany w formie zadania programowania liniowego (PL), które składa się z funkcji celu, warunków bilansowych oraz warunków brzegowych.

Funkcja celu FC stanowiła sumę iloczynów współczynników (parametrów funkcji celu) i zmiennych decyzyjnych i była ona minimalizowana:

Funkcja celu

[1]

$$\mathrm{FC} = \sum_{j=1}^{n} c_j \cdot x_j \rightarrow min$$

gdzie:

x_j – wartość zmiennej decyzyjnej oznaczająca wielkość produkcji sadzonek *j – tego* rodzaju (np. x_1 = So 1/0),

c_j – współczynnik funkcji celu – oznacza wielkość jednostkowego kosztu zmiennego produkcji 1000 szt. sadzonek *j – tego* rodzaju,

n – liczba rodzajów sadzonek.

Warunki bilansowe (ograniczające) miały postać nierówności lub równań, których prawe strony stanowiły limity środków produkcji lub wartości ograniczeń poziomu produkcji, zaś lewe strony przedstawiały sumy iloczynów parametrów technicznych i zmiennych decyzyjnych :

$$a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \ldots + a_{1n} \cdot x_n \lesseqgtr b_1$$

$$a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \ldots + a_{2n} \cdot x_n \lesseqgtr b_2$$

.....

$$a_{m1} \cdot x_1 + a_{m2} \cdot x_2 + \ldots + a_{mn} \cdot x_n \leqq b_m$$

gdzie:

$a_{11}, a_{12}, \ldots, a_{mn}$ – parametry techniczne określający zużycie *i-tego* zasobu produkcji (i = 1,…, m) na wytworzenie jednostki (1000 szt.) sadzonek *j-tego* rodzaju (j = 1,…,n).

$b_1, b_2, \ldots, b_m$ – zasoby poszczególnych środków produkcji (np. dostępny czas pracy) lub ograniczenia (np. zakładany plan produkcji sadzonek gatunków liściastych).

Część spośród warunków ograniczających określała dopuszczalną wielkość produkcji x_j danego rodzaju sadzonek

$$d_j \leqq x_j \leqq g_j$$

gdzie:

d_j – dolne ograniczenie produkcji sadzonek *j - tego* rodzaju,

g_j – górne ograniczenie produkcji sadzonek *j - tego* rodzaju,

Warunki brzegowe stanowiły, że zmienne decyzyjne, a więc wielkości produkcji różnych rodzajów sadzonek nie mogły przyjmować wartości ujemnych:

$$x_1, x_2, \ldots, x_n \geqq 0$$

Aby zaproponowany model optymalizacji profilu produkcji mógł zadziałać, konieczne było określenie następujących parametrów, stanowiących **dane wejściowe** modelu:

c_j – koszty jednostkowe zmienne produkcji sadzonek każdego z potencjalnie produkowanych rodzajów *j*,

a_{ij} – wielkości zużycia poszczególnych zasobów (*i)* koniecznych do wyprodukowania jednostki (1000 szt.) każdego z *j-tego* rodzaju sadzonek,

b_i – dostępne zasoby (praca) lub ograniczenia (zakładany plan produkcji sadzonek iglastych oraz liściastych) oraz

d_j – ograniczenia dolnego poziomu produkcji dla każdego z *j-tego* rodzaju sadzonek,

g_j – ograniczenia górnego poziomu produkcji dla każdego z *j-tego* rodzaju sadzonek.

Po określeniu parametrów funkcji celu, parametrów technicznych i wyrazów wolnych nierówności (równań) ograniczających dokonywano obliczeń i uzyskiwano rozwiązania. Obliczenia wykonano przy użyciu aplikacji Solver, zawartej w arkuszu kalkulacyjnym Excel, formułując zadanie dla każdej z badanych szkółek.

Po wykonaniu obliczeń optymalizacyjnych dla wybranych obiektów przeprowadzono optymalizacyjne obliczenia symulacyjne. W toku ich prowadzenia

zwiększano całkowity poziom produkcji w stosunku do wyjściowego (średni poziom produkcji w badanym okresie), zachowując niezmienione pozostałe parametry.

Badano również wrażliwość uzyskiwanych rozwiązań optymalnych, zwiększając wymagany poziom produkcji sadzonek iglastych i liściastych. Rozwiązanie optymalne podawane przez model obejmowało następujące **informacje wyjściowe**:

- wielkości poziomu produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek,
- niewykorzystane limity zasobów określonych w warunkach ograniczających,
- pracochłonność sumaryczną zoptymalizowanej produkcji,
- koszty zmienne i koszty całkowite zoptymalizowanego profilu produkcji,
- koszty stałe przypadające na 1000 szt. produkowanego rodzaju sadzonek.

2.2. Określenie kosztów produkcji szkółkarskiej w badanych obiektach

Koszt stanowi wartość zużytych materiałów, energii, środków trwałych, wartości niematerialnych i prawnych, pracy ludzkiej, usług obcych oraz innych związanych z prowadzoną działalnością. Koszt umożliwia porównywanie wielkości zużycia poszczególnych składników majątku w toku działalności gospodarczej. Na potrzeby prowadzonych badań zastosowano podział kosztów, wyróżniając koszty stałe i koszty zmienne.

Koszty stałe stanowiły zbiór kosztów, które były niezależne od poziomu prowadzonej produkcji. Składnikami tej grupy kosztów były amortyzacja, podatki i koszty utrzymania obiektów szkółkarskich. Wartości kosztów stałych (KS) ustalano jako sumę poszczególnych składników tych kosztów w danym roku. Koszty stałe (KS) obliczono wg następującego wzoru:

[2]

$KS = A + P + U + i$,

gdzie:

A – amortyzacja roczna,

P – podatek roczny,

U – utrzymanie obiektu szkółkarskiego,

i – inne stałe koszty roczne odnoszone do obiektu.

W analizie posługiwano się przede wszystkim wielkościami kosztu stałego jednostkowego (KJS), odnoszącego się do podstawowej, przyjętej w badaniach jednostki

jednego tysiąca sztuk sadzonek, określanego dla poszczególnych okresów produkcyjnych, w których prowadzono badania, obliczonego wg następującej formuły:

[3]

$$KJS = \frac{\mathrm{KS}}{P}$$

gdzie:

KS – koszt stały (zł/rok),

P – całkowita liczba wyprodukowanych sadzonek w roku (1000 szt).

Koszty zmienne bezpośrednio związane z produkcją określano jako wartości średnie z badanego okresu dla poszczególnych gatunków dzieląc je według następujących grup:

- koszty czynności (robocizny),
- koszty materiałów,
- koszty energii.

Tak określone koszty zmienne (KZ) wyrażono za pomocą wzoru:

[4]

$$KZ = KZ_{cz} + KZ_m + KZ_e$$

gdzie:

KZ_{cz} – koszty czynności (zł),

KZ_m – koszty materiałów (zł),

KZ_e – koszty energii (zł).

Koszty zmienne (KZ) produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek zostały przeliczone na koszty zmienne jednostkowe (KZJ) przez podzielenie ich składników przez wielkość produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek. Tak obliczone wielkości kosztów zmiennych jednostkowych poszczególnych rodzajów sadzonek stanowiły odnośne współczynniki funkcji celu.

Koszty poszczególnych czynności stanowiły iloczyny pracochłonności tych czynności i stawek płacowych dla nich przewidzianych. Pracochłonność produkcji poszczególnych gatunków określano na podstawie informacji zawartych w zestawieniach za wykonane prace w szkółce kontenerowej, w poszczególnych miesiącach, w latach 2016 i 2017. Koszt czynności (KZ_{cz}) dla każdego rodzaju sadzonek obliczany był w oparciu o następujący wzór:

[5]

$$KZ_{cz} = \sum_{i=1}^{m} L_i S_i \ ,$$

gdzie:

L_i – liczba roboczogodzin (rbh) wydatkowanych na wykonanie czynności *i*,

S_i – stawka za 1 rbh czynności *i* (zł/rbh),

m – liczba czynności.

Tak obliczone koszty czynności przeliczano na koszty jednostkowe czynności (KJZ_{cz}):

[6]

$$KJZ_{cz} = \frac{KZ_{cz}}{P}$$

gdzie:

KZ_{cz} – koszty czynności (zł),

P – wielkość produkcji danego rodzaju sadzonek (1000 szt.).

Ilość zużytych materiałów określono na podstawie ruchów magazynowych (przychód/rozchód) w magazynie szkółki kontenerowej w danym roku produkcyjnym. Koszty jednostkowe zużytych materiałów (KJZ_m) określane były dla poszczególnych rodzajów sadzonek, mając na uwadze sposób rozliczeń prowadzony w badanych szkółkach, który przyporządkowywał część kosztów zużytych materiałów bezpośrednio do danego rodzaju sadzonek (Km_g), a pozostałe koszty rozliczał w stosunku do ogólnej produkcji (Km_o). Następnie określano udział tych kosztów proporcjonalnie dla poszczególnych rodzajów sadzonek w zależności od wyprodukowanej ich ilości w danym roku. Koszt jednostkowy zużytych materiałów (KJZ_m) w danym roku dla poszczególnych rodzajów sadzonek (*j)* obliczany był w oparciu o następujący wzór:

[7]

$$KJZ_m = \frac{Km_g}{P_j} + Km_o \frac{P_j}{P}$$

gdzie:

Km_g – koszt zużycia materiałów rejestrowany dla danego rodzaju sadzonek w badanym okresie (zł),

Km_o – koszt zużycia materiałów na produkcję ogółem (zł),

P_j – wielkość produkcji sadzonek rodzaju *j* w danym roku (1000 szt.),
P – sumaryczna wielkość produkcji ogółem wszystkich rodzajów sadzonek w danym roku (1000 szt.).

Koszt energii określono na podstawie informacji zawartych w dokumentach księgowych faktycznego zużycia energii elektrycznej dla danego obiektu oraz ilości zakupionego i zużytego gazu lub oleju napędowego do zasilania pojazdów wewnętrznego transportu lub oleju opałowego używanego do ogrzewania tuneli. Koszt energii poniesiony na jednostkę produkcji (KJZ_e) obliczano jako iloraz sumy poszczególnych rodzajów energii zużytej w toku produkcji sadzonek, w badanych okresach i produkcji sadzonek ogółem w badanych okresach. Koszty odniesiono do jednego tysiąca sztuk sadzonek, obliczając je według poniższego wzoru:

[8]

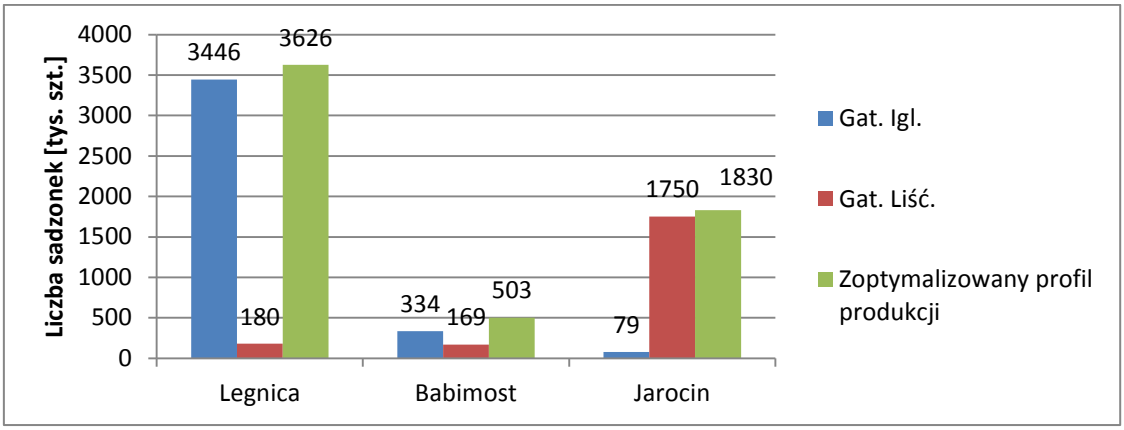
$$KJZ_e = \frac{e_1+e_2+e_3+e_4+e_5}{\mathrm{P}}$$

gdzie:
KJZ_e – koszt energii poniesiony na jednostkę produkcji (zł/1000 szt.),
e1 – koszt oleju opałowego (zł),
e2 – koszt gazu ziemnego (zł),
e3 – koszt oleju napędowego (zł),
e4 – koszt energii elektrycznej (zł),
e5 – koszt olejów i smarów (zł),
P – liczba sadzonek wyprodukowanych w badanych okresach ogółem (1000 szt.).

3. Wyniki badań

Uzyskane w trakcie analizy szkółek kontenerowych dane pozwalają ogólnie stwierdzić, iż poszczególne obiekty szkółkarskie zarówno pod względem wyposażenia technicznego, poziomu produkcji oraz układu produkowanych gatunków różniły się znacząco.

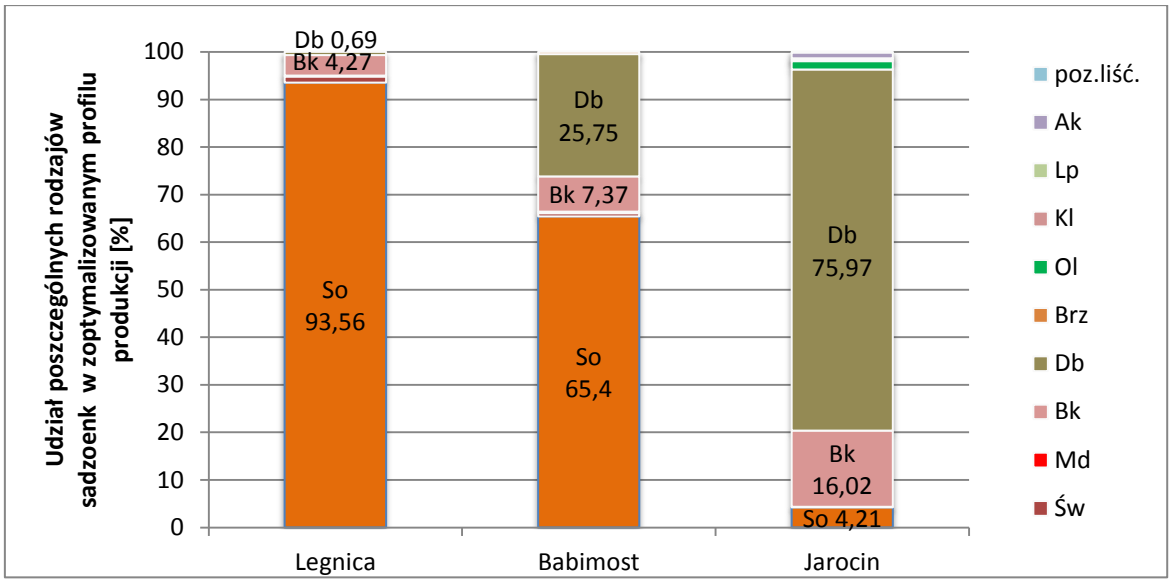
Na rycinie 1 przedstawiono wielkości produkowanych sadzonek kontenerowych w badanych szkółkach przy założeniu zoptymalizowanej produkcji, z podziałem na gatunki iglaste i liściaste.



Ryc. 1 Wielkości produkowanych sadzonek gatunków iglastych i liściastych przy realizowaniu produkcji zoptymalizowanej

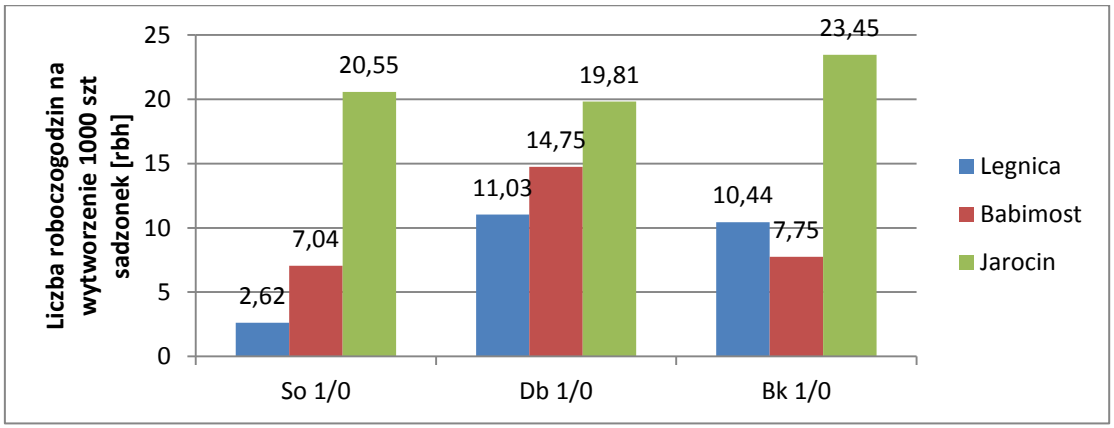
Przedstawiona na rycinie 1 wielkość zoptymalizowanego profilu produkcji w badanych szkółkach kontenerowych odpowiadała zakładanemu w modelu optymalizacji planowi produkcji, który wynikał z zapotrzebowania na sadzonki przyjętego w metodyce. Poziom zapotrzebowania na sadzonki przyjęty w metodyce był niższy od posiadanych przez badane szkółki kontenerowe zdolności produkcyjnych.

Szczegółowy obraz zoptymalizowanej w badanych szkółkach kontenerowych produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek przedstawiono na rycinie 2. Na podstawie prezentowanych w niej danych można dokładnie określić, jakie rodzaje sadzonek dominowały w zoptymalizowanej produkcji w poszczególnych szkółkach kontenerowych.



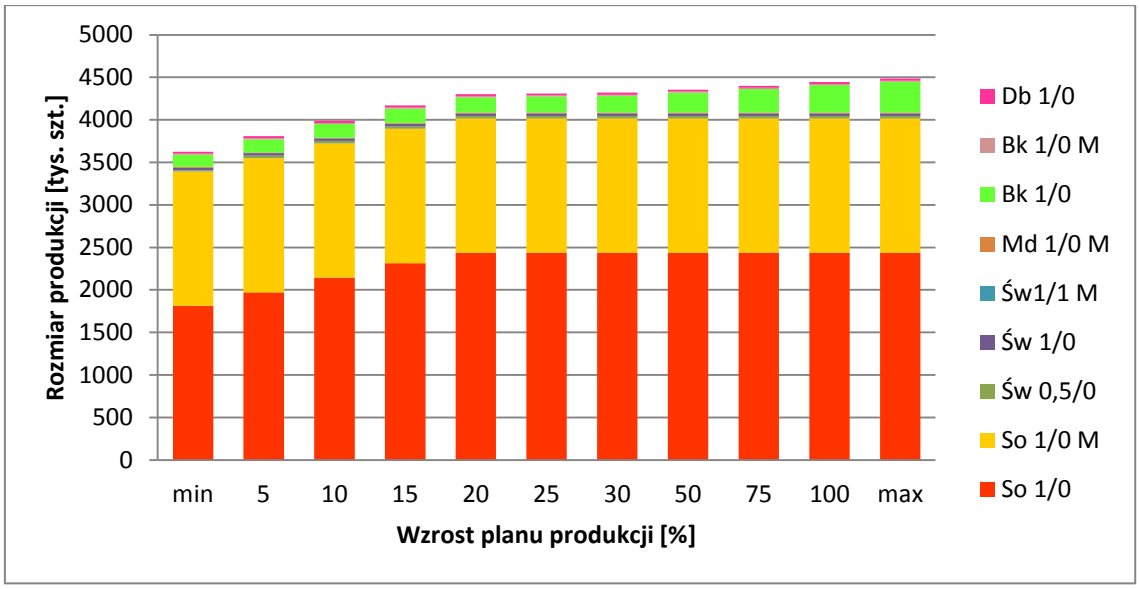
Ryc. 2 Udziały poszczególnych rodzajów sadzonek w zoptymalizowanym profilu produkcji

Wysokie nakłady pracy przy produkcji sadzonek w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Jarocin, przekraczające wartości uzyskiwane w pozostałych badanych szkółkach, ukazują wyniki prezentowane w rycinie 3.



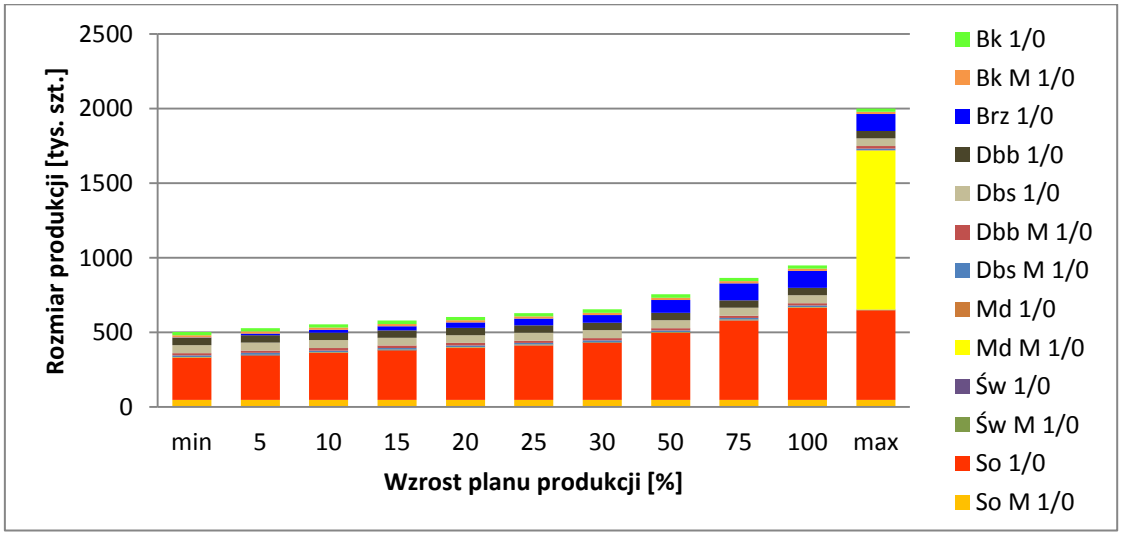
Ryc. 3 Liczba godzin pracy niezbędnych na wytworzenie 1000 szt. wybranych rodzajów sadzonek w badanych szkółkach kontenerowych

Na rycinie 4 przedstawiono zmiany zachodzące w produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Legnica przy symulowanej wzrastającej produkcji ogółem w stosunku do sytuacji bazowej.



Ryc. 4 Zmiany w produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek uzyskiwane w wyniku obliczeń optymalizacyjnych modelu przy wzrastającej produkcji ogółem w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Legnica

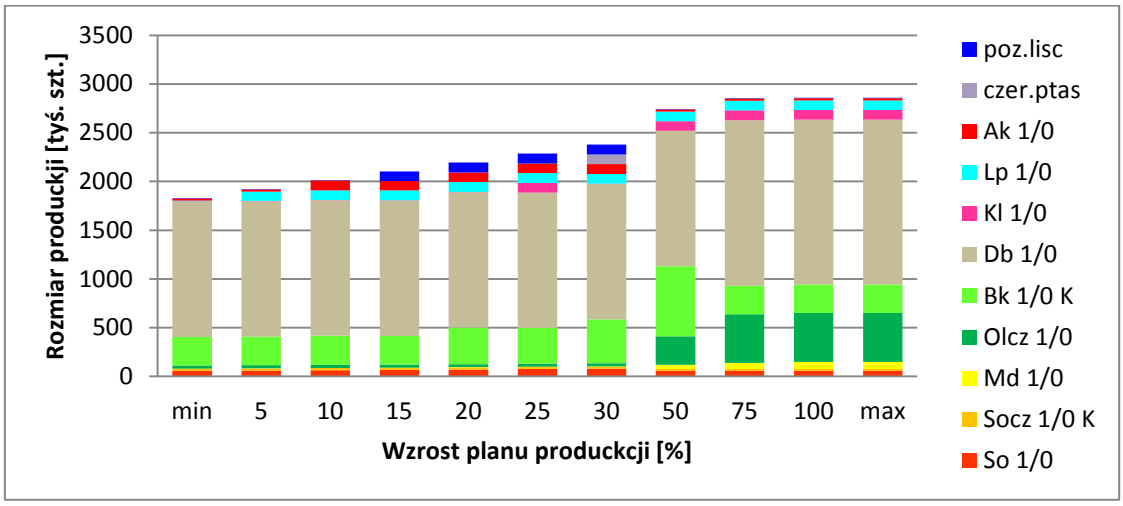
Obraz zmian w strukturze produkcji w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Babimost, zachodzących wraz ze wzrostem planu produkcji sadzonek przedstawia rycina 5, gdzie została osiągnięta optymalna wartość funkcji celu i największy spadek jednostkowy kosztów produkcji sadzonek w całej produkcji.



Ryc. 5 Zmiany w produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek uzyskiwane w wyniku obliczeń optymalizacyjnych modelu przy wzrastającej produkcji ogółem w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Babimost

Na rycinie 6 przedstawiono zmiany w produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek, zachodzące podczas obliczeń optymalizacyjnych w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Jarocin. Proponowane przez model zmiany polegały na zastępowaniu

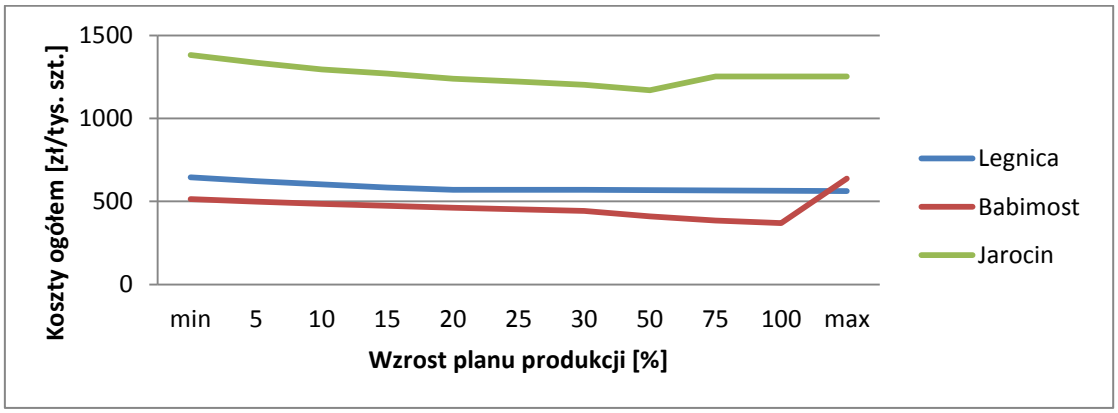
sadzonek tańszych, sadzonkami droższymi, jednakże wymagającymi mniejszych nakładów pracy na ich produkcję.



Ryc. 6 Zmiany w produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek uzyskiwane w wyniku obliczeń optymalizacyjnych modelu przy wzrastającej produkcji ogółem w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Jarocin

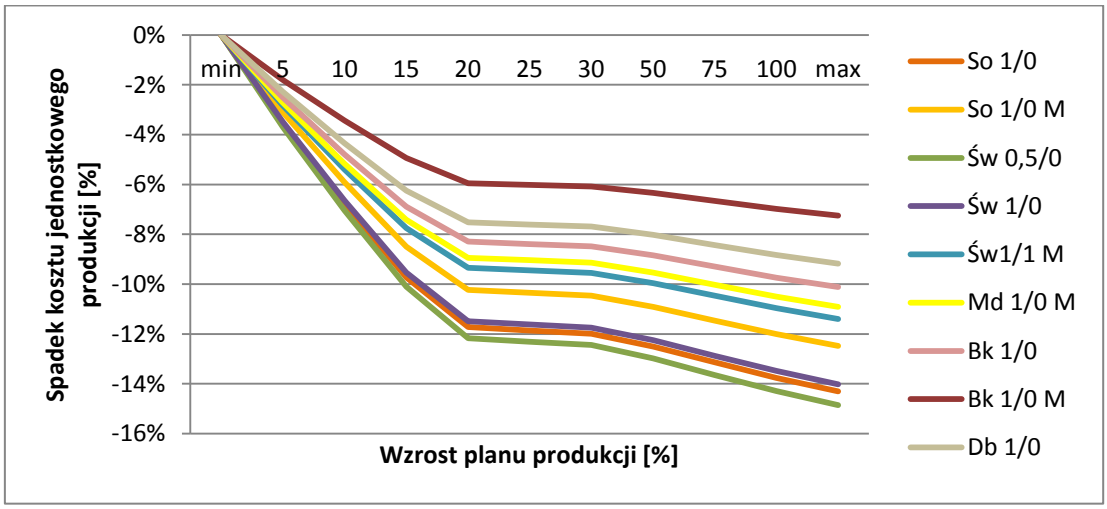
Wyniki przeprowadzonych badań wykazały (Ryc. 4,5,6), iż poziom realizowanej w trakcie badań produkcji jedynie w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Legnica był zbliżony do maksymalnych zdolności produkcyjnych przewidzianych dla szkółki. Pozostałe szkółki realizowały produkcję sadzonek znacznie poniżej posiadanych możliwości produkcyjnych, szkółka kontenerowa Nadleśnictwa Babimost na poziomie 25%, a szkółka kontenerowa Nadleśnictwa Jarocin na poziomie niespełna 61% posiadanych możliwości.

Wpływ zmiany planu produkcji na badanych szkółkach kontenerowych na jednostkowe koszty całkowite dla produkcji ogółem przedstawiono na rycinie 7.



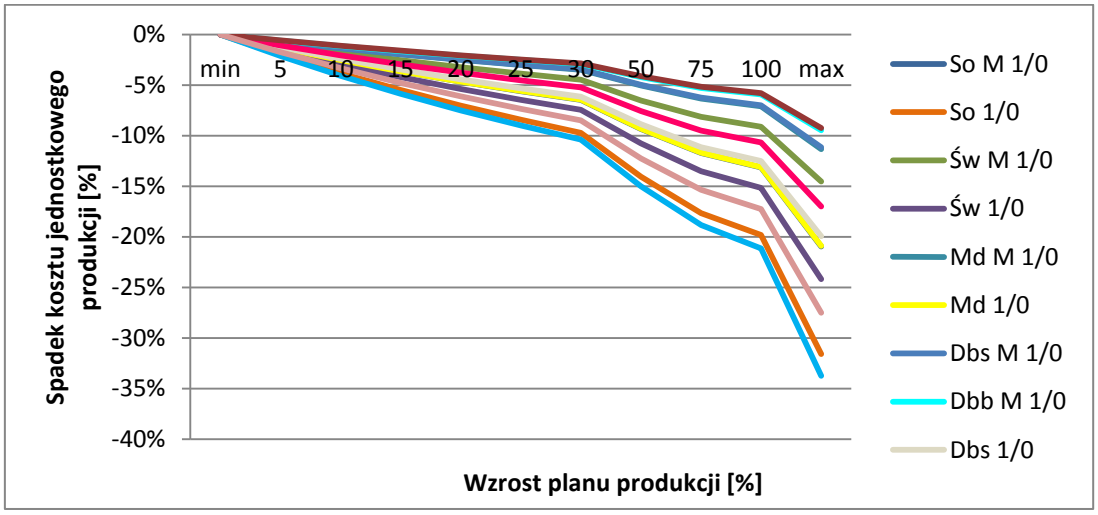
Ryc. 7 Zmiany jednostkowych kosztów całkowitych produkcji sadzonek przy wzrastającej produkcji ogółem w badanych szkółkach kontenerowych

Na rycinie 8 przedstawiono dynamikę zmiany jednostkowego całkowitego kosztu produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek, jakie wystąpiły wraz ze wzrostem planu produkcji w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Legnica. Z wykonanych obliczeń optymalizacyjnych wynika, iż najkorzystniejszy wariant produkcji sadzonek w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Legnica osiągnięto przy poziomie 20% zwiększenia produkcji początkowej.



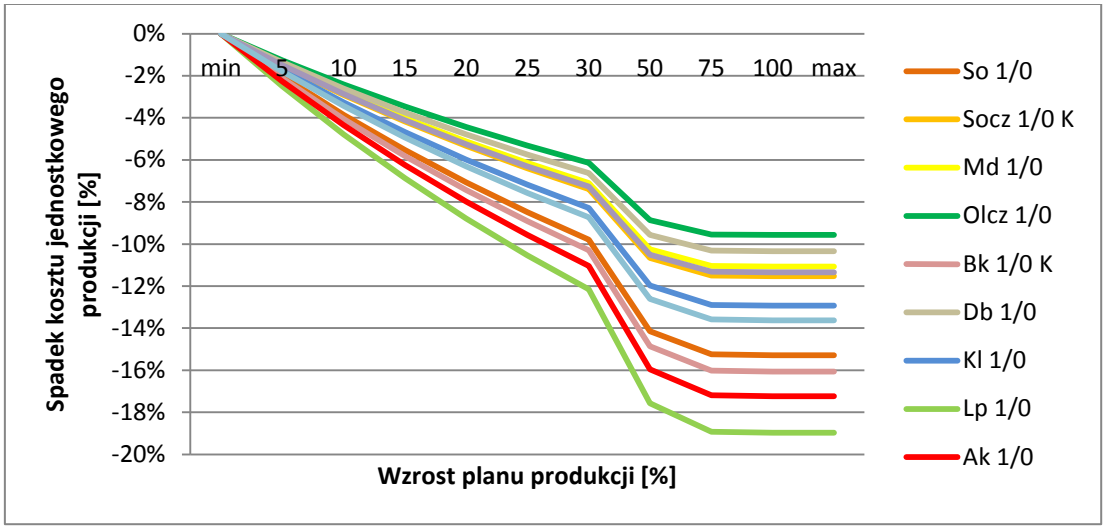
Ryc. 8 Spadek jednostkowego kosztu produkcji [1000 szt.] poszczególnych rodzajów sadzonek wraz ze wzrostem produkcji w szkółce Nadleśnictwa Legnica

Zmiany jednostkowego kosztu produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek przy wzrastającej produkcji w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Babimost przedstawiono na rycinie 9. Postępujący spadek kosztów jednostkowych produkcji wskazywał, iż optymalnym rozwiązaniem w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Babimost byłaby realizacja jak największego planu produkcji.



Ryc.9 Spadek jednostkowego kosztu produkcji (1000 szt.) poszczególnych rodzajów sadzonek wraz ze wzrostem produkcji w szkółce Nadleśnictwa Babimost

Przebieg zmian jednostkowych kosztów produkcji sadzonek w szkółce kontenerowej Nadleśnictwa Jarocin przy wzrastającym planie produkcji sadzonek przedstawiono na rycinie 10, gdzie przy wzroście produkcji wystąpił spadek kosztów jednostkowych produkcji wszystkich rodzajów produkowanych sadzonek.



Ryc.10 Spadek jednostkowego kosztu produkcji [1000 szt.] poszczególnych rodzajów sadzonek wraz ze wzrostem produkcji w szkółce nadleśnictwa Jarocin

Uzyskane wyniki, ze względu na brak dostępu do zasobów pracy ograniczały możliwości podnoszenia ogólnej produkcji sadzonek w szkółce, a umożliwiały jedynie zmiany ilościowe w ramach rodzajów produkowanych w szkółce sadzonek. Nastąpiło to przy symulowanym wzroście produkcji na poziomie 50%, w stosunku do wielkości produkcji stwierdzonej w okresie prowadzenia badań.

4. Podsumowanie i dyskusja wyników

Opracowano matematyczny model optymalizacji wielkości produkcji sadzonek w leśnych szkółkach kontenerowych, w którym przyjęto minimalizowanie kosztów jako kryterium funkcji celu. Przeprowadzono szereg obliczeń optymalizacyjnych z jego wykorzystaniem, a uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, iż model ten spełnił zakładany cel i może być wykorzystywany do optymalizacji produkcji sadzonek na szkółkach. Model wykorzystywał informacje o maksymalnych możliwościach produkcyjnych i minimalnym zapotrzebowaniu na sadzonki, dostępności godzin pracy oraz nakładach pracy, a także kosztach niezbędnych na wytworzenie poszczególnych rodzajów sadzonek w wybranych szkółkach kontenerowych. Budowa modelu umożliwiała analizowanie produkcji dowolnej liczby rodzajów sadzonek, więc model może być stosowany również na innych szkółkach. Włączenie większej liczby warunków ograniczających również nie stanowi ograniczenia do wykorzystania tego modelu.

Zastosowane w modelu optymalizacji kryterium kosztowe pozwalało na określenie profilu i wielkości produkcji, który przy dostępnych technicznych i organizacyjnych środkach produkcji, był najkorzystniejszy pod względem ponoszonych kosztów.

Wyposażenie techniczne szkółek kontenerowych zależy w głównej mierze od inwestora, a nie od tego w jakiej technologii produkowana jest sadzonka (Pabian 2014). Możliwości technologiczne pozwalają na zautomatyzowanie większości prac w szkółce, co związane jest z wielkością inwestycji w obiekt szkółkarski. Wpływa to na efektywność prowadzonej produkcji, co autor potwierdził w prowadzonych badaniach w trzech szkółkach kontenerowych o zróżnicowanym wyposażeniu. Badania wykazały, że poza posiadanym wyposażeniem bardzo istotny wpływ na efektywność produkcji ma również rozmieszczenie oraz stan posiadanej infrastruktury szkółki na co zwracają uwagę Thomas i Dewayne (2012). Wyniki badań potwierdziły opinie Pabiana (2014), iż odpowiedni poziom inwestycji gwarantujący odpowiednią wielkość produkcji pozwala na efektywną produkcję sadzonek wyrażoną w akceptowalnym poziomie kosztu produkcji w stosunku do poczynionych nakładów inwestycyjnych, czego przykładem była szkółka kontenerowa nadleśnictwa Legnica. Również Szabla i Wesoły (2016) zwracali uwagę na konieczność prowadzenia analiz ekonomicznych oraz uwzględniania przyrodniczych uwarunkowań przy decydowaniu o wielkości produkcji sadzonek kontenerowych. Pabian (2014) twierdził, iż z ekonomicznego punktu widzenia nieuzasadnionym wydaje się budowanie szkółek kontenerowych o rocznym potencjale produkcyjnym mniejszym niż 3 mln sztuk sadzonek rocznie. Powstanie szkółki o takich możliwościach produkcyjnych związane jest z milionowymi nakładami. Breft (2008) twierdził, że decyzja o budowie szkółki, na której powstanie przeznacza się duże środki finansowe liczone w milionach złotych, powinna być oparta o rachunek ekonomiczny. Autor udowodnił w badaniach, iż optymalne wykorzystanie posiadanych możliwości produkcyjnych szkółek pozwala na wyraźne obniżenie kosztów i uzyskiwanie lepszej efektywności w produkcji sadzonek.

W literaturze nie odnaleziono analiz związanych z wykorzystywaniem posiadanych możliwości produkcyjnych w szkółkach i jego wpływu na koszty produkcji. Mimo, iż nie jest to wygodny temat, a zatem i rzadko poruszany w literaturze, niektórzy autorzy wskazywali, że inwestowanie w nowe technologie i następnie niewłaściwe ich wykorzystywanie niesie ze sobą znamiona niegospodarności (Breft 2008). Cieszy jedynie fakt, iż problem dostrzeżony przez autora został przeanalizowany przez kierownictwo Lasów Państwowych, które w założeniach i celach rozwoju szkółkarstwa leśnego na lata

2016 – 2025 ujęło między innymi zapis o maksymalnym wykorzystaniu zdolności produkcyjnych szkółek kontenerowych, o czym wspominał Drabarczyk (2016).

Wybór szkółek do prowadzonych badań, zróżnicowanych technicznie i technologicznie umożliwił autorowi zwrócenie uwagi na jeszcze jeden ważny element wpływający na efektywność produkcji sadzonek. Szkółki, w zależności od zastosowanych przy produkcji kontenerowej pojemników, ukierunkowane były na rodzaj produkowanych sadzonek. Te, w których stosowano pojemniki plastikowe produkowały głównie gatunki iglaste, a te w których stosowano pojemniki styropianowe gatunki liściaste. Wynika to oczywiście z przyrodniczych warunków produkcji i w stosowanej praktyce jest właściwe (Pabian 2014). Opinię tą potwierdza również Wesoły (2010) zwracając uwagę, iż produkowanie sadzonek gatunków liściastych w pojemnikach plastikowych wymaga dodatkowych nakładów pracy ręcznej. Autor w prowadzonych badaniach wykazał, iż produkcja sadzonek gatunków liściastych w szkółkach wykorzystujących przy produkcji pojemniki plastykowe przystosowane głównie do gatunków iglastych wyraźnie obniża ogólną efektywność produkcji poprzez podnoszenie pracochłonności, a tym samym wzrost kosztów. Zbytnie różnicowanie produkcji, poprzez namnażanie rodzajów produkowanych sadzonek oraz niewłaściwe wykorzystywanie pojemników obniża potencjał produkcyjny szkółki zwiększając koszt jednostkowy produkcji. Związane jest to również z właściwą organizacją pracy na szkółce, gdzie w każdym przypadku udział kosztów pracy jest znaczący (Thomas i Dewayne 2012). Zdaniem autora uzyskane wyniki badań przemawiają za wprowadzeniem specjalizacji w produkcji na poszczególnych szkółkach kontenerowych, co bez wątpienia wpłynie na jakość oraz koszty prowadzonej produkcji. Umożliwi to również osiąganie lepszej efektywności w dalszych etapach prac związanych z wykorzystaniem sadzonek, więc z ich pakowaniem (Mikułowski 1992, 1995), przechowywaniem (Mikułowski i Gorzelak 1992), transportem wewnętrznym i na powierzchnie odnowieniowe (Ratajczak 2010; Wojtkowiak i in. 2009, 2013) oraz uzyskiwanymi efektami odnowieniowymi (DeYoe i in. 1986; The Container … 1990; Landis i in. 2010).

Wprawdzie statut Lasów Państwowych nie nakłada na jednostki obowiązku analiz prowadzonej działalności (Buraczewski 2001) to bez wątpienia analizy takie umożliwiają ocenę bieżącej i przyszłej działalności. Lasy Państwowe stale rozwijają swoje możliwości w zakresie prowadzenia analiz gospodarczych i rachunkowości (Buraczewski i in. 2008). Jednym celów przeprowadzonych badań było sprawdzenie, czy wykorzystanie metod matematycznych do analizowania produkcji szkółkarskiej będzie przynosiło korzyści

gospodarcze usprawniając procesy planowania i zarządzania produkcją. Zbudowany model optymalizacyjny dostarczył wielu informacji o kosztach ponoszonych na produkcję sadzonek w badanych szkółkach kontenerowych i ich kształtowaniu się w zależności od wielkości i rodzaju prowadzonej produkcji. Wprawdzie Ilwicki i Tarasiuk (2009) wskazywali na możliwości przeprowadzania różnych analiz produkcji szkółkarskiej przy wykorzystaniu systemu informatycznego Lasów Państwowych, to zdaniem autora nie służyły one do wspomagania procesów decyzyjnych, a jedynie do rozliczeń ponoszonych kosztów produkcji. Zgromadzone dane księgowe w bazie informatycznej Lasów Państwowych na temat kosztów szkółkarstwa nie mogły być wykorzystywane do poprawy efektywności zarządzania, planowania czy kontroli kosztów. Jak twierdził Chudy (2017) w Lasach Państwowych prowadzona jest w większości jedynie rachunkowość finansowa, która nie jest elastyczna i przedstawia wyniki teraźniejsze. Zbudowany model optymalizacyjny dostarczał natomiast informacji o podobnym znaczeniu, jak wykorzystywany w analizach ekonomicznych rachunek kosztów, którego zastosowanie w zarządzaniu opisywali liczni autorzy (Ossowski 2006, Marcinkowska i Sawicka 2010, Świderska 2004, 2008 i 2010). Taka analiza techniczno-ekonomiczna przeprowadzona przy organizacji produkcji (Buraczewski 2001), może w sposób istotny wpływać na poprawę efektywności produkcji (Skowronek 2004) między innymi przez minimalizację jej kosztów. Wykorzystanie takich analiz do zadań, gdzie istotną rolę odgrywa problem kosztów ponoszonych na realizację procesu technologicznego, jego wydajności i właściwego wykorzystania posiadanych środków produkcji w postaci maszyn opisywał również Jabłoński (2006). Szramka (2005) uważał, że należy mieć szersze spojrzenie i racjonalność ekonomiczna powinna brać pod uwagę nie tylko doraźne efekty , zwłaszcza finansowe, uzyskane w wyniku wykonania bądź zaniechania określonych czynności, lecz przede wszystkim powinna uwzględniać wpływ określonych poczynań na efekty końcowe, mierzone rozmiarami i jakością wytwarzanej produkcji.

Zebranie szczegółowych informacji o kosztach produkcji w badanych szkółkach kontenerowych pozwoliło na pewne obserwacje. W kosztach zmiennych produkcji w badanych szkółkach kontenerowych uwagę zwróciły koszty niektórych materiałów oraz koszty pracy, natomiast w grupie kosztów stałych koszty amortyzacji. Materiałami wpływającymi w sposób znaczący na koszty produkcji były używany do produkcji sadzonek substrat oraz preparat do mikoryzacji sadzonek. Na wysokie koszty substratu uwagę zwracał Wesoły (2010) podkreślając trudną do uzyskania zadowalającą jakość i kłopoty z dostępnością właściwego rodzaju torfu niezbędnego do jego produkcji. Autor

analizując prowadzoną w szkółkach produkcję zwrócił uwagę na większe zużycie substratu w szkółce kontenerowej nadleśnictwa Jarocin, z uwagi na stosowane tam pojemniki oraz rodzaj produkowanych sadzonek. Badania wykazały, iż przypadku gatunków liściastych udatność była wyraźnie niższa w porównaniu do udatności gatunków iglastych, czym tłumaczono większe zużycie substratu. Niższa udatność oznaczała, że część cel w pojemnikach po zakończonej produkcji była pusta, a to z kolei zwiększało koszty jednostkowe produkcji, co mocno podkreślał Szabla (2009). Dlatego przy produkcji kontenerowej ważna jest jakość nasion, ich przygotowanie, a w przypadku sadzonek gatunków liściastych ilość wysiewanych do jednej celi nasion, gdyż to wszystko wpływa na ponoszone koszty przy produkcji sadzonek. Znaczny udział w kosztach używanych do produkcji sadzonek materiałów miał również preparat mikoryzowy. O wpływie na jednostkowe koszty produkcji sadzonek poddanych procesowi sterowanej mikoryzacji często wypowiadali się Szabla (2009) oraz Fonder i Berft (2009). Autor badając szczegółowo koszty potwierdził wyraźny wpływ stosowania preparatu na jednostkowy koszt produkcji sadzonek. Zabiegowi sterowanej mikoryzacji poddawano sadzonki w szkółkach nadleśnictwa Legnica i Babimost i tam wyraźnie widoczne były różnice w kosztach stałych sadzonek mikoryzowanych i niemikoryzowanych w obrębie jednego gatunku.

W obrębie kosztów zmiennych bardzo ważną rolę odgrywają koszty pracy, co zostało potwierdzone przeprowadzonymi badaniami. Na wzrastające znaczenie kosztów pracy uwagę zwraca również wielu autorów. Szabla (2000) od początku rozwoju szkółkarstwa kontenerowego widział, iż rosnące koszty pracy doprowadzą do konieczności szerszego wykorzystywania nowych technologii oraz wymuszą zmiany w organizacji pracy, aby ograniczyć jej zużycie w procesach produkcyjnych. Marosz (2005) zaobserwował, iż zmiany w szkółkarstwie na zachodzie Europy spowodowały rosnące koszty pracy. Wszystko to wynika z chęci uzyskiwania lepszych efektów ekonomicznych (Lachiewicz i inni 2008), a w przypadku polskiego szkółkarstwa kontenerowego z potrzeby zabezpieczenia siły roboczej do realizacji planowanej przez poszczególne szkółki wielkości produkcji. Wyniki badań oraz informacje dostarczone po obliczeniach modelu wskazywały na dużą wagę tego zagadnienia. Różnice w udziale kosztów pracy w kosztach zmiennych były znaczące, podobnie jak dostępność do posiadanego przez poszczególne szkółki zasobu pracy. Przydatność modelu do określania zapotrzebowania na siłę roboczą niezbędną do wykonania zaplanowanej produkcji okazała się bardzo duża. Takie narzędzia będą niezbędne, gdy rosnące koszty pracy będą powodowały wzrost znaczenia nowych

rozwiązań organizacyjnych i konieczność ograniczenia siły roboczej (Hoffman i Hoffman 2006).

Koszty stałe stanowiły składnik kosztów produkcji sadzonek, który odgrywał największe znaczenie w szkółkach, gdzie wykonano duże inwestycje w stosunkowo nieodległym czasie. W przypadku badanych szkółek były to szkółka nadleśnictwa Legnica i Jarocin. W obu tych przypadkach koszty stałe amortyzacji wpływały w sposób znaczący na jednostkowy koszt produkcji. Udział kosztów amortyzacji w jednostkowym koszcie produkcji ogółem w szkółce kontenerowej nadleśnictwa Legnica przekraczał 50%, natomiast w szkółce nadleśnictwa Jarocin kształtował się nieznacznie poniżej 50%. Uzyskane wyniki pokrywały się z wielkościami przedstawianymi w literaturze, gdzie koszty amortyzacji określano na poziomie 50% kosztów produkcji (Szabla 2009) lub znacznie ponad 50% (Pabian 2014). Analiza wrażliwości modelu przy symulowaniu zmian w planach produkcji szkółek kontenerowych dostarczyła bardzo ciekawych informacji o zmieniających się kosztach produkcji. Informacje o kosztach uzyskiwane z obliczeń modelu optymalizacyjnego pozwalały między innymi ustalić o ile należało zwiększyć poziom produkcji w danej szkółce kontenerowej, aby uzyskać możliwie najniższy poziom kosztów amortyzacji.

Poza określaniem kosztów zmiennych i stałych produkcji sadzonek, określaniem zapotrzebowania na niezbędną do realizacji planu produkcji liczbę godzin pracy, zaprezentowany w niniejszej pracy model wskazał rozwiązania optymalne przy realizowaniu produkcji w warunkach niedoborów pewnych zasobów. Proponowane przez model rozwiązania, w których w miarę wzrostu wielkości produkcji, następowała wymiana proponowanych w poszczególnych rozwiązaniach rodzajów produkowanych sadzonek wynikały z przyjętych w modelu warunków ograniczających. Model nie tylko dążył do osiągnięcia założonych w funkcji celu najniższych kosztów produkcji w szkółce, lecz wykorzystując wpisane w model warunki bilansowe tak kształtował produkcję sadzonek w danej szkółce, aby realizowała wszystkie założone cele. Proponowane przez model rozwiązania były nie tylko najkorzystniejsze pod względem ponoszonych kosztów produkcji, ale również realizowały wskazane w warunkach bilansowych modelu minimalne zapotrzebowanie na dany rodzaj sadzonki, zakładane udziały sadzonek gatunków iglastych i liściastych oraz możliwe do osiągnięcia zdolności produkcyjne danej szkółki w ramach posiadanego zasobu godzin pracy. Symulowanie wielkości produkcji przy ograniczonych zasobach oraz możliwościach technicznych w szkółkach kontenerowych wskazało na reagowanie modelu na proponowane przy symulacjach

parametry i potwierdziło jego praktyczne zastosowanie do optymalizacji produkcji w szkółkach.

Badania przedstawione w niniejszej pracy wykazały, iż możliwe jest opracowanie modelu matematycznego służącego optymalizacji produkcji szkółkarskiej. Dotychczas metody programowania liniowego w leśnictwie znajdowały głównie zastosowanie w transporcie leśnym i pozyskaniu drewna. Dowiedziono, iż analizowanie produkcji szkółkarskiej w oparciu o metody programowania liniowego, gdzie w rachunku optymalizacyjnym zastosowano kryterium kosztowe, może prowadzić do lepszego wykorzystania posiadanego potencjału produkcyjnego oraz przynosić wymierne oszczędności polegające na wyraźnym obniżaniu się kosztów jednostkowych produkcji sadzonek. Wykorzystanie, jako obiektów badań trzech zróżnicowanych pod kątem wyposażenia technicznego szkółek kontenerowych potwierdziło, iż poziom inwestycji przekłada się na koszty produkcji i określa możliwości produkcyjne. Wykazano, iż szkółki które powstały nakładem dużych inwestycji nie wykorzystują posiadanych możliwości produkcyjnych przez co koszty jednostkowe produkcji osiągają nieuzasadniony poziom.

5. Uogólnienia i wnioski

Przeprowadzone badania oraz analiza uzyskanych wyników pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Opracowany model matematyczny, optymalizujący produkcję sadzonek drzew leśnych w wybranych szkółkach kontenerowych, zróżnicowanych pod względem wyposażenia w techniczne środki produkcji wykazał swoją przydatność i spełnił założony cel. Jego zastosowanie pozwoliło na zebranie istotnych informacji o rozmiarach i rodzaju produkcji w szkółkach kontenerowych, co wywierało wpływ na kształtowanie się kosztów produkcji oraz wykorzystanie posiadanych zasobów technicznych i zasobów pracy.
2. Wykorzystany w badaniach model stanowił nowe narzędzie w prowadzeniu analiz produkcji szkółkarskiej prowadzonej w zaawansowanej i kosztochłonnej technologii kontenerowej produkcji sadzonek. Wskazuje optymalne wielkości produkcji poszczególnych rodzajów sadzonek, dążąc jednocześnie do minimalnych kosztów produkcji.
3. Zastosowane w modelu kryterium optymalizacji, wyrażone w postaci minimalizowanej funkcji celu, pozwoliło ustalić koszty jednostkowe produkcji sadzonek we wszystkich badanych szkółkach kontenerowych oraz we wszystkich wariantach planu

produkcji. Pozwoliło to na określenie jednostkowych kosztów produkcji przy wprowadzanych zmianach wielkości planu produkcji dla wszystkich rodzajów sadzonek.

4. Przeprowadzone badania uwypukliły obszary mające decydujący wpływ na uzyskiwane efekty produkcji, co wynikało z zastosowanych technologii produkcji oraz jej odmiennego profilu na poszczególnych szkółkach kontenerowych. Zastosowany model optymalizacyjny wskazał, jak należy prowadzić produkcję pod względem ilościowym i rodzajowym, aby optymalnie wykorzystać posiadane zasoby.

5. Funkcjonowanie modelu opierało się na ustalonych wielkościach dostępnego limitu czasu pracy, który w zdecydowany sposób wpływał na proponowany przez model układ ilościowy i rodzajowy produkcji sadzonek na badanych szkółkach. Poza tym granice funkcjonowania modelu wyznaczane były przez wartości graniczne maksymalnych możliwości produkcyjnych oraz minimalnego zapotrzebowania na sadzonki drzew, które odrębnie ustalono w poszczególnych szkółkach kontenerowych.

6. Analiza uzyskanych wyników w zakresie możliwości produkcyjnych wskazuje, iż w wybranych szkółkach kontenerowych, w badanym okresie nie wykorzystywano w pełni posiadanych możliwości produkcyjnych. Przekładało się to bezpośrednio na uzyskiwane wysokie jednostkowe koszty produkcji sadzonek w porównaniu do kosztów, które uzyskiwano przy symulowanym wzroście produkcji za pomocą modelu optymalizacyjnego.

7. Największe możliwości produkcyjne oraz najwyższy poziom ich wykorzystania występował w szkółce kontenerowej nadleśnictwa Legnica, co wpływało korzystnie na kształtowanie się jednostkowych kosztów produkcji sadzonek.

8. Najniższe jednostkowe koszty zmienne produkcji ogółem w badanym okresie występowały w szkółce kontenerowej nadleśnictwa Legnica, natomiast najwyższe w szkółce kontenerowej nadleśnictwa Jarocin. Wynikało to z odmiennych, dominujących w prowadzonej produkcji, rodzajów sadzonek, ale również stosowanych przy produkcji pojemników oraz organizacji pracy.

9. Najwyższe jednostkowe koszty stałe produkcji ogółem w badanym okresie odnotowano w szkółce kontenerowej nadleśnictwa Legnica, a najniższe w szkółce kontenerowej nadleśnictwa Babimost. Decydujący w tym zakresie był koszt amortyzacji wynikający z zaangażowania znacznych środków finansowych na inwestycje związane z budową i wyposażeniem szkółki kontenerowej w nadleśnictwie Legnica.

10. Najniższe koszty jednostkowe całkowite produkcji ogółem w badanym okresie występowały w szkółce kontenerowej nadleśnictwa Babimost. Mimo niskiego poziomu

wykorzystania potencjału produkcyjnego szkółki sumaryczne koszty w przeliczeniu na jednostkę produkcji utrzymywały niski poziom za sprawą znikomego wpływu amortyzacji na koszt jednostkowy produktu finalnego.

11. Udział kosztów amortyzacji w kosztach stałych badanych szkółek kontenerowych był w każdym przypadku dominujący. Jego znaczący wpływ na jednostkowy koszt produkcji sadzonki odzwierciedlał poziom zaangażowanych środków finansowych w wyposażenie szkółki i jak w przypadku szkółki kontenerowej w nadleśnictwie Legnica decydował o wysokim finalnym koszcie jej produkcji.

12. Zapotrzebowanie na sadzonki w badanym okresie z wybranych szkółek kontenerowych w niskim stopniu wykorzystywało posiadany przez szkółki potencjał produkcyjny. Należałoby poprawić wykorzystanie posiadanego potencjału produkcyjnego przez zwiększenie ilości produkowanych sadzonek, obniżając tym samym jednostkowe koszty produkcji sadzonek.

13. Zasoby dostępnego czasu pracy pokrywały zapotrzebowanie na realizowanie produkcji sadzonek w badanym okresie, w wybranych szkółkach kontenerowych. Symulowany wzrost produkcji sadzonek wykazał, iż w szkółce kontenerowej nadleśnictwa Jarocin pełne wykorzystanie posiadanego potencjału produkcyjnego było limitowane zasobami dostępnej siły roboczej.

LITERATURA

Berft M. (2008)**:** *Mechanizacja w szkółkach leśnych.* Polski model szkółkarstwa leśnego. SITLiD. z. 101 Warszawa: Wydawnictwo Świat**.**

Buraczewski A. (2001): *Zarys organizacji i zarządzania w gospodarstwie leśnym.* Poznań: Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.

Buraczewski A., Jarosz K., Kot R., Paszkiewicz A. (2008): *Podstawy rachunkowości i gospodarki finansowej w Lasach Państwowych.* Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Chudy R. (2017): *Rachunkowość zarządcze w Lasach Państwowych*? Las Polski, Warszawa 01/2017.

DeYoe D, Holbo, Waddell K. (1986): *Seedling protection from heat stress between lifting and planting.* Western Journal of Applied Forestry 1(4) s. 124-126.

Hoffman W., Hoffman L. (2006): *Nowoczesna technologia pakowania i przechowywania sadzonek.* Wydawnictwo Świat, Warszawa, Postępy techniki w leśnictwie zeszyt nr 97.

Ilwicki W., Tarasiuk S. (2009): *Szkółkarstwo leśne od A do Z. Koszty produkcji szkółkarskiej.* Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.

Jabłoński K. (2006): *Optymalizacja sposobów realizacji procesu technologicznego pozyskania i zrywki drewna na określonym obszarze leśnym.* Rozprawy naukowe 378, Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu.

Karlsson S. (1998): *Containerized Forestry seedling production from historical perspective.* Maszynopis.

Kłapeć B., Marszałkowicz T. (1979): *Metody programowania optymalnego w leśnictwie.* Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.

Kowalska S. (2013): Kalkulacja kosztu jednostkowego elementem zarządzania spółką x. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej.

Lachiewicz S., Adamik A., Matejun M. [red.] (2008): *Zarządzanie innowacjami w przedsiębiorstwie.* Łódź, Politechnika Łódzka.

Landis T.D., Tinus R.W., McDonald S.E., Barnett J. P. (1989): *The Biological Component: Nursery Pest and mycorrhizae, Vol. 5, The Container Tree Nursery Manual.* Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service. 171 p.

Landis T.D.; Dumroese R.K.; Haase D.L. (2010): *The Container Tree Nursery Manual. Volume 7, Seedling Processing, Storage, and Outplanting,* Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture Forest Service. 200 p.

Marcinkowska E., Sawicka J. (2010): *Rachunek kosztów.* Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa.

Marosz A. (2005): *Ocena konkurencyjności polskiego szkółkarstwa ozdobnego analizą SWOT.* Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z.504 (cz III) 2005:451-459.

Niziński S., Żółtowski B. (2002): *Zarządzanie eksploatacją obiektów technicznych za pomocą rachunku kosztów.* Wydawnictwo: Markar, Sierpc.

Ossowski M. (2006): *Rachunek kosztów działań w przedsiębiorstwie produkcyjnym*. Controlling i Rachunkowość Zarządcza 6/2006.

Pabian R. (2014): *Czy szkółkarstwo kontenerowe się opłaca?* Warszawa Las Polski nr 20/2014.

Skowronek C. [red.] (2004): *Analiza ekonomiczno – finansowa przedsiębiorstwa. Zbiór przykładów i zadań.* Wydanie II poprawione. Wydawnictwo Uniwesytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.

Spoz A. (2015): *Rachunkowość w zarządzaniu współczesnym przedsiębiorstwem.* Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego nr 873, :Finanse Rynki Finansowe i Ubezpieczenia' nr 77, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, s. 423-431.

Szabla K. *(2000a): Cel, potrzeby i praktyczna realizacja hodowli sadzonek mikoryzowanych w Szkółce Kontenerowej Nadleśnictwa Rudy raciborskie.* Problematyka mikoryzacji siewek i gleby. SITLiD. z. 76 Warszawa: Wydawnictwo Świat.

Szabla K. (2009): *Hodowlane i ekonomiczne aspekty produkcji materiału sadzeniowego z zakrytym systemem korzeniowym poddanego zabiegowi sterowanej mikoryzacji.* Warszawa, Sylwan 153 (4): 253-259.

Szabla K., Pabian R. (2009): *Szkółkarstwo kontenerowe, nowe technologie i techniki w szkółkarstwie leśnym.* Warszawa: Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.

Szramka H. (2005): *Ekonomiczne aspekty różnych sposobów odnowienia lasu.* Warszawa, Sylwan 11: 59-65.

Świderska G.K. [red.] (2004): *Obiektowy rachunek kosztów działań – koncepcja i wykorzystanie*. Monografie i opracowania, SGH, Warszawa.

Świderska G.K. [red.] (2008): *Rachunek kosztów i rachunkowość zarządcza*. Wydawnictwo SKwP, Warszawa.

Świderska G.K. [red.] (2010): *Rachunkowość zarządcza i rachunek kosztów w systemie informacyjnym przedsiębiorstwa. Controlling kosztów i rachunkowość zarządcza*. Wydawnictwo Difin, Warszawa, s. 20-21.

Thomas H. Yeager, Dewayne L. Ingram (2012): *Layout and Desidn Considerations for a Wholesale Container Nursery*. University of Florida, US Department of Agriculture.

Winiarska K. (2009): *Rachunkowość międzynarodowa.* Wydawca: Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. z o.o. Gdańsk.

Wojtkowiak R., Zembrowski K. (2009): *Nowe zestawy pojazdów przeznaczone dla szkółek leśnych do transportu sadzonek drzew.* Logistyka. Nr 6/2009.

Wojtkowiak R., Mordas D., Wiśniewski M., Ratajczak W., Zembrowski K., Dubowski A. (2013): *Zmiany wilgotności sadzonek w pojemnikach styropianowych na stelażach osłoniętych różnymi materiałami podczas przewożenia po drogach leśnych.* „Użytkowanie Maszyn Rolniczych i Leśnych badania naukowe i dydaktyka" (International Conference „Utilization of Agricultural and Forest Machinery in research and teaching"), Red. Nauk. Walczyk J., Kraków PAU.