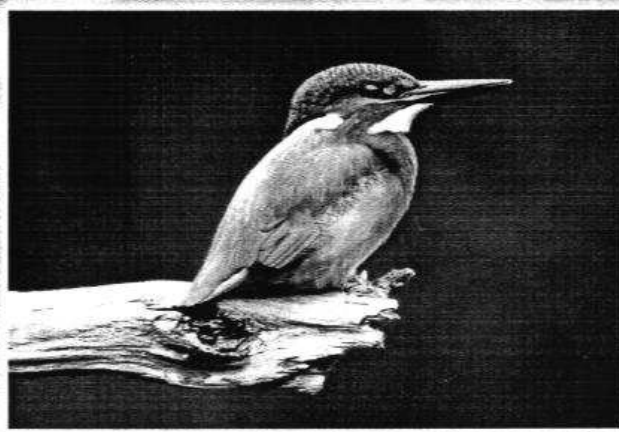


**Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
Tucholski Park Krajobrazowy**

**Systemy informacji geograficznej  
w zarządzaniu obszarami chronionymi  
– od teorii do praktyki**

**Geographical information systems  
in the management of protected areas  
– from theory to practice**

**redakcja naukowa / edited by  
Mieczysław Kunz & Andrzej Nienartowicz**



**Tuchola – Toruń 2013**

Rafał Wróżyński, Mariusz Sojka, Sadzide Murat-Błażejewska

## FUNKCJONOWANIE OBSZARÓW NATURA 2000 NA TERENACH ZAGROŻONYCH POWODZIĄ

### Wprowadzenie

Polska, jak i każdy inny kraj wchodzący w skład Unii Europejskiej, została zobligowana do wdrażania Dyrektywy 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 roku w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, potocznie zwaną Dyrektywą Powodziową. Wdrażanie Dyrektywy wiąże się z koniecznością opracowania wstępnej oceny ryzyka powodziowego, map zagrożenia powodziowego, map ryzyka powodziowego i planów zarządzania ryzykiem powodziowym oraz ich publicznego udostępnienia.

Ograniczenie ryzyka powodziowego można uzyskać stosując techniczne metody obejmujące przebudowę i modernizację wałów przeciwpowodziowych, jednak jest to proces długotrwały wiążący się ze znacznymi kosztami. Pozostałe metody zmniejszenia zagrożenia powodziowego związane z budową polderów zalewowych i zbiorników retencyjnych wiążą się z długotrwałym procesem planistycznym i wykonawczym, ale także z ogromnymi kosztami ekonomicznymi, społecznymi i środowiskowymi.

Dla zmniejszenia zagrożenia powodziowego stosowana jest metoda udrażniania rzeki i terenów bezpośrednio przyległych do nich. Działania te wiążą się często z wycinką drzew i krzewów w rosnących w międzywalu. Roślinność porastająca międzywale wpływa na podpiętrzenie fali powodziowej oraz osadzanie się rumowiska niesionego przez rzekę, w następstwie czego dochodzi do zmniejszenia przepustowości. Roślinność niska i wysoka w międzywalu sprzyja również możliwości powstania zatorów lodowych podczas roztopów wiosennych. Skutkiem tego zjawiska jest wydłużenie się czasu przejścia fali powodziowej oraz zwiększenie objętości płynącej wody. Opory ruchu w strefie zalewowej zależą od formy, wysokości i zagęszczenia roślinności (Kouven, 1980; Rahmeyer, 1994).

Aby działania związane z udrażnieniem rzek i strefy zalewowej miały jak najmniejsze konsekwencje środowiskowe należy przeanalizować, jaki wpływ ma roślinność niska, średnia i wysoka na falę wezbraniową. Możliwe to jest przy wykorzystaniu dostępnych materiałów kartograficznych znajdujących się w zasobach Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej, modeli hydraulicznych oraz oprogramowania GIS.

Celem niniejszej pracy była ocena możliwości wykorzystania modeli hydraulicznych, oprogramowania GIS i dostępnych materiałów kartograficznych do opracowania planu zwiększenia przepustowości koryt rzek i terenów bezpośrednio przyległych do nich położonych na obszarach objętych siecią NATURA 2000. Efektem naukowym pracy była próba wykorzystania oprogramowania GIS do analizy oddziaływania różnych sposobów udrażniania rzek i terenów bezpośrednio przyległych do nich w kontekście łagodzenia

negatywnych skutków powodzi i susz zarówno dla zagwarantowania bezpieczeństwa i jakości życia obywateli jak i niezbędnych warunków do funkcjonowania gospodarki. Efektem praktycznym pracy jest utrzymanie bioróżnorodności na terenach objętych zalewem, ze szczególnym uwzględnieniem funkcjonowania obszarów wodno-błotnych.

### **Materiały i metody**

W pracy wykorzystano Numeryczny Model Terenu (NMT) w postaci nieregularnej siatki trójkątów (TIN) o cięciu arkuszowym 1:10 000, wykonanym w 2009 roku na podstawie zdjęć lotniczych w skali 1:26 000. Numeryczny Model Terenu, niezbędny do przeprowadzenia symulacji hydraulicznych, uzupełniony został o dane dotyczące batymetrii rzeki, gdyż żaden obecnie dostępny NMT nie zawiera w swojej strukturze tego typu danych. Badana terenowe niezbędne do uzupełnienia NMT o brakujące dane obejmowały pomiary batymetrii koryta rzeki. Pomiary geodezyjne wykonane zostały za pomocą zestawu GRX-1 firmy SOKKIA. Dokładność pomiarów zastosowanego urządzenia GPS wynosi dla współrzędnych położenia X i Y 10 mm + 1 ppm, a dla współrzędnej Z 20 mm + 1 ppm. Jako oprogramowanie komunikacyjne i kontrolne wykorzystano zainstalowany w kontrolerze SHC-250 program Sokkia Spectrum Field w wersji 8.1 oraz do postprocesingu programy Topcon Link v.8 oraz Spectrum Survey Office v.8.2. (Walczak, 2013). Do pomiarów batymetrii wykorzystano także sondę ADCP StreamPro firmy Teledyne Instruments. Urządzenie pozwala mierzyć przepływ wody w przekroju poprzecznym sondując jednocześnie dno koryta, co pozwala na utworzenie modelu batymetrycznego rzeki. Łącznie dokonano pomiarów 13 przekrojów poprzecznych. Program ArcGIS posłużył do połączenia modelu batymetrycznego koryta rzeki z numerycznym modelem terenu fragmentu doliny Warty na odcinku od 351,82 do 354,04 km biegu rzeki.

Analiza roślinności pod kątem wycinki została przeprowadzona w oparciu o strefę zalewową przy przepływie  $Q=250 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , który wystąpił na rzece Warcie podczas powodzi w 2010 roku. Zasięg strefy zalewowej odtworzono przy wykorzystaniu modelu RISMO 2D (RIVER Simulation MOdel). Model jest aplikacją umożliwiającą numeryczne rozwiązanie uśrednionych względem głębokości równań płytkiej wody metodą elementów skończonych. Umożliwia obliczenia przepływów ustalonych i nieustalonych, również z uwzględnieniem ruchu rumowiska. Do dyskretyzacji równań przepływu wykorzystuje metodę elementów skończonych, co umożliwia wykonanie symulacji przepływu w korytach rzecznych dla złożonych kształtów geometrycznych parametrów hydraulicznych. W programie uwzględnić można różnorodne metody opisu chropowatości dna i dodatkowo określa się także wpływ oporu roślinności sztywnej porastającej tereny zalewowe (Laks, 2012).

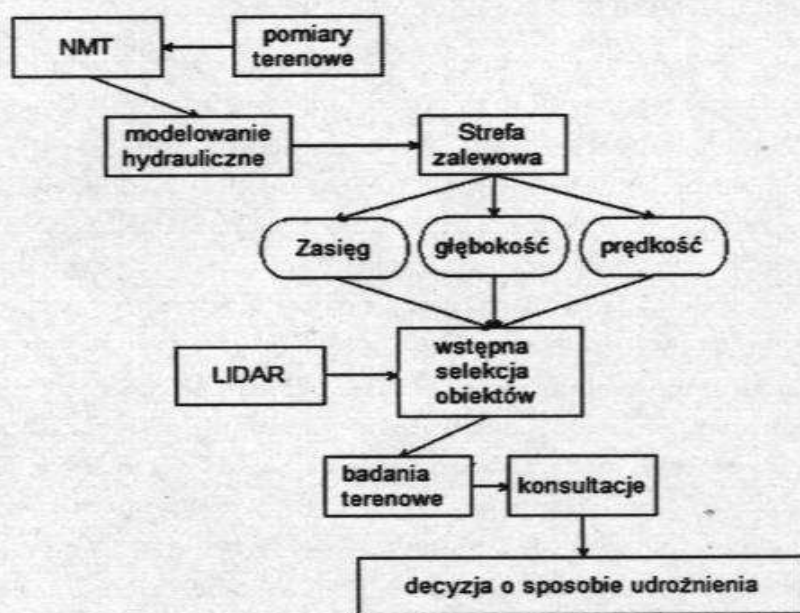
Model RISMO pozwolił odtworzyć przebieg powodzi z 2010 roku tj. określić jej zasięg, głębokości wody oraz rozkład prędkości.

Do oceny roślinności porastającej międzywale wykorzystano dane w postaci chmury punktów pochodzące z lotniczego skaningu laserowego LIDAR. Skaningu terenu zrealizowany został w ramach projektu Informatyczny System Osłony Kraju przed

nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK). Produktem skaningu jest chmura punktów laserowych w standardzie I (dla powierzchni 182,403 km<sup>2</sup> o gęstości 4 pkt/m<sup>2</sup> oraz 6 pkt/m<sup>2</sup> dla powierzchni 8,148 km<sup>2</sup>) i standardzie II (12 pkt/m<sup>2</sup> dla powierzchni 13,769 km<sup>2</sup> obszarów miejskich). Pliki binarne zawierające chmurę punktów zapisane są zgodnie ze standardem 1.2 opublikowanym w 2008 roku przez ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing). Pliki zawierają informacje o współrzędnych każdego punktu, informacje o klasie oraz intensywności odbicia w trzech zakresach widzialnej części promieniowania elektromagnetycznego, odpowiadających barwom niebieskiej, zielonej i czerwonej (RGB), pozyskanych ze zdjęć lotniczych. Klasy punktów wydzielone są zgodnie z formatem LAS i obejmują: punkty przetwarzane, ale niesklasyfikowane, punkty leżące na gruncie, punkty reprezentujące niską roślinność (0-0,4 m), punkty reprezentujące średnią roślinność (0,4-2,0 m), punkty reprezentujące wysoką roślinność (>2,0m), punkty reprezentujące budynki, budowle oraz obiekty inżynierskie, szum, wodę.

Filtrację punktów umożliwiającą wydzielenie roślinności niskiej, średniej i wysokiej dokonano w programie ArcGIS firmy ESRI.

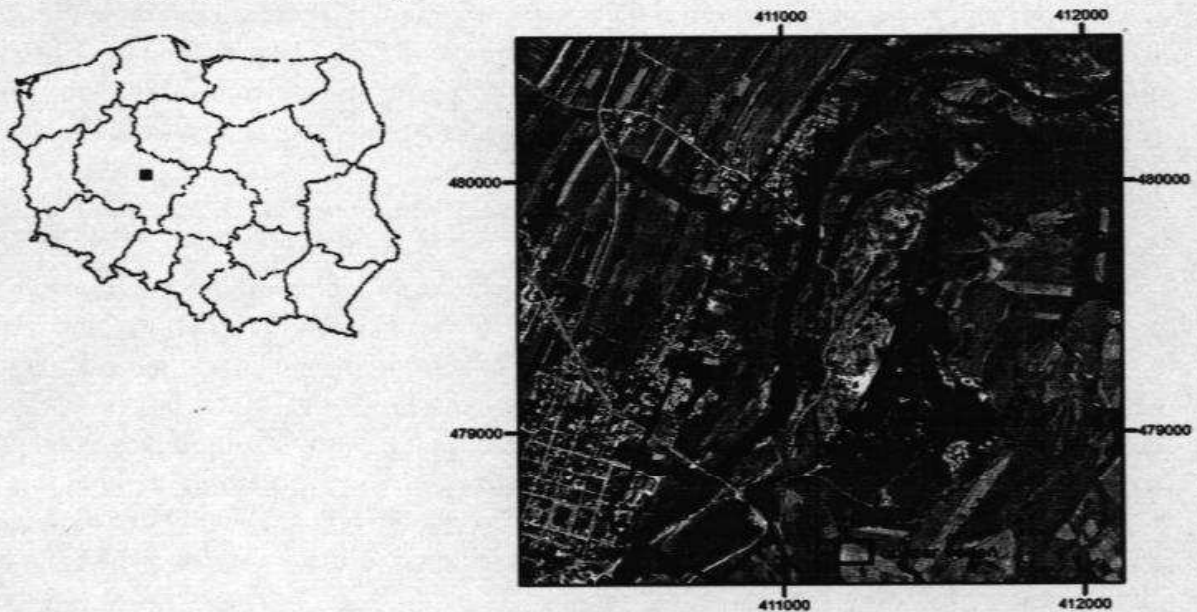
Rozmieszczenie roślinności pod względem przeprowadzenia zabiegów zmierzających do udrożnienia międzywala zostało dokonane tylko na terenach, które znalazły się w zasięgu fali powodziowej z roku 2010. Roślinność porastająca teren zalewowy przeanalizowana została pod kątem zwiększenia zasięgu i wysokości fali powodziowej oraz ryzyka powstawania zatorów lodowych. W pracy założono, że miejsca szczególnie narażone na negatywne oddziaływanie roślinności w międzywale znajdują się w zagłębieniach terenu, oraz w miejscach, gdzie prędkość płynącej wody jest największa. Schemat ideowy podejmowania decyzji o sposobie udrożnienia doliny zalewowej ukazano na rycinie 1.



Ryc. 1. Schemat podejmowania decyzji o sposobie udrożnienia doliny zalewowej.

### Wyniki i dyskusja

Obszar objęty analizą to fragment doliny rzeki Warty zlokalizowany w okolicach miasta Pызdry w województwie wielkopolskim w powiecie wrzesińskim (Ryc. 2). Analizowany odcinek o długości 2 221 m (w osi ciek) zlokalizowany był pomiędzy kilometrem 351,82 i 354,04. Szerokość koryta Warty waha się od 50 do 84 m, a średnia szerokość doliny zalewowej wynosi 490 m. Tereny zalewowe pokryte są roślinnością trawiastą, krzewami oraz drzewami. Prawy brzeg obszaru ograniczony jest wysoką naturalną skarpą, a lewy obwałowaniem przeciwpowodziowym wybudowanym w latach 80-tych ubiegłego wieku (Laks, 2012).



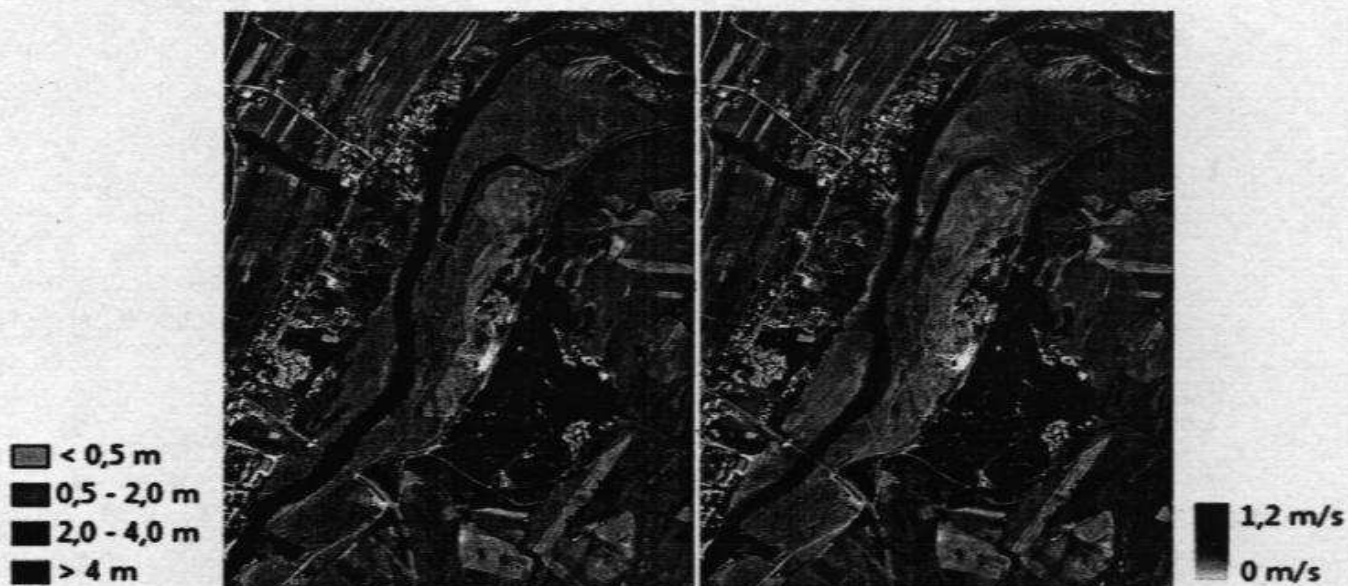
Ryc. 2. Lokalizacja obszaru badań na tle ortofotomapy.

Rozpatrywany obszar w całości wchodzi w skład Nadwarciańskiego Parku Krajobrazowego oraz terenów Natura 2000 (obszary ptasie – Dolina Środkowej Warty i siedliskowe – Ostoja Nadwarciańska) ([www.geoserwis.gdos.gov.pl](http://www.geoserwis.gdos.gov.pl)).

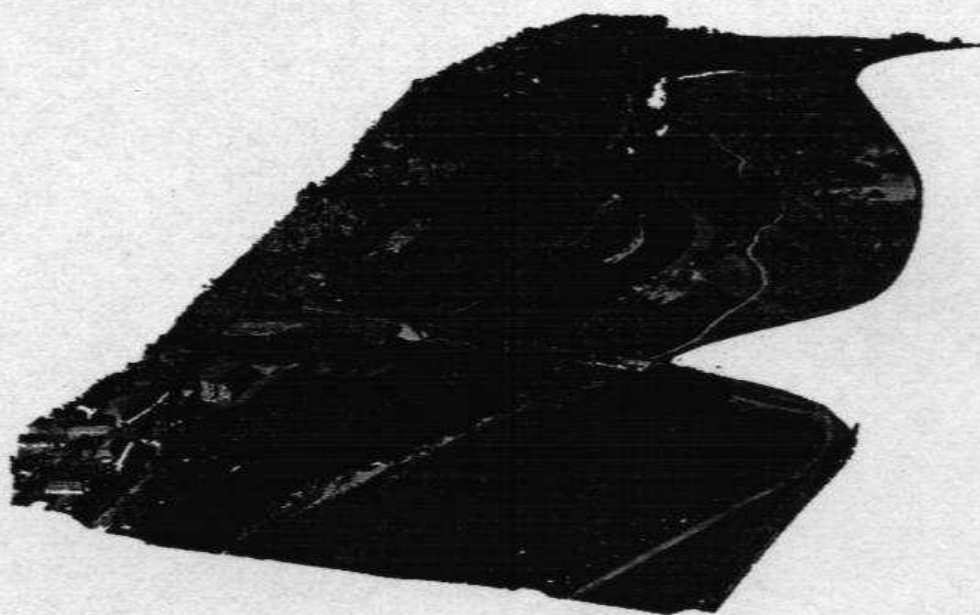
W pierwszym etapie pracy odtworzono zasięg powodzi z 2010 roku przy pomocy modelu hydraulicznego RISMO 2D. Uzyskany z CODGIK numeryczny model terenu uzupełniono własnymi pomiarami obejmującymi 18 przekrojów poprzecznych. Dwuwymiarowy model RISMO pozwolił na wyznaczenie głębokości wody w strefie zalewowej oraz wektorów prędkości (Ryc. 4). Wielkość strefy zalewowej objęła niemal całą powierzchnię międzywala i wyniosła 814 175 m<sup>2</sup>. Głębokości wody w strefie objętej zalewem oznaczono zgodnie z metodyką opracowania map zagrożenia powodziowego KZGW. Na rozpatrywanym terenie dominowały obszary, na których głębokości wahały się od 0,5 do 4 m (77%). Głębokości niższe od 0,5 m występowały wzdłuż zbocza doliny i wałów przeciwpowodziowych zaś głębokości wyższe od 4,0 m występowały w korycie rzeki oraz starorzeczu i osiągały wartość 5,5 m. W celu dokładniejszego przedstawienia zróżnicowania prędkości na danych obszarach nie wykorzystano oznaczeń proponowanych przez metodykę KZGW, ale ukazano je w postaci ciągłej. Minimalna prędkość wody

wyniosła  $0 \text{ ms}^{-1}$ , co wskazuje, że na części obszaru woda stagnuje. Średnia prędkość przepływu wyniosła  $0,33 \text{ ms}^{-1}$ , a maksymalna  $1,2 \text{ ms}^{-1}$ .

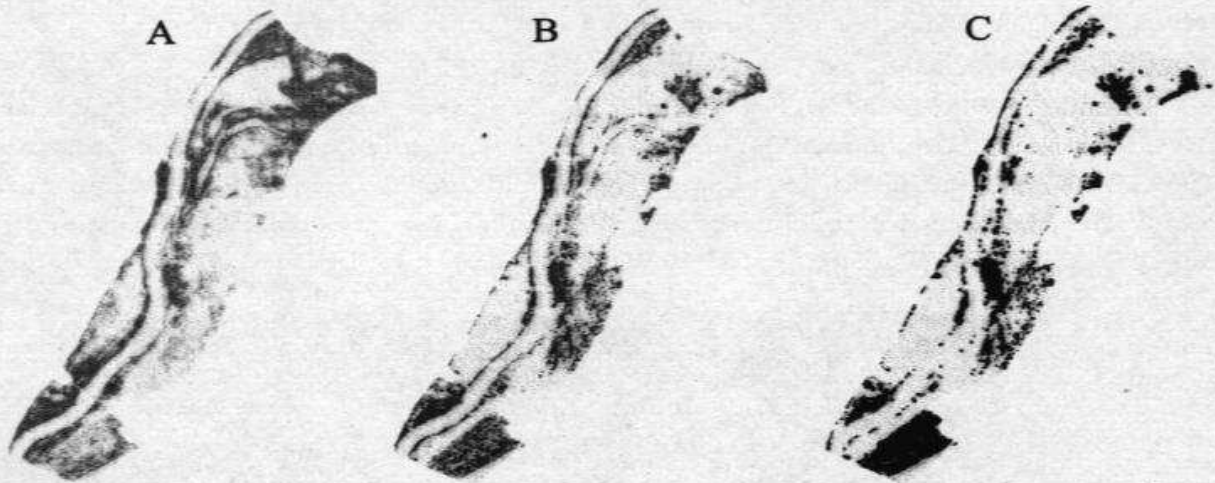
Inwentaryzacja roślinności znajdującej się na terenie narażonym na zalanie została wykonana na podstawie chmury punktów LIDAR w programie ArcGIS 10.1 firmy ESRI (Ryc. 5). Klasyfikacja punktów lidarowych umożliwiła szybkie zlokalizowanie roślinności z podziałem na roślinność niską, średnią oraz wysoką, która znajduje się w strefie zalewowej (Ryc. 6).



Ryc. 4. Mapa głębokości i prędkości przepływu wody.



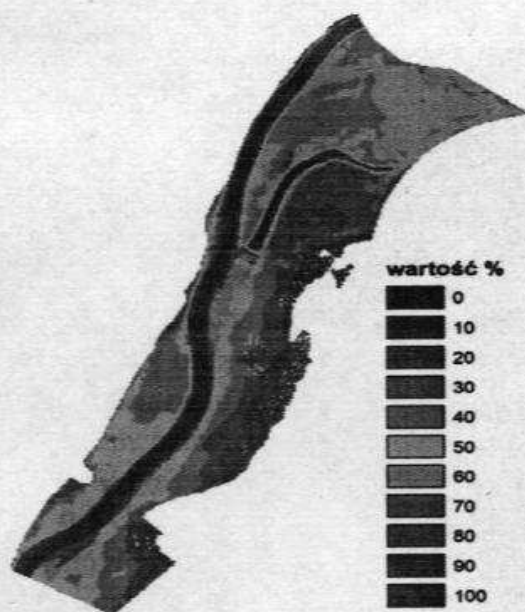
Ryc. 5. Wizualizacja chmury punktów wraz z numerycznym modelem koryta rzecznej.



Ryc. 6. Klasyfikacja roślinności na niską (A), średnią (B) i wysoką (C).

Klasyfikacja wykazała, że roślinność wysoka, czyli przekraczająca wysokość 2 m, zajmuje największą powierzchnię, która wynosi 15,3% obszaru zalanego. Roślinność średnia zajmuje 8,9%, a niska 12% całej powierzchni zalewu (Tab. 1).

W pracy założono, że roślinność porastająca obszary, na których głębokości i prędkości wody są największe, ma największy wpływ na podpiętrzanie wody oraz zwiększa ryzyko powstania zatorów lodowych. W następnym etapie pracy dokonano reklasyfikacji rastrów głębokości i prędkości dzieląc każde na dziesięć klas. Dokonano sumy tych rastrów w celu lokalizacji terenów, na których jednocześnie występuje duża prędkość oraz głębokość. Raster wynikowo przedstawiony w sposób procentowy ukazany został na rycinie 7.



Ryc. 7. Suma wartości głębokości i prędkości.



Ryc. 8. Lokalizacja roślinności mogącej negatywnie wpływać na warunki przepływu wód powodziowych.

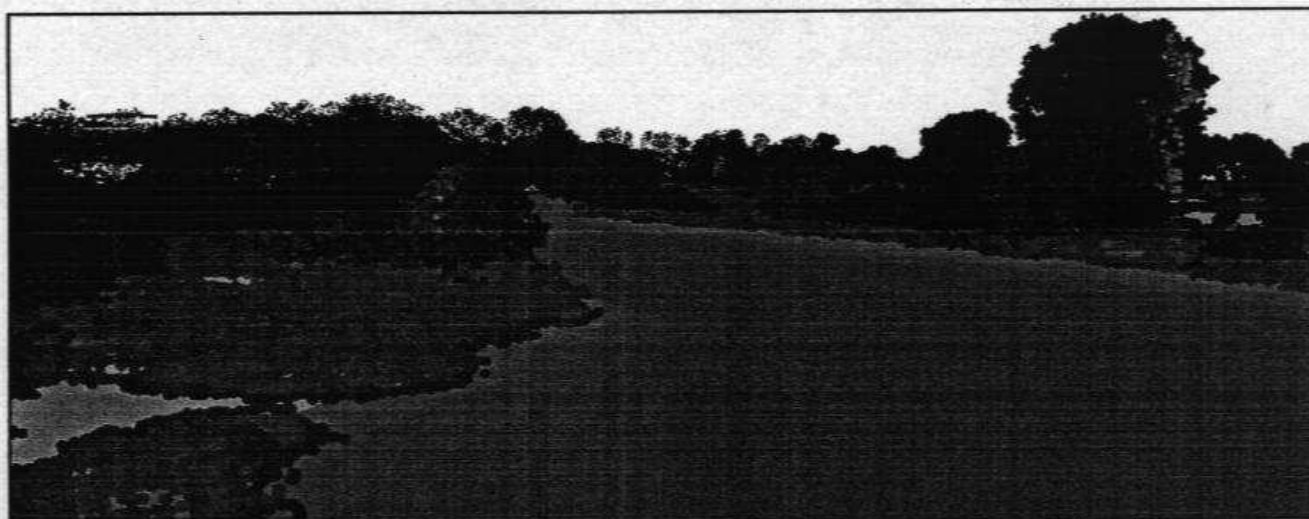
FUNKCJONOWANIE OBSZARÓW NATURA 2000  
NA TERENACH ZAGROŻONYCH POWODZIĄ

Teren, na którym suma wartości głębokości i prędkości wody przekracza 50% całej sumy uznano za obszar newralgiczny, na którym należy przeprowadzić staranne analizy pod kątem obecności roślin mogących negatywnie wpływać na transformację fali powodziowej i ryzyka powstawania zatorów lodowych. Rośliny przeznaczone pod potencjalną wycinkę znajdują się właśnie na tym obszarze (Ryc. 8).

Tab. 1. Zestawienie powierzchni zajmowanej przez roślinność.

Typ roślinności	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]	Powierzchnia przeznaczona pod potencjalną wycinkę [m <sup>2</sup> ]
Niska	98 142	70 845
Średnia	72 718	38 858
Wysoka	124 986	57 602

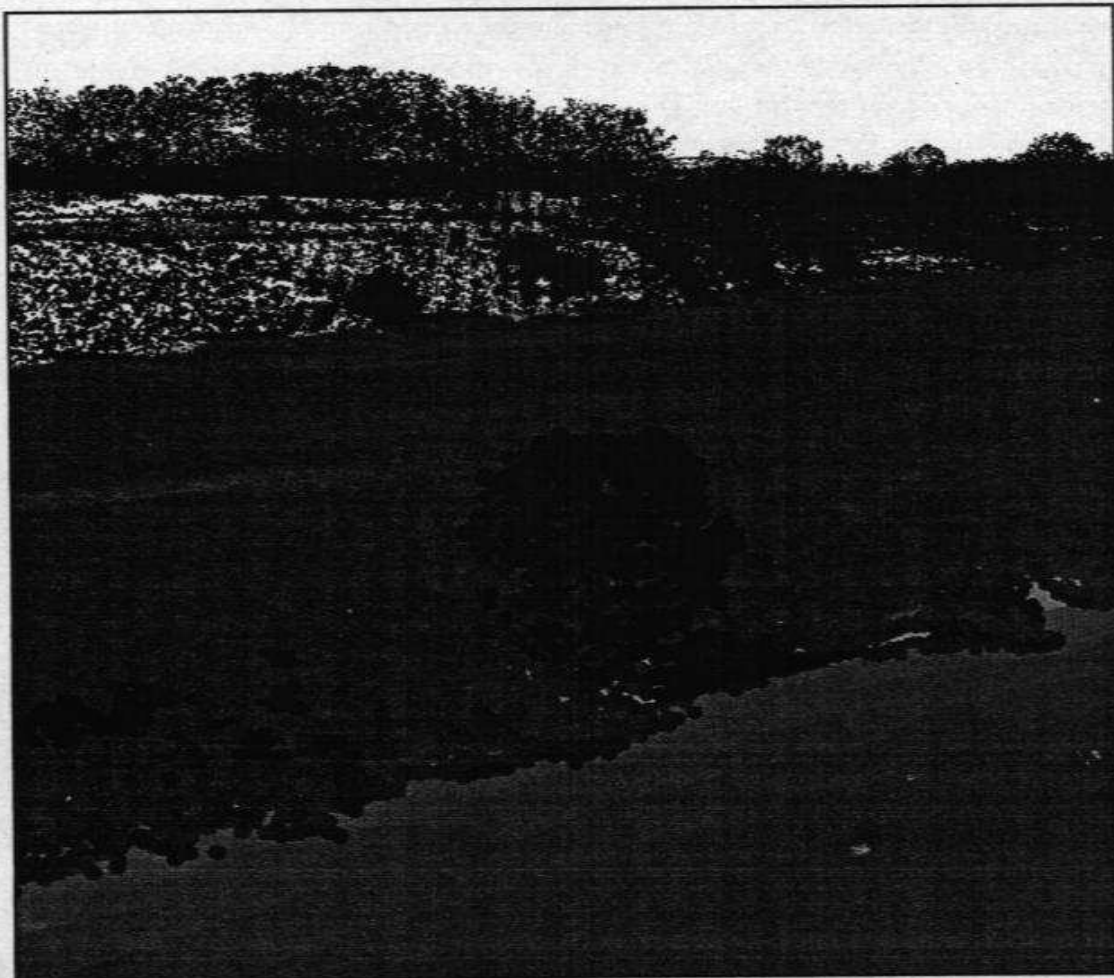
Wizualizacja chmury punktów na tle zasięgu powodziowego pozwala w dokładny sposób ocenić nie tylko które rośliny znajdują się w strefie zalewu, ale też określić na jaką wysokość sięga woda. Ma to duże znaczenie, gdyż zakrzaczenia, które całkowicie znajdują się pod wodą (Ryc. 9), mają o wiele większy wpływ na kształtowanie się fali wezbraniowej niż wysokie drzewa, które mogą mieć zalane jedynie pnie, natomiast korona drzew, która ma zdecydowanie większy udział w zwiększaniu oporu ruchu wody może znajdować się wysoko nad poziomem wody (Ryc. 10).



Ryc. 9. Wizualizacja roślinności niskiej znajdującej się całkowicie pod wodą.

W kolejnym etapie pracy wykonana będzie symulacja hydrauliczna pokazująca wpływ wycinki roślinności na wyznaczonych obszarach, na transformację fali powodziowej. W przypadku, gdy wykazany będzie pozytywny wpływ wycinki na warunki przepływu, należałoby dokonać dokładnej inwentaryzacji roślin przez zespół specjalistów z zakresu





Ryc. 10. Drzewo zlokalizowane w sąsiedztwie koryta rzecznego.

ochrony powodziowej oraz ekologów, mający na celu ułatwienie podjęcia ostatecznej decyzji dotyczącej sposobu udroźnienia doliny zalewowej, zachowując jednocześnie szczególnie cenne elementy środowiska.

#### **Wnioski**

1. Dane LIDAR w połączeniu z wynikami uzyskanymi z modeli hydraulicznych pozwalają na wskazanie miejsc, w których roślinność może wywierać istotny wpływ na transformację fali wezbraniowej - zwiększając ją i wydłużając czas jej przejścia.
2. Analiza wyników pozwala ocenić, które rośliny powinny być usunięte. Takie podejście pozwala zminimalizować zarówno ryzyko zagrożenia powodziowego jak i koszty środowiskowe takich zabiegów.
3. Obszary chronione, na których istnieje znaczne ryzyko powodzi powinny być zarządzane ze szczególną ostrożnością. Do zarządzania takimi obszarami należy zawsze podchodzić w sposób interdyscyplinarny, starając się pogodzić chęć zachowania krajobrazu w jego naturalnej formie, oraz nie zwiększać przy tym ryzyka powodziowego.

### Literatura

- Kouwen, N., Li, R., 1980. Biomechanics of vegetative channel linings. *Journal of the Hydraulics Division* 106, 1085–1103.
- Laks I., Kałuża T. (2012): Modelowanie nieustalonych przepływów w rzekach nizinnych na przykładzie Warty. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. ISBN 978-83-7160-666-3.
- Rahmeyer, W., Werth, D., Jr., Derrick, D., Freeman, G.E., 1995. Predicting flow resistance due to vegetation in flood plains. *The realities of floods: a multidisciplinary review of flood management issues*; 103–113.
- Walczak Z., Sojka M., Laks I. (2013): Ocena dokładności odwzorowania wałów i przewałów w numerycznym modelu terenu polderu Majdany. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection)*, 15, 2711–2724.
- [www.codgik.gov.pl](http://www.codgik.gov.pl)
- [www.geoserwis.gdos.gov.pl](http://www.geoserwis.gdos.gov.pl)

### Streszczenie

Obszary chronione, na których istnieje znaczne ryzyko powodzi powinny być zarządzane ze szczególną ostrożnością. Do zarządzania takimi obszarami należy zawsze podchodzić w sposób interdyscyplinarny, starając się pogodzić chęć zachowania krajobrazu w jego naturalnej formie, oraz nie zwiększać przy tym ryzyka powodziowego. Roślinność porastająca doliny rzek może wywoływać negatywną konsekwencję w trakcie wystąpienia powodzi. Roślinność wpływa na podpiętrzenie fali wezbraniowej oraz sprzyja osadzeniu się rumowiska niesionego przez rzekę, w następstwie czego dochodzi do zmniejszenia przepustowości doliny. W pracy poddano analizie fragment doliny rzeki Warty. Założono, że roślinność porastająca obszary charakteryzujące się najgłębszym zalewem oraz jednocześnie najszybszym przepływem może mieć największy wpływ na transformację fali wezbraniowej. Zaproponowana metodyka pozwala wskazać szczególne rośliny, które powinny być usunięte, jednocześnie minimalizując ingerencję człowieka w naturalny krajobraz. Wstępna klasyfikacja roślin, które mają największy niekorzystny wpływ na warunki przepływu oparta została na podstawie modelowania hydraulicznego powodzi jaka miała miejsce na Warcie w 2010 roku. Podstawą do wyznaczenia obszarów objętych potencjalną wycinką były wyznaczone głębokości i prędkości przepływu. Przeprowadzone badania wykazały użyteczność systemów informacji przestrzennej, danych LIDAR oraz modeli hydraulicznych w zarządzaniu obszarami chronionymi położonymi w strefach zagrożonych powodzią.

**Słowa kluczowe:** Natura 2000, powódź, udrażnianie rzek i kanałów, GIS, LIDAR.

## FUNCTIONING OF THE NATURA 2000 AREAS ON GROUND IN THE ASPECT OF FLOOD EVENTS

### Summary

Protected areas in which there is a significant risk of flooding should be managed with extreme caution. The management of such areas should always be approached in the interdisciplinary way, trying to reconcile the desire to preserve the landscape in its natural form, and not to increase the risks of flood. The paper presents the problem of extreme hydrological events on protected areas. Vegetation growing on river alleys can cause negative consequences during a flood event. Vegetation affects flood water stages and increases the sediment deposition carried by the river. As a results, the flow capacity

of the valley is reduced. The study analyzed the section of Warta river valley. It was assumed that the vegetation growing on the areas with the deepest flood, and the biggest velocity at the same time can have the greatest negative impact of the flood wave transformation. The proposed methodology can help identify individual plants that should be removed, while minimizing human intervention in the natural landscape. Initial classification of the plants that have the greatest negative impact on the flow conditions is based on the hydraulic modeling in RISMO2D software, of flood which occurred on the Warta river in 2010. The basis of designating areas, covered by vegetation which should be removed, were determined flood depth and flow velocity. The study demonstrated the utility of geographic information systems, LIDAR data and hydraulic models in the management of protected areas in the aspect of the flood events.

**Key words:** Natura 2000, floods, river canalisation, GIS, LIDAR.

**Rafał Wróżyński**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji  
rafal.wrozynski@up.poznan.pl

**Mariusz Sojka**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji  
masojka@up.poznan.pl

**Sadżide Murat-Błażejewska**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu  
Instytut Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji  
smurat@up.poznan.pl