

URSZULA BŁUSZKOWSKA, TOMASZ NUREK

Wpływ czynników organizacyjnych na wydajność eksploatacyjną harwestera

Effect of organizational factors on harvester exploitation efficiency

ABSTRACT

Błuszkowska U., Nurek T. 2016. Wpływ czynników organizacyjnych na wydajność eksploatacyjną harwestera. Sylwan 160 (6): 443-451.

High unit costs of mechanized timber harvesting are a major obstacle for the development of this process in Poland. Apart from that, other important factors include forests structure, work organization and principles of the forest utilisation in the State Forests. Fragmentation and dispersal in the superintendence economic tasks related to the acquisition of wood affect the reduction of the degree of use of the machine during the working day. In this study, we paid particular attention to the harvester runs between successive tasks and between tasks and bases of the night stopover. The above-mentioned organizational factors can substantially affect the performance of the machine and their potential reduction could improve the economic efficiency of the use of harvesting machines in the Polish forests. The simulation calculations assumed fixed total area covered by the work of logging and fixed total amount of acquisitions. The parameters of the variables in the calculation was the number of tasks performed and the number of bases of the night stopover. Change in the previous parameter was clear with the volume of a single task and the distance between them. The paper discusses the results of research on the impact of these parameters on the multioperational machine operating efficiency. Reducing the number of jobs (increasing their size) causes significant increase in harvester efficiency. In extreme cases, it may be up to about 20%. The article also points to the possibility of better organization of work and thereby the economic effects of the use of harvesting machines in selected forest areas. Deciding on the organization of work in a specific forest district one should however also take into consideration principles of the forest utilisation.

KEY WORDS

forestry mechanization, timber harvesting, organization of forest works

ADDRESSES

Urszula Błuszkowska – e-mail: urszula_bluszkowska@sggw.pl

Tomasz Nurek – e-mail: tomasz_nurek@sggw.pl

Katedra Maszyn Rolniczych i Leśnych, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 164, 02-787 Warszawa

Wstęp

Pierwsze harwestery w Polsce pojawiły się pod koniec lat 80. XX wieku. Liczba tych maszyn stale rośnie, w większości stanowią one własność prywatną firm świadczących usługi na rzecz Lasów Państwowych [Kapral 2009]. Wśród wykonawców robót leśnych rośnie zainteresowanie zwiększeniem stopnia mechanizacji tych prac. Czynnikiem przemawiającym za wyborem mechanicznego pozyskania drewna jest możliwość zwiększenia wydajności oraz bezpieczeństwa pracy.

Wpływ organizacji pracy maszyn na efektywność mechanicznego pozyskania drewna badana była już w latach 90. ubiegłego wieku [Botwin 1992]. Moskalik [2002, 2004] podkreśla dużą wydajność harwestera, zauważając, że zastępuje on pracę mniej więcej 10 drwali. Duży wpływ na wydajność tych maszyn mają również umiejętności, kwalifikacje i doświadczenie operatorów [Brzózko, Dybcio 2007]. Brzózko [2010] stwierdza także, że wykorzystanie harwesterów na terenach pokłękowych jest bardziej opłacalne, a przede wszystkim bezpieczniejsze niż pozyskanie drewna za pomocą pilarek spalinowych, natomiast Moskalik i Stempffer [2003] podkreślają możliwość wykorzystania wielooperacyjnych maszyn do pozyskiwania drewna w różnych warunkach terenowych, w tym także górskich. Wielu autorów zwraca ponadto uwagę na inne korzyści związane z realizacją prac za pomocą harwestera. Poza większą wydajnością, w porównaniu z wykonaniem identycznych prac na niższym poziomie mechanizacji, wymieniają oni takie czynniki jak jakość produkowanych sortymentów oraz bezpieczeństwo pracy [Nurek 2007; Spinelli i in. 2011].

Wykorzystanie harwesterów (maszyn ścinkowo-okrzesująco-przerzynających) w leśnictwie polskim w dalszym ciągu natrafia na znaczące trudności. Związane są one przede wszystkim z niską ekonomiczną opłacalnością ich zastosowania. W literaturze opisano wiele czynników wpływających na stopień trudności pozyskania drewna w Polsce i na Białorusi [Laurow, Więsik 2002; Cacot 2010]. Poruszane są jednocześnie aspekty środowiskowe i ekonomiczne mechanicznego pozyskiwania drewna [Suwała 1999; Klocek 2003]. Nurek [2013] zwraca uwagę na znaczenie warunków pracy harwesterów oraz wpływ czynności dodatkowych wykonywanych podczas ich użytkowania na ogólną ocenę wydajności i efektywności tych maszyn. Wśród przyczyn trudności we wdrażaniu maszynowego pozyskania drewna w Polsce warto wspomnieć o wysokich kosztach takiego systemu realizacji prac. Koszty te są istotnie wyższe w stosunku do kosztów pozyskania z użyciem pilarek spalinowych. Korzystne cechy maszynowej technologii pozyskania, takie jak bezpieczeństwo pracy czy jakość pozyskiwanych sortymentów, w dalszym ciągu nie nabierają niestety w Polsce istotnego znaczenia. Skupiając się na jednostkowych kosztach pozyskania, powinno się poddać szczegółowej analizie wpływ kilku czynników na wydajność pracy maszyn wielooperacyjnych. Zwłaszcza w przypadku technologii o dużym udziale kosztów stałych (taka jest technologia maszynowego pozyskania drewna) za czynnik o największym wpływie na wydajność maszyny trzeba uznać stopień jej wykorzystania, czyli czas poświęcony na wykonanie czynności produkcyjnych (pracę na powierzchni zrębowej lub trzebieżowej). Wydajność operacyjna tych maszyn (odniesiona do czasu rzeczywistej realizacji danego zadania) wynika z ich parametrów technicznych oraz z rodzaju realizowanego zadania i osiąga zwykle bardzo duże wartości. Zależą one między innymi od miąższości pojedynczego drzewa czy też panujących warunków pracy na konkretnej powierzchni leśnej. W najbardziej sprzyjającym przypadku (w dojrzałych drzewostanach sosnowych) w czasie jednej godziny można pozyskać od 5 do 30 m³ grubizny w zależności od modelu urządzenia. Jest to jednak wydajność operacyjna, odnoszona do czasu wykonywania operacji technologicznych.

Ciągle aktualne pozostaje natomiast pytanie o to, jak dużą wydajność pracy harwestera można osiągnąć podczas realizacji wielu zadań na wybranym terenie, na przykład całego nadleśnictwa, oraz od czego jest ona zależna? Badając pracę harwestera na dużej powierzchni leśnej, na której wyznaczono wiele zadań, należy również uwzględnić niezbędne operacje nieprodukcyjne, tj. obsługę, kontrolę i przejazdy nieprodukcyjne maszyny. Okazuje się, że to właśnie przejazdy między powierzchniami generują duże koszty dla każdego przedsiębiorcy leśnego, użytkownika harwestera. Obowiązujące w polskich lasach zasady użytkowania preferują pozyskiwanie drewna na stosunkowo niewielkich powierzchniach. W ostatnich latach dominujące

stały się rębnie gniazdowe, których powierzchnia wynosi od 20 do 30 arów. Zręby zupełne o powierzchni kilku hektarów należą do rzadkości. Konsekwencją ustalanego na 10 lat etatu pozyskania grubizny jest duże rozdrobnienie zadań pozyskaniowych i w efekcie rozrzucenie ich na powierzchni całego nadleśnictwa. Sytuacja ta, zgodna z zasadami zrównoważonego użytkowania lasu, ma jednak negatywny wpływ na wydajność eksploatacyjną wielooperacyjnych maszyn, a w efekcie na rzeczywiste jednostkowe koszty pozyskania. Dobowe obserwacje pracy maszyn wielooperacyjnych pokazują, że oprócz wykonywania operacji produkcyjnych (związanych bezpośrednio z pozyskaniem drewna) maszyna znajduje się w fazach bezproduktywnych. Warto jednak pamiętać, że niektóre z nich są niezbędne z punktu widzenia kodeksu pracy czy też wyboru optymalnego sposobu pozyskania na konkretnej powierzchni.

Zagadnienie będące przedmiotem prezentowanych badań jest w wielu przypadkach powodem konfliktów między kierownictwem nadleśnictw (zleceniodawcami) a właścicielami firm leśnych (zleceniobiorcami). Nadleśnictwa wychodzą bowiem z założenia, że stawki za pozyskanie drewna harwesterami powinny być takie same jak w przypadku pozyskania pilarkami spalinowymi. Jednocześnie dyktując lokalizację i wielkość zadań, nie uwzględniają specyfiki maszynowego pozyskania i w efekcie uniemożliwiają uzyskanie dużych wydajności, właściwych dla tego typu maszyn. Biorąc pod uwagę zasady wynikające ze zrównoważonej gospodarki leśnej i planując prace z zakresu pozyskania drewna w nadleśnictwach (regionalnych dyrekcjach lasów państwowych), powinno się w większym stopniu uwzględniać wymagania nowoczesnej technologii maszynowej. W efekcie może to doprowadzić do łatwiejszego uzyskiwania opłacalności stosowania harwesterów, a co za tym idzie – ich szerszego wykorzystywania w polskich lasach.

Celem podjętych badań było poznanie i wyjaśnienie wpływu wybranych czynników organizacyjnych na wydajność eksploatacyjną harwestera. Jako główne czynniki przyjęto liczbę zadań przewidzianych do realizacji na danym terenie oraz liczbę baz nocnego postoju maszyn. Założono przy tym, że zmiana liczby tych obiektów dotyczyć będzie stałej całkowitej powierzchni analizowanego obszaru oraz stałej całkowitej wielkości pozyskania. Z założeń tych wynika, że wraz ze wzrostem liczby zadań będzie malała zarówno odległość między nimi, jak i wielkość pojedynczego zadania. Podobnie w przypadku baz nocnego postoju maszyny – zwiększanie ich liczby powoduje zmniejszenie odległości przejazdów między bazami a zadaniami.

Material i metody

Opis matematyczny pracy harwestera na obszarze nadleśnictwa uwzględnia najważniejsze stany, w jakich może się on znaleźć w ciągu dnia pracy. Czas trwania niektórych z nich jest zależny od typu wykorzystywanej maszyny, rodzaju wykonywanego zabiegu, cech drzewostanu czy też umiejętności operatora. Są wśród nich także takie, które uzależnione są od przyjętego w nadleśnictwie planu prac pozyskaniowych (trzebieżowych) – czas trwania tych faz jest niezależny od operatora (wykonawcy zadań).

Jak wynika z przedstawionych powyżej założeń (dla stałej wielkości powierzchni nadleśnictwa), odległość między zadaniami zależna jest od liczby przewidywanych miejsc pozyskania drewna. Zależność tę można opisać wzorem:

$$l_{zs} = \frac{1}{10} \sqrt{\frac{S_o}{n_s}} \quad [1]$$

gdzie:

- l_{zs} – odległość między zadaniami [km],
- S_o – powierzchnia badanego obszaru [ha],
- n_s – liczba zadań na rozpatrywanym obszarze.

Biorąc pod uwagę dotychczasowe badania nad funkcjonowaniem harwesterów, do stanów istotnych z punktu widzenia wydajności eksploatacyjnej maszyny należą przede wszystkim: realizacja operacji technologicznych (czas operacyjny), rozpoznanie zadań, przerwy dla operatora maszyny, przejazdy między kolejnymi zadaniami, przejazdy do baz oraz czas ich organizacji. Tak zdefiniowane stany pracy mogą występować nie we wszystkich warunkach pracy i nie w każdej sytuacji organizacyjnej.

W najkorzystniejszej sytuacji (warunki brzegu górnego) poza czasem operacyjnym i koniecznym czasem przerw należy wziąć pod uwagę również czas rozpoznania zadań i czas przejazdu między nimi (wzór 2). Można założyć, że maszyna po wykonaniu ostatniego w danym dniu zadania nie wraca do bazy nocnego postoju, a pozostaje na powierzchni zrębowej. Takie rozwiązanie eliminuje etap związany z przejazdem do miejsc nocnego garażowania maszyn oraz czas potrzebny na organizację tych miejsc. Operator zatem cały czas poświęca na wykonywanie operacji technologicznych, a po upływie dnia roboczego (po 8 lub 10 godzinach) pozostawia maszynę i innym środkiem transportu wraca do miejsca zamieszkania. W takiej sytuacji eksploatacyjny czas dnia roboczego można opisać zależnością:

$$T_{07} = \frac{T_{02} + \left(\frac{l_{zs}}{v} + t_{71} \right) \cdot n_z}{1 - \alpha} \quad [2]$$

gdzie:

T_{07} – czas eksploatacyjny dnia roboczego [h],

T_{02} – czas operacyjny [h],

v – prędkość przejazdu maszyny między zadaniami [km/h],

t_{71} – czas rozpoznania zadania [h],

l_{zs} – odległość między zadaniami [km],

α – współczynnik czasu przerw.

Jak wynika z powyższego wzoru, parametrami terenu determinującymi składowe czasu eksploatacyjnego są: powierzchnia obszaru, na którym rozlokowane są zadania pozyskaniowe, odległość między zadaniami oraz liczba tych zadań. Ze wstępnej analizy zależności wynika, że najkorzystniejsza sytuacja ma miejsce wtedy, gdy całe pozyskanie przewidziane dla badanego obszaru skupione jest w jednym zadaniu. Mamy wtedy do czynienia z jednym tylko stanem rozpoznania zadania, wyeliminowana jest także odległość przejazdu między zadaniami.

Opisana powyżej sytuacja okazuje się w polskich warunkach czysto teoretyczna. W rzeczywistości mamy do czynienia z rozdrobnieniem zadań związanych z pozyskaniem drewna i jednoczesnym ich rozproszeniem (raczej równomiernie na obszarze całego nadleśnictwa) – warunki brzegu dolnego. Takie planowanie prac pozyskaniowych powoduje znaczący wzrost czasu poświęcanego na nieproduktywne składowe czasu dnia roboczego. Wzrasta również znacząco czas przejazdów między zadaniami. Proporcjonalnie do liczby zadań rośnie też sumaryczny czas poświęcony na ich rozpoznanie i opracowanie strategii prac. Rozpatrując rzeczywiste warunki realizacji zadań, należy także wziąć pod uwagę konieczność powrotu maszyny do bazy po zakończeniu dnia roboczego. W takim najmniej korzystnym przypadku czas eksploatacyjny dnia roboczego można wyrazić następującą zależnością:

$$T_{07} = \frac{T_{02} + \left(\frac{l_{zs}}{v} + t_{71} + t_{72} \right) \cdot n_z}{1 - \alpha - \frac{1}{T_{07}} \left[\frac{l_{zs}}{v} \left(1,42 \cdot \sqrt{\frac{n_z}{n_b}} + 1 \right) + t_{71} \right]} \quad [3]$$

gdzie:

- n_b – liczba baz nocnego postoju maszyn na rozpatrywanym obszarze,
- t_{72} – czas rozpoznania i zajmowania baz [h].

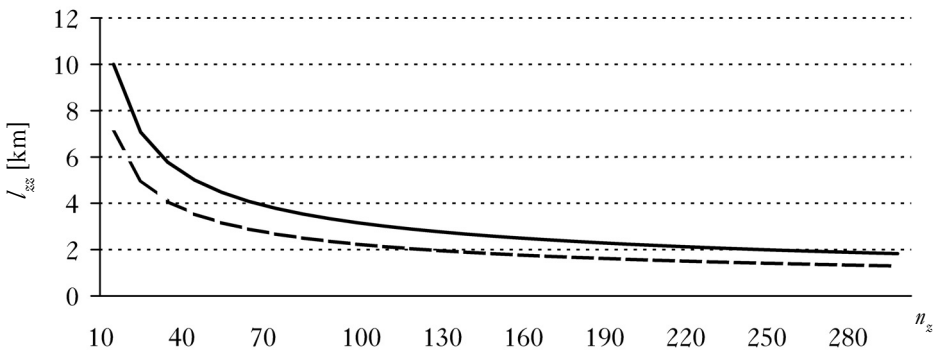
Korzystając z powyżej omówionego modelu matematycznego, wykonano serię obliczeń symulacyjnych. Przyjęto w nich, że miąższość pojedynczego drzewa wynosi $q=0,8 \text{ m}^3$, a czas jego pozyskania $t_c=0,02 \text{ h}$. Założono także, że w każdej serii obliczeń całkowita miąższość pozyskiwanego drewna wyniesie $Q=35\,000 \text{ m}^3$, czas rozpoznania zadania $T_{71}=0,5 \text{ h}$, czas organizacji bazy $T_{72}=1 \text{ h}$, a współczynnik czasu przerw dla operatora $\alpha=0,15$. Prędkość jazdy maszyny między zadaniami oraz zadaniami i bazami ustalono na $v=5 \text{ km/h}$. Dla uzyskania pełnego obrazu badanych zależności obliczenia symulacyjne wykonano dla czterech wartości czasu dnia roboczego: $T_{07}=8, 10, 12$ i 16 h .

W celu zbadania zależności wydajności eksploatacyjnej od liczby zadań symulację przeprowadzono dla dwóch wielkości nadleśnictwa – 50 i 100 tysięcy hektarów. W obu przypadkach zmieniano liczbę zadań w zakresie od 10 do 300. Obliczenia wykonano dla 5 i 9 baz nocnego postoju maszyn.

W przypadku analizy zależności wydajności eksploatacyjnej od liczby baz nocnego postoju maszyn obliczenia wykonano dla nadleśnictwa o powierzchni 50 tysięcy hektarów. Liczbę zadań ustalono na 200, a liczbę baz zmieniano w zakresie od 1 do 100. Na podstawie powyższych zależności przeprowadzono obliczenia symulacyjne umożliwiające zbadanie wpływu liczby zadań oraz liczby baz na wydajność eksploatacyjną maszyny wielooperacyjnej realizującej zadania na obszarze nadleśnictwa [Nurek 2007].

Wyniki

W przypadku obszaru o całkowitej powierzchni równej 100 000 ha odległość, jaką musi pokonać maszyna przejeżdżająca do kolejnego zadania, wynosi około 10 km dla 10 zadań i jedynie około 1,8 km dla 300 zadań (ryc. 1). Podobny charakter zmian ma miejsce w przypadku mniejszej powierzchni (50 000 ha). Dla 10 zadań odległość między nimi wynosi około 7 km, jednak w przypadku 300 zadań spada ona do około 1,3 km. Analiza ta ma charakter poglądowy i stanowi jedynie punkt wyjścia do dalszych badań.

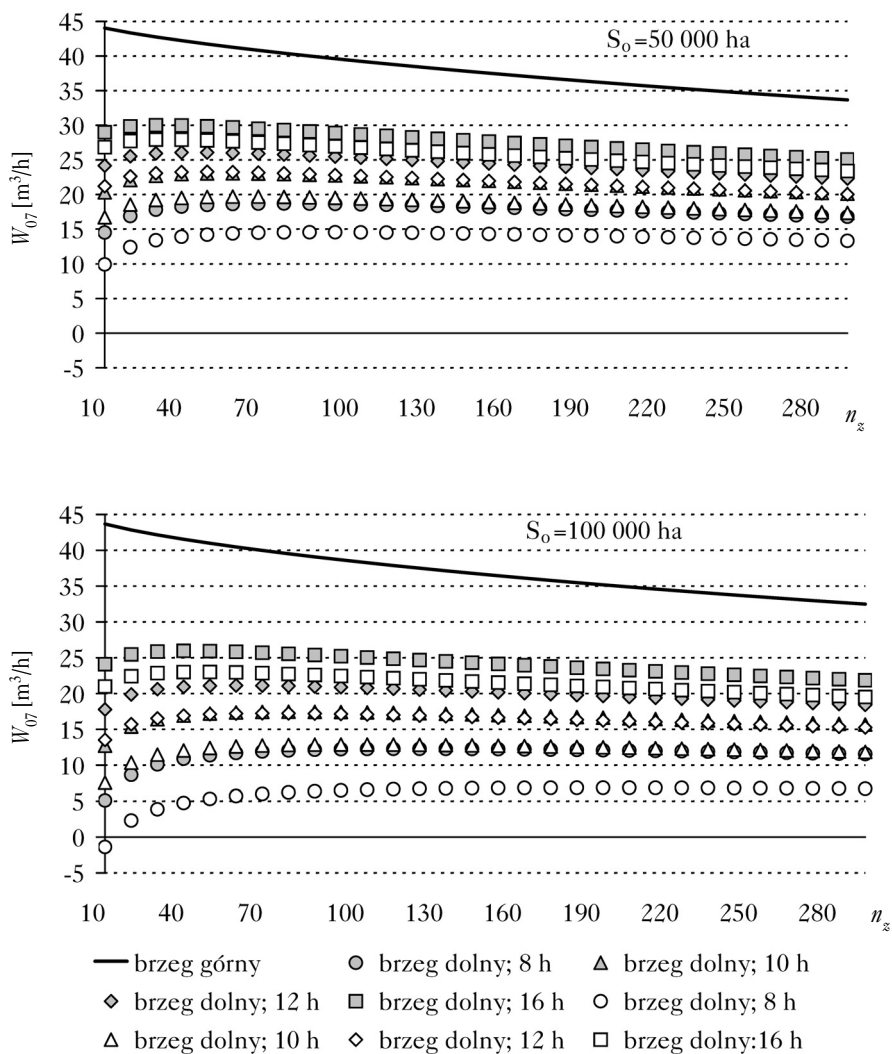


Ryc. 1.

Wpływ liczby zadań (n_z) na odległość między nimi (l_{zz}) dla obszaru roboczego o powierzchni 100 000 (linia ciągła) i 50 000 ha (linia przerywana)

Effect of the number of tasks (n_z) on the distance between them (l_{zz}) for the operational area of 100 000 (solid line) i 50 000 ha (dashed line)

Przeprowadzone obliczenia symulacyjne dla całkowitej powierzchni badanego nadleśnictwa potwierdzają pierwotne założenia dotyczące brzegu górnego. W obu badanych przypadkach (dla 5 i 9 baz) wydajność dla kolejnej liczby zadań jest taka sama. Definicja brzegu górnego zakłada mianowicie pozostawianie maszyny na obszarze leśnym. Wydajność w przypadku brzegu górnego zmniejsza się wraz ze wzrostem liczby zadań. Dla 10 zadań wynosi ona około 44 m³/h, natomiast w przypadku 300 zadań zmniejsza się do około 33 m³/h (ryc. 2). Zjawisko zmniejszenia wydajności związane jest ze wzrostem dystansu, jaki musi pokonać maszyna, aby zrealizować wszystkie wyznaczone na danym obszarze zadania.



Ryc. 2.

Zmiana wydajności eksploatacyjnej (W_{07}) na obszarze roboczym o różnej powierzchni (S_0) w zależności od długości czasu operacyjnego i liczby zadań (n_z)

Change in the operational efficiency (W_{07}) on the various operational areas (S_0) with regard to the operational time and the number of tasks (n_z)

linia – brzeg górny; pełne znaczniki – brzeg dolny dla 9 baz; puste znaczniki – brzeg dolny dla 5 baz
 line – upper limit; full markers – lower limit for 9 bases; empty markers – lower limit for 5 bases

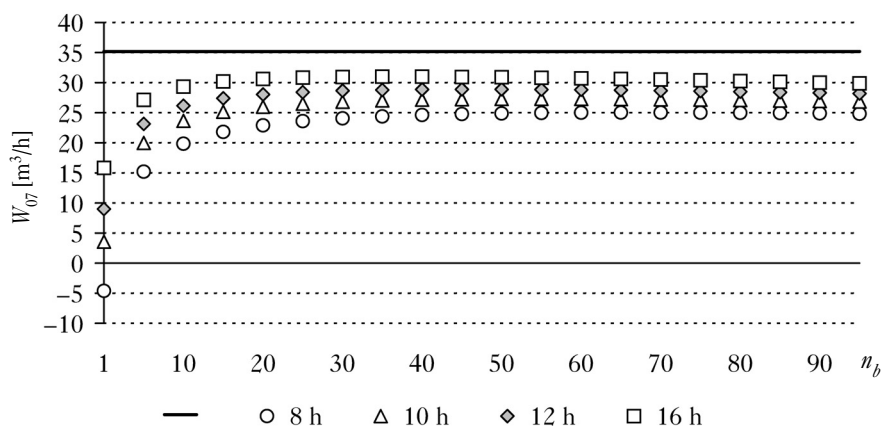
Wydajność eksploatacyjna dla każdej liczby zadań osiąga większą wartość w przypadku wydłużania dnia roboczego. W przypadku niewielkiej liczby zadań (około 50) wydłużenie dnia roboczego z 8 do 16 godzin powoduje niemal dwukrotny wzrost wydajności eksploatacyjnej. Różnica ta maleje wraz ze wzrostem liczby realizowanych zadań. Powyższe wykresy umożliwiają także określenie wpływu liczby baz na wydajność eksploatacyjną harwestera. Okazuje się, że zmniejszenie liczby baz powoduje spadek wydajności. Bezpośrednią tego przyczyną jest niewątpliwie wzrost czasu traconego na przejazdy między zadaniem a bazą w sytuacji, kiedy bazy znajdują się w dużych odległościach od siebie. W przypadku 16-godzinnego dnia pracy i 30 realizowanych zadań wydajność spada z około 30 m³/h do około 27 m³/h.

Podobny charakter ma zależność wydajności pracy harwestera od liczby realizowanych zadań na obszarze 100 000 ha (ryc. 2). Warto jednak zauważyć, że w każdym przypadku wydajność maszyny ulega znaczącemu zmniejszeniu. Uwagę zwraca większa różnica między wydajnością uzyskiwaną w warunkach brzegu górnego i w warunkach brzegu dolnego (dla każdej długości dnia roboczego). W przypadku obu wielkości badanych obszarów przyjęto taką samą wartość całkowitego pozyskania drewna, dlatego też należy uznać, że zmniejszenie wydajności dotyczące większego obszaru wynika z większego rozproszenia zadań i z większej odległości między poszczególnymi zadaniami (ryc. 1). Obliczenia wykonane dla obszaru o powierzchni 100 000 ha pokazały, że wyznaczanie niewielkiej liczby zadań skutkuje wyjątkowo małą wydajnością eksploatacyjną maszyny, a w przypadku istnienia jedynie 5 baz i 8-godzinnego dnia pracy zadania nie mogą być w ogóle wykonywane – cały czas poświęcony byłby jedynie na przejazdy.

Ciekawym zjawiskiem zaobserwowanym dla wszystkich przebiegów zależności wydajności eksploatacyjnej od liczby zadań w warunkach brzegu dolnego jest istnienie maksimum tych funkcji (ryc. 2). Okazuje się, że w każdym przypadku wraz ze zwiększaniem liczby zadań (dla malej ich liczby) obserwujemy wzrost wydajności, a po przekroczeniu pewnej ich liczby stały spadek. Dla każdego z rozpatrywanych wariantów maksimum to odpowiada mniejszej liczbie zadań w przypadku wydłużania dnia roboczego. Nie zaobserwowano natomiast istotnych różnic w sytuacji zadań rozproszonych na powierzchni 50 i 100 tys. hektarów.

Przeprowadzone analizy wskazały na istnienie wpływu liczby baz na wydajność harwestarów, dlatego też dokonano kolejnej serii szczegółowych obliczeń symulacyjnych mających na celu dokładniejsze zbadanie tego zjawiska. Dla wszystkich obliczeń przyjęto jednakową liczbę 200 zadań oraz analogiczne jak w poprzednich seriach powierzchnie nadleśnictw (ryc. 3). W przypadku funkcjonowania tylko jednej bazy nocnego postoju maszyn osiągnięta jest dla wszystkich badanych długości dnia roboczego najmniejsza wydajność eksploatacyjna. Dla 8-godzinnej dniówki wydajność eksploatacyjna przyjmuje wartość ujemną. Zjawisko to wiąże się z faktem, że przy jednej bazie nocnego postoju maszyny sumaryczny czas przejazdu do miejsca realizacji zadania i powrotu do niej przekracza czas dnia roboczego. Zwiększanie liczby baz powoduje bardzo szybki wzrost wydajności maszyny, aż do osiągnięcia maksimum. Dalsze zwiększanie liczby miejsc postoju maszyn skutkuje nieznacznym spadkiem wydajności ich pracy. Im krótszy jest dzień pracy, tym przy większej liczbie baz występuje maksimum wydajności (ryc. 3). Związane jest to z czasem potrzebnym do dwukrotnego w ciągu dnia pokonania drogi do bazy, który w przypadku dłuższej dniówki roboczej też może być dłuższy.

Dzięki zorganizowaniu optymalnej liczby baz nocnego postoju maszyn możliwe jest osiągnięcie większej wydajności eksploatacyjnej. Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń symulacyjnych, liczba baz nocnego postoju maszyn jest kolejnym ważnym czynnikiem determinującym wydajność i bezpośrednio z nią związane koszty jednostkowe pracy takich maszyn jak harwestery i forwardery. Dotychczas nie było to przedmiotem żadnych badań. Należy również zauważyć, że omawiane w niniejszej pracy czynniki nie są dotychczas uwzględniane w wycenie zleczanych prac.



Ryc. 3.

Zmiana wydajności eksploatacyjnej (W_{07}) przy wykonywaniu 200 zadań na powierzchni 50 000 ha w zależności od liczby baz (n_b) i długości czasu operacyjnego

Change in the operational efficiency (W_{07}) of 200 tasks on the area of 50 000 ha with regard to the number of machine bases (n_b) and operational time

linia – brzeg górny; znaczniki – brzeg dolny

line – upper limit; markers – lower limit

Podsumowanie

Organizacja przestrzenna maszynowego pozyskania drewna powinna być koordynowana w czasie na większych niż dotychczas obszarach (nadleśnictwa, kilku nadleśnictw, regionalnej dyrekcji Lasów Państwowych). Może się to przyczynić do poprawy wydajności eksploatacyjnej maszyn, a co za tym idzie do zmniejszenia kosztów jednostkowych pozyskania drewna.

Wielkość zadań (ich liczba na obszarze nadleśnictwa) w bardzo silny sposób oddziałuje na wydajność eksploatacyjną maszyn. Przyjęte w polskich lasach zasady użytkowania, preferujące z racji ochrony środowiska małe zręby, nie sprzyjają upowszechnieniu wysokowydajnych maszyn, ze względu na ograniczenie wykorzystania ich pełnych możliwości, w szczególności dużego dziennego pozyskania (zrywki). Stwierdzenie to wynika z przeprowadzonych obliczeń symulacyjnych. Wydłużanie dnia roboczego w każdym z badanych przypadków powoduje zwiększenie wydajności eksploatacyjnej maszyny, a więc ilości pozyskanego drewna (lepsze wykorzystanie maszyn). Dalszą pozytywną konsekwencją tego zjawiska jest zmniejszanie kosztów pozyskania. Należałoby rozważyć zasadność uzależniania pracochłonności prac pozyskaniowych [Katalog... 2008] od organizacji przestrzennej pozyskania na danym terenie, podobnie jak ma to miejsce w przypadku określania tak zwanych stopni trudności. Jak pokazano w niniejszej pracy, czynniki organizacyjne niezależne od operatora czy też właściciela zakładu usług leśnych w bardzo istotnym stopniu wpływają na efektywność maszyn. W szczególności dotyczy to maszyn o dużej wydajności, jednocześnie charakteryzujących się wysokimi kosztami ich eksploatacji i amortyzacji.

Literatura

- Botwin M. 1992. Wpływ organizacji pracy maszyn w nadleśnictwie na efektywność mechanizacji. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej 1: 12-13.
- Brzózko J. 2010. Metody prognozowania wydajności maszynowego pozyskiwania drewna pokłeskowego na podstawie cech uszkodzonej powierzchni leśnej. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Brzózko J., Dybeio M. 2007. Umiejętności, kwalifikacje i doświadczenie operatorów a wydajność pracy specjalistycznych maszyn leśnych. Technika Rolnicza, Ogrodnicza, Leśna 5-7.

- Cacot E. 2010. Advanced mechanization in broadleaves: when to use the harvester? Citation Sherwood – Foreste ed Alberi Oggi 164: 35-39.
- Kapral J. 2009. Czy właścicielem maszyn wielooperacyjnych do pozyskiwania drewna mogą być także Lasy Państwowe? Postępy Techniki w Leśnictwie 107: 38-44.
- Katalog norm czasu dla prac leśnych wykonywanych w zagospodarowaniu lasu. 2008. Zarządzenie nr 99 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych. Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych w Bedoniu.
- Kłoczek A. 2003. Ekonomiczne aspekty leśnictwa w krajach Unii Europejskiej i w Polsce. Sylwan 147 (1): 1-11.
- Laurov Z., Więsik J. 2002. Problemy pozyskiwania drewna na Białorusi. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej 1: 20-22.
- Moskaliński T. 2002. Harwestery przy pozyskiwaniu drewna w Polsce. Sylwan 146 (11): 103-110.
- Moskaliński T. 2004. Model maszynowego pozyskiwania drewna w zrównoważonym leśnictwie polskim. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Moskaliński T., Stempfer K. 2003. Efektywność pracy harwestera Valmet 911 Snake w warunkach górskich. Sylwan 147 (4): 91-98.
- Nurek T. 2007. Metoda oceny efektywności maszynowego pozyskiwania drewna w warunkach lasów polskich. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Nurek T. 2013. Analysis of harvester's operation time utilization – mathematical mode. Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Agriculture (Agricultural and Forest Engineering) 62: 37-45.
- Spinelli R., Magagnotti N., Picchi G. J. 2011. Annual use, economic life and residual value of cut-to-length harvesting machines. For. Econ. 17 (4): 378-387.
- Suwała M. 1999. Wybrane aspekty środowiskowe i ekonomiczne pozyskiwania drewna z użyciem maszyn. Mat. Konf. Nauk. Tendencje i problemy mechanizacji prac leśnych w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. AR Poznań. 180-191.