

Ocena potencjału retencyjnego zlewni leśnej Bystrzycy Łomnickiej z wykorzystaniem wskaźników teledetekcyjnych oraz numerycznego modelu terenu

Piotr Mroczek¹, Aleksandra Falkowska¹, Piotr Budniak¹, Łukasz Rapa²

¹ Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Sękocin Stary ul. Braci Leśnej 3,
05-090 Raszyn

² Nadleśnictwo Bystrzyca Kłodzka, ul. Międzyłęśna 3, 57-500 Bystrzyca Kłodzka

Retencja krajobrazowa w zlewniach leśnych stanowi jeden z kluczowych mechanizmów regulujących bilans wodny, dynamikę odpływu oraz odporność ekosystemów na suszę i zjawiska ekstremalne. W warunkach postępujących zmian klimatu oraz zmian w rozkładzie i charakterze opadów rozpoznanie przestrzennego zróżnicowania potencjału retencyjnego nabiera szczególnego znaczenia dla planowania działań z zakresu małej retencji oraz adaptacyjnej gospodarki leśnej. Lasy istotnie wpływają na proces infiltracji, retencji glebowej i odpływu powierzchniowego. Skala tych oddziaływań jest jednak silnie uzależniona od warunków siedliskowych, ukształtowania terenu oraz przestrzennego zróżnicowania pokrycia terenu.

Celem pracy była ocena potencjału retencyjnego zlewni potoku Bystrzycy Łomnickiej. W badaniach wykorzystano zintegrowane podejście oparte na wskaźnikach teledetekcyjnych obliczonych przy pomocy ogólnodostępnych zobrazowań satelitarnych oraz analizach morfometrycznych bazujących na numerycznym modelu terenu (NMT). Przyjęto założenie, że połączenie informacji o kondycji i uwilgotnieniu roślinności z parametrami topograficznymi pozwala na wiarygodną ocenę zdolności magazynowania i spowalniania odpływu wody w zlewni leśnej.

Do wyznaczenia szeregu wskaźników spektralnych wykorzystano zobrazowania satelitarne Sentinel 2. Pierwszym określanym parametrem był NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), stanowiący miarę aktywności fotosyntetycznej i gęstości biomasy. Wysokie wartości NDVI interpretowano jako obszary o zwiększonej retencji intercepcyjnej oraz potencjalnie wyższej zdolności infiltracyjnej, wynikającej z dobrze rozwiniętych koron drzewostanu. Zastosowano również wskaźnik NDMI (*Normalized Difference Moisture Index*), który wykorzystuje zakres bliskiej i średniej podczerwieni do oceny zawartości wody w roślinności oraz wilgotności warstwy przypowierzchniowej. Wskaźnik ten jest szczególnie przydatny w analizach stresu wodnego roślin oraz sezonowej zmienności uwilgotnienia siedlisk, co ma bezpośredni związek z retencją glebową i czasem przebywania wody w ekosystemie. Wykorzystano także wskaźnik NDWI (*Normalized Difference Water Index*), który opiera się na zakresie bliskiej podczerwieni i zakresie pasma światła zielonego. Wskaźnik ten określa obecność wody na powierzchni ziemi. Istotnym elementem analizy był również wskaźnik WiW

(*Water in Wetlands*), wyznaczany na podstawie relacji pomiędzy odbiciem w pasmach spektralnych wrażliwych na zawartość wody w roślinności i glebie. WiW umożliwia identyfikację obszarów o podwyższonej wilgotności siedliskowej oraz różnicowanie fragmentów zlewni pod względem podatności na przesuszenie. Równolegle przeprowadzono analizy morfometryczne w oparciu o wysokiej rozdzielczości NMT. Wyznaczono sieć hydrograficzną (cieki całoroczne, kanały spływowe), strefę dolinową, kierunki spływu, wartości nachylenia stoków, zagłębienia terenu oraz topograficzny wskaźnik wilgotności (*Topographic Wetness Index*), który przedstawia potencjalną koncentrację spływu oraz lokalizację akumulacji wody np. u podnóża stoków. Integracja wskaźników NDVI, NDMI, NDWI, WiW oraz parametrów morfometrycznych umożliwiła opracowanie syntetycznego obrazu przestrzennego zróżnicowania potencjału retencyjnego zlewni. Ponadto w oparciu o numeryczny model terenu, przeprowadzono analizę profili wysokościowych dla kanałów spływowych, co pozwoliło na wyznaczenie optymalnych lokalizacji dla zastawek spowalniających odpływ. Działania te umożliwią utworzenie mikroziorników retencyjnych, bezpośrednio wpływając na zwiększenie retencji glebowej oraz wydłużenie czasu przebywania wody na terenie zlewni.

Przeprowadzone analizy, ze względu na wykorzystanie danych ogólnodostępnych, mogą stanowić istotny wkład przy sporządzaniu planów gospodarowania zasobami wodnymi opracowywanych w oparciu o Instrukcję Urządzania Lasu (IUL). Włączenie tego rodzaju analiz do praktyki leśnej jest kluczowe ze względu na:

- Efektywność kosztową i czasową: wykorzystanie darmowych danych satelitarnych (np. z programu Copernicus) oraz otwartych zasobów geodezyjnych pozwala na przeprowadzenie precyzyjnych analiz dla całych nadleśnictw.
- Monitoring dynamiczny: dzięki wysokiej częstotliwości aktualizacji danych satelitarnych, zastosowane analizy umożliwiają monitorowanie zmian wilgotności siedlisk i kondycji roślinności niemal w czasie rzeczywistym, co pozwala na szybszą reakcję na zjawiska suszy czy zamierania drzewostanów.
- Wsparcie decyzji operacyjnych: precyzyjne wskazanie obszarów o najwyższym deficycie lub potencjale wodnym pozwala na optymalną lokalizację obiektów małej retencji (np. progów, zastawek) tam, gdzie przyniosą one największą korzyść ekosystemową.
- Konieczność opracowania jednolitych standardów danych hydrologicznych na potrzeby sporządzania planów gospodarowania zasobami wodnymi oraz ich implementacji w przyszłym module dziedzinowym w SILP.

Wprowadzenie tej metodyki w ramach PUL umożliwiłoby przejście od intuicyjnego do opartego na dowodach (*evidence-based*) zarządzania zasobami wodnymi w lasach.