

Adolf Janeček*, Kazimierz Rutkowski**, Radomír Adamovský***

* Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a environmentální

** Katedra Inżynierii Rolniczej i Informatyki

Akademia Rolnicza w Krakowie

*** Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta

OPTIMALIZACJA PROCESU ZRYWKI DREWNA W ASPEKCIE SKAŻENIA ŚRODOWISKA NATURALNEGO

Streszczenie

W artykule przedstawiono praktyczne wykorzystanie metody minmax przy optymalizacji procesów eksploatacyjnych. Powyższą metodę wykorzystano w celu określenia optymalnej wydajności sprzętu do zrywki drzewa przy minimalnym skażeniu środowiska naturalnego.

Słowa kluczowe: zasada minmax, ruchome systemy energetyczne, system produkcyjny, leśny ekosystem, przeliczanie szkodliwych substancji

Wstęp

Zasada minmax ma wielokierunkowe zastosowanie, albowiem można przy jej pomocy wyrazić systemowe zależności między wejściem a wyjściem wielu systemów zarówno żywych i uprzedmiotowionych jak też wytworzonych naturalnym bądź też sztucznym sposobem.

Wejścia i wyjścia mogą mieć charakter energetyczny, materialny i środowiskowy. W systemach rozbudowanych są uwzględniane i rozwiązywane także wejścia siły roboczej [Janeček 1996].

Podstawowym celem zastosowania metody minmaks w prezentowanym artykule jest optymalizacja przedsięwzięć technicznych mających na celu intensywność występowania antropogenicznych czynników oddziałujących negatywnie na środowisko.

Jako optymalna zawartość emisji szkodliwych czynników uznano takie warunki pracy, które charakteryzują się minimalną zawartością szkodliwych czynników w przeliczeniu na jednostkę produkcji.

Przy optymalizacji ekologicznego systemu, jako całości, tak jak było już definiowane, wyznaczono funkcję celu jako kryterium wyrażające warunek powiązania zwrotnego między wydajnością źródła emitującego szkodliwe czynniki dla środowiska a emisyjnym obciążeniem leśnego ekosystemu.

Metodyka

Przy optymalizacji warunków eksploatacji systemu ze względu na minimum zawartości szkodliwych czynników emisji spalin, przeliczonych na jednostkę wydajności przyjętego systemu, możemy przyjąć następujące zależności [Adamovský i in. 2006]:

$$\frac{\partial M_{CLEM}}{\partial t} = \frac{\frac{\partial(m_{0E} + m_{1E})}{\partial t} \cdot Q_E \cdot S_E}{Q_V \cdot \eta_{CE}(W_p, W_k)} + \frac{\frac{\partial(m_{0M} + m_{1M})}{\partial t} \cdot S_M}{M_M \cdot \eta_{CM}(W_p, W_k)} \cdot [\text{m}^3 \text{s}^{-1}] \quad (1)$$

gdzie:

- m_{0E} – masowy ekwiwalent całkowitego strumienia energetycznego niezbędnego dla zabezpieczenia warunków systemu produkcyjnego przed procesem [kg],
- m_{1E} – masowy ekwiwalent całkowitego strumienia energetycznego niezbędnego dla zabezpieczenia warunków systemu produkcyjnego w trakcie procesu [kg],
- Q_E – wartość energetyczna nośnika energii [Jkg^{-1}],
- Q_V – jednostkowa wartość energii, którą należy dostarczyć do procesu w przeliczeniu na jednostkę produkcji [Jm^{-3}],
- M_M – jednostkowa masa produkcyjna, którą należy dostarczyć do procesu w przeliczeniu na jednostkę produkcji [kgm^{-3}],
- S_E – jednostkowa zawartość szkodliwych substancji przeliczonych na energetyczny nośnik o masie $m_E = m_{1E} + m_{0E}$, która występuje dla zabezpieczenia procesu produkcji energii A o wydajności W [kg kg^{-1}],
- S_M – jednostkowa zawartość szkodliwych substancji przeliczonych na masowy nośnik o masie $m_M = m_{1M} + m_{0M}$ [kg kg^{-1}],
- m_M – całkowita ilość masy niezbędnej dla zabezpieczenia wydajności systemu produkcyjnego W [kg],
- m_{0M} – ilość materiału niezbędna dla zabezpieczenia warunków produkcyjnych systemu przed procesem [kg],

- m_{1M} – ilość materiału niezbędna dla zabezpieczenia warunków produkcyjnych systemu w trakcie procesu [kg],
 t – czas [s],
 $\eta_{CE}(W_p, W_k)$ – sprawność transformacji energii na końcowy produkt w systemie produkcyjnym uwzględniający konstrukcyjną i eksploatacyjną wydajność W_p, W_k [-],
 $\eta_{CM}(W_p, W_k)$ – sprawność transformacji substancji na końcowy produkt w systemie produkcyjnym, uwzględniający konstrukcyjną i eksploatacyjną wydajność W_p, W_k [-].

Wydajność systemu można obliczyć:

$$W = f(W_k, W_p) \quad (2)$$

gdzie:

- W – wydajność systemu produkcyjnego [m^3s^{-1}],
 W_k – konstrukcyjna wydajność systemu produkcyjnego [m^3s^{-1}],
 W_p – eksploatacyjna wydajność systemu produkcyjnego [m^3s^{-1}],

Poszukiwanie ekstremum funkcji odbywa się w obszarze rozwiązań dopuszczalnych uwzględniającą jednostkową ilość szkodliwych substancji w przeliczeniu na jednostkę objętości przetwarzanej masy w zależności od konstrukcyjnej wydajności W_k i eksploatacyjnej wydajności W_p określonych równaniami:

$$\frac{\partial^2 M_{CLEM}(W_k, W_p)}{\partial t \cdot W_k} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 M_{CLEM}(W_k, W_p)}{\partial t \cdot W_p} = 0 \quad (4)$$

Dla obliczenia optymalnych wartości wydajności eksploatacyjnej $W_{p,opt}$ i konstrukcyjnej $W_{k,opt}$ systemu produkcyjnego posłużą następujące równania:

$$\frac{A}{\eta_{CE}^2} \cdot \frac{\partial \eta_{CE}(W_p)}{\partial W_p} + \frac{B}{\eta_{CM}^2} \cdot \frac{\partial \eta_{CM}(W_p)}{\partial W_p} + \frac{\partial W(W_p)}{\partial W_p} \cdot \left(\frac{A}{\eta_{CE}} + \frac{B}{\eta_{CM}} \right) = 0 \Rightarrow W_{p,opt}. \quad (5)$$

$$\frac{A}{\eta_{CE}^2} \cdot \frac{\partial \eta_{CE}(W_k)}{\partial W_k} + \frac{B}{\eta_{CM}^2} \cdot \frac{\partial \eta_{CM}(W_k)}{\partial W_k} + \frac{\partial W(W_k)}{\partial W_k} \cdot \left(\frac{A}{\eta_{CE}} + \frac{B}{\eta_{CM}} \right) = 0 \Rightarrow W_{k,opt}. \quad (6)$$

gdzie:

$$A = \frac{\partial(m_{0E} + m_{1E}) \cdot Q_E \cdot S_E}{\partial t \cdot Q_V} \quad [\text{m}^3 \text{s}^{-1}] \quad (7)$$

$$B = \frac{\partial(m_{0M} + m_{1M}) \cdot S_M}{\partial t \cdot Q_M} \quad [\text{m}^3 \text{s}^{-1}] \quad (8)$$

Przy rozwiązywaniu równań (5) i (6) musimy pamiętać, że przy wyborze jednego z kilku różnych systemów produkcyjnych, w procesie których występuje emisja szkodliwych substancji, należy określić w jakim stanie się znajdują: stałym, ciekłym czy gazowym. Następnym krokiem jest przeliczenie ich ilości na jednostkę produkcji. Przy wyborze należy sugerować się, czy spełnione są wymagania konstrukcyjne i eksploatacyjne systemu produkcyjnego, określanego wydajnością wynikającą z konstrukcji $W_{k,opt}$ i wydajnością eksploatacyjną $W_{p,opt}$.

Powyższa forma jest uproszczona i może być stosowana w systemach produkcyjnych podobnego typu, ale o różnej konstrukcyjnej wydajności.

Jeśli systemy produkcyjne są różnego typu to należy utworzyć zbiory z $M_{i,CLEM}(W_{k,i}, W_{p,i})$, a z tych zbiorów wyodrębnić podzbiory stosując metodę skupień.

Równania (5, 6) mają ogólny charakter i można z nich korzystać w systemach produkcyjnych, w których występuje emisja zanieczyszczeń gazowych, ciekłych bądź stałych. Z powodzeniem mogą być one wykorzystywane w systemach energetycznych bądź produkcyjnych.

W systemach produkcyjnych oraz energetycznych (elektrownie i spalarnie zanieczyszczeń), względnie w pojazdach mechanicznych obowiązuje zasada:

$$A \gg 0; B \approx 0 \quad (9)$$

W systemach produkcyjnych wytwarzających produkty w oparciu o nie sprzyjające czynniki ekologiczne (zakłady papiernicze, zakłady chemiczne, wielkoprodukcyjne gospodarstwa rolnicze) obowiązuje odwrotna zasada:

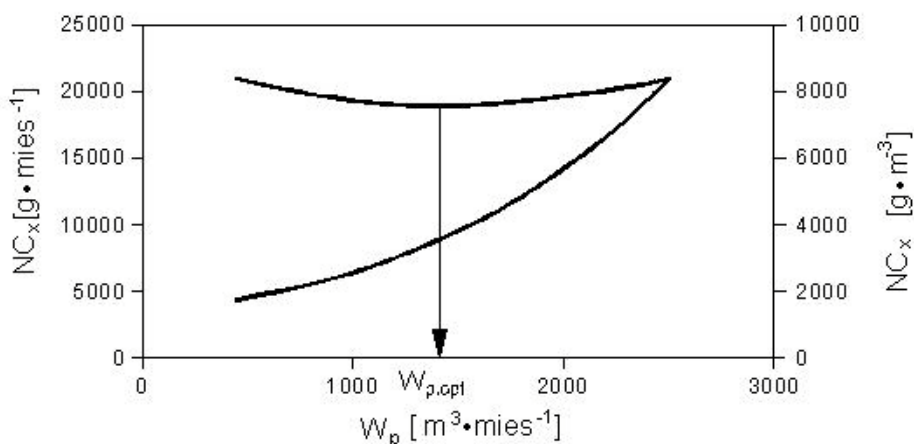
$$A \neq 0, B \neq 0 \quad (10)$$

Wyniki i ich analiza

Celem matematycznej analizy prezentowanego zagadnienia było określenie optymalnych eksploatacyjnych wydajności zrywkowych i transportowych systemów produkcyjnych, przy minimalnym skażeniu środowiska substancjami pochodzącymi z transportu energii i masy, biorących udział w transformacji prowadzącej do końcowego wyrobu.

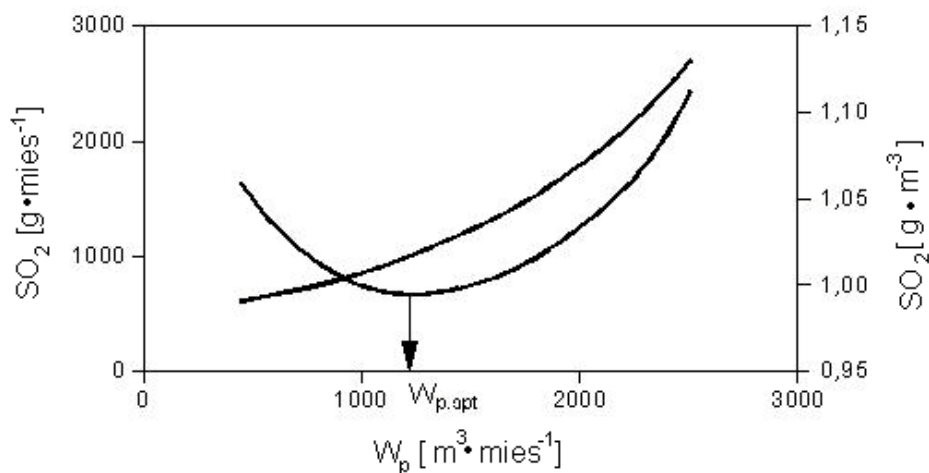
Opracowane modele zostały zweryfikowane w warunkach eksploatacyjnych z wykorzystaniem zestawu do zrywki drzewa FMG 678 MINI. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 1-3. Analizując wyniki zauważa się, że funkcje jednostkowego stężenia emisji związków toksycznych osiągają zawsze swoje minimum. Optymalna wydajność eksploatacyjna ulega wahaniom w zależności minimalizowanej emisji składnika: dla $NC_x - 1470 \text{ m}^3 \cdot \text{mies.}^{-1}$, $SO_2 - 1310 \text{ m}^3 \cdot \text{mies.}^{-1}$ a dla $NO_x - 2100 \text{ m}^3 \cdot \text{mies.}^{-1}$

Wybór wydajności zestawu do zrywki drzewa zależy od oddziaływania emitowanych związków na otaczający ekosystem. Procentowe wielkości odchyłek emitowanych związków, w zależności od wydajności zestawu do trzebieży drewna, przedstawiono w tab. 1.



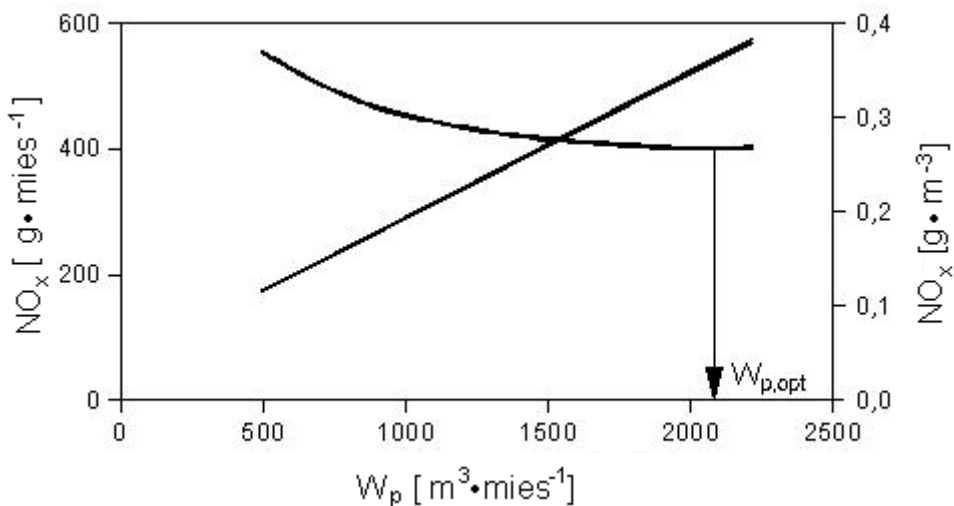
Rys. 1. Wielkość emisji NC_x w zależności od wydajności W_p zestawu zrywkowego FMG 678 MINI

Fig. 1. The amount of NC_x emission versus logging assembly FMG 678 MINI capacity W_p



Rys. 2. Wielkość emisji SO₂ w zależności od wydajności W_p zestawu zrywkowego FMG 678 MINI

Fig. 2. The amount of SO₂ emission versus logging assembly FMG 678 MINI capacity W_p



Rys. 3. Wielkość emisji NO_x w zależności od wydajności W_p zestawu zrywkowego FMG 678 MINI

Fig. 3. The amount of NO_x emission versus logging assembly FMG 678 MINI capacity W_p

Tabela 1: Wahania wartości emitowanych związków NC_x , SO_2 , NO_x przy różnych wydajnościach W_p zestawu zrywkowego FMG 678 MINI

Table 1. Variations of NC_x , SO_2 , NO_x emission yield at different logging assembly FMG 678 MINI capacities W_p

W_p	NC_x	SO_2	NO_x
[m ³ ·mies. ⁻¹]	minimum [g·m ⁻³]		
	7,79	1,00	0,25
	odchyłka od minimum v %		
1300	0,19	0,02	11,97
1310	0,16	0	11,74
1390	0	0,07	9,90
1400	0,01	0,08	9,69
1500	0,05	0,31	7,67
1600	0,07	0,69	5,93
1700	0,36	1,24	4,46
1800	0,82	1,94	3,27
1900	1,44	2,81	2,35
2000	2,32	3,85	1,70
2100	3,14	5,04	0

Podsumowanie

Empiryczna weryfikacja prezentowanego modelu matematycznego, potwierdziła, że na jego podstawie, dla określonych warunków, można wyznaczyć optymalną wartość funkcji celu.

Rozwiązanie prezentowanego modelu umożliwia optymalizację czynności systemu produkcyjnego, z zachowaniem minimalnej emisji szkodliwych związków w przeliczeniu na jednostkę produkcji oraz uzyskanie podstawowych informacji dotyczących transformacji danego systemu produkcyjnego na system przyjazny środowisku – ekologiczny.

Bibliografia

Janeček A. 1996. Analýza vztahů mezi provozní a konstrukční výkonností LVS a měrnou energií. LF ČZU Praha, 70 s.

Adamovský R., Janeček A., Mikleš M. 2006. Optimální řešení alokace investic v lesních ekosystémech pod zatížením cizorodými látkami. In Trendy lesníckej, drevárskjej a environmentálnej techniky a jej aplikácie vo výrobnom procese. Sekcia č.3, Technicko výrobný manažment a rizika v priemysle. Technická univerzita vo Zvolene, Fakulta environmentálnej a vyrobnej techniky. 1. vydání. Zvolen, s. 261-267. ISBN 80-228-1649-3.

OPTIMIZATION OF THE LOGGING PROCESS IN THE ASPECT OF NATURAL ENVIRONMENT CONTAMINATION

Summary

The article focuses on minimax principle application to optimal operational performance assessment of logging production systems. The operational performance optimum values are defined on condition minimizing extraneous substances production during energy and material flows.

Key words: principle of minimax; mobile energy systems, production system, forest ecosystem, extraneous substances transfer