

Tadeusz MACIAK, Rafał MARZEWSKI

Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki
ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok
E-mail: t.maciak@pb.edu.pl

Komputerowa symulacja rozwoju pożaru kompleksu leśnego w pobliżu Nowogrodu Cz. II. Wyniki symulacji

1 Wprowadzenie

Pożary lasów są zjawiskami niebezpiecznymi i niszczycielskimi. Przewidywanie zachowania się środowiska pożarowego pozwala na skuteczne planowanie ochrony przeciwpożarowej. Polska leży w strefie klimatycznej, gdzie pożary lasów nie zdarzają się często. Niemniej pojawiają się lata suche, gdzie zagrożenie pożarowe lasów występuje na dużym obszarze kraju. Bieżąca praca służy zaznajomieniu leśników i strażaków z możliwościami współczesnego oprogramowania służącego do symulacji zachowania się pożaru lasu, jak też daje wskazówki dotyczące zachowań w walce z zaistniałym zagrożeniem.

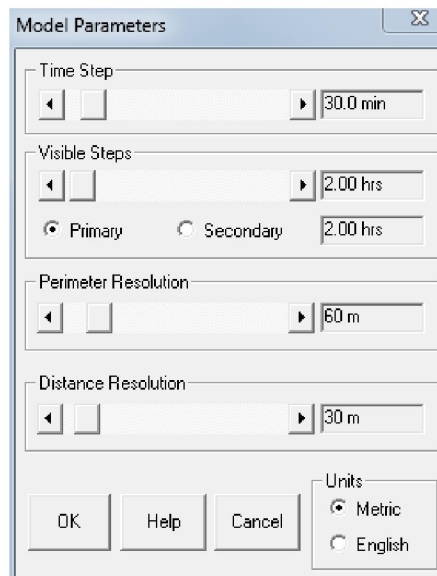
W pierwszej części artykułu opisującego problematykę symulacji rozwoju pożaru kompleksu leśnego w pobliżu Nowogrodu [1] zaprezentowano sposób podejścia do skompletowania danych wejściowych oprogramowania FARSITE [2]. Jest ono powszechnie stosowanym oprogramowaniem do symulacji rozprzestrzeniania się pożarów lasu w Stanach Zjednoczonych. Do danych wejściowych oprogramowania należą mapy wysokości (*elevation*), nachyleń (*slope*), ekspozycji (*aspect*), rozmieszczenia paliw (*fuel model*), pokrycia terenu koronami drzew (*canopy cover*), wysokości drzew (*stand height*), wysokości podstawy korony (*crown base height*) i gęstości koron drzew (*crown bulk density*). Wymienione dane tworzą tzw. plik krajobrazu (*.LCP). Do pliku krajobrazu należy jeszcze dołączyć pliki pogody (*.WTR), wiatru (*.WND), wilgotności paliwa (*.FMS) oraz korekty wiatru (*.ADJ). Całość danych tworzy plik projektu: project.FPJ.

W prezentowanej części II artykułu przedstawiono otrzymane wyniki symulacji po wczytaniu do oprogramowania FARSITE danych skompletowanych w części I artykułu.

2 Symulacja pożaru kompleksu leśnego

Parametry symulacji

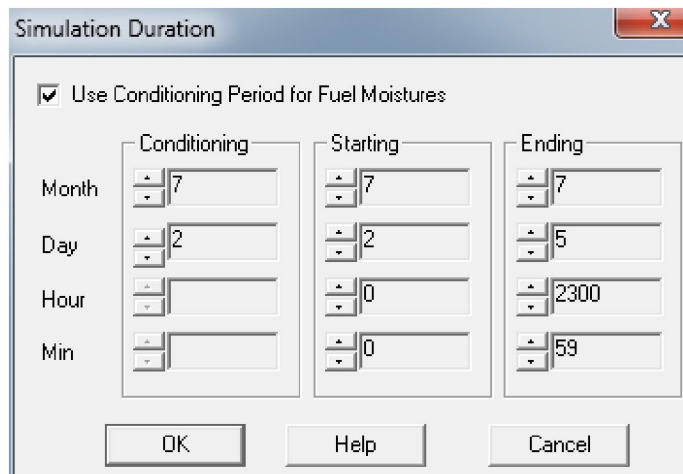
Przyjęte parametry, przy których przeprowadzano symulację, są pokazane na rysunku 1.



Rys. 1. Okno ustawień parametrów symulacji

Fig. 1. Simulation parameters settings window

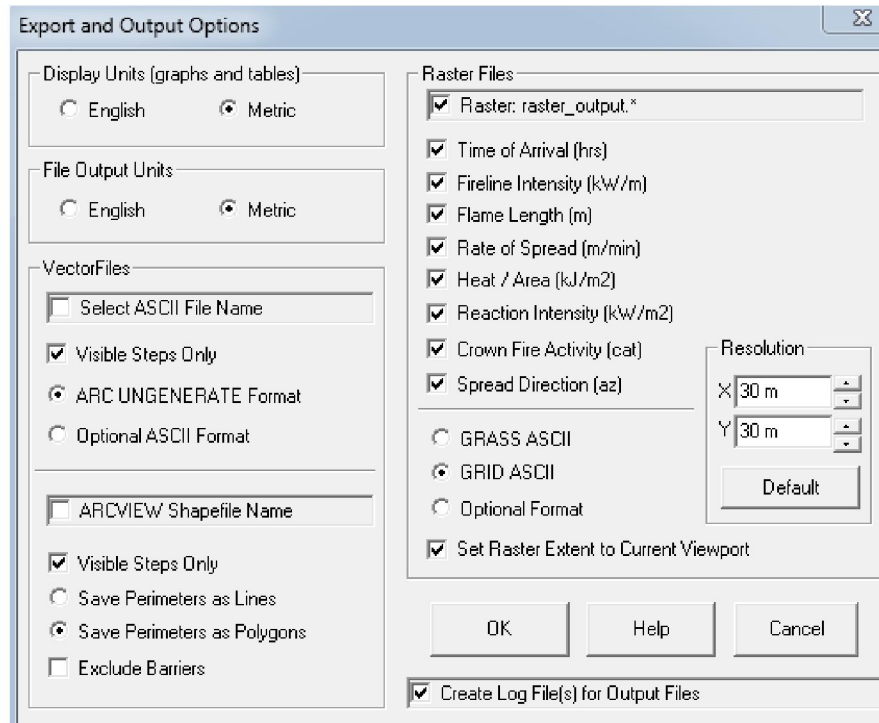
Czas trwania symulacji określony jest od godziny 0:00 2 lipca do godziny 23:59 5 lipca. Rysunek 2 przedstawia okno czasu trwania symulacji.



Rys. 2. Okno ustawień czasu trwania symulacji

Fig. 2. The window for setting the duration of the simulation

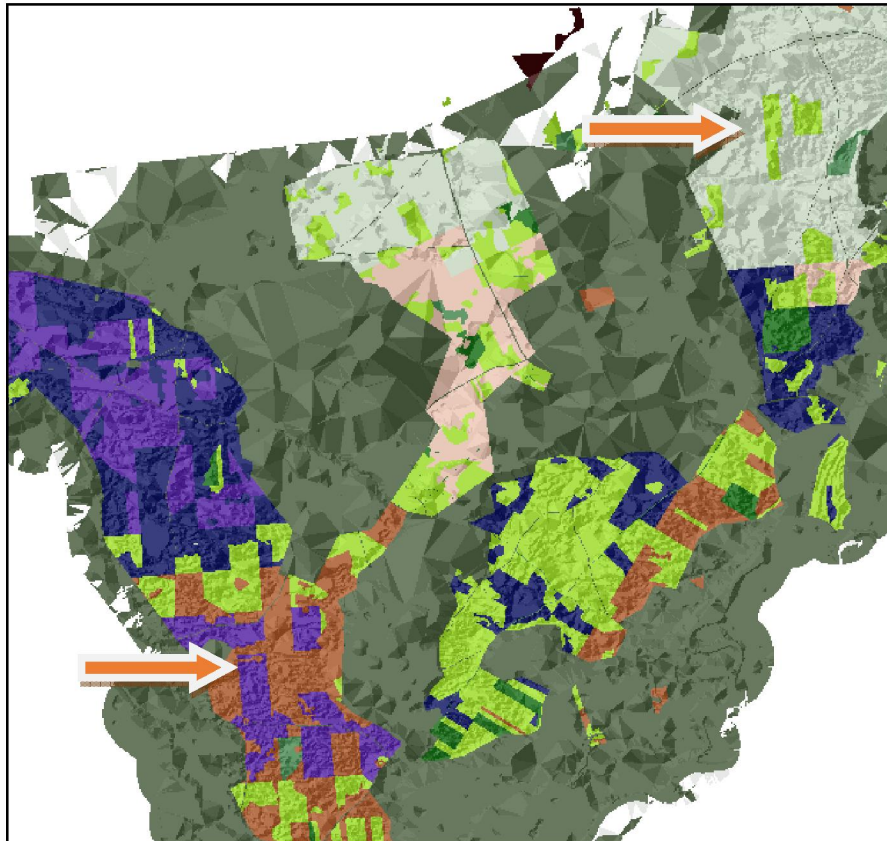
Okno wyboru rodzaju oraz formatu danych wyjściowych zostało przedstawione na rysunku 3.



*Rys. 3. Okno wyboru rodzaju oraz formatu danych wyjściowych
Fig. 3. Window to choose the type and format of the output*

Na potrzeby symulacji zostały wybrane dwa miejsca zapłonu. Na rysunku 4, przedstawiającym mapę kompleksu leśnego Nadleśnictwa Nowogród, są zaznaczone strzałkami dwa punkty inicjacji ognia.

Całkowity czas trwania symulowanego pożaru wyniósł 96 godzin.

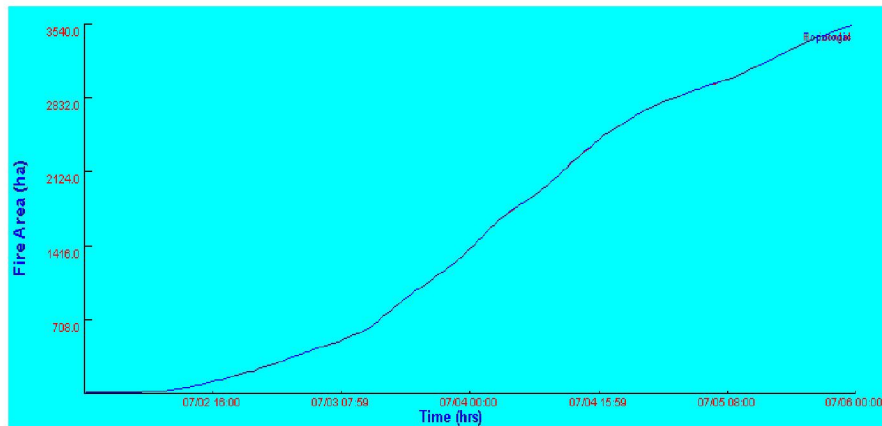


Rys. 4. Mapa kompleksu leśnego z zaznaczonymi punktami zapłonu ognia

Fig. 4. Map of the forest complex with marked points of fire ignition

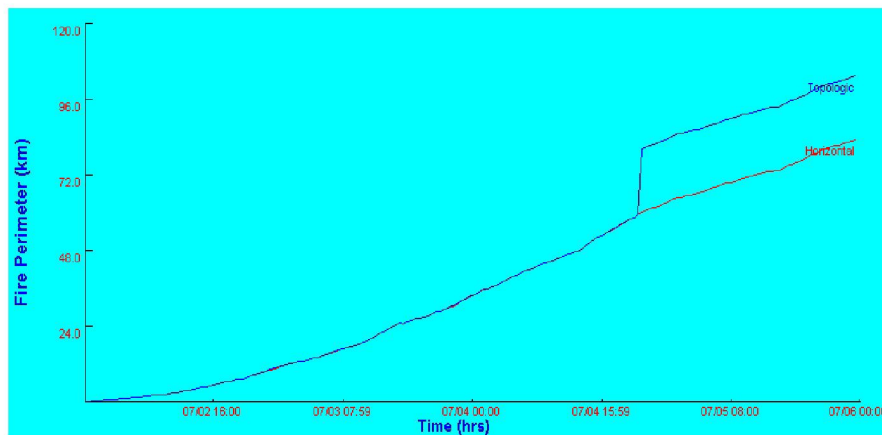
Wyniki symulacji

FARSITE wygenerował osiem plików w rastrowym formacie ASCII przedstawiających wyniki przeprowadzonej symulacji. Każdy z plików zawiera mapę z wybranym obszarem leśnym Nadleśnictwa Nowogród dla poszczególnych parametrów symulowanego pożaru. Dodatkowo program utworzył dwa wykresy dotyczące spalanej powierzchni oraz zmian średnicy pożaru w funkcji czasu. Wykresy te przedstawiono na rysunku 5 oraz 6.



Rys. 5. Zmiana spalonej powierzchni lasu w funkcji upływu czasu

Fig. 5. Changing the burnt forest area as a function of time

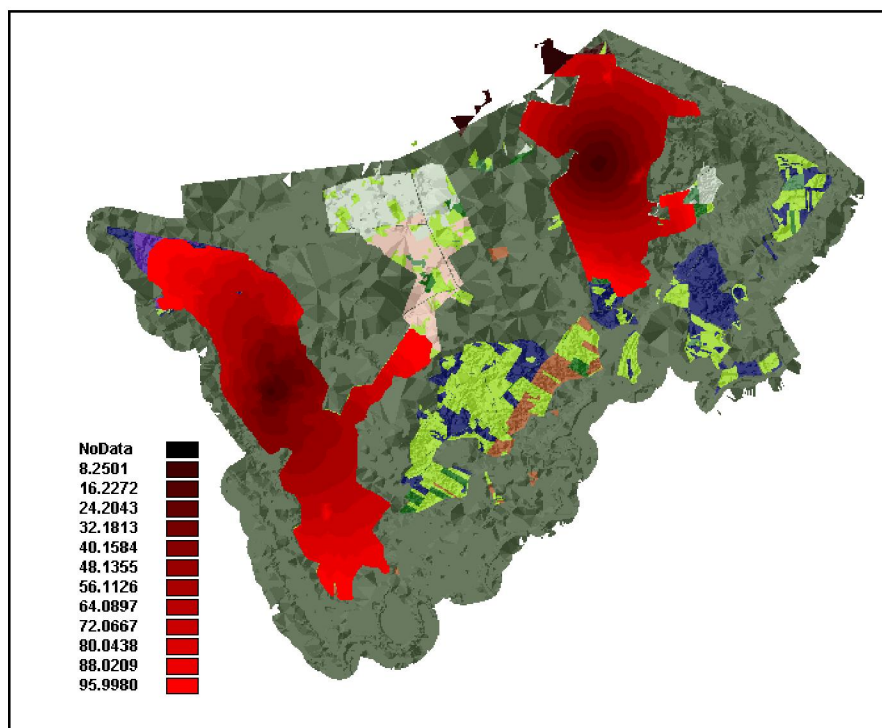


Rys. 6. Wykres zmian obwodu pożaru w funkcji upływu czasu

Fig. 6. Figure fire circuit changes as a function of time

Czas przejścia linii ognia

Wartość *time of arrival* określa przedział czasu, jaki potrzebował front ognia na przesunięcie się do określonego miejsca na mapie. Rozprzestrzenianie się pożaru prezentuje rysunek 7.

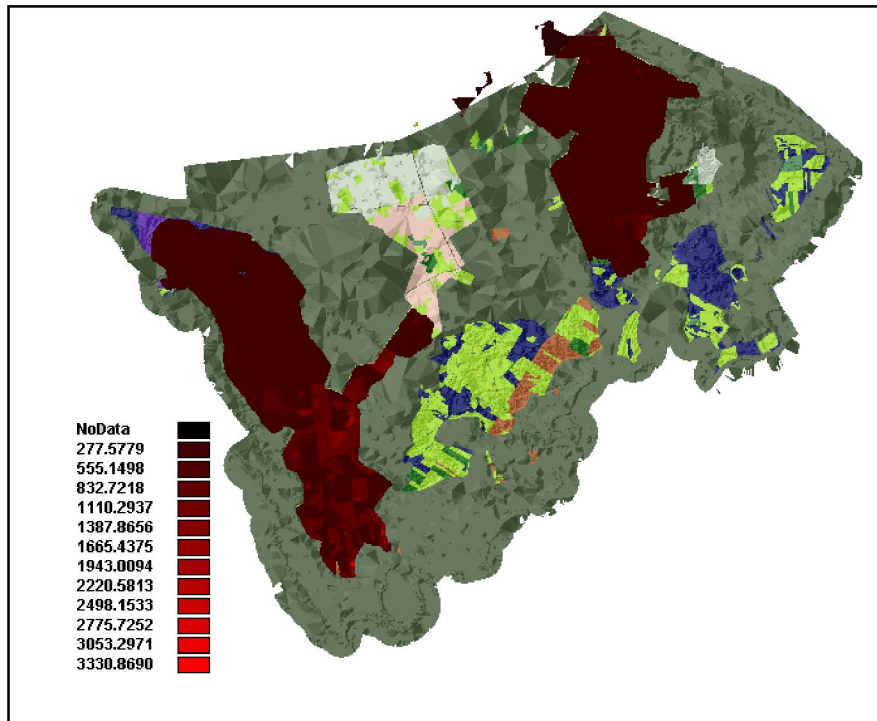


Rys. 7. Mapa czasu przejścia linii ognia (godziny) dla kompleksu leśnego Nadleśnictwa Nowogród

Fig. 7. Map of the line of fire transition time (hours) for forest complex Forestry Novgorod

Intensywność linii ognia

Intensywność linii ognia określa wskaźnik uwalnianej mocy (kW) przypadającej na jednostkę długości linii ognia (m). Mapa pokazująca przebieg intensywności linii ognia pokazana jest na rysunku 8.

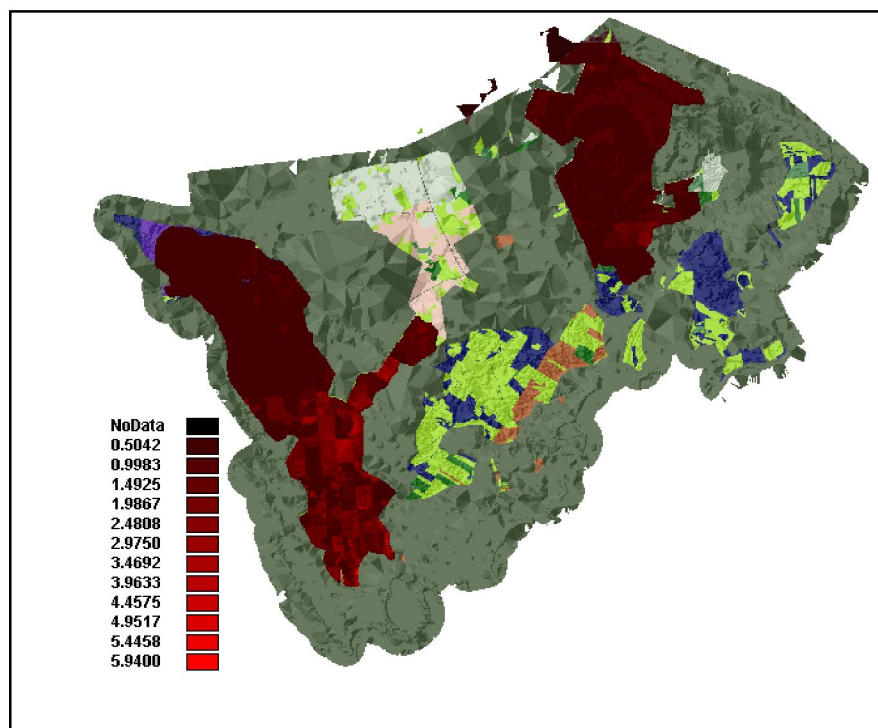


Rys. 8. Mapa intensywności linii ognia (kW/m) dla kompleksu leśnego Nadleśnictwa Nowogród

Fig. 8. Map of the fire line intensity (kW/m) for forest complex Forestry Novgorod

Wysokość płomieni

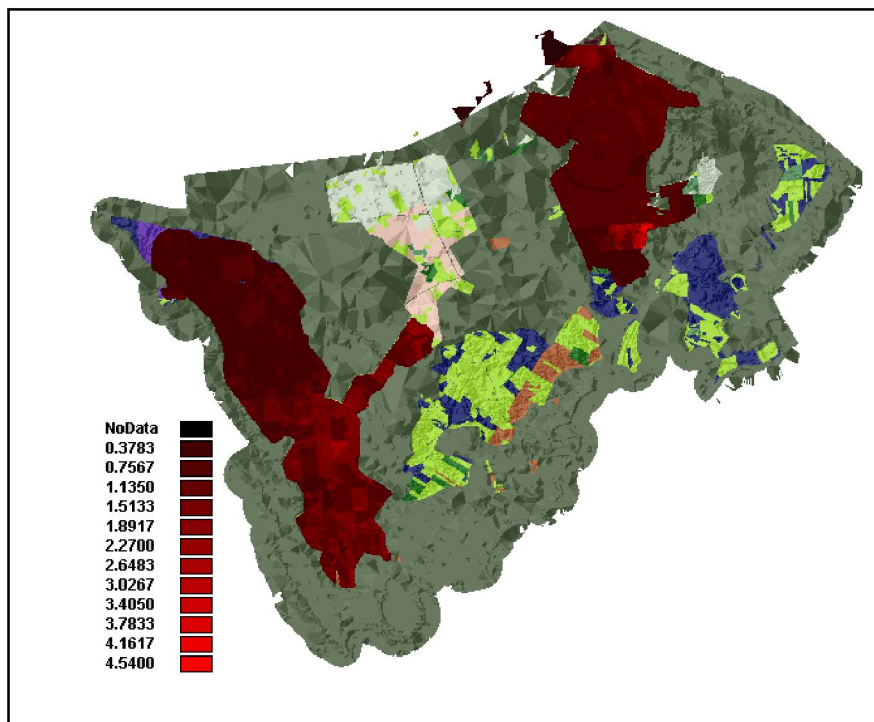
Wysokość płomienia jest to maksymalna odległość mierzona od podłoża do wierzchołka płomienia. Płomienie z powodu wiatru i nachylenia terenu są często nachylone, dlatego długość mierzona jest po ukosie. Wysokość płomienia jest wskaźnikiem intensywności linii ognia i została zaprezentowana na rysunku 9.



Rys. 9. Mapa wysokości płomieni (m) dla kompleksu leśnego Nadleśnictwa Nowogród
Fig. 9. Map of flames height (m) for forest complex Forestry Novgorod

Prędkość rozprzestrzeniania się ognia

Prędkość rozprzestrzeniania się ognia oznacza poziomą odległość strefy płomienia, której czoło przesuwa się w jednostce czasu (metrów na minutę) i zazwyczaj odnosi się do segmentu pożaru w obwodzie czoła pożaru. Prędkość rozprzestrzeniania się ognia została przedstawiona na rysunku 10.

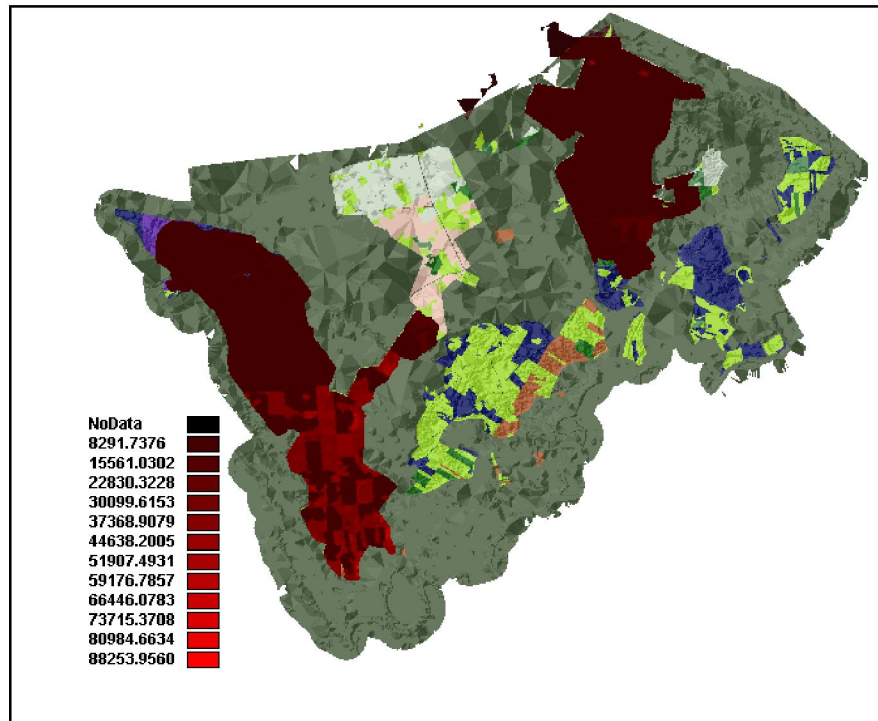


Rys. 10. Mapa szybkości przesuwania się frontu ognia (m/min) dla kompleksu leśnego Nadleśnictwa Nowogród

Fig. 10. Map speed the flame front (m/min) for forest complex Forestry Novgorod

Ilość ciepła na jednostkę powierzchni

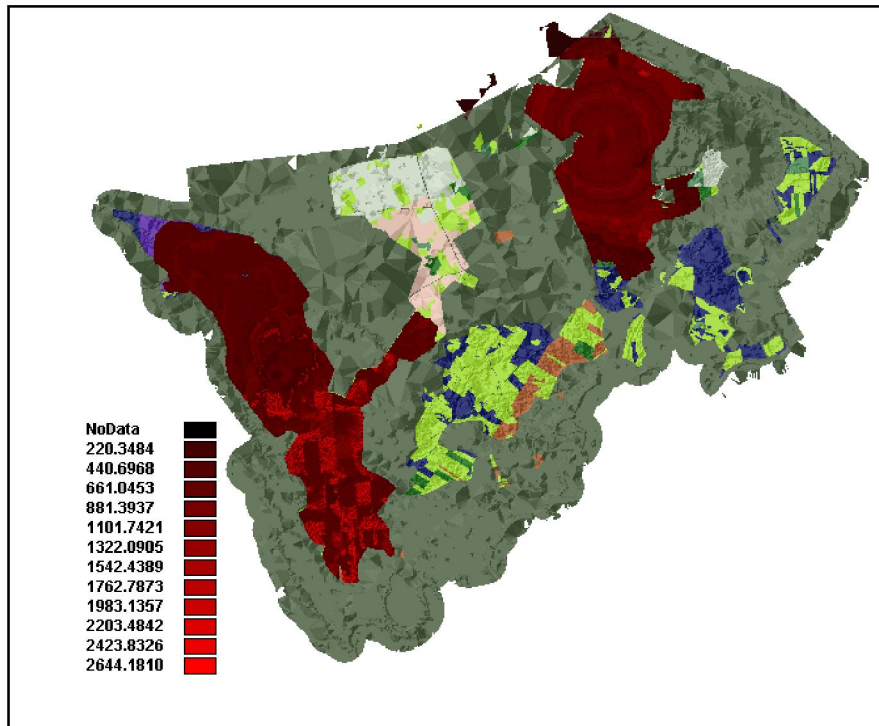
Obliczone w procesie symulacji ilości wydzielonego ciepła na jednostkę powierzchni przedstawia rysunek 11. Pokazane na nim miejsca o największej ilości wydzielonego ciepła są związane z paliwem posiadającym największą wartość kaloryczną. W miejscach o największej ilości wydzielonego ciepła występuje największe obciążenie ogniowe.



Rys. 11. Mapą przedstawiającą ilość wydzielanego ciepła na jednostkę powierzchni (kJ/m^2) dla kompleksu leśnego Nadleśnictwa Nowogród

Fig. 11. Map showing the amount of heat per unit area (kJ/m^2) for forest complex Forestry Novgorod

Intensywność reakcji bezpośrednio związana z intensywnością pożaru jest miarą szybkości ciepła uwalnianego przez pożar. Intensywność pożaru jest wprost proporcjonalna do ciepła spalania paliw, ilości zużytego paliwa oraz szybkości rozprzestrzeniania się ognia. Ważnymi elementami w określaniu ilości ciepła uwalnianego przez pożar są: typ paliwa, pogoda i topografia terenu. Intensywność pożaru przedstawia rysunek 12.



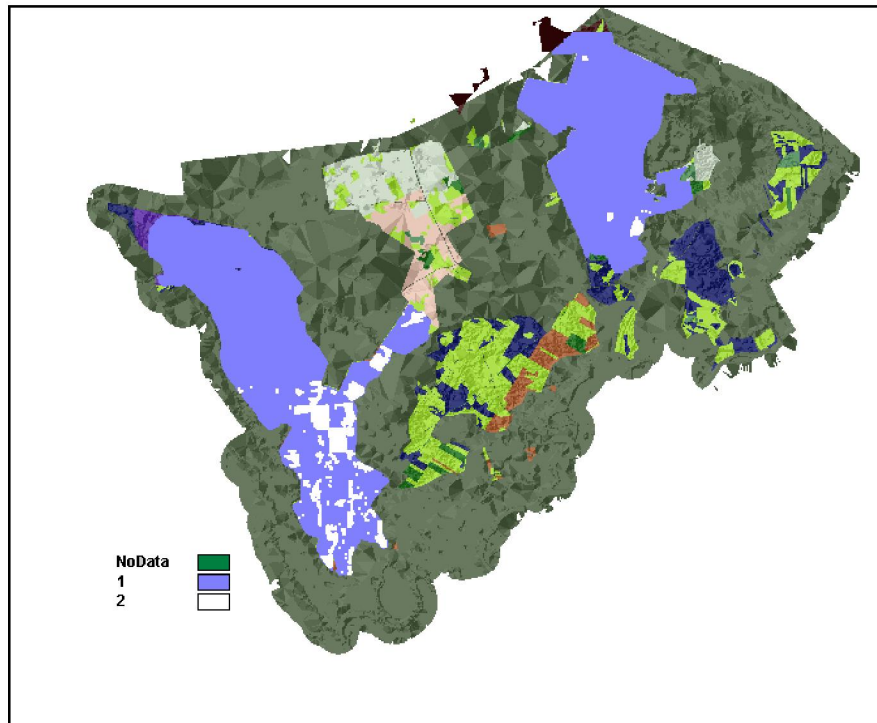
Rys. 12. Mapa przedstawiająca intensywność pożaru (kW/m²) dla kompleksu leśnego Nadleśnictwa Nowogród

Fig. 12. Map showing the intensity of the fire (kW/m²) for forest complex Forestry Novgorod

Rodzaj pożaru

Mapa na rysunku 13 przedstawia rodzaje pożaru lasu. W przypadku prezentowanej symulacji występują dwa rodzaje pożaru lasu :

- a/ pożar powierzchniowy, oznaczony zgodnie z legendą na rysunku 13 numerem jeden, obejmujący zarazem największy obszar;
- b/ pożar pasywny (obejmujący korony drzew, który nie może się utrzymać bez udziału ognia powierzchniowego) oznaczony zgodnie z legendą jako numer dwa.



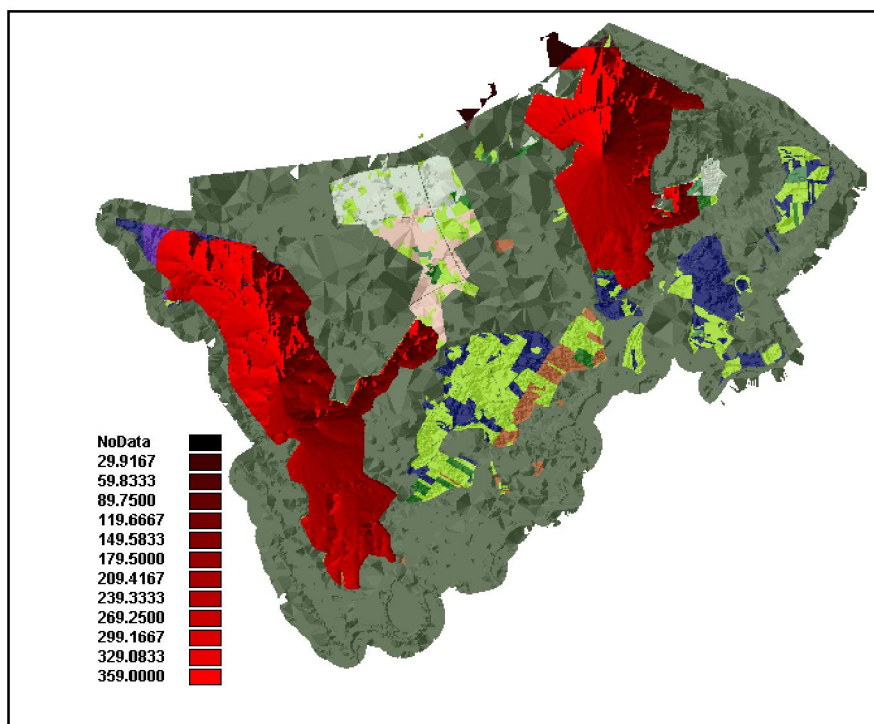
Rys. 13. Mapa przedstawiająca podział pod względem typu pożaru lasu dla kompleksu leśnego Nadleśnictwa Nowogród

Fig. 13. Map showing the distribution in terms of a forest fire to the forest complex Forestry Novgorod

Kierunki rozprzestrzeniania się ognia

Kierunek rozprzestrzeniania się ognia został przedstawiony w stopniach zgodnie ze wskazówkami zegara, począwszy od kierunku północy geograficznej. Kierunek zależy przede wszystkim od kierunku wiatru oraz rodzaju spalonego paliwa. Mapa kierunków rozprzestrzeniania się ognia jest przedstawiona na rysunku 14.

Kierunek rozprzestrzeniania jest określony w stopni w prawo od kierunku maksymalnej rozpiętości lub stopni w prawo od północy.



Rys. 14. Mapa kierunków rozprzestrzeniania się ognia dla kompleksu leśnego
Nadleśnictwa Nowogród

Fig. 14. Map directions of fire spread for the forest complex Forestry Novgorod

3 Wnioski

Z przeprowadzonej symulacji wynika, że na danym obszarze leśnym Nadleśnictwa Nowogród głównie może występować pożar powierzchniowy. Obejmuje on największy obszar spalonego lasu. Mapa na rysunku 13 prezentuje miejsca oznaczone zgodnie z legendą jako numer dwa, w których może dochodzić do zapłonu koron drzew. Jest to wyłącznie pożar pasywny (*torching*), czyli taki, który nie może się utrzymać bez udziału ognia powierzchniowego. Pożar pasywny występuje głównie na terenach, dla których przyjęto modele paliwowe SH7 i TU5. Oznacza to, że na danym terenie przeważają wysokie krzewy oraz gruba ściółka leśna. Analizując tabele 2 i 3 dotyczące pogody oraz wiatru (w drugim i trzecim dniu pożaru siła wiatru dochodziła do 5 m/sek., a temperatura do 50°C) [1], jak i przebieg symulacji wywnioskować można, że jedynie w drugim i trzecim dniu pożaru ogień był w stanie przenieść się na korony drzew. Silne wiatry oraz wysokie temperatury pod koniec trzeciego oraz na początku czwartego lipca przyczyniły się do powstania wysokich płomieni oraz silnego wydzielania ciepła. Potwierdza to między innymi mapa na rysunku 9, na którym miejsca charakteryzujące się najwyższymi płomieniami pokrywają się z obszarami, na których występuje pożar

pasywny. Płomienie, sięgające nawet do 6 m w górę, z łatwością zapalały korony, których wysokość podstawy (CBH) mieściła się w granicach od 1 do 5 m.

Zgodnie z przeprowadzoną symulacją można stwierdzić, że na poddanym analizie obszarze zagrożenie pożarem aktywnym jest prawie niemożliwe. Brak sprzyjających warunków pogodowych oraz topograficznych uniemożliwiało rozprzestrzenianie się ognia z prędkością potrzebną do przejścia pożaru w typ aktywny. W przeprowadzanej symulacji na terenie Nadleśnictwa Nowogród pożar rozprzestrzenił się z prędkością od 2 do 4 m/min, głównie w kierunku wschodnio – południowym oraz wschodnio – północnym.

Przeprowadzone symulacje pokazują, jak wiele parametrów ma wpływ na pożar lasów. Odzwierciedlają spodziewane wyniki chociażby ze względu na fakt wystąpienia niewielkiego obszaru, gdzie spodziewać się można zainicjowania pożaru koron drzew. Zgodnie z doświadczeniami leśników została postawiona teza, że zjawisko pożaru koron drzew należy tu do rzadkości. Mapa przedstawiona na rysunku 13 potwierdza, że większość terenu objętego pożarem dotyczyła wyłącznie paliw naziemnych. W pewnych miejscach da się zauważyć pożar pasywny, który osiąga korony drzew, jednak nie może on być utrzymywany bez wsparcia ognia powierzchniowego. Analizując wyniki symulacji, można zauważyć, że w miejscach, gdzie doszło do zapłonu koron drzew, czyli tam, gdzie występuje pożar pasywny lub aktywny, na wszystkich mapach takie współczynniki, jak intensywność linii ognia, wysokość płomieni, szybkość przesuwania się frontu ognia pożaru, intensywność po oraz współczynnik wydzielanej ilości ciepła na jednostkę powierzchni, są największe.

4 Podsumowanie

Mimo pojawiających się ostatnimi laty w niektórych publikacjach wielu uwag krytycznych dotyczących jakości otrzymywanych wyników, oprogramowanie FARSITE jest w obecnej chwili jednym z bardziej znanych i chętnie stosowanych symulatorów zachowania się pożarów kompleksów leśnych. Ponieważ jest to oprogramowanie bardzo zaawansowane, warto pokusić się o zastosowanie go w warunkach naszego kraju. Jest to poważne wyzwanie dla leśników oraz informatyków. Niestety, aby otrzymać poprawne wyniki trzeba do oprogramowania wprowadzić szereg parametrów charakteryzujących siedliska leśne, ukształtowanie terenu i uwarunkowania pogodowe. W przypadku danych posiadanych przez Dyрекcję Lasów Państwowych wiele z tych parametrów nie jest do końca znanych i można je określać jedynie w przybliżeniu. Główna przyczyna niedostatku danych wynika między innymi z trudności pomiarowych. Mimo braku pewnych informacji możliwe jednak było do celów symulacji utworzenie brakujących danych terenu. Korzystano przy tym szeroko z wiedzy i z doświadczenia pracowników z RDLP w Białymstoku.

Literatura:

1. Maciak T., Marzewski R.; Komputerowa symulacja rozwoju pożaru kompleksu leśnego w pobliżu Nowogrodu. Cz. I. Dobór danych wejściowych, *Badania w Symulacji i Rozwoju*
2. Finney M.A.: *FARSITE: Fire Area Simulator—Model, Development and Evaluation*, United States Department of Agriculture, Forest Service, 2004

Streszczenie

W pierwszej części pracy przedstawiono sposób pozyskiwania danych wejściowych do oprogramowania FARSITE. W drugiej, bieżącej części pracy zaprezentowano wyniki symulacji. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że na analizowanym obszarze leśnym głównie może występować pożar powierzchniowy. Obejmuje on największy obszar spalonego lasu. Zaprezentowano również miejsca, w których może dochodzić do zapłonu koron drzew. Jest to jednak tylko pożar pasywny, który nie może utrzymać się bez udziału ognia powierzchniowego. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że w przyjętych warunkach zagrożenie pożarem aktywnym jest praktycznie niemożliwe.

Słowa kluczowe: symulacja rozwoju pożaru lasu, modele pożaru lasu

Computer simulation of fire development of the forest complex near Nowogród Part. II. The simulation results

Summary

In the first part of the paper a method of obtaining input data into FARSITE software was presented. In the second, the current part of the paper, the results of simulations were presented. A conducted calculation shown that the analyzed area of forest can be found mainly fire surface. It covers the largest area of forest burned. Also presented in places where ignition may occur crown. This is just a passive fire that cannot survive without the flame surface. The calculations showed that adopted an active fire hazard conditions is virtually impossible.

Keywords: forest fire simulation, forest fire models

Praca finansowana z badań statutowych Wydziału Informatyki Politechniki Białostockiej nr S/WI/1/2013.

Autorzy pragną złożyć podziękowania kierownictwu Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku oraz pracownikom tej instytucji, a w szczególności mgr. inż. Pawłowi Chojnowskiemu oraz mgr. inż. Marcinowi Sołogubie za udostępnienie danych niezbędnych do realizacji symulacji pożaru lasu oraz fachową pomoc.