

**REGIONALNA DYREKCJA LASÓW
PAŃSTWOWYCH
W BIAŁYMSTOKU**

**OPRACOWANIE HYDROLOGICZNE
DLA ZLEWNI PUSZCZY BIAŁOWIESKIEJ**

Dokument obejmuje zasięg Nadleśnictw: Białowieża, Browsk
i Hajnówka oraz Białowieskiego Parku Narodowego



**Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej
Oddział w Białymstoku**

Wykonano na zlecenie
Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku

Wykonawca
Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Białymstoku
ul. Lipowa 51, 15-424 Białystok
tel. (85) 713 15 17, faks (85) 713 15 20
e-mail: sekretariat@bialystok.buligl.pl

Prognozę opracował zespół pod kierownictwem
dr. inż. Łukasza Kolendo – *Kierownika Pracowni Analiz*
w składzie:

dr hab. inż. Andrzej Boczoń - *Hydrolog*
dr inż. Marcin Koźniewski – *Informatyk*
mgr inż. Kamil Wojtas – *Starszy Taksator*
mgr inż. Szymon Chmur – *Informatyk*

Nadzór nad opracowaniem
dr inż. Marek Ksepko – *Z-ca Dyrektora Oddziału BULiGL*

Konsultacje merytoryczne
prof. dr hab. Edward Pierzgalski

Białystok 2021

SPIS TREŚCI

1. PODSTAWA FORMALNO-PRAWNA OPRACOWANIA	13
2. ANALIZA OGÓLNA STANU PRAWNEGO	13
3. WSTĘP.....	27
4. ZASIĘG PRZESTRZENNY OPRACOWANIA	32
5. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA REGIONU LKP PB.....	34
6. KLIMAT OBSZARU.....	38
7. GEOMORFOLOGIA I RZEŻBA TERENU	46
8. CEL OPERATU HYDROLOGICZNEGO	48
9. METODYKA WYKONANIA OPRACOWANIA HYDROLOGICZNEGO.....	49
9.1. Pozyskanie i opracowanie materiałów do analizy.....	49
9.2. Wektoryzacja i parametryzacja śródlądowych wód płynących.....	54
9.3. Wektoryzacja i parametryzacja urządzeń infrastruktury wodnej	57
9.4. Wektoryzacja i parametryzacja zbiorników wód powierzchniowych.....	58
9.5. Prace terenowe oraz konsultacje w zakresie stanu i parametryzacji urządzeń wodnych	59
9.6. Korekta geometryczna granic zlewni MPHP i delimitacja zlewni elementarnych	61
9.7. Określenie niezbędnego zakresu utrzymania i konserwacji urządzeń wodnych.....	62
10. WALORYZACJA ZLEWNI PUSZCZY BIAŁOWIESKIEJ Z PUNKTU WIDZENIA REALIZACJI CELÓW DOKUMENTU Z WYKORZYSTANIEM ANALIZY WIELOKRYTERIALNEJ AHP	63
11.1. Cechy geometryczne zlewni.....	71
11.2. Charakterystyka rzeźby i ekspozycji zlewni	76
11.3. Charakterystyka pokrycia terenu zlewni	81
11.4. Sieć hydrograficzna i urządzenia wodne.....	87
11.5. Uwarunkowania geomorfologiczne	92
11.6. Rozmieszczenie i udział leśnych siedlisk mokradłowych.....	93
12. INWENTARYZACJA ŚRÓDLĄDOWYCH POWIERZCHNIOWYCH WÓD PŁYNĄCYCH I STOJĄCYCH ORAZ URZĄDZEŃ WODNYCH WRAZ Z ICH CHARAKTERYSTYKĄ I PARAMETRYZACJĄ	99
12.1. Śródlądowe wody płynące	99
12.2. Urządzenia wodne.....	109
13. OCENA STANU TECHNICZNEGO URZĄDZEŃ WODNYCH	116
14. WALORYZACJA ZLEWNI PUSZCZY BIAŁOWIESKIEJ Z PUNKTU WIDZENIA REALIZACJI CELÓW DOKUMENTU.....	126
15. MODEL BILANSU WODNEGO GLEB I SIEDLISK	138

15.1.	Parametry wejściowe i wyjściowe modelu gleb i siedlisk.....	138
15.2.	Założenia koncepcyjne modelu	140
15.3.	Wyniki modelowania.....	143
15.4.	Opady atmosferyczne	143
15.5.	Ewapotranspiracja rzeczywista.....	144
15.6.	Intercepcja opadów	158
15.7.	Zmiana retencji.....	173
16.	ZAGROŻENIE EKOSYSTEMÓW ZE STRONY ZMIAN WARUNKÓW WODNYCH NA PODSTAWIE ANALIZ PROGNOSTYCZNYCH	190
17.	PROPONOWANY ZAKRES I PILNOŚĆ DZIAŁAŃ ORAZ SZACUNKOWE KOSZTY	202
17.1.	Zwiększenie retencji glebowej i krajobrazowej	203
17.2.	Utrzymanie i konserwacja istniejących urządzeń wodnych	208
17.3.	Proponowane inwestycje w zakresie infrastruktury wodnej.....	212
18.	OCENA ODDZIAŁYWANIA OPRACOWANIA HYDROLOGICZNEGO NA ŚRODOWISKO, OBSZARY NATURA 2000 ORAZ NA WYJĄTKOWĄ UNIWERSALNĄ WARTOŚĆ OBIEKTU ŚWIATOWEGO DZIEDZICTWA UNESCO „PUSZCZA BIAŁOWIESKA”	214
18.1.	Przewidywane oddziaływania skumulowane i ich ocena	218
18.2.	Informacje o możliwym transgranicznym oddziaływaniu na środowisko	219
19.	LITERATURA	220
20.	ZAŁĄCZNIKI	223

SPIS RYCIN

- Ryc. 2.1. Stopień przekształcenia hydrografii w zlewniach w latach 1930-2000 oraz granice obszaru planowanych działań po stronie BLR
- Rys. 4.1. Zlewnie według MPHP ujęte w opracowaniu na tle podziału administracyjnego Lasów Państwowych
- Ryc. 4.2. Wynik korekty granic zlewni MPHP i delimitacji zlewni elementarnych w zasięgu opracowania
- Ryc. 5.1. Przebieg granic RZGW i Nadzorów Wodnych w zasięgu opracowania
- Ryc. 5.2. Położenie LKP „Puszcza Białowieska” na tle regionalizacji przyrodniczo-leśnej
- Ryc. 5.3. Położenie LKP „Puszcza Białowieska” na tle podziału fizyczno-geograficznego
- Ryc. 5.4. Położenie LKP „Puszcza Białowieska” na tle podziału geobotanicznego z 2008 r.
- Ryc. 6.1. Przykład regionalizacji klimatu Polski i położenie Puszczy Białowieskiej na jej tle
- Ryc. 6.2. Diagram klimatyczny Białowieży w latach 1949-1983
- Ryc. 6.3. Trendy zmian średniej dobowej temperatury powietrza w Białowieży w latach 1948-2018
- Ryc. 6.4. Graficzne przedstawienie klasyfikacji typów opadowych w Białowieży w latach 1948-2018
- Ryc. 7.1. Zróżnicowanie hipsometryczne regionu LKP „Puszcza Białowieska”
- Ryc. 9.1. Zasięg przestrzenny modelu terenu z 2017 roku opracowanego na podstawie danych skanowania laserowego projektu ForBioSensing
- Ryc. 9.2. Zasięg przestrzenny i aktualność danych z projektu CAPAP/ISOK
- Ryc. 9.3. Formy terenowe reprezentowane przez geomorfony
- Ryc. 9.4. Przykład kompozycji VAT + Slope + Relief jako warstwy podkładowej w procesie interpretacji i wektoryzacji
- Ryc. 9.5. Schematyczny przykład wyznaczania szerokości cieków (punkty niebieskie) na podstawie wyznaczenia lokalnych maksimów po obu stronach rzeki (punkty zielone)
- Ryc. 9.6. Schemat systemu klasyfikacji cieków wg Strahlera
- Ryc. 9.7. Przykład sieci hydrograficznej wraz z klasyfikacją cieków wg Strahlera
- Ryc. 9.8. Rzędowość cieków naturalnych PB wg Strahlera
- Ryc. 9.9. Przykład wektoryzacji granic zbiorników po aktualnym lustrze wody z ortofotomapy CIR oraz z podkładem z NMT
- Ryc. 9.10. Porównanie wysokości bezwzględnych z naziemnego pomiaru RTN z wysokościami próbkowanymi z modelu terenu wygenerowanego na podstawie chmur punktów z projektu ISOK
- Ryc. 9.11. Porównanie powierzchni zlewni MPHP przed i po korekcie geometrycznej z wykorzystaniem numerycznych danych wysokościowych
- Ryc. 9.12. Przykład korekty granicy zlewni Łutowni od Krynicy do ujścia (linia czarna) na tle granic MPHP (linia żółta) i jej podział na zlewnie elementarne (linia fioletowa) z wykorzystaniem numerycznych danych wysokościowych lotniczego skanowania laserowego
- Ryc. 11.1. Histogram rozkładu powierzchni zlewni MPHP
- Ryc. 11.2. Dominująca ekspozycja zboczy (stoków) analizowanych zlewni
- Ryc. 11.3. Stopień lesistości zlewni w granicach opracowania [%]
- Ryc. 11.4. Procentowy udział obszarów zabudowanych w zlewniach

Ryc. 11.5. Rozkład przestrzenny wartości wskaźnika antropopresji w zlewniach badanego terenu

Ryc. 11.6. Gęstość sieci hydrograficznej w zlewniach

Ryc. 11.7. Częstość występowania urządzeń wodnych w zlewniach badanego terenu [szt/km²]

Ryc. 11.8. Średni udział procentowy form terenu sklasyfikowanych w badanych zlewniach

Ryc. 11.9. Przestrzenne rozmieszczenie siedlisk wilgotnych i bagiennych w analizowanych zlewniach

Ryc. 11.10. Udział procentowy terenów mokradłowych w badanych zlewniach

Ryc. 12.1. Rzeka Łutownia na wysokości oddziału 182 C w leśnictwie Przechody

Ryc. 12.2. Przykład leśnego rowu melioracyjnego na wysokości oddziału 82D w leśnictwie Olchówka

Ryc. 12.3. Zbiornik wodny Topiło (staw górny) jesienią 2021 r.

Ryc. 12.4. Zastawka piętrząca na zbiorniku Gnilec latem 2021 r.

Ryc. 12.5. Staw śródleśny w leśnictwie Sacharewo w Nadleśnictwie Hajnówka

Ryc. 12.6. Przykład rozlewisk w leśnictwie Grudki powstałych w wyniku piętrzenia się wód powierzchniowych wzdłuż nasypu drogowego

Ryc. 12.7. Przykład betonowego przepustu okularowego podczas pomiaru średnicy w oddziale 153D w leśnictwie Przechody, Nadleśnictwo Browsk

Ryc. 12.8. Przykład przepustu okularowego (potrójnego) z tworzywa sztucznego w oddziale 395A w leśnictwie Batorówka, Nadleśnictwo Białowieża

Ryc. 12.9. Przykład spiętrzenia wody wykonanego z kamieni naturalnych i drewnianej palisady w okolicach przepustu w leśnictwie Postołowo w Nadleśnictwie Hajnówka

Ryc. 12.10. Przykład Bystrotoku na rzece Łutowni na wysokości oddziału 149C, leśnictwo Nowosady, Nadleśnictwo Browsk

Ryc. 13.1. Procentowy udział stanu technicznego urządzeń wodnych na gruntach Lasów Państwowych i Białowieskiego Parku Narodowego

Ryc. 13.2. Procentowy udział stanu technicznego urządzeń wodnych w Nadleśnictwie Białowieża

Ryc. 13.3. Procentowy udział stanu technicznego urządzeń wodnych w Nadleśnictwie Browsk

Ryc. 13.4. Procentowy udział stanu technicznego urządzeń wodnych w Nadleśnictwie Hajnówka

Ryc. 13.5. Procentowy udział stanu technicznego urządzeń wodnych w Białowieskim Parku Narodowym

Ryc. 13.6. Przepust z tworzywa sztucznego na cieku okresowym, drożny, w stanie dobrym oddział 218C, leśnictwo Teremiski, Nadleśnictwo Białowieża

Ryc. 13.7. Przepust częściowo drożny z uszkodzonymi kręgami betonowymi, oddział 274B, leśnictwo Postołowo, Nadleśnictwo Hajnówka

Ryc. 13.8. Przepust z tworzywa sztucznego, niedrożny, oddział 37A, leśnictwo Olchówka, Nadleśnictwo Browsk

Ryc. 14.1. Zmienność przestrzenna wrażliwości płatów siedliskowych [pkt] na zmiany stosunków wodnych

Ryc. 14.2. Przestrzenny rozkład zniekształceń pokrywy glebowej [pkt] na badanym terenie

Ryc. 14.3. Zmienność przestrzenna waloru płatów siedliskowych [pkt] na badanym terenie

Ryc. 14.4. Schematyczne rozmieszczenie antropogenicznych przeszkód na badanym terenie (prawy) oraz wizualizacja jednego z przypadków na NMT (lewy)

Ryc. 14.5. Przestrzenne zróżnicowanie gęstości rowów melioracyjnych na badanym terenie

Ryc. 14.6. Rozkład przestrzenny potencjału retencyjnego gleb na badanym terenie na podstawie modelu gleb i siedlisk

Ryc. 14.7. Przestrzenne zróżnicowanie odległości płątów siedliskowych od cieków okresowych [m] (źródło: opracowanie własne)

Ryc. 14.8. Strefowanie OŚD Puszcza Białowieska (źródło: opracowanie własne)

Ryc. 14.9. Rozmieszczenie przestrzenne obszarów reprezentujących priorytety w zakresie pilności działań hydrologicznych

Ryc. 14.10. Histogram rozkładu udziału terenów priorytetu I w zlewniach elementarnych badanego obszaru

Ryc. 14.11. Histogram rozkładu udziału terenów priorytetu II w zlewniach elementarnych badanego obszaru

Ryc. 14.12. Histogram rozkładu udziału terenów priorytetu III w zlewniach elementarnych badanego obszaru

Ryc. 14.13. Histogram rozkładu udziału terenów priorytetu IV w zlewniach elementarnych badanego obszaru

Ryc. 14.14. Sumaryczna ocena zlewni w zakresie pilności działań hydrologicznych

Ryc. 15.1. Przestrzenne rozmieszczenie stacji meteorologicznych, których pomiary uwzględniono w modelu bilansu wodnego gleb i siedlisk. Stacja pomiarowa Wólka Terechowska znajduje się poza południowym zasięgiem AOI

Ryc. 15.2. Miesięczne opady atmosferyczne dla Puszczy Białowieskiej w latach 2017-2020

Ryc. 15.3. Średni opad roczny w siedliskowych typach lasu w rozpatrywanym okresie

Ryc. 15.4. Średnia miesięczna ETV ekosystemów Puszczy Białowieskiej

Ryc. 15.5. Średnie roczne wartości ETV ekosystemów Puszczy Białowieskiej

Ryc. 15.6. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie I (lewy) i II (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.7. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)

Ryc. 15.8. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.9. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.10. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.11. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.12. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie I (lewy) i II (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.13. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.14. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.15. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.16. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.17. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.18. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie I (lewy) i II (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.19. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.20. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.21. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.22. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.23. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.24. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie I (lewy) i II (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.25. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.26. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.27. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.28. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.29. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.30. Intercepcja opadów w okresie I (lewy) i II (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.31. Intercepcja opadów w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.32. Intercepcja opadów w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.33. Intercepcja opadów w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.34. Intercepcja opadów w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.35. Intercepcja opadów w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.36. Intercepcja opadów w okresie I (lewy) i II (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.37. Intercepcja opadów w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.38. Intercepcja opadów w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.39. Intercepcja opadów w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.40. Intercepcja opadów w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.41. Intercepcja opadów w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.42. Intercepcja opadów w okresie I (lewy) i II (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.43. Intercepcja opadów w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.44. Intercepcja opadów w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.45. Intercepcja opadów w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.46. Intercepcja opadów w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.47. Intercepcja opadów w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.48. Intercepcja opadów w okresie I (lewy) i II (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.49. Intercepcja opadów w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.50. Intercepcja opadów w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.51. Intercepcja opadów w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.52. Intercepcja opadów w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.53. Intercepcja opadów w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.54. Średnia roczna intercepcja opadów przez ekosystemy Puszczy Białowieskiej i udział intercepcji w opadach

Ryc. 15.55. Miesięczna intercepcja opadów przed ekosystemy w latach 2017-2020

Ryc. 15.56. Sumy roczne intercepcji w typach siedliskowych lasu

Ryc. 15.57. Miesięczne zmiany retencji w ekosystemach Puszczy Białowieskiej w latach 2017-2020

Ryc. 15.58. Miesięczne zmiany retencji w ekosystemach leśnych w Puszczy Białowieskiej w latach 2017-2020

Ryc. 15.59. Miesięczna zmiana retencji w siedliskowych typach lasu Puszczy Białowieskiej w latach 2017-2020

Ryc. 15.60. Zmiana retencji w okresie I (lewy) i II (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.61. Zmiana retencji w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.62. Zmiana retencji w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.63. Zmiana retencji w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.64. Zmiana retencji w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.65. Zmiana retencji w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2017 badanego terenu

Ryc. 15.66. Zmiana retencji w okresie I (lewy) i II (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.67. Zmiana retencji w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.68. Zmiana retencji w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.69. Zmiana retencji w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.70. Zmiana retencji w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.71. Zmiana retencji w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2018 badanego terenu

Ryc. 15.72. Zmiana retencji w okresie I (lewy) i II (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.73. Zmiana retencji w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.74. Zmiana retencji w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.75. Zmiana retencji w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.76. Zmiana retencji w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.77. Zmiana retencji w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2019 badanego terenu

Ryc. 15.78. Zmiana retencji w okresie I (lewy) i II (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.79. Zmiana retencji w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.80. Zmiana retencji w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.81. Zmiana retencji w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.82. Zmiana retencji w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 15.83. Zmiana retencji w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2020 badanego terenu

Ryc. 16.1. Średnie roczne zmiany ewapotranspiracji ekosystemów bez wpływu ograniczenia dostępności wody w glebie w czterech wariantach progностycznych

Ryc. 16.2. Średnie roczne zmiany ewapotranspiracji rzeczywistej ekosystemów (z uwzględnieniem wpływu ograniczenia dostępności wody w glebie) w czterech wariantach progностycznych

Ryc. 16.3. Średnie roczne zmiany ewapotranspiracji rzeczywistej ekosystemów (z uwzględnieniem wpływu ograniczenia dostępności wody w glebie) w czterech wariantach progностycznych w roku mokrym (a) i roku suchym (b)

Ryc. 16.4. Średnia roczna zmiana retencji ekosystemów Puszczy Białowieskiej w czterech wariantach progностycznych

Ryc. 16.5. Roczna zmiana retencji ekosystemów Puszczy Białowieskiej w czterech wariantach progностycznych w roku mokrym (a) i roku suchym (b)

Ryc. 16.6. Średnia roczna zmiana liczby dni zagrożonych suszą w ekstremach Puszczy Białowieskiej wg czterech scenariuszy progностycznych

Ryc. 16.7. Roczna zmiana liczby dni zagrożonych suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej w czterech wariantach progностycznych w roku mokrym (a) i roku suchym (b)

Ryc. 16.8. Wzrost liczby dni zagrożenia suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej przy wzroście temperatury o 0,64°C

Ryc. 16.9. Wzrost liczby dni zagrożenia suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej przy wzroście temperatury o 0,98°C

Ryc. 16.10. Wzrost liczby dni zagrożenia suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej przy wzroście temperatury o 2,14°C

Ryc. 16.11. Wzrost liczby dni zagrożenia suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej przy wzroście temperatury o 2,59°C

Ryc. 17.1. Schematyczny przykład ustalania kolejności i pilności działań w węzłach OCO, groty strzałek oznaczają kierunek spływu cieku

Ryc. 17.2. Przykład klasyfikacji węzłów OCO w zakresie pilności prowadzenia działań

Ryc. 17.3. Przykład naturalnych przegród z kłody jesionowej i olchowej oraz poniżej - oczekiwane rezultaty proponowanych działań

Ryc. 17.4. Schemat kolejności działań na cieku okresowym (od czerwonego do białego) na obszarze przykładowej zlewni elementarnej

SPIS TABEL

Tab. 6.1. Charakterystyka wybranych warunków opadowych w Białowieży w okresie wieloletnim 1948-2018

Tab. 10.1. Wartość losowego indeksu RI

Tab. 10.2. Wagi globalne i lokalne kryteriów i subkryteriów w zakresie grupy (A)

Tab. 10.3. Wagi globalne i lokalne kryteriów i subkryteriów w zakresie grupy (B)

Tab. 10.4. Wagi globalne i lokalne kryteriów i subkryteriów w zakresie grupy (C) i (D)

Tab. 11.1. Cechy geometryczne zlewni MPHP

Tab. 11.2. Parametry rzeźby terenu zlewni

Tab. 11.3. Udział form użytkowania terenu w poszczególnych zlewniach

Tab. 11.4. Charakterystyka zlewni ze względu na długość cieków i gęstość sieci hydrograficznej oraz liczby urządzeń wodnych

Tab. 11.5. Powierzchnie i udziały procentowe siedlisk wilgotnych, bagiennych i mokradeł w zlewniach badanego terenu

Tab.12.1. Zestawienie długości poszczególnych typów cieków na badanym terenie, wyróżniono dominujące typy cieków

Tab.12.2. Zestawienie długości cieków wodnych z uwzględnieniem typu i przynależności administracyjnej

Tab.12.3. Zestawienie długości cieków w poszczególnych leśnictwach i obrębach leśnych z uwzględnieniem typu w Nadleśnictwie Białowieża

Tab.12.4. Zestawienie długości cieków w poszczególnych leśnictwach i obrębach leśnych z uwzględnieniem typu w Nadleśnictwie Browsk

Tab.12.5. Zestawienie długości cieków w poszczególnych leśnictwach i obrębach leśnych z uwzględnieniem typu w Nadleśnictwie Hajnówka

Tab.12.6. Zestawienie podstawowych statystyk szerokości śródlądowych cieków płynących

Tab.12.7. Zestawienie liczby zbiorników wodnych z uwzględnieniem typu w poszczególnych obiektach badanego obszaru

Tab.12.8. Zestawienie liczby zbiorników wód powierzchniowych z uwzględnieniem typu na gruntach Lasów Państwowych i BPN

Tab. 12.9. Zestawienie typów zbiorników wodnych wg ich charakteru

Tab. 12.10. Zestawienie liczby zbiorników wodnych wg ich rodzaju

Tab. 12.11. Zestawienie liczby urządzeń wodnych w typach w zależności od przynależności administracyjnej

Tab.12.12. Zestawienie urządzeń wodnych zlokalizowanych na gruntach Nadleśnictwa Białowieża w podziale na leśnictwa

Tab.12.13. Zestawienie urządzeń wodnych zlokalizowanych na gruntach Nadleśnictwa Browsk w podziale na leśnictwa

Tab. 12.14. Zestawienie urządzeń wodnych zlokalizowanych na gruntach Nadleśnictwa Hajnówka w podziale na leśnictwa

Tab. 13.1. Zestawienie stanu technicznego urządzeń wodnych zlokalizowanych na gruntach Nadleśnictw Białowieża, Browsk, Hajnówka oraz BPN

Tab. 13.2. Zestawienie urządzeń wodnych z uwzględnieniem stanu technicznego na gruntach Nadleśnictwa Białowieża

Tab. 13.3. Zestawienie urządzeń wodnych z uwzględnieniem stanu technicznego na gruntach Nadleśnictwa Browsk

Tab. 13.4. Zestawienie urządzeń wodnych z uwzględnieniem stanu technicznego na gruntach Nadleśnictwa Hajnówka

Tab. 13.5. Zestawienie urządzeń wodnych wg stanu technicznego na gruntach Białowieskiego Parku Narodowego

Tab.13.6. Zestawienie udziału procentowego urządzeń wodnych wymagających remontu i konserwacji w odniesieniu do typu cieku na jakim są położone

Tab. 14.1. Zestawienie liczby zlewni ze względu na procentowe występowanie w granicach zlewni poszczególnych priorytetów czasowych działań hydrologicznych

Tab. 17.1. Zestawienie liczebności węzłów OCO zaklasyfikowanych do priorytetów działań hydrologicznych w nadleśnictwach LKP PB i BPN

Tab. 17.2. Zestawienie liczba urządzeń wodnych wraz z określeniem zaleceń na gruntach Nadleśnictw Białowieża, Browsk, Hajnówka i BPN

Tab. 17.3. Zestawienie liczby urządzeń wodnych z przypisanymi zaleceniami na gruntach Nadleśnictwa Białowieża

Tab. 17.4. Zestawienie liczby urządzeń wodnych z przypisanymi zaleceniami na gruntach Nadleśnictwa Browsk

Tab. 17.5. Zestawienie liczby urządzeń wodnych z przypisanymi zaleceniami na gruntach Nadleśnictwa Hajnówka

Tab. 17.6. Zestawienie liczby urządzeń wodnych z przypisanymi zaleceniami na gruntach BPN

Tab. 17.7. Zestawienie szacowanych kosztów związanych z udrożnieniem przepustów

Tab. 17.8. Zestawienie projektowanych przepustów okularowych

Tab. 18.1. Macierz potencjalnych oddziaływań Dokumentu na środowisko, w tym na przedmioty ochrony N2000 oraz OŚD Puszcza Białowieska

1. PODSTAWA FORMALNO-PRAWNA OPRACOWANIA

Niniejsze opracowanie sporządzono na podstawie umowy nr ZI.271.19.2021 zawartej w dniu 18 maja 2021 r. w Białymstoku pomiędzy działającym w imieniu i na rzecz Skarbu Państwa Dyrektorem Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku a Dyrektorem Oddziału Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej w Białymstoku.

2. ANALIZA OGÓLNA STANU PRAWNEGO

Poniższy wybór aktów prawnych ma szeroki choć przeglądowy charakter ze względu na znaczenie Puszczy Białowieskiej dla ochrony przyrody na świecie oraz rozległe powiązania prawne i obszarowe działań przewidzianych w niniejszym opracowaniu z innymi programami i planami na poziomie krajowym i europejskim.

Dyrektywy Unii Europejskiej mające wpływ na gospodarkę wodną

Dyrektywa jest aktem prawa pochodnego Unii Europejskiej, którego mocą prawodawcy państw członkowskich Unii zostają zobowiązani do wprowadzenia (implementacji) określonych regulacji prawnych, służących osiągnięciu wskazanego w dyrektywie, pożądanego stanu rzeczy. W zakresie zagadnienia gospodarki zasobami wodnymi wydane zostały następujące Dyrektywy:

- Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dz. Urz. WE L 327 z 22.12.2000) tzw. Ramowa Dyrektywa Wodna,

- Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim (Dz. Urz. UE L 288 z 6.11.2007) tzw. Dyrektywa Powodziowa,

- Dyrektywa Rady 91/676/EWG z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego – (Dyrektywa Azotanowa),

- Dyrektywa Rady 79/409/EWG z dnia 2 kwietnia 1979 r. w sprawie ochrony dzikiego ptactwa (Dyrektywa Ptasia),

- Dyrektywa Rady 92/43/EWG z dnia 21 maja 1992 r. w sprawie ochrony siedlisk przyrodniczych oraz dzikiej fauny i flory (Dyrektywa Siedliskowa),

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2001/42/WE z dnia 27 czerwca 2001 r. w sprawie oceny wpływu niektórych planów i programów na środowisko (Dz. Urz. WE L 197 z 21.07.2001, str. 30; Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, rozdz. 15, t. 6, str. 157) – wdrożona do prawa polskiego ustawą z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko,

- Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu (Dz. U. UE L 372 z 27.12.2006).

- Krajowe regulacje prawne dotyczące gospodarki wodnej

Podstawowym aktem prawnym regulującym zasady gospodarki wodnej na terenie Polski jest ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. – **Prawo wodne** (Dz. U.2018 poz. 2268), oraz statutu nadanego w ramach Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 28 grudnia 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 2506). W najbardziej istotnych artykułach Ustawa następująco definiuje zagadnienia i zasady gospodarki wodnej:

Art. 16.

Ileć w ustawie jest mowa o:

65) urządzeniach wodnych – rozumie się przez to urządzenia lub budowle służące do kształtowania zasobów wodnych lub korzystania z tych zasobów, w tym:

a) urządzenia lub budowle piętrzące, przeciwpowodziowe i regulacyjne, a także kanały i rowy,

b) sztuczne zbiorniki usytuowane na wodach płynących oraz obiekty związane z tymi zbiornikami (w brzmieniu ustalonym przez art. 1 pkt 1 lit. c ustawy, o której mowa w odnośniku 3).

c) stawy, w szczególności stawy rybne oraz stawy przeznaczone do oczyszczania ścieków albo rekreacji,

d) obiekty służące do ujmowania wód powierzchniowych oraz wód podziemnych,

e) obiekty energetyki wodnej,

f) wyloty urządzeń kanalizacyjnych służące do wprowadzania ścieków do wód, do ziemi lub do urządzeń wodnych oraz wyloty służące do wprowadzania wody do wód, do ziemi lub do urządzeń wodnych,

g) stałe urządzenia służące do połowu ryb lub do pozyskiwania innych organizmów wodnych,

h) urządzenia służące do chowu ryb lub innych organizmów wodnych w wodach powierzchniowych,

i) mury oporowe, bulwary, nabrzeża, mola, pomosty i przystanie,

j) stałe urządzenia służące do dokonywania przewozów międzybrzegowych.

Art. 187.

1. Przy projektowaniu, wykonywaniu oraz utrzymywaniu urządzeń wodnych należy kierować się zasadą zrównoważonego rozwoju, koniecznością osiągnięcia dobrego stanu wód i charakterystycznych dla nich biocenoz, koniecznością osiągnięcia celów środowiskowych, o których mowa w art. 56, art. 57, art. 59 oraz w art. 61, oraz potrzebą zachowania istniejącej rzeźby terenu oraz biologicznych stosunków w środowisku wodnym i ekosystemach lądowych zależnych od wód.

2. Budowle piętrzące powinny umożliwiać migrację ryb.

Art. 188.

1. Utrzymywanie urządzeń wodnych należy do ich właścicieli i polega na eksploatacji, konserwacji oraz remontach w celu zachowania ich funkcji.

Art. 197.

1. Urządzeniami melioracji wodnych są:
 - 1) rowy wraz z budowlami związanymi z nimi funkcjonalnie,
 - 2) drenowania,
 - 3) rurociągi,
 - 4) stacje pomp służące wyłącznie do celów rolniczych,
 - 5) ziemne stawy rybne,
 - 6) groble na obszarach nawadnianych,
 - 7) systemy nawodnień grawitacyjnych,
 - 8) systemy nawodnień ciśn. – jeżeli służą celom, o których mowa w art. 195.
2. Przepisy dotyczące urządzeń melioracji wodnych stosuje się odpowiednio do:
 - 1) budowli wstrzymujących erozję wodną;
 - 2) dróg dojazdowych niezbędnych do użytkowania obszarów zmeliorowanych;
 - 3) fitomelioracji oraz agromelioracji;
 - 4) systemów przeciwerozyjnych;
 - 5) zagospodarowania zmeliorowanych trwałych łąk lub pastwisk;
 - 6) zagospodarowania nieużytków przeznaczonych na trwałe łąki lub pastwiska.

Art. 198.

Przy planowaniu, wykonywaniu oraz utrzymywaniu urządzeń melioracji wodnych należy kierować się potrzebą zachowania zróżnicowanych biocenoz polnych i łąkowych, koniecznością osiągnięcia dobrego stanu wód oraz koniecznością osiągnięcia celów środowiskowych, o których mowa w art. 56, art. 57, art. 59 oraz w art. 61.

Art. 227.

1. Utrzymywanie publicznych śródlądowych wód powierzchniowych oraz morskich wód wewnętrznych polega także na zachowaniu stanu dna lub brzegów oraz na remoncie lub konserwacji istniejących budowli regulacyjnych.
2. Utrzymywanie wód, o których mowa w ust. 1, ma na celu zapewnienie:
 - 1) ochrony przed powodzią lub usuwania skutków powodzi,
 - 2) spływu lodu oraz przeciwdziałania powstawaniu niekorzystnych zjawisk lodowych,
 - 3) warunków umożliwiających korzystanie z wód, w tym utrzymywania zwierciadła wody na poziomie umożliwiającym funkcjonowanie urządzeń wodnych, obiektów mostowych, rurociągów, linii energetycznych, linii telekomunikacyjnych oraz innych urządzeń,
 - 4) warunków eksploatacyjnych śródlądowych dróg wodnych określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 42 ust. 4 ustawy z dnia 21 grudnia 2000 r. o żegludze śródlądowej,
 - 5) działania urządzeń wodnych, w szczególności ich odpowiedniego stanu technicznego i funkcjonalnego – i nie powinno uniemożliwić osiągnięcia celów środowiskowych określonych w art. 56, art. 57, art. 59 oraz w art. 61, przy uwzględnieniu dopuszczalności nieosiągnięcia celów środowiskowych, o której mowa w art. 66.
3. Utrzymywanie wód, o których mowa w ust. 1, jest realizowane przez:
 - 1) wykaszanie roślin z dna oraz brzegów śródlądowych wód powierzchniowych;
 - 2) usuwanie roślin pływających i korzeniących się w dnie śródlądowych wód powierzchniowych;

3) usuwanie drzew i krzewów porastających dno oraz brzegi śródlądowych wód powierzchniowych;

4) usuwanie ze śródlądowych wód powierzchniowych przeszkód naturalnych oraz wynikających z działalności człowieka;

5) zasypywanie wyrw w brzegach i dnie śródlądowych wód powierzchniowych oraz ich zabudowę biologiczną;

6) udrażnianie śródlądowych wód powierzchniowych przez usuwanie zatorów utrudniających swobodny przepływ wód oraz usuwanie namulów i rumoszu;

7) remont lub konserwację stanowiących własność właściciela wód:

a) ubezpieczeń w obrębie urządzeń wodnych,

b) budowli regulacyjnych;

8) rozbiórkę lub modyfikację tam bobrowych oraz zasypywanie nor bobrów lub nor innych zwierząt w brzegach śródlądowych wód powierzchniowych.

4. Zakłady, które przez wprowadzanie ścieków do wód albo w inny sposób przyczyniają się do wzrostu kosztów utrzymania tych wód, ponoszą taką część kosztów, w jakiej nastąpił ten wzrost.

5. Podziału kosztów, na wniosek właściciela wód, dokonuje, w drodze decyzji, minister właściwy do spraw gospodarki wodnej. Wniosek zawiera uzasadnienie wzrostu kosztów.

6. We wniosku, o którym mowa w ust. 5, właściciel wód wskazuje zakłady przyczyniające się do wzrostu kosztów oraz określa zakres odnoszonych korzyści i proponowaną wielkość udziału w kosztach.

7. Minister właściwy do spraw gospodarki wodnej, w drodze decyzji, stwierdza wygaśnięcie decyzji, o której mowa w ust. 5, jeżeli stwierdzi trwałe ustanie przyczyny wzrostu kosztów utrzymania wód.

Zagadnienia gospodarki wodnej zawarte są również w innych, obowiązujących aktach prawnych:

Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. **o ochronie przyrody** (Dz. U. z 2018 r., poz. 1614z z późn. zm.). Artykuły dotyczące zagadnień gospodarki wodnej:

Art. 118.

1. Zgłoszenia regionalnemu dyrektorowi ochrony środowiska wymaga prowadzenie, na obszarach form ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1–5 i 7–9, w obrębach ochronnych wyznaczonych na podstawie ustawy z dnia 18 kwietnia 1985 r. o rybactwie śródlądowym, a także w obrębie cieków naturalnych, następujących działań:

1) wymienionych w art. 227 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne;

2) melioracji wodnych;

3) wydobywania z wód kamienia, żwiru, piasku oraz innych materiałów, w ramach szczególnego korzystania z wód;

4) innych niż wymienione w pkt 1–3 działań obejmujących roboty ziemne mogące zmienić warunki wodne lub wodno-glebowe.

2. W zgłoszeniu określa się:

1) lokalizację, rodzaj, zakres, sposób i termin prowadzenia działań, o których mowa w ust. 1;

2) w przypadku działań, o których mowa w art. 227 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne, jeżeli jest to możliwe – także termin i zakres działań objętych zgłoszeniem, prowadzonych w przeszłości na obszarze, którego dotyczy zgłoszenie.

3. W przypadku przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko, w stosunku do których nie przeprowadzono oceny oddziaływania na środowisko, do zgłoszenia należy dołączyć decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach.

4. W przypadku gdy działania, o których mowa w ust. 1, wykraczają poza obszar jednego województwa, zgłoszenia dokonuje się regionalnemu dyrektorowi ochrony środowiska, na którego obszarze właściwości znajduje się największa część terenu, na którym mają być prowadzone te działania.

5. Zgłoszenia należy dokonać przed uzyskaniem pozwolenia na budowę, pozwolenia wodnoprawnego lub pozwolenia na realizację inwestycji w zakresie budowli przeciwpowodziowych, a jeżeli te pozwolenia nie są wymagane – przed rozpoczęciem działań, o których mowa w ust. 1.

6. Do prowadzenia działań, o których mowa w ust. 1, można przystąpić:

1) jeżeli w terminie 30 dni od dnia doręczenia zgłoszenia regionalny dyrektor ochrony środowiska nie wniesie, w drodze decyzji, sprzeciwu;

2) nie później niż po upływie 2 lat od określonego w zgłoszeniu terminu ich rozpoczęcia.

7. Regionalny dyrektor ochrony środowiska wnosi sprzeciw, jeżeli:

1) zgłoszenie dotyczy działań objętych obowiązkiem uzyskania decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, a ta decyzja nie została wydana;

2) prowadzenie działań objętych zgłoszeniem narusza przepisy dotyczące form ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1–5 i 7–9, lub obrębów ochronnych wyznaczonych na podstawie ustawy z dnia 18 kwietnia 1985 r. o rybactwie śródlądowym.

8. W decyzji, o której mowa w ust. 6 pkt 1, regionalny dyrektor ochrony środowiska może nałożyć obowiązek uzyskania decyzji o warunkach prowadzenia działań, jeżeli prowadzenie działań, o których mowa w ust. 1, może:

1) naruszać przepisy dotyczące form ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1–5 i 7–9, lub obrębów ochronnych wyznaczonych na podstawie ustawy z dnia 18 kwietnia 1985 r. o rybactwie śródlądowym;

2) spowodować pogorszenie stanu środowiska, a w szczególności może znacząco negatywnie oddziaływać na cele ochrony obszarów chronionych, naruszać zakazy w nich obowiązujące, lub znacząco negatywnie oddziaływać na siedliska przyrodnicze, chronione gatunki roślin, zwierząt lub grzybów, lub ich siedliska.

9. Jeżeli prowadzenie działań, o których mowa w ust. 1, może znacząco oddziaływać na obszar Natura 2000, regionalny dyrektor ochrony środowiska, wydając decyzję, o której mowa w ust. 6 pkt 1, w której nałożył obowiązek uzyskania decyzji o warunkach prowadzenia działań, stwierdza obowiązek przeprowadzenia oceny oddziaływania przedsięwzięcia na obszar Natura 2000 oraz nakłada obowiązek przedłożenia raportu o oddziaływaniu przedsięwzięcia na obszar Natura 2000. Przepisy art. 97 ust. 3 i 4 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko stosuje się odpowiednio.

Art. 118a.

1. Wydanie decyzji o warunkach prowadzenia działań, jeżeli obowiązek uzyskania tej decyzji nałożono na podstawie art. 118 ust. 8, następuje przed uzyskaniem pozwolenia na budowę, pozwolenia wodnoprawnego lub pozwolenia na realizację inwestycji w zakresie budowli przeciwpowodziowych, a jeżeli pozwolenia te nie są wymagane – przed rozpoczęciem prowadzenia działań, o których mowa w art. 118 ust. 1.

2. Wniosek o wydanie decyzji o warunkach prowadzenia działań zawiera w szczególności:

- 1) miejsce prowadzenia działań;
- 2) rodzaj, zakres oraz sposób prowadzenia działań;
- 3) termin prowadzenia działań;
- 4) propozycję warunków prowadzenia działań;
- 5) uzasadnienie prowadzenia działań;
- 6) w przypadku prowadzenia działań w obwodzie rybackim – wskazanie użytkownika tego obwodu.

3. Jeżeli zakres działań, o których mowa w art. 118 ust. 1, obejmuje czynności podlegające zakazom określonym w art. 51 ust. 1 lub art. 52 ust. 1, wniosek zawiera także informacje określone w art. 56 ust. 6.

4. Do wniosku dołącza się:

1) poświadczoną przez właściwy organ kopię mapy ewidencyjnej oraz wypis z rejestru gruntów obejmujące przewidywany teren, na którym prowadzone będą działania, o których mowa w art. 118 ust. 1;

2) w przypadku działań, o których mowa w art. 118 ust. 1 pkt 2 – mapę zawierającą informacje z ewidencji melioracji wodnych, o której mowa w art. 196 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne;

3) w przypadku, o którym mowa w art. 118 ust. 9 – raport o oddziaływaniu przedsięwzięcia na obszar Natura 2000.

5. W decyzji o warunkach prowadzenia działań określa się:

- 1) miejsce prowadzenia działań;
- 2) rodzaj, zakres oraz sposób prowadzenia działań;
- 3) warunki prowadzenia działań, wynikające z konieczności ochrony cennych wartości przyrodniczych, a także zapobiegania lub ograniczania oddziaływania planowanych działań na środowisko przyrodnicze;
- 4) termin prowadzenia działań.

6. Jeżeli wnioskowany zakres lub sposób prowadzenia działań, o których mowa w art. 118 ust. 1, powodowałby znaczące negatywne oddziaływanie na cele ochrony obszarów chronionych, siedliska przyrodnicze, chronione gatunki roślin, zwierząt lub grzybów, lub ich siedliska, którego nie można wyeliminować lub istotnie ograniczyć przez określenie warunków ich prowadzenia, regionalny dyrektor ochrony środowiska może, za zgodą wnioskodawcy, określić inny od wnioskowanego zakres lub sposób prowadzenia tych działań. W przypadku braku zgody wnioskodawcy regionalny dyrektor ochrony środowiska odmawia wydania decyzji o warunkach prowadzenia działań.

7. Jeżeli stwierdzono obowiązek przeprowadzenia oceny oddziaływania przedsięwzięcia na obszar Natura 2000, regionalny dyrektor ochrony środowiska przeprowadza taką ocenę przed wydaniem decyzji o warunkach prowadzenia działań. Przepisy działu V

rozdziału 5 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko stosuje się odpowiednio.

8. Decyzja o warunkach prowadzenia działań zastępująca zezwolenie, o którym mowa w art. 56 ust. 1, wymaga uzgodnienia z Generalnym Dyrektorem Ochrony Środowiska. Do uzgodnienia nie stosuje się przepisów art. 106 § 3, 5 i 6 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. – Kodeks postępowania administracyjnego.

9. Decyzja o warunkach prowadzenia działań zastępująca zezwolenie, o którym mowa w art. 56 ust. 2b, wymaga uzgodnienia z ministrem właściwym do spraw środowiska. Do uzgodnienia nie stosuje się przepisów art. 106 § 3, 5 i 6 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. – Kodeks postępowania administracyjnego.

10. Stroną postępowania w sprawie o wydanie decyzji o warunkach prowadzenia działań jest wnioskodawca, właściciel wody, użytkownik obwodu rybackiego i właściciele nieruchomości objętych działaniami, o których mowa w art. 118 ust. 1.

11. Jeżeli liczba stron postępowania o wydanie decyzji o warunkach prowadzenia działań przekracza 20, stosuje się przepis art. 49 ustawy z dnia 14 czerwca 1960 r. – Kodeks postępowania administracyjnego.

12. Decyzję o warunkach prowadzenia działań wydaje regionalny dyrektor ochrony środowiska.

13. W przypadku działań, o których mowa w art. 118 ust. 1, wykraczających poza obszar jednego województwa decyzję o warunkach prowadzenia działań wydaje regionalny dyrektor ochrony środowiska, na którego obszarze właściwości znajduje się największa część terenu, na którym mają być prowadzone te działania, w porozumieniu z właściwymi regionalnymi dyrektorami ochrony środowiska.

Art. 118b.

Przepisów art. 118 i art. 118a nie stosuje się do:

1) działań przewidzianych do realizacji w ramach przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko, dla których przeprowadzono ocenę oddziaływania przedsięwzięcia na środowisko, w trakcie której uzgodniono realizację przedsięwzięcia z regionalnym dyrektorem ochrony środowiska;

2) rozbiórki i modyfikacji tam bobrowych oraz zasypywania nor bobrów, prowadzonych zgodnie z zezwoleniem, wydanym na podstawie art. 56 ust. 1, 2 lub 2b, lub zarządzeniem, wydanym na podstawie art. 56a;

3) (uchylony)

4) działań, o których mowa w art. 227 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – Prawo wodne, obejmujących:

a) wykaszanie roślin z dna oraz brzegów śródlądowych wód powierzchniowych w terminie od dnia 15 sierpnia do końca lutego,

b) usuwanie roślin pływających i korzeniących się w dnie śródlądowych wód powierzchniowych w terminie od dnia 15 sierpnia do końca lutego, poza obszarami Natura 2000, w których przedmiotem ochrony jest siedlisko przyrodnicze nizinne i podgórskie rzeki ze zbiorowiskami włosieniczników (*Ranunculion fluitantis*), o którym mowa w przepisach wydanych na podstawie art. 26,

c) usuwanie drzew, których obwód pnia nie przekracza wielkości, o której mowa w art. 83f ust. 1 pkt 3, i krzewów, których wiek nie przekracza 10 lat, porastających dno oraz brzegi śródlądowych wód powierzchniowych,

d) zasypywanie wyrw w brzegach i dnie śródlądowych wód powierzchniowych oraz ich zabudowę biologiczną, realizowane w terminie do 2 lat od momentu ich powstania,

e) udrażnianie śródlądowych wód powierzchniowych przez usuwanie zatorów utrudniających swobodny przepływ wód,

f) remont lub konserwację stanowiących własność właściciela wody budowli regulacyjnych oraz ubezpieczeń w obrębie tych budowli lub urządzeń wodnych.

- Ustawa z dnia 8 marca 2016 r. **Prawo budowlane** (Dz. U. z 2018 r., poz. 1202, 1276, 1496, 1669).

Art. 29.

1. Pozwolenia na budowę nie wymaga budowa:

11b) przepustów o średnicy do 100 cm;

14) obiektów budowlanych piętrzących wodę i upustowych o wysokości piętrzenia poniżej 1 m poza rzekami żeglownymi oraz poza obszarem parków narodowych, rezerwatów przyrody i parków krajobrazowych oraz ich otulin.

2. Pozwolenia na budowę nie wymaga wykonywanie robót budowlanych polegających na:

9) wykonywaniu i przebudowie urządzeń melioracji wodnych szczegółowych;

10) wykonywaniu obudowy ujęć wód podziemnych;

3. Pozwolenia na budowę wymagają przedsięwzięcia, które wymagają przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko, oraz przedsięwzięcia wymagające przeprowadzenia oceny oddziaływania na obszar Natura 2000, zgodnie z art. 59 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko.

- Ustawa z dnia 3 października 2008 r. **o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko** (Dz. U. z 2013 r., poz. 1235 z późn. zm.).

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. **w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko** (Dz.U. z 2010 r. nr 213, poz. 1397; ze zmianami 2013).

§2.1 Do przedsięwzięć mogących zawsze znacząco oddziaływać na środowisko zalicza się następujące rodzaje przedsięwzięć:

35) zapory lub inne urządzenia przeznaczone do zatrzymania i stałego retencjonowania (gromadzenia) nie mniej niż 10 mln m³ nowej lub dodatkowej masy wody;

36) budowle piętrzące wodę o wysokości piętrzenia nie mniejszej niż 5 m;

§3.1. Do przedsięwzięć mogących potencjalnie znacząco oddziaływać na środowisko zalicza się następujące rodzaje przedsięwzięć:

60) budowle piętrzące wodę inne niż wymienione w §2 ust.1 pkt 35 i 36:

a) na obszarach objętych formami ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1-5,8 i 9 ustawy z dnia 9 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, lub w otulinach form ochrony przyrody, o których mowa w art. 6 ust. 1 pkt 1-3 tej ustawy, z wyłączeniem budowli piętrzących wodę na wysokość mniejszą niż 1 m realizowanych na podstawie planu ochrony, planu zadań ochronnych lub zadań ochronnych ustanowionych dla formy ochrony przyrody,

b) jeżeli piętrzenie dotyczy cieków naturalnych, na których nie istnieją budowle piętrzące wodę,

c) jeżeli w promieniu mniejszym niż 5 km na tym cieku lub cieku z nim połączonym znajduje się inna budowla piętrząca wodę,

d) na wysokość nie mniejszą niż 1 m.

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie **śródlądowych wód powierzchniowych lub części stanowiących własność publiczną** (Dz. U. z 2003 r. Nr 16, poz. 149).
- Obwieszczenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 16 lipca 2014 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie sposobu prowadzenia ewidencji wód, urządzeń melioracji wodnych oraz zmeliorowanych gruntów (Dz. U. z 2014 r., poz. 1403).

Zarządzanie wodami

Główne ciekі wodne płynące przez teren Nadleśnictw: Białowieża, Browsk i Hajnówka oraz Białowieskiego Parku Narodowego stanowią własność Skarbu Państwa. Zarządzane są one przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie. Na podstawie przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – **Prawo wodne** (Dz. U. poz. 1566 i 2180), Art. 13 ustalono, że omawiany obszar należy do dorzecza Wisły.

Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie jest od 1 stycznia 2018 roku głównym podmiotem odpowiedzialnym za krajową gospodarkę wodną. Działa ono na podstawie przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. – **Prawo wodne** (Dz. U. 2018 poz. 2268), oraz statutu nadanego w ramach Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 28 grudnia 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 2506).

Na podstawie art. 9 pkt 14 ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o **finansach publicznych** (Dz.U. z 2016 r. poz. 1870, z późn. zm.) Wody Polskie są państwową osobą prawną, w skład której wchodzi następujące jednostki organizacyjne ważne dla omawianego obszaru (ryc.5.1):

- Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej z siedzibą w Warszawie;
- regionalne zarządy gospodarki wodnej z siedzibami w Białymstoku i Lublinie;
- zarządy zlewni (Białystok, Sokołów Podlaski);
- nadzory wodne (Bielsk Podlaski, Siemiatycze).

Wody Polskie prowadzą działania z zakresu ochrony przed powodzią i suszą oraz ochrony jakości naszych zasobów wodnych, wykonują prawa właścicielskie w stosunku do wód publicznych, które są własnością Skarbu Państwa, naliczają i pobierają opłaty za usługi wodne, wydają decyzje administracyjne (zgody wodnoprawne). Wody Polskie pełnią też

funkcję organu regulacyjnego w celu ochrony mieszkańców przed nieuzasadnionymi podwyżkami cen usług wodociągowo-kanalizacyjnych.

Aktualne programy i projekty krajowe związane z zarządzaniem zasobami wodnymi

- **Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły**

Dorzecze jest to obszar, z którego całkowity odpływ wód powierzchniowych następuje ciekami naturalnymi przez jedno ujście do morza. Natomiast przez pojęcie obszar dorzecza rozumie się obszar lądu i morza, składający się z jednego lub wielu sąsiadujących ze sobą dorzeczy wraz ze związanymi z nimi wodami podziemnymi oraz morskimi wodami wewnętrznymi i wodami przybrzeżnymi, będący główną jednostką przestrzenną w gospodarowaniu wodami. Nadleśnictwa Puszczy Białowieskiej oraz Białowieski Park Narodowy należą do obszaru dorzecza Wisły, który posiada opracowany dokument „Plan gospodarowania wodami na obszarze dorzecza Wisły” (Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 października 2016 r.)

Plany Gospodarowania Wodami mają wpływ nie tylko na kształtowanie gospodarki wodnej, ale także na inne sektory gospodarki w tym: leśnictwo, rolnictwo, rybołówstwo, turystyka. Wprowadza się specjalne zasady monitorowania obszarów Natura 2000 dla ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych (podmokłe i torfowiska). Z uwagi na brak izolacji od powierzchni zanieczyszczenia w tych obszarach przenikają do wód podziemnych bardzo szybko. W oparciu o artykuł 4 Ramowej Dyrektywy Wodnej dla spełnienia wymogu nie pogarszania stanu części wód będących w co najmniej dobrym stanie chemicznym i ilościowym wprowadza się cel środowiskowy utrzymanie tego stanu. Ponadto dla wód podziemnych wprowadza się wymogi: zapobieganie dopływowi lub ograniczenie dopływu zanieczyszczeń, zapewnienie równowagi pomiędzy poborem, a zasilaniem wód podziemnych. Dopuszcza się odstępstwa w realizacji celów środowiskowych w sytuacji inwestycji, które stanowią nadrzędny interes społeczny oraz korzyści dla środowiska naturalnego i społeczeństwa np. inwestycje z zakresu poprawy i rozwijania infrastruktury związanej z dostosowywaniem i rozwojem rolnictwa i leśnictwa.

Zgodnie z ustawą z dnia 17 lipca 2017 r. – Prawo wodne (Dz. U. z 2018 r. poz.2268 – tekst jednolity) ustalenia planów gospodarowania wodami, oraz planów zarządzania ryzykiem powodziowym i planów przeciwdziałania skutkom suszy, plany utrzymania wód, uwzględnia się w koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju, strategii rozwoju województwa, planach zagospodarowania przestrzennego województwa, ramowym studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego związku metropolitalnego, studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy oraz w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego.

- **Strategia Ochrony Obszarów Wodno-Błotnych w Polsce**

Obszary wodno-błotne stanowią jedno z największych źródeł wód słodkich dla przyrody ożywionej, a jednocześnie są ekosystemami zagrożonymi. Strategia oparta jest na konwencji Ramsarskiej z 1975 roku, która ma charakter międzynarodowej współpracy w zakresie ochrony i utrzymania obszarów określanych jako „wodno-błotne”. Cele nadrzędne strategii to powszechna ochrona środowisk wodno-błotnych na drodze: zapewnienia ciągłości istnienia i naturalnego charakteru środowisk zachowanych dotychczas obszarów wodno-błotnych oraz pełnionych przez nie funkcji ekologicznych, zatrzymanie procesów degradacji i zanikania środowisk wodno-błotnych, restytucji przyrodniczej obszarów już zdegradowanych. Utrzymanie priorytetowych obszarów wymagających ochrony, rozwój metod czynnej ochrony obszarów wodno-błotnych.

- **Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko**

W ramach programu przewidziano do realizacji zadania w ramach tzw. Małej Retencji Lasów Państwowych tj. zwiększenie możliwości retencyjnych ekosystemów leśnych oraz przeciwdziałanie przyczynom suszy w ekosystemach leśnych na terenach nizinnych. Nadleśnictwa Puszczy Białowieskiej czynnie, choć w ograniczonym zakresie uczestniczyły w realizacji Programu w ramach kilku projektów, które zostały omówione w dalszej części dokumentu.

- **Projekt Polityki Wodnej państwa do roku 2030**

Polityka wodna państwa do roku 2030 określa podstawowe kierunki i zasady działania umożliwiające realizację idei trwałego i zrównoważonego rozwoju w gospodarowaniu zasobami wodnymi w Polsce. Cel ten ma być osiągnięty przez zbudowanie sprawnie działającego systemu, który wykorzystując mechanizmy prawne oraz instrumenty ekonomiczne, będzie zapewniał osiągnięcie i utrzymanie dobrego stanu wód, a w szczególności ekosystemów wodnych i od wody zależnych, pozwalał na zaspokojenie uzasadnionych potrzeb wodnych, zwiększał bezpieczeństwo powodziowe kraju i chronił przed skutkami suszy. Cele polityki wodnej to m.in.: osiągnięcie i utrzymanie dobrego stanu i potencjału wód oraz związanych z nimi ekosystemów, ograniczenie negatywnych skutków powodzi i suszy.

- **Inne projekty i dokumenty**

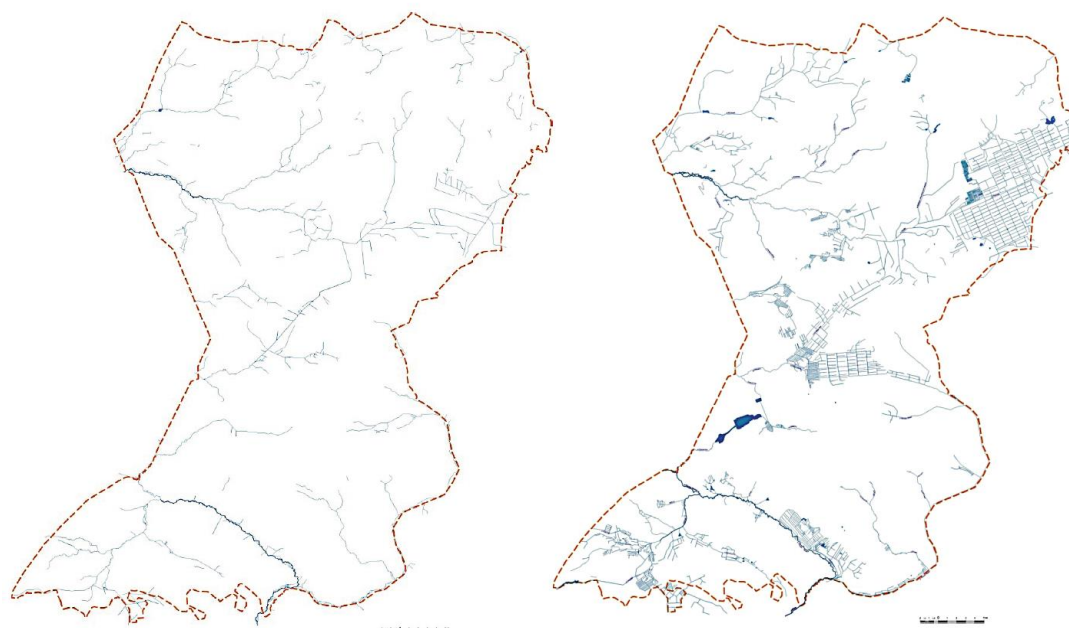
W obszarze analizy były i są planowane oraz obecnie są realizowane różne inicjatywy mające pośredni bądź bezpośredni wpływ na zasoby wodne obszaru. Kluczowym spośród nich jest **kompleksowy projekt renaturyzacji mokradeł Puszczy Białowieskiej po białoruskiej stronie granicy państwa (BLR)** wzorowany na działaniach Polskiego Towarzystwa Ochrony Ptaków (PTOP) oraz Lasów Państwowych (lata 2005-2008) po polskiej stronie granicy. Z powodu obiektywnych okoliczności niemożliwe jest uzyskanie szczegółowych informacji na temat działań zrealizowanych i planowanych w BLR, poza kilkoma poniższymi:

- cel: renaturyzacja mokradeł jako kierunek priorytetowy Planu Zarządzania Parkiem „Bieławiejskaja Puszcza” (cyt.: „Odnowienie Planu Zarządzania Parkiem na lata 2022-2031, załącznik - priorytetowy plan renaturyzacji (w kontekście transgranicznym)”).

- obszar realizacji programu oraz obiekty działań przedstawia poniższa mapa:

1930's

2000's



Ryc. 2.1. Stopień przekształcenia hydrografii w zlewniach w latach 1930-2000 oraz granice obszaru planowanych działań po stronie BLR (źródło: W.Fenchuk za V.Kravchuk)

- przybliżony harmonogram i zasięg działań (cyt. z prezentacji):

- 2006 - Bagno Dzikaje.
- 2015 – Baruščyčy, Pljanta, kanał Salomienka.
- 2016 – Dzik Nikar (1142 ha).
- 2017 – Papjaliova (330 ha).
- 2019 – Bagno Dzikaje (330 ha).
- 2019 – Rzeka Salomienka (15 nowych meandrów na dł. 3,16 km).
- 2021 – Sieć kanałów Žarkauščyna (1237 ha).
- 2022 – Rzeka Naraŭka, Zubryca, Haliewa balota,

Wniosek: uzyskanie szczegółowych danych na temat powyższego programu jest decydujące dla znajomości jego wpływu na ważną część składników zasobów wodnych Puszczy Białowieskiej po polskiej stronie granicy (dopływy z rzek: Narew, Narewka i Hwoźna oraz odpływy rzeki Leśna Prawa i mniejszych cieków) a tym samym w całej Puszczy Białowieskiej jako transgranicznym Obiekcie Światowego Dziedzictwa UNESCO.

Bardzo ważnym dla kształtowania reżimu hydrologicznego Puszczy Białowieskiej wydaje się planowane przedsięwzięcie renaturyzacyjne opisane szeroko w dokumencie pn.: **„Propozycja działań renaturyzacyjnych w korycie rzeki Narewki na odcinku Białowieża (granica państwa)-Narewka oraz rzeki Łutowni”** autorstwa Zespołu pod kierownictwem profesora SGGW dr. hab. Mateusza Grygoruka na zlecenie Polskiego Towarzystwa Ochrony Ptaków. Na podstawie przeprowadzonych prac przygotowawczych (analiza dostępnych materiałów publikowanych oraz danych hydrologicznych), wykonanych pomiarów terenowych oraz prac kameralnych uwzględniających modelowanie hydrologiczne, przedstawiono w nim potrzeby renaturyzacji badanych rzek oraz propozycje działań technicznych, utrzymaniowych i pielęgnacyjnych mogących znaleźć zastosowanie w poprawie stanu ekologicznego rz. Narewki i rz. Łutowni. W ramach planowanych prac renaturyzacyjnych zaplanowano budowę bystrotoków, przywrócenie połączeń wybranych meandrów oraz inne działania (m.in. odtworzenie stref buforowych oraz remeandryzację koryta rz. Łutowni). Analiza oddziaływania planowanych prac na warunki hydrologiczne obszarów przyległych wskazała, że wprowadzenie działań ograniczy negatywne konsekwencje suszy hydrologicznej poprzez podniesienie najniższych stanów wód powierzchniowych i podziemnych. Stwierdzono, że oddziaływanie renaturyzacji nie wpłynie znacząco na przedmioty ochrony Białowieskiego Parku Narodowego i wydatnie poprawi sytuację hydrologiczną w zasięgu oddziaływania projektu poprzez podniesienie najniższych stanów wody o 0,2-0,5 m. Stwierdzono również, że oddziaływanie proponowanych działań renaturyzacyjnych na warunki hydrologiczne zarówno analizowanych rzek jak i obszarów przyległych będzie największe w warunkach ekstremalnie niskich stanów wody i będzie malało wraz ze wzrostem stanów wody i przepływów. Oszacowano, że przeprowadzenie renaturyzacji spowoduje zwiększenie retencji zlewni Narewki przynajmniej o ok. 80-150 tys. m³, a przeprowadzenie renaturyzacji pozwoli na ograniczenie ryzyka suszy w zlewniach Narewki i Łutowni.

Kolejnym ważnym przedsięwzięciem zrealizowanym przez PTOP oraz Lasy Państwowe, na którym również wzorowali się autorzy projektu renaturyzacji mokradeł po białoruskiej stronie granicy, jest projekt **„Ochrona wybranych gatunków ptaków strefowych na 4 obszarach Natura 2000 w północno-wschodniej Polsce”**. Zakładał on szereg działań związanych z obiegiem wody m.in. „budowę oczek wodnych oraz zastawek, jako miejsca rozrodu płazów dla zwiększenia zasobności żerowisk orlika krzykliwego” (Nr.: POIS.02.04.00-00-0032/16). Projekt był współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności w ramach działania 2.4. Ochrona przyrody i edukacja ekologiczna, oś priorytetowa II: Ochrona środowiska, w tym adaptacja do zmian klimatu Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020. Choć sam projekt nie odnosił się bezpośrednio do działań w kierunku ochrony zasobów wodnych, to część działań dotyczyła ich pośrednio.

Z punktu widzenia planowania i realizacji działań interesujące są ustalenia zawarte w dokumencie **„Wdrażanie małej retencji w Puszczy Białowieskiej w świetle zapisów planu zadań ochronnych Natura 2000 dla obszaru Puszcza Białowieska PLB200004 oraz przegląd istniejących urządzeń piętrzących”** wykonanym przez Fundację Dzika Polska w 2019 r. Cyt.” Celem prac przedstawionych w raporcie było sprawdzenie stanu zaawansowania realizacji małej retencji ujętej w PZO, przegląd wybranych obiektów retencyjnych znajdujących się w obrębie Puszczy Białowieskiej, ocena ich funkcjonalności oraz

udokumentowanie funkcjonowania rowów odwadniających”. Opracowanie koncentruje się na krytycznej ocenie zrealizowanych (bądź niezrealizowanych) zadań z zakresu tzw. małej retencji. Ustalenia i rekomendacje zawarte w dokumencie:

„W okresie obowiązywania Planu Zadań Ochronnych na terenie Puszczy nie zbudowano żadnych obiektów, których celem jest retencja wody na ciekach kompleksu, w obrębie obszaru leśnego.

Połowa sprawdzonych bystrotoków znajduje się w niewłaściwym stanie, wynikającym głównie z braku konserwacji i napraw, przez co urządzenia piętrzące nie spełniają swojej funkcji.

W Puszczy Białowieskiej działa wiele rowów odwadniających o łącznej powierzchni 33,65 ha. Wiele z nich jest zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie bystrotoków. Rowy utrudniają, a miejscowo zapobiegają retencji wody.

Niewłaściwy stan wielu bystrotoków oraz niedostateczna ich liczba, w połączeniu z działającymi rowami odwadniającymi, skutkuje szybkim odprowadzaniem wody, osuszaniem siedlisk, spadkiem poziomu wód gruntowych co pogłębia zagrożenia wobec poszczególnych przedmiotów ochrony, jakie zostały zdefiniowane w planie zadań ochronnych Natura 2000.

Niezbędne jest podjęcie możliwie szybkich prac mających na celu retencję wody na ciekach w Puszczy Białowieskiej – konserwacji istniejących bystrotoków, budowy nowych, zasypianie funkcjonujących rowów odwadniających”

Komentarz autorów niniejszego opracowania: choć inicjatywę „weryfikacji stanu urządzeń małej retencji” należy ocenić pozytywnie, to konkluzje zawarte w dokumencie mają charakter jednostronny i subiektywny. Warunkiem koniecznym takiej oceny powinna być waloryzacja urządzeń wodnych (rozumianych jako obiekty wpływające na zasoby wodne) dokonana systematycznie i w ujęciu całych zlewni elementarnych, pozostających pod ich wpływem. Dokument objął lustrację 24 urządzeń/obiektów, spośród kilku tysięcy stwierdzonych w ramach niniejszego opracowania. Część z elementów oceny zostało zinterpretowanych nieadekwatnie do ich rzeczywistej roli w obiegu wody a stan części urządzeń zaprojektowanych jako „nietrwałe” został oceniony jako zły, choć bystrotoki i blokady przepływu wykonane z naturalnych materiałów są nietrwałe z natury i zawsze mają charakter okresowy. Jednak ważnym stwierdzeniem dokumentu jest zauważona zmiana charakteru ich oddziaływania na przepływ w cieku, np. „opływanie bystrotoku przez wodę”. Ta cecha nie musi być oceniona jednoznacznie negatywnie, gdyż jedną z ról urządzeń blokujących przepływ może być meandryzacja cieku a tym samym wydłużenie jego biegu i zwiększenie obszaru oddziaływania (zwiększona retencja gruntowa jako efekt pozytywny) oraz wydłużenie granicy ekosystemów wodno-lądowych.

3. WSTĘP

Lasy liściaste i mieszane są najbardziej charakterystyczną formacją roślinną strefy umiarkowanej. Dlatego też duże kompleksy leśne o zachowanej ciągłości fitocenoz leśnych i względnie małym stopniu przekształcenia przez człowieka, będące pozostałościami dawnych rozległych puszczy Europy, często również dzisiaj umownie nazywane „puszczami”, są swoistymi archiwami naturalnych procesów kształtujących gleby i związane z nimi siedliska leśne oraz specyficzny, bardzo wrażliwy obieg wód (reżim hydrologiczny). Bez wątpienia właśnie takim obiektem, o wysokim potencjale przyrodniczym i renomie naukowej w świecie, jest Puszcza Białowieska. Nie oznacza to, że białowieskie lasy można bezkrytycznie nazwać naturalnymi lub pierwotnymi, ale w przypadku np. wielu płatów gleb leśnych czy siedlisk tego kompleksu odpowiedzialnie można stwierdzić, że kontynuują procesy glebotwórcze przez cały holocen, czyli od ustąpienia ostatniego zlodowacenia (ok. 10 000 lat). Często jednak ich obecne postaci wytworzyły się w warunkach plagioklimaksu, czyli w wyniku zmiany kierunku lub okresowego zatrzymania sukcesji leśnej przez człowieka. Pomimo naruszenia przy pomocy prostych narzędzi wierzchnich poziomów części gleb Puszczy przez pierwszych rolników, czego bardzo liczne ślady odkryto niedawno (Stereńczak 2020), można jej obszar uznać za **wzorzec leśnych procesów glebotwórczych i siedliskotwórczych** na niżej. W badaniach wielokrotnie potwierdzono, że czas jaki upłynął od intensywnego użytkowania takich gleb, liczony w setkach a nawet tysiącach lat, pozwolił im się w znacznym stopniu zregenerować. Biorąc pod uwagę wyniki prac badawczych zajmujących się historyczną porolnością gleb oraz uwzględniając przyjętą w Lasach Państwowych zasadę (IUL 2012) o zdejmowaniu z płatu siedliska cechy „porolności” po upływie dwóch generacji drzewostanu, możemy przyjąć, że z wyjątkiem utworów organicznych przekształcenia gleb istotne dla poniższego studium zacierają się po ok. dwóch wiekach. Podobnie ewentualne oddziaływania udokumentowanych prac ziemnych, mogących historycznie wpłynąć na obieg wód powierzchniowych oraz płytkich wód gruntowych (umownie nazwijmy je dawnymi pracami hydrotechnicznymi) można uznać za pomijalne po upływie ok. 200 lat. Założenie takie jest konieczne, ze względu na przyjętą metodykę opracowania opartą o precyzyjne, w większości instrumentalne dane typologiczne i teledetekcyjne oraz możliwość przeprowadzenia gruntownej analizy stanu siedlisk związanych z wodą i ich gleb w kontekście wcześniejszego użytkowania. Jest to o tyle istotne, że w kompleksie leśnym o silnym przekształceniu naturalnego obiegu wody, gdzie kluczowe jest szczegółowe zaplanowanie rozrządu wód, metodykę opracowania hydrologicznego należałoby oprzeć o metody analiz hydrologicznych z wykorzystaniem długookresowych danych pomiarowych nt. przepływów w głównych ciekach obszaru a obliczenia bilansu wodnego w zlewniach musiałyby uwzględniać wszystkie jego składowe, włącznie z wodami podziemnymi (pomiar dynamiki zwierciadła wód gruntowych w wielu lokalizacjach). Jednak w przypadku Puszczy Białowieskiej, ze względu na wyżej wymienione jej cechy a zwłaszcza wyjątkowe walory stosunkowo mało przekształconych, zależnych od wód i cennych siedlisk grądów niskich oraz murszowych, podjęto decyzję o zastąpieniu typowego bilansu zlewniowego **modelem bilansu wodnego gleb i siedlisk**. Metoda ta pozwala na estymację niedoborów i nadmiarów wody w profilu gleby konkretnego płatu siedliska oraz przewidywanie zagrożenia suszą, co jest kluczowe dla aktywnej stabilizacji jego warunków siedliskowych.

Tło i opracowania historyczne związane z celem dokumentu

Względnie dokładna dokumentacja kartograficzna z obszaru Puszczy Białowieskiej nie obejmuje okresu starszego, niż XVIII wiek. Nawet na bardzo szczegółowej mapie Puszczy Białowieskiej autorstwa Macieja Deutsch'a z 1744 roku – poza głównymi rzekami i mostami na nich - nie udokumentowano obiektów o wyraźnie hydrotechnicznym charakterze. Brakuje też na niej śladów regulacji cieków, bądź budowy rowów i kanałów na terenach rolniczych okalających Puszcę. Autorzy dokumentacji przedmelioracyjnej (Budzyński i Budzyński 1961) stwierdzają, iż studia historycznych map z lat 1632-1829 pozwalają na uznanie terenów Puszczy za „wielkie moczary” oraz, że „na kształtowanie się i wygląd współczesnych zbiorowisk leśnych Puszczy wywarł ogromny wpływ człowiek”. Jednak współczesne studia źródeł historycznych i badania glebowo-siedliskowe przeprowadzone w Puszczy Białowieskiej w latach 2018-19 przekonują o stosunkowo niskim i bardzo zróżnicowanym przestrzennie stopniu przekształcenia siedlisk i związanych z nimi gleb, zwłaszcza semihydrogenicznych i hydrogenicznych gleb organicznych (bagiennych i pobagiennych). Udokumentowane historyczne użytkowanie puszczańskich drzewostanów, które ówczasie musiało się wiązać z uruchomieniem i utrzymaniem wodnych dróg spławu drewna do Narwi; a docelowo do Wisły i portów bałtyckich; rozpoczęło się za czasów Antoniego Tyzenhousa w drugiej połowie XVIII w. W dawnych źródłach wspomina się o „rozbudowanym systemie dróg wodnych”, co dzisiaj jest trudne do oceny i analizy. Pewnym jest, że nie dysponowano wówczas ciężkim sprzętem technicznym do prostowania koryt rzeki kopania głębokich rowów odwadniających, a jedynymi pisanymi śladami prac typu hydrotechnicznego są opisy metod pozyskiwania rud darniowych, co wymagało okresowego odwodnienia ich złoża. Znane są również przekazy z pracy oryli (narwiańskich i biebrzańskich flisaków). W nich częste są wzmianki o usuwaniu zatorów na rzekach i blokujących się na zakolach puszczańskich rzeczek tratwach (płotach), zbudowanych z długich, połączonych ze sobą kłód oraz prac ziemno-wodnych związanych z usuwaniem zatorów (zrywka konna) oraz łagodzeniem wąskich zakoli rzek (poszerzanie koryta, kopanie kanałów bocznych).

Dopiero zaborcze czasy carskiego panowania pozostawiły wyraźne ślady w składzie puszczańskich drzewostanów, jednak są one skutkiem preferowania łowiectwa a nie intensywnego użytkowania drzewostanów. Jednak warto wspomnieć, że na pierwszych zdjęciach z carskich polowań w Puszczy w XIX w. (archiwum NAC) udokumentowano głębokie rowy odwadniające korony dróg wybudowanych na nasypach. Choć ich wpływ na ogólne warunki gruntowo-wodne był prawdopodobnie zaniedbywalny, to jednak lokalnie na pewno stanowiły one okresową barierę dla powierzchniowego spływu wody. W latach 1890-1910 wzdłuż części linii podziału powierzchniowego usypano nasypy, w których zastosowano przepusty, ale nie zawsze o właściwych przekrojach i lokalizacji, co przyczyniło się to przerwania naturalnego spływu wód.

W polskiej części Puszczy Białowieskiej pierwszy znaczący ślad przekształceń powierzchni gruntu i sieci cieków związany jest z okresem I wojny światowej i gospodarką niemiecką, która wybudowała długie oraz wysokie nasypy dróg i kolejki leśnej do wywozu drewna. Zaprojektowano je na prostopadłym planie wcześniejszego podziału gospodarczego z I poł. XIX w., często bez uwzględnienia przebiegu lokalnych

wododziałów i drobnych cieków. Niemcy wyremontowali też wszystkie urządzenia wodne na rzekach (mosty, śluzy i jazy). Ten okres użytkowania puszczańskich zasobów pozostawił po sobie wieloaspektowy ślad w strukturze gatunkowej i wiekowej drzewostanów oraz obniżonym stanie siedlisk – zwłaszcza w oddziałach położonych wzdłuż torów kolejki oraz większych dróg wywozowych, co zostało udokumentowane w wielu źródłach historycznych i jest widoczne do dzisiaj, również w badaniach glebowo-siedliskowych. Wycięcie ok. 8 900 ha lasu, liczne zręby oraz posztuczne pozyskanie dorodnych drzew, głównie dębów i jesionów, co znacząco obniżyło przeciętną zasobność drzewostanów, musiało wpłynąć negatywnie również na część siedlisk związanych z wodą. Pewnym jest też, że już wówczas odwadniano niektóre obszary wilgotnych i bagiennych lasów w celu ich udostępnienia dla gospodarki.

Kolejną fazą intensywnego użytkowania drzewostanów był okres działalności brytyjskiej firmy Century (1924-29), której podobna do niemieckiej, rabunkowa gospodarka doprowadziła do zerwania umowy przez stronę polską. Ten etap dewastacji Puszczy został dokładnie udokumentowany podczas pierwszego w wolnej Polsce urządzenia Puszczy Białowieskiej (lata 1927-30), zakończonego rewizją w 1933 r. Niedługo po nim nastąpiła II wojna światowa i związana z nią gigantyczna wywózka drewna zorganizowana przez okupantów. Jej konsekwencje dla stanu Puszczy najlepiej oddaje dwukrotny spadek zasobności drzewostanów po wojnie. Znamienne jest również, że autorzy Ekspertyzy Przedmelioracyjnej (1961), którzy w swoich analizach opierali się głównie na wynikach rewizji urządzenia lasu zakończonej w 1948 r. (tzw. urządzenie definitywne) zauważają znaczący spadek udziału „bagien”, „lasów liściastych na bagnach” oraz „świerka na bagnie”. Przytaczają w swojej pracy wiele lokalnych przykładów zaniku hydrotopów. Znamienne jest również, że już wówczas (1951, 1953-54, 1957) odnotowano epizody całkowitego zaniku przepływu w rzekach tj.: Olszanka, Chwiszczę, Leśna, „Peredalna” (Przedzielna) i Braszcza. Zauważono zmniejszenie się areалу siedlisk bagiennych i wilgotnych w wielu oddziałach leśnych (spadek z ponad 50% udziału do poniżej 40%), podkreślając ich zmianę na „grąd wysoki”. Przypomina to dzisiejsze, stosunkowo powszechne w Puszczy zjawisko zniekształcenia i degradacji siedlisk w procesie tzw. grądowienia. Jednak na obecnym etapie trudno jest zastosować mierzalne skale oceny tych zjawisk, które pozwoliłyby na wnioskowanie co do ich rzeczywistych przyczyn. Wiadomym jest obecnie, że podobne procesy zachodzą współcześnie na skutek zaburzeń składowych siedliskotwórczych w wyniku kierunkowych zmian klimatu – jego ocieplania się, transformacji opadów zimowych i braku retencji pozimowej. W omawianym dokumencie często mówi się także o „zjawisku pogorszenia się stosunków wodnych w Puszczy” i „licznych zaniedbaniach w utrzymaniu infrastruktury, a zwłaszcza urządzeń wodnych tj.: rowów i przepustów”. W wielu miejscach autorzy piszą o „zamuleniu koryt cieków”, co trudno dzisiaj jednoznacznie interpretować, jest to bowiem zjawisko naturalne i typowe w polihumusowych ciekach leśnych, niosących duże ilości zawieszin. Należy też wspomnieć o częściowej melioracji bagna „Dziki Nikor” wykonanej do 1933 roku na powierzchni ok. 1300 ha. Choć dzisiaj obszar ten leży całkowicie poza granicami kraju, to wykonane w nim jednostronne melioracje osuszające, a później – zaniedbania w utrzymaniu reżimu hydrologicznego systemu melioracyjnego, mają do dzisiaj wpływ na dynamikę przepływu w Narewce, głównej puszczańskiej rzece. W bagnach tych ma ona

swoją strefę źródłiskową. Obecnie Republika Białorusi wykonuje prace renaturyzacyjne w bezpośredniej zlewni Narewki, jednak pomimo podjętych prób nie jest znany ich dokładny rozmiar (opis ogólny projektu zawarto powyżej). Istnieją też doniesienia o planach budowy po stronie białoruskiej zbiornika lub zbiorników zaporowych w górnym biegu Narwi. Brak jednak na ten temat precyzyjnych informacji. Trudno zatem przewidzieć w najbliższym okresie wpływ tych działań na dynamikę wód Narewki i innych cieków Puszczy Białowieskiej po polskiej stronie granicy. Godnym podkreślenia jest zauważenie już w latach 60. koincydencji pomiędzy „złym stanem warunków wodnych” a „zagrożeniem pożarowym” i gradacyjnymi pojawami owadów, co zasadniczo odpowiada również dzisiejszym obserwacjom. W wielu miejscach dokumentu mówi się też o niewykorzystaniu potencjału produkcyjnego siedlisk (drzewostany nieodpowiadające bonitacji siedliska), co odzwierciedla bardziej trendy polityczno-gospodarcze, niż fakty przyrodnicze. Był to wciąż okres odbudowy państwa po stratach wojennych a „uproduktywnienie nieużytków i bagien” było zjawiskiem powszechnym. Na skutek ustaleń z Konferencji w Ministerstwie Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego z dnia 27 stycznia 1958 r. konieczność podjęcia prac nad przygotowaniem kompleksowego i „perspektywicznego” planu zagospodarowania Puszczy wraz z regulacją stosunków wodnych podjęła Sejmowa Komisja Leśnictwa i Przemysłu Drzewnego a poparły ją stosowne dezyderaty Komitetu Nauk Leśnych PAN na posiedzeniu w Białowieży w tym samym roku. Efektem tych starań jest przywoływana ekspertyza opracowana przez Biuro Urządzania Lasu i Projektów Leśnictwa (BULiPL) w okresie 1958-61 r. w konsultacji z czołowymi naukowcami zajmującymi się sprawami ochrony przyrody i leśnictwa w Puszczy: prof. dr. J. J. Karpińskim, doc. dr. Z. Obmińskim i doc. dr. R. Pachlewskim. Ostatecznie sprawa oparła się o Marszałka Sejmu i zakończyła kontrolami NIK, zalecającymi cyt.:

- „- właściwe zlokalizowanie przepustów, zastosowanie systemu zastawek,
- wykonanie melioracji podstawowych (regulacja rzek Narewki i Leśnej) ...”

Część tych zaleceń zrealizowano, inne zaś pominięto. Do momentu opracowania ekspertyzy, według danych w niej zawartych w okresie powojennym wykonano niewielkie prace melioracyjne na odcinku poniżej 10 km rowów i na powierzchni ok. 200 ha łąk. Wydaje się, że są to wartości zaniżone. Rozmiar prac wykonanych po tym okresie jest jednak znacznie większy, a wyniki inwentaryzacji wykonanej w ramach niniejszego opracowaniu wykazały ponad 109 km samych rowów melioracyjnych w nadleśnictwach LP oraz w BPN. Wielkość ta jest prawdopodobnie również nieco zaniżona, gdyż część rowów wzdłuż nasypów dróg i kolejki, pełniących głównie rolę odwadniającą koronę drogi oraz częściowo również funkcje elementów systemu melioracji szczegółowych, klasyfikowano do oddzielnego typu (rowy techniczne). Podobnie ma się sytuacja z innymi urządzeniami wodnymi i z naturalną siecią puszczańskich cieków. Podobnie jak twórcy opracowania z 1961 r., również autorzy niniejszego studium zauważają kluczową rolę cieków prowadzących wody okresowo (cieki okresowe, epizodyczne), głównie podczas roztopów i w okresie wiosennych wyżówek. Rzadko mają one wyraźne koryto, a w okresie wegetacyjnym nie prowadzą wód, chyba że po opadach nawałnych lub długookresowych. Jednak ich rola ekosystemowa jest niedoceniona, gdyż są dominującą klasą cieków w polskiej części Puszczy Białowieskiej (ok. 880 km, 46%) pełniąc funkcje naturalnych

korytarzy transportowych wody, energii i biogenów a wzdłuż nich dokumentowane są najcenniejsze typy siedlisk łągów, grądów niskich i silnie świeżych. Dopełniając system hydrograficzny rzek i mniejszych cieków Puszczy Białowieskiej stanowią jej naturalny „krwiobieg”.

Wybrane opracowania naukowe

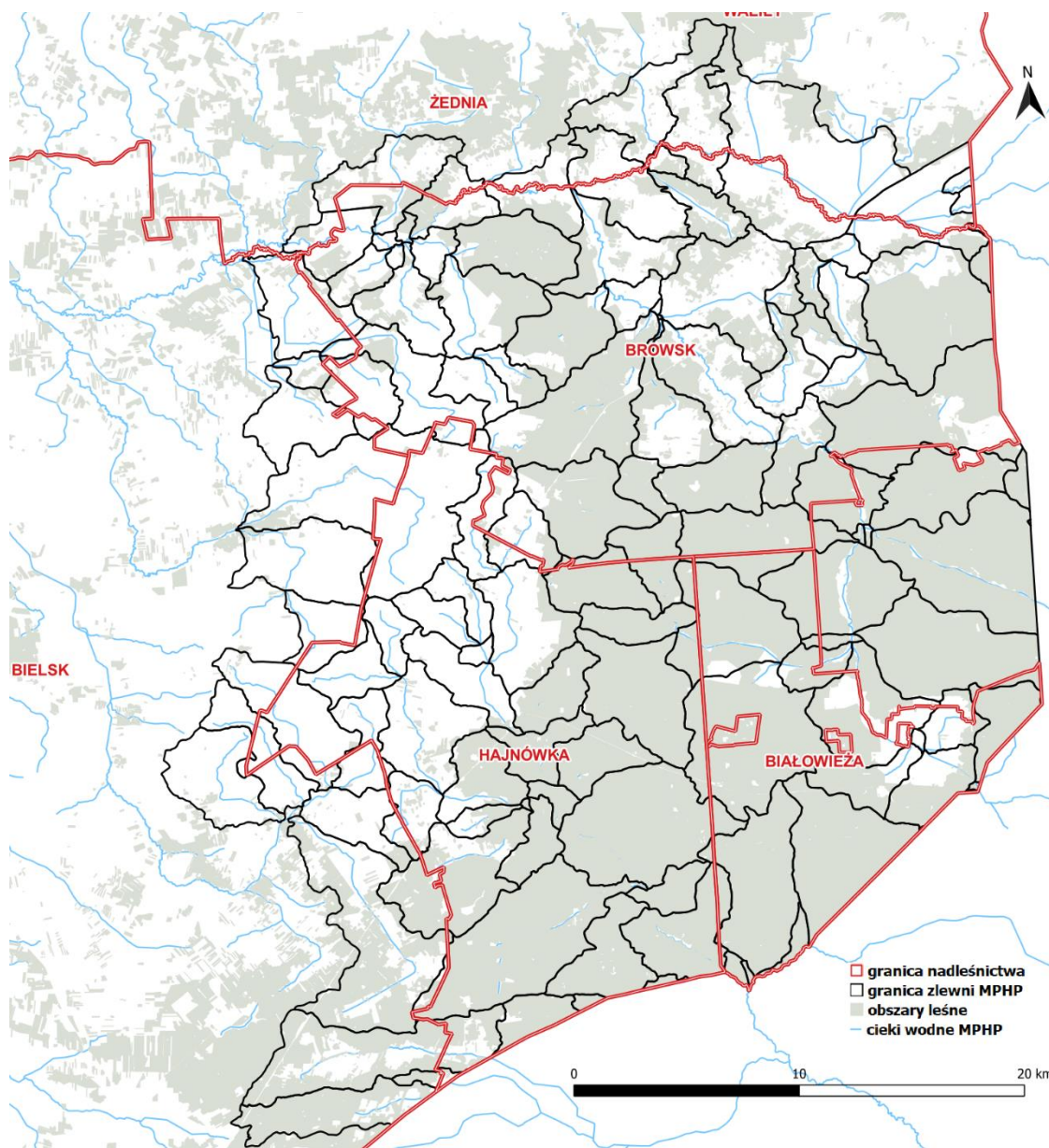
Spośród kilkudziesięciu tysięcy prac naukowych związanych z obszarem Puszczy stosunkowo niewiele ściśle dotyczy badań hydrologicznych. Najczęściej poddają one rozważaniom skomplikowane relacje ekosystemów z zasobami wodnymi i oparte są o metodyki typologiczne, znacząco pomagają jednak w ocenie kondycji zbiorowisk leśnych Puszczy w kontekście ich reżimu hydrologicznego i jego zaburzeń. Z tego względu autorzy niniejszego opracowania, w oparciu o znajomość analizowanych zagadnień i literatury przedmiotu, dokonali subiektywnego jej przeglądu nawiązując w wybranych miejscach dokumentu do wyników prac i dokonując stosownej cytacji. Największy wkład w instrumentalne badania hydrologiczne w Puszczy Białowieskiej ma zespół naukowców związanych z Instytutem Badawczym Leśnictwa: prof. dr hab. Edward Pierzgałski, dr hab. inż. Jan Tyszka, dr hab. inż. Andrzej Boczoń, dr inż. Janusz Czerepko, dr inż. Michał Wróbel i wielu innych badaczy. W zakresie teledetekcji środowiska Puszczy Białowieskiej, zwłaszcza w ostatnich latach, istotny wkład wniósł zespół dr. hab. Krzysztofa Stereńczaka w ramach projektu ForBioSensing. Najdłuższą rolę w kompleksowym poznaniu rozwoju i stanu ekosystemów leśnych Puszczy, a zwłaszcza jej hydrotopów mają wieloletnie prace gleboznawcze, fitosocjologiczne i taksacyjne białostockiego Oddziału Biura Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej. Do szczegółowych ustaleń i planowania działań wykorzystano wyniki kartowania gleb, siedlisk oraz zbiorowisk roślinnych i taksacji drzewostanów w wykonanych metodami polowymi oraz z zastosowaniem teledetekcji przez białostocki Oddział BULiGL w latach 2018-2021. Dokładność kartograficzna płatów siedlisk i gleb oraz ich wysoka zgodność terenowa pozwala na planowanie działań w odniesieniu do pojedynczych płatów bądź ich grup. Istotnym walorem tych prac było określenie stanu wszystkich wykartowanych płatów z uwzględnieniem wielu czynników w oparciu o autorską metodę oceny stanu dla głównych elementów siedliska: gleby, runa i drzewostanu.

W opracowaniu uwzględniono konieczność utrzymania ścisłej relacji z innymi dokumentami branżowymi w tym z Planem Ochrony Białowieskiego Parku Narodowego, Planami Ochrony Rezerwatów, Planami Zadań Ochronnych dla ostoi Natura 2000 oraz obecnymi i przyszłymi Planami Urządzenia Lasu Nadleśnictw LKP PB oraz dokumentacją dla Obiektu Światowego Dziedzictwa Puszcza Białowieska.

Uwzględniając powyższe stwierdzenia oraz ustalenia dokumentacji historycznej i wielu prac badawczych wykorzystanych w niniejszym opracowaniu - jako metodę planowania działań poprawiających dostępność wody w puszczańskich i sąsiadujących z nią ekosystemach a ostatecznie również podnoszących jej jakość, wybrano metodę bilansowania zasobów wodnych siedlisk i gleb. Przyjęto też generalną zasadę minimalnej ingerencji w ekosystemy i świadomej rezygnacji z działań mogących mieć potencjalnie negatywne oddziaływanie na środowisko, z wyłączeniem działań koniecznych, wynikających z przepisów prawa.

4. ZASIĘG PRZESTRZENNY OPRACOWANIA

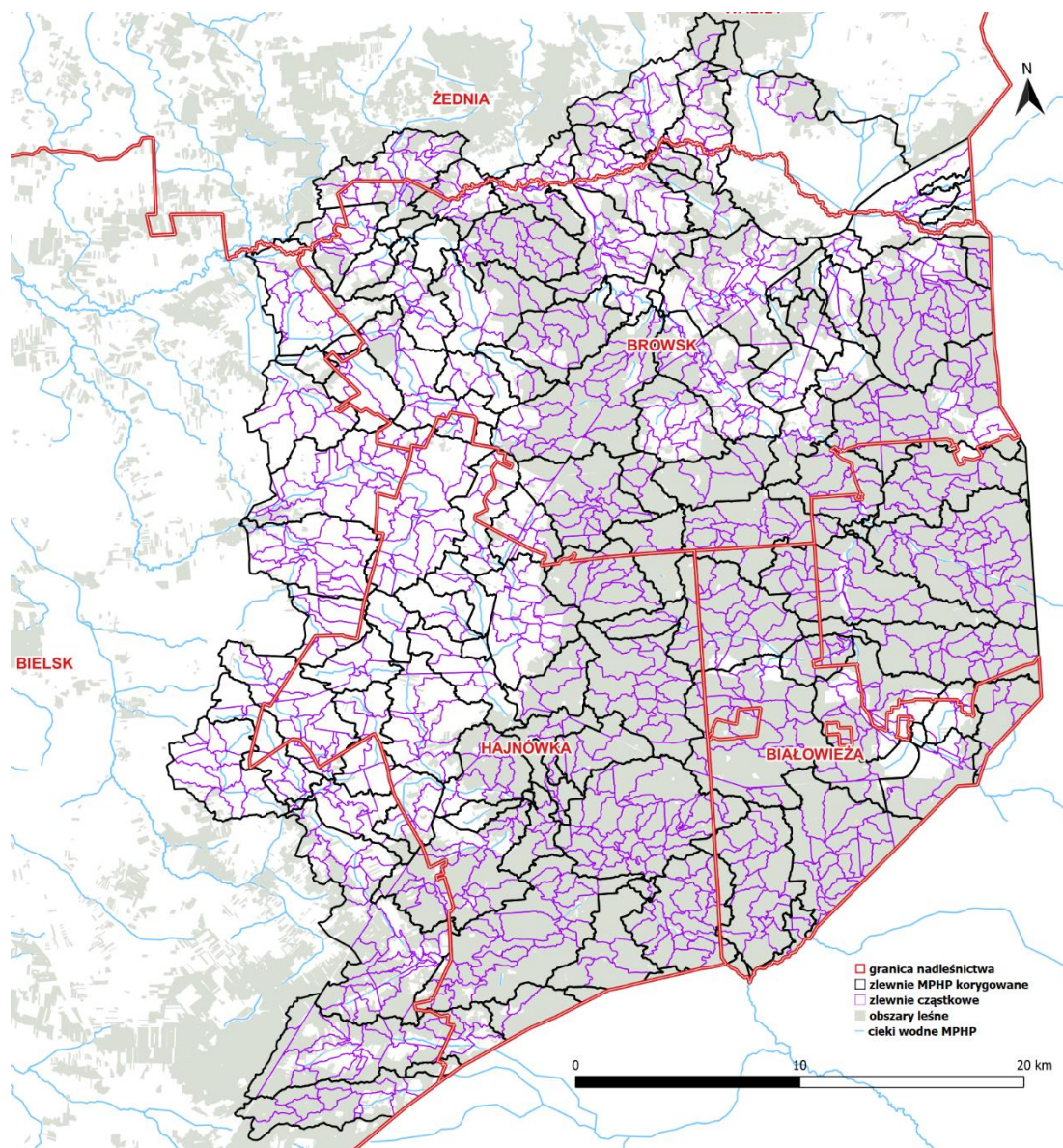
Zasięg przestrzenny opracowania hydrologicznego (AOI) obejmuje zlewnie wg podziału MPHP (od 5 do 11 rzędu) zlokalizowane na terenie Leśnego Kompleksu Promocyjnego Puszczy Białowieskiej (Nadleśnictwa Białowieża, Hajnówka, Białobok) oraz Białowieskiego Parku Narodowego (Ryc. 4.1).



Rys. 4.1. Zlewnie według MPHP ujęte w opracowaniu na tle podziału administracyjnego Lasów Państwowych (źródło: opracowanie własne).

W związku z tym, iż granice zlewni nie są tożsame z przebiegiem granic administracyjnych nadleśnictw i BPN przestrzenny zakres opracowania obejmuje również fragmenty zasięgu Nadleśnictwa Bielsk i Żednia. Punktem wyjścia do ustalenia zasięgu niniejszego opracowania były 122 zlewnie MPHP (Mapa Podziału Hydrograficznego Polski) o

łącznej powierzchni 1263,16 km². Granice zlewni MPHP skorygowano z wykorzystaniem numerycznych danych wysokościowych DTM (opis metodyczny korekty geometrycznej zawarto w rozdz. 6 opracowania) w rezultacie czego nieznacznie zwiększeniu uległa łączna powierzchnia opracowania: 1 268,95 km². Rycina 4.2 przedstawia podział zlewni MPHP na zlewnie cząstkowe.



Ryc. 4.2. Wynik korekty granic zlewni MPHP i delimitacji zlewni elementarnych w zasięgu opracowania (źródło: opracowanie własne).

5. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA REGIONU LKP PB

Leśny Kompleks Promocyjny „Puszcza Białowieska” położony jest w północno-wschodniej części Polski w masywie leśnym Puszczy Białowieskiej. Puszcza Białowieska (po stronie polskiej) leży między 23.41417 a 23.938786 długości geograficznej wschodniej oraz między 52.946639 i 52.574325 szerokości geograficznej północnej (PUWG 1992). Ze wschodu na zachód rozciąga się na długości ok. 23 km, z północy na południe na długości ok. 37 km. Puszcza Białowieska podzielona jest granicą państwową na dwie części.

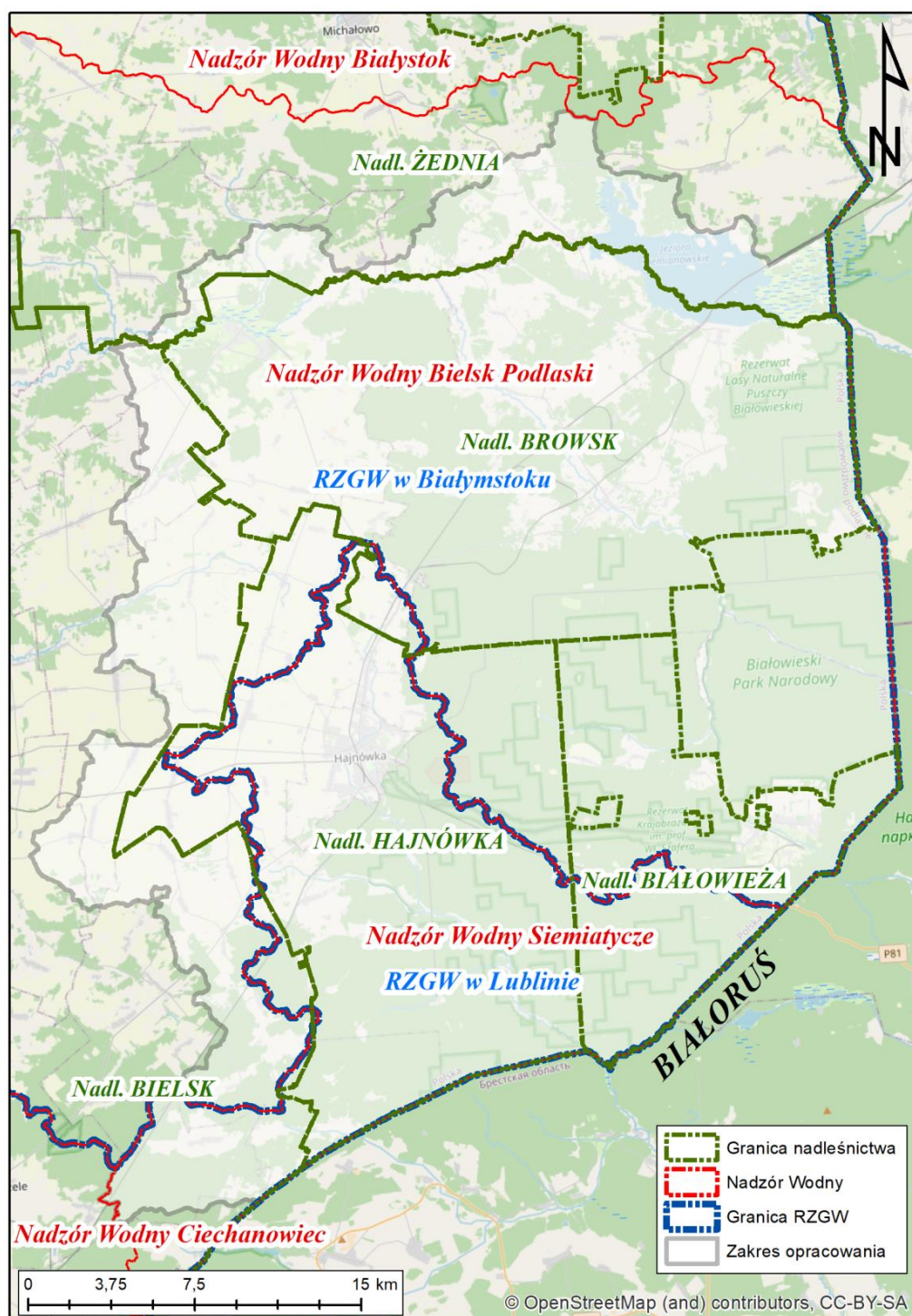
Administracyjnie opisywany obiekt położony jest w południowo-wschodniej części województwa podlaskiego w powiecie hajnowskim, w gminach: Białowieża, Dubicze Cerkiewne, Hajnówka, miasto Hajnówka, Narew i Narewka.

Powierzchnia gruntów LKP „Puszcza Białowieska” wynosi 52673,57 ha. Pod względem administracyjnym LKP PB dzieli się na 3 nadleśnictwa, 8 obrębów leśnych i 26 leśnictw. Ponadto w skład Puszczy Białowieskiej wchodzi Białowieski Park Narodowy. W 1996 roku obszar Parku Narodowego został powiększony o Obręb Ochronny „Hwoźna”, czyli grunty przejęte z Nadleśnictwa Białowieża i Browsk.

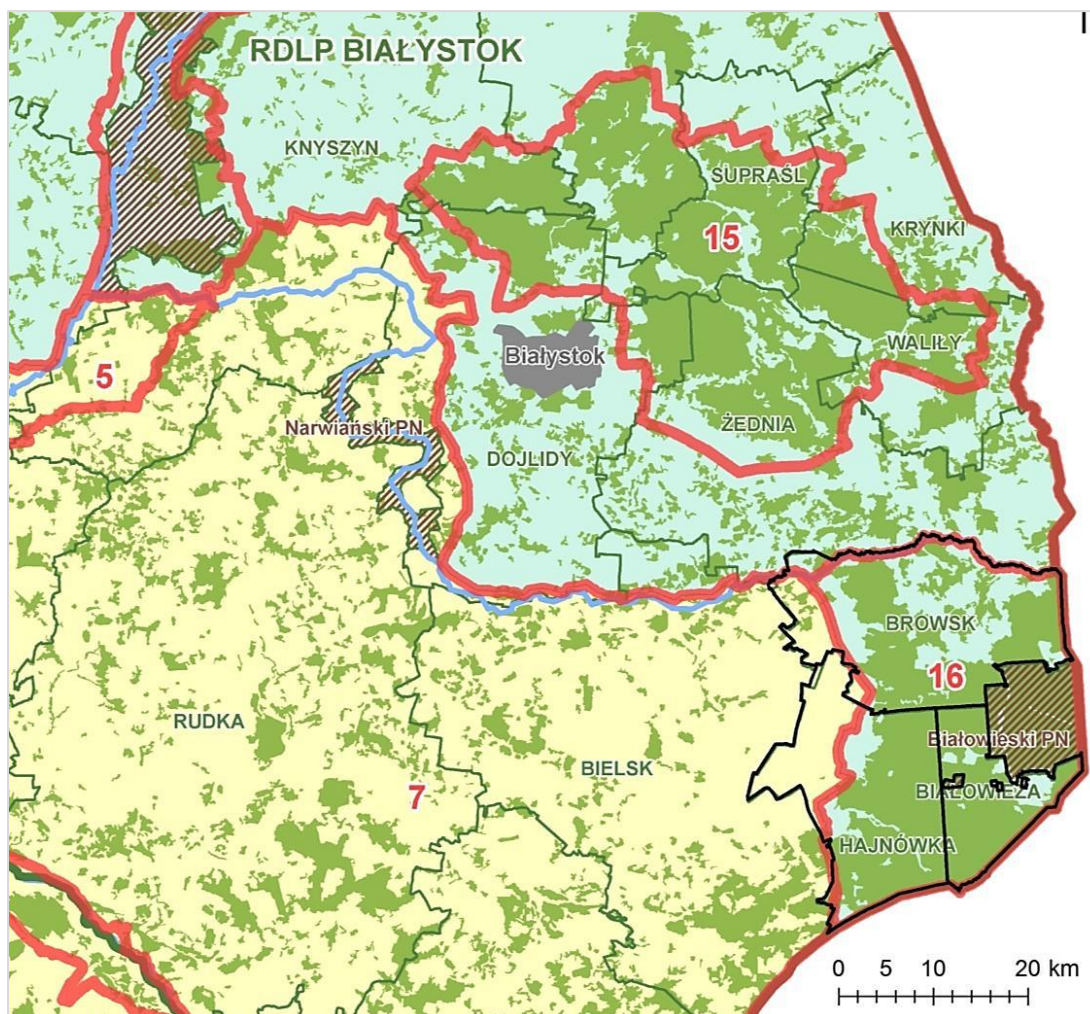
Powierzchnia nadleśnictw obejmuje również drobne kompleksy lasów niemających charakteru puszczańskiego, położone w oderwaniu od głównego kompleksu Puszczy. Są to najczęściej działki przyjęte z innych własności (prywatnych, dawnego Państwowego Funduszu Ziemi i Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa – obecnie Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa).

Od północy LKP „Puszcza Białowieska” graniczy z Nadleśnictwem Żednia, od wschodu i południa, wzdłuż granicy Państwa - z Białorusią, częścią granicy od południa z Białowieskim Parkiem Narodowym, a od zachodu z Nadleśnictwem Bielsk.

Obszar opracowania znajduje się w zasięgu dwóch nadzorów wodnych z siedzibą w Bielsku Podlaskim i Siemiatyczach, podporządkowanych Regionalnemu Zarządowi Gospodarki Wodnej w Białymstoku i Lublinie (Ryc. 5.1).



Ryc. 5.1. Przebieg granic RZGW i Nadzorów Wodnych w zasięgu opracowania (źródło: opracowanie własne).



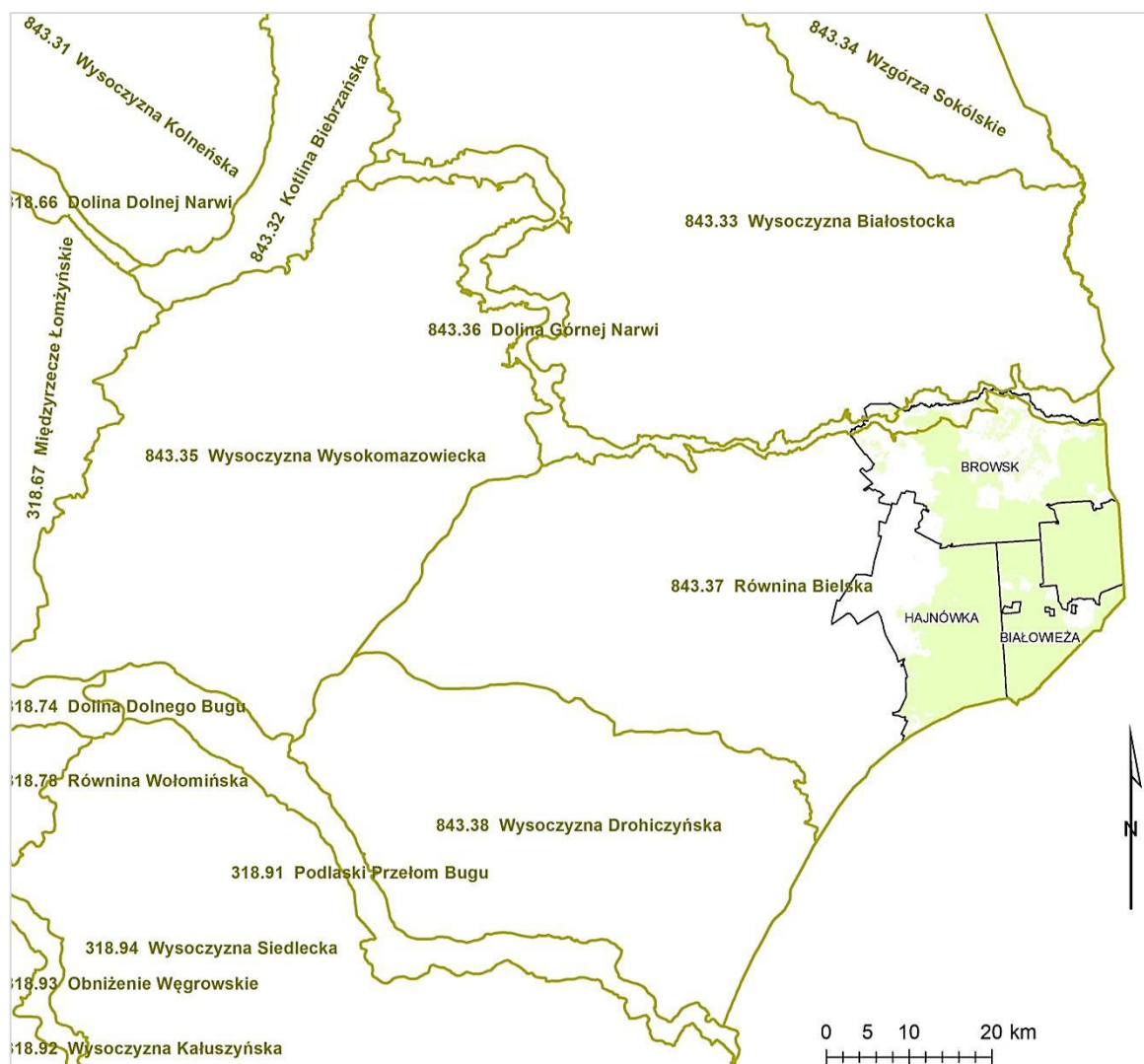
Ryc. 5.2. Położenie LKP „Puszcza Białowieska” na tle regionalizacji przyrodniczo-leśnej (źródło: opracowanie własne)

Zgodnie z regionalizacją przyrodniczo-leśną (Zielony, Kliczkowska 2012) Leśny Kompleks Promocyjny Puszcza Białowieska położony jest w jednostkach (Ryc. 5.2):

- Kraina Przyrodniczo-Leśna: Mazursko-Podlaska (II);
 - Mezuregion: Puszczy Białowieskiej (II.16);
 - Mezuregion: Wysoczyzny Białostockiej (II.14);
 - Mezuregion: Puszczy Knyszyńskiej (II.15);
- Kraina Przyrodniczo-Leśna: Mazowiecko-Podlaska (IV);
 - Mezuregion: Zambrowsko-Bielski (IV.7);

W podziale fizyczno-geograficznym Polski (Solon i in. 2018) obszar LKP Puszcza położony jest w następujących jednostkach (Ryc. 5.3):

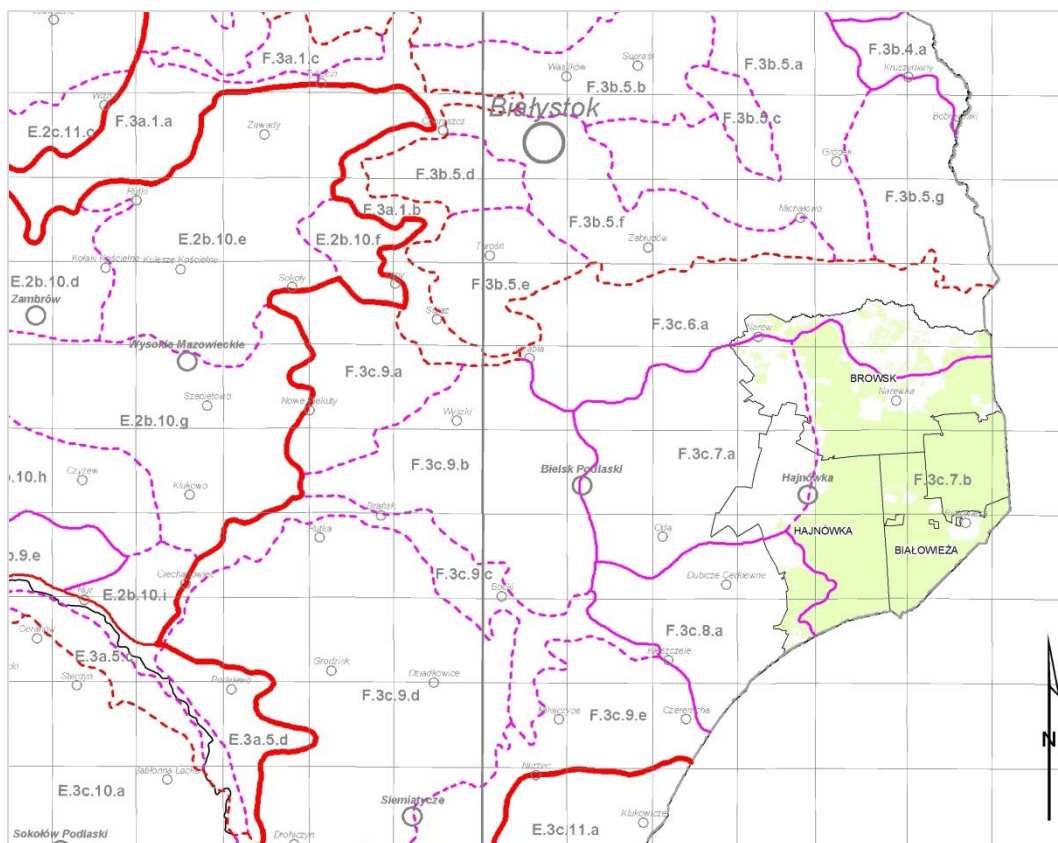
- megaregion: Niż Wschodnioeuropejski (8);
 - prowincja: Niziny Wschodniobałtycko-Białoruskie (84);
 - podprowincja: Wysoczyzny Podlasko-Białoruskie (843);
 - makroregion: Nizina Północnopolaska (843.3);
 - mezuregion: Równina Bielska (843.37);
 - mezuregion: Dolina Górnej Narwi (843.36)



Ryc. 5.3. Położenie LKP „Puszcza Białowieska” na tle podziału fizyczno-geograficznego (źródło: opracowanie własne)

Według podziału geobotanicznego (Matuszkiewicz 2008) teren LKP „Puszcza Białowieska” należy do następujących jednostek (Ryc. 5.4):

- Dział: Północny Mazursko-Białoruski (F),
 - Kraina: Północnopodlaska (F.3),
 - Podkraina: Białowieska (F.3c),
 - Okręg: Dolin Górnej Narwi i Jasiołdy (F.3c.6),
 - Podokręg: Doliny Górnej Narwi (F.3c.6.a),
 - Okręg: Białowiesko-Bielski (F.3c.7),
 - Podokręg: Bielsko-Hajnowski (F.3c.7.a),
 - Podokręg: Puszczy Białowieskiej (F.3c.7.b),
 - Okręg: Kleszczelsko-Dymitrowidzki (F.3c.8),
 - Podokręg: Kleszczelski (F.3c.8.a)



Ryc. 5.4. Położenie LKP „Puszcza Białowieska” na tle podziału geobotanicznego z 2008 r. (źródło: opracowanie własne)

Starszy podział geobotaniczny (Szafer 1959) lokalizuje teren LKP „Puszcza Białowieska” w następujących jednostkach:

- Obszar: Eurosyberyjski;
 - Prowincja: Środkowoeuropejska;
 - Dział: Bałtycki (A);
 - Poddział: Pas Wielkich Dolin (A2);
 - Kraina: Białowiesko-Knyszyńska (24);
 - Okręg: Puszczy Białowieskiej (24a).

6. KLIMAT OBSZARU

Klimat jest jednym z głównych determinantów siedlisk. Jako pochodna położenia geograficznego wyraża ona typowy dla danego obszaru układ warunków meteorologicznych. Na niżej, również w przypadku Podlasia, kształtowany jest pod wpływem wielu czynników, spośród których najważniejsze to odległość od wybrzeża i wysokość nad poziomem morza oraz ukształtowanie powierzchni ziemi (orografia). Czynniki te, jako podstawowe decydują o typie cyrkulacji atmosferycznej, ta zaś wpływa na rozkład i zmienność temperatury, opadów oraz wiatrów. Klimat rozumiany jako całokształt procesów zachodzących w atmosferze wpływa też na działalność człowieka i rezultaty osiągane w różnych sferach życia gospodarczego. Znajomość warunków klimatycznych panujących na danym obszarze pozwala na zrozumienie i oszacowanie wpływu zmian klimatu na ekosystemy, a także w dużym stopniu sprzyja zwiększeniu efektywnych działań w zakresie prac związanych z zagospodarowaniem lasu i jego

ochroną. Zatem znajomość czynników klimatycznych w tak ważnym dla badań przyrodniczych obiekcie, jakim jest Puszcza Białowieska, jest kluczowe dla decyzji podejmowanych obecnie i w przyszłości, mających na celu szeroko rozumianą ochronę jej siedlisk i zasobów wodnych. Puszcza Białowieska jest kompleksem leśnym spełniającym fundamentalną rolę modelowego obiektu leśnego, który oprócz dostarczania wiedzy na temat procesów naturalnych i wpływu na nie aktywności człowieka, powinien również służyć za wzorzec do wieloletnich badań wpływu zmian warunków klimatycznych na środowisko leśne ogólnie (Malzahn et al. 2018), a szczególnie na siedliska i gleby – najważniejsze składowe dla trwałości lasu i jego różnorodności.

Raporty Wojewódzkiej Inspekcji Ochrony Środowiska w Białymstoku wskazują, że klimat województwa podlaskiego zalicza się do umiarkowanego przejściowego z zaznaczającymi się wpływami kontynentalnymi (m.in. Raport o stanie... 2013). Średnia roczna temperatura wynosi ok. 7,5°C. Średnia prędkość wiatru wynosi 3,1 m/s. Średni roczny opad wynosi 598 mm, z czego 60% opadów przypada na okres od kwietnia do września. Znaczna część opadów atmosferycznych spada w postaci śniegu. Pokrywa śnieżna pojawia się zazwyczaj już w listopadzie i znika w marcu. Dość wczesny początek chłodniejszych dni i późne ich zakończenie sprawia, że okres wegetacyjny trwa tylko ok. 190 dni w roku. W północno-wschodniej Polsce od dłuższego czasu obserwowane są zmiany warunków termicznych. W latach 1951-2005 temperatura rosła w tempie 0,18°C na 10 lat w Suwałkach i 0,14°C na 10 lat w Białymstoku (Michalska 2011). Należy zaznaczyć, że w wielu opracowaniach podkreślano zmienność i kapryśność klimatu województwa podlaskiego, wskazującą na zróżnicowanie zasięgu wpływu klimatu kontynentalnego i oceanicznego oraz kształtującą się w każdym roku odmienną strukturę termiczną (Pióro 1973).

Zróżnicowanie czynników meteorologicznych w szerszej skali przestrzennej jest podstawą regionalizacji klimatycznej. Puszcza Białowieska leży w obszarze przejściowym między Europą Wschodnią oraz Środkową i położona jest w strefie klimatu umiarkowanego kontynentalnego chłodnego z wpływami klimatu atlantyckiego (Ryc. 6.1).



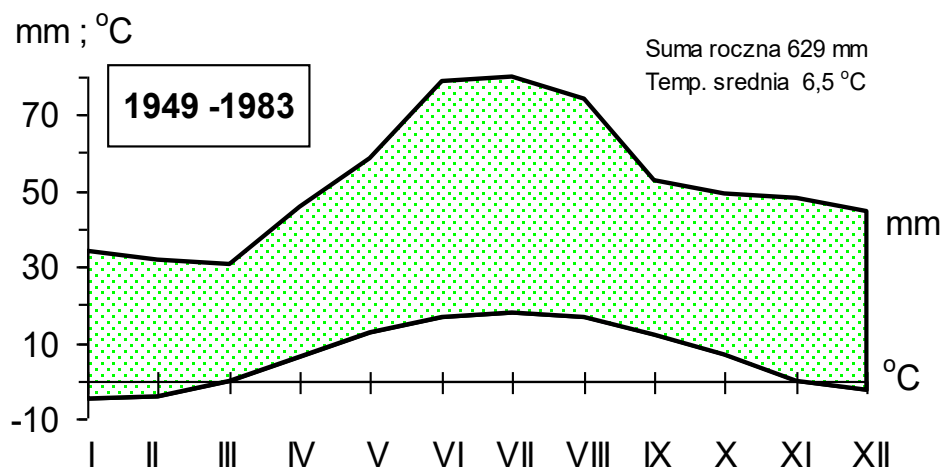
Ryc. 6.1. Przykład regionalizacji klimatu Polski i położenie Puszczy Białowieskiej na jej tle (źródło: opracowanie własne za Okołowicz 1979).

Według różnych autorów klasyfikowana jest następująco:

- w podziale Polski na regiony klimatyczne Romera (1949) Puszcza leży w klimatycznej Krainie Chełmsko-Podlaskiej, w klimacie Krainy Wielkich Dolin;
- Gumiński (1951) zalicza omawiany obszar do IX - Wschodniej (Podlaskiej) dzielnicy rolniczo-klimatycznej;
- Wiszniewski i Chełchowski (1987) umieszczają Puszcę na styku Regionu Mazursko-Białostockiego i Regionu Mazowiecko-Podlaskiego;
- Według Okołowicza (1973-1978) Puszcza należy do regionu klimatycznego Mazowiecko-Podlaskiego;
- według podziału Polski Wosia (1997) na regiony klimatyczne (na podstawie średniej rocznej frekwencji dni z różnymi typami pogody) omawiany obszar umiejscowiono w regionie Mazursko-Podlaskim;

- inni badacze (Szklar 1973) zaliczają z kolei Puszcę Białowieską do klimatycznego Regionu Prużańsko-Brzeskiego, Podobwodu Zachodniego, Obwodu Południowego.

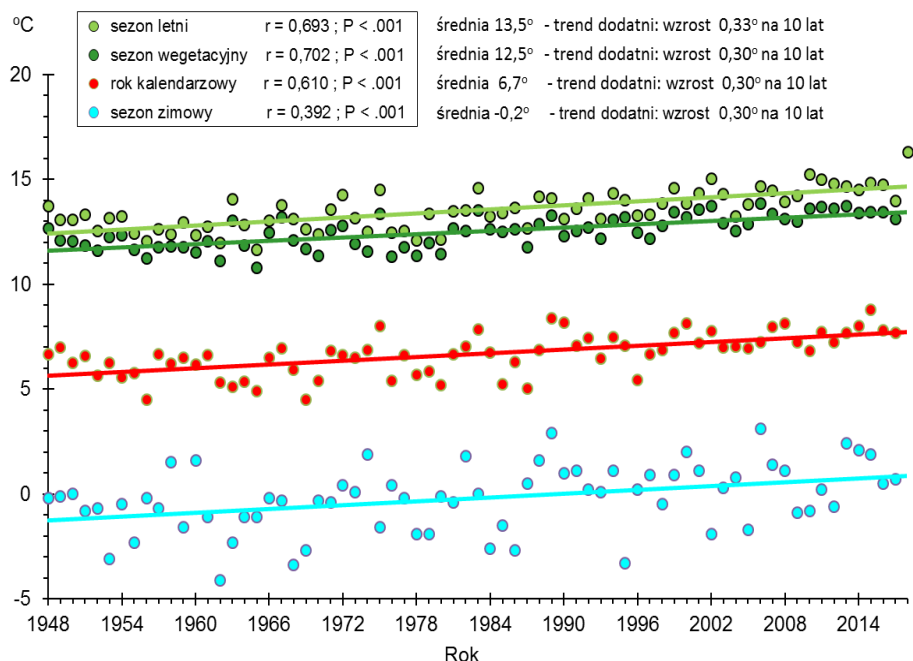
W jednej z klasyfikacji opartej na średniej ilości dni z określonym typem pogody, zaliczono teren Puszczy do Regionu Mazursko-Podlaskiego, charakteryzującego się występowaniem największej ilości dni z pogodą najmroźniejszą, ze średnią dobową temperaturą powietrza poniżej -15 st. C, a także najczęstszym występowaniem typu pogody przymrozkowej umiarkowanie zimnej (Woś 1997). Wg wielu opracowań Białowieża znajduje się w jednym z najchłodniejszych nizinnych obszarów Polski. Temperatura powietrza okresu zimowego oraz jej roczna amplituda są takie, jak w południowej Finlandii, albo w polskich górach na wysokości 700 m n.p.m. Diagram klimatyczny w latach 1949-1983 (Ryc. 6.2) wykazał sumę roczną opadów atmosferycznych w wysokości 629 mm i średnią temperaturę dobową 6,5°C (Olszewski 1986). W latach 1948-1992 suma roczna opadów wynosiła 641 mm (Olszewski i in. 2003). Klimat Białowieży wykazywał dotychczas więcej cech kontynentalnych w porównaniu z pozostałym obszarem Polski. Jednak wskaźnik kontynentalizmu pluwiometrycznego Rychlińskiego wskazuje wzrost cech oceanicznych klimatu regionu Puszczy Białowieskiej (Olszewski i in. 2003).



Ryc. 6.2. Diagram klimatyczny Białowieży w latach 1949-1983 (źródło: Olszewski 1986).

Temperatura powietrza

W latach 1948-2017 warunki termiczne ulegały zmianom i wiele parametrów wykazywało istotne statystycznie trendy liniowe rosnące: minimum dobowe temperatury najchłodniejszego miesiąca, maksimum dobowe temperatury najcieplejszego miesiąca i maksimum absolutne temp. dobowej. Istotnie zwiększały się średnie temperatury 7 miesięcy od lutego do sierpnia. W ślad za tym istotnie rosły średnie temperatury dobowe wszystkich sezonów: letniego, wegetacyjnego i zimowego oraz roczne (Ryc. 6.3).



Ryc. 6.3. Trendy zmian średniej dobowej temperatury powietrza w Białowieży w latach 1948-2018 (źródło: Malzahn 2018).

Opady atmosferyczne

Bardzo ważną dla lasów cechą klimatu są warunki opadowe. Można stwierdzić, że opady są podstawowym źródłem wody dostępnej roślinom i – oprócz dopływu – główną składową dodatnią bilansu wodnego zlewni. Występujące często na Nizinie Podlaskiej susze atmosferyczne i w ich następstwie susze hydrologiczne są jedną z przyczyn spadku odporności drzewostanów na czynniki stresowe, chociaż generalnie nie zaobserwowano wyraźnego związku pomiędzy poziomem uszkodzenia drzewostanów a wielkością opadów atmosferycznych (Małachowska i Wawrzoniak 1995). Opady atmosferyczne z jednej strony są konieczne do normalnego funkcjonowania ekosystemów leśnych, a z drugiej strony ich zakłócenia mogą powodować znaczące szkody w środowisku leśnym. Niektórzy autorzy zajmujący się tą problematyką w Puszczy Białowieskiej zauważają zależność pomiędzy ociepleniem klimatu a występowaniem gradacji kornika drukarza (Boczoń i in. 2018) i dochodzą do wniosku, że analiza jednego tylko czynnika nie wyjaśnia całościowo gwałtownego osłabienia drzewostanów (Tab. 6.1).

Tab. 6.1. Charakterystyka wybranych warunków opadowych w Białowieży w okresie wieloletnim 1948-2018 (źródło: Malzahn 2018)

Okres	1948-2018					
Warunki opadowe	x	SD	CV %	min	max	zakres
Suma opadów roczna mm	642,5	115,0	17,9	425,9 (1953)	931,3 (1970)	505,4
Suma opadów w sezonie letnim (IV-IX) mm	395,5	87,6	22,2	228,6 (1964)	598,3 (2010)	369,7

Okres		1948-2018					
Suma opadów w sezonie wegetacyjnym (IV-X) - mm		443,0	98,5	22,2	274,5 (1964)	682,4 (1980)	407,9
Suma opadów w sezonie zimowym (X-III) - mm		244,8	60,1	24,5	113,8 (1953/54)	113,8 (1974/75)	272,5
Suma opadów w miesiącu	I	38,1	22,0	57,8	5,0	129,2	124,2
	II	33,8	16,6	49,1	0,6	71,7	71,1
	III	35,2	17,9	50,8	4,4	87,0	82,6
	IV	42,8	21,2	49,6	3,3	94,4	91,1
	V	63,9	30,7	48,1	5,3	186,4	181,1
	VI	79,3	42,0	53,0	17,6	209,1	191,5
	VII	81,3	44,0	54,1	5,3	204,8	199,5
	VIII	71,3	42,9	60,2	4,2	218,8	214,6
	IX	56,9	33,8	59,4	2,5	171,3	168,8
	X	47,5	36,3	76,5	2,8	190,7	187,9
	XI	46,4	18,8	40,6	10,4	101,5	91,1
	XII	44,6	20,8	46,6	12,6	99,3	86,7
Opad dzienny w roku - mm		3,8	1,6	42,1	1,3 (23.01)	9,9 (5.08)	8,6
Opad dzienny w sezonie wegetacyjnym		4,7	1,5	31,9	1,8 (27.10)	9,9 (5.08)	8,1
Liczba dni z opadem w roku		173	20	11,5	124 (1951)	211 (1970)	87
Liczba dni z opadem w sezonie wegetacyjnym		93	14	14,9	58 (1951)	129 (1980)	71

Średnia suma opadów w latach 1948-2017 w Białowieży wynosiła 642,5 mm rocznie, 443,0 mm w sezonie wegetacyjnym i 244,8 mm w sezonie zimowym. Najbardziej suchy był rok 1953 (426 mm), a najbardziej wilgotny – rok 1970 (931 mm) (Tab. 6.1).

Warunki opadowe poddano klasyfikacji stosowanej w IMGW. Obliczono granice 7 typów opadowych w latach 1948-2017 (od skrajnie suchego do skrajnie wilgotnego). Przedstawienie graficzne klasyfikacji opadowej (Ryc. 6.4) pokazuje większe zróżnicowanie w kolejnych latach, niż klasyfikacji termicznej. W 70-leciu było pięć kolejnych okresów: suchy w latach 1949-66, bardzo wilgotny w latach 1967-1980, znów suchy lub normalny w latach 1981-2008, znów wilgotny w latach 2009 - 2013 i bardzo zróżnicowany okres lat 2014-2018. W całym analizowanym okresie lat normalnych pod względem opadowym było 28 (40%), wilgotniejszych od normy 18 (26%), a suchszych 24 (34%). Podobne były sezony wegetacyjne: normalnych było 27 (39%), wilgotniejszych od normy 20 (28%) i suchszych 23 (33%). Normalnych sezonów letnich i zimowych było 23 (33%), wilgotniejszych od normy 21 (30%),

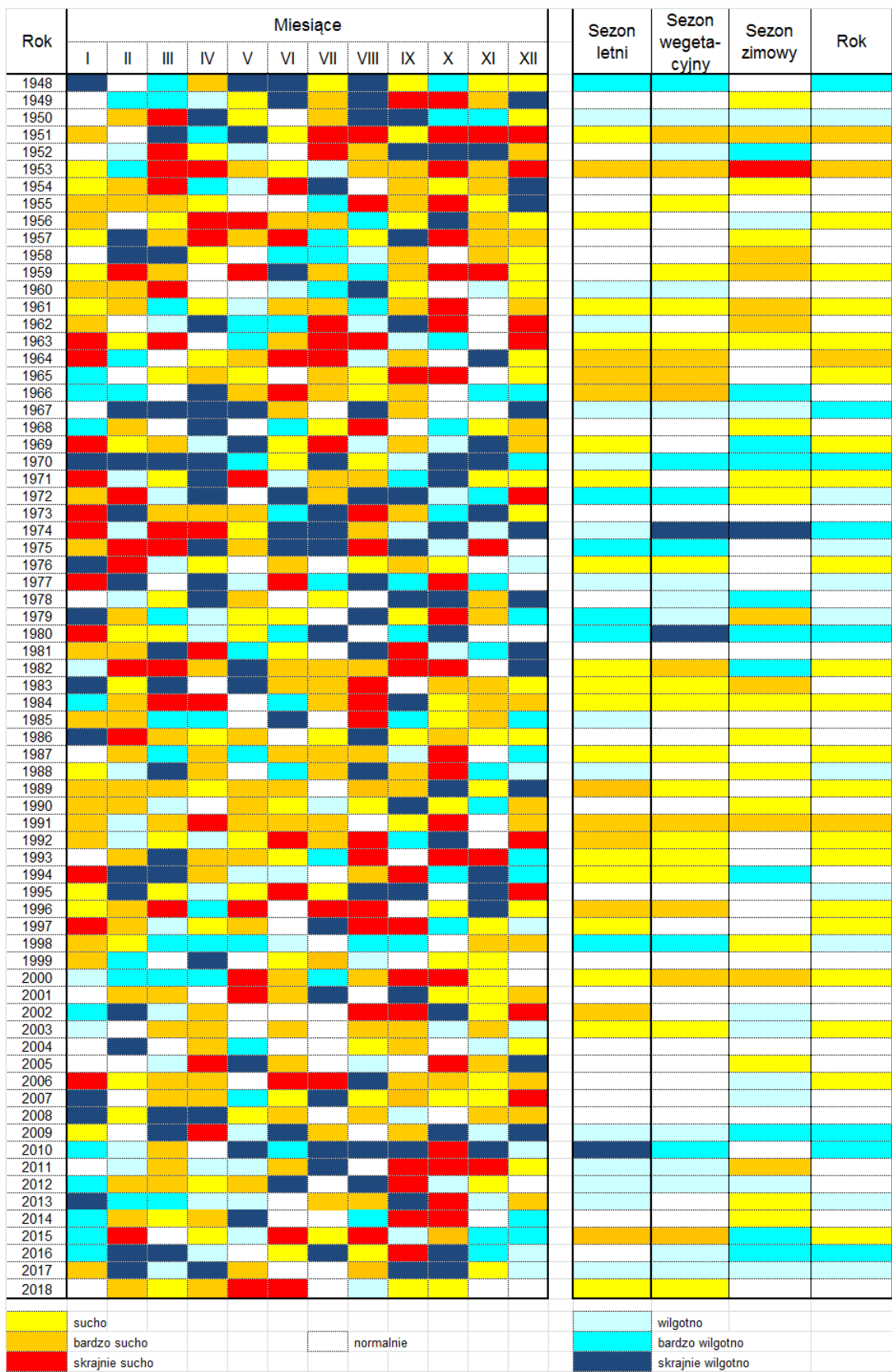
a suchszych 26 (37%). W ostatnich latach bardzo niekorzystny był rok 2015, z bardzo suchym sezonem letnim i wegetacyjnym. Następne dwa lata były wilgotne, z 4 miesiącami skrajnie wilgotnymi wiosną i jesienią (2016 r. - II, III, VII i X; 2017 r.: - II, IV, IX i X). Ale już w roku 2018 był bardzo suchy sezon letni i wegetacyjny.

W latach 1948-2018 warunki opadowe charakteryzowały się mniejszą zmiennością niż warunki termiczne. Klasyfikacja opadowa wykazała, że lat normalnych pod względem opadowym było 40 %, wilgotniejszych od normy 26 %, a suchszych 34 %. W ostatnim 10-leciu przeważały lata wilgotniejsze od średniej wieloletniej. Średnia suma opadów atmosferycznych wykazywała lekkie tendencje rosnące, ale nie wykazywała istotnych statystycznie trendów zmian w sezonie wegetacyjnym i w okresie rocznym.

Jeden ze wskaźników tendencji opadowych - liczba dni z opadem, również nie podlegała istotnym zmianom. Gęstość opadu (stosunek sumy opadu w mm do ilości dni z opadem) zmniejszała się istotnie w sezonie wegetacyjnym, natomiast nie ulegała zmianom w sezonie zimowym i w okresie rocznym (Malzahn i in. 2018).

Pokrywa śnieżna

Coraz wcześniej kończąca się zima termiczna ma wpływ na ilość dni z pokrywą śnieżną, która w latach 1948-2018 wynosiła średnio 82 dni (25.11. – 28.03.). Najwięcej takich dni było w sezonie zimowym 1995/96 (156), a najmniej zimą w sezonie 2015/16 – 34 dni. Jak wielka była zmienność liczby dni z pokrywą śnieżną z roku na rok świadczy ich ilość w sezonie 2011/12 – 47 dni i w sezonie 2012/13 – aż 130 dni. Okres trwałej pokrywy śnieżnej trwał średnio 58 dni (30.12. – 28.02.), najkrótszy był w sezonie 1974/75 – 9 dni, a najdłuższy w sezonie 1995/96 – 144 dni.



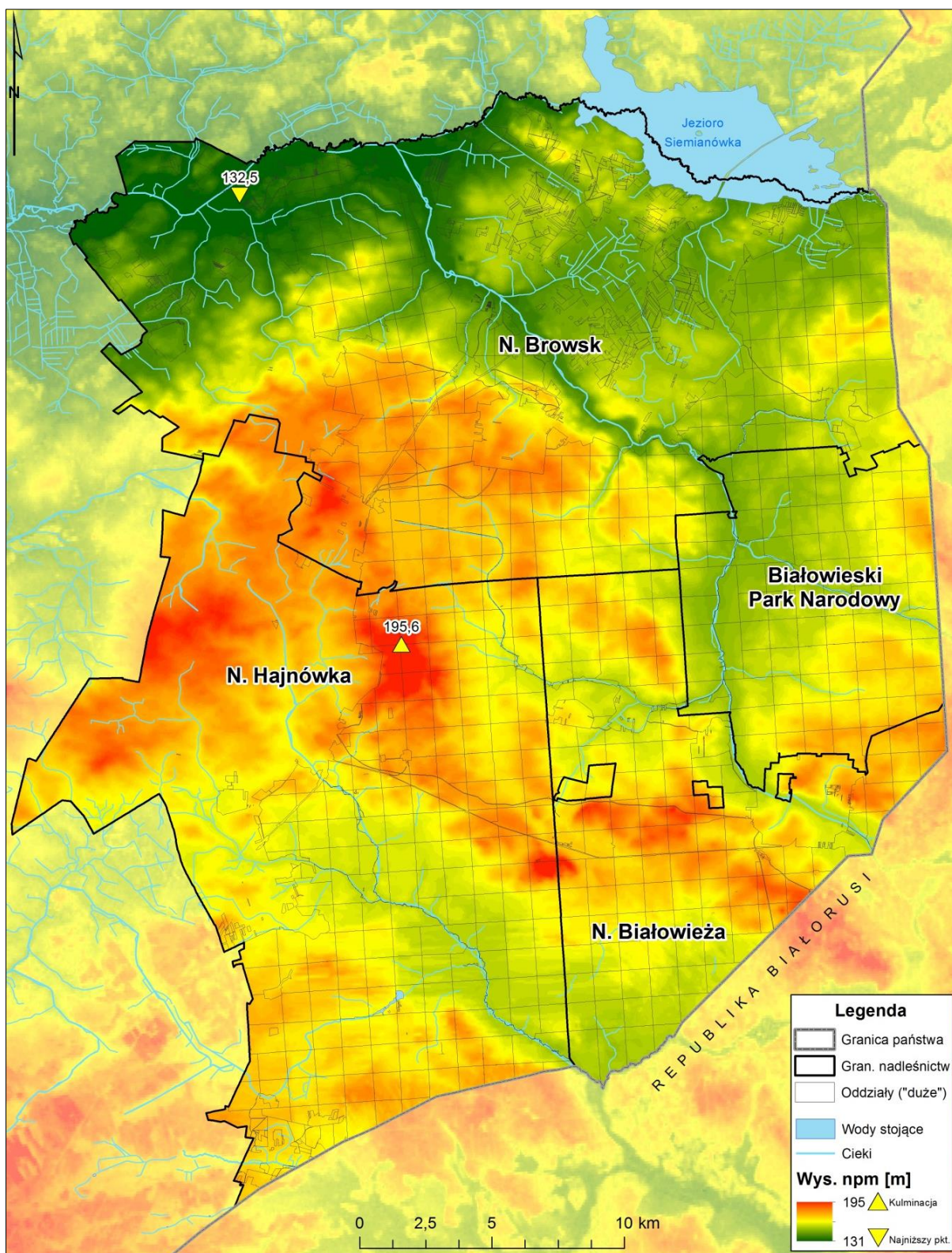
Ryc. 6.4. Graficzne przedstawienie klasyfikacji typów opadowych w Białowieży w latach 1948-2018 (źródło: Malzahn 2018)

7. GEOMORFOLOGIA I RZEŹBA TERENU

Obszar objęty badaniami, który stanowią w przewadze płasko-faliste równiny, jest mało zróżnicowany pod względem hipsometrycznym. Pewne ożywienie rzeźby jest związane z obniżeniami typu dolinnego, w szczególności rzek Narewki, Leśnej i Łutowni, zatorfionymi obniżeniami genezy wytopiskowej oraz nielicznymi pagórkami, wzgórzami i wydrami. Najwyższe wzgórze w obrębie obszaru i zarazem w całej Puszczy Białowieskiej znajduje się na wschód od Hajnówki, w pobliżu wsi Lipiny. Jego wysokość wynosi 196,2 m n.p.m., o 10 m niższe są wzgórza w rejonie osady Czerlonka oraz o kilkanaście - Góra Batorego (183,8 m n.p.m.). Charakterystyczne jest, że te wszystkie duże wzgórza, ukryte na terenach leśnych, nie mają nazw własnych (Kmieciak i Kwiatkowski 2017). Według danych skanowania laserowego najwyższy punkt na gruncie leśnym położony jest na wysokości 195,6 m n.p.m.

Podnoszenie się temperatury półrocza zimowego ma duży wpływ na poziom wody gruntowej. Wody roztopowe są głównym źródłem zwiększania uwilgotnienia gleby i podnoszenia wody gruntowej w okresie wiosennym (Liberacki 2004). Dlatego zmiany klimatu prowadzące do zmniejszenia grubości zalegającego śniegu i skracania okresu z zalegającą pokrywą śnieżną, silnie wpływają na poziom wód gruntowych (Boczoń 2006).

Szkodliwość niskich temperatur występujących w czasie zimy łagodzą opady śnieżne. Śnieg chroni rośliny przed wymarzaniem, a topniejąc na wiosnę dostarcza wilgoci niezbędnej dla wegetacji. Trwała warstwa śniegu w lasach zalega przeciętnie o 10-15 dni dłużej niż na terenie otwartym, co ma związek z warunkami termicznymi i stabilizującą je rolę kompleksów leśnych. W Puszczy Białowieskiej w omawianym okresie, z powodu skracania się okresu zimy termicznej istotnie wcześniej ustępowała pokrywa śnieżna i trwała pokrywa śnieżna, co powodowało stałe skracanie się długości zalegania pokrywy śnieżnej w ogóle. Można przyjąć, że miało to dodatkowy negatywny wpływ na siedliska i warunki wzrostu roślinności.



Ryc. 7.1. Zróżnicowanie hipsometryczne regionu LKP „Puszcza Białowieża” (źródło: opracowanie własne).

Najniżej położone miejsce znajduje się w dolinie rzek Narwi i Narewki, w północnej części Puszczy, jego rzędna ma wartość 132,5 m n.p.m. Deniwelacja terenu wynosi zatem ponad 60 m. Zróżnicowanie hipsometryczne terenu znajduje potwierdzenie w jego genezie i pozwala wydzielić szereg jednostek geomorfologicznych (BULiGL 2020).

8. CEL OPERATU HYDROLOGICZNEGO

Niniejsze opracowanie dotyczy obszaru Puszczy Białowieskiej, w tym Białowieskiego Parku Narodowego wraz z przylegającymi terenami rolniczymi w zasięgu zlewni MPHP (rząd 5-11). Zapewnia to ciągłość analityczną dla zlewni, w których modelowany jest siedliskowy bilans wodny oraz pozwala na wnioskowanie na temat potencjalnego wpływu działań na terenach leśnych na sąsiadujące zlewnie rolnicze. Siedliska leśne Puszczy oraz grunty rolne wokół niej obfitują w siedliska i gleby o charakterze semihydrogenicznym i hydrogenicznym, w literaturze często nazywane „zależnymi od wód”. Są to habitaty o bardzo dużej wrażliwości na zmiany stosunków wodnych. W ostatnich dziesięcioleciach zmagają się one z niekorzystnymi zmianami klimatu, głównie w zakresie wzrostu temperatury powietrza, przy relatywnie stałym lub zmniejszającym się poziomie opadów. Choć prognozy długoterminowe sugerują ich stopniowy wzrost, to niestety z przewagą na opady zimowe, co ostatecznie nie poprawi dostępności do wód roślinom i zwierzętom. Obserwowane zmiany głównych wskaźników klimatycznych już powodują zwiększenie ewapotranspiracji i zużycia wody przez biocenozę, co z kolei przekłada się na zwiększenie stopnia przesuszenia i zniekształcenia gleb i siedlisk oraz występowania miejscowych niedoborów wody, aż do okresowego stanu suszy glebowej. W ostatnich latach można również zaobserwować związaną z powyższymi zjawiskami dynamiczną zmianę struktury drzewostanów Puszczy Białowieskiej, spowodowaną również innymi zaburzeniami: głównie gradacją kornika drukarza (zamieranie drzewostanów z dużym udziałem świerka pospolitego *Picea abies*) oraz wiatrami wywalającymi. Zmiany w strukturze drzewostanów powodują drastyczne zmiany podstawowych składowych bilansu wodnego gleb i siedlisk (niekorzystne zmiany ewapotranspiracji i intercepcji w wyniku odsłonięcia gruntu, korzystne zmiany oporu przepływu powierzchniowego wód etc.). Zjawiska te pozostają w swoistym sprzężeniu zwrotnym, co nie musi lecz może wytrącić z równowagi ekologicznej kompleks leśny o tak dużej wrażliwości.

Puszcza Białowieska charakteryzuje się ponadto specyficznym systemem hydrograficznym i lokalizacją względem ważnych wododziałów oraz barier stworzonych przez człowieka. Z jednej strony widoczny jest tu wpływ położenia na wododziale Bugu i Narwi oraz wpływ granicy państwowej, a z drugiej bezpośrednie interakcje z terenami rolniczymi, silnie przekształconymi hydrologicznie (melioracje odwadniające, duża liczba sztucznych, małych zbiorników, generalnie zaniedbane urządzenia wodne).

W kontekście opisanych uwarunkowań można wyróżnić szereg celów stawianych niniejszemu opracowaniu, jako dokumentowi o charakterze poznawczym i planistycznym:

- Aktualizacja wiedzy na temat układu hydrograficznego badanego terenu zrealizowana na podstawie szczegółowej inwentaryzacji śródlądowych wód płynących i stojących oraz określenie podstawowych parametrów i stanu urządzeń wodnych. By uniknąć subiektywizmu ocen cel ten w maksymalnym zakresie powinien być zrealizowany w oparciu o dane pomiarowe, instrumentalne. Z uwagi na dostępność aktualnych materiałów teledetekcyjnych zgromadzonych dla obszaru Puszczy Białowieskiej w pierwszej kolejności należy dokonać oceny ich dokładności.
- Określenie dyspozycyjnych zasobów wodnych w zlewniach leśnych i ich zmian na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci na potrzeby wskazania ogólnych trendów zmian.
- Określenie głównych składowych bilansu wodnego siedlisk i gleb na terenie Puszczy Białowieskiej bazującego na dynamicznym, wielowymiarowym modelu opartym na

szeregu ilościowych i jakościowych parametrów wejściowych (dane klimatyczne, własności gleb, cechy drzewostanów).

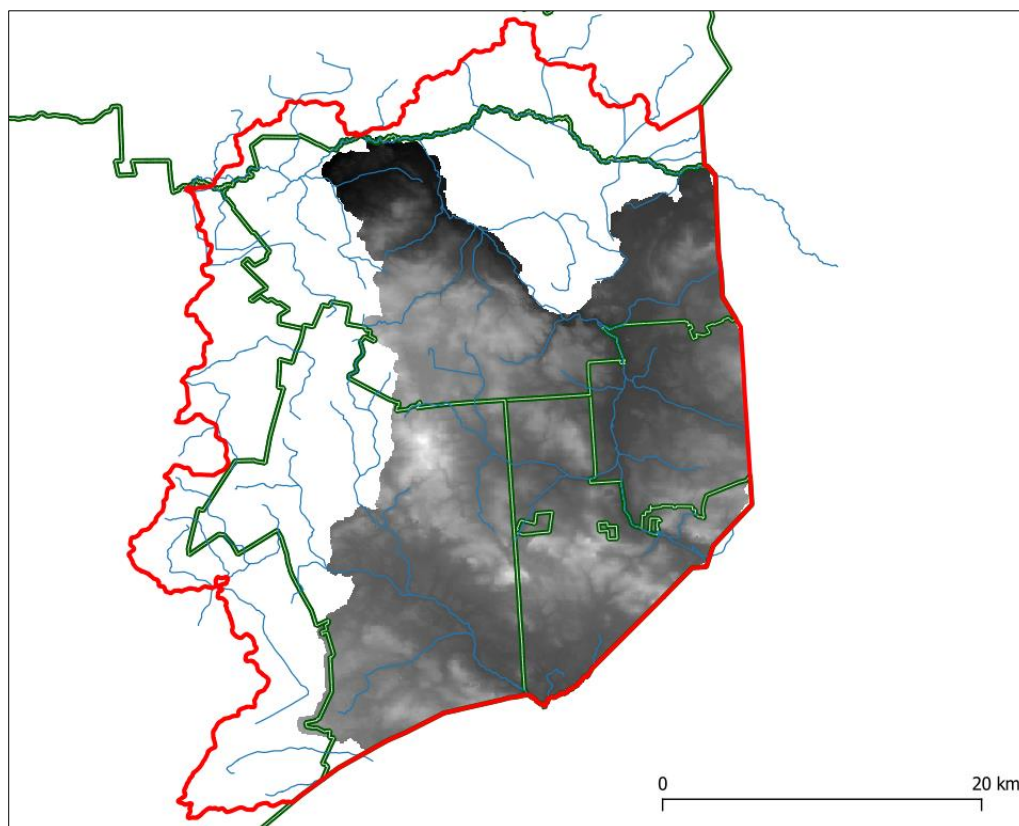
- Agregacja i homogenizacja wyników modelowania bilansu wodnego gleb i siedlisk, wyników prac terenowych związanych z inwentaryzacją urządzeń wodnych, prac glebowo-siedliskowych, inwentaryzacji drzewostanów oraz uwarunkowań ochronnych i innych w zakresie określenia:
 - przestrzennego występowania siedlisk o dużym potencjale przyrodniczym przy jednocześnie dużej wrażliwości na zmiany stosunków wodnych (najbardziej zagrożonych skutkami suszy),
 - obszarów priorytetowych w zakresie pilności działań mających na celu poprawę warunków gruntowo-wodnych oraz stanu gleb i siedlisk,
 - terenów z okresowym niedoborem wody w wierzchnich poziomach gleby oraz obszarów o dużym potencjale retencyjnym gleb,
 - prognozowanych zmian w stanie siedlisk przyrodniczych w wyniku uwzględnienia różnych scenariuszy klimatycznych w zakresie wzrostu średniej temperatury powietrza.
- Wskazanie potrzeby i pilności podjęcia działań w zakresie regulowania zasobów wodnych w okresach niedoboru i nadmiaru wody.
- Ustalenie pilności i zakresu budowy oraz modernizacji urządzeń wodnych wykorzystywanych do kształtowania zasobów wodnych.
- Wskazanie powiązania gospodarowania zasobami wodnymi w Puszczy Białowieskiej z planami urządzania lasu i obowiązującym systemem prawnym.
- Określenie wpływu uwarunkowań zewnętrznych na proces optymalizacji wykorzystania dyspozycyjnych zasobów wodnych.
- Zaproponowanie ogólnych zasad gospodarowania wodą na terenie Puszczy Białowieskiej.

9. METODYKA WYKONANIA OPRACOWANIA HYDROLOGICZNEGO

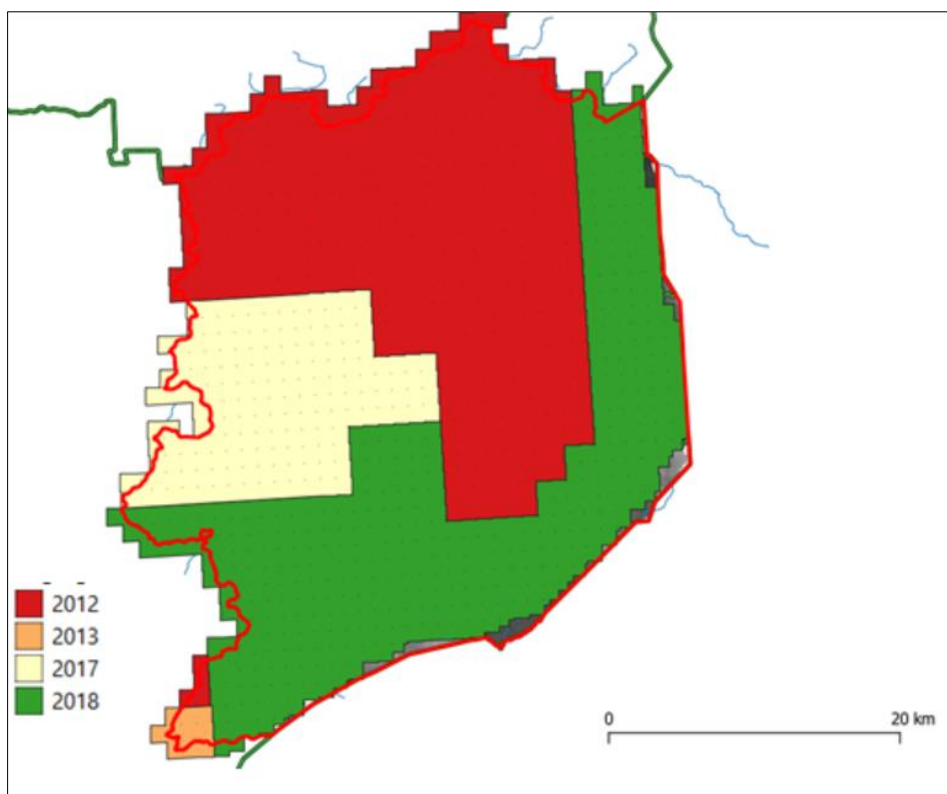
9.1. Pozyskanie i opracowanie materiałów do analizy

Podstawowe źródło danych instrumentalnych w zakresie pozyskania informacji na temat przestrzennego rozmieszczenia śródlądowych wód płynących i stojących oraz urządzeń wodnych stanowiły materiały w postaci chmur punktów z lotniczego skanowania laserowego ALS (ang.: *Airborne Laser Scanning*) pozyskanych w ramach projektów *ISOK* (Informatyczny System Oslony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami, <https://isok.gov.pl>), *CAPAP* (Centrum Analiz Przestrzennych Administracji Publicznej, <https://popc.gugik.gov.pl/capap>) oraz projektu „Kompleksowy monitoring dynamiki drzewostanów Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych” *ForBioSensing* realizowanego przez Instytut Badawczy Leśnictwa (<http://www.forbiosensing.pl>). Z uwagi na bardzo duży zasięg opracowania zaszła konieczność integracji danych teledetekcyjnych pozyskanych w okresie sześciu lat. Dane ALS w ramach *ForBioSensing* pozyskano w 2017 roku (Ryc. 9.1). Jako

material uzupełniający wykorzystano dane z projektu ISOK, które na badanym terenie pozyskano w latach 2012-2018 (Ryc. 9.2).



Ryc. 9.1. Zasięg przestrzenny modelu terenu z 2017 roku opracowanego na podstawie danych skanowania laserowego projektu ForBioSensing (źródło: opracowanie własne)



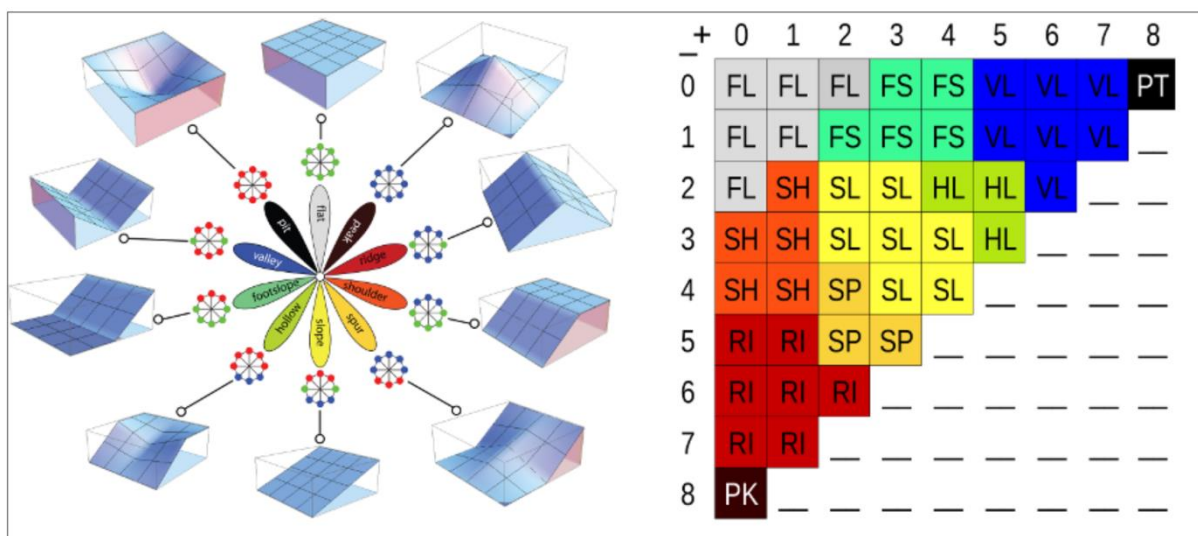
Ryc. 9.2. Zasięg przestrzenny i aktualność danych z projektu CAPAP/ISOK (źródło: opracowanie własne)

Chmury punktów w formacie *.LAZ przetworzono do postaci rastrów cyfrowych modeli wysokościowych w rozdzielczości przestrzennej 40 cm za pomocą pakietu statystycznego R CRAN (<https://cran.r-project.org>). Następnie dane z modeli wysokościowych wykorzystano do wygenerowania opracowań pochodnych, stanowiących podkłady w procesie kameralnej wektoryzacji przebiegu cieków, zbiorników oraz innych urządzeń infrastruktury wodnej. Wśród opracowań pochodnych znalazły się:

- Hillshade** – model cieniowanej rzeźby terenu w skali szarości prezentujący plastykę ukształtowania terenu przy założeniu jednokierunkowego oświetlenia powierzchni terenu z kierunku 315 stopni (azymut) i wysokości 45 stopni (kąt pionowy). W celu podniesienia kontrastu i uwypuklenia form terenowych dodano przewyższenie rzędnej Z do poziomu 3. Modele znajdują zastosowanie do tzw. zgrubnej oceny przebiegu sieci hydrograficznej. Zaletą tych modeli jest ich popularność i łatwość interpretacji. Z powodu jednokierunkowego oświetlenia wizualizacja jest jednak niedokładna w miejscach zacienionych oraz jaskrawo oświetlonych, w których nie widać szczegółów. Pojedyncza wiązka światła nie sprawdza się także w detekcji struktur liniowych do niej równoległych.
- VAT** - model przeznaczony do detekcji przekształcenia powierzchni gruntu i artefaktów (np. o charakterze archeologicznym). Model ten kontrastuje lokalną zmienność ukształtowania terenu, uwypuklając liniowe przebiegi cieków, kanałów oraz innych form wklęsłych i wypukłych.
- Slope** - półprzezroczysta mapa nachyleń zboczy symbolizowana w barwach czerwieni (odcienie czerwieni prezentują wyższe spadki) nałożona na model cieniowanej rzeźby

terenu lub VAT. Podkreśla linie strukturalne terenu (brzegi cieków, osie przebiegu cieków) odsłaniając informacje nierozróżnialne na rozłącznej analizie modelu VAT lub cieniowanej rzeźby terenu. Kombinacja modeli VAT i Slope niesie wiele cennych informacji, która jest stosunkowo łatwa do interpretacji.

- d) **Relief** - podkład cieniowanej rzeźby terenu z nałożoną paletą hipsometryczną stopniowaną co 5 cm (kolejne barwy palety pokazują zmiany wysokości modelu o 5 cm). Paleta posiada 100 barw, która się powtarza co 5 m. Model ten podkreśla plastykę terenu oraz ukazuje małoskalową zmienność hipsometryczną, co jest bardzo przydatne w badaniu związków wysokościowych form terenowych w skali geomorfologicznej. Model jest również bardzo przydatny do oceny generalnych, ale niewielkich zmian wysokości terenu i pozwala np. określić zasięg terasy nadzalewowej rzeki czy granice oddziaływania cieku okresowego lub urządzenia pietrzącego. Model ten, z racji swojego zróżnicowania barwnego ma też wiele zastosowań podczas prac terenowych na urządzeniach mobilnych (np. inwentaryzacja przepustów, wypłyconych i zarośniętych rowów etc.).
- e) **Geomorfony** – automatyczna klasyfikacja form terenowych i geomorfologicznych (Jasiewicz, Stępiński 2013), a w szczególności zagłębień terenowych – klasa *valley* (Ryc.9.3). Wypukłe formy grzbietowe (klasa *ridge*) i stoki nasypów (klasa *shoulder*) wykorzystano do detekcji sztucznych nasypów drogowych jako śladów antropogenicznych przekształceń terenu i barier dla powierzchniowego obiegu wody w zasięgu zlewni Puszczy Białowieskiej.



Ryc. 9.3. Formy terenowe reprezentowane przez geomorfony

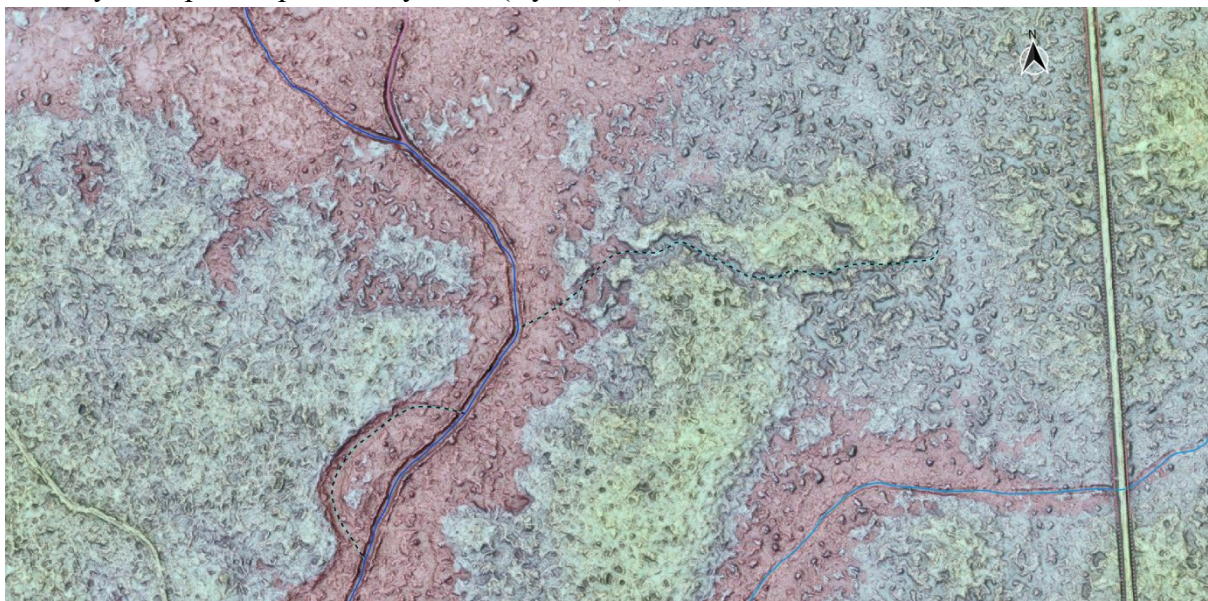
(źródło: <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/addons/r.geomorphon.html>)

Do wektoryzacji śródlądowych wód płynących i stojących oraz urządzeń wodnych wykorzystano ponadto następujące materiały:

- f) **Ortofotomapa lotnicza** – ortofotomapa w kompozycjach barwnych CIR i RGB wykorzystano na potrzeby wspomagania lokalizacji inwentaryzowanych obiektów oraz zasięgów ich oddziaływania (np. zalewy bobrowe). Dane w postaci ortofotomap pozyskano z zasobów GUGiK (aktualność: CIR 2016 r., RGB 2020 r.).

- g) **Wektorowa warstwa gleb i siedlisk LKP PB** - opracowana przez Biuro Urządzania Lasu Oddział w Białymstoku w trakcie prac siedliskowych na terenie LKP Puszczy Białowieskiej w latach 2018-2019. Na etapie analiz warstwy siedliskowe wykorzystano do wyznaczenia zasięgów przestrzennych kompleksów siedlisk świeżych, wilgotnych oraz bagiennych (SWB) szczególnie pomocnych przy interpretacji występowania i przebiegu terenowego cieków o charakterze okresowym.
- h) **Wektorowa warstwa gleb i siedlisk BPN** - opracowana przez Biuro Urządzania Lasu Oddział w Białymstoku w trzech etapach: w trakcie prac nad planem ochrony BPN w latach: 1985-1990 (kartowanie: Rezerwat Ścisły, Rezerwaty Hodowlane i Pokazowe Żubrow oraz Park Pałacowy), 2000-2001 (kartowanie: Obręb Ochronny Hwoźna i wektoryzacja wszystkich danych siedliskowych), 2021 (korekta baz danych i weryfikacja przebiegu części granic z wykorzystaniem ALS). Na warstwach tych wykonano takie same analizy jak na danych z LKP PB.
- i) **Dane z ekspertyz docelowej sieci drogowej Nadleśnictw: Białowieża, Hajnówka i Browsk** – zostały wykorzystane w zakresie lokalizacji i oceny podstawowych parametrów technicznych obiektów punktowych o znaczeniu hydrologicznym.
- j) **Usługa WMTS z treścią mapy topograficznej** (<http://www.gugik.gov.pl>) – historyczne i aktualne arkusze map topograficznych wykorzystano do wspomagania lokalizacji punktowych urządzeń wodnych (przepusty).
- k) **Warstwa urządzeń technicznych BDOT10k** – zastosowanie j.w. (<https://www.geoportal.gov.pl/dane/baza-danych-obiektow-topograficznych-bdot>)

Duża dostępność historycznych i aktualnych materiałów kartograficznych pozwoliła na synergiczne wykorzystanie ich potencjału informacyjnego poprzez możliwość tworzenia ich kombinacji w systemach GIS, czego przykładem może być kompozycja VAT + Slope + Relief w różnych stopniach przezroczystości (Ryc. 9.4).



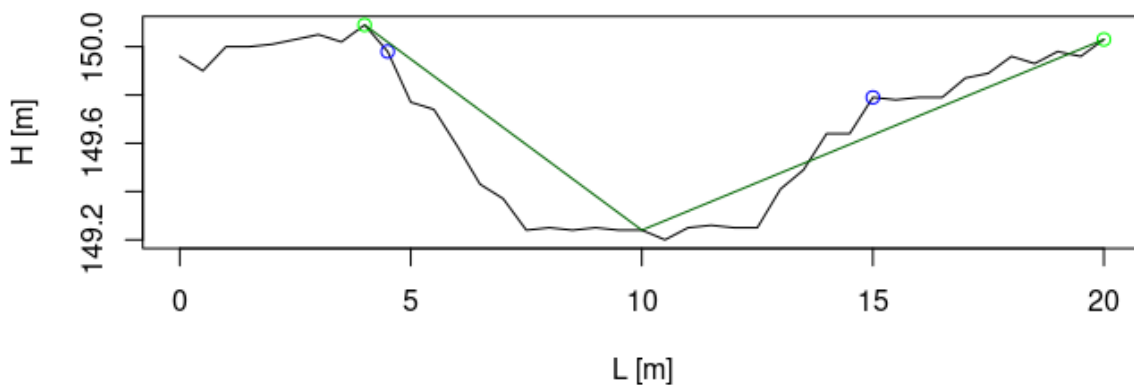
Ryc. 9.4. Przykład kompozycji VAT + Slope + Relief jako warstwy podkładowej w procesie interpretacji i wektoryzacji (źródło: opracowanie własne)

9.2. Wektoryzacja i parametryzacja śródlądowych wód płynących

Wektoryzację śródlądowych wód płynących zrealizowano na bazie materiałów pomocniczych (kartograficznych) opisanych w poprzednim rozdziale. Obiekty zapisano w warstwie typu liniowego w geobazie plikowej ESRI. Odcinki cieków wodnych charakteryzowano za pomocą następujących atrybutów:

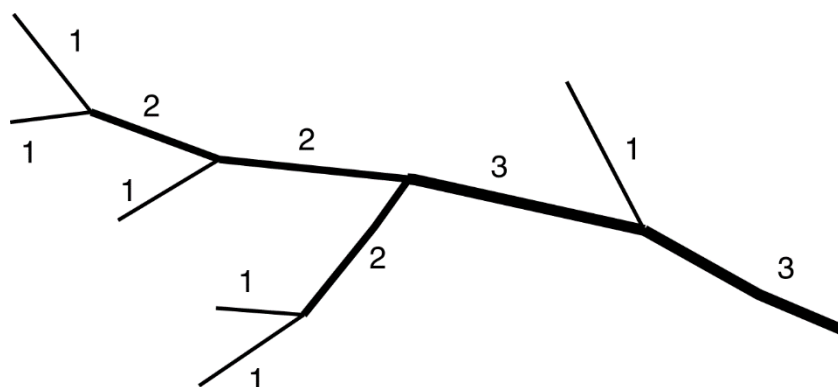
- a) **ID** (INTEGER 10) – unikalny identyfikator odcinka cieku.
- b) **Typ** (STRING 20):
 - Rzeka – ciek o naturalnym charakterze posiadający nazwę na MPHP i określ. szer.
 - Rzeczka – ciek o naturalnym charakterze bez nazwy w MPHP o szerokości 5-10 m.
 - Struga – ciek o naturalnym charakterze bez nazwy w MPHP o szerokości do 5 m.
 - Starorzecze – odcinki dawnych koryt rzecznych nieposiadające połączenia z obecnym korytem (nie każdy obiekt tego typu spełnia kryteria tzw. siedliska przyrodniczego 3150).
 - Ciek okresowy – cieki okresowo prowadzące wody opadowe i roztopowe, związane z siedliskami wilgotnymi i bagiennymi, często o mało wyraźnym przebiegu w terenie oraz w danych teledetekcyjnych.
 - Rów melioracyjny – odcinki cieków o sztucznym charakterze (uregulowane) spełniające funkcje hydrologiczne (prowadzące stale lub okresowo wody).
 - Rów techniczny – odcinki cieków zlokalizowane bezpośrednio wzdłuż ciągów komunikacyjnych lub granic własności, o wyraźnym przebiegu terenowym, okresowo prowadzące wodę, służące głównie do odwodnienia korony drogi. W przypadku rowów technicznych zaproponowano dodatkową kategoryzację mającą na celu rozgraniczenie rowów pełniących wyłącznie funkcję zabezpieczającą koronę drogi z odcinkami rowów pełniących istotne funkcje hydrologiczne (przebieg przez siedliska zależne od wód). Dlatego też odcinki rowów zaklasyfikowano dodatkowo do następujących kategorii:
 - Rów techniczny S – rów przebiegający przez siedliska świeże,
 - Rów techniczny W – rów przebiegający przez siedliska wilgotne,
 - Rów techniczny B – rów przebiegający przez siedliska bagienne.
- c) **Nazwa** (STRING 20) – nazwa cieku zgodna z MPHP.
- d) **Charakter** (STRING 20) – klasyfikacja cieków ze względu na charakter przebiegu: naturalny, sztuczny lub mieszany.
- e) **Długość** (DOUBLE 10, 2) – długość cieku w metrach z precyzją do 2 miejsc po przecinku,
- f) **Spadek** (DOUBLE 10, 2) – nachylenie odcinka cieku w stopniach z precyzją do 2 miejsc po przecinku,
- g) **Sr_szer** – średnia szerokość odcinka cieku wyznaczona automatycznie w metrach z precyzją do 2 miejsc po przecinku, rozumiana jako średnia dwuwymiarowych odległości pomiędzy brzegami cieków wyznaczonymi w transektach prostopadłych do cieku. Metodyka analizy: punkty oznaczające brzegi wyznaczone zostały po obu stronach cieku na podstawie wartości wysokości z NMT rzutowanych na transekt z interwałem co 0.5 m. Po obu stronach linii cieku wyznaczone zostały lokalne maksima wysokości. Następnie dla odcinka łączącego punkt znajdujący się między maksimum lokalnym a punktem transektu na linii cieku obliczono punkt transektu,

który leży najdalej od tego odcinka „po górnej jego stronie”. Z tak wyznaczonych dwóch punktów, wybrano ten położony niżej co do wysokości z NMT i stanowiący jeden z brzegów. Drugi brzeg koryguje się obierając pierwszy punkt od linii cieków, który przekracza wysokość pierwszego z brzegów (Ryc.9.5). Szerokość cieków dla danego transektu stanowi odległość między tymi punktami brzegowymi. Szerokość całego odcinka cieków stanowi średnią szerokość w prostopadłych transektach rozmieszczonych na wektorowych werteksach cieków tj. punktach załamania linii łamanej (po odrzuceniu 10% wartości odstających). Parametr ten wyznaczono dla odcinków cieków o wyraźnym przebiegu terenowym (wszystkie kategorie za wyjątkiem cieków okresowych i starorzeczy).

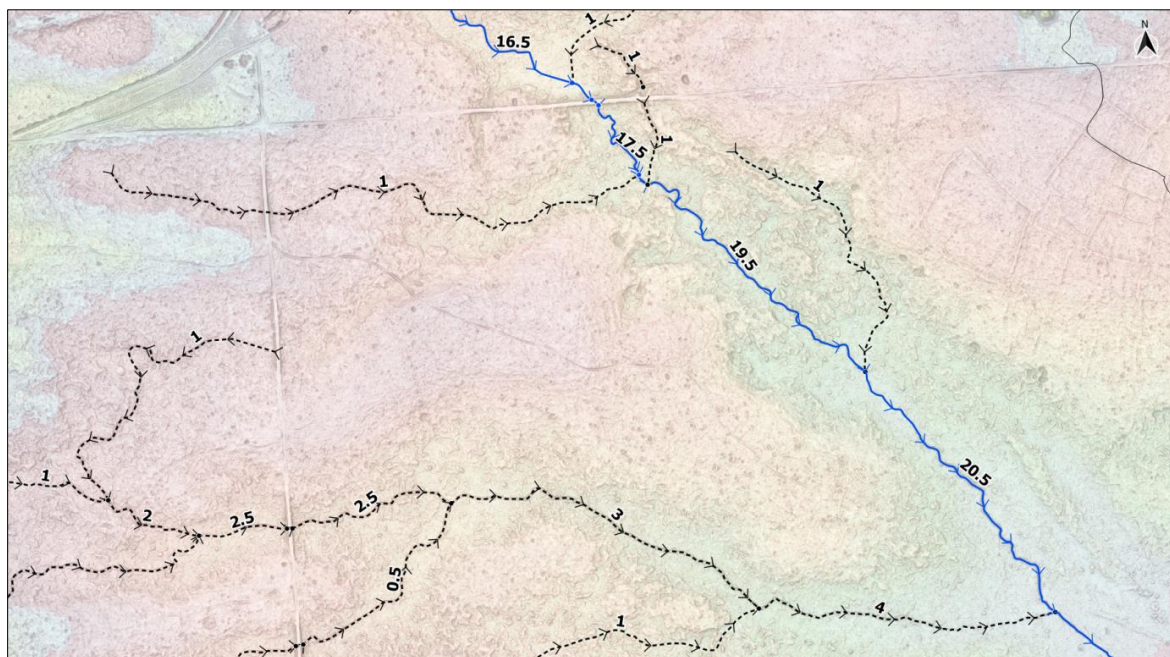


Ryc. 9.5. Schematyczny przykład wyznaczania szerokości cieków (punkty niebieskie) na podstawie wyznaczenia lokalnych maksimów po obu stronach rzeki (punkty zielone) (źródło: opracowanie własne)

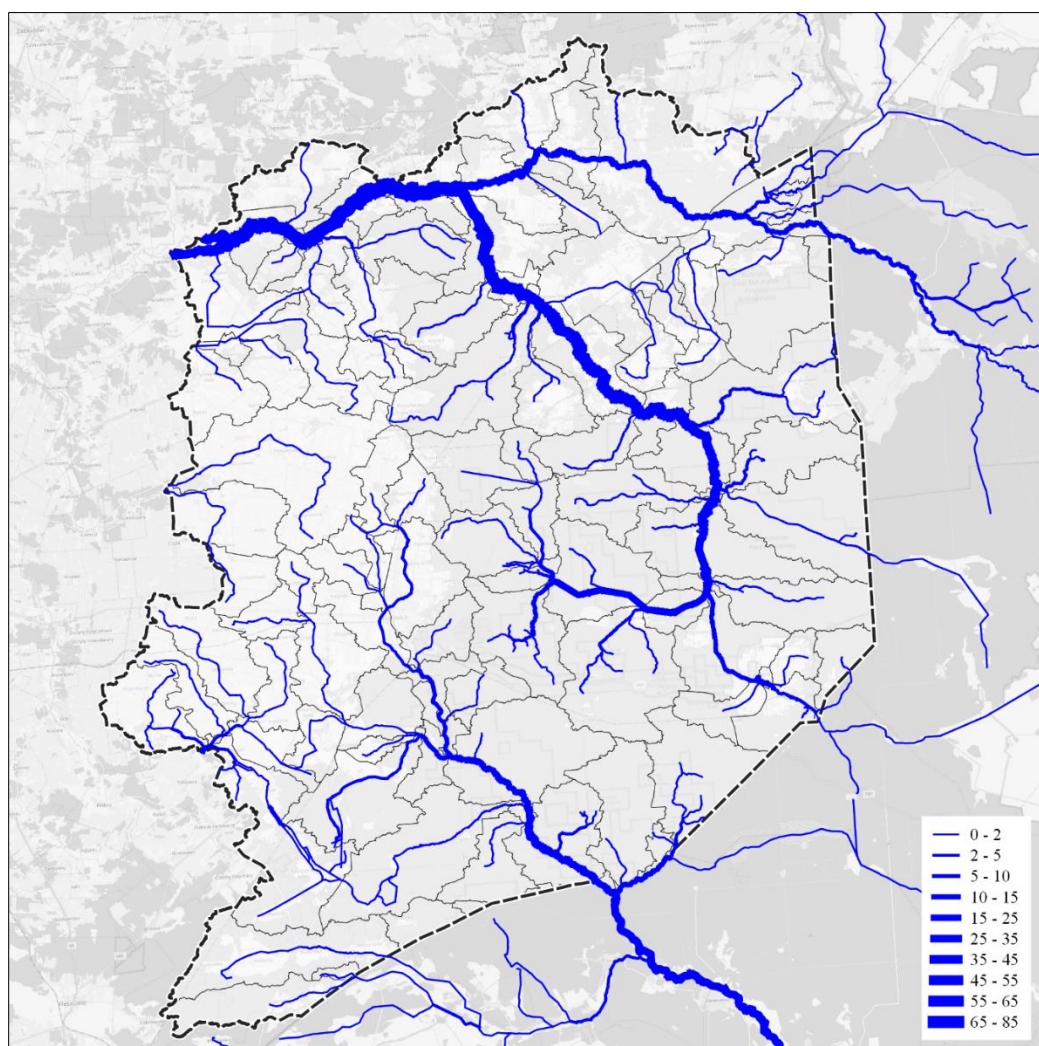
Dodatkowo wyznaczona została rzędowość cieków (bez uwzględnienia starorzeczy, cieków okresowych i wszystkich kategorii rowów technicznych) zgodnie z systemem klasyfikacji Strahlera (1957) (Rys. 9.6).



Ryc. 9.6. Schemat systemu klasyfikacji cieków wg Strahlera (źródło: Wikipedia.pl)



Ryc. 9.7. Przykład sieci hydrograficznej wraz z klasyfikacją cieków wg Strahlera (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 9.8. Rzędowość cieków naturalnych PB wg Strahlera (źródło: opracowanie własne)

9.3. Wektoryzacja i parametryzacja urządzeń infrastruktury wodnej

Zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 20 lipca 2017 roku Prawo wodne (Dz. U. 2017 poz. 1566) przez urządzenie infrastruktury wodnej rozumie się urządzenia lub budowle służące do kształtowania zasobów wodnych lub korzystania z tych zasobów. Lokalizacje punktowych urządzeń (obiektów) infrastruktury wodnej zwektoryzowano na scharakteryzowanych wcześniej podkładach kartograficznych, przy czym w tym zakresie szerzej wykorzystano treść mapy topograficznej (szczególnie w zakresie potencjalnej lokalizacji przepustów i mostów). Wyniki wektoryzacji zestawiono w geobazie plikowej ESRI w postaci warstwy punktowej o następującej strukturze pól:

a) **ID** (INTEGER 10) – unikalny identyfikator obiektu infrastruktury wodnej.

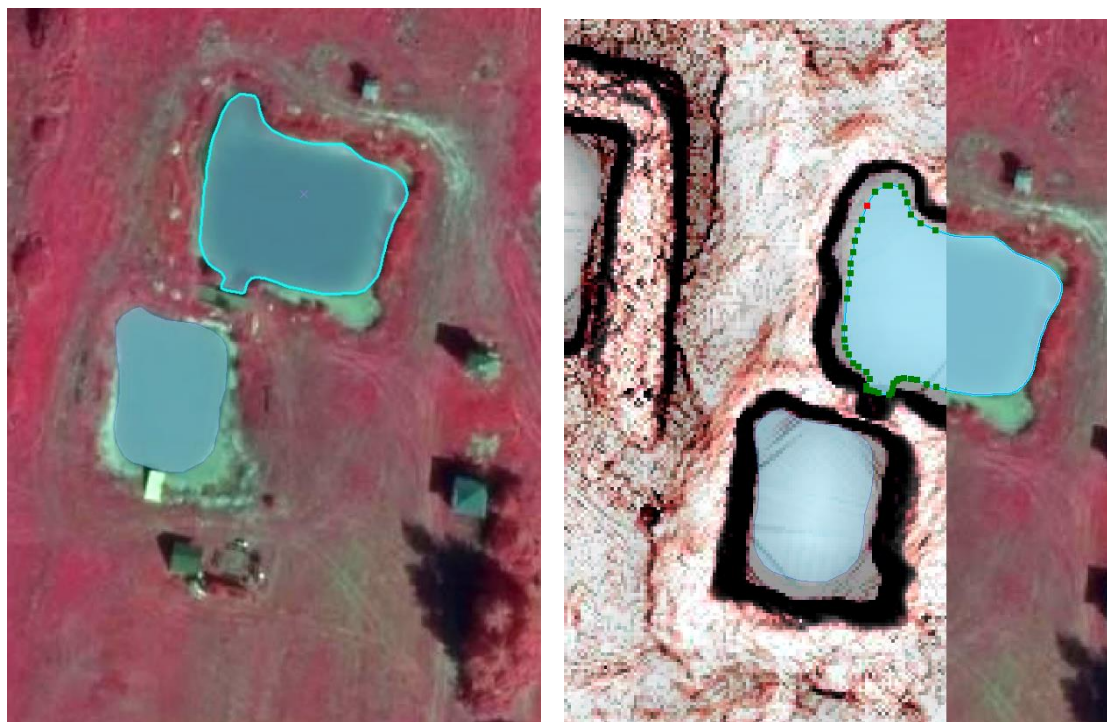
b) **Typ** (STRING 20):

- Bród – naturalne wypłylenie ciekę lub sztucznie umocnione dno, pozwalające na przejazd przez koryto ciekę przez odpływ piętrzenia; najczęściej stosuje się go w przypadku, gdy budowla piętrząca (wał, grobla, próg) zlokalizowana jest na drodze leśnej.
- Bystrotok – umocniony odcinek ciekę charakteryzujący się dużym spadkiem podłużnym stosowany na odpływie piętrzenia ciekę o stosunkowo dużych przepływach, mogących powodować erozję wgłębną dna ciekę za przeszkodą. W Puszczy Białowieskiej bystrotoki często są wykonane z narzutu kamiennego spełniającego jednocześnie rolę stopnia (niskiego piętrzenia).
- Jaz – budowla wybudowana w poprzek rzeki lub kanału w jego korycie, wylotach zbiorników służący do okresowego lub stałego piętrzenia wody, o świetle ponad 1,5 m.
- Kładka, most, mostek - budowle umożliwiające przeprawę nad przeszkodą wodną, niezakłócającą swobodnego przepływu wody w świetle budowli; rodzaj konstrukcji często umożliwia piętrzenia, najczęściej w przypadku małych konstrukcji; odmianą mostu jest kładka, która służy do ruchu pieszych,
- Przepust - krótki rurociąg służący do przeprowadzenia wody zazwyczaj pod drogą, jego wyposażenie w zasuwę umożliwia piętrzenie wody. W zależności od liczby biegnących równolegle rurociągów wyznaczono również ich dodatkowe typy: przepust „oku2” (dwa przewody), przepust „oku3” (trzy przewody), przepust z możliwością piętrzenia.
- Stopień - budowla regulacyjna stanowiąca obudowę dna w miejscu jego uskoku. Budowle te służą głównie zmniejszeniu zbyt dużego spadku dna cieków, stabilizacji dna a także piętrzeniu wody.
- Studnia – miejsce poboru wody pitnej/użytkowej.
- Wiadukt – obiekt służący do zapewnienia komunikacji drogowej nad drogą lub linią kolejową.
- Zapora - budowla hydrotechniczna, bariera przegradzająca dolinę rzeki w celu spiętrzenia wody (na Zbiorniku Siemianówka).
- Zastawka – budowla piętrząca stosowana na ciekach wodnych lub rowach, zwykle o świetle mniejszym niż 1,5 m.

- c) **Zrodlo** (STRING 20) – wskazanie materiału źródłowego na podstawie, którego pozyskano informacje na temat lokalizacji bądź parametrów technicznych urządzeń wodnych, np. DSD (projekty Docelowej Sieci Drogowej), TEREN (pomiar terenowy), MODEL (interpretacja treści NMT).
- d) **Material_k** (STRING 20) – określenie materiału z jakiego wykonany jest obiekt.
- e) **Stan** (STRING 10) – określenie stanu urządzeń wodnych w kontekście ustalenia pilności działań modernizacyjnych (dobry, zadowalający, średni, zły).
- f) **Droznosc** (STRING 10) – drożność obiektów punktowych, określana głównie dla przepustów i wskazująca na potrzebę działań modernizacyjnych.
- g) **Sred_cm** (INTEGER 10) – średnica obiektu w centymetrach.
- h) **Dlug** (INTEGER 10) – długość obiektu w metrach.
- i) **Zalecenia** (STRING 20) – bieżące zalecenia dotyczące obiektu.

9.4. Wektoryzacja i parametryzacja zbiorników wód powierzchniowych

Inwentaryzacji podlegały również zbiorniki wód powierzchniowych. Lokalizację oraz zasięg zbiorników wód powierzchniowych zwektoryzowano na podkładzie ortofotomapy lotniczej. Granice każdego zbiornika określano z uwzględnieniem aktualnego poziomu wody z wyjątkiem zbiorników okresowo suchych. W przypadku gdy treść ortofotomapy nie dawała możliwości jednoznacznej interpretacji zasięgu przestrzennego zbiornika (bujna roślinność, przesłanianie przez drzewostan) jako podkład do wektoryzacji wykorzystano modele pochodne obliczone na podstawie NMT (Ryc. 9.9).



Ryc. 9.9. Przykład wektoryzacji granic zbiorników po aktualnym lustrze wody z ortofotomapy CIR oraz z podkładem z NMT (źródło: opracowanie własne).

Wyniki wektoryzacji zbiorników wód powierzchniowych zestawiono w geobazie plikowej ESRI w postaci warstwy poligonowej o następującej strukturze pól:

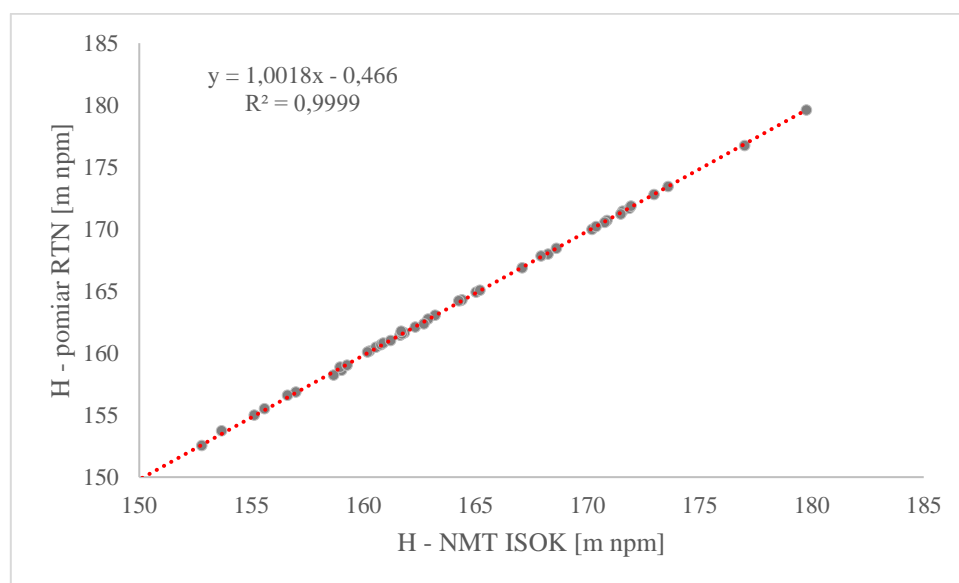
- a) **ID** (INTEGER 10) – unikalny identyfikator zbiornika wód powierzchniowych.
- b) **Obiekt** – wyróżniono następujące typy obiektów:
 - jezioro,
 - mokradło,
 - oczko,
 - staw,
 - zbiornik,
 - inny.
- c) **Rodzaj** – odpływowy lub bezodpływowy.
- d) **Funkcja** – główna funkcja zbiornika wodnego:
 - retencyjna,
 - rekreacyjna,
 - hodowlana,
 - ochrony ppoż.,
 - inna.
- e) **Funkcja II** – dodatkowa funkcja zbiornika wodnego wg. powyższych kodów.
- f) **Charakter** – naturalny lub sztuczny.
- g) **Powierzchnia** – powierzchnia geometryczna zbiornika wodnego [m²].

9.5. Prace terenowe oraz konsultacje w zakresie stanu i parametryzacji urządzeń wodnych

Terenowe prace w zakresie inwentaryzacji urządzeń wodnych prowadzono w terminie 1 czerwca do 10 września 2021 roku. Podczas prac terenowych weryfikowano wstępnie wytypowane lokalizacje urządzeń wodnych zwektoryzowanych podczas prac kameralnych. Ze względu na rozległy obszar opracowania oraz prawną możliwość realizacji działań podstawowe parametry i stan urządzeń wodnych ustalono jedynie na obszarach leśnych nadleśnictw LKP PB oraz w BPN. Parametry i lokalizacje urządzeń wodnych ustalone w trakcie realizacji projektów docelowej sieci drogowej (DSD) przyjęto w trybie obligatoryjnym, prowadząc jednocześnie losową, terenową kontrolę stanu i parametrów wskazanych urządzeń. W momencie stwierdzenia rozbieżności z parametrami określonymi w DSD przyjmowano aktualne ustalenia terenowe.

Podczas realizacji prac terenowych, oprócz kontroli oraz określania stanu i parametrów urządzeń wodnych, zwracano również uwagę na inne uwarunkowania ważne w kontekście niniejszego opracowania. Obejmowały one m.in. kontrolę występowania cieków o charakterze okresowym lub stanu siedlisk, które podczas realizacji prac glebowo-siedliskowych oznaczono jako zniekształcone w różnym stopniu w wyniku zaburzenia stosunków wodnych (zawodnienie lub nadmierne przesuszenie siedlisk). Innymi czynnikami na jakie zwracano uwagę były kontrole kierunku spływu cieków i ich łączności hydrologicznej. Prace terenowe obejmowały ponadto eksperyment mający na celu ocenę dokładności wysokościowej modeli terenu wykorzystywanych w procesie prac kameralnych i późniejszego modelowania zasobów wodnych oraz opracowania bilansu wodnego gleb

i siedlisk. Badania polegały na pomiarze GNSS współrzędnych sytuacyjnych i wysokości punktów metodą RTN za pomocą odbiornika Spectra SP60 w miejscach charakterystycznych (np. nasypy drogowe) i porównaniu wyników z wartościami wysokości z modeli terenu wyznaczonych na podstawie danych ISOK i pozyskanych w ramach projektu ForBioSensing. Dodatkowo wykonano kontrole zgodności pomiarów i modeli pod okapem drzewostanu w lokalizacjach stabilizowanych w ramach traktów powierzchni Wielkoobszarowej Inwentaryzacji Stanu Lasu (WISL) realizowanego przez BULiGL. Uzyskane wyniki potwierdziły bardzo wysoką zgodność modeli numerycznych z terenowym pomiarem wysokości, co daje podstawę do ich kompleksowego wykorzystania w zakresie szacowania parametrów geometrycznych obiektów i ich wzajemnych relacji (Ryc. 9.10).



Ryc. 9.10. Porównanie wysokości bezwzględnych z naziemnego pomiaru RTN z wysokościami próbkowanymi z modelu terenu wygenerowanego na podstawie chmur punktów z projektu ISOK (źródło: opracowanie własne).

Wyniki inwentaryzacji kameralnej oraz terenowej poddano konsultacjom z administracją leśną nadleśnictw, które przeprowadzono w następujących terminach:

- Nadleśnictwo Białowieża – 16.09.2021 r.,
- Nadleśnictwo Hajnówka – 22.09.2021 r.,
- Nadleśnictwo Browsk – 23.09.2021 r.

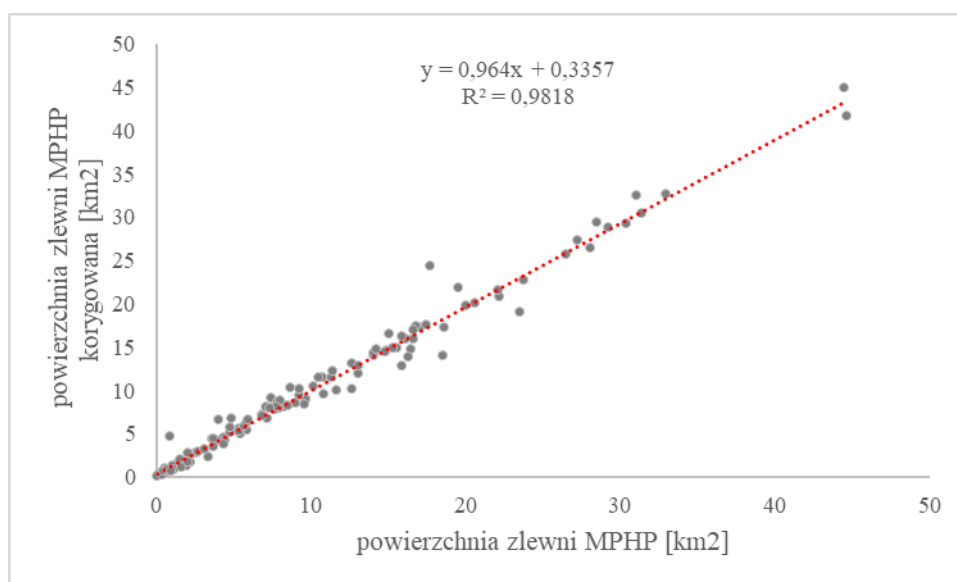
Konsultacje prowadzono z trybie indywidualnym na poziomie leśnictw. Na spotkaniach obecny był leśniczy lub podleśniczy, inżynier nadzoru oraz osoba nadzorująca Leśną Mapę Numeryczną w nadleśnictwie. Tematem konsultacji były lokalizacje, parametry, stan urządzeń wodnych oraz ewentualne potrzeby konserwacyjne. Dodatkowo szeroko omawiano kwestie problemowe związane z obiegiem wody w poszczególnych leśnictwach oraz pozyskiwano materiały dodatkowe (np. dokumentację fotograficzną urządzeń wodnych prowadzoną przez niektórych leśniczych). Konsultacje w podobnym zakresie zrealizowano również w Białowskim Parku Narodowym w terminie 12.10.2021 r.

Po konsultacjach dokonano niezbędnych korekt w zakresie geometrii i parametrów numerycznej sieci hydrograficznej i urządzeń wodnych. W końcowym etapie zrealizowano

kilkudniowe prace terenowe mające na celu wyjaśnienie wątpliwości/rozbieżności co do oceny stanu i parametrów urządzeń.

9.6. Korekta geometryczna granic zlewni MPHP i delimitacja zlewni elementarnych

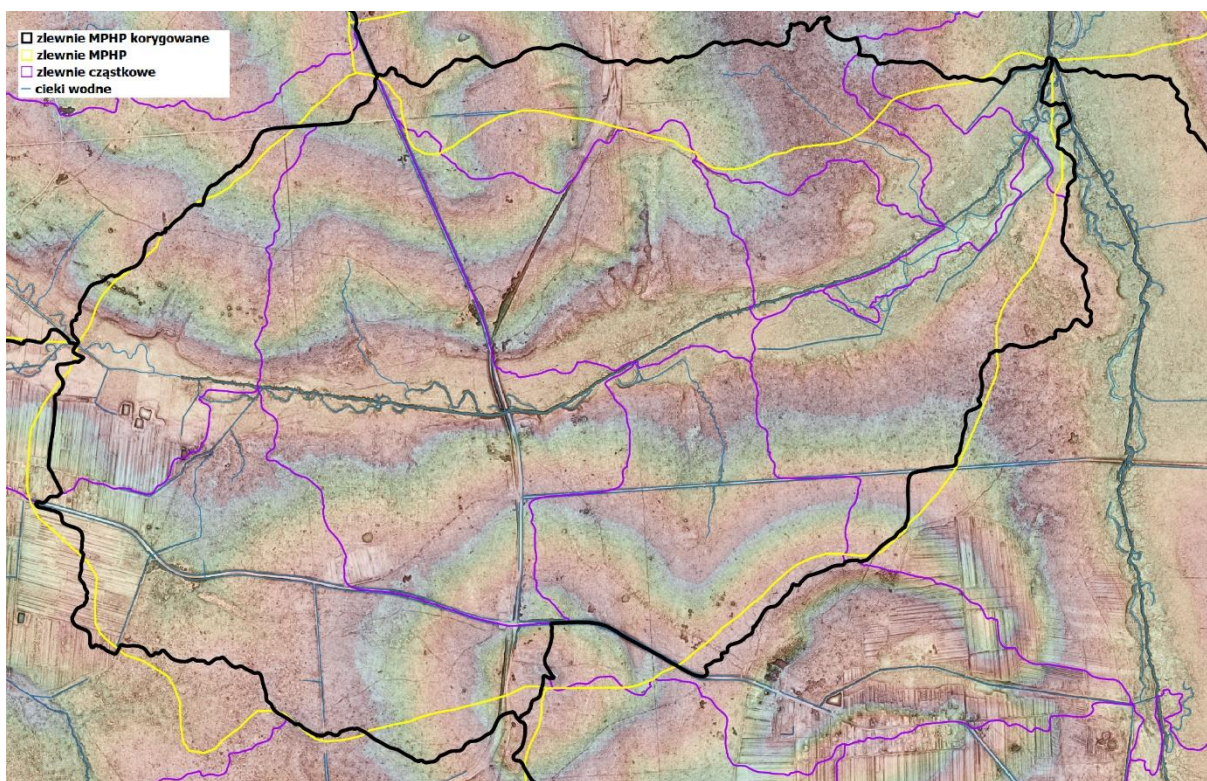
Z uwagi na dostępność bardzo dokładnych materiałów teledetekcyjnych ze skanowania laserowego LIDAR, w oparciu o obliczone modele oraz warstwę siedlisk hydrogenicznych dokonano korekty (uszczegółowienia) granic zlewni MPHP, co z kolei wpłynęło na aktualizację zasięgu opracowania. Korektę przebiegu granic zlewni MPHP zrealizowano z wykorzystaniem półautomatycznej metody obejmującej zastosowanie modelu hydrologicznego SWAT (The Soil & Water Assessment Tool, <https://swat.tamu.edu>) do wyznaczenia zlewni elementarnych (podział zlewni 5-11 rzędu na zlewnie niższego rzędu) a następnie ich manualną interpretację i korektę. Granice zlewni cząstkowych/elementarnych wyznaczono na podstawie analizy NMT poddanemu typowej procedurze preprocesingu polegającej na wypełnianiu sztucznych zagłębień terenu powstałych podczas interpolacji modelu, a następnie „wypaleniu” sieci rzecznej zwektoryzowanej wcześniej na odpowiednio przygotowanych wizualizacjach NMT. W dalszej kolejności dokonano interpretacji uzyskanych wyników, wprowadzono niezbędne korekty przebiegu granic zlewni cząstkowych, jak również dokonano ich agregacji z uwzględnieniem rzędowości zlewni MPHP (Ryc. 9.12). Łączna liczba zlewni cząstkowych w zasięgu opracowania wyniosła 1288. Zagregowano je do 119 zlewni odpowiadających podziałowi hydrograficznemu Polski (MPHP). Liczbę zlewni MPHP zredukowano o 3 ze względu na ich niewielką powierzchnię znajdującą się w zasięgu opracowania.



Ryc. 9.11. Porównanie powierzchni zlewni MPHP przed i po korekcie geometrycznej z wykorzystaniem numerycznych danych wysokościowych (źródło: opracowanie własne).

Uwzględnienie numerycznych danych wysokościowych oraz zwektoryzowanej sieci rzecznej spowodowało przesunięcie granic skorygowanych zlewni wpływające również na zmianę powierzchni pierwotnych zlewni z MPHP. Na poniższym rysunku zestawiono

porównanie powierzchni zlewni MPHP przed i po korekcie geometrycznej. Generalnie zmiany powierzchni po korekcie geometrycznej nie są duże i znajdują się na średnim poziomie około 13% powierzchni zlewni MPHP przed korektą (Ryc. 9.11).



Ryc. 9.12. Przykład korekty granicy zlewni Łutowni od Kryńcy do ujścia (linia czarna) na tle granic MPHP (linia żółta) i jej podział na zlewnie elementarne (linia fioletowa) z wykorzystaniem numerycznych danych wysokościowych lotniczego skanowania laserowego (źródło: opracowanie własne).

9.7. Określenie niezbędnego zakresu utrzymania i konserwacji urządzeń wodnych

Zgodnie z art. 188 ust 1 Ustawy Prawo wodne, utrzymywanie urządzeń wodnych należy do ich właścicieli i polega na eksploatacji, konserwacji oraz remontach. Podstawą do określenia niezbędnego zakresu utrzymania i konserwacji urządzeń wodnych są wyniki prac inwentaryzacyjnych. W ich ramach określono stan urządzeń. Ocena ta stała się podstawą do wnioskowania na temat zakresu działań naprawczo-konserwacyjnych, jak również umożliwiła hierarchizację działań (określenie stopnia pilności), co zostało zawarte w warstwach numerycznych oraz zwizualizowane na odpowiednich mapach.

10. WALORYZACJA ZLEWNI PUSZCZY BIAŁOWIESKIEJ Z PUNKTU WIDZENIA REALIZACJI CELÓW DOKUMENTU Z WYKORZYSTANIEM ANALIZY WIELOKRYTERIALNEJ AHP

Puszcza Białowieska stanowi rezerwar cennych siedlisk, w tym hydrotopów. Większość z nich charakteryzuje się podwyższoną wrażliwością na zaburzenia stosunków wodnych. Aby je skutecznie chronić konieczne jest podjęcie adekwatnych działań w odpowiednim miejscu i czasie. Planowanie działań mających na celu poprawę warunków wodnych lokalnie – w płacie siedliska, bez zaburzenia ogólnego reżimu wodnego Puszczy, dodatkowo podlegającego rytmom zmian naturalnych i sztucznych wymaga uwzględnienia bardzo wielu czynników warunkujących. Należy nadmienić, iż czynniki te w różnym stopniu wpływają na proces planowania działań, zależnie od ich roli siedliskotwórczej i modyfikującej obieg wody. W tak złożonym obiekcie nie jest możliwe planowanie działań w oparciu o jeden czynnik a następnie ich modyfikacja z uwzględnieniem innych, np. ograniczających, czynników. Zważywszy na te uwarunkowania, w niniejszym opracowaniu zdecydowano się na wykorzystanie jednej z metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji – metody AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*), której podstawy metodyczne zostały opracowane w latach 70-tych XX wieku przez amerykańskiego matematyka Thomasa L. Saaty'ego a jej praktyczne wdrożenia są bardzo liczne na świecie. Metoda ta znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach, a w szczególności w zakresie podejmowania różnorodnych decyzji lokalizacyjnych z uwzględnieniem zmiennych geograficznych, ilościowych i jakościowych. Jest zatem metodą bardzo uniwersalną, umożliwiającą wykorzystanie danych z wielu źródeł. Innymi obszarami wykorzystania metody AHP są np. decyzje polegające na ocenie wielofunkcyjności obszarów, innowacyjności technologii, bezpieczeństwa, czy rozwiązywania problemów menadżerskich i organizacyjnych (Dietrich 2010).

W realizacji procedury obliczeniowej metody AHP można wyróżnić pięć charakterystycznych etapów (Saaty 1980, Łuczak i Wysocki 2008, Kobryń 2014):

1. Budowa modelu hierarchicznego – strukturyzacja problemu i budowa hierarchii czynników (kryteriów i subkryteriów) wpływających na rozwiązanie końcowe rozważanego problemu.
2. Zastosowanie 9-stopniowej skali ocen porównań parami wg Saaty'ego.
3. Zestawienie wyników w macierze porównań oraz sprawdzenie ich poprawności.
4. Obliczenie priorytetów lokalnych i globalnych poszczególnych elementów struktury hierarchicznej.
5. Ustalenie końcowego rankingu wariantów i wybór rozwiązania najkorzystniejszego.

Etap 1 polega na budowie struktury hierarchicznej rozważanego zagadnienia decyzyjnego. W wyniku dekompozycji przyjętego problemu decyzyjnego należy początkowo zdefiniować cel nadrzędny analizy (poziom PI). Na poziomie PII definiowane są grupy kryteriów głównych, a wśród nich planowane są kryteria oceny (PIII). Poziom PIV stanowią alternatywne warianty rozwiązania danego problemu decyzyjnego. Określenie stopnia pilności działań mających na celu optymalizację stosunków wodnych z dostosowaniem do występujących tam siedlisk zastosowano z wykorzystaniem zmodyfikowanego modelu hierarchizacji. Pewne zmiany w strukturze hierarchicznej metody AHP zostały zaproponowane w pracy dotyczącej opracowania metodyki wyboru optymalnych lokalizacji składowiska

odpadów komunalnych (Wota i Woźniak 2008). Autorzy zaproponowali wprowadzenie w strukturze hierarchicznej dodatkowego poziomu (PIV) – poziomu subkryteriów, którym przypisano przedziały liczbowe stanowiące skalę oddziaływania stosowanych kryteriów ewaluacji. W tym podejściu, warianty decyzyjne rozlokowane są na poziomie V struktury. Niewątpliwą zaletą takiego podejścia jest uniwersalność zastosowań opracowanej metody. Przykładowo, zestaw kryteriów opracowany przez grupę ekspercką z danej dziedziny, może być z łatwością wykorzystany w odniesieniu do innych obszarów geograficznych. Ponadto, warto wskazać na inne korzyści takiego podejścia obejmujące możliwość rozpatrzenia praktycznie nieskończonej liczby wariantów decyzyjnych, jak również możliwość wprowadzenia do modelu dodatkowych rozwiązań alternatywnych, bez konieczności powtarzania całej procedury obliczeniowej od początku – jak to ma miejsce w tradycyjnym ujęciu metody AHP (Kolendo i Kolendo 2013).

W niniejszym opracowaniu hydrologicznym, pomimo zastosowania zmodyfikowanej struktury hierarchicznej, zaproponowano również odmienny od tradycyjnego sposób definiowania wariantu decyzyjnego. Wiele badań z zakresu praktycznych zastosowań metody AHP rozpatruje pewną skończoną liczbę rozwiązań alternatywnych, częstokroć hipotetycznych (np. propozycja wariantów lokalizacji zakładu przemysłowego). Celem zwiększenia wymiaru praktycznego opracowanych rozwiązań metodyczno-proceduralnych z zakresu określania pilności podejmowania działań hydrologicznych na konkretnych płatach siedliskowych, proponuje się podział badanego obszaru na pola (obiekty) elementarne, które następnie można rozpatrywać w kategoriach rozwiązań alternatywnych (wariantów w klasach pilności działań). W rezultacie, możliwym jest wygenerowanie ciągłej mapy pokrywającej badany obszar, na której poszczególne obiekty podstawowe przechowują informacje na temat oceny końcowej wariantu, która w tym przypadku może być interpretowana jako stopień pilności działań na konkretnych płatach siedliskowych w zlewniach.

W etapie 2, na podstawie względnej skali ocen zaproponowanej przez Saaty'ego następuje porównanie parami poszczególnych kryteriów oraz wariantów decyzyjnych. Kwadratowe macierze porównań parami tworzone są na każdym poziomie hierarchii. Macierze te określane są również mianem „*macierzy preferencji*”, ponieważ porównanie parami pozwala na określenie relatywnej dominacji jednego kryterium/czynnika nad drugim. Macierze te cechuje spójność parami, co oznacza, że dany element macierzy jest równoważny względem samego siebie ($p_{i,j} = 1$) oraz wartość oceny elementu (J) względem elementu (I) jest odwrotnością oceny (I) względem (J) ($p_{i,j} = 1/p_{j,i}$). Ogólna postać macierzy porównań parami jest następująca:

$$P = \begin{bmatrix} 1 & p_{1,2} & \dots & p_{1,n} \\ 1/p_{1,2} & 1 & \dots & p_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1/p_{1,n} & 1/p_{2,n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (10.1)$$

Z macierzą P związane jest pojęcie zgodności. Macierz porównań P określa się mianem zgodnej, jeżeli dla każdego $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ jest spełniony warunek $p_{i,j} \cdot p_{j,k} = p_{i,k}$.

W etapie 3, na podstawie priorytetów określonych w poprzednim kroku w odniesieniu do poszczególnych kryteriów i wariantów decyzyjnych wyznacza się preferencje/wagi globalne i lokalne. Są one reprezentowane przez składowe wektora własnego W macierzy porównań P, związanego z maksymalną wartością własną λ_{\max} . Na kolejnych etapach przetwarzania

wyjściowej macierzy porównań przeprowadza się tzw. normalizację, której celem jest doprowadzenie sumy odpowiednich elementów do wartości równej jedności. Wartości te stanowią następnie podstawę obliczania wag (indywidualnych ocen rozpatrywanych charakterystyk):

$$w_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (10.2)$$

W etapie 4 dokonuje się weryfikacji ocen wynikających z porównań parami. Pełna ocena wariantów decyzyjnych metodą AHP obejmuje bowiem obliczenie indeksu zgodności (spójności) ocen CI (ang. *Consistency Index*). Indeks zgodności oblicza się z następującego równania:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (10.3)$$

gdzie:

CI – indeks spójności,

n – wymiar macierzy.

Indeks zgodności (spójności) pozwala na zweryfikowanie jakości subiektywnych ocen dokonanych przez eksperta. W przypadku pełnej zgodności ocen $\lambda_{\max} = n$, zaś $CI = 0$. Na podstawie indeksu CI oblicza się współczynnik spójności, który jest ilorazem indeksu spójności i losowego indeksu RI:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (10.4)$$

Przy czym RI odzwierciedla wartość średnią CI dla dużej liczby losowo wygenerowanych macierzy porównań. Wartości indeksu RI, zaproponowane przez Autora metody, zestawiono w tabeli 3.1. Wartość współczynnika spójności nie powinna przekraczać poziomu 0,10.

Tab. 10.1. Wartość losowego indeksu RI (źródło: Kobryń 2014)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,58

W etapie 5 dochodzi do ustalenia rankingu rozpatrywanych wariantów. Ranking końcowy powstaje poprzez obliczenie dla każdego wariantu wartości agregującej funkcji użyteczności. Wartość ta jest sumą iloczynów bezwzględnych wag wariantu (poczynając od wariantu, przechodząc przez kryteria, a kończąc na celu nadrzędnym). Z uwagi na zastosowanie zmodyfikowanej metody AHP, w tym opracowaniu nie określano rankingu końcowego poszczególnych wariantów, natomiast – z uwagi na liczbę rozpatrywanych wariantów (obiekty podstawowe pól siedliskowych) – klasę przydatności w zakresie założonego celu nadrzędnego.

W ramach niniejszego opracowania hydrologicznego, w pierwszej kolejności dokonano dekompozycji rozważanego zagadnienia do struktury hierarchicznej. Celem nadrzędnym (PI) jest określenie stopnia pilności działań hydrologicznych mających na celu optymalizację stosunków wodnych w badanych zlewniach. Na poziomie drugim PII rozmieszczono grupy kryteriów: (A) Potencjał przyrodniczy, (B) Antropopresja, (C) Potencjał retencyjny, (D) Uwarunkowania prawne (rozumiane również jako ograniczenia). Na poziomie kolejnym

w strukturze PIII znalazły się kryteria główne, stanowiące uszczegółowienia grup kryteriów głównych:

- a) W grupie kryteriów potencjału przyrodniczego (A) wyróżniono:
 - A.1. Wrażliwość siedliska na zmiany stosunków wodnych – analizowane płaty siedlisk oceniono w 10-stopniowej skali od 1 (duża odporność) do 10 (siedliska skrajnie wrażliwe na zmiany stosunków wodnych).
 - A.2. – Stopień zniekształcenia umownego pedonu (lokalnej grupy gleb o tym samym podtypie lub typie) – określono na podstawie eksperckiej oceny zniekształcenia gleby w 10 stopniowej skali (od 1 – silne zniekształcenia do 10 – brak zniekształceń) dokonanej w wierceniach wykonanych w trakcie prac glebowo-siedliskowych na terenie LKP PB w latach 2018-2019 przez Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Białymstoku. Oceny zniekształceń gleb określono na podstawie blisko 11 tysięcy wierceń. W rezultacie dokonano interpolacji przestrzennej danych punktowych do rastra o rozdzielczości przestrzennej 25 m z wykorzystaniem techniki Krigingu zwykłego (ang. *Ordinary Kriging*, Journel 2005). Stan zniekształceń zmapowano na płaty siedliskowe w postaci statystyki strefowej z wykorzystaniem średniego stopnia zniekształcenia gleby.
 - A.3. – Waler płatu siedliskowego – analizowane płaty siedlisk waloryzowano metodą ekspercką w 10 stopniowej skali od 1 (niski waler przyrodniczy, brak stanowisk cennych gatunków) do 10 (siedliska o wysokich walorach i potencjale przyrodniczym).
- b) W grupie kryteriów związanych z antropopresją (B) wskazano następujące podkryteria:
 - B.1. – Wiek fitocenozy – określono na podstawie opisów taksacyjnych drzewostanów (wiek gat. panującego) w zasięgu przestrzennym opracowania.
 - B.2. – Gęstość systemu melioracyjnego – wyznaczono na podstawie wyników inwentaryzacji śródlądowych wód płynących (klasa: rowy mel.), jako iloraz długości rowów melioracyjnych i powierzchni zlewni elementarnej. Większe wartości tego parametru sygnalizują o silniejszym stopniu przekształcenia zlewni przez człowieka z wykorzystaniem urządzeń do regulacji stosunków wodnych.
 - B.3. – Stopień antropogenicznego przekształcenia zlewni elementarnej – rozumianej jako stosunek obwodu terenowych barier powierzchniowego spływu wody pochodzenia antropogenicznego do obwodu zlewni. Pod pojęciem bariery przestrzennej rozumie się wypukłe formy (nasypy) wprowadzone przez człowieka i związane głównie z rozbudową systemu komunikacji kołowej i kolejowej. Formy te zostały wytypowane w wyniku automatycznej analizy geomorfonów, a następnie weryfikowane z wykorzystaniem danych z prac glebowo-siedliskowych, podczas których dokonano terenowej oceny wpływu konkretnych nasypów w kontekście zaburzenia przez nie obiegu wody w siedliskach (przepływ cieków, spływ powierzchniowy). Warto nadmienić, iż detekcję nasypów zrealizowano również na terenach rolniczych badanego obszaru, jednak nie prowadzono tam weryfikacji terenowej ich roli i znaczenia w kontekście obiegu wody.

- c) W grupie kryteriów związanych z potencjałem retencyjnym (C) uwzględniono::
- C.1. – Potencjał retencyjny płatu siedliskowego (obiekt podstawowy analizy) – potencjał retencyjny obliczono z wykorzystaniem dynamicznego modelu zawartości wody w glebie uwzględniającego szereg czynników: meteorologicznych, rodzaju i stanu fitocenozy oraz typu gleby każdego z płatów siedliskowych (obiektów podstawowych). Dla każdego z płatów obliczono średnią zawartość wody w glebie dla każdego miesiąca w latach 2017-2020. Następnie obliczono różnice między uzyskanymi średnimi z odpowiadających sobie miesięcy z lat 2017 (rok mokry w okresie wegetacyjnym) i 2018 (rok suchy w okresie wegetacyjnym). Zsumowane w skali roku różnice są dobrym estymatorem potencjału retencyjnego danego płatu (ilość wody dostępnej roślinom w okresie wegetacyjnym, jaka teoretycznie może być dodatkowo zgromadzona w glebie, gdyby stale utrzymać warunki uwilgotnienia płatu jak w roku mokrym).
 - C.2. – Średnia odległość obiektu podstawowego od cieków (okresowych) – odległość obiektu podstawowego od cieków okresowych jest estymatorem możliwości pośredniego wpływu na warunki obiegu wody w glebie płatu siedliskowego poprzez spowolnienie spływu w ciekach okresowych. Wyznaczona została jako średnia strefowa w płacie na podstawie rastra odległości euklidesowej (ang. *Euclidean distance*).
 - C.3. – Przestrzenny rozkład materiału do spowalniania odpływu powierzchniowego – blokowanie/spowalnianie odpływu powierzchniowego można wykonać za pomocą różnych technik i materiałów dostępnych na miejscu, co minimalizuje oddziaływania budowy dróg dojazdowych i transportu materiałów na budowę piętrzeń. Jedną z opcji jest wykorzystanie drewna martwego względnie trwałych gatunków drzew. Szczególnie nadają się do tego gatunki drewna dobrze znoszące kontakt z wodą – dąb, olcha. W celu oszacowania tego kryterium wykorzystano raster przestrzennego rozkładu drewna martwego w kompleksie Puszczy Białowieskiej wyliczony z badań wykonanych w ramach Wielkoskalowej Inwentaryzacji Lasów Państwowych w latach 2016-2017 (WILP 2016).
- d) W grupie ograniczeń natury prawnej znalazło się jedno kryterium generalne, lecz ujmujące w sobie szereg innych – tzw. warstwa stref UNESCO. Znaczenie Puszczy na arenie międzynarodowej i wpisanie jej na listę Światowego Dziedzictwa UNESCO pociąga za sobą pewne ograniczenia w zakresie działań aktywnych. Choć zasoby wodne i związane z wodą siedliska znalazły się na tzw. liście OUV (Wyjątkowe Uniwersalne Wartości) to w strefach: 1, 2a i 2b obowiązują ograniczenia niemal wykluczające wszystkie działania o intensywnym charakterze, w tym działania z zakresu kształtowania stosunków wodnych. Uznano zatem, że warstwa zasięgów stref dobrze oddaje uwarunkowania prawne a przy ewentualnej jej aktualizacji, będzie można stosunkowo łatwo powtórzyć obliczenia analizy AHP. Podzielono zatem badany obszar na strefy o różnym stopniu swobody działań hydrologicznych z wykorzystaniem mapy zasięgu stref Obiektu Światowego Dziedzictwa Puszcza Białowieska (OŚD, UNESCO).

Na poziomie IV opracowanej struktury hierarchicznej znalazły się subkryteria, czyli propozycje konkretnych stanów w ramach poszczególnych kryteriów ewaluacji. W ramach każdego z kryteriów przyjęto po 4 stany (zakresy) wartości kryteriów, np. w kryterium C.2 zastosowano następujące zakresy:

- C.2.1 – bardzo bliskie położenie płatu względem cieku okresowego (0-250 m),
- C.2.2 – bliskie położenie (250-1000 m),
- C.2.3 – średnio bliskie położenie (1000-2000 m),
- C.2.4 – dalekie położenie (> 2000 m).

W kolejnym kroku dokonano ustalenia wag globalnych WG i lokalnych WL rozpatrywanych kryteriów na wszystkich poziomach struktury hierarchicznej badanego zagadnienia. Obliczenia zrealizowano z wykorzystaniem odpowiednio przygotowanych arkuszy programu MS Excel. Wagi grup kryteriów (WG=WL) ustalono następująco (Tab. 10.2-10.4):

- (A) Potencjał przyrodniczy – 0,516;
- (B) Antropopresja – 0,158;
- (C) Potencjał retencyjny – 0,284;
- (D) Prawne uwarunkowania – 0,042.

Tab. 10.2. Wagi globalne i lokalne kryteriów i subkryteriów w zakresie grupy (A)

Gr.	Kryterium	WG	WL	subkryterium	WL	WG
(A) Potencjał przyrodniczy	A.1. Wrażliwość siedliska na zmianę stosunków wodnych [pkt]	0,129	0,250	A.1.1 (7-10)	0,513	0,0662
				A.1.2 (4-7)	0,275	0,0355
				A.1.3 (2-4)	0,138	0,0178
				A.1.4 (1-2)	0,074	0,0095
	A.2. Stopień zniekształcenia pedonu [pkt]	0,258	0,500	A.2.1 (8-10)	0,513	0,1322
				A.2.2 (6-8)	0,275	0,0710
				A.2.3 (4-6)	0,138	0,0356
				A.2.4 (0-4)	0,074	0,0191
	A.3. Walor płatu siedliskowego [pkt]	0,129	0,250	A.3.1 (7-10)	0,513	0,0662
				A.3.2 (4-7)	0,275	0,0355
				A.3.3 (2-4)	0,138	0,0178
				A.3.4 (1-2)	0,074	0,0095

Tab. 10.3. Wagi globalne i lokalne kryteriów i subkryteriów w zakresie grupy (B)

Gr.	Kryterium	WG	WL	subkryterium	WL	WG
(B) Antropopresja	B.1. Wiek fitocenozy [lata]	0,015	0,094	B.1.1.(>80)	0,513	0,0076
				B.1.2 (20-80)	0,275	0,0041
				B.1.3 (0-20)	0,138	0,0020
				B.1.4 (0-0)	0,074	0,0011
	B.2. Gęstość systemu melioracyjnego [*]	0,044	0,280	B.2.1 (>40)	0,513	0,0227
				B.2.2 (15-40)	0,275	0,0122
				B.2.3 (5-15)	0,138	0,0061
				B.2.4 (0-5)	0,074	0,0033
	B.3. Stopień antropogenicznego przekształcenia zlewni [*]	0,099	0,627	B.3.1 (>1,5)	0,513	0,0508
				B.3.2 (1-1,5)	0,275	0,0272
				B.3.3 (0,25-1)	0,138	0,0137
				B.3.4 (0-0,25)	0,074	0,0073

Pilność działań mających na celu poprawę stosunków wodnych w siedliskach i docelowo w zlewniach obliczono w postaci sumy preferencji (wag) globalnych poszczególnych subkryteriów na najniższym poziomie struktury hierarchicznej rozpatrywanego zagadnienia. Wyniki uzyskane na poziomie obiektu podstawowego uszeregowano następnie względem pilności działań i zaliczono do 4 klas (priorytetów) o następujących przedziałach:

- Priorytet I – (> 0,40),
- Priorytet II – (0,35-0,40),
- Priorytet III – (0,30 – 0,35),
- Priorytet IV – (<=0.30).

Z reguły analiza wielokryterialna z wykorzystaniem modelu AHP i GIS&T ma charakter 2-etapowy, zakładający różny charakter kryteriów decyzyjnych. Kryteria możemy podzielić na twarde (bariery) oraz kryteria miękkie (parametry, czynniki). Uwzględnienie kryteriów o charakterze twardym ma na celu wyznaczenie w skali badanego obszaru terenów predestynowanych do dalszych analiz. W niniejszym opracowaniu zastosowano kolejność odwróconą. W pierwszej kolejności cały obszar zwaloryzowano za pomocą kryteriów o charakterze miękkim, aby móc zaproponować realne uśrednione potrzeby i określić pilności działań optymalizujących stosunki wodne w zlewniach w kontekście występujących tam siedlisk. Następnie dokonano konfrontacji tychże potrzeb z możliwościami ich realizacji z uwzględnieniem ograniczeń (strefy 1-2b OŚD).

Tab. 10.4. Wagi globalne i lokalne kryteriów i subkryteriów w zakresie grup (C) i (D)

Gr.	Kryterium	WG	WL	subkryterium	WL	WG
(C) Potencjał retencyjny	C.1. Potencjał retencyjny siedliska [mm <i>h</i> H ₂ O]	0,178	0,625	C.1.1 (>750)	0,513	0,0911
				C.1.2 (500-750)	0,275	0,0488
				C.1.3 (200-500)	0,138	0,0245
				C.1.4 (0-200)	0,074	0,0131
	C.2. Średnia odległość płatu od cieku okresowego [m]	0,039	0,137	C.2.1 (0-250)	0,513	0,0200
				C.2.2 (250-1000)	0,275	0,0107
				C.2.3.(1000-2000)	0,138	0,0054
				C.2.4 (>2000)	0,074	0,0029
	C.3. Dostępność materiału do spowalniania odpływu [m ³ /ha]	0,068	0,238	C.3.1 (>125)	0,513	0,0347
				C.3.2 (75-125)	0,275	0,0186
				C.3.3 (25-75)	0,138	0,0093
				C.3.4 (0-25)	0,074	0,0050
(D) Uwarunkowania prawne	0,042	1	I – ochrona ścisła	0,044	0,0018	
			IIa – lasy wyłączone z użytkowania	0,105	0,0044	
			IIb – inne lasy wyłączona z użytkowania	0,215	0,0090	
			III i bufor – działania aktywne	0,636	0,0267	

CHARAKTERYSTYKA ZLEWNI PUSZCZY BIAŁOWIESKIEJ

Według klasycznej definicji zlewnia to całość obszaru, z którego wody spływają do jednego punktu danej rzeki (jeziora, bagna itp.) lub jej fragmentu. Jednak definicja ta nie oddaje ekosystemowej roli zlewni jako obszaru alimentacji nie tylko wód, ale również energii czy biogenów. Zlewnia tworzy pewien zamknięty, wewnątrz i zewnętrznie zbilansowany obiekt przestrzenny, który „komunikuje” się specyficznie (poprzez wymianę i transfer zasobów) z sąsiadującymi zlewniami. Jest on podstawową jednostką przestrzenną, w której zachodzą procesy hydrologiczne i dokonuje się bilansowanie zasobów wodnych na różnych poziomach. Każda zlewnia posiada unikalną charakterystykę oraz szczególne warunki środowiska przyrodniczego. Ich ogólny charakter i znaczenie w systemie hydrologicznym oddają wskaźniki takie jak odpływ, średni spadek czy inne, liczne cechy geometryczne. Parametry mające największy wpływ na kształtowanie odpływu ze zlewni mają między innymi: geometria zlewni, rzeźba terenu, sieć rzeczna i warunki drenażu, pokrycie terenu (użytkowanie obszaru zlewni) i wiele innych (Bajkiewicz-Grabowska i Magnuszewski 2002). Wymienione cechy zlewni wykorzystywane są m.in. do określenia podobieństwa (analogii) między zlewniami a tym samym do wykorzystywania obliczonych wskaźników głównych bilansu pomiędzy nimi w sytuacji, gdy nie wszystkie zlewnie mają indywidualne dane pomiarowe np. na temat dynamiki zwierciadła wód gruntowych. Jest to powszechny problem w hydrologii, dlatego metoda analogii jest często wykorzystywana w zlewniach o leśnym charakterze, z natury rzadko posiadających instrumentalne ciągi danych. Na terenie badań wyznaczono granice 119 zlewni wg MPHP oraz określono ich charakterystyki w podziale na następujące kategorie:

- geometria zlewni,
- rzeźba terenu i ekspozycja stoków,
- pokrycie terenu,
- sieć cieków i urządzenia wodne,
- geomorfologia,
- występowanie mokradeł.

11.1.Cechy geometryczne zlewni

Geometrię zlewni określają następujące parametry:

- powierzchnia zlewni A [km²],
- długość zlewni L [km] – jest to długość doliny cieku głównego od jego ujścia do działu wodnego w przedłużeniu odcinka źródłowego,
- obwód zlewni (długość działu wodnego) P [km],
- szerokość zlewni B [km] – określona jako iloraz powierzchni i długości zlewni:

$$B = \frac{A}{L} \quad (11.1)$$

Na podstawie powyższych charakterystyk obliczono parametry bezwymiarowe określające kształt zlewni:

- forma C_f – przyrównuje kształt zlewni do kwadratu o powierzchni równej powierzchni zlewni A :

$$C_f = \frac{A}{L^2} = \frac{B}{L} \quad (11.2)$$

- zwartość C_z – rozwinięcie działu wodnego. Jest to stosunek rzeczywistego zlewni P do obwodu koła o tej samej powierzchni, co powierzchnia zlewni A :

$$C_z = \frac{P}{2\sqrt{A\pi}} = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (11.3)$$

- kolistość C_k – stosunek powierzchni zlewni A do powierzchni koła A_k o tym samym obwodzie co długość działu wodnego P

$$C_k = \frac{A}{A_k} = 4\pi \frac{A}{P^2} \quad (11.4)$$

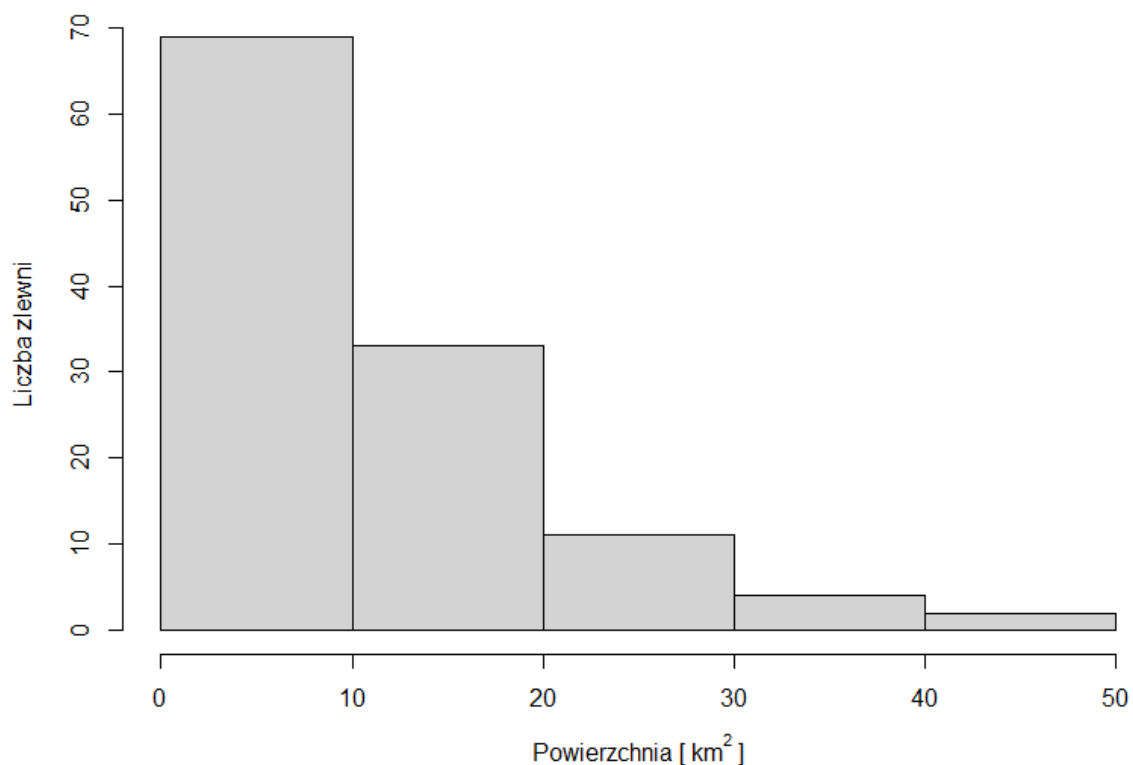
- wydłużenie C_w – iloraz średnicy koła o tej samej powierzchni co zlewnia (A) i długości zlewni L :

$$C_w = \frac{2r}{L} = 1,13 \frac{\sqrt{A}}{L} \quad (11.5)$$

- lemniskata C_l – stosunek powierzchni koła o promieniu równym połowie długości zlewni L do powierzchni zlewni A :

$$C_l = \frac{0,5L}{A} \quad (11.6)$$

Analizowane zlewnie charakteryzują się istotnym, choć typowym zróżnicowaniem pod względem geometrii, a miary opisujące ich kształt przyjmują szeroki zakres. Powierzchnia waha się od 0,11 km² do 44,66 km², a średnio wynosi 10,66 km². Około 58% zlewni ma powierzchnię mniejszą niż 10 km². Histogram rozkładu powierzchni zlewni przedstawia Ryc.11.1.



Ryc. 11.1. Histogram rozkładu powierzchni zlewni MPHP (źródło: opracowanie własne)

Długość poszczególnych zlewni oscyluje w zakresie od 0,32 km do 13,13 km (średnio 4,92 km na zlewnię), natomiast obwód od 1,04 km do 50,5 km (średnio 1,84 km). Szczegółowe wyniki obliczeń przedstawiono poniżej (Tab. 11.1).

Tab. 11.1. Cechy geometryczne zlewni MPHP (źródło: opracowanie własne)

ID zlewni MPHP	A [km ²]	L[km]	P [km]	B[km]	C _f	C _z	C _k	C _w	C _l
349	14,07	9,89	26,39	1,42	0,14	1,97	0,25	0,43	0,35
353	1,36	2,64	6,73	0,52	0,20	1,62	0,38	0,50	0,96
380	27,26	11,98	38,22	2,28	0,19	2,05	0,23	0,49	0,22
384	5,82	4,22	13,19	1,38	0,33	1,53	0,42	0,65	0,36
396	1,40	5,80	10,26	0,24	0,04	2,43	0,17	0,23	2,07
405	0,11	0,86	2,13	0,13	0,15	1,80	0,30	0,44	3,91
410	0,55	1,35	4,37	0,41	0,30	1,65	0,36	0,62	1,23
433	2,23	3,68	13,67	0,61	0,17	2,56	0,15	0,46	0,83
443	11,35	4,45	23,28	2,56	0,58	1,93	0,26	0,86	0,20
461	18,56	5,43	24,84	3,42	0,63	1,61	0,38	0,90	0,15
463	0,83	1,47	5,49	0,56	0,38	1,69	0,35	0,70	0,89
469	31,10	11,82	40,54	2,63	0,22	2,04	0,24	0,53	0,19
486	32,95	10,79	50,50	3,06	0,28	2,46	0,16	0,60	0,16
490	22,18	7,93	34,07	2,80	0,35	2,03	0,24	0,67	0,18

ID zlewni MPHP	A [km ²]	L[km]	P [km]	B[km]	C _f	C _z	C _k	C _w	C _l
491	0,32	0,89	3,11	0,36	0,40	1,54	0,42	0,72	1,39
494	2,54	3,58	10,74	0,71	0,20	1,89	0,28	0,50	0,70
498	0,22	0,97	2,94	0,23	0,24	1,76	0,32	0,55	2,20
503	5,33	4,27	18,10	1,25	0,29	2,20	0,20	0,61	0,40
506	7,45	5,58	22,17	1,34	0,24	2,27	0,19	0,55	0,37
512	0,10	0,52	1,38	0,19	0,37	1,22	0,66	0,69	2,60
513	19,56	7,38	30,59	2,66	0,36	1,94	0,26	0,68	0,19
514	3,35	4,18	15,57	0,80	0,19	2,38	0,17	0,49	0,62
520	22,13	7,48	30,92	2,96	0,40	1,84	0,29	0,71	0,17
522	7,14	3,76	15,18	1,90	0,51	1,59	0,39	0,80	0,26
528	30,40	8,18	32,41	3,72	0,45	1,65	0,36	0,76	0,13
534	9,66	5,19	16,00	1,87	0,36	1,44	0,48	0,68	0,27
535	7,39	4,14	16,92	1,79	0,43	1,74	0,33	0,74	0,28
542	10,79	4,82	18,80	2,24	0,46	1,60	0,38	0,77	0,22
543	0,59	1,17	3,63	0,51	0,44	1,32	0,57	0,75	0,98
544	14,90	5,48	23,97	2,72	0,50	1,74	0,33	0,80	0,18
550	7,80	4,18	17,81	1,87	0,45	1,79	0,31	0,76	0,27
560	4,87	3,48	19,49	1,40	0,40	2,47	0,16	0,72	0,36
572	4,87	2,89	12,43	1,69	0,58	1,58	0,40	0,86	0,30
575	9,55	5,13	22,22	1,86	0,36	2,01	0,24	0,68	0,27
580	6,85	5,03	15,46	1,34	0,27	1,65	0,35	0,58	0,37
581	10,12	6,77	26,52	1,50	0,22	2,33	0,18	0,53	0,33
589	31,41	6,92	32,08	4,55	0,66	1,60	0,38	0,92	0,11
590	16,15	5,06	26,51	3,20	0,63	1,85	0,29	0,90	0,16
597	17,00	7,88	26,38	2,16	0,27	1,79	0,31	0,59	0,23
605	8,17	4,79	18,24	1,71	0,36	1,79	0,31	0,68	0,29
606	5,39	3,55	11,19	1,52	0,43	1,35	0,54	0,74	0,33
608	18,65	5,24	24,36	3,57	0,68	1,58	0,40	0,93	0,14
611	1,95	3,38	9,17	0,58	0,17	1,84	0,29	0,47	0,87
612	1,03	1,46	5,84	0,71	0,49	1,61	0,38	0,79	0,71
618	20,05	6,85	28,97	2,93	0,43	1,81	0,30	0,74	0,17
619	9,27	6,89	23,79	1,35	0,20	2,19	0,21	0,50	0,37
623	6,80	4,20	17,02	1,62	0,39	1,83	0,30	0,70	0,31
634	4,05	4,36	12,11	0,93	0,21	1,68	0,35	0,52	0,54
637	4,35	2,98	11,83	1,46	0,49	1,59	0,39	0,79	0,34
640	8,22	3,69	16,50	2,23	0,60	1,61	0,38	0,88	0,22
643	17,71	8,39	26,70	2,09	0,25	1,78	0,31	0,56	0,24
644	5,31	4,37	14,31	1,22	0,28	1,74	0,33	0,60	0,41
657	20,59	5,62	25,08	3,67	0,65	1,55	0,41	0,91	0,14
660	16,59	4,79	22,89	3,47	0,72	1,57	0,40	0,96	0,14
664	4,79	3,94	14,80	1,22	0,31	1,89	0,28	0,63	0,41
669	12,67	5,20	19,19	2,44	0,47	1,51	0,43	0,77	0,20

ID zlewni MPHP	A [km ²]	L[km]	P [km]	B[km]	C _f	C _z	C _k	C _w	C _l
671	23,48	10,87	36,34	2,16	0,20	2,10	0,22	0,50	0,23
678	0,22	0,83	2,91	0,27	0,33	1,74	0,33	0,64	1,89
680	0,51	1,25	4,72	0,41	0,33	1,85	0,29	0,65	1,23
685	16,82	6,49	21,95	2,59	0,40	1,50	0,44	0,71	0,19
687	7,93	3,76	18,06	2,11	0,56	1,80	0,31	0,85	0,24
695	16,64	7,87	29,73	2,12	0,27	2,04	0,24	0,59	0,24
702	7,68	3,31	16,53	2,32	0,70	1,67	0,35	0,95	0,22
703	29,25	6,53	32,50	4,49	0,69	1,68	0,35	0,94	0,11
719	4,40	3,14	11,95	1,40	0,45	1,60	0,39	0,76	0,36
720	9,03	5,76	21,87	1,57	0,27	2,04	0,24	0,59	0,32
723	15,92	5,45	24,58	2,93	0,54	1,72	0,33	0,83	0,17
725	11,63	5,20	20,61	2,24	0,43	1,69	0,34	0,74	0,22
727	15,52	6,87	27,47	2,26	0,33	1,95	0,26	0,65	0,22
731	10,77	5,85	19,52	1,84	0,31	1,67	0,36	0,63	0,27
738	44,51	9,19	47,29	4,85	0,53	1,98	0,25	0,82	0,10
755	7,08	5,08	18,92	1,40	0,28	1,99	0,25	0,59	0,36
769	13,10	4,78	20,71	2,74	0,57	1,60	0,38	0,86	0,18
778	5,68	3,91	15,52	1,46	0,37	1,82	0,30	0,69	0,34
784	2,21	2,57	8,64	0,86	0,33	1,63	0,37	0,65	0,58
785	8,00	4,41	16,12	1,82	0,41	1,60	0,39	0,73	0,27
789	4,74	2,42	10,91	1,96	0,81	1,40	0,50	1,02	0,26
792	3,89	3,92	12,54	0,99	0,25	1,78	0,31	0,57	0,50
798	28,45	8,50	35,38	3,35	0,39	1,86	0,29	0,71	0,15
808	16,49	7,95	33,54	2,08	0,26	2,31	0,18	0,58	0,24
809	17,42	7,48	25,50	2,34	0,31	1,71	0,34	0,63	0,21
810	11,43	4,34	17,73	2,64	0,61	1,47	0,46	0,88	0,19
811	0,05	0,32	1,04	0,16	0,50	1,30	0,58	0,79	3,20
813	26,52	9,63	33,92	2,76	0,29	1,84	0,29	0,60	0,18
819	4,33	3,36	11,89	1,29	0,38	1,60	0,39	0,70	0,39
820	7,73	5,12	18,99	1,51	0,29	1,91	0,27	0,61	0,33
823	0,41	0,84	3,12	0,49	0,58	1,36	0,53	0,86	1,02
843	12,68	5,61	22,46	2,26	0,40	1,77	0,32	0,72	0,22
850	3,61	2,91	13,55	1,24	0,43	2,00	0,25	0,74	0,40
854	1,54	1,82	7,63	0,85	0,47	1,72	0,33	0,77	0,59
862	5,84	4,93	15,57	1,19	0,24	1,80	0,30	0,55	0,42
867	14,07	5,70	27,40	2,47	0,43	2,05	0,24	0,74	0,20
868	16,31	5,42	26,41	3,01	0,56	1,83	0,29	0,84	0,17
873	2,02	3,00	10,69	0,68	0,23	2,11	0,22	0,54	0,74
876	0,46	1,26	3,97	0,37	0,29	1,64	0,37	0,61	1,37
877	3,67	3,50	10,58	1,05	0,30	1,55	0,41	0,62	0,48
879	8,66	3,75	22,15	2,31	0,62	2,11	0,22	0,89	0,22
880	28,06	6,55	26,99	4,29	0,65	1,43	0,49	0,91	0,12

ID zlewni MPHP	A [km ²]	L[km]	P [km]	B[km]	C _f	C _z	C _k	C _w	C _l
885	2,71	2,04	8,62	1,33	0,65	1,47	0,46	0,91	0,38
889	0,70	1,07	4,12	0,65	0,61	1,38	0,52	0,88	0,76
890	3,65	2,75	11,37	1,33	0,48	1,67	0,36	0,79	0,38
893	23,73	6,44	31,16	3,69	0,57	1,79	0,31	0,86	0,14
899	1,12	2,01	6,50	0,56	0,28	1,72	0,33	0,59	0,90
902	13,10	5,95	22,48	2,21	0,37	1,74	0,33	0,69	0,23
904	8,51	4,52	16,48	1,88	0,42	1,58	0,39	0,73	0,27
918	15,89	5,46	34,69	2,92	0,53	2,44	0,17	0,83	0,17
920	1,65	2,83	9,36	0,58	0,20	2,04	0,24	0,51	0,86
935	5,96	5,30	18,23	1,13	0,21	2,09	0,23	0,52	0,44
936	0,95	2,56	8,03	0,37	0,14	2,31	0,19	0,43	1,35
940	7,37	3,69	17,28	2,00	0,54	1,78	0,31	0,83	0,25
945	2,06	1,15	7,56	1,79	1,56	1,47	0,45	1,41	0,28
951	15,04	4,62	32,36	3,26	0,71	2,34	0,18	0,95	0,15
953	15,31	7,37	26,62	2,08	0,28	1,90	0,27	0,60	0,24
959	9,28	4,74	26,05	1,96	0,41	2,39	0,17	0,73	0,25
960	3,07	13,13	15,17	0,23	0,02	2,42	0,17	0,15	2,13
963	14,26	6,97	25,33	2,05	0,29	1,88	0,28	0,61	0,24
992	10,48	5,87	21,24	1,79	0,30	1,84	0,29	0,62	0,28
1025	44,66	10,62	42,75	4,21	0,40	1,79	0,31	0,71	0,12
1030	14,84	8,21	30,08	1,81	0,22	2,19	0,21	0,53	0,28

11.2.Charakterystyka rzeźby i ekspozycji zlewni

Kolejny zestaw wskaźników charakteryzujących zlewnie dotyczy rzeźby terenu. Dla każdej zlewni obliczono następujące parametry:

- wysokość maksymalna zlewni H_{max} [m n.p.m.],
- wysokość minimalna zlewni H_{min} [m n.p.m.],
- wielkość deniwelacji ΔH [m] – różnica pomiędzy najwyższym, a najniższym punktem zlewni,

$$\Delta H = H_{max} - H_{min} \quad (11.7)$$

- średnia wysokość zlewni H_{sr} [m] – wysokość, według której połowa zlewni znajduje się powyżej, a połowa niżej,

$$H_{sr} = 0,5(H_{max} + H_{min}) \quad (11.8)$$

- spadek zlewni R [‰] – inaczej nachylenie zlewni, stoczystość,

$$R = \frac{\Delta H}{\sqrt{A}} \quad (11.9)$$

- spadek działu wodnego R_p [‰].

$$R_p = \frac{\Delta H}{P} \quad (11.10)$$

Do obliczeń wykorzystano dane wysokościowe pochodzące ze skanowania lotniczego w ramach projektu ISOK. Wyjątkiem jest zlewnia nr 512, która znajdowała się poza zasięgiem pozyskanych danych, więc w tym przypadku posłużono się danymi z projektu SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*, <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>). Najwyżej położony punkt spośród wszystkich zlewni mierzony z wykorzystaniem tych danych (różni się o ok. 0,5 m w stosunku do oficjalnych danych niwelacyjnych) znajduje się na wysokości 196,06 m n.p.m., a najniższy 129,36 m n.p.m., co oznacza, iż deniwelacja na całym obszarze badań wynosi 66,7 m. Natomiast najwyższa deniwelacja w pojedynczej zlewni to 45,4 m (różnica pomiędzy 181,15 m n.p.m., a 135,95 m n.p.m.), zaś najniższa to jedynie 0,58 m (pomiędzy 152,03, a 151,45 m n.p.m.). Średnia wysokość zlewni waha się w zakresie 133,74 m - 177,93 m, a średnia na wszystkich zlewniach wynosi 155,66 m. Najwyższy spadek zlewni (wskaźnik R) wynosi 34,44‰ na zlewni nr 512, natomiast druga w kolejności wartość to 28,39 ‰ (zlewnia nr 543). Wraz ze spadkiem zlewni wysokie wartości osiąga również spadek działu wodnego R_p , którego dwie najwyższe wartości wynoszą odpowiednio 7,97‰ (zlewnia nr 512) i 6,03‰ na zlewni nr 543. Szczegółowe wyniki obliczeń dla poszczególnych zlewni przedstawiono w tabeli 11.2.

Tab. 11.2. Parametry rzeźby terenu zlewni (w przypadku zlewni 512 korzystano z modelu danych SRTM) (źródło: opracowanie własne)

ID zlewni MPHP	H_{\max} [m n.p.m.]	H_{\min} [m n.p.m.]	ΔH [m]	$H_{\text{śr}}$ [m]	R [‰]	R_p [‰]
349	196,06	165,39	30,67	177,93	8,18	1,16
353	173,23	162,45	10,78	168,42	9,24	1,60
380	191,78	158,58	33,20	172,33	6,36	0,87
384	174,84	157,99	16,85	164,50	6,98	1,28
396	175,37	168,47	6,90	170,99	5,83	0,67
405	152,03	151,45	0,58	151,76	1,79	0,27
410	153,83	152,59	1,24	152,83	1,67	0,28
433	155,20	152,10	3,10	153,37	2,08	0,23
443	174,21	151,71	22,50	161,95	6,68	0,97
461	173,27	150,60	22,67	155,19	5,26	0,91
463	155,45	151,79	3,66	152,61	4,03	0,67
469	175	152,15	22,85	162,07	4,10	0,56
486	180,80	153,85	26,95	166,97	4,70	0,53
490	174,42	154,08	20,34	162,82	4,32	0,60
491	159,30	154,23	5,07	156,52	8,98	1,63
494	165,89	154,36	11,53	157,93	7,23	1,07
498	157,39	154,08	3,31	154,81	7,07	1,13
503	169,91	153,86	16,05	157,13	6,95	0,89
506	174,51	154,58	19,93	158,65	7,30	0,90
512*	164	153	11	157	34,44	7,97
513	169,98	150,65	19,33	156,87	4,37	0,63
514	161,37	153,78	7,59	155,76	4,15	0,49

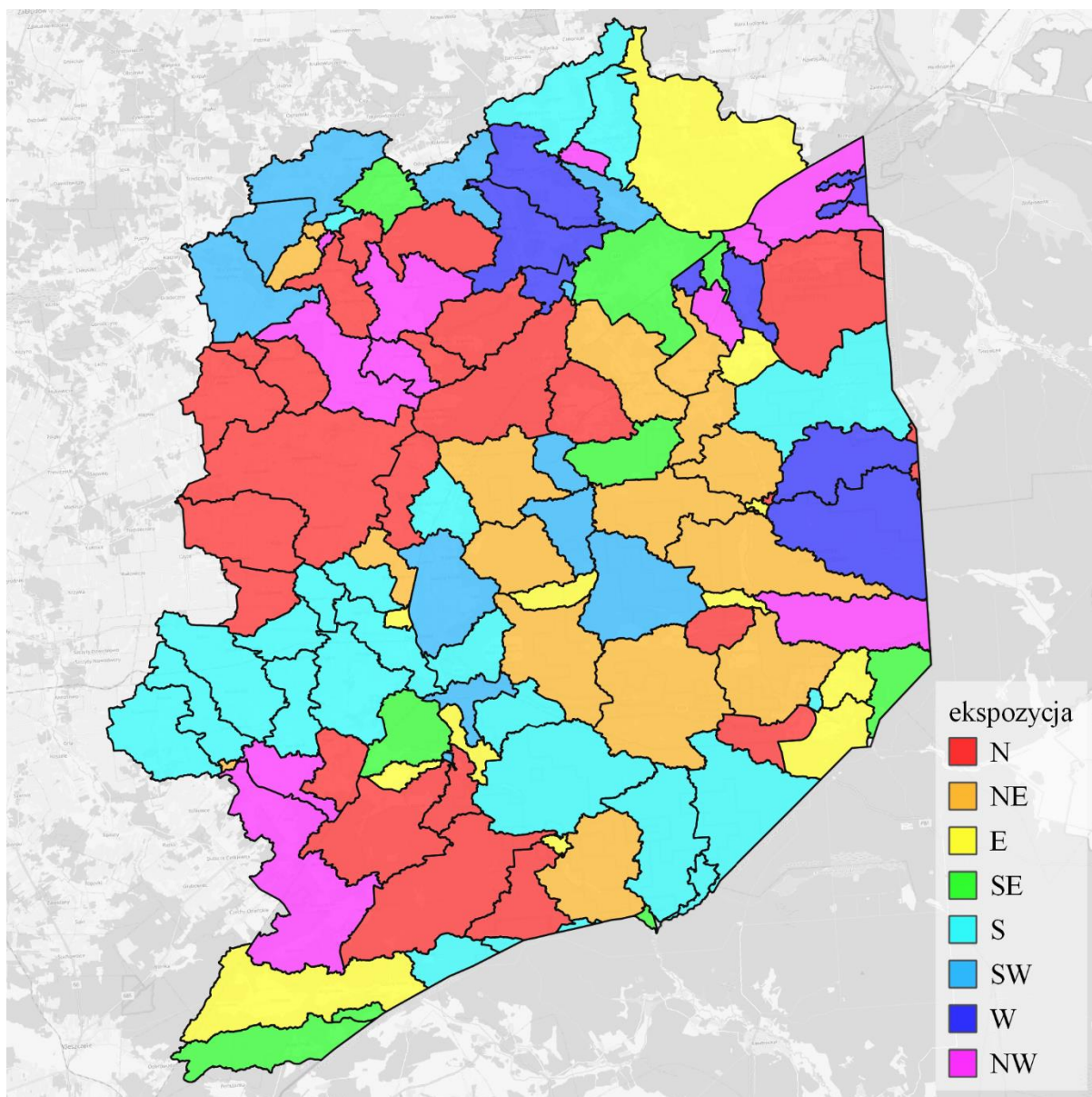
ID zlewni MPHP	H _{max} [m n.p.m.]	H _{min} [m n.p.m.]	ΔH [m]	H _{sr} [m]	R [%]	R _p [%]
520	181,20	152,25	28,95	161,91	6,15	0,94
522	173,05	155,15	17,90	159,20	6,70	1,18
528	187,55	151,98	35,57	158,98	6,45	1,10
534	182,30	151,94	30,36	161,38	9,77	1,90
535	183,52	151,91	31,61	165,68	11,63	1,87
542	168,15	154,07	14,08	157,73	4,29	0,75
543	173,57	151,69	21,88	159,00	28,39	6,03
544	177,55	153,94	23,61	164,10	6,12	0,99
550	175,17	154,73	20,44	161,73	7,32	1,15
560	174,39	154,50	19,89	161,19	9,01	1,02
572	180,41	151,96	28,45	165,02	12,90	2,29
575	178,86	155,64	23,22	161,40	7,51	1,05
580	177,80	162,92	14,88	167,43	5,69	0,96
581	186,57	154,69	31,88	165,11	10,02	1,20
589	186,94	150,74	36,20	163,44	6,46	1,13
590	175,34	155,32	20,02	161,51	4,98	0,76
597	194,29	155,65	38,64	168,11	9,37	1,47
605	192,65	156,97	35,68	168,67	12,48	1,96
606	168,56	148,87	19,69	155,37	8,48	1,76
608	178,94	148,88	30,06	158,37	6,96	1,23
611	173,31	148,64	24,67	155,49	17,69	2,69
612	169,15	158,60	10,55	162,61	10,39	1,81
618	192,60	154,28	38,32	166,35	8,56	1,32
619	176,61	156,97	19,64	164,49	6,45	0,83
623	179,50	134,10	45,40	170,52	17,41	2,67
634	185,76	154,36	31,40	163,57	15,61	2,59
637	183,99	164,29	19,70	175,69	9,44	1,67
640	183,04	151,06	31,98	166,24	11,16	1,94
643	173,33	148,66	24,67	160,15	5,86	0,92
644	181,83	159,14	22,69	171,79	9,85	1,59
657	173,28	150,70	22,58	159,58	4,98	0,90
660	195,89	158,74	37,15	168,65	9,12	1,62
664	182,63	159,14	23,49	169,69	10,73	1,59
669	195,89	155,79	40,10	169,63	11,26	2,09
671	173,45	146,54	26,91	154,42	5,55	0,74
678	149,58	145,93	3,65	147,72	7,73	1,25
680	150,44	145,98	4,46	148,36	6,23	0,95
685	184	143,89	40,11	158,50	9,78	1,83
687	173,12	155,79	17,33	163,98	6,16	0,96
695	172,94	146,55	26,39	159,63	6,47	0,89
702	182,86	165,10	17,76	170,68	6,41	1,07
703	176,80	147	29,80	155,54	5,51	0,92

ID zlewni MPHP	H _{max} [m n.p.m.]	H _{min} [m n.p.m.]	ΔH [m]	H _{sr} [m]	R [%]	R _p [%]
719	174,16	161,89	12,27	167,01	5,85	1,03
720	182,86	163,92	18,94	171,12	6,30	0,87
723	182,33	161,92	20,41	167,66	5,12	0,83
725	167,46	144,03	23,43	152,47	6,87	1,14
727	170,62	147,01	23,61	153,30	5,99	0,86
731	175,08	143,39	31,69	163,85	9,66	1,62
738	182,95	144,34	38,61	163,64	5,79	0,82
755	167,42	142,91	24,51	152,59	9,21	1,30
769	169,83	138,50	31,33	151,22	8,66	1,51
778	175,49	149,59	25,90	160,94	10,87	1,67
784	151,15	138,46	12,69	142,06	8,54	1,47
785	169,11	140,58	28,53	150,80	10,09	1,77
789	156,59	148,05	8,54	150,68	3,92	0,78
792	175,56	148,85	26,71	162,64	13,55	2,13
798	167,54	144,09	23,45	153,01	4,40	0,66
808	176,84	136,65	40,19	154,88	9,90	1,20
809	169,38	139,08	30,30	148,94	7,26	1,19
810	175,16	150,42	24,74	165,18	7,32	1,40
811	141,26	138,91	2,35	140,14	10,73	2,26
813	178,14	138,61	39,53	164,08	7,68	1,17
819	154,81	145,33	9,48	148,68	4,56	0,80
820	161,94	144,41	17,53	151,45	6,31	0,92
823	153,74	138,59	15,15	148,74	23,57	4,86
843	171,56	136,74	34,82	153,02	9,78	1,55
850	154,07	135,36	18,71	144,38	9,85	1,38
854	152,37	144,51	7,86	146,55	6,33	1,03
862	153,72	142,79	10,93	146,94	4,52	0,70
867	164,34	133,53	30,81	147,98	8,21	1,12
868	151,67	129,36	22,31	138,80	5,52	0,85
873	152,46	142,78	9,68	146,27	6,81	0,91
876	142,10	131,05	11,05	134,00	16,31	2,78
877	151,93	131,10	20,83	140,78	10,87	1,97
879	158,02	131,13	26,89	142,39	9,14	1,21
880	167,99	143,60	24,39	150,52	4,60	0,90
885	156,98	140,32	16,66	147,14	10,13	1,93
889	143,39	130,74	12,65	133,74	15,16	3,07
890	142,76	131,36	11,40	135,00	5,97	1,00
893	159,45	138,87	20,58	147,68	4,23	0,66
899	143,79	131,11	12,68	134,90	12,00	1,95
902	162,59	133,55	29,04	140,19	8,02	1,29
904	150,02	129,60	20,42	135,30	7,00	1,24
918	162,51	134,29	28,22	143,63	7,08	0,81

ID zlewni MPHP	H _{max} [m n.p.m.]	H _{min} [m n.p.m.]	ΔH [m]	H _{sr} [m]	R [‰]	R _p [‰]
920	148,44	144,48	3,96	145,42	3,08	0,42
935	163,46	136,06	27,40	148,46	11,23	1,50
936	147,75	144,55	3,20	145,63	3,28	0,40
940	147,84	131,58	16,26	135,76	5,99	0,94
945	161,78	135,95	25,83	142,96	18,01	3,42
951	156,87	141,08	15,79	145,44	4,07	0,49
953	153,97	130,75	23,22	138,28	5,93	0,87
959	152,50	132,83	19,67	138,14	6,46	0,76
960	175,98	145,92	30,06	149,72	17,15	1,98
963	155,12	134,26	20,86	141,63	5,53	0,82
992	162,73	136,25	26,48	146,56	8,18	1,25
1025	181,24	142,33	38,91	146,45	5,82	0,91
1030	181,15	135,95	45,20	147,88	11,73	1,50

Ekspozycja stoków obrazuje dominujący kierunek orientacji zlewni względem stron świata. Dzięki tej charakterystyce możliwa jest m. in. ocena nasłonecznienia. Dominujący kierunek ekspozycji zlewni prezentuje rycina 11.2.

W badanych zlewniach dominuje kierunek północny (24 obiekty) oraz południowy (23 obiekty). Zlewnie zorientowane na północ znajdują się głównie w północno-zachodniej części obszaru badań, podobnie jak największa grupa zlewni zorientowanych na południe. Najmniej jest zlewni zorientowanych w kierunkach zachodnim oraz południowo-wschodnim (po 9).



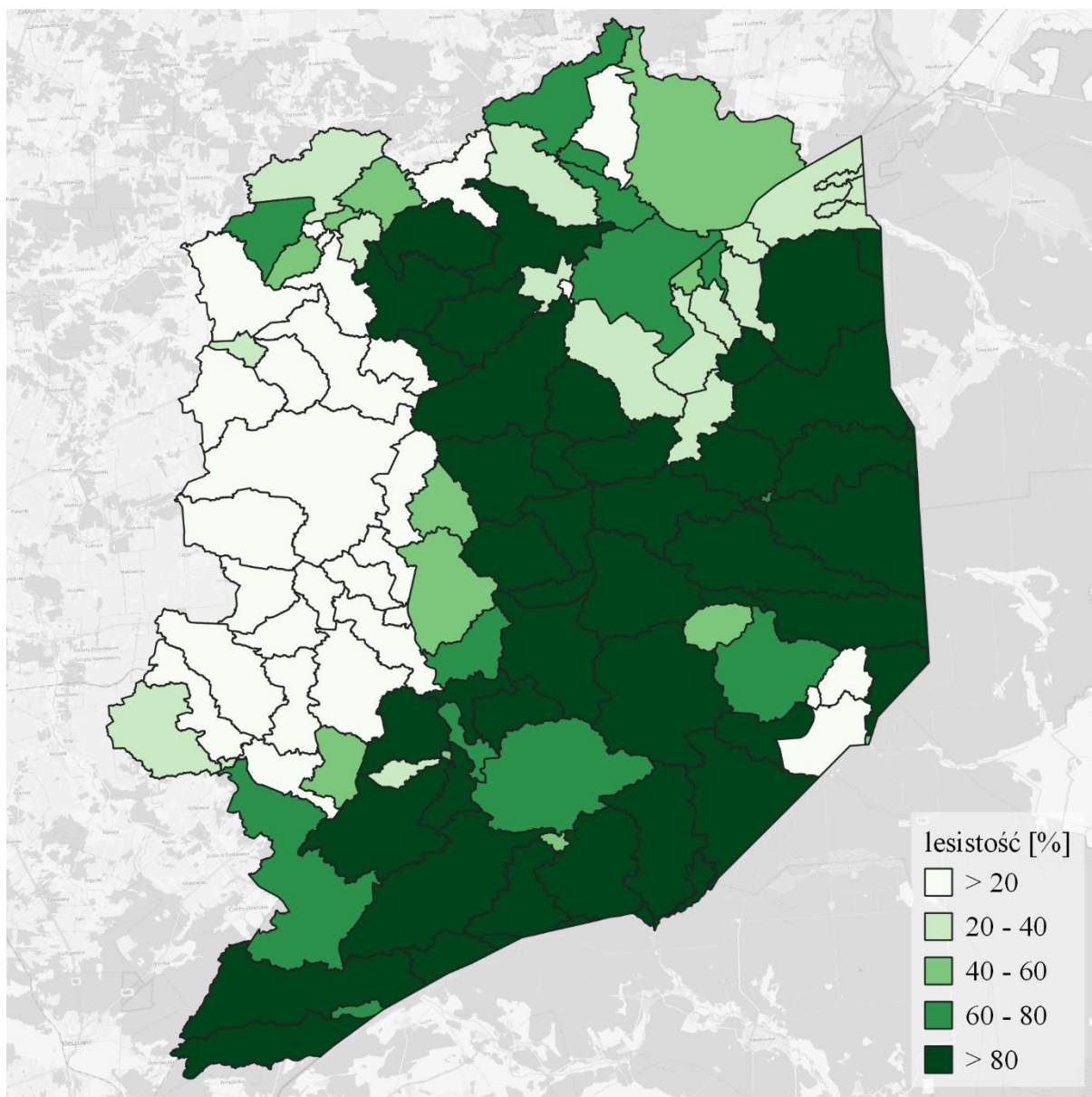
Ryc. 11.2. Dominująca ekspozycja zboczy (stoków) analizowanych zlewni (źródło: opracowanie własne)

11.3. Charakterystyka pokrycia terenu zlewni

Analizy form użytkowania terenu w zlewniach dokonano na podstawie danych pochodzących z Bazy Danych Topograficznych BDOT10k. Wyróżniono trzy istotne (główne) kategorie pokrycia terenu: obszary użytkowane rolniczo, tereny zabudowane oraz lasy. Pozostałe formy użytkowania terenu sklasyfikowano jako inne. Kategorie wskazują procentowy stosunek pokrycia terenu do całkowitej powierzchni poszczególnych zlewni.

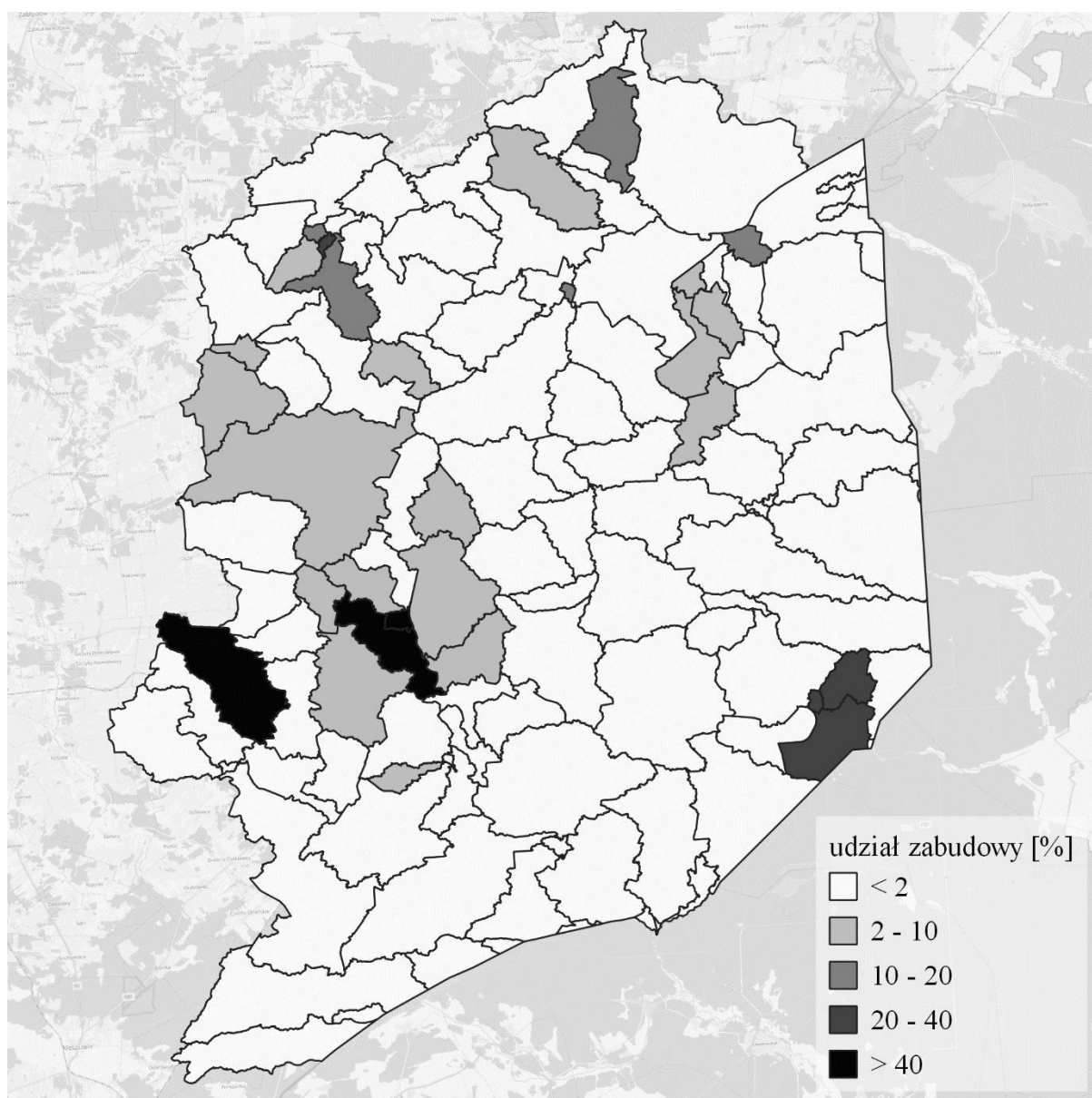
Kategorią pokrycia terenu o największy udział powierzchniowy stanowią lasy (54,01%), następnie tereny rolnicze (40,72%), natomiast tereny zabudowane oraz inne zajmują znacznie mniejszą część terenu – odpowiednio 3,11% i 2,16% powierzchni. Według analizy dwie zlewnie są w całości pokryte lasem, a dla 27 zlewni udział lasu wynosi ponad 90%. Można zatem stwierdzić, iż na badanym terenie zdecydowanie dominują zlewnie leśne (Ryc. 11.3).

Kolejną grupą są zlewnie o dominującym charakterze rolniczym (12 zlewni z ponad 90% udziałem terenów rolnych).



Ryc. 11.3. Stopień lesistości zlewni w granicach opracowania [%] (źródło: opracowanie własne)

Największy udział procentowy terenów zabudowanych wynosi 42,85% i dotyczy zlewni nr 612 obejmującej miejscowość Hajnówka. Na 27 zlewniach nie odnotowano występowania terenów zabudowanych na BDOT10k, choć powierzchniowo drobne osady i zabudowania są w każdej zlewni (Ryc. 11.4). Uznano jednak, że ich wpływ na ogólną charakterystykę zlewni jest nieistotny. Udziały procentowe poszczególnych form użytkowania terenu w każdej zlewni przedstawiono w tabeli 11.3.



Ryc. 11.4. Procentowy udział obszarów zabudowanych w zlewniach (źródło: opracowanie własne)

Tab. 11.3. Udział form użytkowania terenu w poszczególnych zlewniach (źródło: opracowanie własne)

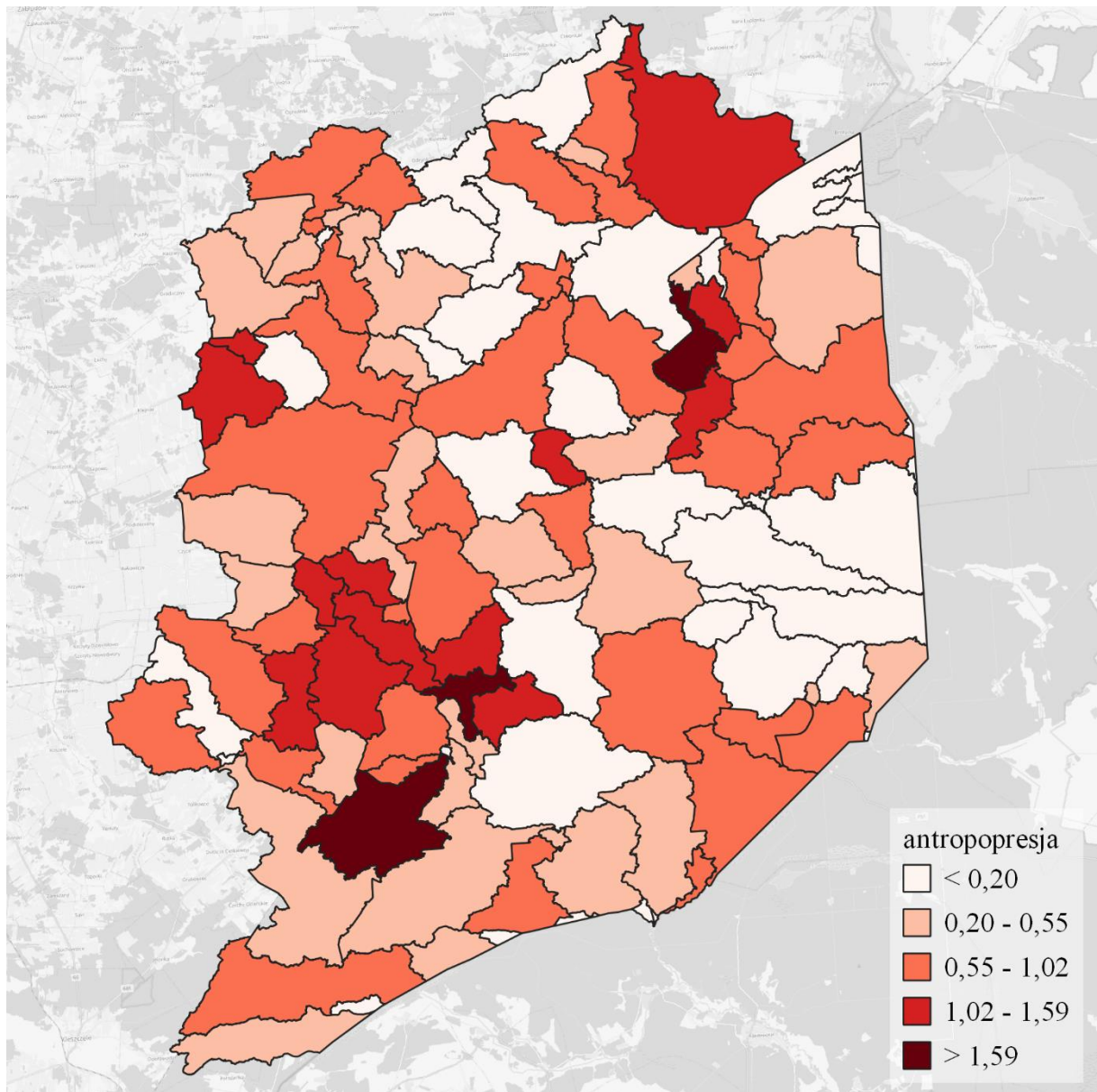
ID zlewni MPHP	Tereny rolnicze [%]	Tereny zabudowane [%]	Tereny leśne [%]	Tereny inne [%]
349	12,56	0,26	86,84	0,34
353	23,93	1,28	74,78	0,01
380	24,38	1,72	73,14	0,76
384	4,34	0,49	95,17	0
396	0	0	100	0
405	15,06	0	84,94	0
410	13,66	0	86,21	0,13
433	0	0	100	0
443	1,04	0,10	98,86	0

ID zlewni MPHP	Tereny rolnicze [%]	Tereny zabudowane [%]	Tereny leśne [%]	Tereny inne [%]
461	4,88	0	95,01	0,11
463	44,66	0	55,29	0,05
469	5,60	0,42	93,39	0,59
486	33,53	1,49	64,34	0,64
490	16,69	0,62	82,13	0,56
491	65,27	0	34,73	0
494	64,59	2,96	32,17	0,29
498	27,35	0	45,88	26,78
503	12,79	0,04	84,95	2,22
506	78,30	1,65	18,77	1,28
512*	52,92	0	45,26	1,82
513	0,58	0,03	99,39	0
514	12,01	0	87,91	0,08
520	0,48	0,04	99,34	0,14
522	76,07	2,88	19,46	1,59
528	3,24	0,06	96,53	0,17
534	22,37	5,74	70,27	1,62
535	21,72	2,92	74,03	1,33
542	21,73	2,33	74,48	1,46
543	56,84	35,34	2,91	4,91
544	88,07	3,01	8,82	0,10
550	1,27	0	97,74	0,99
560	10,32	0,27	88,27	1,14
572	46,05	8,06	45,45	0,44
575	91,35	3,13	5,43	0,09
580	2,14	0	97,86	0
581	96,74	1,78	1,09	0,39
589	6,08	0,63	92,58	0,71
590	81,14	4,76	12,59	1,51
597	90,76	5,11	3,65	0,48
605	3,26	5,28	88,11	3,36
606	14,49	0,41	84,63	0,47
608	29,95	2,53	66,36	1,16
611	5,79	0	94,04	0,17
612	51,69	42,85	0	5,46
618	0,58	0,14	98,78	0,50
619	65,16	19,05	12,46	3,33
623	94,93	3,61	0,69	0,77
634	1,59	0	98,41	0
637	91,46	6,69	0,50	1,35
640	95,14	2,25	2,33	0,28

ID zlewni MPHP	Tereny rolnicze [%]	Tereny zabudowane [%]	Tereny leśne [%]	Tereny inne [%]
643	0,14	0,02	99,84	0
644	94,99	4,61	0,28	0,13
657	7,59	0,38	91,98	0,05
660	52,77	19,04	24,23	3,96
664	92,69	2,36	4,41	0,54
669	3,61	0	96,31	0,08
671	5,62	0	94,20	0,18
678	39,79	0	60,21	0
680	6,34	0	91,75	1,91
685	90,80	3,04	5,92	0,24
687	2,28	0	97,66	0,06
695	0,80	0	99,20	0
702	61,33	4,56	31,47	2,64
703	1,81	0	98,19	0
719	1,30	0,42	98,17	0,11
720	86,71	1,33	10,33	1,63
723	9,23	0,58	89,07	1,12
725	8,69	0	90,84	0,47
727	3,66	0,01	96,33	0
731	1,53	0,17	98,30	0
738	90,38	3	5,98	0,64
755	28,28	2,56	67,66	1,50
769	89,25	3,71	6,61	0,43
778	93,35	2,76	2,96	0,93
784	67,93	6,12	22,91	3,04
785	88,79	2,14	8,54	0,53
789	52,26	2,78	43,42	1,54
792	51,49	1,09	45,85	1,57
798	12,42	0,87	86,60	0,12
808	81,92	2,44	14,97	0,67
809	48,36	5,87	43,14	2,63
810	40,94	2,95	55,34	0,77
811	92,80	0	1,38	5,82
813	13,57	1,05	84,48	0,90
819	30,63	1,39	67,07	0,91
820	59,16	3,26	36,43	1,15
823	78,64	13,66	4,25	3,45
843	16,13	1	82,76	0,11
850	69,67	4,10	17,79	8,44
854	37,67	1,96	53,69	6,68
862	63,28	2,24	33,74	0,74

ID zlewni MPHP	Tereny rolnicze [%]	Tereny zabudowane [%]	Tereny leśne [%]	Tereny inne [%]
867	50,71	2,15	46,71	0,43
868	80,31	0,94	17,16	1,60
873	28,78	0,93	65,43	4,86
876	65,92	29,63	0,36	4,10
877	57,19	7,29	32,63	2,89
879	71,44	5,71	21,13	1,73
880	13,47	0,58	85,86	0,09
885	70,27	10,41	12,77	6,55
889	69,91	16,58	1,48	12,03
890	75,23	0,17	22,85	1,76
893	42,39	1,92	53,97	1,72
899	44,75	0	50,73	4,52
902	6,22	0,40	93,36	0,02
904	63,34	4,66	29,23	2,77
918	46,55	1,22	51,35	0,88
920	71,36	0	26,92	1,72
935	27,28	0,34	71,97	0,42
936	78,18	0	21,66	0,16
940	52,07	1,61	44,46	1,86
945	34,94	0,80	62,86	1,40
951	43,36	0,97	25,56	30,11
953	56,57	1,28	41,33	0,82
959	48,70	1,09	48,65	1,56
960	1,14	0	98,86	0
963	65,24	2,30	31,09	1,38
992	48,65	4,17	45,66	1,52
1025	20,80	1,46	33,53	44,21
1030	48,29	1,93	49,22	0,56

Obiektami istotnie wpływającymi na uwarunkowania obiegu wody w zlewniach są nasypy pochodzenia antropogenicznego, czasami o historyczny znaczeniu (m. in. kolejowe i drogowe). Ich parametry techniczne (wysokość, szczelność) powodują, że stanowią działy wodne blokujący przepływ powierzchniowy wód a czasem nawet w głębszych warstwach. Jednak o ich zaburzającej roli decyduje głównie długość „skutecznej bariery” do określenia której zdecydowano o zastosowaniu wskaźnika antropopresji reprezentującego stosunek obwodu nasypów do obwodu poszczególnych zlewni. Położenie nasypów wyznaczono na drodze automatycznej analizy z wykorzystaniem geomorfonów. Wartości tego wskaźnika wahają się od 0,14 na zlewniach najmniej przekształconych do 2,46 na zlewniach najbardziej przekształconych (Ryc.11.5). Zlewnie o wyższej antropopresji zlokalizowane są w zachodniej oraz północnej części terenu badań, co wynika z historii Puszczy Białowieskiej. Naturalnie więc najmniejszą antropopresją charakteryzują się zlewnie na obszarze Białowieskiego Parku Narodowego, położone w „centrum” kompleksu leśnego.



Ryc. 11.5. Rozkład przestrzenny wartości wskaźnika antropopresji w zlewniach badanego terenu (źródło: opracowanie własne).

11.4. Sieć hydrograficzna i urządzenia wodne

Przeprowadzone analizy pozwalają stwierdzić, iż całkowita długość cieków wodnych w zlewniach waha się od 0,2 km do 158,06 km, a średnio wynosi 34,39 km. Długość cieków w zlewniach rozkłada się stosunkowo równomiernie na całym terenie badań z powodu tego, że brano pod uwagę łącznie cieki naturalne (stałe i okresowe) oraz sztuczne (rowy melioracyjne i techniczne), co uśrednia tę charakterystykę zlewni. Wskaźnik gęstości cieków wodnych przybiera wartości w zakresie od 0,8 do 16,81 km/km², a średnio wynosi 3,44 km/km² (Ryc. 11.6).

W opracowaniu wprowadzono klasyfikację na ciek naturalne (rzeki, rzeczki, strugi, ciek okresowe) oraz ciek pochodzenia antropogenicznego (rowy melioracyjne i techniczne), co wyrażono w statystykach długości tych typów w analizowanych zlewniach. Największa łączna długość cieków pochodzenia antropogenicznego wyniosła 137,84 km, natomiast łączna gęstość cieków naturalnych 68,13 km. W przypadku jednej ze zlewni nie odnotowano występowania cieków, gdyż jej większa część znajduje się poza granicami kraju. W obrębie każdej ze zlewni zliczono również urządzenia wodne, co zestawiono w tabeli 11.4.

Tab. 11.4. Charakterystyka zlewni ze względu na długość cieków i gęstość sieci hydrograficznej oraz liczby urządzeń wodnych (źródło: opracowanie własne)

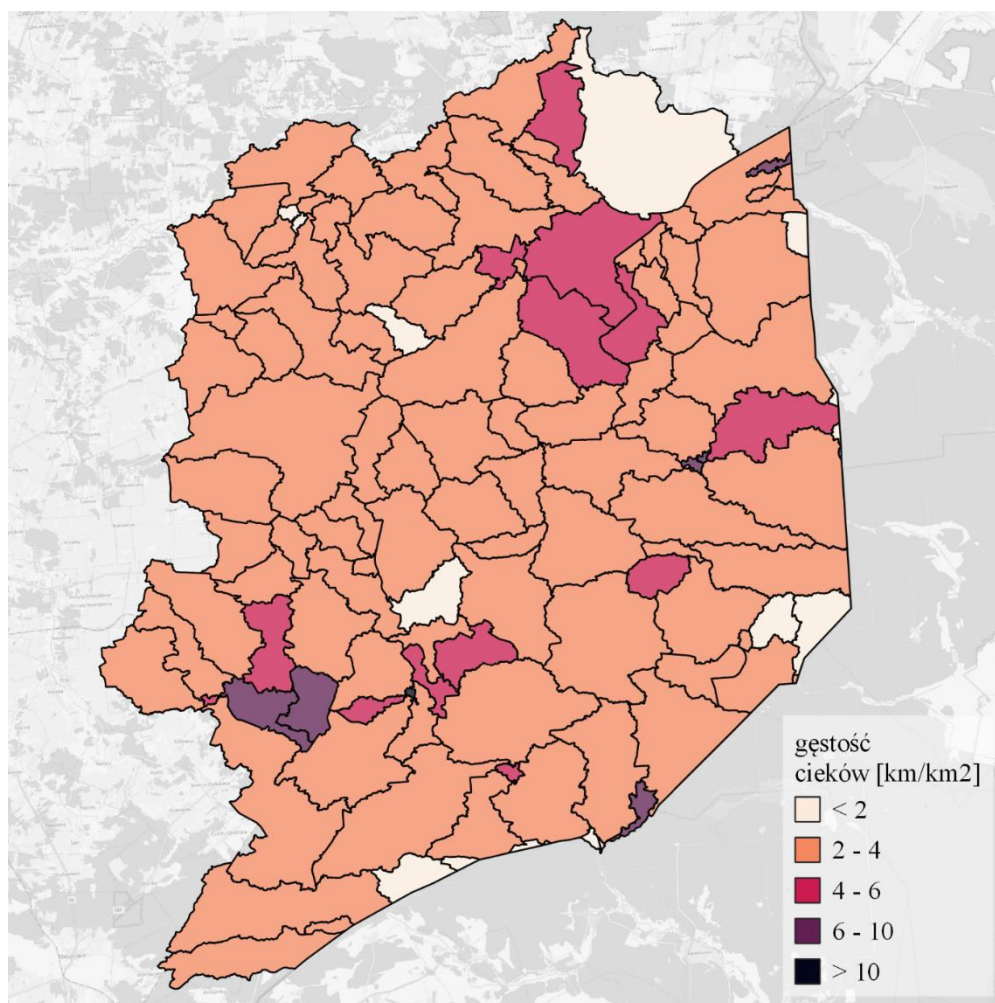
ID zlewni MPHP	Długość cieków naturalnych [km]	Długość melioracji i rowów technicznych [km]	Całkowita długość cieków [km]	Gęstość sieci cieków [km/km ²]	Liczba urządzeń wodnych
349	14,60	22,20	36,79	2,61	32
353	1,93	3,46	5,39	3,96	3
380	27,82	50,96	78,78	2,89	66
384	8,38	2,66	11,04	1,90	3
396	0	0	0	0	0
405	0,20	0	0,20	1,93	0
410	0,44	0	0,44	0,80	0
433	6,63	6,93	13,56	6,08	3
443	17,71	8,64	26,34	2,32	6
461	41,10	17,45	58,55	3,16	21
463	3,46	1,41	4,87	5,90	2
469	67,69	39,13	106,82	3,44	44
486	35,27	73,28	108,55	3,29	174
490	32,59	38,68	71,26	3,21	51
491	0,98	0,48	1,46	4,59	3
494	5,71	6,31	12,02	4,73	28
498	2,20	0	2,20	10,03	0
503	11,03	5,05	16,08	3,01	3
506	9,10	36,92	46,01	6,18	81
512*	0,37	0	0,37	3,67	0
513	41,68	29,44	71,12	3,64	24
514	12,33	1,28	13,61	4,06	1
520	32,13	43,23	75,36	3,41	25
522	6,10	37,77	43,87	6,14	117
528	68,13	35,27	103,40	3,40	26
534	13,48	19,54	33,02	3,42	28
535	9,98	14,21	24,18	3,27	12
542	22,29	16,55	38,84	3,60	18
543	1,50	0	1,50	2,52	0
544	15,94	40,91	56,85	3,82	174
550	9,69	24,58	34,27	4,40	10

ID zlewni MPHP	Długość cieków naturalnych [km]	Długość melioracji i rowów technicznych [km]	Całkowita długość cieków [km]	Gęstość sieci cieków [km/km ²]	Liczba urządzeń wodnych
560	8,11	8,04	16,15	3,31	5
572	5,55	1,11	6,66	1,37	6
575	6,08	41,24	47,32	4,95	191
580	5,00	3,56	8,56	1,25	2
581	7,62	27,13	34,75	3,43	113
589	36,54	58,04	94,58	3,01	55
590	11,70	35,41	47,11	2,92	187
597	10,03	55,86	65,89	3,88	389
605	7,17	7,17	14,34	1,75	14
606	10,17	14,12	24,30	4,51	29
608	27,03	28,10	55,13	2,96	37
611	4,30	2,39	6,69	3,44	2
612	0,92	1,87	2,79	2,70	4
618	36,26	29,91	66,17	3,30	37
619	4,30	16,81	21,12	2,28	56
623	4,78	16,77	21,55	3,17	139
634	9,28	5,31	14,59	3,61	7
637	3,47	10,80	14,27	3,28	73
640	3,66	21,18	24,84	3,02	77
643	27,68	17,87	45,55	2,57	23
644	2,48	9,74	12,22	2,30	63
657	42,60	34,93	77,53	3,77	31
660	5,71	42,46	48,17	2,90	181
664	4,54	9,95	14,49	3,02	33
669	29,14	10,04	39,18	3,09	25
671	57,50	21,83	79,33	3,38	14
678	1,79	0	1,79	8,04	0
680	3,13	0,40	3,53	6,89	0
685	6,02	42,45	48,47	2,88	241
687	16,24	0,54	16,78	2,12	14
695	29,26	18,77	48,03	2,89	18
702	5,71	13,62	19,33	2,52	58
703	62,96	22,31	85,27	2,92	29
719	6,41	6,51	12,92	2,93	5
720	3,75	24,38	28,13	3,12	53
723	26,45	29,51	55,96	3,51	25
725	32,01	6,84	38,86	3,34	12
727	46,25	30,54	76,79	4,95	32
731	28,16	6,25	34,42	3,19	17
738	20,22	137,84	158,06	3,55	570

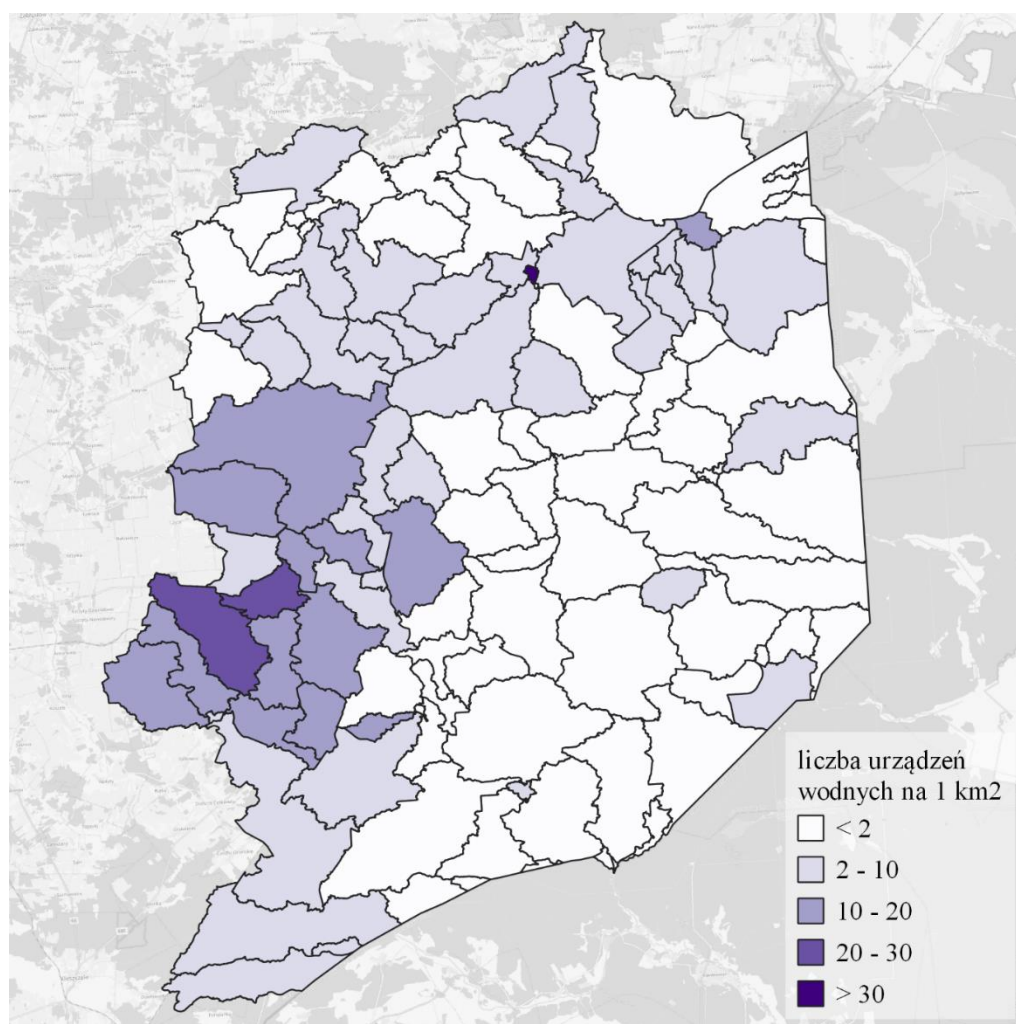
ID zlewni MPHP	Długość cieków naturalnych [km]	Długość melioracji i rowów technicznych [km]	Całkowita długość cieków [km]	Gęstość sieci cieków [km/km ²]	Liczba urządzeń wodnych
755	12,78	9,19	21,97	3,10	10
769	8,61	25,97	34,58	2,64	24
778	2,45	9,10	11,54	2,03	41
784	2,59	3,59	6,18	2,80	12
785	6,91	14,98	21,89	2,73	45
789	6,15	8,69	14,83	3,13	7
792	5,71	1,22	6,93	1,78	19
798	58,36	47,09	105,45	3,71	41
808	12,10	45,40	57,50	3,49	149
809	41,37	51,78	93,15	5,35	27
810	7,32	27,99	35,31	3,09	51
811	0,81	0	0,81	16,81	0
813	43,37	42,56	85,94	3,24	92
819	4,76	10,08	14,85	3,43	9
820	9,45	21,59	31,04	4,02	31
823	0,66	0,83	1,49	3,61	15
843	26,19	8,61	34,80	2,75	27
850	5,40	10,90	16,30	4,51	14
854	1,91	2,76	4,67	3,03	8
862	4,28	15,56	19,84	3,40	30
867	17,92	15,10	33,02	2,35	66
868	15,79	33,40	49,19	3,02	20
873	2,61	3,40	6,00	2,97	9
876	0,69	0,17	0,87	1,88	0
877	3,77	6,21	9,98	2,72	7
879	6,10	19,10	25,20	2,91	81
880	39,12	46,97	86,09	3,07	88
885	1,67	6,15	7,81	2,89	33
889	1,12	0	1,12	1,61	1
890	2,19	11,55	13,74	3,76	13
893	10,61	95,70	106,30	4,48	92
899	2,79	0,23	3,02	2,71	0
902	24,63	10,16	34,79	2,66	26
904	17,68	3,54	21,22	2,49	3
918	39,76	20,30	60,05	3,78	22
920	5,08	0	5,08	3,08	0
935	5,11	15,10	20,20	3,39	28
936	5,75	0	5,75	6,02	0
940	16,39	6,22	22,61	3,07	3
945	5,77	0,66	6,43	3,13	1

ID zlewni MPHP	Długość cieków naturalnych [km]	Długość melioracji i rowów technicznych [km]	Całkowita długość cieków [km]	Gęstość sieci cieków [km/km ²]	Liczba urządzeń wodnych
951	26,38	5,91	32,29	2,15	8
953	7,84	34,63	42,47	2,77	38
959	17,99	4,93	22,92	2,47	9
960	3,10	0,17	3,26	1,06	1
963	15,17	40,25	55,42	3,89	15
992	13,13	30,01	43,15	4,12	61
1025	20,25	53,15	73,40	1,64	31
1030	11,56	42,52	54,07	3,64	38

Zauważalna jest koncentracja urządzeń wodnych w zachodniej części obszaru z uwagi na występowanie silnie zmeliorowanych terenów rolniczych. Cecha ta wyraźnie koreluje z urbanizacją zlewni. Znacznie mniej urządzeń wodnych rozlokowanych jest na terenach leśnych (Ryc. 11.7).



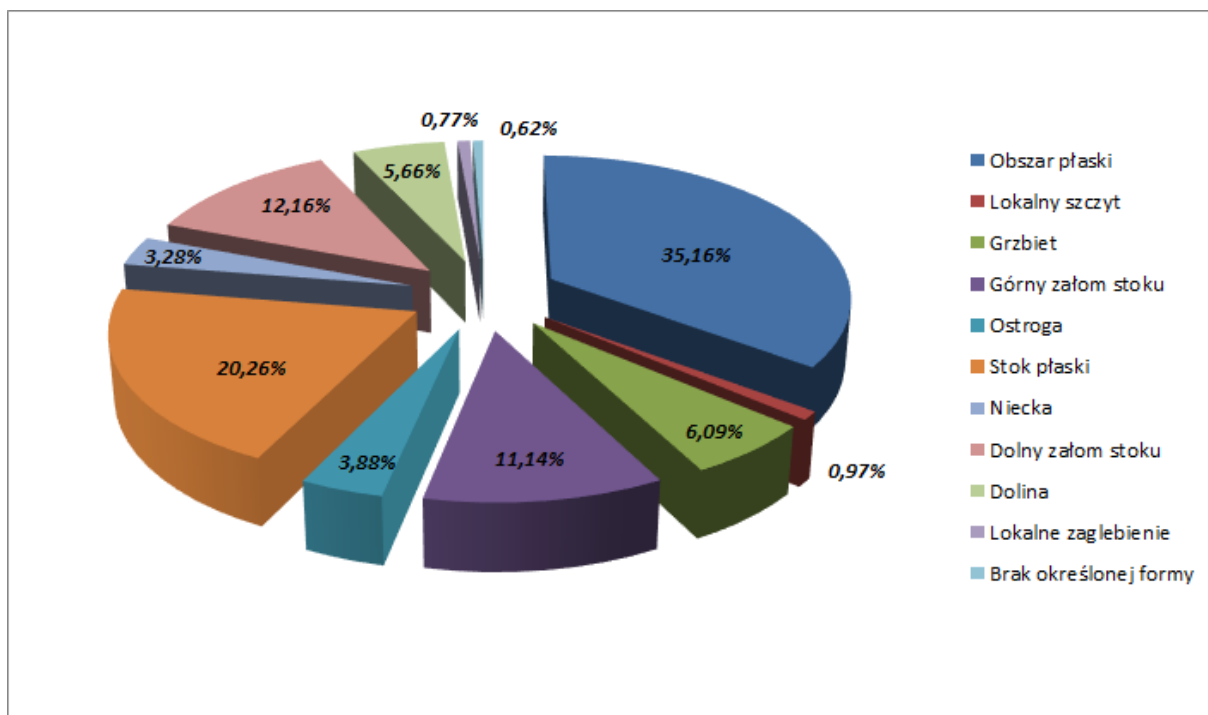
Ryc. 11.6. Gęstość sieci hydrograficznej w zlewniach (źródło: opracowanie własne).



Ryc. 11.7. Częstość występowania urządzeń wodnych w zlewniach badanego terenu [szt/km²] (źródło: opracowanie własne)

11.5. Uwarunkowania geomorfologiczne

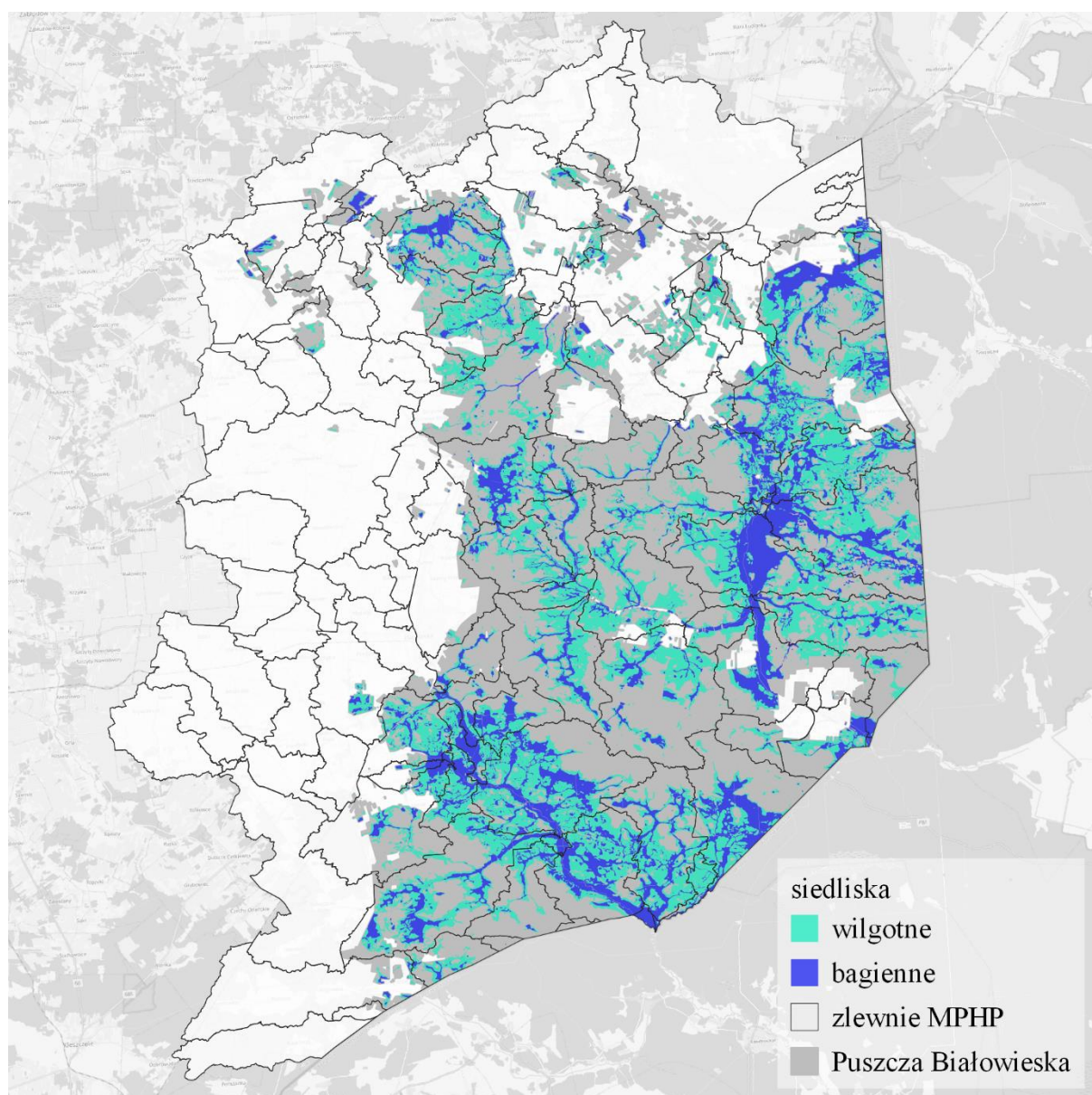
Zróznicowanie geomorfologiczne zlewni określono z wykorzystaniem wykonanej wcześniej analizy geomorfonów (automatycznej klasyfikacji form terenowych). Wyniki wskazują na stosunkowo małe zróżnicowanie geomorfologiczne poszczególnych zlewni, jak i całego terenu badań. Dominują obszary płaskie lub o łagodnym nachyleniu, co potwierdzają lustracje terenowe. Formą terenu o największym udziale są tereny płaskie. Stanowią one średnio 35,18% powierzchni zlewni. Warto nadmienić, iż spośród analizowanych zlewni 2 posiadają całkowite pokrycie terenami płaskimi (nachylenie mniejsze niż 1°). Wśród innych form terenu o istotnym udziale na badanym terenie można wyróżnić stoki oraz górny i dolny załom stoku (Ryc. 11.8).



Ryc. 11.8. Średni udział procentowy form terenu sklasyfikowanych w badanych zlewniach (źródło: opracowanie własne).

11.6. Rozmieszczenie i udział leśnych siedlisk mokradłowych

Kolejną cechą zlewni jest występowanie terenów mokradłowych, do których zaliczono lesne siedliska wilgotne i bagiennie. W opracowaniu wzięto pod uwagę siedliska znajdujące się na obszarze Puszczy Białowieskiej, na których określono stopień uwilgotnienia płatów siedlisk (Ryc. 11.9). Występowanie mokradeł stwierdzono w 92 zlewniach w zasięgu opracowania. Na 9 zlewniach odnotowano występowania jedynie siedliska wilgotne, a na 1 wyłącznie siedlisk bagiennie. Powierzchnia siedlisk wilgotnych w badanych zlewniach waha się od 0,14 ha do 1144,36 ha, natomiast siedlisk bagiennych od 0,1 ha do 757,23 ha. Szczegółowe zestawienie powierzchni i udziału procentowego siedlisk wilgotnych, bagiennych i mokradeł w zlewniach obszaru opracowania zestawiono w tabeli 11.5.



Ryc. 11.9. Przestrzenne rozmieszczenie siedlisk wilgotnych i bagiennych w analizowanych zlewniach (źródło: opracowanie własne)

Tab. 11.5. Powierzchnie i udziały procentowe siedlisk wilgotnych, bagiennych i mokradeł w zlewniach badanego terenu (źródło: opracowanie własne).

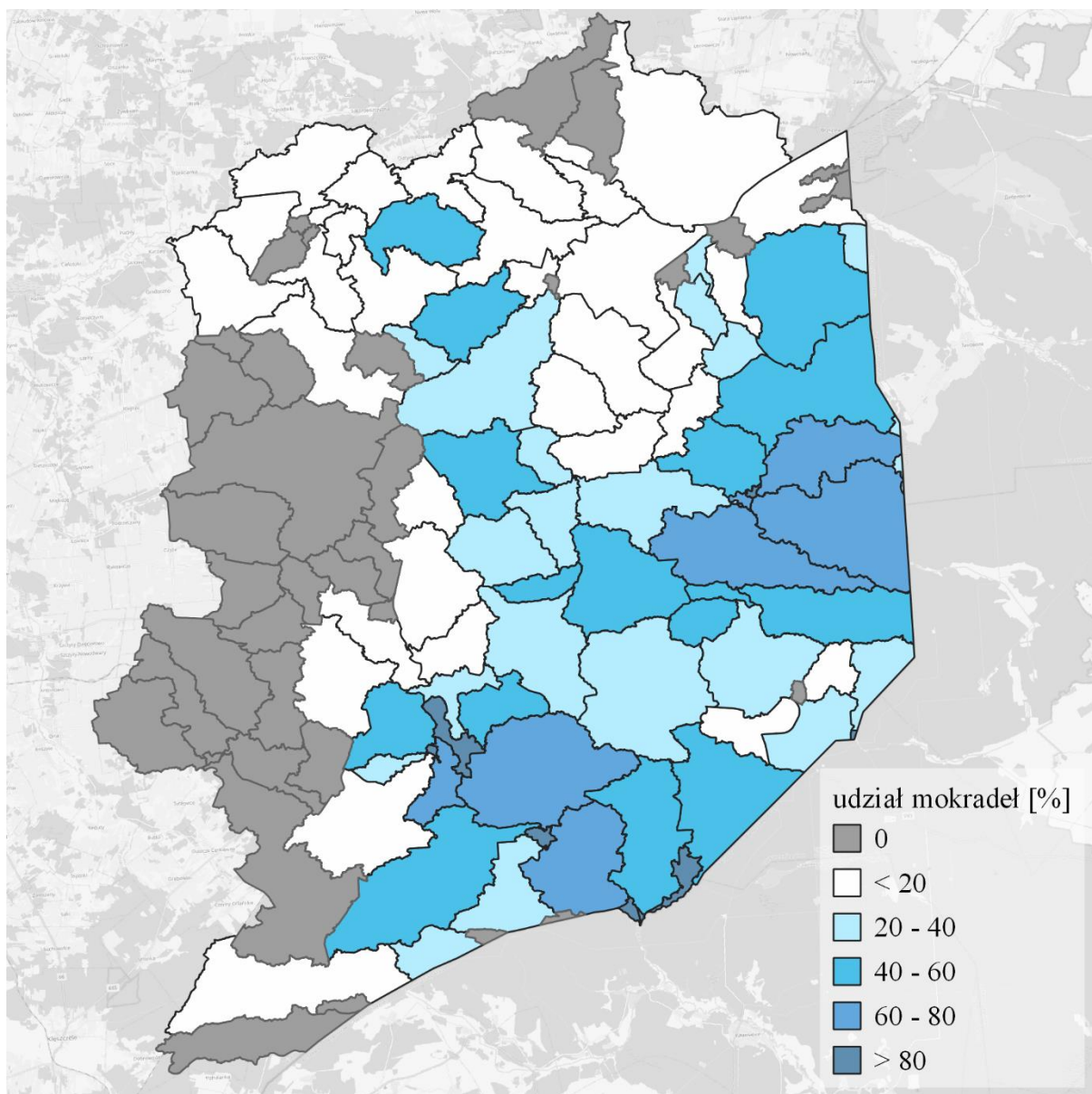
ID zlewni MPHP	Powierzchnia s. wilgotnych [ha]	Udział s. wilgotnych [%]	Powierzchnia s. bagiennych [ha]	Udział s. bagiennych [%]	Powierzchnia mokradeł [ha]	Udział mokradeł [%]
349	-	-	-	-	-	-
353	-	-	-	-	-	-
380	41,69	1,53	22,10	0,81	63,78	2,34
384	128,86	22,13	32,07	5,51	160,93	27,64
396	-	-	0,13	0,09	-	-
405	0,77	7,29	9,62	91,17	10,39	98,46
410	1,89	3,44	51,32	93,26	53,21	96,70
433	160,83	72,09	34,74	15,57	195,57	87,67

ID zlewni MPHP	Powierzchnia s. wilgotnych [ha]	Udział s. wilgotnych [%]	Powierzchnia s. bagiennych [ha]	Udział s. bagiennych [%]	Powierzchnia mokradel [ha]	Udział mokradel [%]
443	228,16	20,10	84,14	7,41	312,30	27,52
461	741,89	39,98	540,88	29,15	1282,77	69,13
463	30,57	37,01	47,77	57,84	78,34	94,85
469	1001,04	32,19	458,56	14,75	1459,61	46,94
486	-	-	-	-		
490	286,59	12,92	133,09	6,00	419,68	18,92
491	-	-	-	-		
494	26,48	10,41	35,03	13,77	61,52	24,19
498	5,09	23,23	14,20	64,82	19,28	88,05
503	260,73	48,88	150,21	28,16	410,94	77,03
506	-	-	-	-		
512	1,57	15,39	7,34	71,86	8,91	87,25
513	741,18	37,89	391,65	20,02	1132,83	57,91
514	135,82	40,58	148,24	44,28	284,06	84,86
520	501,60	22,67	528,14	23,86	1029,74	46,53
522	0,29	0,04	-	-		
528	1144,36	37,64	702,21	23,10	1846,58	60,74
534	170,82	17,68	115,88	12,00	286,70	29,68
535	71,29	9,64	10,57	1,43	81,87	11,07
542	407,37	37,74	148,71	13,78	556,08	51,52
543	-	-	-	-		
544	-	-	-	-		
550	218,83	28,07	178,39	22,88	397,23	50,94
560	70,62	14,50	114,59	23,52	185,21	38,02
572	20,80	4,28	1,64	0,34	22,44	4,61
575	-	-	-	-		
580	87,70	12,80	55,77	8,14	143,47	20,95
581						
589	695,85	22,16	234,06	7,45	929,91	29,61
590	75,71	4,69	33,37	2,07	109,07	6,75
597	-	-	-	-		
605	59,97	7,34	66,02	8,08	125,99	15,42
606	152,91	28,35	76,16	14,12	229,07	42,48
608	287,22	15,40	356,81	19,13	644,03	34,53
611	72,34	37,18	30,61	15,73	102,96	52,92
612	-	-	-	-		
618	529,88	26,42	192,91	9,62	722,79	36,04
619	4,51	0,49	6,17	0,67	10,67	1,15
623	-	-	-	-		
634	187,10	46,26	41,92	10,36	229,02	56,62

ID zlewni MPHP	Powierzchnia s. wilgotnych [ha]	Udział s. wilgotnych [%]	Powierzchnia s. bagiennych [ha]	Udział s. bagiennych [%]	Powierzchnia mokradel [ha]	Udział mokradel [%]
637	-	-	-	-		
640	-	-	-	-		
643	778,66	43,97	210,09	11,86	988,75	55,84
644	-	-	-	-		
657	696,11	33,81	128,67	6,25	824,78	40,05
660	22,04	1,33	1,40	0,09	23,44	1,41
664	-	-	-	-		
669	383,36	30,25	115,45	9,11	498,81	39,36
671	791,33	33,70	695,93	29,64	1487,26	63,33
678	3,16	14,15	17,26	77,25	20,42	91,41
680	16,96	33,06	17,25	33,62	34,21	66,68
685	-	-	-	-		
687	207,34	26,16	92,33	11,65	299,66	37,80
695	379,49	22,81	102,13	6,14	481,62	28,95
702	30,01	3,91	12,90	1,68	42,91	5,59
703	1028,18	35,16	757,23	25,89	1785,41	61,05
719	87,79	19,93	49,43	11,22	137,22	31,16
720	0,22	0,03	-	-	-	-
723	402,52	25,28	311,73	19,58	714,24	44,85
725	265,38	22,82	255,58	21,98	520,96	44,80
727	752,61	48,50	352,28	22,70	1104,90	71,21
731	111,82	10,38	45,17	4,19	156,99	14,57
738	2,14	0,05	-	-	-	-
755	60,97	8,61	23,63	3,34	84,60	11,95
769	-	-	-	-	-	-
778	0,14	0,03	-	-	-	-
784	-	-	-	-	-	-
785	-	-	-	-	-	-
789	66,81	14,11	27,91	5,89	94,73	20
792	90,28	23,23	4,74	1,22	95,02	24,45
798	964,89	33,92	514,77	18,09	1479,66	52,01
808	32,94	2,00	3,53	0,21	36,47	2,21
809	159,00	9,13	42,09	2,42	201,09	11,54
810	32,80	2,87	12,12	1,06	44,92	3,93
811	-	-	-	-	-	-
813	477,07	17,99	119,29	4,50	596,36	22,49
819	127,66	29,50	10,29	2,38	137,95	31,88
820	76,30	9,87	0,69	0,09	76,99	9,96
823	-	-	-	-	-	-
843	530,60	41,86	86,70	6,84	617,30	48,70

ID zlewni MPHP	Powierzchnia s. wilgotnych [ha]	Udział s. wilgotnych [%]	Powierzchnia s. bagiennych [ha]	Udział s. bagiennych [%]	Powierzchnia mokradeł [ha]	Udział mokradeł [%]
850	9,85	2,73	3,82	1,06	13,66	3,78
854	2,46	1,59	-	-	-	-
862	64,83	11,11	1,71	0,29	66,54	11,40
867	177,91	12,64	45,08	3,20	222,98	15,85
868	9,43	0,58	6,94	0,43	16,36	1,00
873	41,07	20,30	17,20	8,50	58,27	28,80
876	-	-	-	-	-	-
877	1,91	0,52	-	-	-	-
879	3,87	0,45	1,11	0,13	4,98	0,57
880	626,37	22,32	618,86	22,05	1245,23	44,37
885	0,49	0,18	-	-	-	-
889	-	-	-	-	-	-
890	9,81	2,69	2,94	0,81	-	-
893	165,35	6,97	51,49	2,17	216,83	9,14
899	3,68	3,30	8,51	7,63	12,20	10,93
902	359,86	27,47	240,55	18,36	600,41	45,83
904	35,22	4,14	26,81	3,15	62,03	7,29
918	228,43	14,37	54,88	3,45	283,31	17,83
920	-	-	-	-	-	-
935	38,85	6,52	20,41	3,43	59,26	9,95
936	-	-	-	-	-	-
940	13,49	1,83	54,61	7,41	68,10	9,23
945	1,37	0,66	0,67	0,33	2,03	0,99
951	25,07	1,67	33,86	2,25	58,94	3,92
953	15,16	0,99	1,37	0,09	16,54	1,08
959	61,93	6,68	20,99	2,26	82,93	8,94
960	49,39	16,08	69,43	22,61	118,82	38,68
963	46,87	3,29	16,89	1,18	63,75	4,47
992	3,93	0,38	-	-	-	-
1025	7,79	0,17	0,10	0	7,89	0,18
1030	-	-	-	-	-	-

Powierzchnia mokradeł w zlewniach (siedliska wilgotne i bagienne łącznie) waha się od 2,03 do 1846,58 ha, natomiast udział procentowy od 0,18 do 98,46%. Rozkład przestrzenny mokradeł wskazuje na ich największą koncentrację wzdłuż rzek Leśnej, Hwoźnej oraz częściowo rzeki Narewki (Ryc.11.10).



Ryc. 11.10. Udział procentowy terenów mokradłowych w badanych zlewniach (źródło: opracowanie własne)

12. INWENTARYZACJA ŚRÓDLĄDOWYCH POWIERZCHNIOWYCH WÓD PŁYNĄCYCH I STOJĄCYCH ORAZ URZĄDZEŃ WODNYCH WRAZ Z ICH CHARAKTERYSTYKĄ I PARAMETRYZACJĄ

Inwentaryzację śródlądowych powierzchniowych wód płynących, stojących i urządzeń wodnych wykonano na podstawie prac kameralnych, terenowych oraz konsultacji z pracownikami puszczańskich nadleśnictw i Białowieskiego Parku Narodowego.

12.1. Śródlądowe wody płynące

Łączna długość wód płynących na omawianym obszarze wynosi 4877,37 km. Szczegółowe statystyki dotyczące sieci hydrograficznej badanego terenu zestawiono w tabelach 12.1 - 12.5. Z poniższego zestawienia (Tab.12.1) wynika, iż na badanym obszarze cieki o naturalnym charakterze (rzeka, rzeczka, struga – bez naturalnych linii akumulacji spływu powierzchniowego) zajmują około 19% długości systemu wód płynących.

Tab.12.1. Zestawienie długości poszczególnych typów cieków na badanym terenie, wyróżniono dominujące typy cieków (źródło: opracowanie własne)

Typ cieku	Długość [km]	Udział
rzeka	824,25	16,90%
rzeczka	71,27	1,46%
struga	17,93	0,37%
starorzecze	120,41	2,47%
ciek okresowy	1034,19	21,20%
rów melioracyjny	1237,36	25,37%
rów techniczny S	401,31	8,23%
rów techniczny W	257,69	5,28%
rów techniczny B	86,91	1,78%
rów techniczny	826,05	16,94%
Łącznie	4877,37	100%



Ryc. 12.1. Rzeka Łutownia na wysokości oddziału 182 C w leśnictwie Przechody (źródło: BULiGL)

Cechą charakterystyczną badanego obszaru jest znaczny udział rowów melioracyjnych (25,37%) oraz cieków o charakterze okresowym – „epizodycznych” (21,20%), tworzących swoiste sieci, częściowo się przenikające. Widoczny jest wyraźny rozdział przestrzenny pomiędzy obiema sieciami. Rowy melioracyjne są związane głównie z silnie przekształconymi przez człowieka terenami rolniczymi otaczającymi kompleks Puszczy Białowieskiej. Cieki epizodyczne natomiast stanowią gęstą sieć w kompleksie leśnym i prawie nie występują na terenach nieleśnych, gdzie zostały przekształcone na rowy odwadniające. Występowanie gęstej, nieprzekształconej sieci cieków okresowych może w tym przypadku świadczyć o dużym stopniu naturalności lasów. Jako cieki nieujęte w MPHP i traktowane marginalnie w domenie prawnej (minimalne ograniczenia) stanowią potencjalne obiekty, na których można planować działania mające na celu spowolnienie odpływu powierzchniowego i zwiększenie retencji, głównie glebowej. Znaczny udział w długości cieków stanowią również rowy techniczne (ponad 32% całkowitej długości sieci rzecznej) zapewniające głównie funkcje odprowadzenia wody z korony drogi lub odwodnienia siedlisk świeżych, wilgotnych i bagiennych (kategorie S, W, B związane z siedliskami) wzdłuż nasypów drogowych.



Ryc.12.2. Przykład leśnego rowu melioracyjnego na wysokości oddziału 82D w leśnictwie Olchówka (źródło: BULiGL)

W kolejnych tabelach zamieszczono zestawienia długości poszczególnych typów cieków z uwzględnieniem przynależności administracyjnej na różnych poziomach (nadleśnictwo, obręb leśny, leśnictwo). Tabela 12.6 zawiera natomiast zestawienie wybranych statystyk obliczonych na podstawie szerokości cieków, wyznaczonej na podstawie profilowania NMT (opis metody wyżej). Warto nadmienić, iż z uwagi na specyfikę danych NMT oraz podejścia analitycznego wyznaczona szerokość nie powinna być utożsamiana z szerokością lustra wody w cieku. Wyniki pomiaru szerokości tą metodą niemal zawsze przybierają wyższe wartości, aniżeli pomiar lustra wody w cieku. Z drugiej strony jest to cecha mająca charakter bardziej „stabilny” w czasie niż szerokość lustra wody, która wykazuje bardzo dużą zmienność i jest zależna od wielu czynników.

Tab.12.2. Zestawienie długości cieków wodnych z uwzględnieniem typu i przynależności administracyjnej (źródło: opracowanie własne)

Typ ciek	Długość [km]							Suma [km]
	Białowieża	Browsk	Hajnówka	BPN	Bielsk	Żednia	Białoruś	
rzeka	34,93	207,67	137,14	38,41	108,46	59,53	238,11	824,25
rzeczka	17,86	11,82	17,73	3,58	12,65	6,11	1,52	71,27
struga	3,10	2,53	4,00	0,34	7,91	-	0,05	17,93
starorzecze	9,84	46,05	7,42	36,24	0,60	5,67	14,59	120,41
ciek okresowy	155,59	334,80	304,53	161,88	53,02	23,12	1,25	1034,19
rów meliorac.	30,40	293,57	130,03	9,53	200,23	80,65	492,95	1237,36
rów techn. S	98,60	164,13	108,10	27,22	3,24	0,02	-	401,31
rów techn. W	64,33	52,62	83,18	57,32	0,20	-	0,04	257,69
rów techn. B	26,28	9,26	34,33	16,96	0,06	-	0,02	86,91
rów techn. inny	15,17	209,01	230,51	3,11	310,77	57,48	-	826,05
Suma	456,10	1331,46	1056,97	354,59	697,14	232,58	748,53	4877,37

Tab.12.3. Zestawienie długości cieków w poszczególnych leśnictwach i obrębach leśnych z uwzględnieniem typu w Nadleśnictwie Białowieża (źródło: opracowanie własne)

Leśnictwo Obręb leśny	Typ cieków [km]										Suma [km]
	rzeka	rzeczka	struga	starorzecz.	ciek okres.	rów mel.	rów tech. S	rów tech. W	rów tech. B	rów tech.	
Stoczek	11,07	1,42	0,36	3,45	13,98	9,99	3,50	2,52	0,82	9,21	56,32
Grudki	2,93	6,25	0,58	-	18,41	1,61	16,17	8,63	9,71	0,35	64,64
Podcerkiew	5,30	2,26	0,01	0,41	54,88	0,93	18,69	23,10	4,99	-	110,57
Obręb Białowieża	19,30	9,93	0,95	3,86	87,27	12,53	38,36	34,25	15,52	9,56	231,53
Teremiski	8,07	5,49	1,04	3,84	42,12	9,77	24,87	19,12	3,76	3,32	121,40
Nowe	4,58	-	-	2,14	12,78	3,84	23,44	3,44	4,29	2,21	56,72
Batorówka	2,98	2,44	1,11	-	13,42	4,26	11,93	7,52	2,71	0,08	46,45
Obręb Zwierzyniec	15,63	7,93	2,15	5,98	68,32	17,87	60,24	30,08	10,76	5,61	224,57
Suma	34,93	17,86	3,10	9,84	155,59	30,40	98,60	64,33	26,28	15,17	456,10

Tab.12.4. Zestawienie długości cieków w poszczególnych leśnictwach i obrębach leśnych z uwzględnieniem typu w Nadleśnictwie Browsk (źródło: opracowanie własne)

Leśnictwo /Obręb	Typ cieków [km]										Suma [km]
	rzeka	rzeczka	struga	starorzecze	ciek okres.	rów mel.	rów tech. S	rów tech. W	rów tech. B	rów tech.	
Pasieki	5,35	-	-	6,68	28,56	22,77	5,51	3,94	0,53	0,23	73,57
Olchówka	11,15	-	-	0,58	24,11	4,03	15,19	8,27	2,75	0,44	66,52
Lewkowo	68,27	-	-	15,51	38,90	153,85	32,40	13,70	0,61	105,55	428,79
Łączyno	5,68	3,73	0,28	-	25,28	0,83	15,67	4,63	0,07	1,74	57,91
Obręb Browsk	90,45	3,73	0,28	22,77	116,85	181,48	68,77	30,54	3,96	107,96	626,79
Rybaki	49,69	2,29	2,00	3,16	62,36	77,72	13,19	1,92	0,56	44,33	257,22
Krynica	17,62	0,06	0,22	1,33	45,52	6,72	9,34	3,14	0,32	12,60	96,87
Gnilec	21,52	0,58	0,03	11,17	26,30	8,97	27,18	3,76	1,02	30,11	130,64
Obręb Lacka Puszcza	88,83	2,93	2,25	15,66	134,18	93,41	49,71	8,82	1,90	87,04	484,73
Nowosady	6,66	-	-	-	25,49	15,83	16,98	5,36	0,88	10,17	81,37
Przechody	10,21	2,34	-	1,35	31,44	2,17	16,83	4,88	1,59	3,84	74,65
Jelonka	11,52	2,82	-	6,27	26,84	0,68	11,84	3,02	0,93	-	63,92
Obręb Narewka	28,39	5,16	0	7,62	83,77	18,68	45,65	13,26	3,40	14,01	219,94
Suma	207,67	11,82	2,53	46,05	334,80	293,57	164,13	52,62	9,26	209,01	1331,46

Tab.12.5. Zestawienie długości cieków w poszczególnych leśnictwach i obrębach leśnych z uwzględnieniem typu w Nadleśnictwie Hajnówka (źródło: opracowanie własne)

Leśnictwo /Obręb	Typ ciek [km]										Suma [km]
	rzeka	rzeczka	struga	starorzecze	ciek okres.	rów mel.	rów tech. S	rów tech. W	rów tech. B	rów tech.	
Postołowo	37,66	6,13	0,55	0,41	33,68	42,38	10,12	5,92	3,53	142,21	282,59
Krynica	4,42	3,85	1,01	-	17,68	8,76	17,68	5,75	2,04	4,23	65,42
Wilczy Jar	7,85	0,32	-	0,89	21,10	0,82	26,93	11,69	3,01	0,14	72,75
Obręb Hajnówka	49,93	10,30	1,56	1,30	72,46	51,96	54,73	23,36	8,58	146,58	420,76
Sacharewo	34,40	-	-	0,57	40,63	53,43	7,53	4,38	4,99	62,07	208,00
Czerlonka	3,12	1,11	0,41	0,30	19,71	0,09	6,63	16,31	6,55	0	54,23
Leśnica	1,34	3,49	0,53	1,26	38,07	-	3,41	13,47	9,18	-	70,75
Obręb Leśna	38,86	4,60	0,94	2,13	98,41	53,52	17,57	34,16	20,72	62,07	332,98
Łozice	18,27	-	-	0,46	47,45	12,85	6,92	10,11	1,69	19,01	116,76
Topiło	18,04	0,01	-	3,31	30,45	0,53	0,24	7,10	1,09	-	60,77
Długi Bród	8,04	1,51	-	0,22	24,31	0,39	15,85	4,73	1,62	-	56,67
Słobódka	4,00	1,31	1,50	-	31,45	10,78	12,79	3,72	0,63	2,85	69,03
Obręb Starzyna	48,35	2,83	1,50	3,99	133,66	24,55	35,80	25,66	5,03	21,86	303,23
Suma	137,14	17,73	4,00	7,42	304,53	130,03	108,10	83,18	34,33	230,51	1056,97

Tab.12.6. Zestawienie podstawowych statystyk szerokości śródlądowych cieków płynących (źródło: opracowanie własne)

Typ ciek	Średnia [m]	Odchylenie standardowe [m]	Mediana [m]
rzeka	10,67	4,95	9,41
rzeczka	6,75	1,26	6,50
struga	4,47	0,49	4,62
rów melioracyjny	4,73	1,61	4,47
rów techniczny S	3,70	1,22	3,43
rów techniczny W	3,70	1,22	3,43
rów techniczny B	3,88	1,33	3,55
rów techniczny	4,00	1,42	3,71

12.1. Zbiorniki wód stojących

Podczas inwentaryzacji zbiorników wód stojących zinwentaryzowano 1172 obiekty. Na gruntach Nadleśnictw Białowieża, Browsk, Hajnówka i BPN znajdują się 64 zbiorniki, natomiast pozostałe 1108 zbiorników znajduje się na gruntach obcych (grunty prywatne, sąsiednie nadleśnictwa, Białoruś). Szczegółowy podział zbiorników wód powierzchniowych oraz ich liczebność w poszczególnych obiektach zestawiono w tabeli 12.7.

Tab.12.7. Zestawienie liczby zbiorników wodnych z uwzględnieniem typu w poszczególnych obiektach badanego obszaru (źródło: opracowanie własne)

Obszar adm.	Typ obiektu [liczba]						Suma
	jezioro	mokradło	oczko	staw	zbiornik	inne	
Białowieża	0	0	5	64	3	1	73
Browsk	0	21	28	247	31	1	328
Hajnówka	0	6	21	228	22	1	278
BPN	0	2	0	3	2	1	8
Bielsk	0	16	21	286	8	0	331
Żednia	1	21	0	81	5	0	108
Białoruś	0	1	0	0	45	0	46
Suma	1	67	75	909	116	4	1172

Najliczniejszą grupę spośród typów powierzchniowych zbiorników wodnych stanowią stawy. Są to stosunkowo płytkie zbiorniki wodne, przeważnie bezodpływowe, znajdujące się w dużej mierze na gruntach prywatnych. Pełnią one głównie funkcję rekreacyjną i hodowlaną. Zainwentaryzowane inne zbiorniki wodne również cechują się antropogenicznym pochodzeniem. Są to przede wszystkim zbiorniki stanowiące bazę zabezpieczenia przeciwpożarowego nadleśnictw, gmin i zakładów przemysłowych, wyrobiska terenowe (dawne żwirownie i piaskownie), w których zgromadziła się woda oraz zbiorniki powstałe w wyniku spiętrzenia wody rzecznej np. zbiornik Gnilec (Nadleśnictwo Browsk).

Oczka wodne ujęte w opracowaniu to niewielkie, zazwyczaj również sztuczne zbiorniki wodne. Zlokalizowane na gruntach prywatnych pełnią funkcje ozdobną i rekreacyjną, natomiast w środowisku naturalnym retencjonują wodę i służą jako wodopoje dla zwierzyny. Część z nich pełni tę funkcję od stuleci, jeszcze od czasów „carskich”. Podczas inwentaryzacji do klasy mokradeł zaliczano naturalnie podmokłe tereny, na powierzchni których stale lub okresowo utrzymuje się woda. Większość mokradeł znajduje się w sąsiedztwie rzek i starorzeczy.

Tab.12.8. Zestawienie liczby zbiorników wód powierzchniowych z uwzględnieniem typu na gruntach Lasów Państwowych i BPN (źródło: opracowanie własne)

Jednostka administracyjna	Typ obiektu [liczba]					Suma
	mokradło	oczko	staw	zbiornik	inne	
Białowieża	-	-	-	3	1	4
Browsk	-	12	10	7	1	30
Hajnówka	3	5	7	7	-	22
BPN	2	-	3	2	1	8
Suma	5	17	20	19	3	64

Do głównych zbiorników śródlądowych wód stojących należą: jezioro Siemianowskie, zbiornik Topiło, zbiornik Gnilec i zbiornik Ładzki (po stronie Białoruskiej).

- a) **Jezioro Siemianowskie (Zalew Siemianówka, Zbiornik Siemianówka)**– zaporowy zbiornik wodny, położony w dolinie Narwi na północnych obrzeżach Puszczy Białowieskiej, zajmujący obszar 32,5 km². Na etapie planowania przewidywano zgromadzenie w nim 45 mln m³ wody przeznaczonej do nawodnień rolniczych w dolinach górnej Narwi i Supraśli, osuszonych terenów Bagno Wizna oraz zabezpieczenie 17 mln m³ na potrzeby gospodarki komunalnej i przemysłu Białegostoku. Budowę zbiornika rozpoczęto w 1977 roku a piętrzenie wód w 1988 roku z chwilą przegrodzenia koryta Narwi zaporą czołową. Pod inwestycję wykupiono i wywłaszczono 289 gospodarstw położonych w 8 wsiach. Pięć wsi uległo całkowitej likwidacji.
- b) **Zbiornik Topiło** – zbiornik zaporowy wybudowany w latach 1932-1933 w celu przechowywania drewna tartaczego poprzez spiętrzenie wód rzeki Perebel. Obecnie zbiornik pełni funkcję przyrodniczo-biocenotyczną i rekreacyjną. W ostatnich latach odnotowano zjawisko okresowego obniżania się poziomu wody powierzchniowej, co zagraża stabilnemu funkcjonowaniu ekosystemu wodnego (Tyszka i in. 2011). Zbiornik Topiło składa się z 3 mniejszych zbiorników o łącznej powierzchni do 20 ha.



Ryc. 12.3. Zbiornik wodny Topiło (staw górny) jesienią 2021 r. (źródło: BULiGL)

- c) **zbiornik Gnilec** – kompleks zbiorników zlokalizowanych w osadzie leśnej Gnilec, przebudowany w 2019 roku, o powierzchni ponad 5 ha. Jego docelowa pojemność szacowana jest na ponad 70 tys. m³. Zbiornik powstał w 1989 roku w wyniku spiętrzenia

fragmentu rzeki Jabłoniówka. Wieloletnia eksploatacja doprowadziła do uszkodzenia urządzeń piętrzących, co groziło przerwaniem grobli i niekontrolowanym spływem wody. Zbiornik pełni obecnie funkcję retencyjną, rekreacyjną, zapewnia miejsce do bytowania zwierząt, a także służy zabezpieczeniu przeciwpożarowemu.



Ryc. 12.4. Zastawka piętrząca na zbiorniku Gnilec latem 2021 r. (źródło: BULiGL)

Podczas prac inwentaryzacyjnych wszystkim zbiornikom wodnym w obszarze opracowania, oprócz typu określono cechy takie jak rodzaj (Tab.12.10), funkcja i charakter (naturalny bądź sztuczny). Na badanym obszarze nie odnotowano zbiorników wodnych o naturalnym charakterze, poza mokradłami (Tab. 12.9).

Tab. 12.9. Zestawienie typów zbiorników wodnych wg ich charakteru (źródło: opracowanie własne)

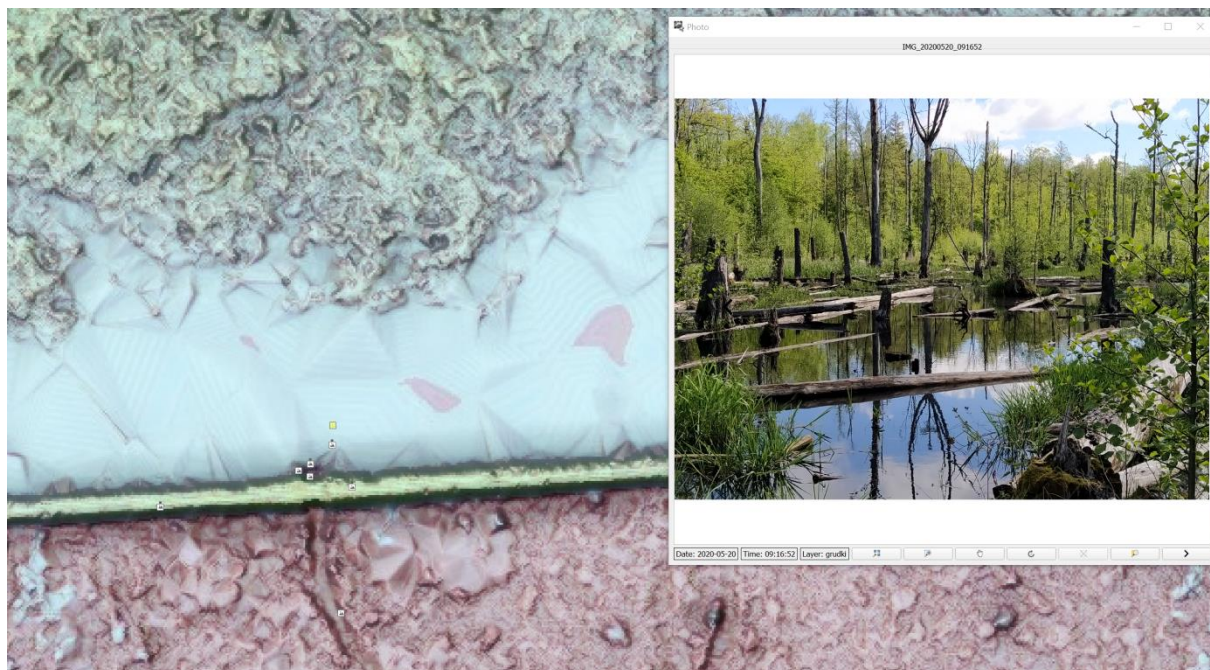
Typ zbiornika	Charakter zbiornika [liczba]			Suma
	naturalny	sztuczny	b.d.	
jezioro	0	1	0	1
mokradło	63	4	0	67
oczko	0	75	0	75
staw	0	909	0	909
zbiornik	0	73	0	73
inne	0	4	43	47
Suma	63	1066	43	1172

Tab. 12.10. Zestawienie liczby zbiorników wodnych wg ich rodzaju (źródło: opracowanie własne)

Typ zbiornika	Rodzaj zbiornika [liczba]			Suma
	bezodpływowy	odpływowy	b.d.	
jezioro	0	1	0	1
mokradło	55	12	0	67
oczko	70	5	0	75
staw	851	58	0	909
zbiornik	56	18	42	116
inne	3	1	0	4
Suma	1035	95	42	1172



Ryc. 12.5. Staw śródleśny w leśnictwie Sacharewo w Nadleśnictwie Hajnówka (źródło: BULiGL)



Ryc. 12.6. Przykład rozlewisk w leśnictwie Grudki powstałych w wyniku piętrzenia się wód powierzchniowych wzdłuż nasypu drogowego (fot. Piotr Bukład)

12.2. Urządzenia wodne

Terenowa inwentaryzacja urządzeń wodnych obejmowała zgromadzenie danych w zakresie typu, stanu technicznego, wymiarów, drożności, stanu jak również określenia wskazań modernizacyjno-utrzymawczych tych urządzeń. Typy urządzeń wodnych i budowli związanych z kształtowaniem zasobów wodnych ujęte w niniejszym opracowaniu przedstawia poniższa tabela.

Tab. 12.11. Zestawienie liczby urządzeń wodnych w typach w zależności od przynależności administracyjnej (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Obszar administracyjny [liczba]							Suma
	Białowieża	Browsk	Hajnówka	BPN	Bielsk	Żednia	Białoruś	
bród	0	3	0	0	1	0	0	4
bystrotok	11	30	20	0	0	0	0	61
inny	10	5	3	1	0	0	0	19
jaz	0	2	3	1	1	4	0	11
kładka	0	0	0	1	2	0	1	4
most	27	33	42	2	9	6	0	119
mostek	0	0	0	6	0	0	0	6
przepust okularowy podwójny	5	12	12	13	0	0	0	42
przepust okularowy potrójny	1	2	0	0	0	0	0	3
przepust	173	1102	1811	96	1542	113	7	4844
przepust z piętrzeniem	1	14	5	0	18	3	0	41

Typ urządzenia	Obszar administracyjny [liczba]							Suma
	Białowieża	Browsk	Hajnówka	BPN	Bielsk	Żednia	Białoruś	
stopień z piętrzeniem	0	5	0	0	0	0	0	5
studnia	6	0	0	0	0	0	0	6
piętrzenia	6	0	0	0	0	0	0	6
ujęcie wody pitnej	4	0	0	0	0	0	0	4
wiadukt	0	1	1	0	1	0	0	3
zapora	0	1	0	0	1	4	0	6
zastawka	1	21	2	0	10	2	0	36
zastawka piętrząca	0	1	4	0	5	0	0	10
zastawka ruchoma	0	0	2	0	0	0	0	2
Suma	245	1232	1905	120	1590	132	8	5232

Jak wynika z powyższego zestawienia, w trakcie prac inwentaryzacyjnych (prace kameralne, inwentaryzacja terenowa, konsultacje) odnotowano łącznie 5232 urządzenia wodne, stanowiące około 83% wszystkich zainwentaryzowanych obiektów związanych z wodą. Przepusty stanowią urządzenia służące przeprowadzeniu cieków płynących przez nasyp drogowy. W trakcie prowadzenia prac terenowych wykazano, że zdecydowana większość urządzeń to przepusty (Ryc.12.7). Wyróżniono ponadto różne rodzaje przepustów np. okularowe podwójne i potrójne (dwa lub trzy przewody rurowe ułożone równolegle obok siebie) mające na celu zapewnienie możliwości przepływu większych wód przez nasyp drogowy (Ryc.12.8). Ponadto w ramach inwentaryzacji wyróżniono przepusty, które dodatkowo zapewniają możliwość piętrzenia wód.



Ryc. 12.7. Przykład betonowego przepustu okularowego podczas pomiaru średnicy w oddziale 153D w leśnictwie Przechody, Nadleśnictwo Browsk (źródło: BULiGL)



Ryc.12.8. Przykład przepustu okularowego (potrójnego) z tworzywa sztucznego w oddziale 395A w leśnictwie Batorówka, Nadleśnictwo Białowieża (źródło: BULiGL)

Na badanym terenie odnotowano występowanie łącznie 125 mostów i mostków, stanowiących obiekty umożliwiające przeprawę nad przeszkodą wodną. Innym typem obiektów punktowych są bystrotoki (61 szt.) zbudowane głównie z kamieni oraz elementów drewnianych, służące spowolnieniu przepływu cieku i lokalnemu podniesieniu zwierciadła wody (Ryc. 12.9 i 12.10).



Ryc. 12.9. Przykład spiętrzenia wody wykonanego z kamieni naturalnych i drewnianej palisady w okolicach przepustu w leśnictwie Postołowo w Nadleśnictwie Hajnówka (źródło: BULiGL)



Ryc. 12.10. Przykład Bystrotoku na rzece Łutowni na wysokości oddziału 149C, leśnictwo Nowosady, Nadleśnictwo Browsk (źródło: BULiGL)

Jak wskazują rezultaty prowadzonych prac średnica przepustów (światło) waha się w granicach 30-150 cm. Większość przepustów, bo aż 78% wykonanych jest z betonowych rur, pozostałe 22% stanowią rury karbowane z tworzywa sztucznego. Są to przede wszystkim nowe urządzenia wymienione przy przebudowie dróg leśnych

Tab. 12.12. Zestawienie urządzeń wodnych zlokalizowanych na gruntach Nadleśnictwa Białowieża w podziale na leśnictwa (źródło: opracowanie własne)

Leśnictwo Obręb leśny	Rodzaj urządzenia [liczba]										Suma
	bystrotok	inny	most	przep. oku2	przep. oku3	przepust	przepust z piętrzeniem	studnia	tam. NGO	uj.wod. pit.	
Stoczek	0	1	2	0	0	10	1	0	0	1	15
Grudki	4	1	4	0	0	10	0	2	0	0	21
Podcerkiew	2	3	2	3	0	22	0	1	2	1	36
Obręb Białowieża	6	5	8	3	0	42	1	3	2	2	72
Teremiski	2	4	1	1	0	36	0		1	0	45
Nowe	0	0	0	0	0	32	0	2	0	0	34
Batorówka	2	1	0	1	1	7	0	0	2	1	15
Obręb Zwierzyniec	4	5	1	2	1	75	0	2	3	1	94
Nadleśnictwo	10	10	9	5	1	117	1	5	5	3	166

Tab. 12.13. Zestawienie urządzeń wodnych zlokalizowanych na gruntach Nadleśnictwa Browsk w podziale na leśnictwa (źródło: opracowanie własne)

Leśnictwo Obręb leśny	Rodzaj urządzenia [liczba]									Suma
	bród	bystrotok	inny	most	przep. oku2	przep. oku3	przepust	przepust z piętrzeniem	zastawka	
Pasieki	0	0	0	0	0	0	21	1	0	22
Olchówka	0	1	0	2	3	0	12	0	0	18
Lewkowo	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
Łączyno	0	0	1	0	0	0	15	0	0	16
Obręb Browsk	0	1	1	2	3	0	51	1	0	59
Rybaki	0	6	0	0	0	0	20	0	0	26
Krynica	2	0	0	0	2	0	31	0	0	35
Gnilec	1	1		0	2	0	13	0	2	19
Obręb Lacka Puszcza	3	7	0	0	4	0	64	0	2	80
Nowosady	0	0	0	0	0	0	11	0	0	11
Przechody	0	9		0	0	0	18	0	0	27
Jelonka	0	4	3	0	0	1	6	0	0	15
Obręb Narewka	0	13	3	0	0	1	35	0	0	53
Nadleśnictwo	3	21	4	2	7	1	150	1	2	192

Tab. 12.14. Zestawienie urządzeń wodnych zlokalizowanych na gruntach Nadleśnictwa Hajnówka w podziale na leśnictwa (źródło: opracowanie własne)

Leśnictwo Obręb leśny	Rodzaj urządzenia [liczba]								Suma
	bystrotok	inny	jaz	most	przep. oku2	przepust	przepust z piętrzeniem	zastawka	
Postołowo	3	0	0	0	1	23	1	0	28
Krynica	3	0	0	0	1	22	0	0	26
Wilczy Jar	6	1	0	0	1	17	0	0	25
Obręb Hajnówka	12	1	0	0	3	62	1	0	79
Sacharewo	0	0	0	1	1	9	0	0	11
Czerlonka	0	0	0	0	1	12	0	0	13
Leśnica	0	0	0	3	1	28	0	0	32
Obręb Leśna	0	0	0	4	3	49	0	0	56
Łozice	0	0	0	1	3	11	0	0	15
Topiło	0	0	0	1	1	6	0	0	8
Długi Bród	5	0	1	3	1	12	0	0	22
Słobódka	0	0	0	1	0	10	0	1	12
Obręb Starzyna	5	0	1	6	5	39	0	1	57
Nadleśnictwo	17	1	1	10	11	150	1	1	192

13. OCENA STANU TECHNICZNEGO URZĄDZEŃ WODNYCH

Ocenę stanu technicznego urządzeń wodnych prowadzono na terenach administrowanych przez nadleśnictwa LKP Puszczy Białowieskiej oraz BPN. Z oceny wyłączono obszary zabudowane oraz rolnicze (poza kompleksem Puszczy Białowieskiej). Urządzenia którym nie przypisano stanu technicznego na terenach leśnych to główne obiekty z kategorii inne, nie stanowiące typowych (w rozumieniu Ustawy Prawo Wodne) urządzeń wodnych, a ważnych z punktu widzenia obiegu wody (tamy bobrowe, naturalne spiętrzenia, rozlewiska). W ramach niniejszego opracowania, wyodrębniono cztery kategorie stanu urządzeń:

- **Stan techniczny dobry** – urządzenie w nienagannym stanie, nie wymaga żadnych zabiegów konserwacyjnych.
- **Stan techniczny zadowalający** – urządzenie w stanie nieznacznie uszkodzonym. Przyczółki i pozostałe elementy kompletne, niepodmyte. Wymaga niewielkich poprawek w celu zapewnienia dalszego funkcjonowania.
- **Stan techniczny średni** – urządzenie uszkodzone, nieznacznie podmyte, jednakże ciągle funkcjonujące. Dopuszczalne uszkodzenie przyczółków i kręgów. Wymaga przeprowadzenia prac konserwacyjnych bądź remontowych.
- **Stan techniczny zły** – urządzenie wymyte, uszkodzone, brak przyczółków i pozostałych elementów, brak możliwości przepływu wody. Wymaga remontu lub wymiany w celu przywrócenia prawidłowego funkcjonowania.

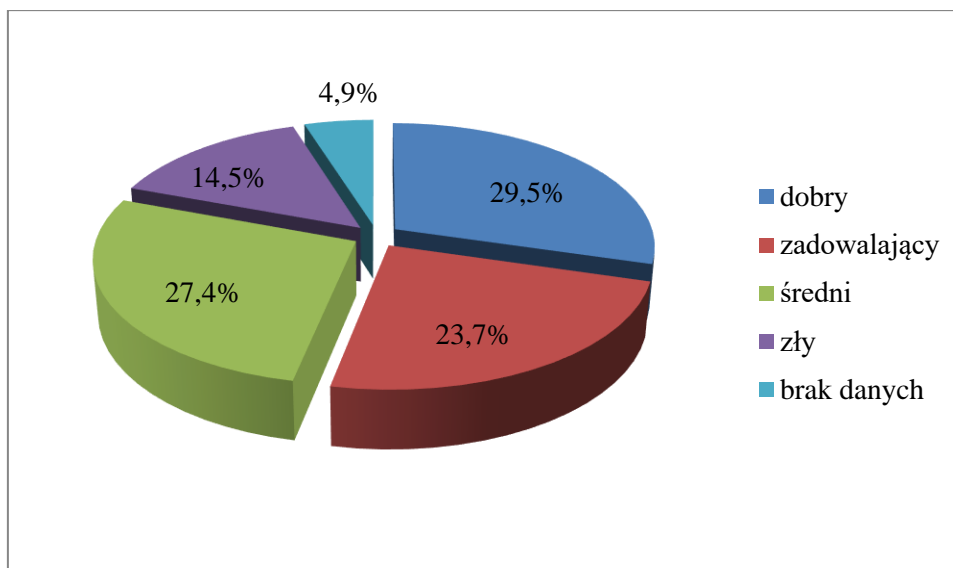
Parametr drożności opisywano dla obiektów związanych z przerzucaniem wody przez lub pod drogą (mosty, brody, przepusty itp.). Wyróżniono ponadto trzy stany charakteryzujące drożność urządzeń wodnych:

- **drożny** – zamulenie mniejsze niż 30%,
- **częściowo drożny** – zamulenie w zakresie 30%-70%,
- **niedrożny** – zamulenie powyżej 70%.

Tab. 13.1. Zestawienie stanu technicznego urządzeń wodnych zlokalizowanych na gruntach Nadleśnictw Białowieża, Browsk, Hajnówka oraz BPN (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Stan techniczny urządzenia [liczba]					Suma
	dobry	zadowalający	średni	zły	brak danych	
bród	1	2	0	0	0	3
bystrotok	4	7	33	3	1	48
inny	0	0	0	0	16	16
jaz	0	1	0	0	1	2
kładka	0	1	0	0	0	1
most	2	9	5	4	2	22
mostek	1	5	0	0	0	6
przep. oku2	17	14	4	2	0	37
przep. oku3	0	3	0	0	0	3
przepust	170	117	141	87	0	514
przepust z piętrzeniem	1	0	2	0	0	3
studnia	0	0	0	0	5	5
piętrzenia	0	0	0	0	5	5
uj. wod. pit.	0	0	0	0	3	3
zastawka	2	0	0	1	0	3
Suma	198	159	185	97	33	672

Analizując stan techniczny urządzeń wodnych należy stwierdzić, że jest on zróżnicowany przestrzennie. Blisko 30% urządzeń wodnych, dla których oceniano ten parametr charakteryzuje się stanem dobrym, nie wymagającym prowadzenia prac remontowych. W stanie zadowalającym znajduje się 23,7%, w stanie średnim 27,4%, natomiast w stanie złym pozostaje 14,5% zainwentaryzowanych urządzeń.

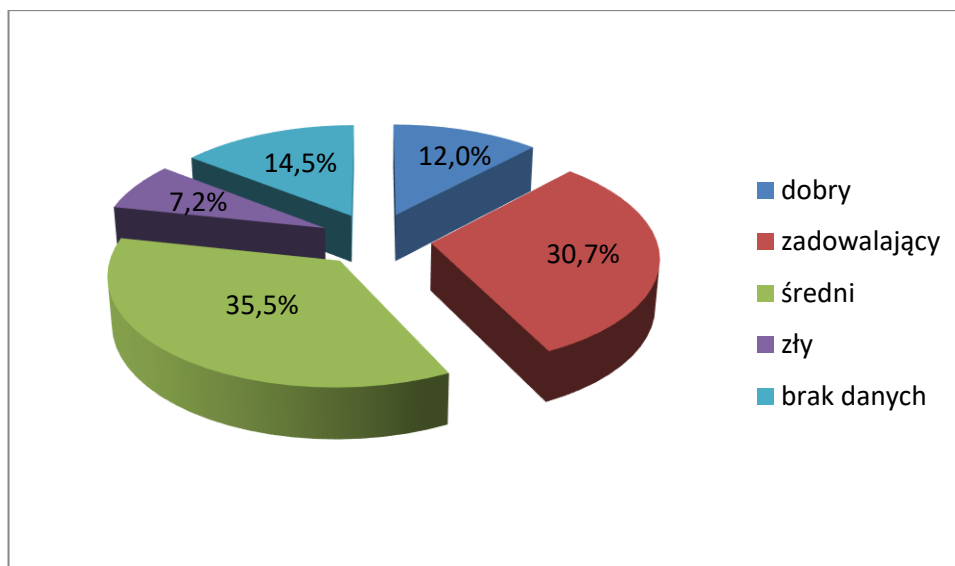


Ryc. 13.1. Procentowy udział stanu technicznego urządzeń wodnych na gruntach Lasów Państwowych i Białowieżskiego Parku Narodowego (źródło: opracowanie własne)

Analizując dane zamieszczone w poniższej tabeli, można ogólnie stwierdzić, iż urządzenia wodne zlokalizowane na gruntach administrowanych przez Nadleśnictwo Białowieża, odznaczają się średnim stanem technicznym. W stanie dobrym znajduje się 12,0% obiektów, w stanie zadowalającym 23,7%, a w stanie średnim 35,5%. Urządzenia wodne w stanie złym stanowią 7,2%, zaś dla 14,5% obiektów nie określono stanu technicznego.

Tab. 13.2. Zestawienie urządzeń wodnych z uwzględnieniem stanu technicznego na gruntach Nadleśnictwa Białowieża (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Stan techniczny urządzenia [liczba]					Suma
	dobry	zadowalający	średni	zły	brak danych	
bystrotok	0	0	10	0	0	10
inny	0	0	0	0	10	10
most	1	2	3	2	1	9
przep. oku2	1	3	1	0	0	5
przep. oku3	0	1	0	0	0	1
przepust	18	45	45	10	0	117
przepust z piętrzeniem	0	0	1	0	0	1
studnia	0	0	0	0	5	5
piętrzenia	0	0	0	0	5	5
uj. wod. pit.	0	0	0	0	3	3
Suma	20	51	560	12	24	167

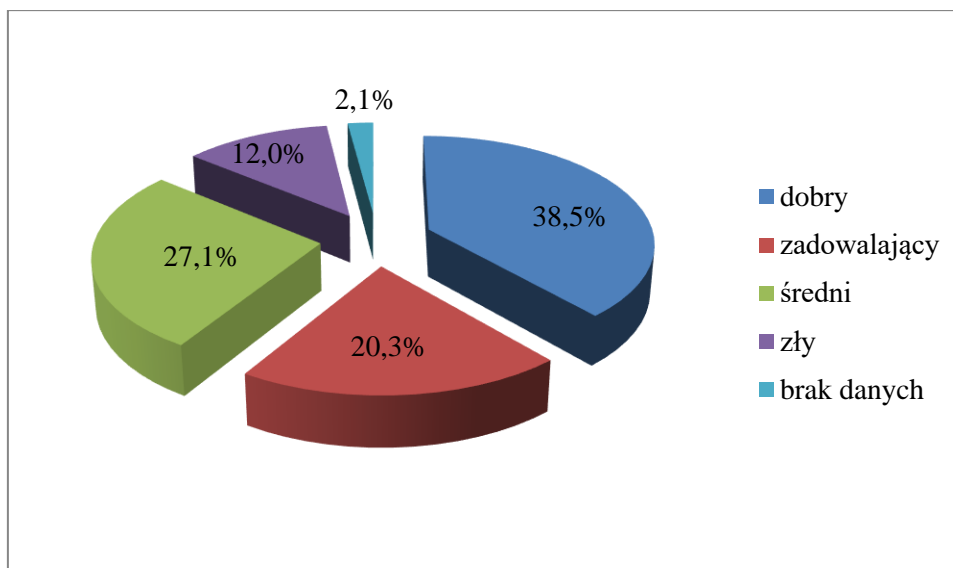


Ryc. 13.2. Procentowy udział stanu technicznego urządzeń wodnych w Nadleśnictwie Białowieża (źródło: opracowanie własne)

Stan urządzeń wodnych zlokalizowanych w zarządzie Nadleśnictwa Browsk przedstawia się korzystnie. W stanie dobrym opisano 38,5% obiektów, w stanie zadowalającym jest 20,3%, w stanie średnim 27,1%, a w stanie złym pozostaje 12,0% urządzeń (Tab. 13.3, Ryc. 13.3).

Tab. 13.3. Zestawienie urządzeń wodnych z uwzględnieniem stanu technicznego na gruntach Nadleśnictwa Browsk (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Stan techniczny urządzenia [liczba]					Suma
	dobry	zadowalający	średni	zły	brak danych	
bród	1	2	0	0	0	3
bystrotok	3	6	12	0	0	21
inny	0	0	0	0	4	4
most	1	0	1	0	0	2
przep. oku2	3	3	1	1	0	8
przep. oku3	0	1	0	0	0	1
przepust	64	27	37	22	0	150
przepust z piętrzeniem	0	0	1	0	0	1
zastawka	2	0	0	0	0	2
Suma	74	39	52	23	4	192

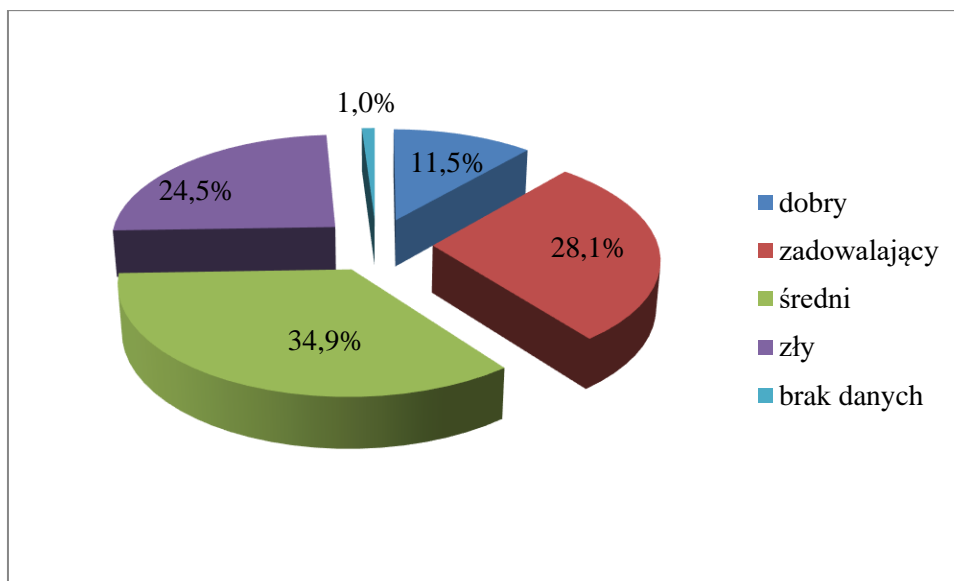


Ryc. 13.3. Procentowy udział stanu technicznego urządzeń wodnych w Nadleśnictwie Browsk (źródło: opracowanie własne)

Urządzenia wodne zlokalizowane na gruntach Nadleśnictwa Hajnówka charakteryzują się ogólnie stanem średnim. W stanie dobrym znajduje się jedynie 11,5% obiektów, w stanie zadowalającym 28,1%, w stanie średnim 34,9%, natomiast w stanie złym pozostaje 24,5% urządzeń (Tab. 13.4, Ryc. 13.4).

Tab. 13.4. Zestawienie urządzeń wodnych z uwzględnieniem stanu technicznego na gruntach Nadleśnictwa Hajnówka (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Stan techniczny urządzenia [liczba]					Suma
	dobry	zadowalający	średni	zły	brak danych	
bystrotok	1	1	11	3	1	17
inny	0	0	0	0	1	1
jaz	0	1	0	0	0	1
most	0	7	1	2	0	10
przep. oku2	1	8	2		0	11
przepust	19	37	53	41	0	150
przepust z piętrzeniem	1	0	0	0	0	1
zastawka	0	0	0	1	0	1
Suma	22	54	67	47	2	192

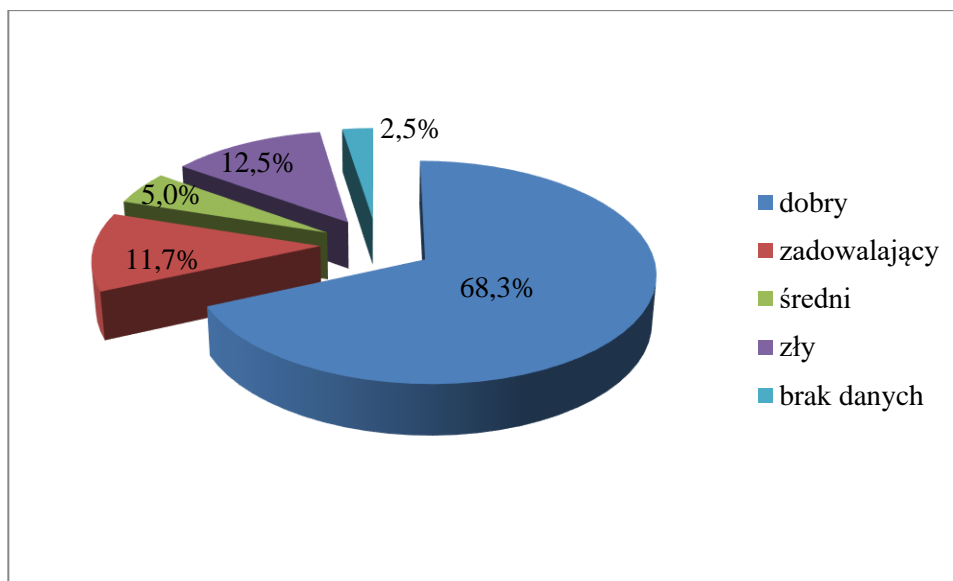


Ryc. 13.4. Procentowy udział stanu technicznego urządzeń wodnych w Nadleśnictwie Hajnówka (źródło: opracowanie własne)

Przeprowadzone prace wykazały, że urządzenia wodne zlokalizowane na terenie Białowieskiego Parku Narodowego znajdują się w najlepszym stanie. Wynika to z licznych remontów utrzymaniowych urządzeń wodnych prowadzonych w poprzednich latach. W stanie dobrym znajduje się 68,3% obiektów, w stanie zadowalającym 11,7%, w stanie średnim 5,0%, a w stanie złym pozostaje 12,5% urządzeń (Tab.13.5, Ryc.13.5).

Tab. 13.5. Zestawienie urządzeń wodnych wg stanu technicznego na gruntach Białowieskiego Parku Narodowego (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Stan techniczny urządzenia [liczba]					Suma
	dobry	zadowalający	średni	zły	brak danych	
inny	0	0	0	0	1	1
jaz	0	0	0	0	1	1
kładka	0	1	0	0	0	1
most	1	0	0	0	1	2
mostek	1	5	0	0	0	6
przep oku2	12	0	0	1	0	13
przepust	68	8	6	14	0	96
Suma	82	14	6	15	3	120



Ryc. 13.5. Procentowy udział stanu technicznego urządzeń wodnych w Białowieżskim Parku Narodowym (źródło: opracowanie własne)

Dla każdego urządzenia wodnego o stanie technicznym niezgodnym z docelowym, określono wytyczne odnośnie zakresu prac remontowo-utrzymawczych. Zalecenia objęły wszystkie urządzenia znajdujące się na gruntach w zarządzie Lasów Państwowych i Białowieżskiego Parku Narodowego, dla których określono stan techniczny. Utrzymanie wszystkich urządzeń wodnych w dobrej kondycji technicznej jest zadaniem trudnym i wiąże się z dużymi nakładami finansowymi. Najpilniejsze potrzeby dotyczą budowli w złym stanie technicznym. Wytyczne dotyczące rodzaju wskazówki zostały przedstawione w załączniku do niniejszego opracowania.

Harmonogram remontów i konserwacji, a także utrzymania urządzeń wodnych (głównie przepustów) powinny ściśle wiązać się z realizacją docelowej sieci dróg w Lasach Państwowych. Zagadnienia te są ze sobą powiązane i wszelkie działania powinny być ze sobą skorelowane, by zminimalizować potencjalny wpływ na środowisko. Podczas prowadzenia prac remontowych dla przepustów należy zwrócić uwagę na dobór odpowiednich materiałów i parametrów, zachowaniu odpowiedniej średnicy, a także osadzeniu przepustu na odpowiedniej wysokości względem cieku tak, aby przyczółki lub kręgi nie blokowały spływu. Należy również pamiętać o systematycznym monitoringu i przeglądzie stanu technicznego urządzeń. Na poniższych fotografiach zamieszczono przykłady obiektów reprezentujących różny stan techniczny (Ryc.13.6-13.8).



Ryc. 13.6. Przepust z tworzywa sztucznego na cieku okresowym, drożny, w stanie dobrym oddział 218C, leśnictwo Teremiski, Nadleśnictwo Białowieża (źródło: BULiGL)



Ryc. 13.7. Przepust częściowo drożny z uszkodzonymi kręgami betonowymi, oddział 274B, leśnictwo Postołowo, Nadleśnictwo Hajnówka (źródło: BULiGL)



Ryc.13.8. Przepust z tworzywa sztucznego, niedrożny, oddział 37A, leśnictwo Olchówka, Nadleśnictwo Browsk (źródło: BULiGL)

W ramach oceny stanu technicznego urządzeń wodnych i planowania zaleceń obejmujących remont i udrożnienie uwzględniono również typ cieku, na jakim są zlokalizowane. W tabeli 13.6 zestawiono liczbę i udziały procentowe urządzeń wodnych ze wskazanymi zaleceniami w kontekście położenia na danym typie cieku. Analiza tych danych pozwala stwierdzić, iż **zdecydowanie najwięcej urządzeń wodnych wymagających remontu i konserwacji rozlokowanych jest na ciekach okresowych (43,8%)**. Wynika to najprawdopodobniej z faktu, iż ze względu na to, że cieki okresowe często nie mają wyraźnie wytrasowanego koryta i w ostatnich latach rzadko prowadzą wodę, przez co mogły być dotychczas pomijane na etapie planowania zadań związanych z poprawą stanu infrastruktury wodnej. Odmienna sytuacja ma miejsce na urządzeniach wodnych związanych z ciekami o charakterze naturalnym (rzeki, rzeczki, strugi). Tam jedynie ok. 10% obiektów wymaga monitoringu i konserwacji. Stosunkowo dobrze są również utrzymane urządzenia na rowach melioracyjnych odwadniających tereny leśne.

Ponadto należy wskazać, iż w zakresie potrzeb modernizacyjnych ciekawa zależność ukształtowała się w obrębie kategorii rowów technicznych przecinających różne typy siedlisk (S – świeże, W – wilgotne, B – bagienne). W tym przypadku wyraźnie widoczne jest pogorszenie stanu wraz ze wzrostem gradientu wilgotności S (najmniej wilgotne)-W-B (najbardziej wilgotne). Może być to spowodowane stałymi bądź czasowymi utrudnieniami dostępu do urządzeń wodnych (utrudniony monitoring) i znacznie gorszymi uwarunkowaniami utrzymania tych urządzeń (małe przepływy sprzyjające nagromadzeniu się osadów i rumoszu).

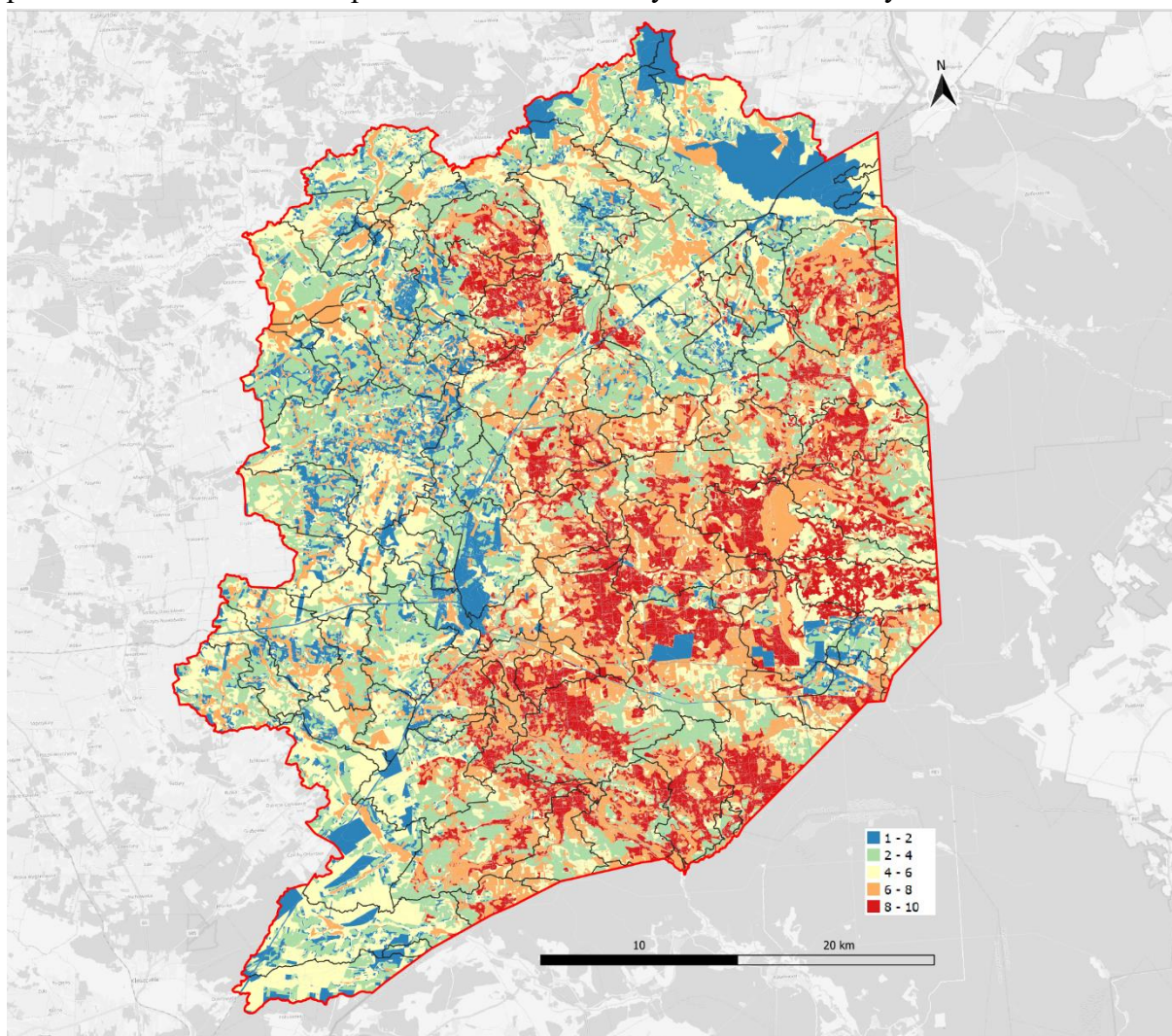
Tab.13.6. Zestawienie udziału procentowego urządzeń wodnych wymagających remontu i konserwacji w odniesieniu do typu cieku na jakim są położone (źródło: BULiGL)

typ cieku	liczba	udział [%]
rzeka	12	6,2
rzeczka	5	2,6
struga	3	1,5
ciek okresowy	85	43,8
rów melioracyjny	12	6,2
rów techniczny S	12	6,2
rów techniczny W	26	13,4
rów techniczny B	39	20,1
Łącznie	194	100

14. WALORYZACJA ZLEWNI PUSZCZY BIAŁOWIESKIEJ Z PUNKTU WIDZENIA REALIZACJI CELÓW DOKUMENTU

Określenie możliwych kierunków i sposobów poprawy i zoptymalizowania warunków wodnych z dostosowaniem do występujących siedlisk poprzedzono wielokryterialną waloryzacją, uwzględniającą uwarunkowania przyrodnicze, potencjał wodny, wpływ antropopresji oraz ograniczenia prawne.

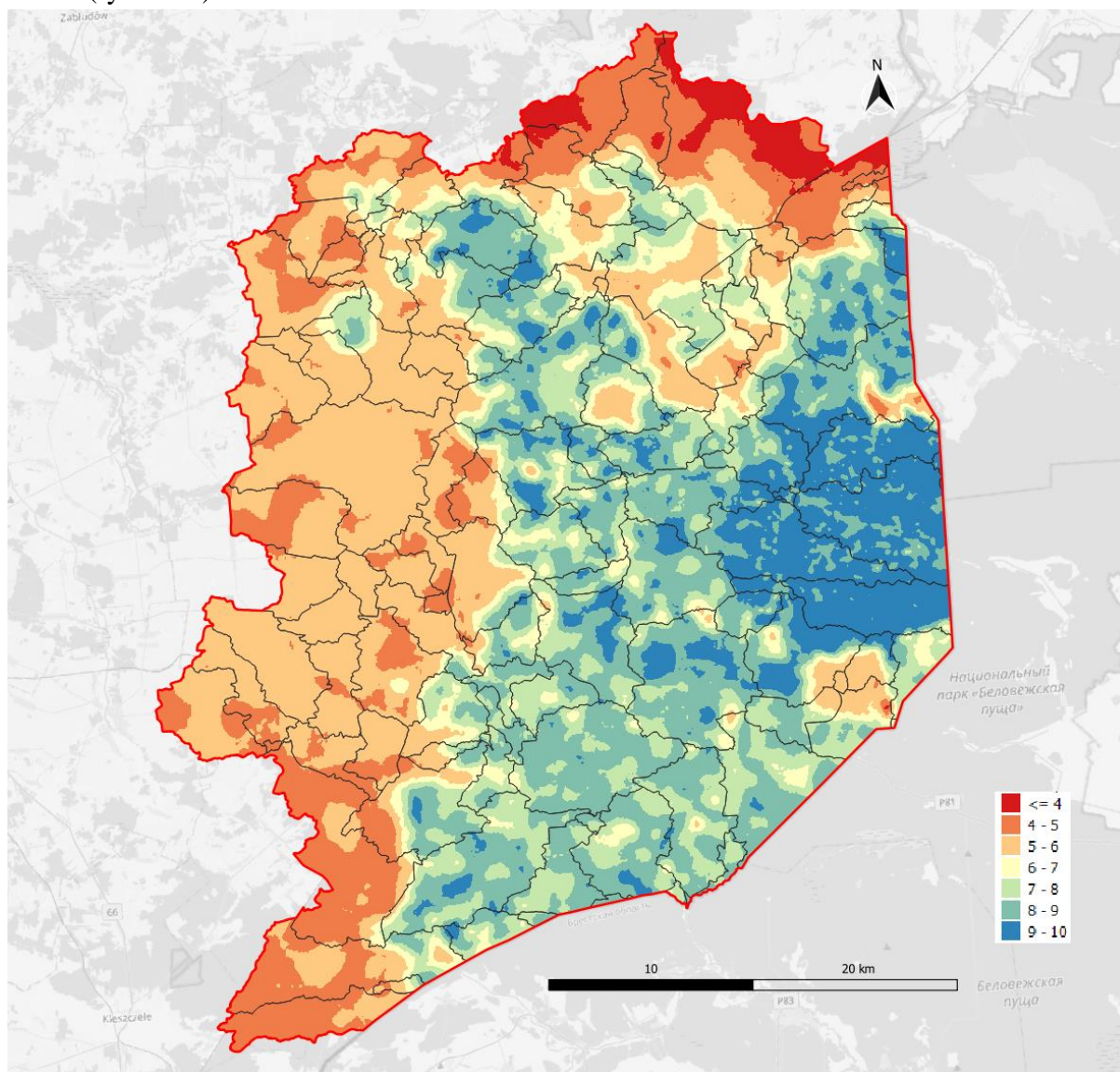
Grupą kryteriów o najwyższym priorytecie względem celu nadrzędnego analizy są kryteria związane z potencjałem przyrodniczym, obejmujące czynniki charakteryzujące stan, walor oraz wrażliwość płatów siedlisk na badanym terenie. Poszczególne kryteria z grupy A oceniono w 10-stopniowej skali. Na rycinie 14.1 zaprezentowano zmienność przestrzenną parametru A.1. wrażliwość płatu siedliska na zmiany stosunków wodnych.



Ryc. 14.1. Zmienność przestrzenna wrażliwości płatów siedliskowych [pkt] na zmiany stosunków wodnych (źródło: opracowanie własne)

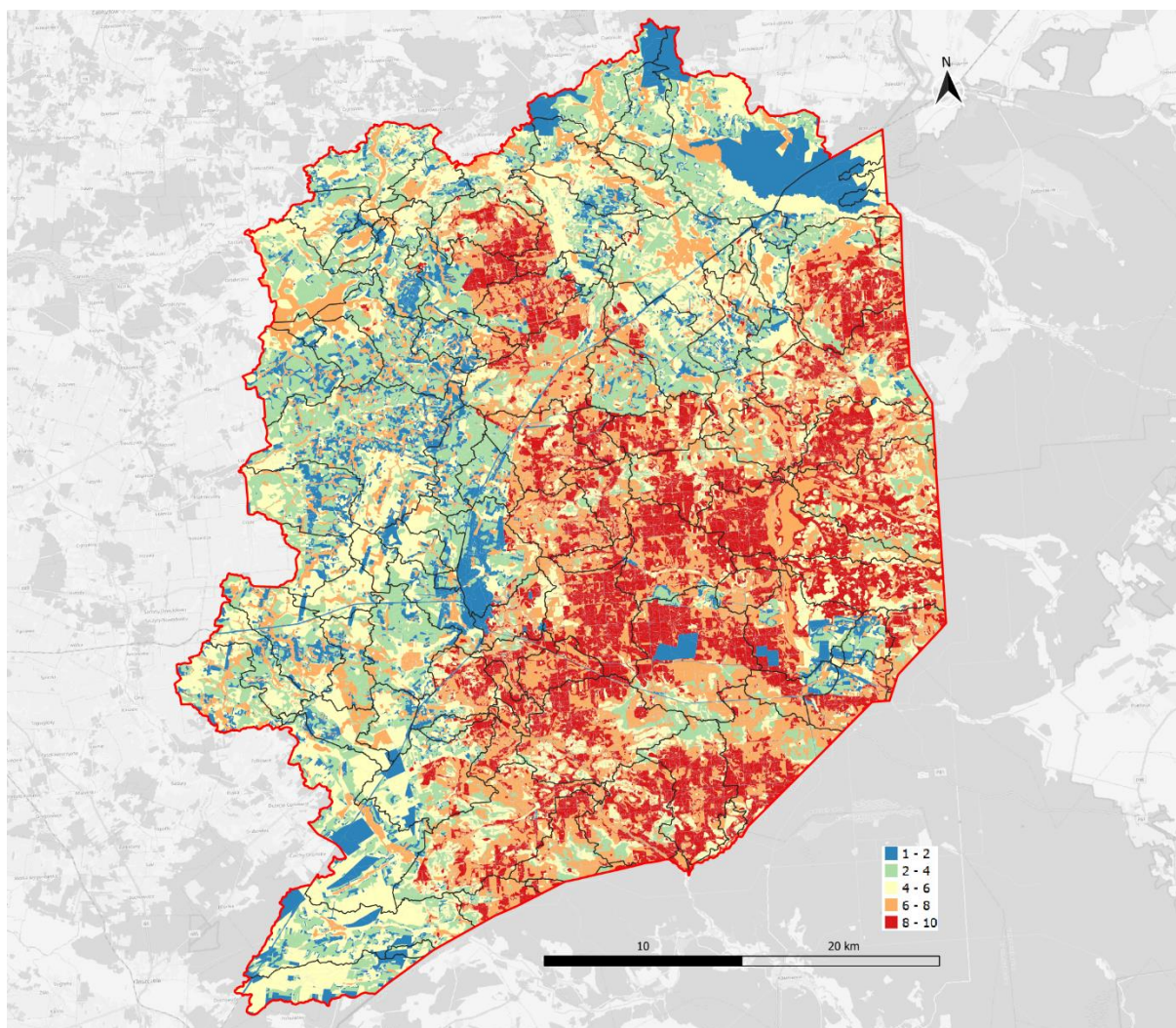
Poniżej zaprezentowano interpolowany rozkład zniekształceń pokrywy glebowej w ramach kryterium A.2. Na rozkładzie tym stan pokrywy glebowej jako najmniej zniekształcony oceniono dla terenów Białowieskiego Parku Narodowego. Nieco trudniejsza sytuacja ma miejsce w nadleśnictwach LKP PB (drzewostany gospodarcze), ponadto widoczne

jest tam większe zróżnicowanie przestrzenne tego parametru. Z kolei najniższy walor przypisano terenom nieleśnym zlokalizowanym w północnej i zachodniej części badanego terenu (ryc. 14.2).



Ryc. 14.2. Przestrzenny rozkład zniekształceń pokrywy glebowej [pkt] na badanym terenie (źródło: opracowanie własne)

Badane płaty zróżnicowano również ze względu na walor płatu siedliskowego. Przestrzenny rozkład punktacji płatów w ramach tego kryterium zamieszczono na rycinie 14.3.

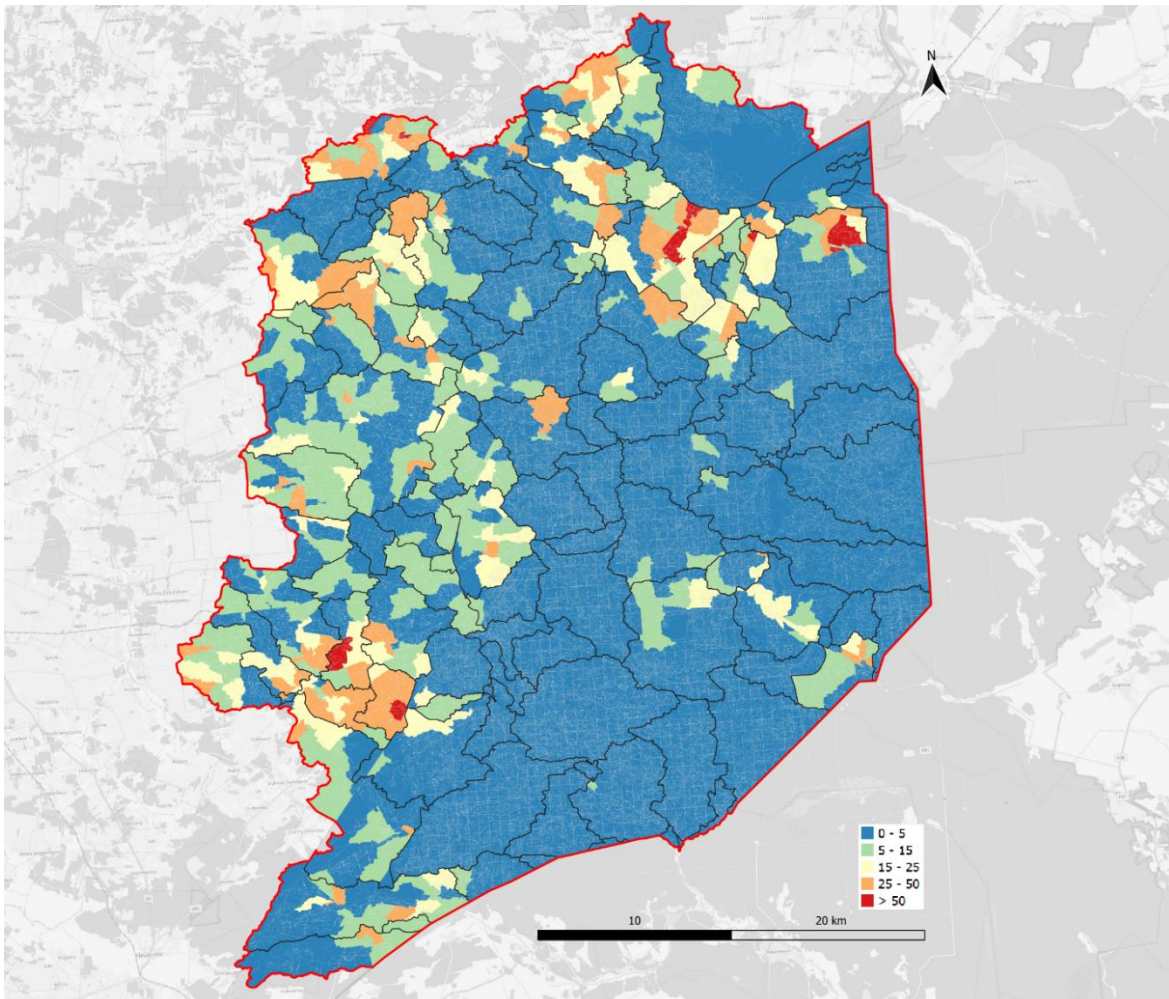


Ryc.14.3. Zmienność przestrzenna waloru płatów siedliskowych [pkt] na badanym terenie (źródło: opracowanie własne)

Kolejną grupą czynników były kryteria związane z antropopresją (B) obejmujące wiek fitocenoz (B.1), gęstość systemu melioracyjnego (B.2) oraz stopień antropogenicznego przekształcenia siedlisk. Wśród tego zestawienia kryterium o największej sile oddziaływania w ramach celu nadrzędnego analizy był parametr A.3. wyrażony za pomocą wskaźnika łącznego obwodu sztucznych nasypów (blokujących spływ wód powierzchniowych) do obwodu zlewni cząstkowej (ryc. 14.4). Obok tego parametru, również wysoko na lokalnym poziomie oceniono kryterium A.2 związane z gęstością sieci melioracyjnej, mającej największe znaczenie na terenach rolniczych badanego obszaru (ryc. 14.5). Najniższy walor w tej grupie ($WL = 0,094$) przypisano kryterium związane z wiekiem fitocenoz.

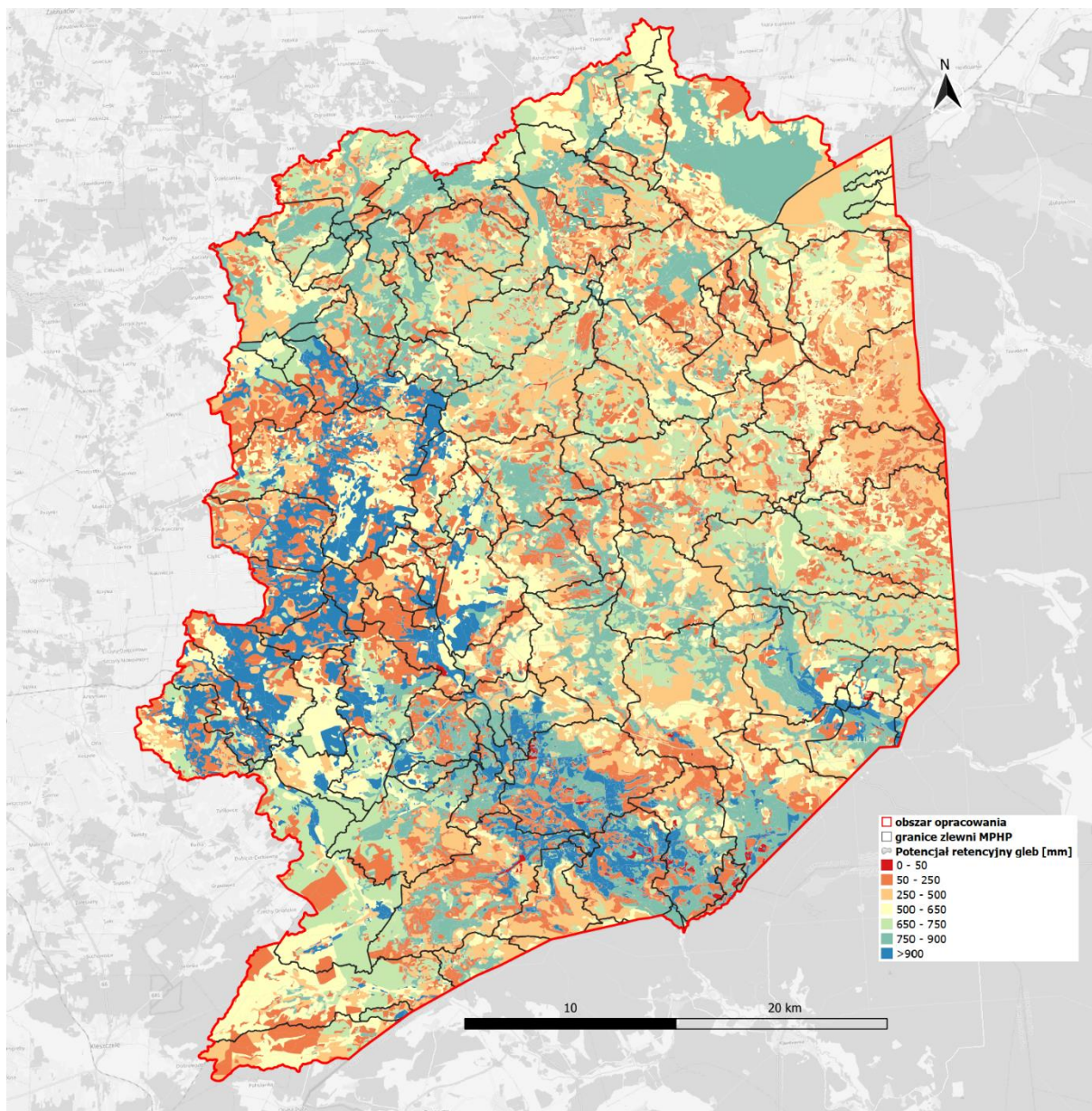


Ryc. 14.4. Schematyczne rozmieszczenie antropogenicznych przeszkód na badanym terenie (prawy) oraz wizualizacja jednego z przypadków na NMT (lewy) (źródło: opracowanie własne)



Ryc.14.5. Przestrzenne zróżnicowanie gęstości rowów melioracyjnych na badanym terenie (źródło: opracowanie własne)

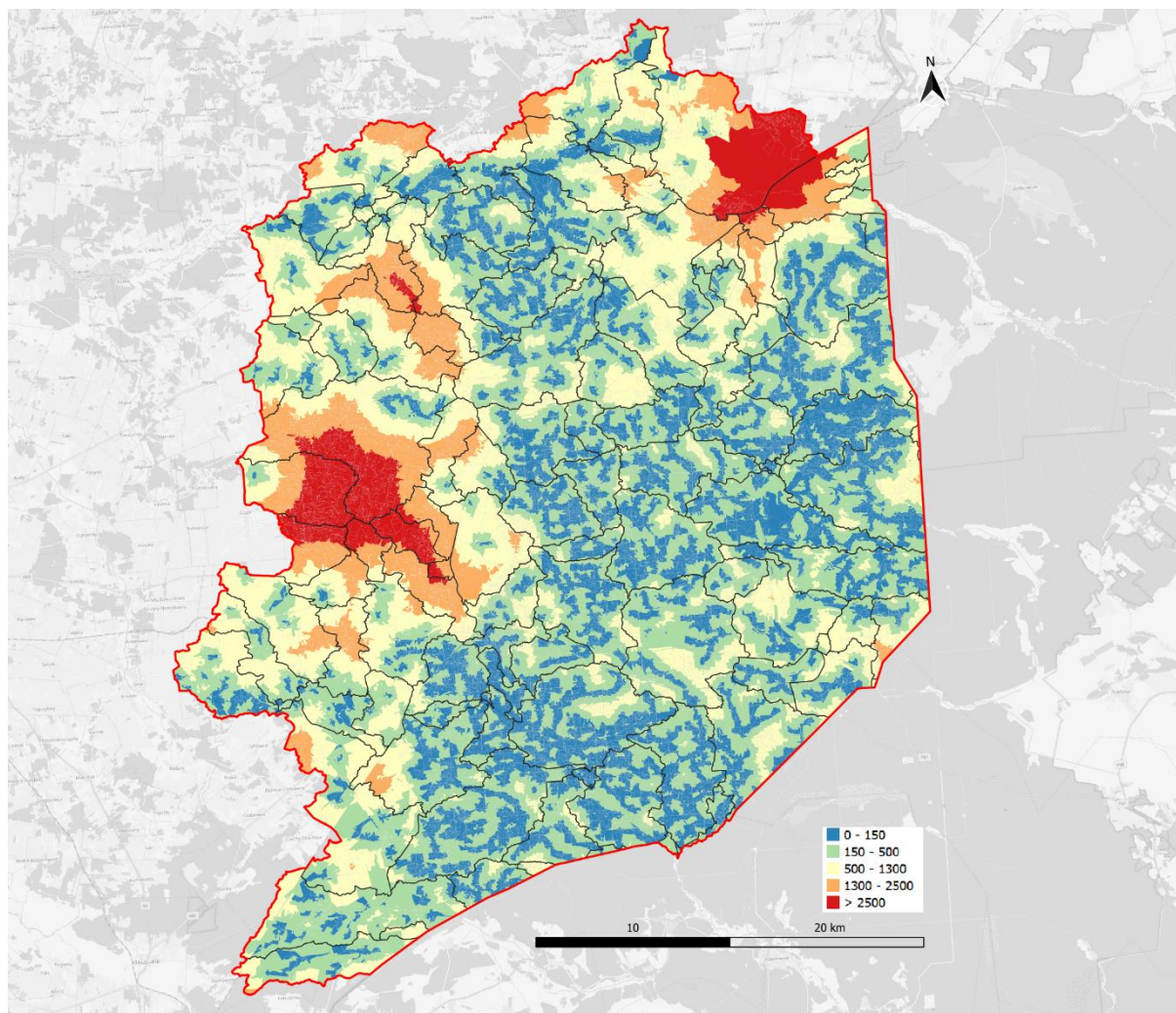
Trzecią co do kolejności i drugą w skali wysokości ocen grupą czynników są parametry skupione w grupie C - potencjał retencyjny pól siedliskowych. W tej grupie najwyższy walor lokalny przypisano kryterium C.1. Potencjał retencyjny siedliska [$\text{mm h H}_2\text{O}$], obrazujący jako ilość wody może być zretencjonowana w glebie w ciągu całego roku (suma miesięcznych różnic retencji między rokiem o wysokiej sumie opadów (2017) i rokiem z niedoborem wody (2018)) (ryc. 14.6). Z punktu widzenia wyłącznie tego kryterium można stwierdzić, iż stosunkowo duży potencjał retencyjny siedlisk posiadają tereny zlewni rzeki Leśnej oraz tereny rolne, położone w zachodniej części badanego obszaru.



Ryc. 14.6. Rozkład przestrzenny potencjału retencyjnego gleb na badanym terenie na podstawie modelu gleb i siedlisk (źródło: opracowanie własne)

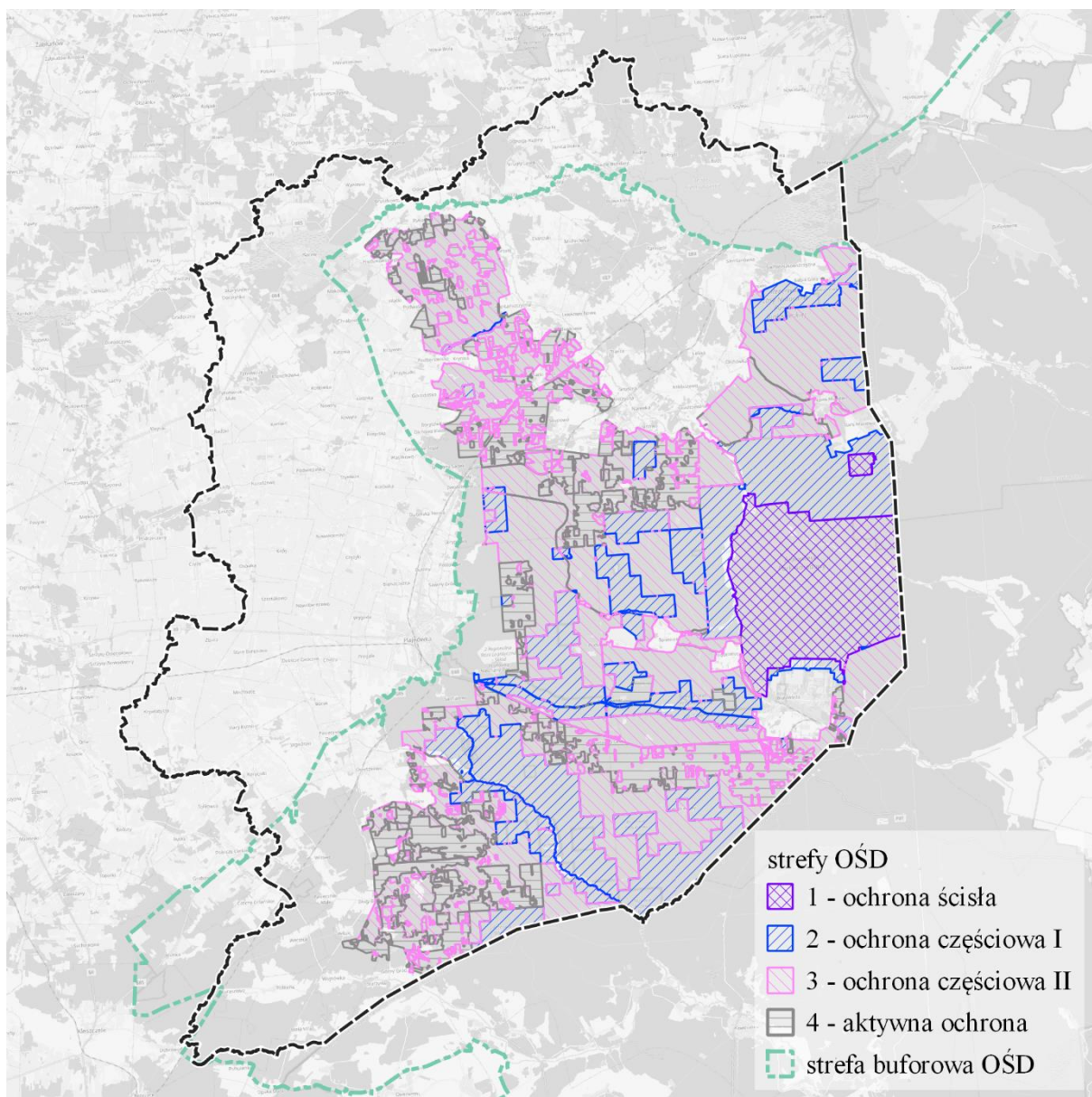
W tej grupie kryteriów rozpatrywano również czynniki t.j. średnia odległość płu od cieku okresowego (C.2). Cieki epizodyczne są głównym obiektem planowania działań polegających na spowolnieniu odpływu powierzchniowych wód opadowych/roztopowych

(ryc.14.7) oraz dostępność *in-situ* materiału do blokowania przepływu (C.3). Jako estymator potencjalnego materiału, który miejscowo można wykorzystywać w celu blokowania spływu powierzchniowego wód wykorzystano interpolowaną ilość martwego drewna w niskim stopniu rozkładu (dane z powierzchni kołowych WILP 2017 oraz z SILP Nadleśnictw Żednia i Bielsk). Co ważne w ramach kryterium C.3 nie brano pod uwagę drewna martwego stojącego, które w zależności od lokanych ograniczeń związanych z uwarunkowaniami prawnymi (strefy UNESCO, rezerваты, strefy ochrony gatunkowej itp.) stanowi cenny rezerwuár materiału do lokalnego blokowania odpływu wód powierzchniowych.



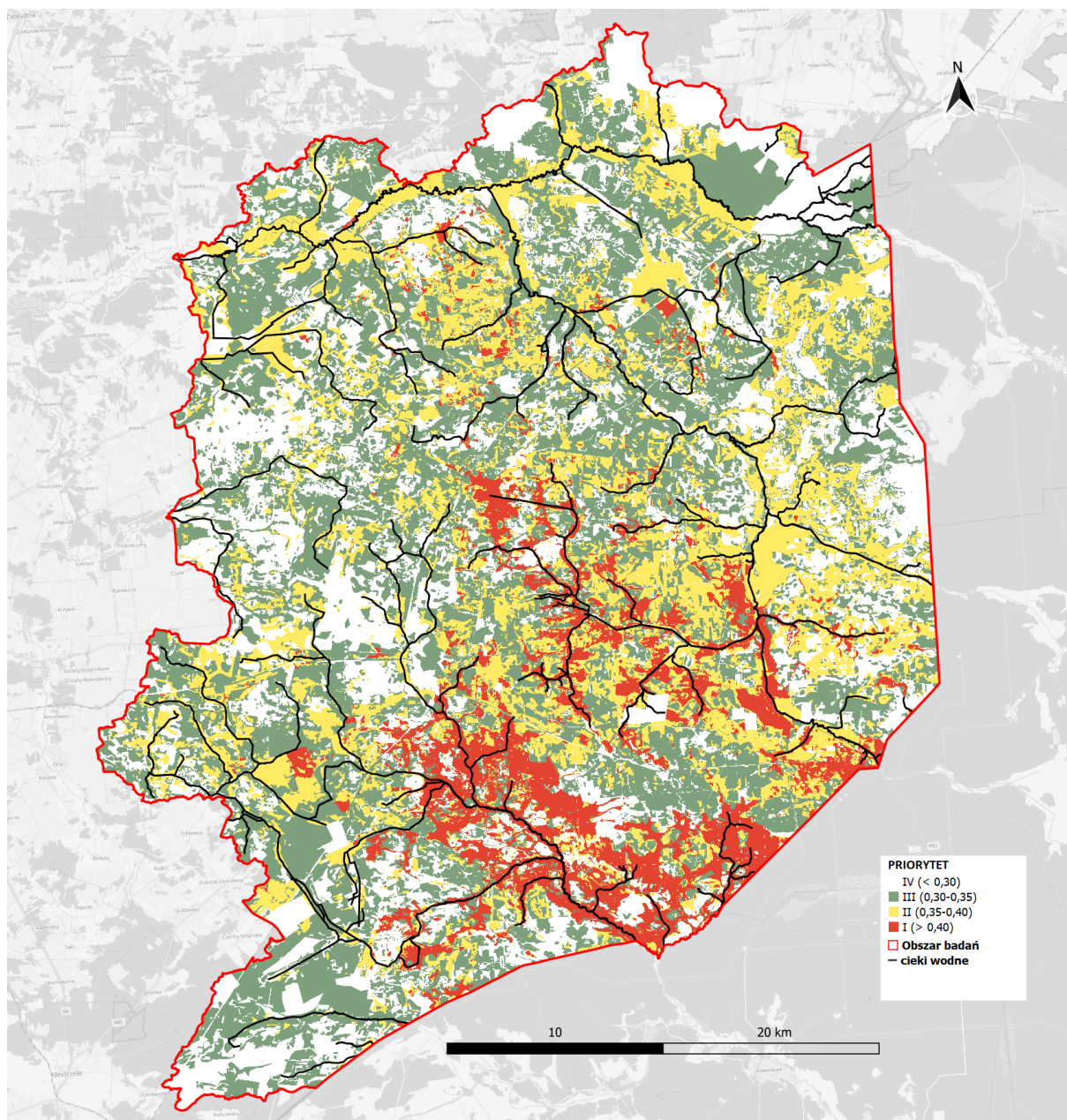
Ryc. 14.7. Przestrzenne zróżnicowanie odległości płatów siedliskowych od cieków okresowych [m] (źródło: opracowanie własne)

W analizie uwzględniono również dodatkowe uwarunkowania wynikające z strefowania OŚD Puszcza Białowieska, w ramach których przewidziano katalog dopuszczalnych działań (ryc. 14.8).



Ryc. 14.8. Strefowanie OŚD Puszcza Białowieska (źródło: opracowanie własne)

Sumaryczną ocenę pól w kontekście zastosowanych kryteriów ewaluacji wykorzystano do ustalenia priorytetu działań w zlewniach. Na rycinie 14.9 zaprezentowano przestrzenny rozkład obszarów wytypowanych do działań o różnym priorytecie czasowym (I – działania pilne do IV – działania niepilne) mających na celu poprawę aktualnego stanu siedlisk na badanym terenie. W odniesieniu do udziałów poszczególnych priorytetów pilności działań na badanym terenie oszacowano, że tereny priorytetu I zajmują łącznie 9,93%, priorytetu II – 23,96%, priorytetu III – 37,69% i priorytetu IV – 28,43%.



Ryc. 14.9. Rozmieszczenie przestrzenne obszarów reprezentujących priorytety w zakresie pilności działań hydrologicznych (źródło: opracowanie własne)

Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują, że w świetle stosowanych kryteriów ewaluacji tereny priorytetu I (największa pilność) kumulują się w bezpośrednim sąsiedztwie cieków wodnych takich jak górny bieg Narewki, Łutownia, Perebel, Leśna oraz ich dopływach (np. Dubitka, Krynica, Orłówka). Uwzględniając zasięgi administracyjne nadleśnictw można wskazać, iż największe kumulacje obszarów o najwyższym priorytecie działań znajdują się w Nadleśnictwie Hajnówka oraz w mniejszym zakresie w Nadleśnictwie Białowieża. Zdecydowanie najlepszy stan w tym zakresie występuje na terenach Nadleśnictwa Browsk.

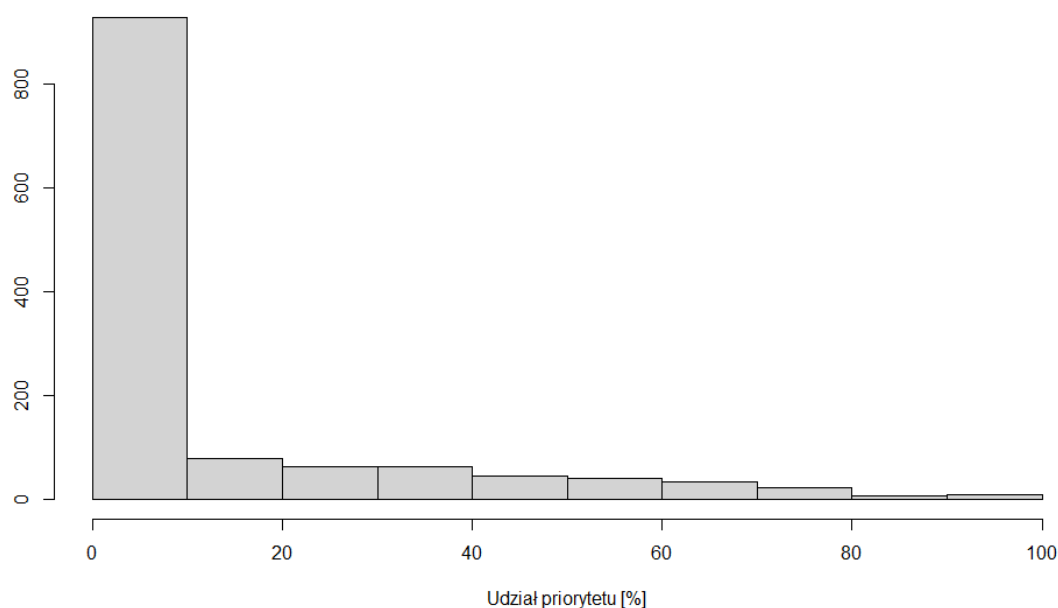
Tereny skupione wokół pozostałych większych cieków puszczańskich (np. Hwoźna, Braszcza, środkowy i dolny bieg Narewki) zostały zaklasyfikowane jako obszary o II priorytecie działań hydrologicznych, podobnie jak w przeważającej większości tereny Białowieskiego Parku Narodowego. Obszary charakteryzujące się niższą priorytetowością

(priorytet III i IV) ze względu na pilność podejmowania działań hydrologicznych to głównie tereny użytkowane rolniczo oraz położone w pobliżu wododziałów.

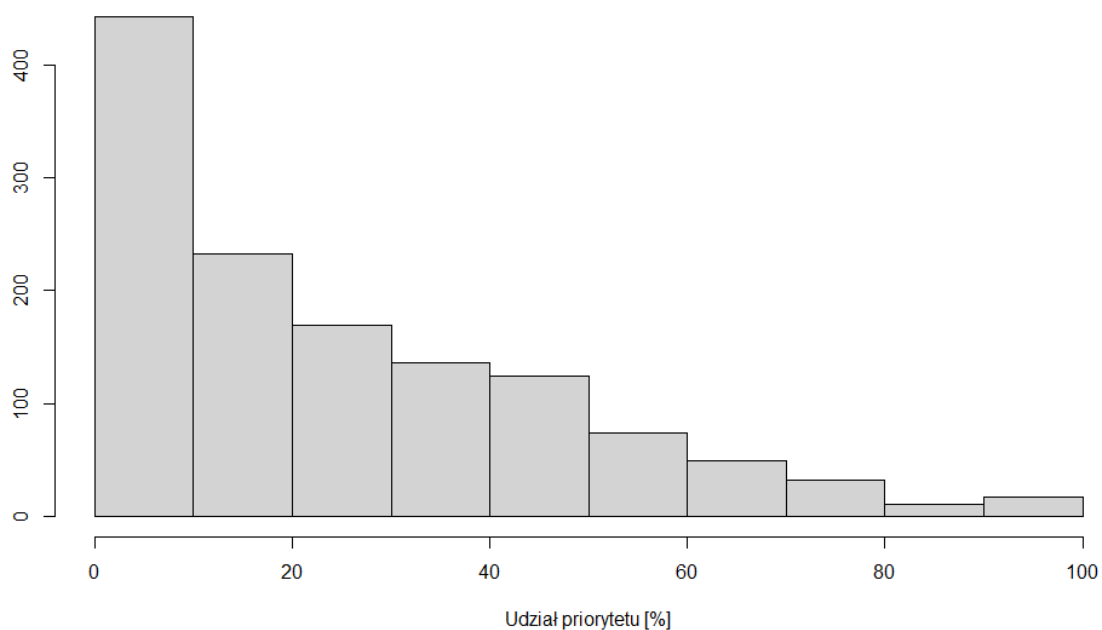
W odniesieniu do podziału badanego terenu na zlewnie cząstkowe (1288 zlewni) dokonano wyznaczenia udziałów procentowych poszczególnych priorytetów czasowych działań hydrologicznych (tab. 14.1 i ryc. 14.10-14.13), jak również oceny sumarycznej w postaci sumy ocen normalizowanej powierzchnią zlewni. Z analizy ilościowej można wywnioskować, że w ramach priorytetu I występuje 11 zlewni o pokryciu przekraczającym 50% powierzchni całkowitej zlewni elementarnej, co stanowi blisko 8,6% wszystkich zlewni w granicach opracowania. Na badanym terenie odnotowano również łącznie 15 zlewni, które praktycznie w całości są zaklasyfikowane jako obiekty do najpilniejszych działań (>80%). Odnosząc się do udziałów terenów zaklasyfikowanych jako priorytet II liczba zlewni z przynajmniej 50% udziałem wynosi 109 zlewni. Większa natomiast jest liczba zlewni charakteryzujących się przewagą priorytetu III i IV działań hydrologicznych – kolejno 354 i 215 zlewni.

Tab. 14.1. Zestawienie liczby zlewni ze względu na procentowe występowanie w granicach zlewni poszczególnych priorytetów czasowych działań hydrologicznych (źródło: opracowanie własne)

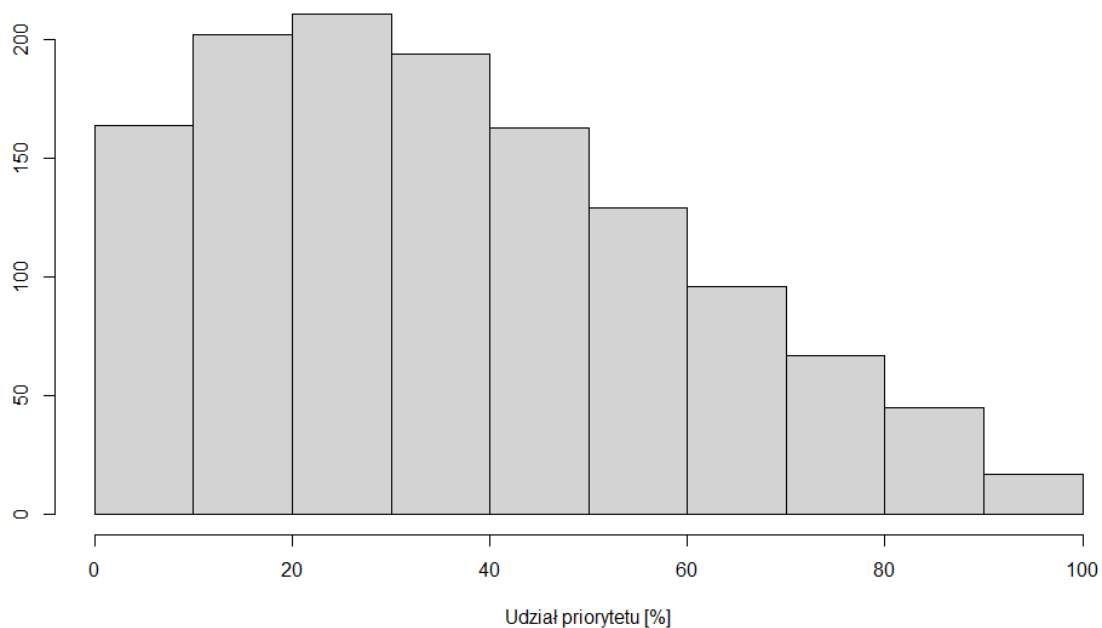
Priorytet	Udział w powierzchni zlewni [%]									
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
PI	928	78	64	62	45	41	33	22	6	9
PII	443	233	169	136	124	74	49	32	11	17
PIII	164	202	211	194	163	129	96	67	45	17
PIV	373	215	202	166	117	70	59	40	22	24



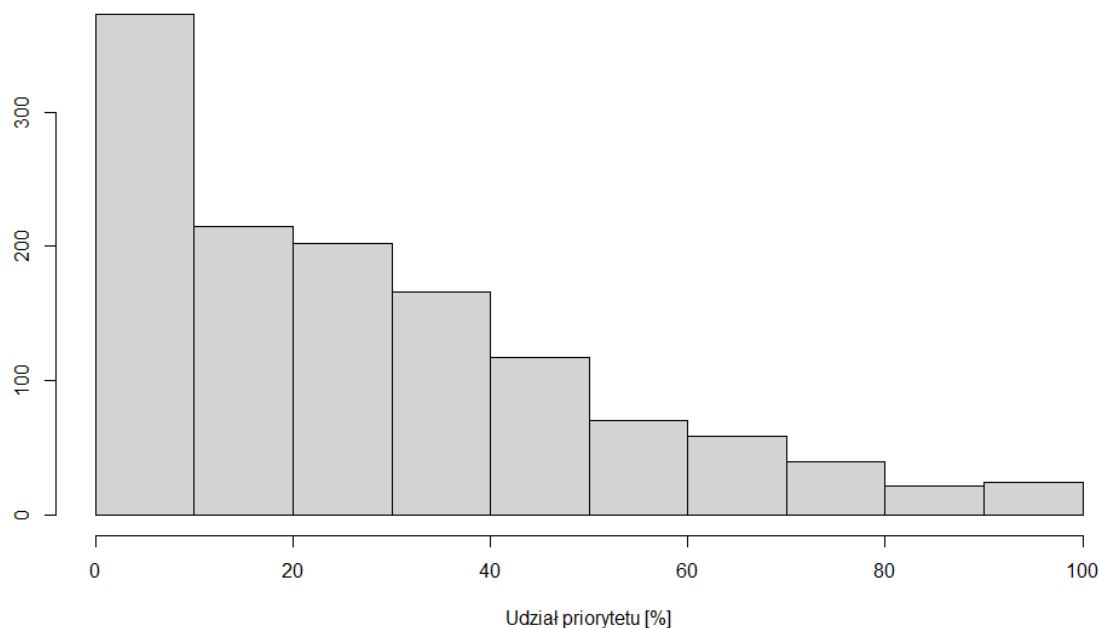
Ryc. 14.10. Histogram rozkładu udziału terenów priorytetu I w zlewniach elementarnych badanego obszaru (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 14.11. Histogram rozkładu udziału terenów priorytetu II w zlewniach elementarnych badanego obszaru (źródło: opracowanie własne)

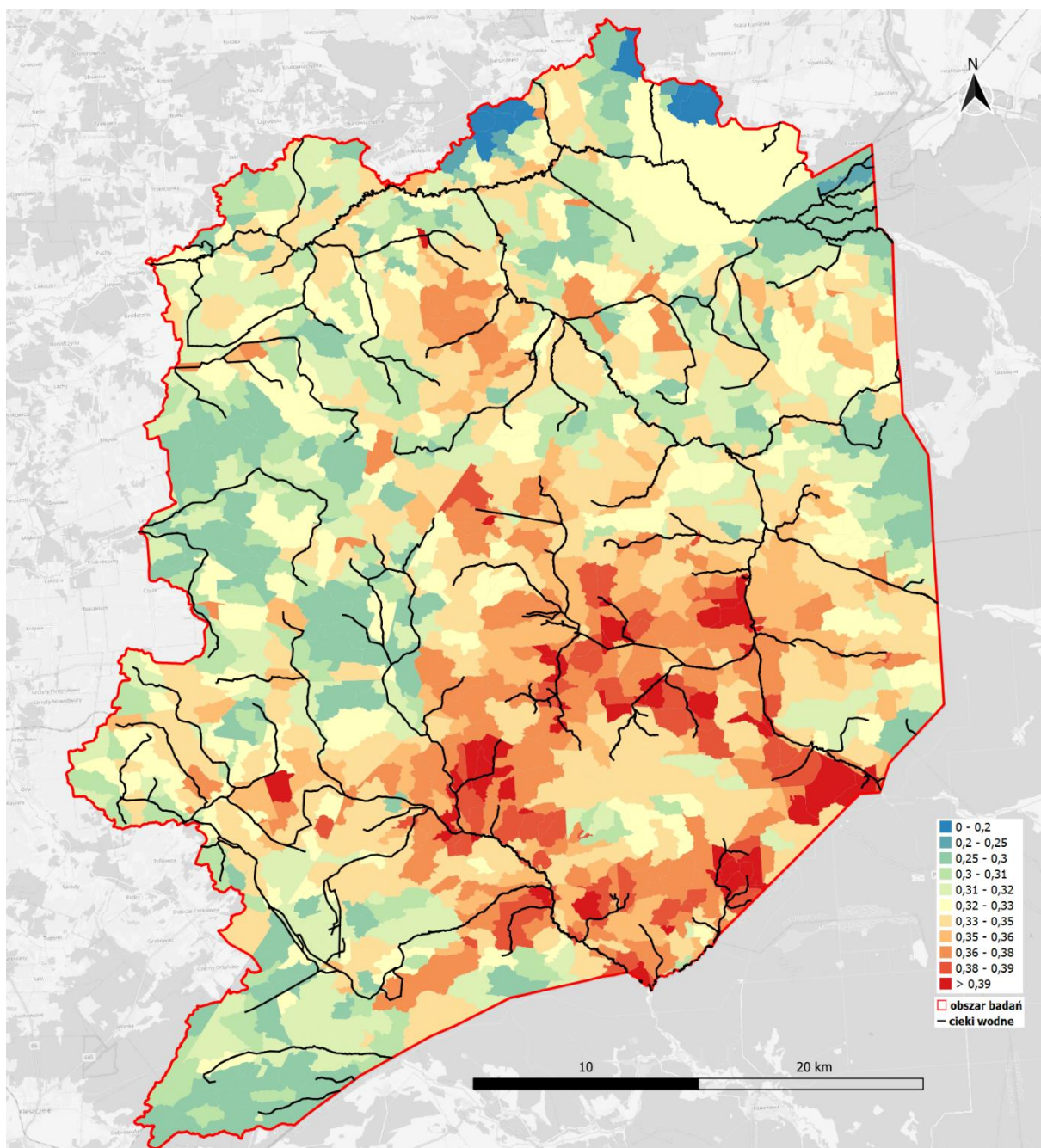


Ryc. 14.12. Histogram rozkładu udziału terenów priorytetu III w zlewniach elementarnych badanego obszaru (źródło: opracowanie własne).



Ryc. 14.13. Histogram rozkładu udziału terenów priorytetu IV w zlewniach elementarnych badanego obszaru (źródło: opracowanie własne)

Na rycinie 14.14 zaprezentowano przestrzenny rozkład sumarycznej oceny zlewni w zakresie priorytetowości działań. W wyniku operacji sumowania ocen w płatach ogólny obraz uległ uśrednieniu, co pomaga ocenić wzrokowo przestrzenne zagęszczenia priorytetów. Łatwo da się też wytypować zlewnie z najwyższą sumaryczną oceną, koncentrujące się wokół bezpośrednich zlewni rzek: Łutowi, Narewki (do ujścia Hwoźnej) i Leśnej.



Ryc. 14.14. Sumaryczna ocena zlewni w zakresie pilności działań hydrologicznych (źródło: opracowanie własne)

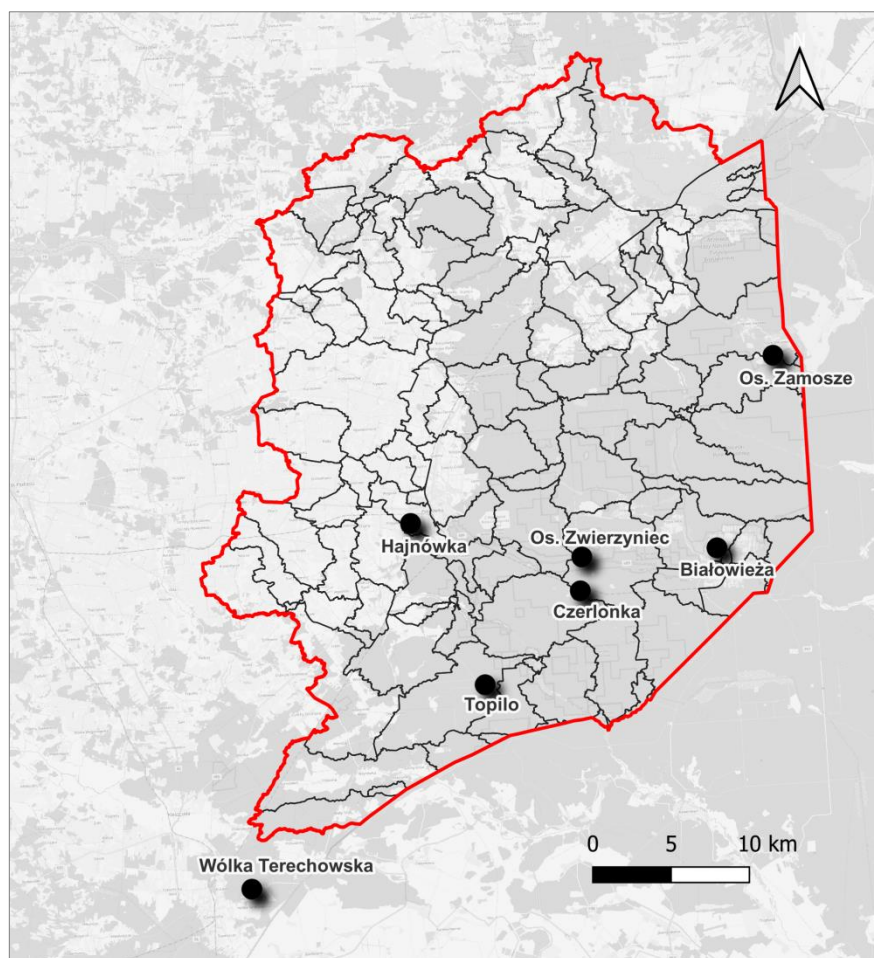
15. MODEL BILANSU WODNEGO GLEB I SIEDLISK

Modelowanie bilansu wodnego gleb i siedlisk zrealizowano z wykorzystaniem autorskiego przestrzennego modelu przygotowanego w środowisku statystycznym R CRAN. Obliczenia bilansu wodnego przeprowadzono na poziomie obiektu podstawowego stanowiącego część wspólną płatu z określonym podtypem gleby i zlewni elementarnej. Warto nadmienić, iż opracowane narzędzie pozwala na realizację symulacji uwzględniających hipotetyczne stany zmian parametrów meteorologicznych (temperatura, opad) lub zmian w użytkowaniu gruntu (zmiana użytkowania zlewni z leśnego na użytkowanie rolnicze).

15.1. Parametry wejściowe i wyjściowe modelu gleb i siedlisk

Wśród wymaganych parametrów wejściowych opracowanego modelu można wyróżnić grupy parametrów związane z warunkami meteorologicznymi, cechami drzewostanów oraz własnościami gleb.

Do modelowania zawartości wody w glebie wykorzystano dane meteorologiczne na przestrzeni lat 2017-2020 z 7 różnych stacji pomiarowych znajdujących się na terenie i okolicach Białowieskiego Parku Narodowego (ryc.15.1). Ze stacji Czerlonka, Wólka Terechowska, Zamosze i Zwierzyniec uzyskano dane meteorologiczne (opad chwilowy, promieniowanie słoneczne, wilgotność i temperatura powietrza oraz prędkość wiatru). Dodatkowo ze stacji pomiarowych w Białowieży, Hajnówce i Topile pozyskano dane na temat opadów chwilowych. Dane ujednolicono do danych dziennych. Dla każdego z obiektów podstawowych z zastosowaniem metody IDW (ang. *Inverse Distance Weighting*) dokonano interpolacji wartości ze wszystkich stacji, dla których są dostępne dane z danego dnia.



Ryc. 15.1. Przestrzenne rozmieszczenie stacji meteorologicznych, których pomiary uwzględniono w modelu bilansu wodnego gleb i siedlisk. Stacja pomiarowa Wólka Terechowska znajduje się poza południowym zasięgiem AOI (źródło: opracowanie własne).

Cechy drzewostanowe opisano za pomocą trzech parametrów: wysokości drzewostanów, stopnia pokrycia koronami oraz za pomocą wskaźnika powierzchni liści LAI (ang. *Leaf Area Index*). Wskazane parametry drzewostanowe wyznaczono w postaci średnich wartości w obrębie obiektu podstawowego na podstawie analizy danych lotniczego skanowania laserowego. Jako dane priorytetowe w tej analizie przyjęto chmury punktów z projektu ForBioSensing pochodzące z 2019 roku, natomiast pozostały obszar opracowania uzupełniono danymi ISOK o aktualności z zakresu 2012-2018.

Określenie wysokości w płatach zrealizowano na podstawie detekcji pojedynczych drzew na chmurze punktów z wykorzystaniem metody filtrowania lokalnych maksimów LMF (ang. *Local Maximum Filter*) (Kolendo i in. 2021). Uzyskane w ten sposób wartości wysokości pojedynczych drzew zaktualizowano o roczne przyrosty w zależności od aktualności danych.

Pokrycie koronami wyznaczono na podstawie zastosowania numerycznego modelu koron NMK o rozdzielczości przestrzennej 50 cm wygenerowanego za pomocą techniki P2R (ang. *Point to Raster*) i poddanego procesowi wypełniania pustych komórek z wykorzystaniem autorskiego algorytmu bazującego na podstawie analizy sąsiedztwa komórek rastrowych (Kolendo i in. 2021). Model koron wygenerowano na podstawie punktów z pierwszego odbicia klasy 5 (roślinność wysoka).

Parametr LAI wyznaczono na podstawie chmury punktów lotniczego skanowania laserowego z wykorzystaniem pakietu LidR w środowisku R CRAN, zgodnie z metodyką opisaną w pracy Bouvier i in. (2015). W niniejszym opracowaniu podjęto próbę uwzględnienia sezonowej zmienności parametru LAI dla drzewostanów zrzucających liście na zimę. Dodatkowym utrudnieniem w tym zakresie był fakt, iż dane z projektu ForBioSensing pozyskano w okresie listnym a dane ISOK w okresie bezlistnym. W celu zminimalizowania niekorzystnego wpływu tych uwarunkowań w pierwszej kolejności przygotowano mapę grup gatunkowych w zasięgu opracowania wykorzystując hiperspektralną klasyfikację gatunków drzew z projektu ForBioSensing i opisy taksacyjne. Następnie dla każdego płatu obiektu podstawowego wyznaczone zostały średnie wartości wskaźnika LAI w okresie bezlistnym i w okresie ulistnienia z uwzględnieniem udziału gatunków liściastych w płacie i pokrycia danymi z różnych projektów.

Warunki glebowe były różnicowane ich zdolnościami do retencjonowania wody, poprzez określenie dla poszczególnych typów gleb punktów charakterystycznych krzywych retencyjnych pF. Dla każdego płatu obiektu podstawowego ustalono wartości pF 2.0, pF 3.4 oraz pF 4.2 na podstawie badań własnych i danych literaturowych.

15.2. Założenia koncepcyjne modelu

Bilans wodny siedlisk określono na podstawie modelowania zmian dobowego zapasu wody glebowej (SWS) obliczanego z różnicy przychodu wody z opadów oraz odpływu wody w procesie ewapotranspiracji:

$$SWS(i+1)=SWS_i + TFi - EVT_i \quad (15.1)$$

gdzie:

SWS – zapas wody,

i – numer dnia,

EVT – dobowy ewapotranspiracja [mm],

TF – dobowy opad podokapowy [mm],

$TF = P - I$

P – opad na otwartej przestrzeni [mm]

I – intercepcja [mm]

Zgodnie z zasadami retencji wody glebowej obliczenia wykonano przy następujących warunkach brzegowych:

- **Półowa pojemność wodna** - górna granica ilości wody, która może być zatrzymana w glebie; powyżej tej wartości woda odpływa z profilu,
- **Punkt trwałego więdnięcia** – dolna granica ilości wody, jaka występuje naturalnie w glebie.

Parowanie terenowe (ewapotranspiracja) jest jednym z najważniejszych składowych bilansu wodnego, który charakteryzuje się zmiennością w zależności od pokrycia terenu i sposobów użytkowania terenu. W przypadku terenów pokrytych roślinnością wysoką na wielkość ewapotranspiracji rzeczywistej największy wpływ wywiera transpiracja, która jest procesem fizjologicznym uzależnionym od warunków klimatycznych, anatomii i morfologii

roślin, a także warunków wodno-glebowych. Rozpoznanie wielkości transpiracji aktualnej, a w szczególności transpiracji poszczególnych warstw ekosystemu leśnego jest ważnym zagadnieniem zarówno dla hydrologii zlewni rzecznych jak i dla gospodarki leśnej. Ewapotranspiracja rzeczywista terenów leśnych została obliczona wzorem Penmana-Monteith'a:

$$\lambda \text{EVT} = \frac{\Delta R_n + \rho_a c_p \frac{\text{VPD}}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \quad (15.2)$$

gdzie:

R_n – promieniowanie słoneczne netto

Δ – nachylenie krzywej ciśnienia pary wodnej nasyconej,

λ – ciepło utajone parowania,

γ – stała psychrometryczna,

P_a – gęstość powietrza,

c_p – ciepło właściwe powietrza,

VPD – niedosyt wilgotności powietrza,

r_a – oporność aerodynamiczna,

r_s – oporność stomatyczna,

Oporność stomatyczna i aerodynamiczna zostały obliczone z wykorzystaniem wielkości różnicujących drzewostany: wskaźnik ulistnienia, pokrycie drzew, wysokość drzew.

Ewapotranspiracja terenów nieleśnych została obliczona wzorem Penmana-Monteith'a FAO56, który został opracowany do obliczania ewapotranspiracji gruntu pokrytego trawą o wysokości 0,12 m z określoną opornością stomatyczną na poziomie 70 s m⁻¹ i wartości albedo równej 0,23.

$$\text{ET}_o = \frac{0,408 \Delta R_n + \gamma \left(\frac{900}{T+273} \right) u \text{VPD}}{\Delta + \gamma (1 + 0,34u)} \quad (15.3)$$

gdzie:

u – prędkość wiatru,

T – temperatura powietrza,

Intercepcja jest definiowana jako ta część opadu, która opadając na powierzchnie roślinne ulega odparowaniu i nie trafia ostatecznie do gleby. Z punktu widzenia hydrologii jest zatem istotnym elementem obiegu wody w środowisku leśnym. Wielkość intercepcji jest zmienna w czasie; zależy nie tylko od typu roślinności, struktury okapu, zwarcia, stopnia rozwinięcia aparatu asymilacyjnego, tj. wielkości powierzchni liści, całkowitej powierzchni pni i gałęzi, ale również od szeregu czynników meteorologicznych, takich jak np. wielkość opadu, jego intensywność, wilgotność powietrza, temperatura powietrza, promieniowanie słoneczne, prędkość wiatru.

Obliczanie intercepcji drzewostanów oparto na modelu Liu dla serii opadów, w której pojemność wodną koron określono metodą użytą w modelu Kondo (Smax wg Komatsu i in.

2008). Smax jest bezpośrednio związane z ulistnieniem drzew (LAI), dodatkowo uwzględnia również sezonowe zmiany tego ulistnienia dla gatunków liściastych. Wcześniejsze porównania wykazały, że tak skonfigurowany model sprawnie przewiduje wielkość intercepcji.

W przypadku wersji modelu dla serii opadów, których liczba (lub liczba dni z opadami w badanym okresie, jeżeli przyjmie się, że w ciągu dnia występuje tylko jeden opad) wynosi n_0 korony są całkowicie osuszone między kolejnymi opadami, intercepcja I wynosi:

$$I = C_m \left[1 - \frac{\bar{E}}{(1-p)\bar{R}} \right] \left[n_0 - \sum_{i=1}^{n_0} D_i \right] + \frac{\bar{E}}{\bar{R}} \sum_{i=0}^{n_0} P_i \quad (15.4)$$

gdzie:

P – całkowita wielkość opadu [mm],

C_m – pojemność wodna drzewostanu:

D_i – wskaźnik osuszenia okapu po i-tym opadzie o wielkości P_i .

\bar{E} – śr. ewaporacja przy koronach wysyconych wodą dla wszystkich opadów [mm h^{-1}],

\bar{R} – średnia intensywność opadu dla wszystkich opadów w serii [mm/godz.],

P – całkowita wielkość opadu [mm],

P_g – wielkość opadu niezbędna do wysycenia koron [mm],

S_t – pojemność wodna pni [mm],

p – udział opadu „wolnego”, tj. nie wchodzącego w kontakt z koronami, odpowiednik udziału,

n_0 – liczba dni z opadami.

Ponieważ nie jest możliwa prognoza stopnia osuszenia okapu po każdym opadzie w serii, przyjmuje się że wskaźnik osuszenia okapu D jest jednakowy dla wszystkich opadów i przy założeniu że na początku każdego opadu okap jest osuszony ($D_{(0=1)}$), D wynosi:

$$D = D_0 \exp \left[-(1-p) \frac{\sum_{i=1}^{n_0} P_i}{n_0 C_m} \right] \quad (15.5)$$

Przeprowadzono badania modelowe pozwoliły na określenie składowych równania bilansu wodnego siedlisk i gleb wyrażonego w postaci:

$$P = ETV + I + dR \quad (15.6)$$

P – opady atmosferyczne [mm],

ETV – ewapotranspiracja rzeczywista [mm],

I – Intercepcja [mm],

dR – zmiana retencji [mm].

15.3. Wyniki modelowania

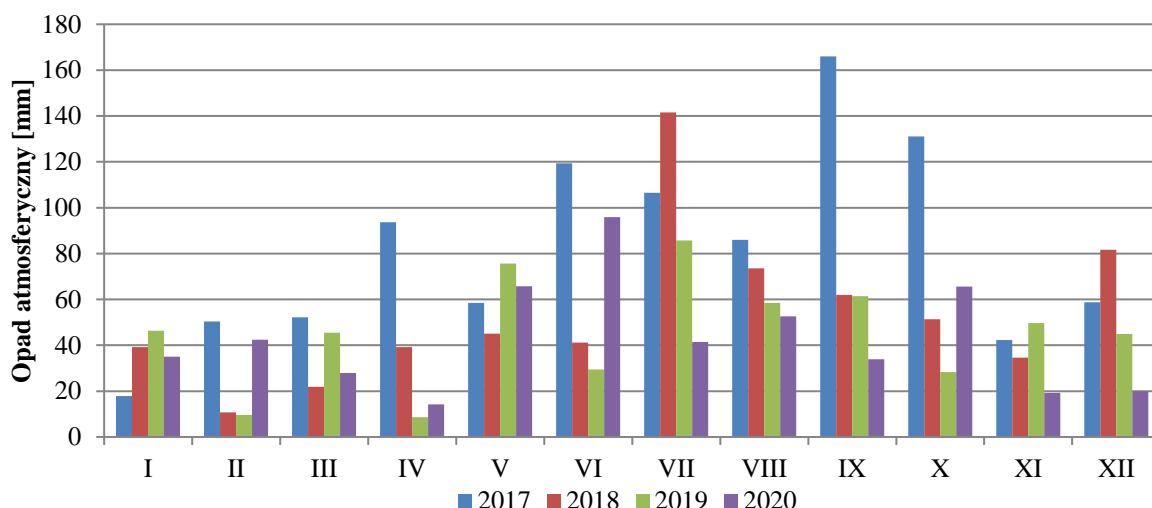
Modelowanie bilansu wodnego siedlisk wykonano w dobowym odstępie czasu dla okresu 2017-2020 r. Otrzymano wyniki modelowania z 1461 dni dla 75 487 pól jednorodnych. W celu łatwiejszego przedstawienia otrzymanych rezultatów zdecydowano o pogrupowaniu otrzymanych danych do wartości miesięcznych i rocznych sum opadów, intercepcji, ewapotranspiracji oraz zmian retencji.

15.4. Opady atmosferyczne

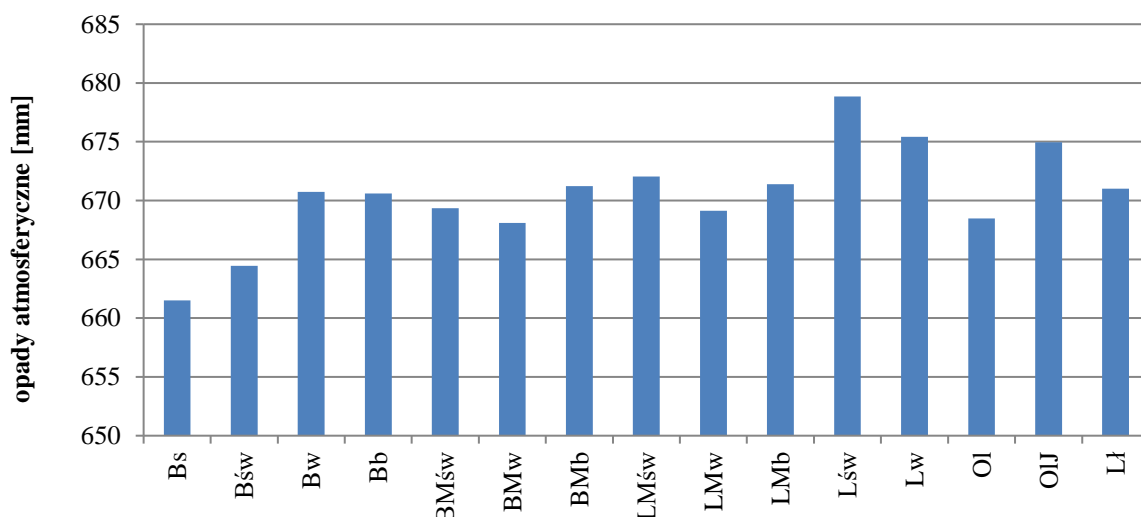
Opady atmosferyczne zostały interpolowane dla poszczególnych pól jednorodnych na podstawie pomiarów z 7 punktów pomiarowych znajdujących się na terenie lub w pobliżu Puszczy Białowieskiej (ryc. 15.1). Dlatego zmienność tej składowej bilansu wodnego nie jest silnie zróżnicowana w poszczególnych ekosystemach. Natomiast odnotowano duże zróżnicowanie w opadach pomiędzy poszczególnymi latami. Najwyższy opad roczny uśredniony dla Puszczy Białowieskiej wystąpił w 2017 r. kiedy wyniósł 982,5 mm, natomiast w 2020 roku spadło zaledwie 513,6 mm. Rok 2017 można uznać za skrajnie mokry, gdyż opady były większe o ponad 50% od opadu średniego wieloletniego (637 mm – dla Białowieży), zaś rok 2020 r. jako suchy, gdyż opad stanowił zaledwie 81% opadu wieloletniego. Pozostałe lata można zakwalifikować jako przeciętne pod względem opadów, jednak 2019 rok był na granicy roku suchego, gdyż opad wynoszący 543,8 mm, zaledwie o 2 mm przekroczył granicę między rokiem suchym a przeciętnym. Opady 2018 roku wyniosły 642 mm.

W badanych latach suma miesięcznych opadów przekroczyła 100 mm pięciokrotnie: w czterech miesiącach 2017 r. – wrześniu – 166,0 mm, październiku – 131,1 mm, czerwcu 119,4 mm i lipcu – 106,5 mm oraz w lipcu 2018 roku – 141,6 mm. Najniższe opady miesięczne – niższe od 25 mm – odnotowano 8 razy: w styczniu 2017 roku – 17,8 mm, w lutym 2018 roku – 10,8 mm, w marcu 2018 roku – 21,9 mm, w lutym 2019 roku – 9,6 mm, w kwietniu 2019 roku – 8,6 mm, w kwietniu 2020 roku – 14,1 mm, w listopadzie 2020 roku – 19,2 mm, w październiku 2020 roku – 19,9 mm (ryc. 15.2).

Najniższe średnie opady roczne na terenie Puszczy Białowieskiej wystąpiły w okresie 2017-2020 w borze suchym – 661,5 mm, najwyższe zaś w lesie świeżym – 678,8 mm. Pomimo niewielkiego zakresu wartości można uszeregować typy siedliskowe lasu pod względem zasilania wodą opadową w rozpatrywanym okresie: **Bs – Bśw – BMw – Ol – LMw – BMśw – Bb – Bw – Li – BMb – Lmb – LMśw – OlJ – Lw – Lśw** (ryc. 15.3).



Ryc. 15.2. Miesięczne opady atmosferyczne dla Puszczy Białowieskiej w latach 2017-2020 (źródło: opracowanie własne).



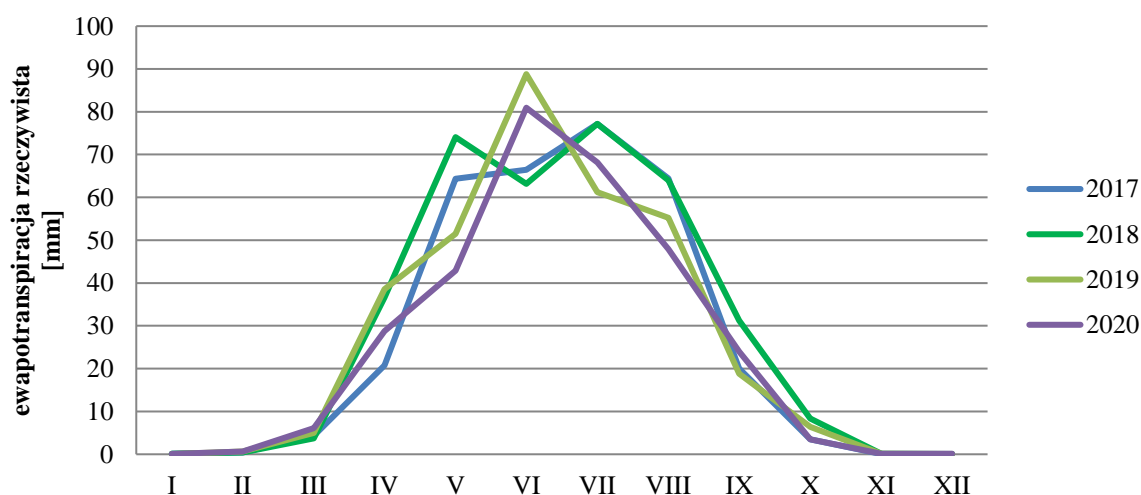
Ryc. 15.3. Średni opad roczny w siedliskowych typach lasu w rozpatrywanym okresie (źródło: opracowanie własne)

15.5. Ewapotranspiracja rzeczywista

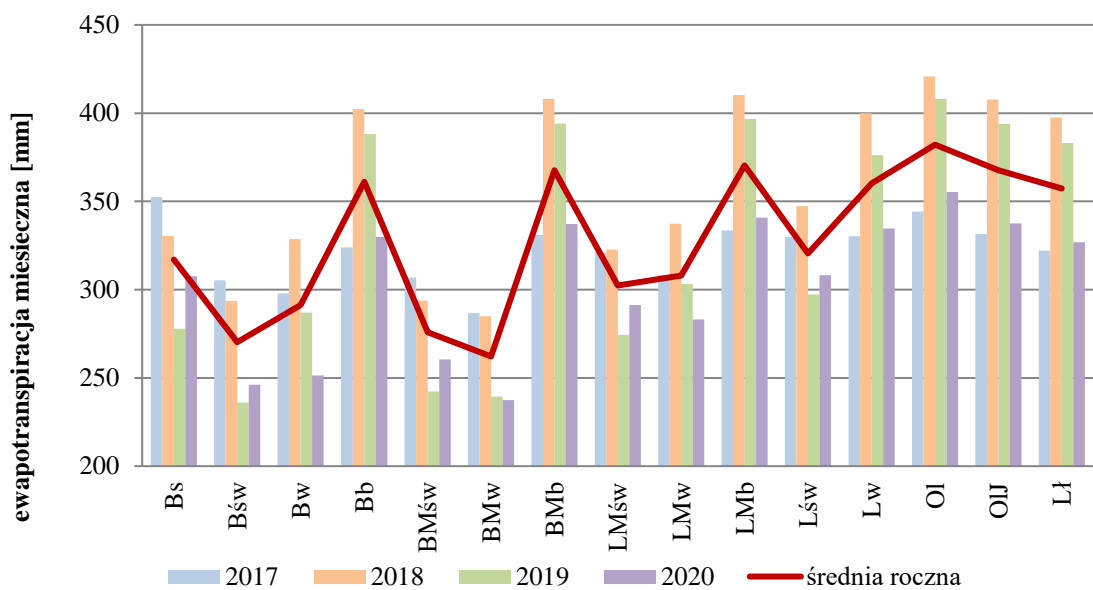
Ewapotranspiracja rzeczywista jest jednym z najważniejszych elementów obiegu wody, ponieważ oddaje rzeczywiste wartości parowania ekosystemów uwzględniające warunki meteorologiczne, rodzaj pokrycia terenu oraz dostępność wody w glebie. Dzięki temu określa realne wartości ewapotranspiracji pokazujące zróżnicowanie między poszczególnymi ekosystemami jak i zróżnicowanie klimatyczne oraz glebowe. Rozkład parowania w ciągu roku warunkowany jest głównie przez promieniowanie słoneczne oraz temperaturę powietrza, dlatego najwyższe wartości osiąga w miesiącach letnich a w okresie zimy osiąga wielkości minimalne. Przestrzenne zróżnicowanie miesięcznych wielkości ewapotranspiracji rzeczywistej ekosystemów Puszczy Białowieskiej w latach 2017-2020 przedstawiono na rycinach 15.6-15.29. Najwyższa średnia ewapotranspiracja rzeczywista wszystkich ekosystemów leśnych wystąpiła w 2018 r. kiedy osiągnęła 359 mm. Najniższa wartość średnia

miała miejsce w 2020 r. – 303 mm. Wysoka ewapotranspiracja rzeczywista w 2018 r. była powodowana głównie wysokimi wartościami w maju, lipcu i sierpniu (ryc. 15.4). Natomiast w czerwcu, w którym parowanie zazwyczaj osiąga bardzo wysokie wartości odnotowano najniższą ewapotranspirację ze wszystkich rozpatrywanych lat (63,2 mm). Było to powodowane stosunkowo niskimi temperaturami powietrza (średnia miesięczna 18,3°C w Czerlonce i 18,0°C w Wólce Terechowskiej) oraz dużym zachmurzeniem, skutecznie zmniejszającym promieniowanie docierające do gruntu. Najwyższa miesięczna ewapotranspiracja rzeczywista została obliczona dla czerwca 2019 roku, kiedy osiągnęła 88,8 mm (ryc. 15.12). Miesiąc ten był o blisko 4°C cieplejszy od czerwca roku poprzedniego a promieniowanie osiągnęło wartość średnią wyższą o około 40 Wm⁻².

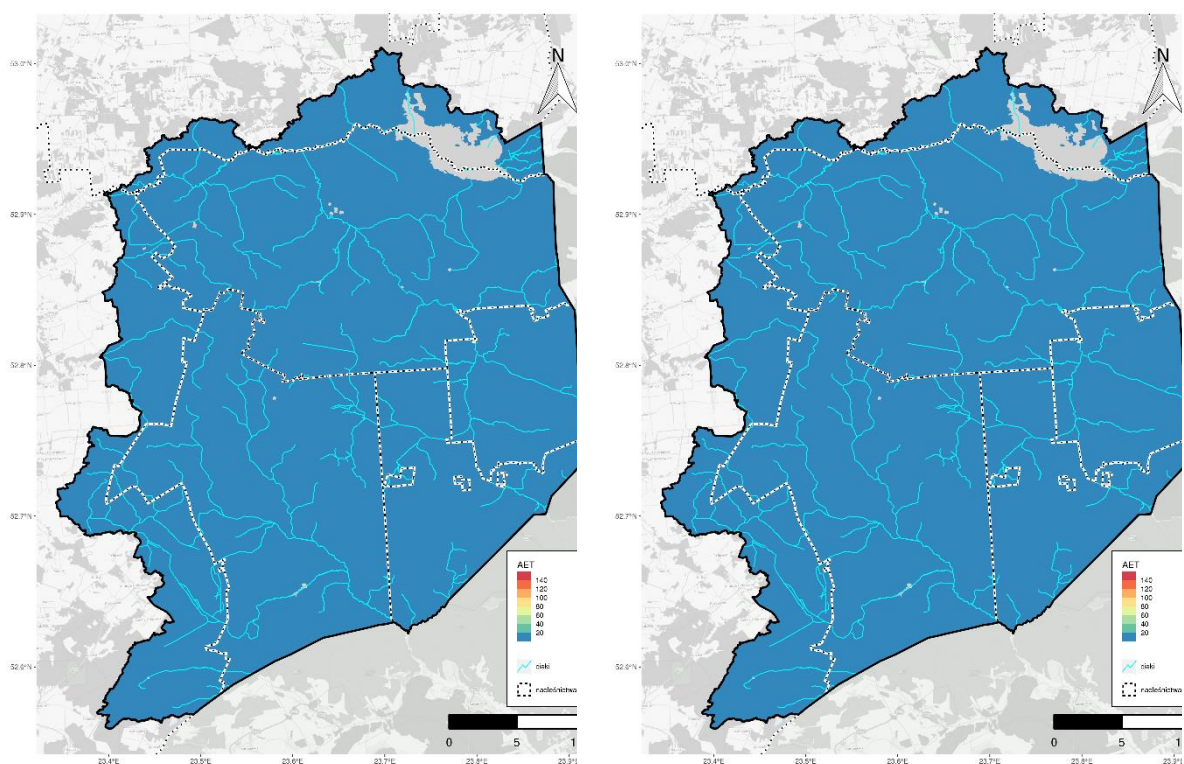
Ewapotranspirację rzeczywistą ekosystemów Puszczy Białowieskiej zagregowano wg. typów siedliskowych lasu. Najniższa średnia roczna ewapotranspiracja rzeczywista (262 mm) cechuje bór mieszany wilgotny. Jest to spowodowane dużym wpływem warunków glebowych, w których często w tym siedlisku występują niedobory wody. Występowanie ograniczonej dostępności wody powoduje zmniejszenie ewapotranspiracji rzeczywistej w tym typie siedliskowym o 27%. Najwyższa ewapotranspiracja występuje w olsie, gdzie osiąga średnią wartość 382 mm. Poszczególne typy siedliskowe lasu można uszeregować pod względem wielkości ewapotranspiracji rzeczywistej: **BMw – Bśw – BMśw – Bw – Bs – LMśw – LMw – Lśw – Ll – Lw – Bb – BMb – OlJ – Lmb – Ol** (ryc. 15.5).



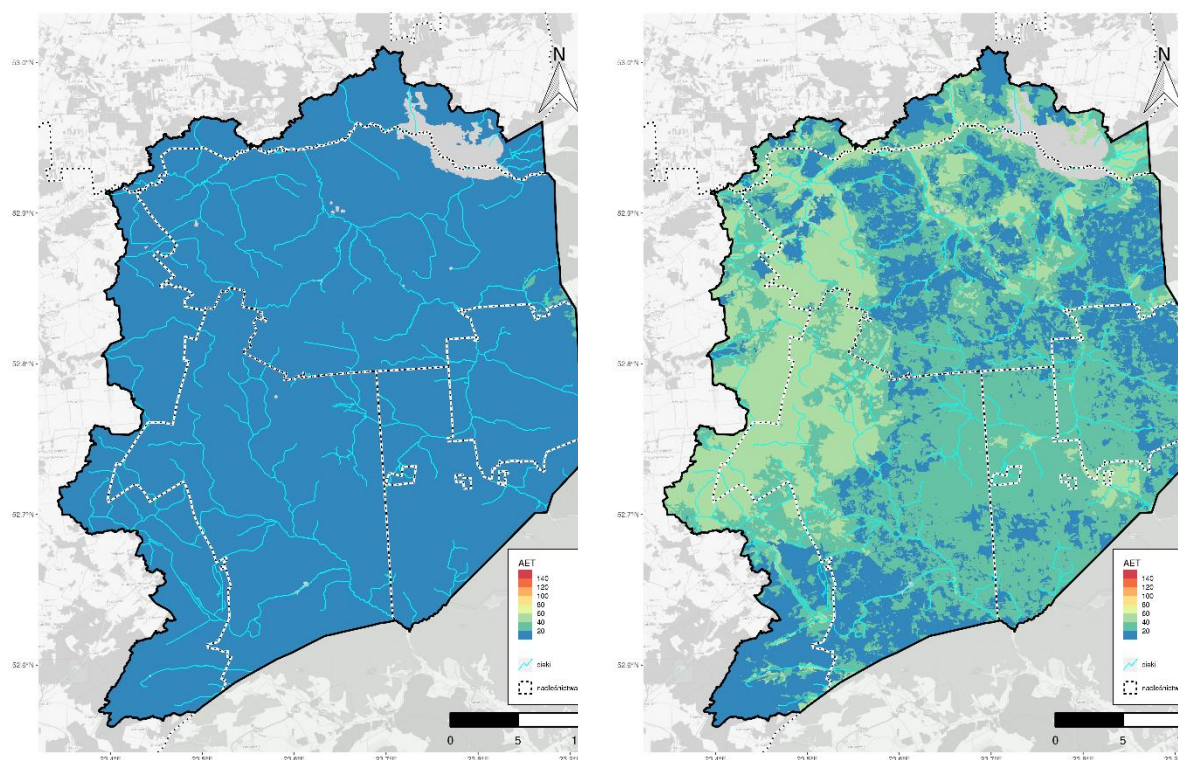
Ryc. 15.4. Średnia miesięczna ETV ekosystemów Puszczy Białowieskiej (źródło: opracowanie własne)



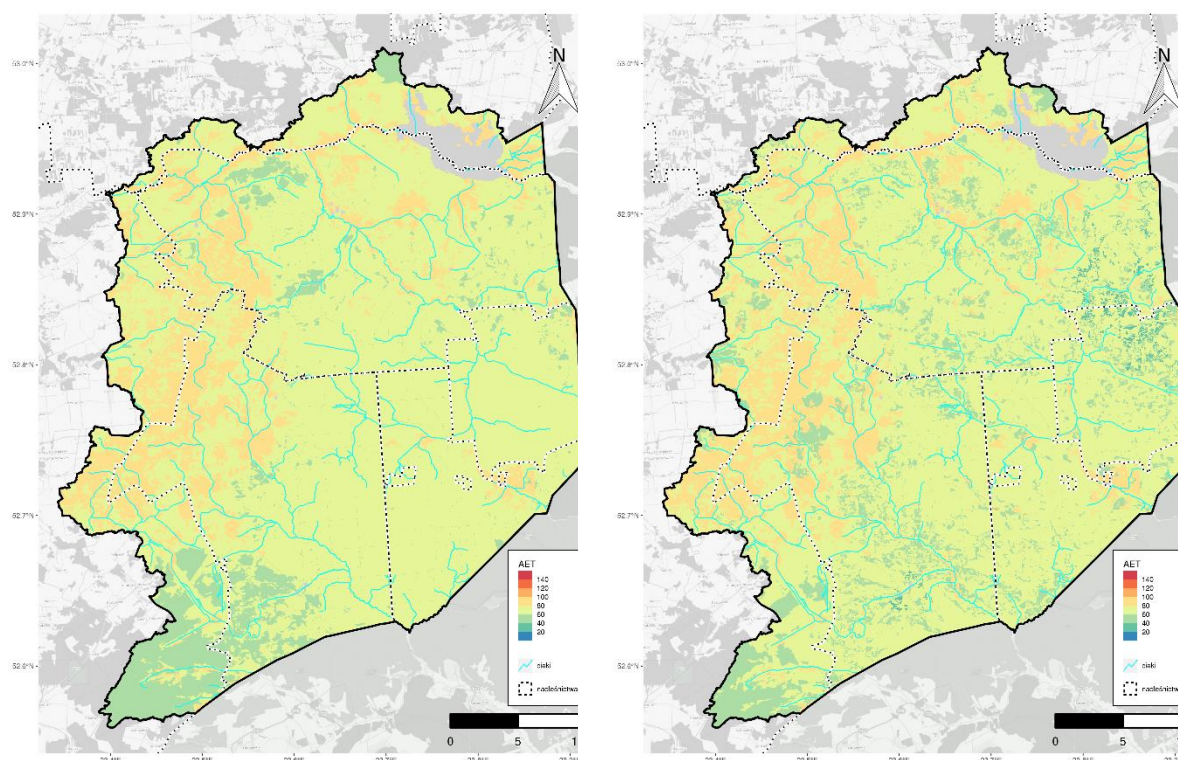
Ryc. 15.5. Średnie roczne wartości ETV ekosystemów Puszczy Białowieskiej (źródło: opracowanie własne)



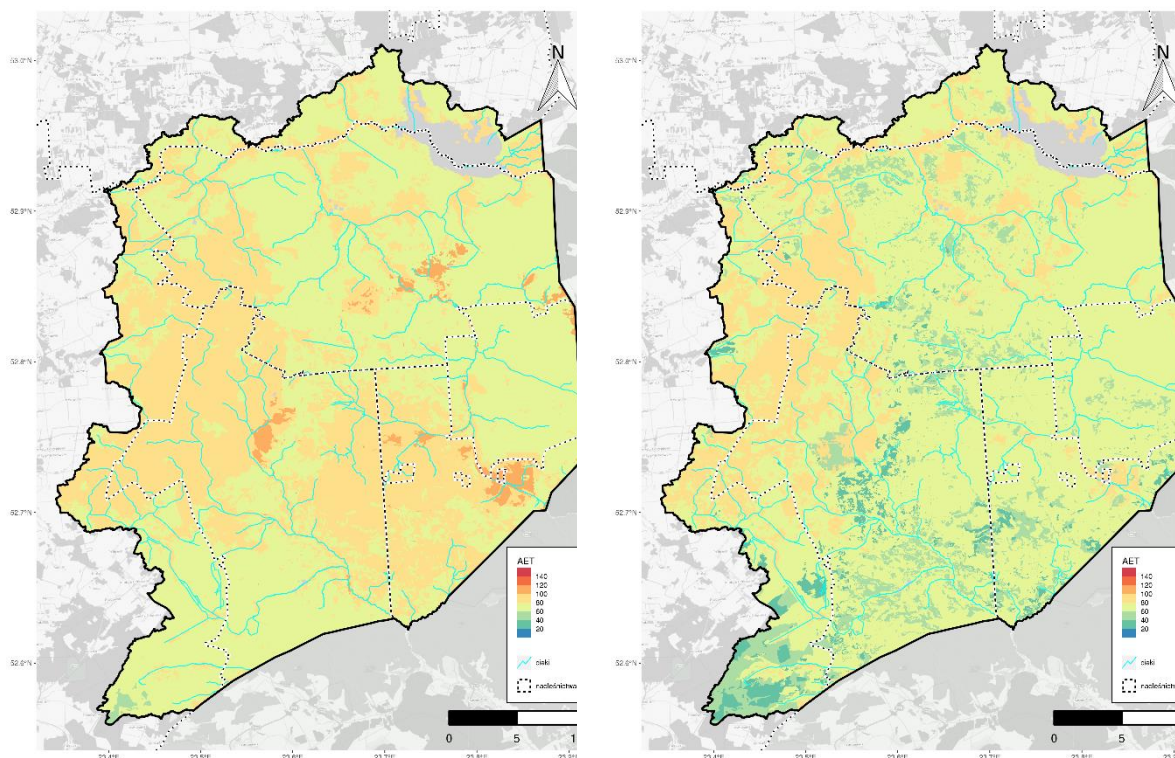
Ryc. 15.6. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie I (lewy) i II (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



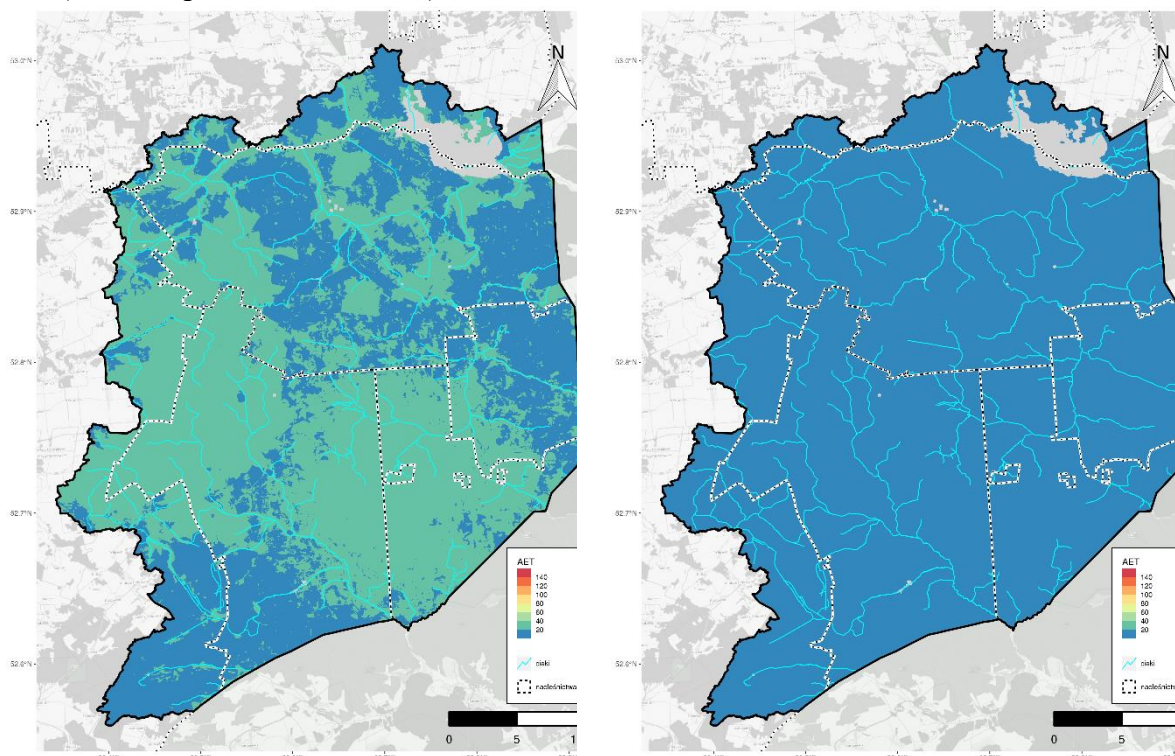
Ryc. 15.7. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



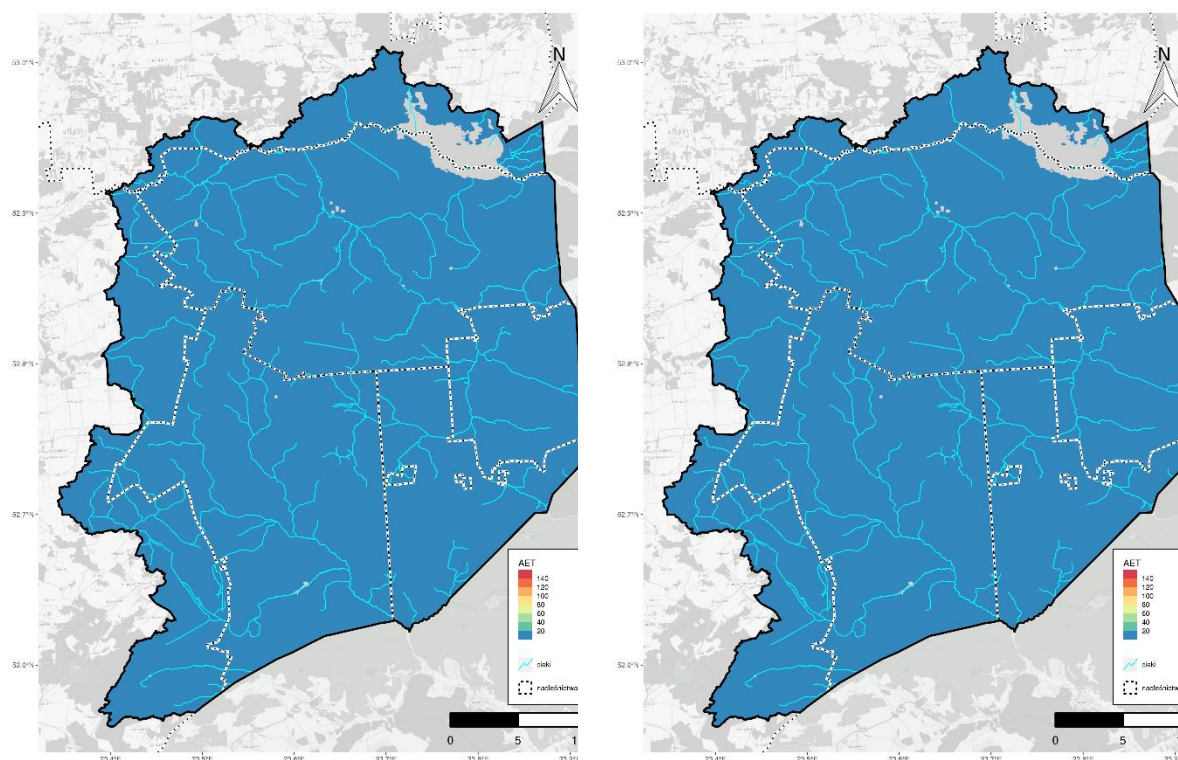
Ryc. 15.8. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



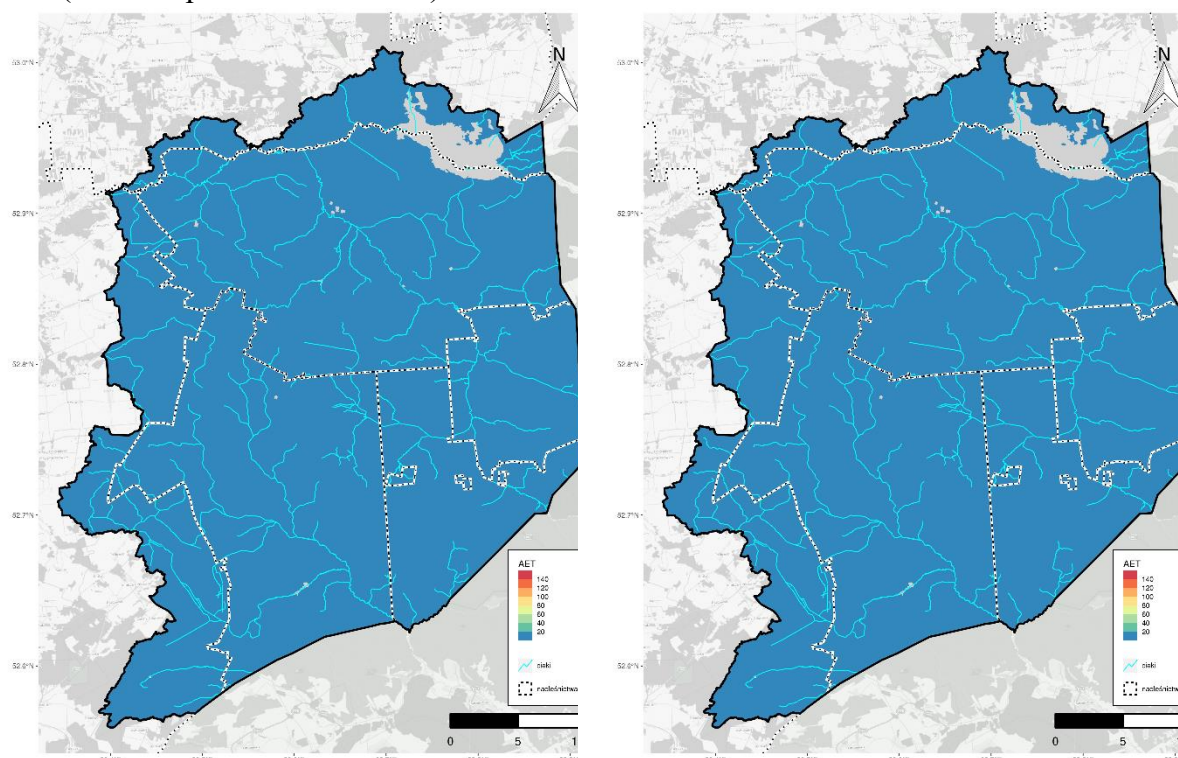
Ryc. 15.9. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



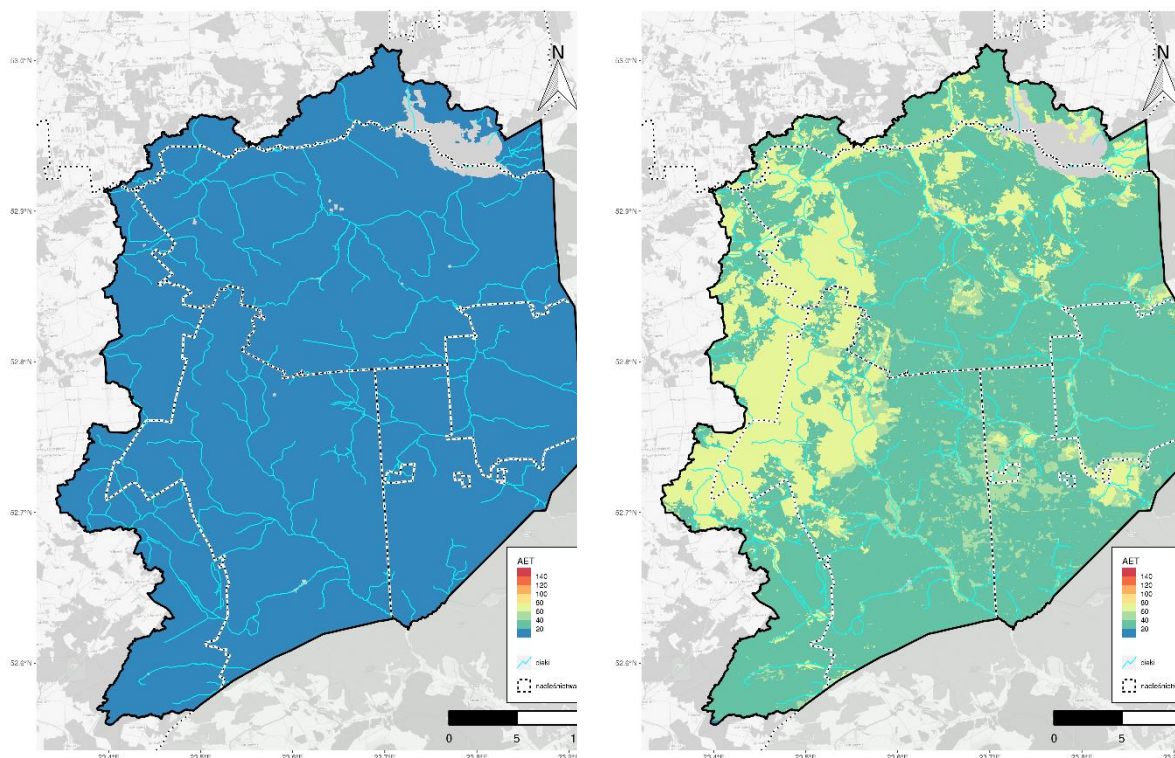
Ryc. 15.10. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



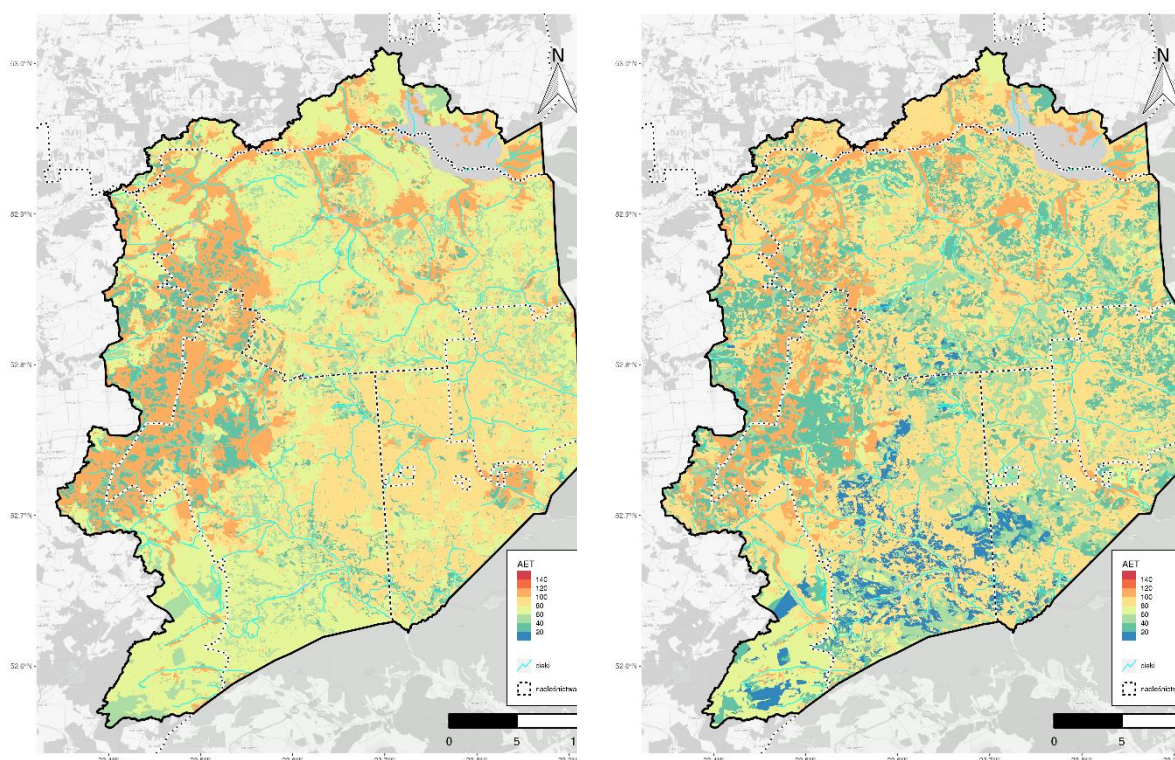
Ryc. 15.11. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



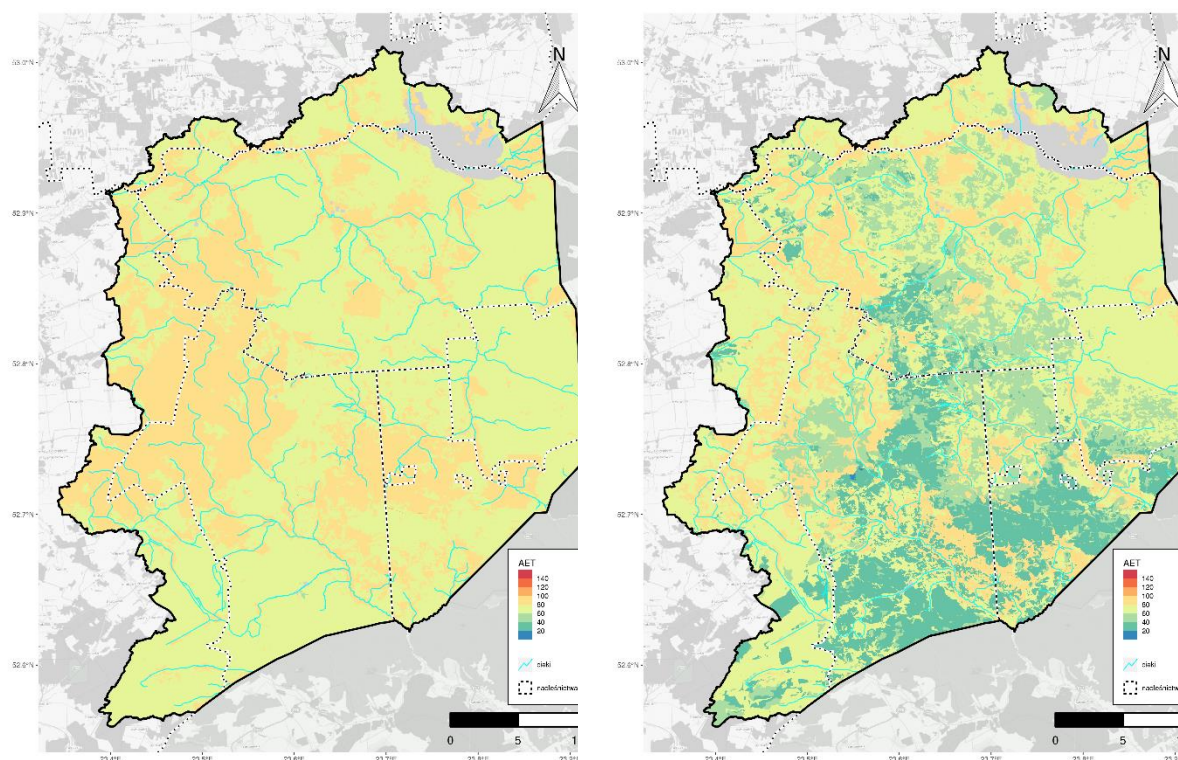
Ryc. 15.12. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie I (lewy) i II (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



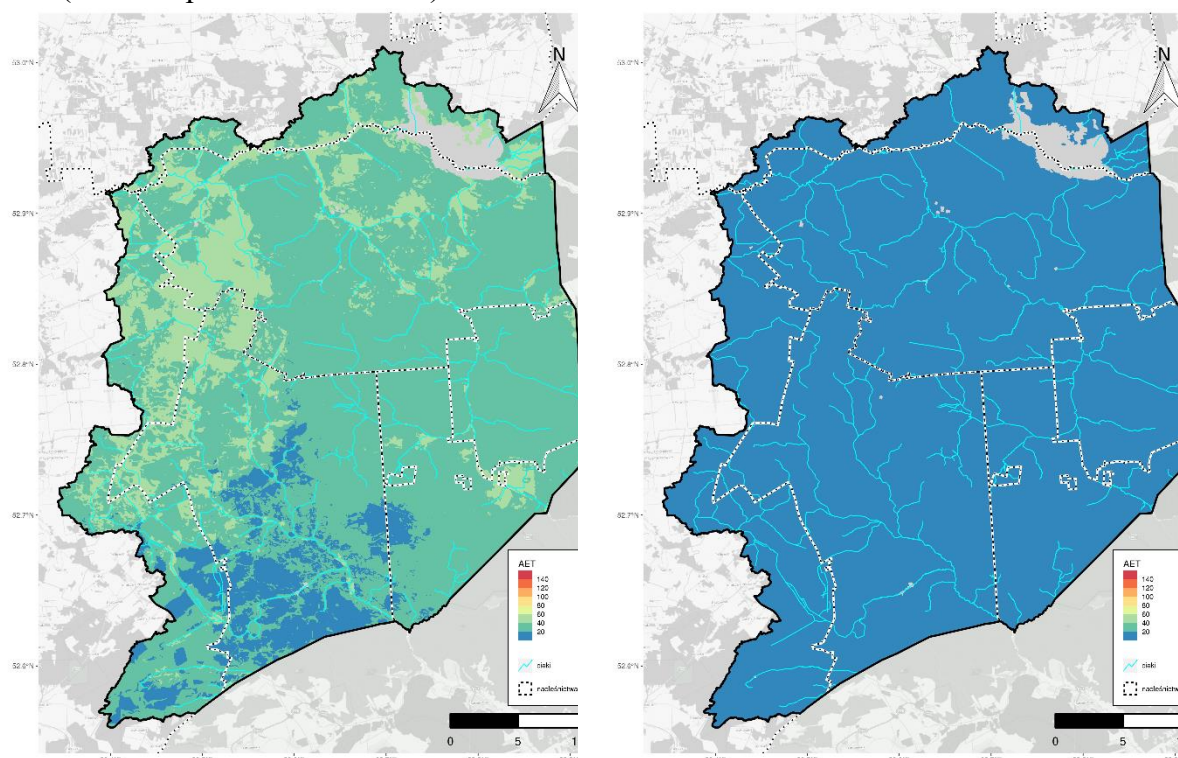
Ryc. 15.13. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



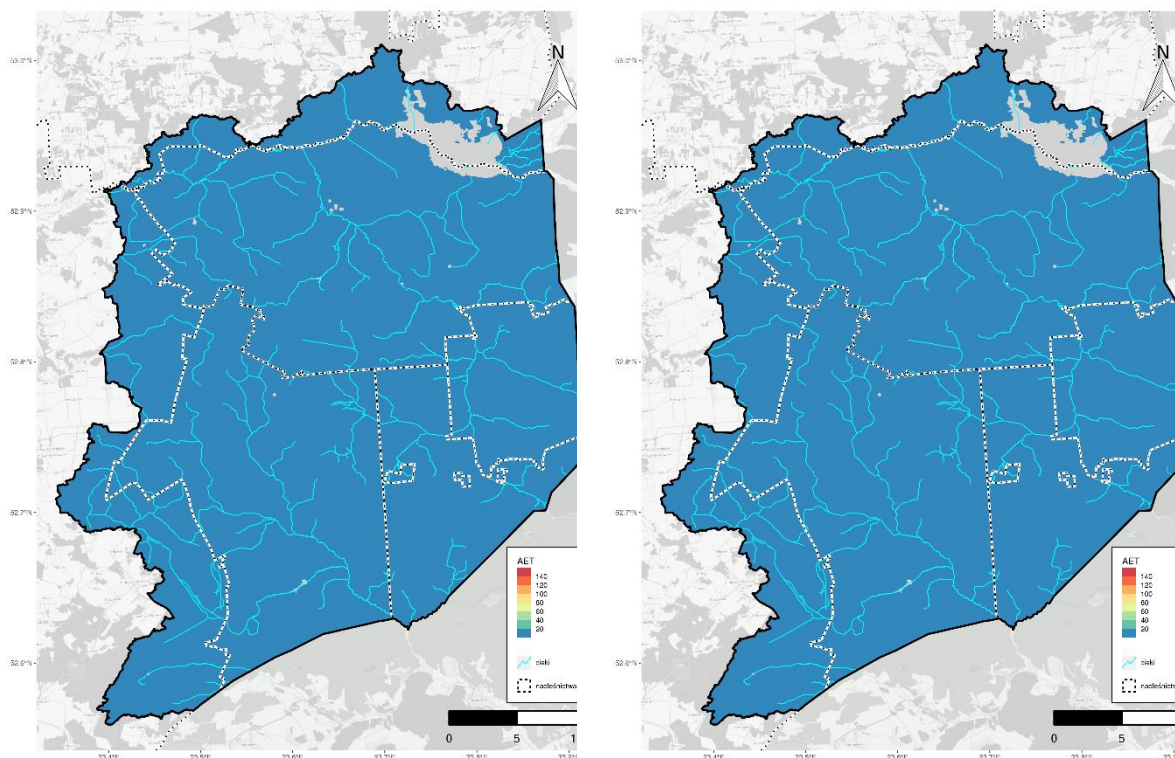
Ryc. 15.14. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



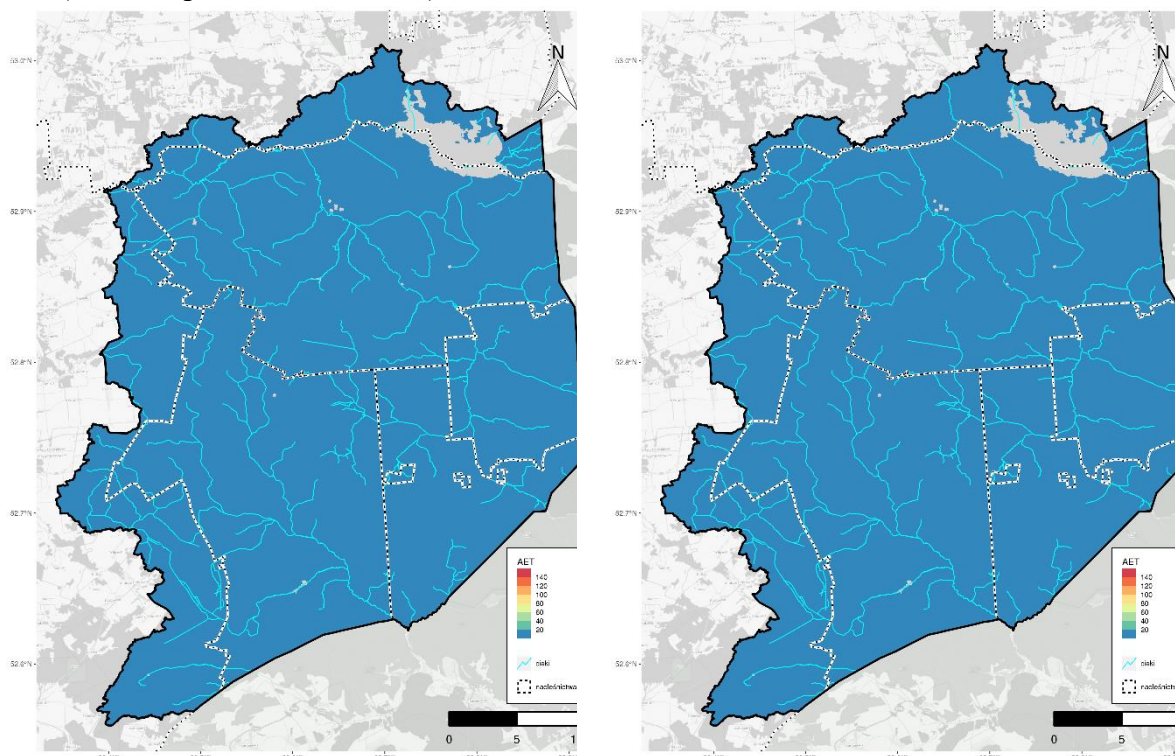
Ryc. 15.15. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



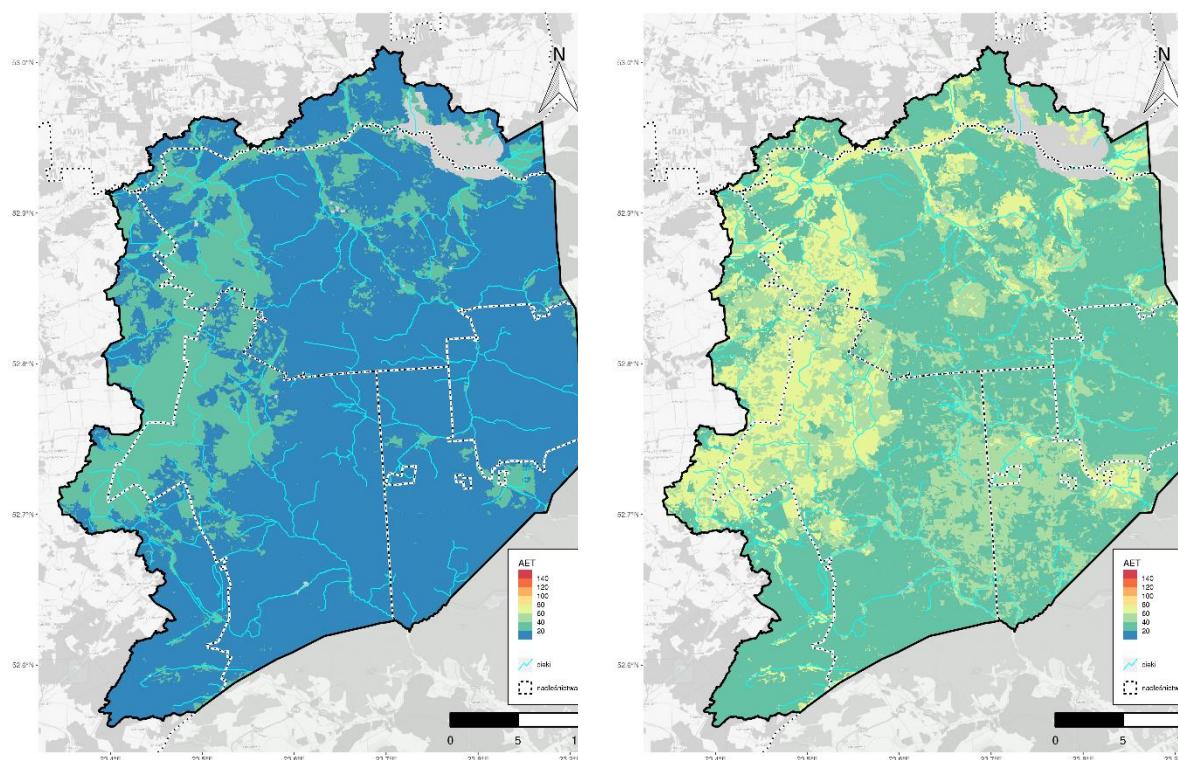
Ryc. 15.16. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



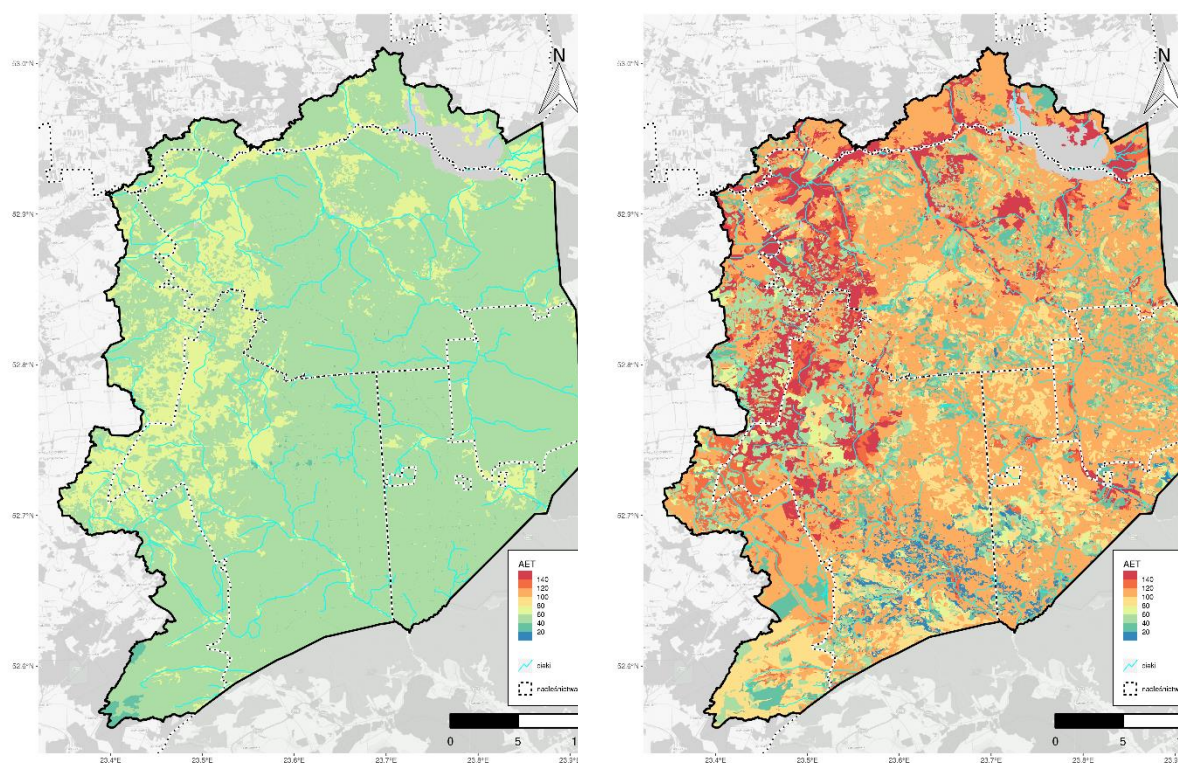
Ryc. 15.17. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



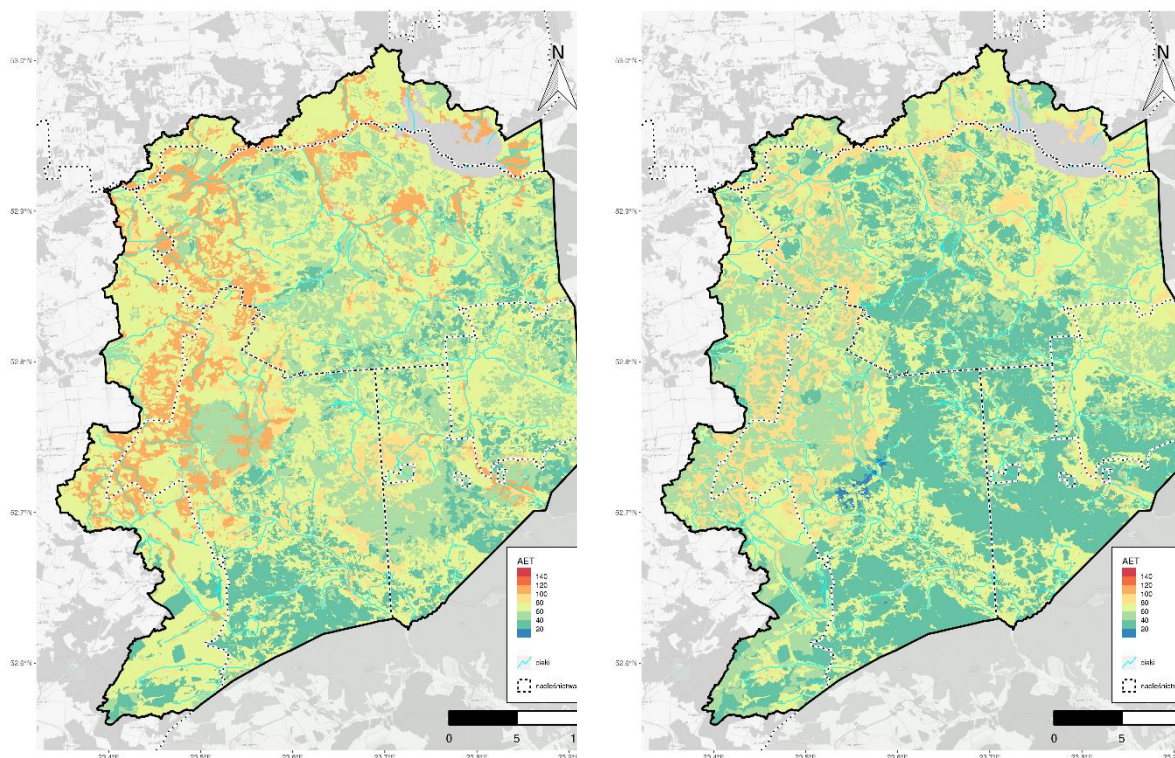
Ryc. 15.18. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie I (lewy) i II (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



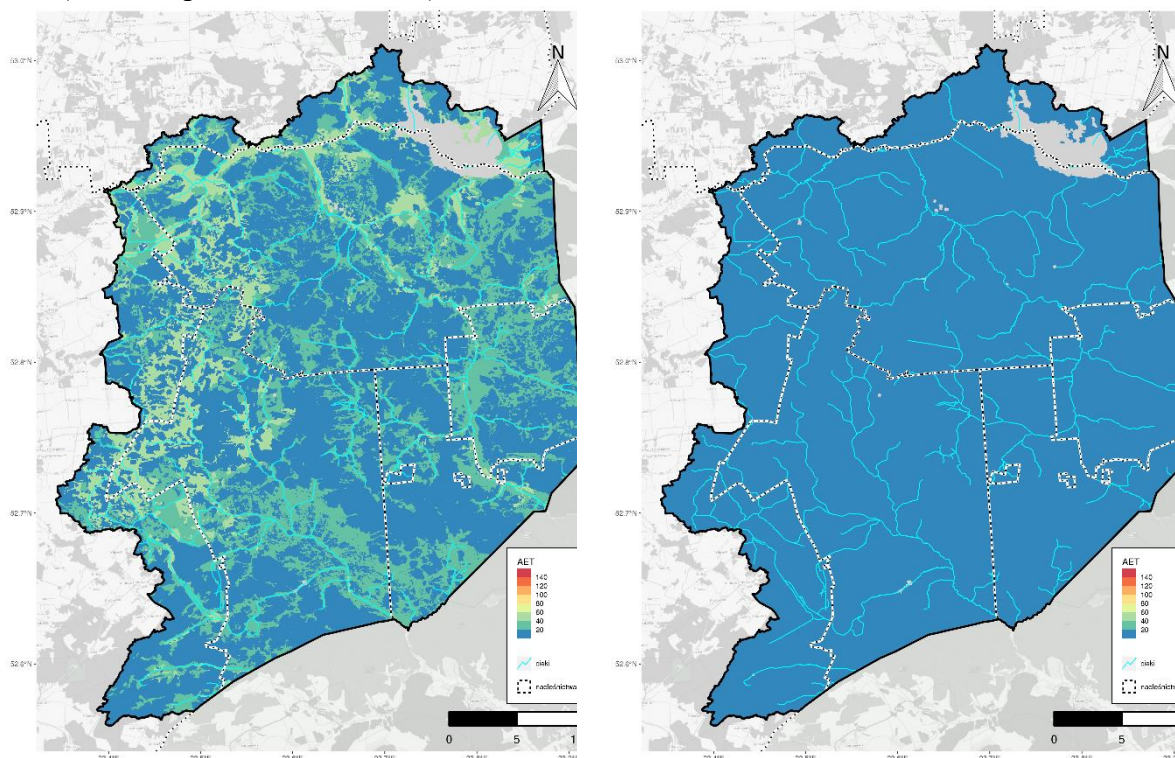
Ryc. 15.19. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



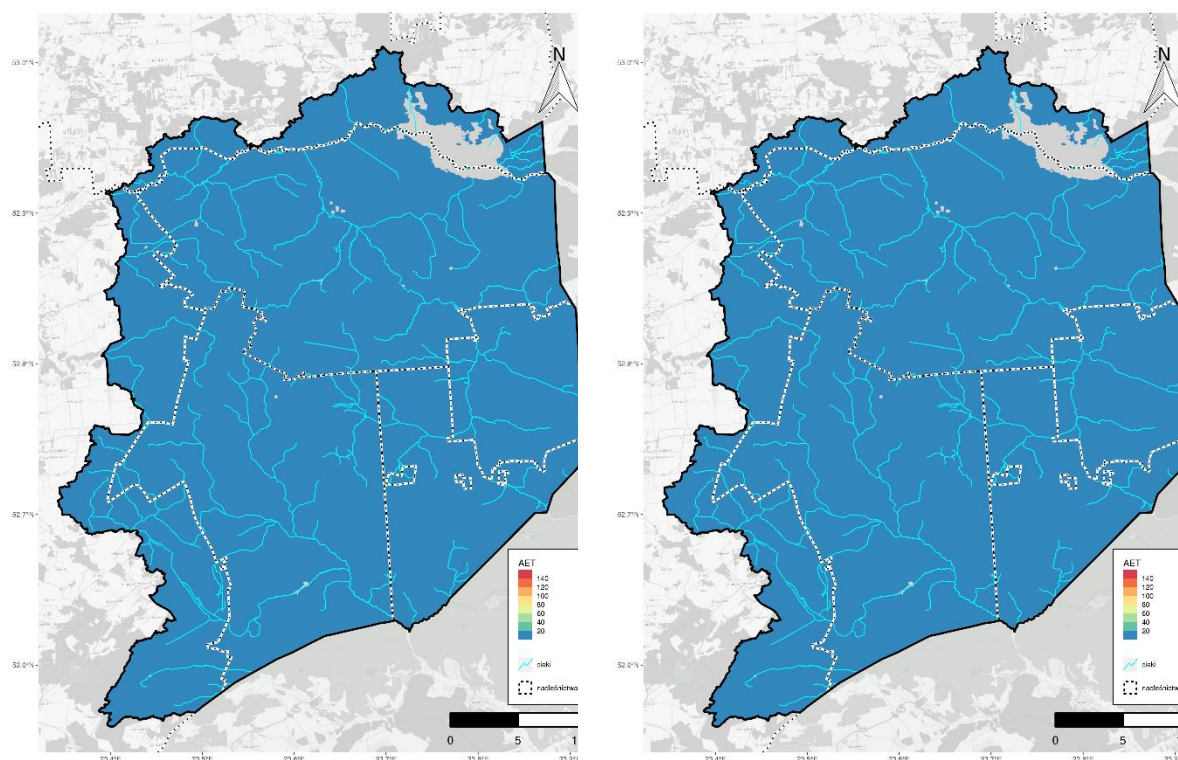
Ryc. 15.20. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



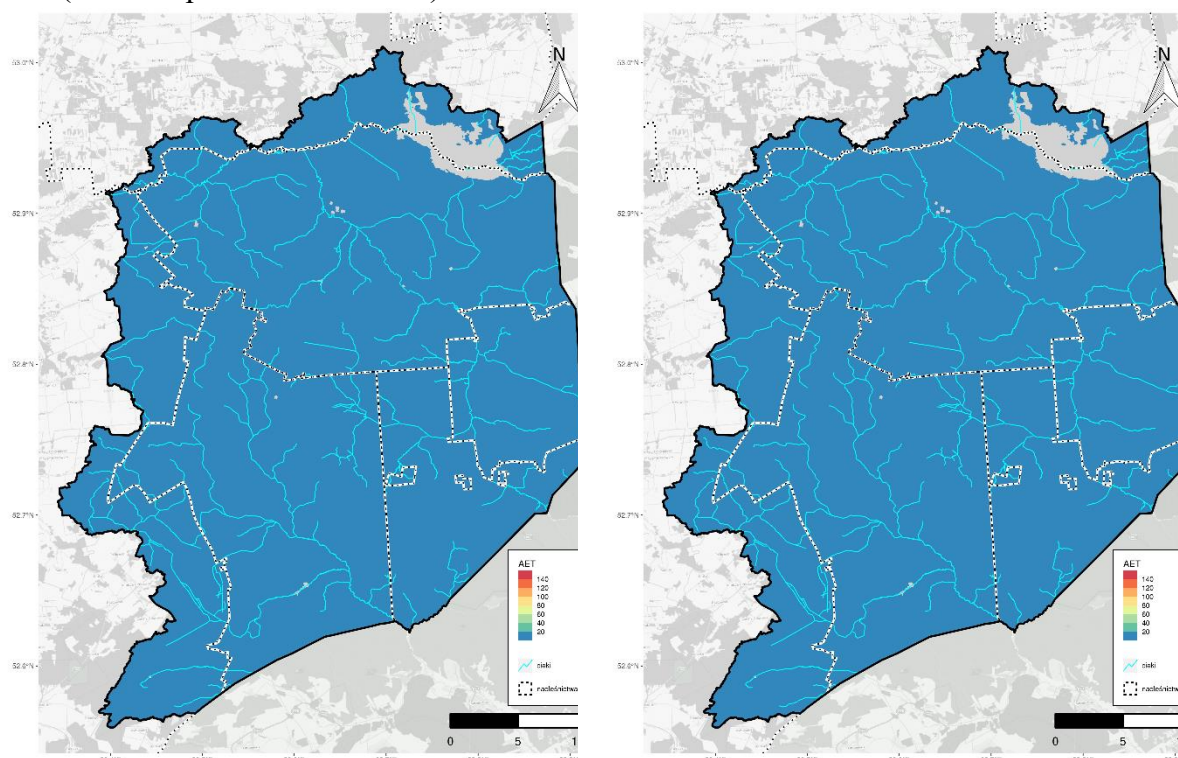
Ryc. 15.21. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



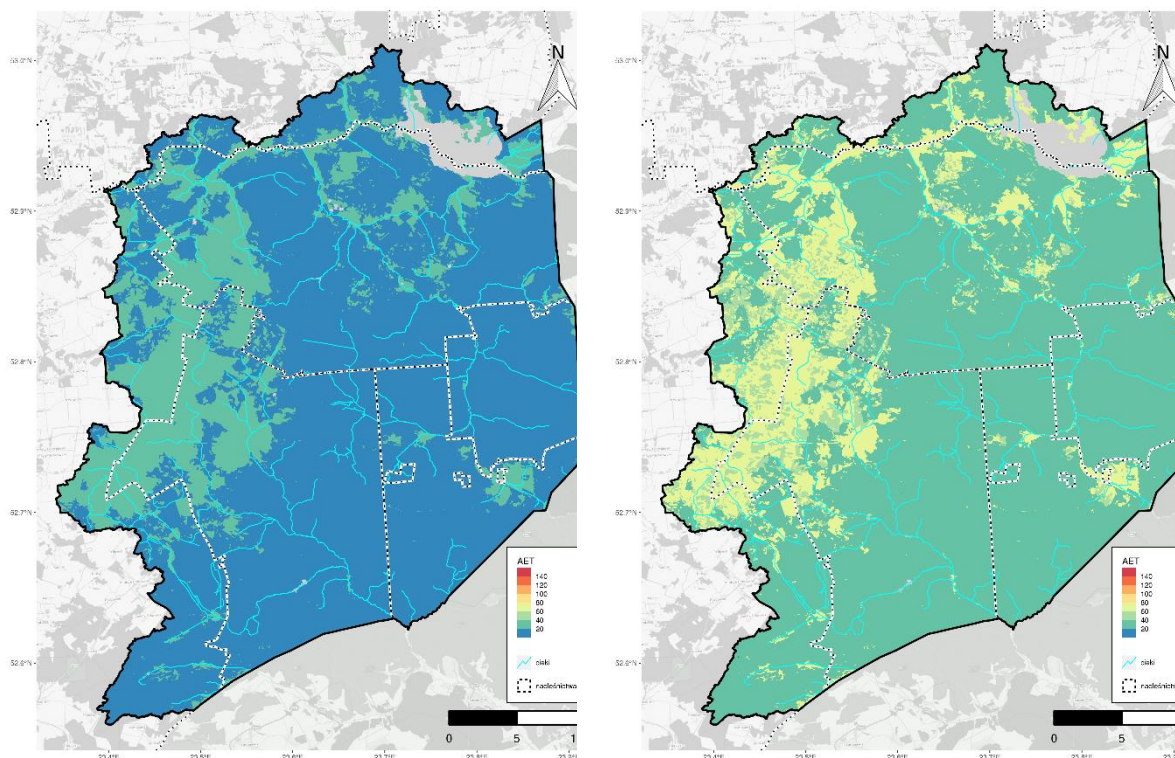
Ryc. 15.22. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



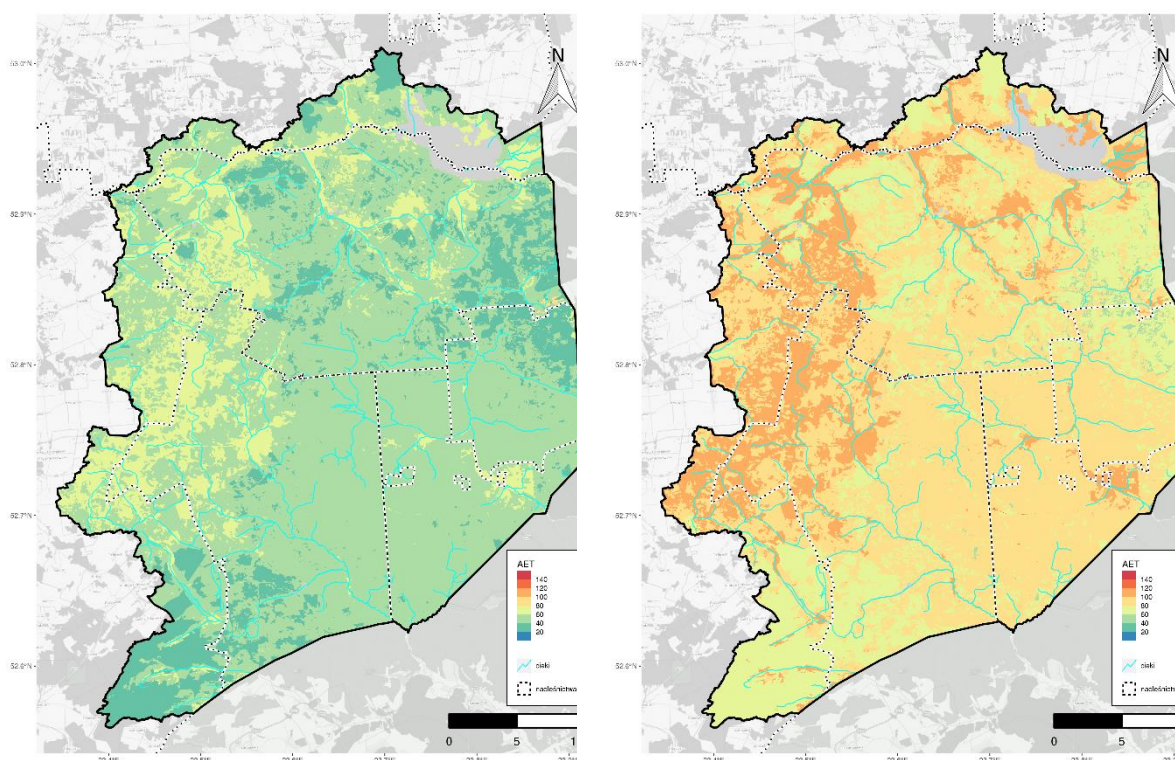
Ryc. 15.23. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



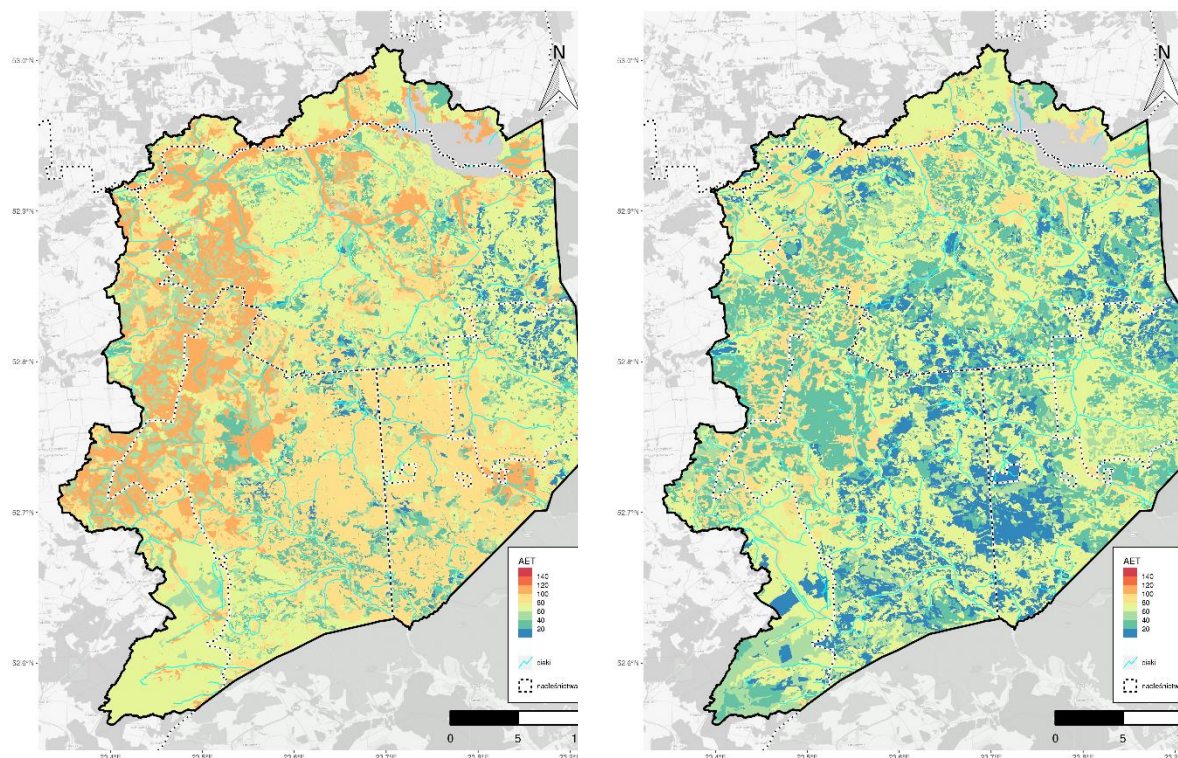
Ryc. 15.24. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie I (lewy) i II (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



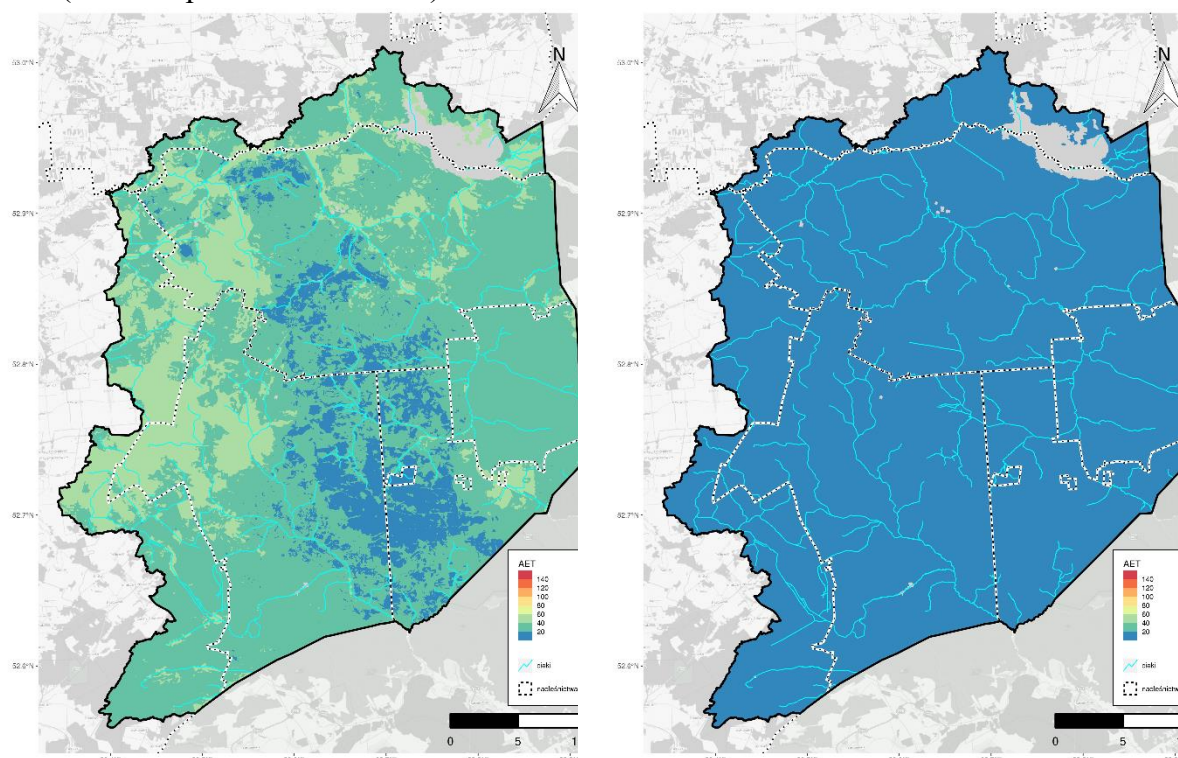
Ryc. 15.25. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



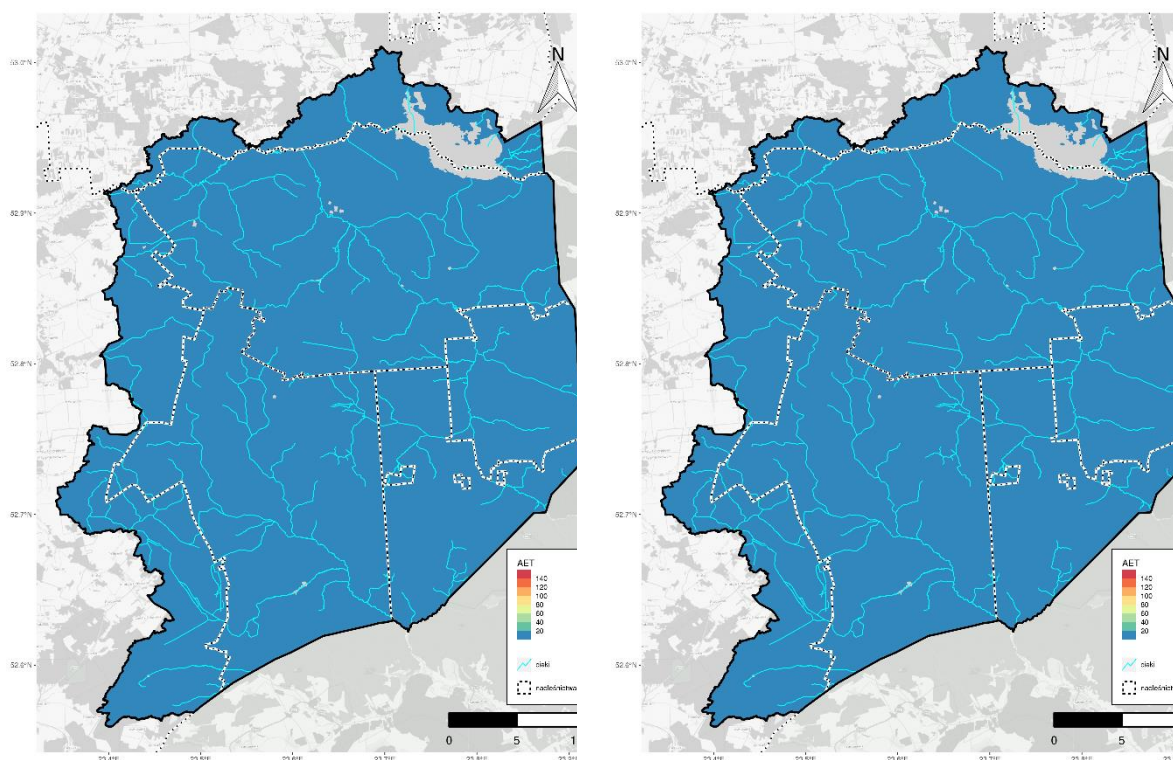
Ryc. 15.26. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 15.27. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 15.28. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 15.29. Ewapotranspiracja rzeczywista w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)

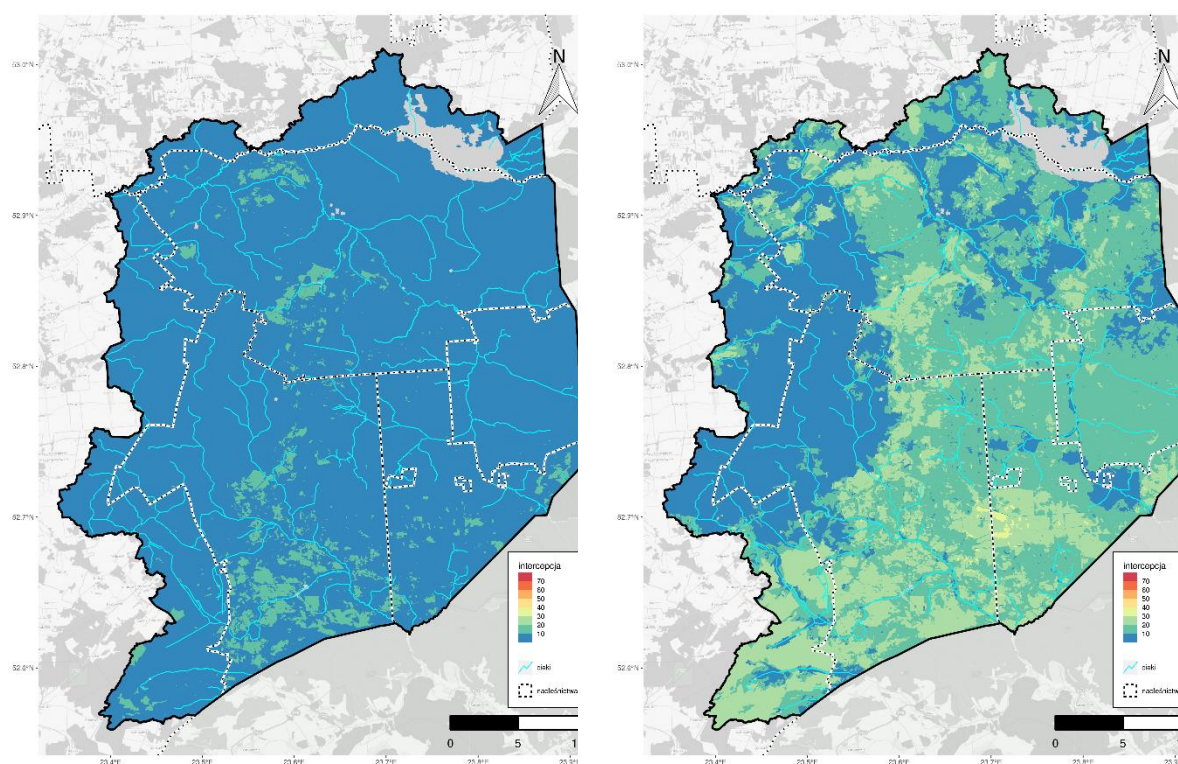
15.6. Intercepcja opadów

Intercepcja opadów przez roślinność ogranicza ilość opadu dochodzącego do gleby, co warunkuje jej wilgotność i dostępność wody dla roślinności. Intercepcja zależy od możliwości zatrzymywania wody przez fitocenozę, na co wpływ wywiera gęstość roślinności, gęstość ulistnienia, ilość ulistnienia, struktura przestrzenna etc. To powoduje, że jest to parametr bardzo zmienny w ekosystemach leśnych. Dla porządku należy podkreślić, że fitocenozy leśne a zwłaszcza drzewa, posiadają dodatkową zdolność do intercepcji wilgoci kondensacyjnej z osadów oraz w niewielkim stopniu - z opadów śniegu. Jest to bardzo korzystne zjawisko zwłaszcza w okresie suszy, gdy rośliny mogą częściowo uzupełnić niedobory wody w ryzosferze poprzez „wyczesywanie” wilgoci z osadów mgielnych. Niektórzy autorzy wyróżniają świerka, jako gatunek o dużej zdolności do intercepcji opadów i osadów, zwłaszcza w obszarach o dużej częstotliwości mgieł (góry i pogórza). Pomiar na stacji Bazowej PMŚ Wigry wskazują na wielkość intercepcji dla sosny i świerka na poziomie bliskim 60% opadu. Można przyjąć założenie, że podobne wielkości intercepcji świerk osiąga w Puszczy Białowieskiej, można też założyć, że wzrost przeciętnej wilgotności powietrza będzie miał korzystny wpływ na warunki wzrostu wszystkich drzew leśnych.

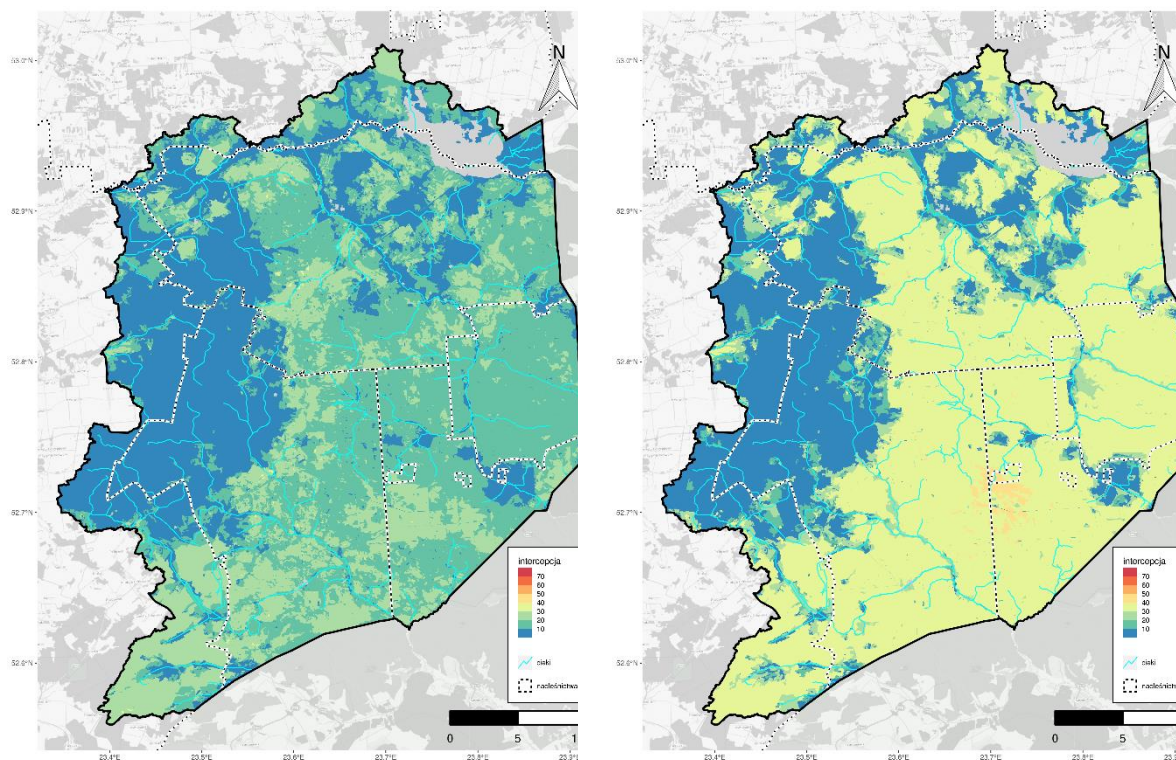
Zmienność intercepcji opadów na terenie badań przedstawiono na rycinach 15.30-15.53. Średnia roczna intercepcja opadów przez ekosystemy Puszczy Białowieskiej w okresie badań wyniosła 232 mm. Największa (331 mm) została odnotowana w 2017 r., co było spowodowane bardzo wysokimi opadami atmosferycznymi i dużą liczbą dni z opadami. W kolejnych latach intercepcja miała coraz mniejsze wartości i osiągnęła 193,5 mm oraz 195,2 mm w roku 2020 r. (ryc. 15.22). Po wyrażeniu intercepcji jako procentowy udział

w wielkości opadu zależność jest odwrotna: najniższy udział intercepcji w opadzie miał miejsce w 2017 r – 34,1% a największy w 2020 r. – 38,7% (ryc. 15.54). Powyżej 40 mm opadu zostało zatrzymane w trzech miesiącach w rozpatrywanym okresie: we wrześniu 2017 r. – 53.3 mm, w październiku 2017 r i lipcu 2018 r. – 46,5 mm (ryc.15.55).

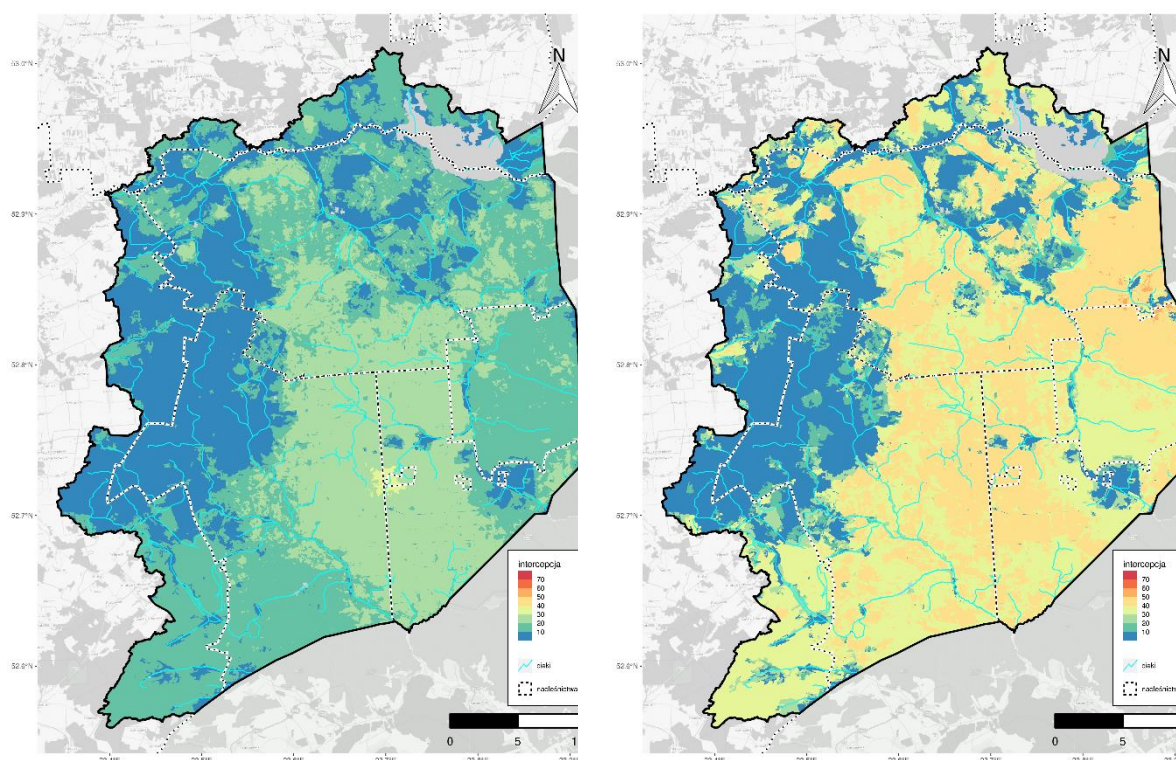
W poszczególnych typach siedliskowych lasu intercepcja osiągnęła w badanym okresie średnie roczne wielkości w zakresie od 177,7 mm w borze suchym do 266,4 mm w borze mieszanym świeżym. Poszczególne typy siedliskowe lasu można uszeregować pod względem ilości wody zatrzymywanej w procesie intercepcji w następującej kolejności: **Bs – Ol – Olj – Li – Lw – LMb – Lśw – LMw – BMb – Bśw – LMśw – Bb – BMw – Bw – BMśw**. Ogólnie w skali roku bory miały większą intercepcję od lasów, jest to powodowane większą zmiennością ulistnienia i zdolności do intercepcji drzew liściastych, których udział wzrasta wraz ze wzrostem żyzności siedlisk. W poszczególnych latach najwyższa intercepcja opadów osiągała wielkość: w 2017 r. – 373 mm w BMśw, 366,7 mm w BMw, 366,4 mm w BMw, w 2018 r. – 249,6 mm w Bw, 246,7 mm w BMśw, 242,7 w BMw; w 2019 r. – 220,5 mm w BMśw, 219,9 mm w Bw, 216,4 w BMw, 2020 r. – 225,5 mm w BMśw, 221,1 mm w BMw, 214,1 mm w LMśw (ryc. 15.56).



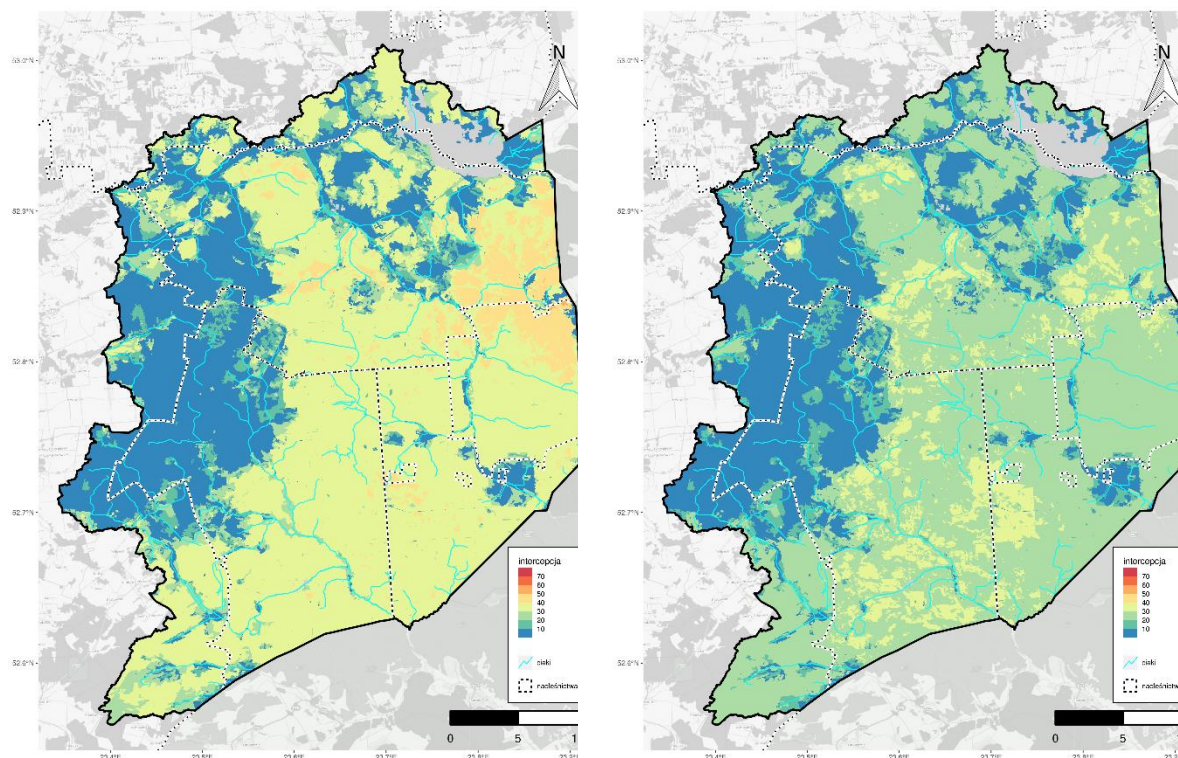
Ryc. 15.30. Intercepcja opadów w okresie I (lewy) i II (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



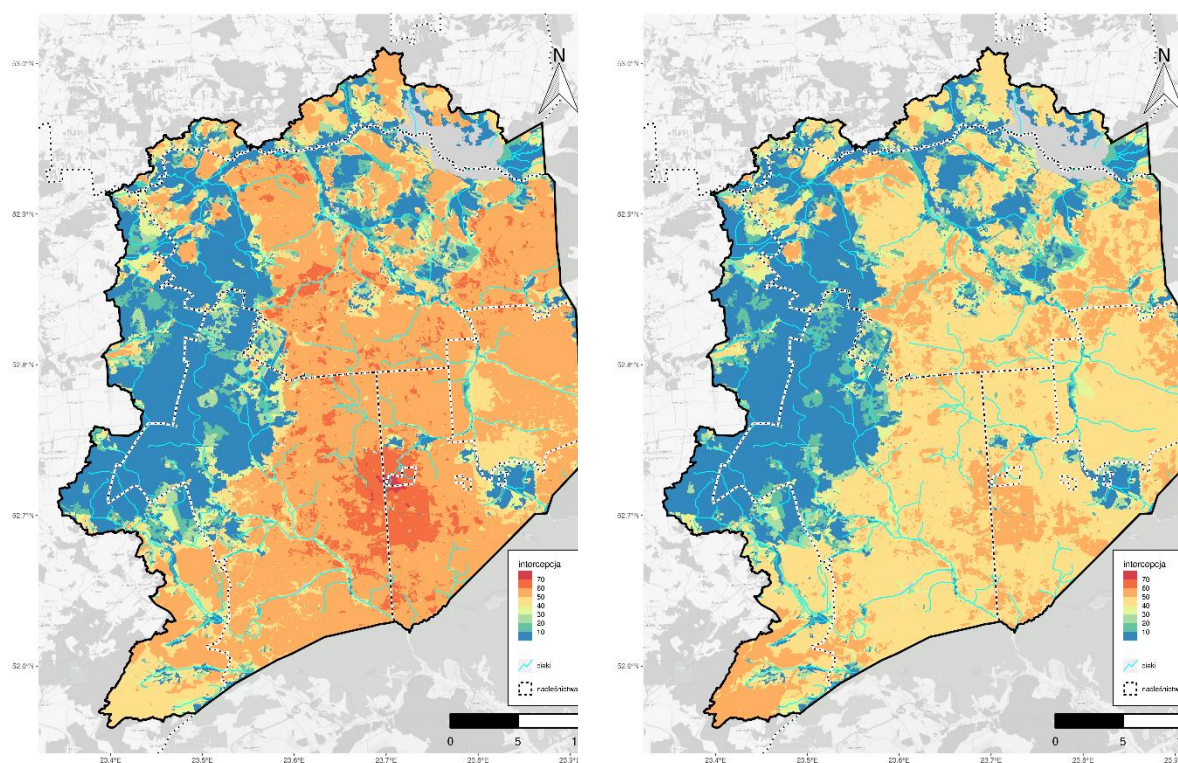
Ryc. 15.31. Intercepcja opadów w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



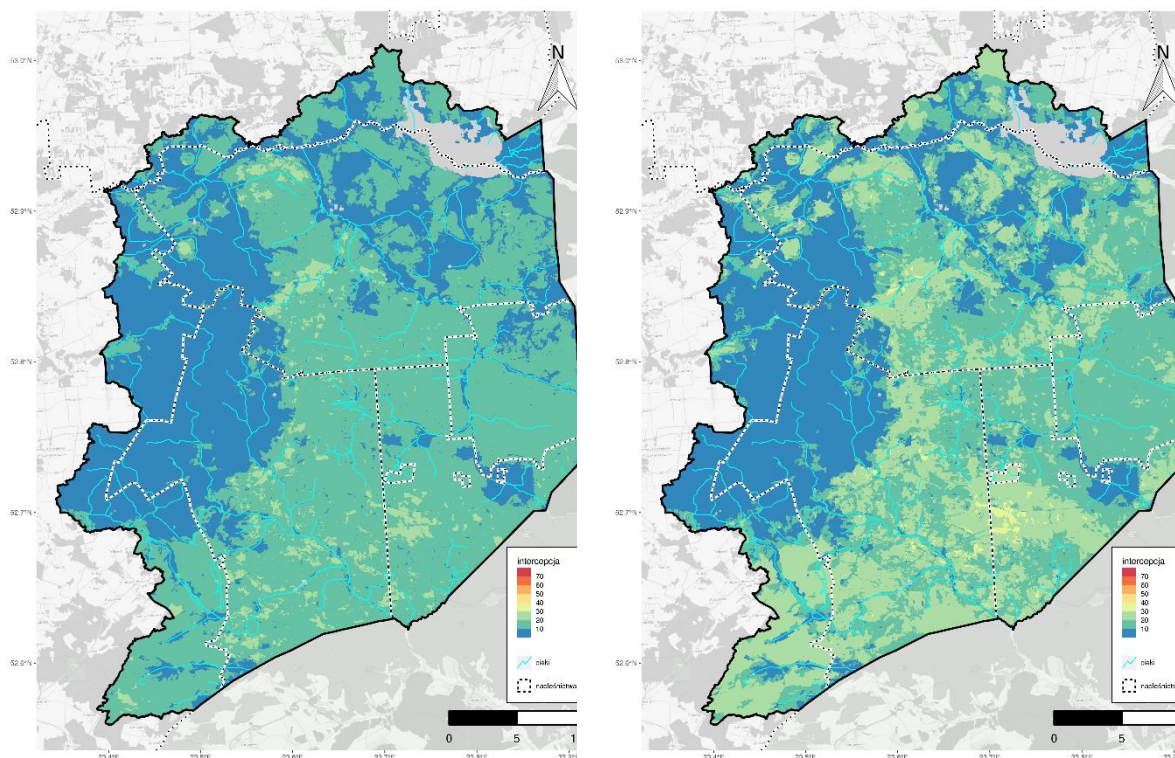
Ryc. 15.32. Intercepcja opadów w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



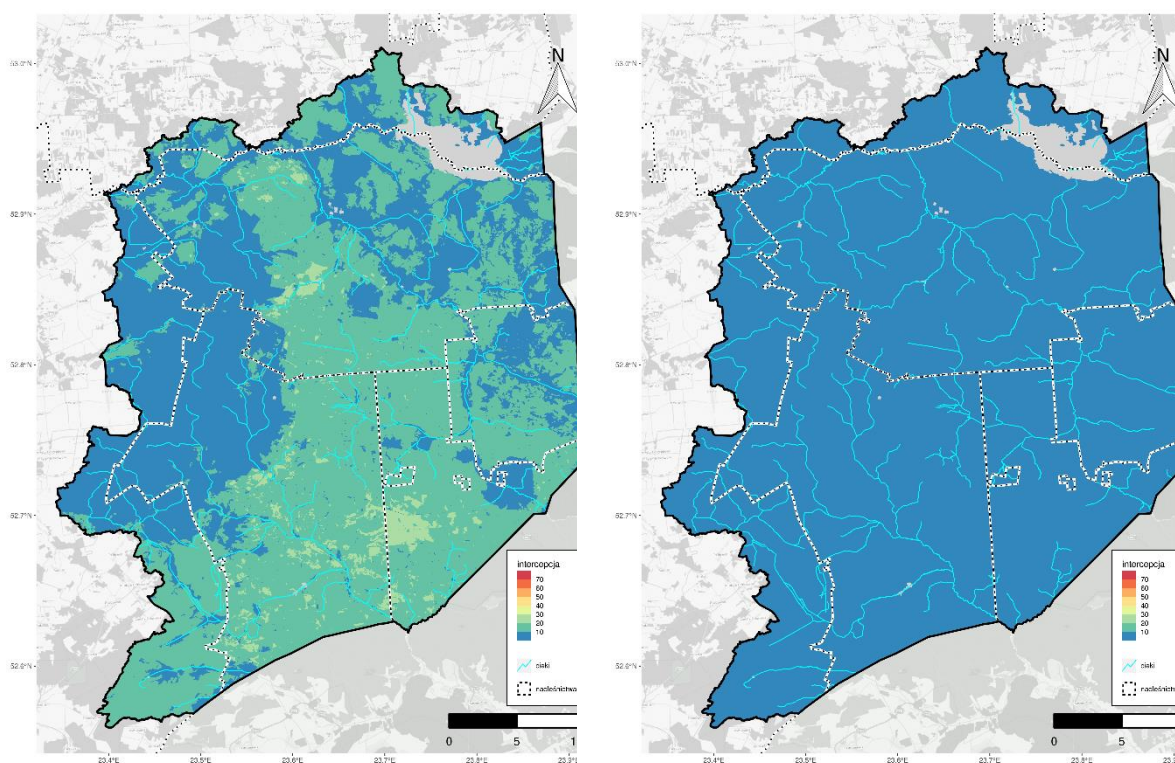
Ryc. 15.33. Intercepcja opadów w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



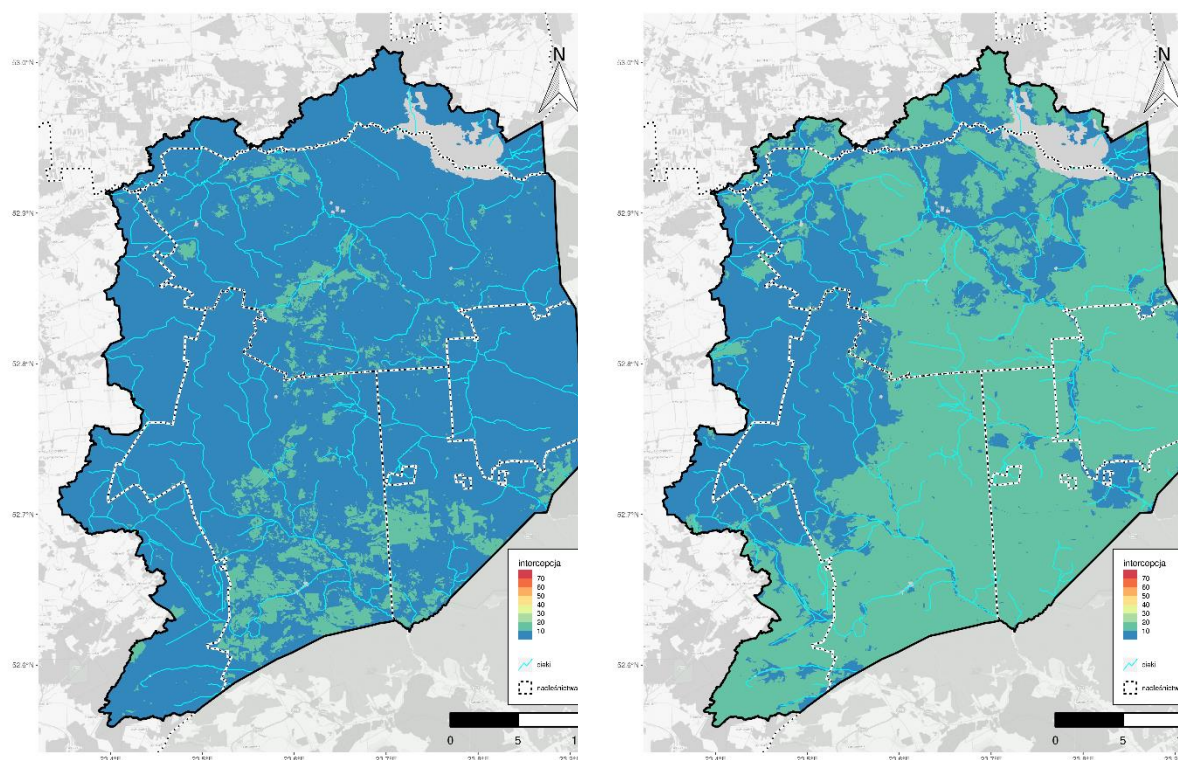
Ryc. 15.34. Intercepcja opadów w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



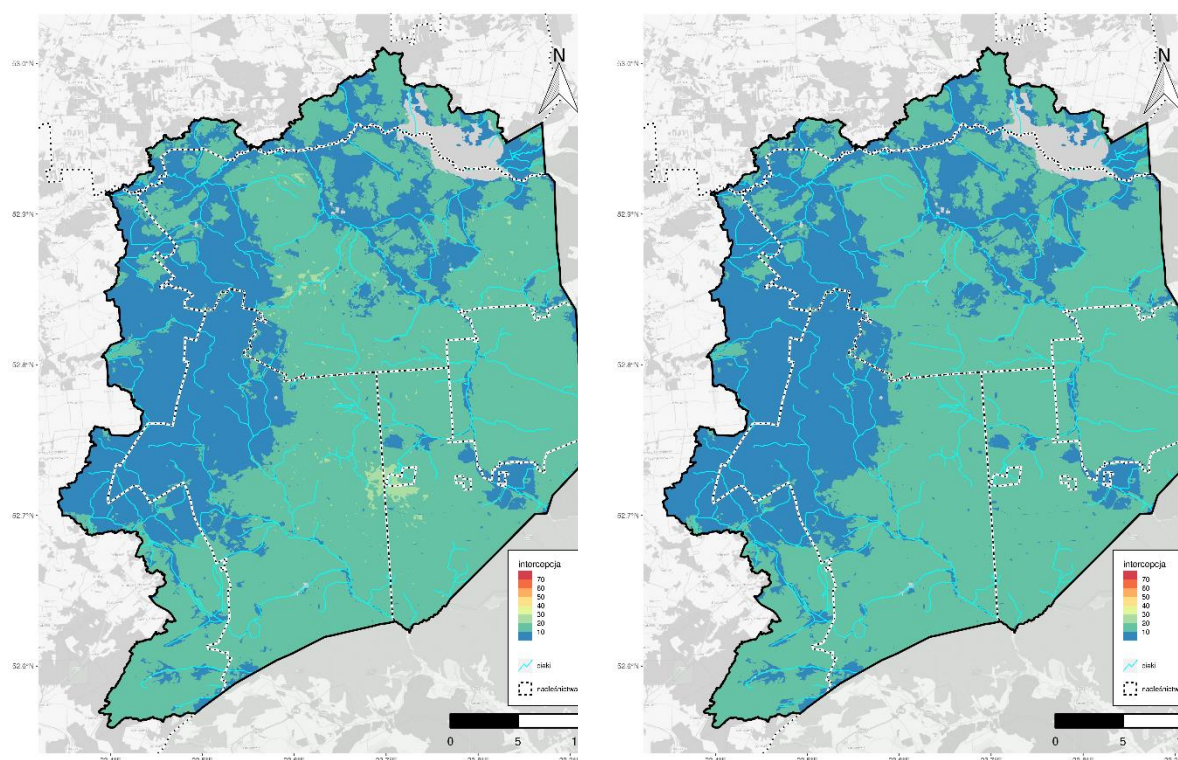
Ryc. 15.35. Intercepcja opadów w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



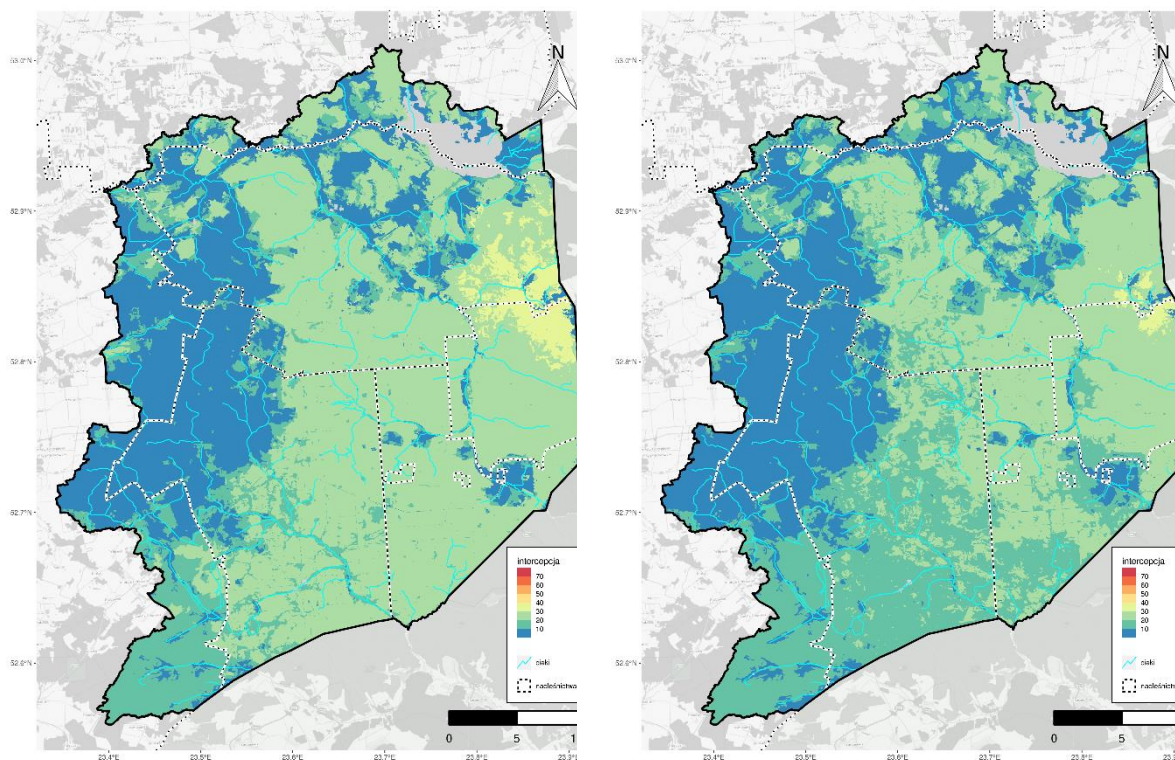
Ryc. 15.36. Intercepcja opadów w okresie I (lewy) i II (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



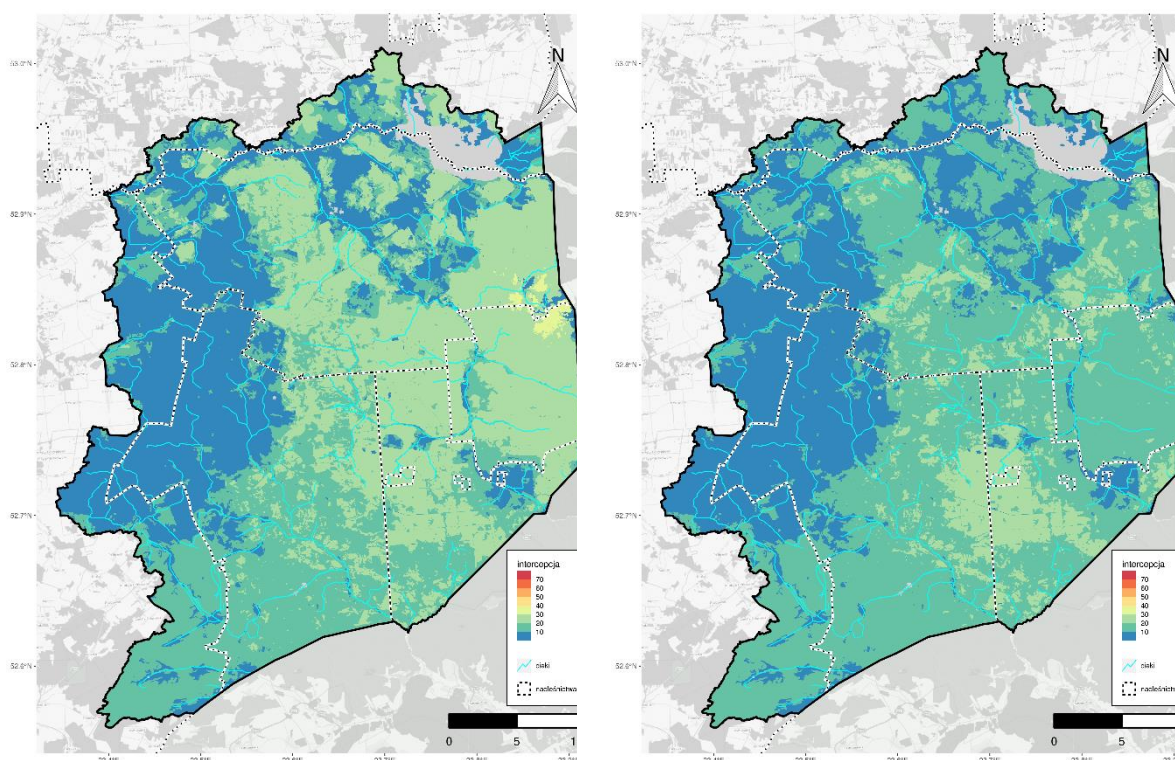
Ryc. 15.37. Intercepcja opadów w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



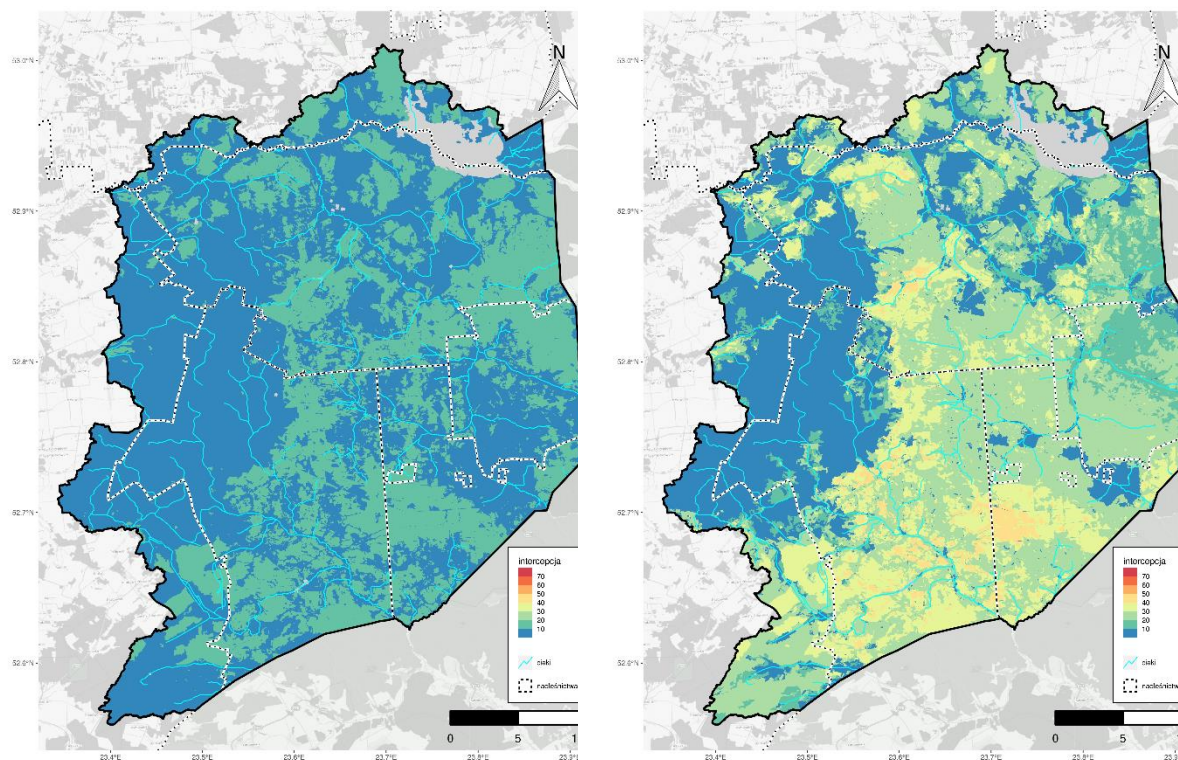
Ryc. 15.38. Intercepcja opadów w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



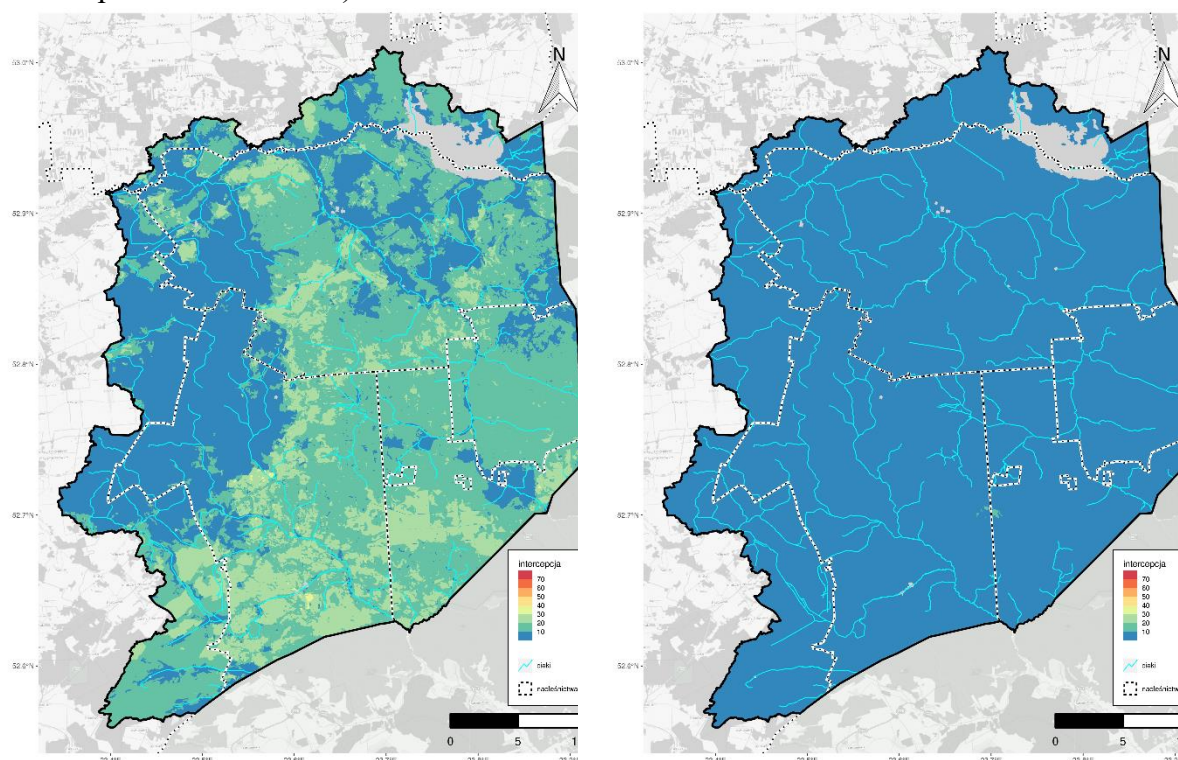
Ryc. 15.39. Intercepcja opadów w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



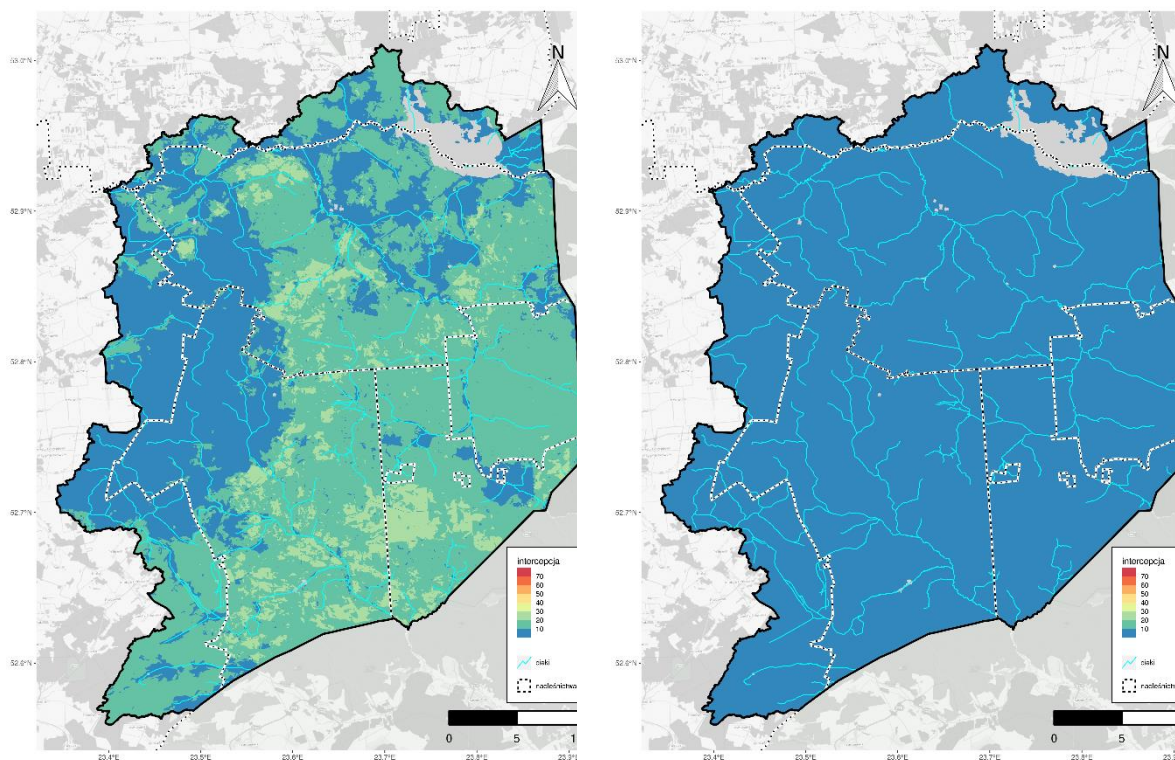
Ryc. 15.40. Intercepcja opadów w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



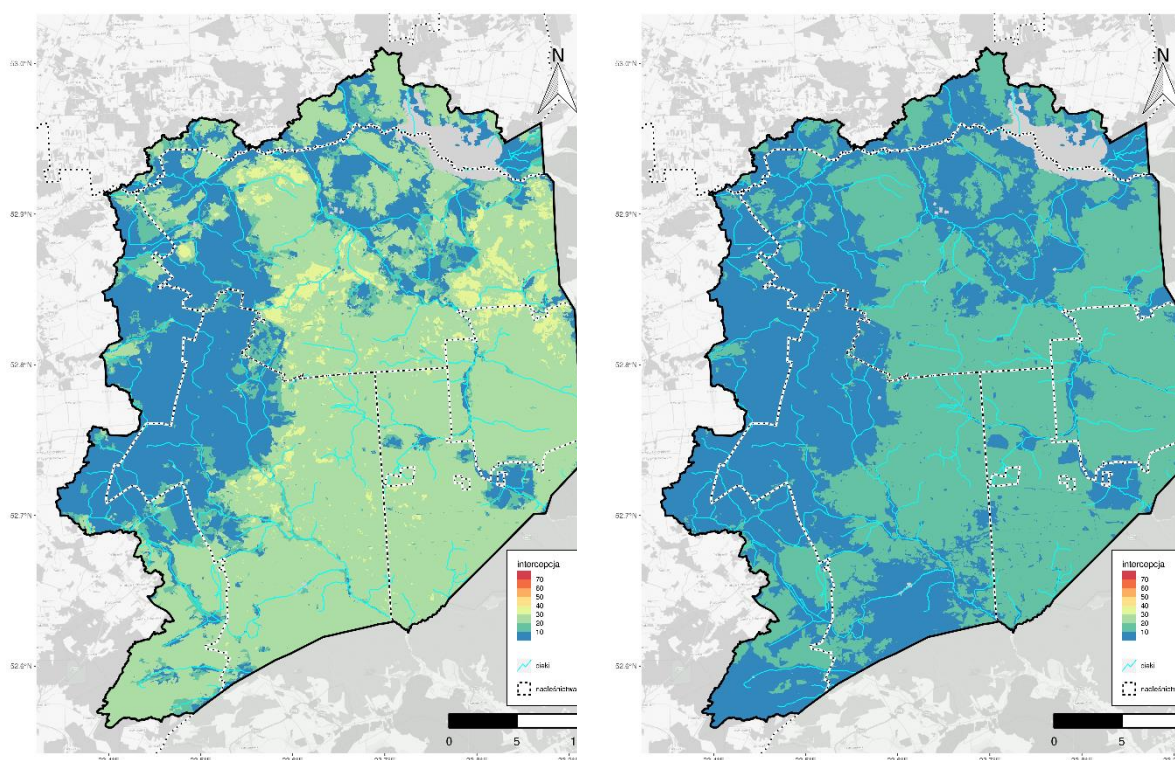
Ryc. 15.41. Intercepcja opadów w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



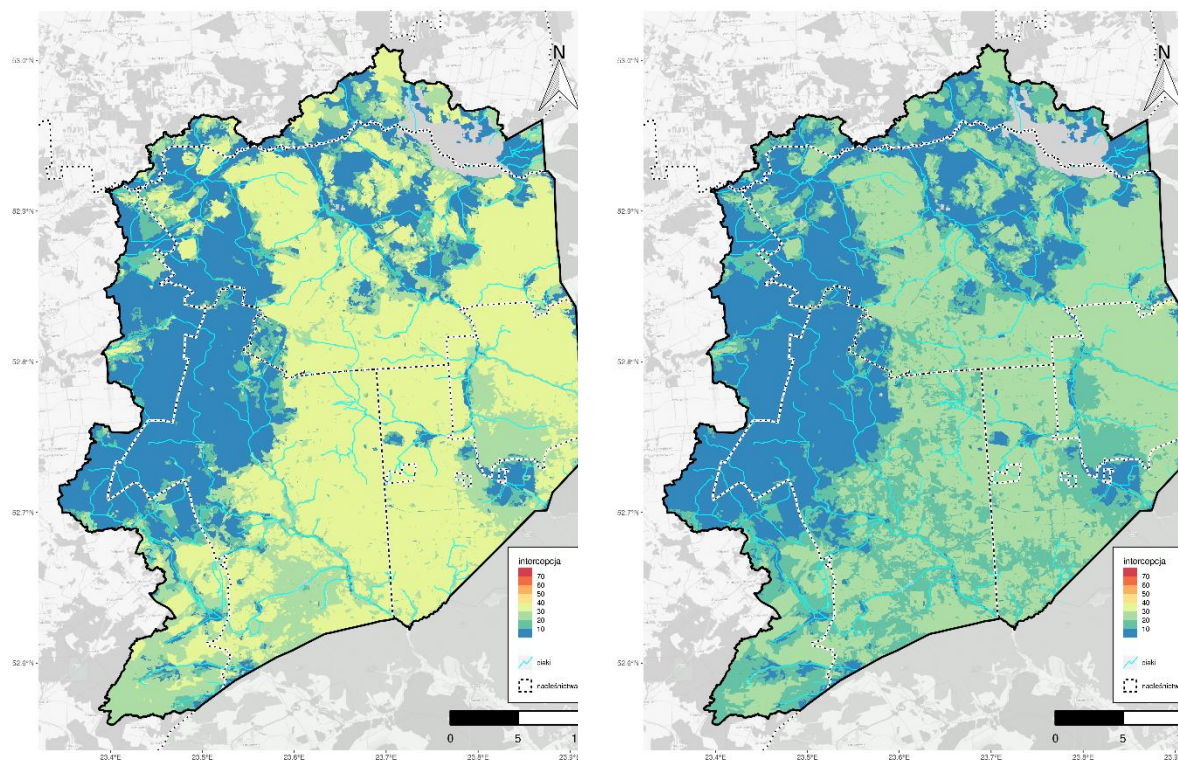
Ryc. 15.42. Intercepcja opadów w okresie I (lewy) i II (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



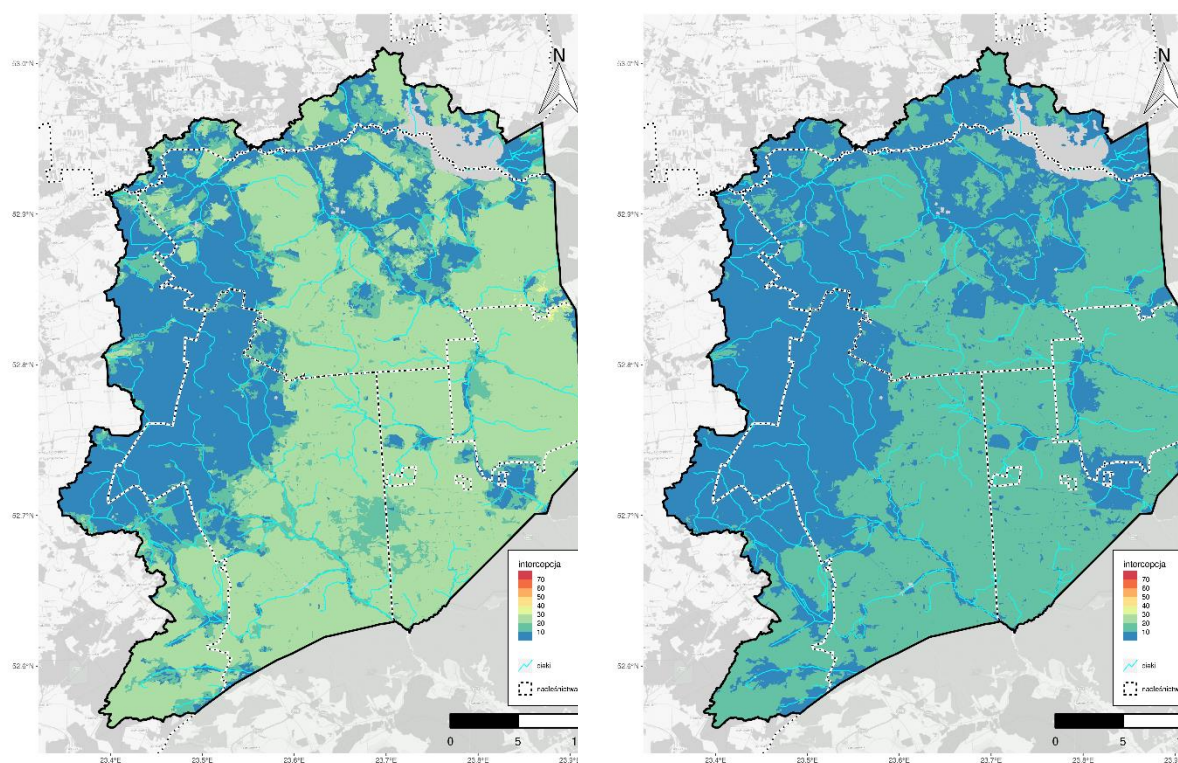
Ryc. 15.43. Intercepcja opadów w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



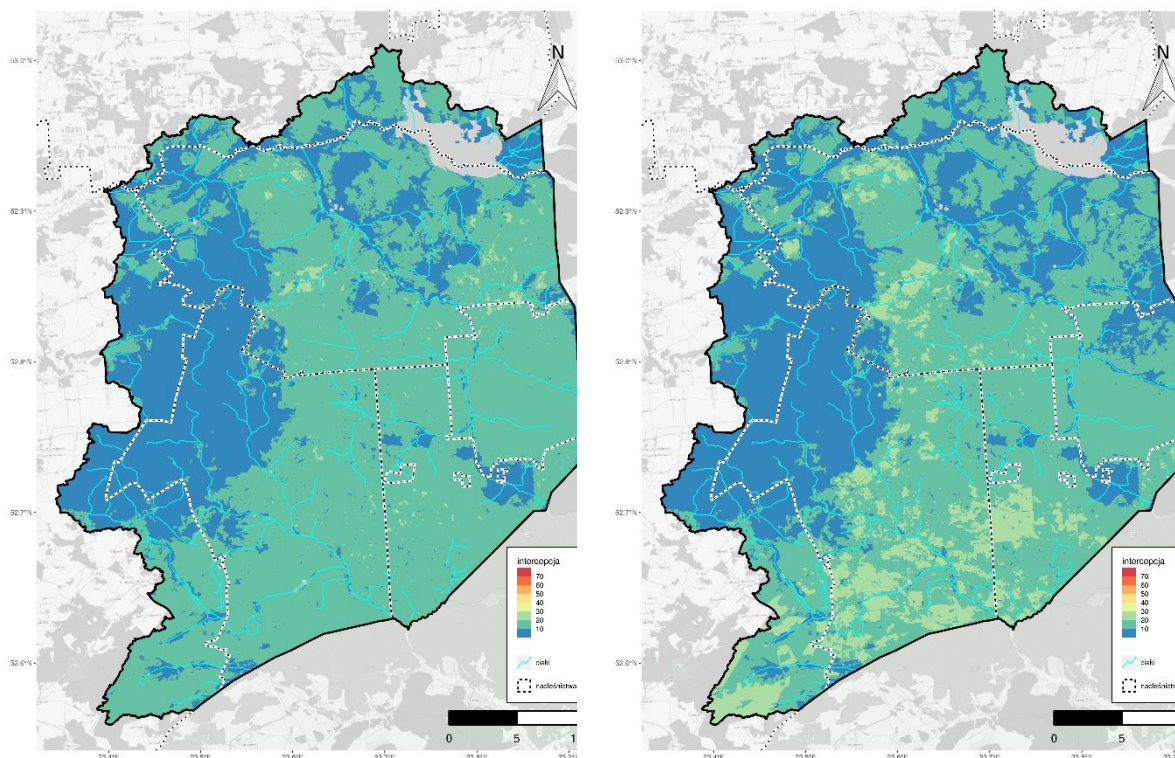
Ryc. 15.44. Intercepcja opadów w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



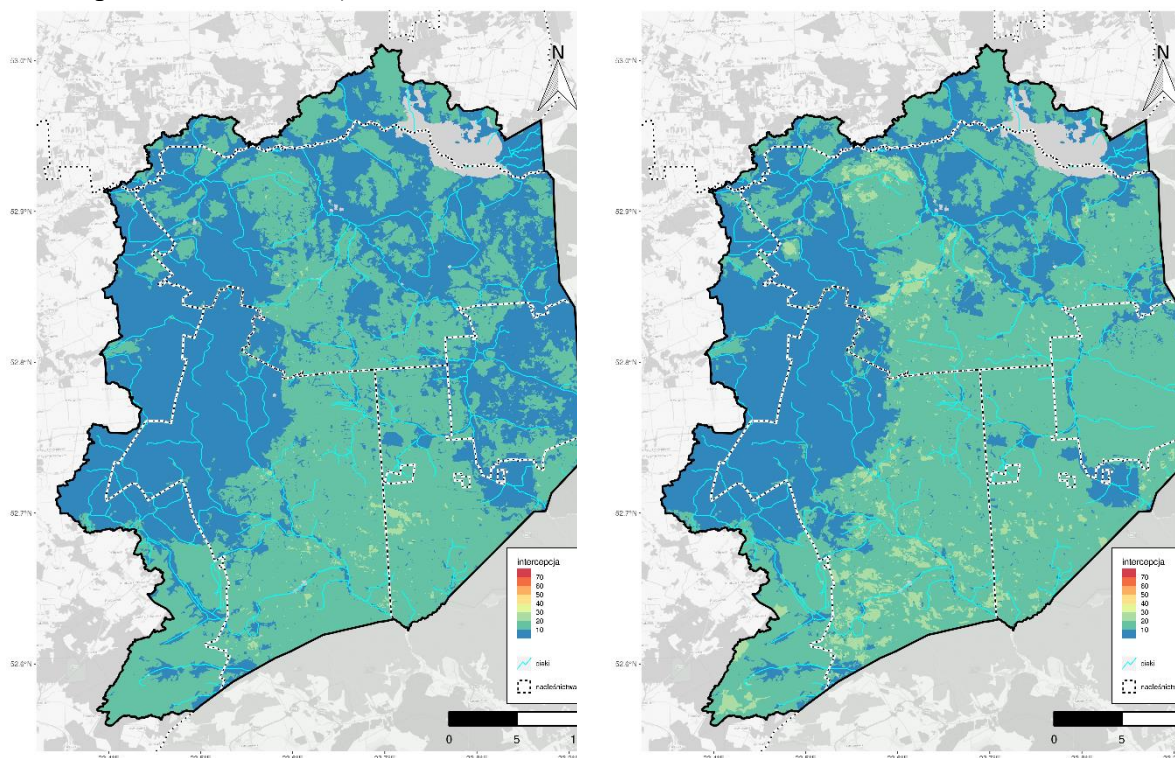
Ryc. 15.45. Intercepcja opadów w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



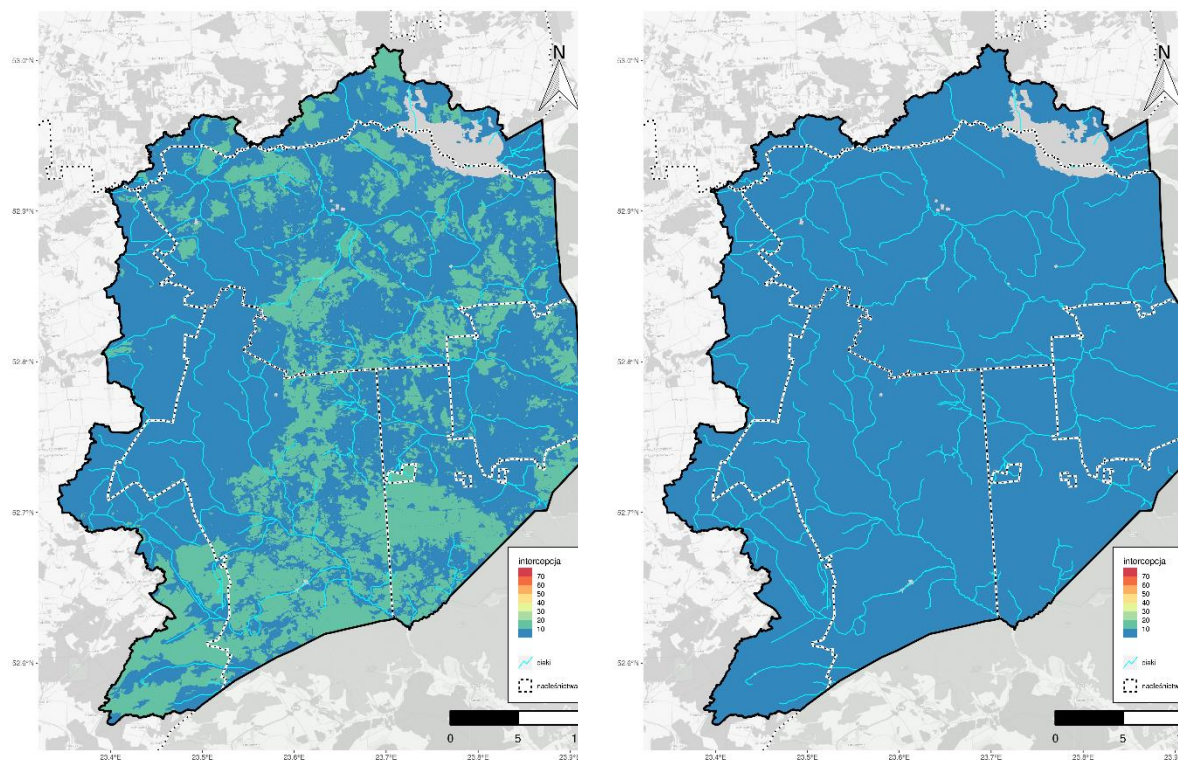
Ryc. 15.46. Intercepcja opadów w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne).



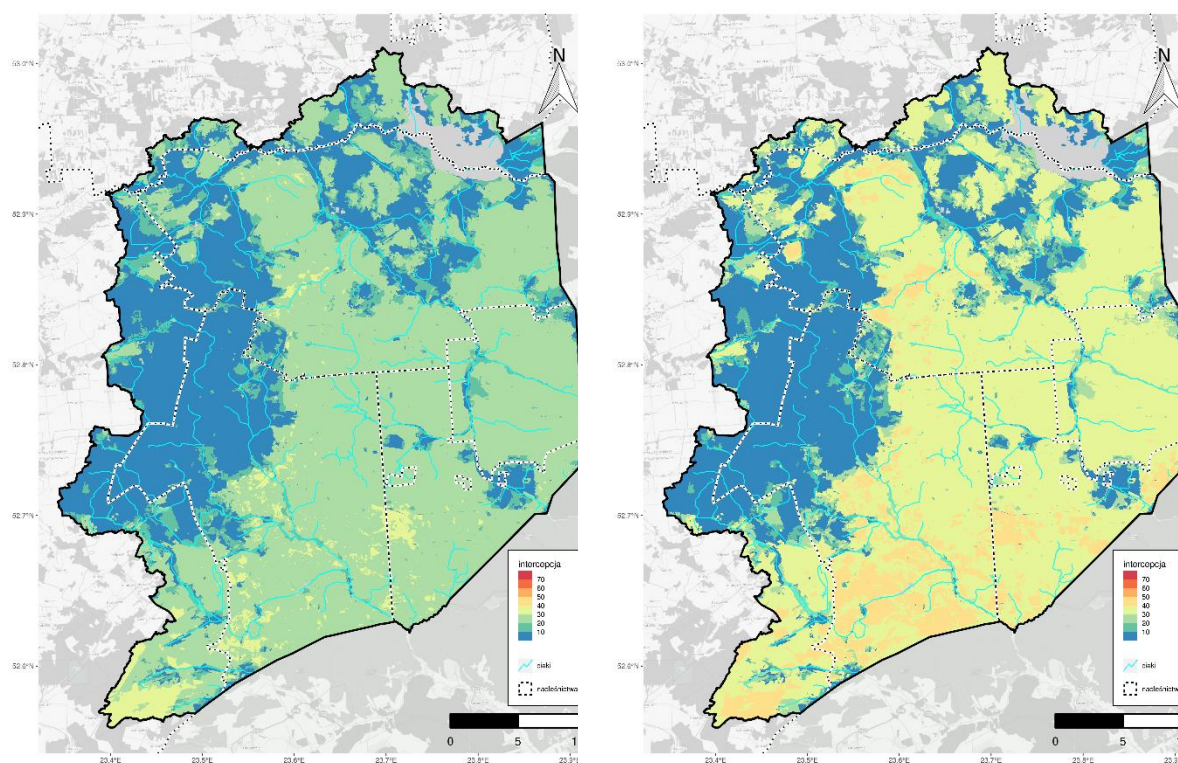
Ryc. 15.47. Intercepcja opadów w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



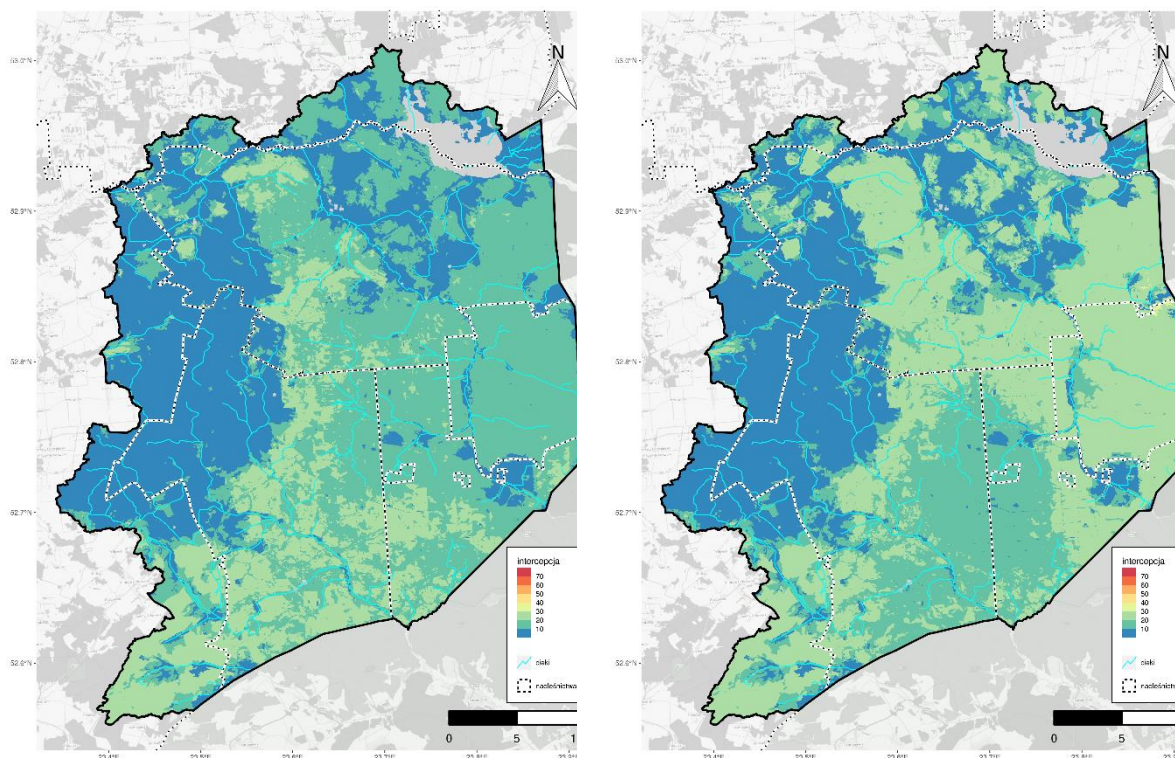
Ryc. 15.48. Intercepcja opadów w okresie I (lewy) i II (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



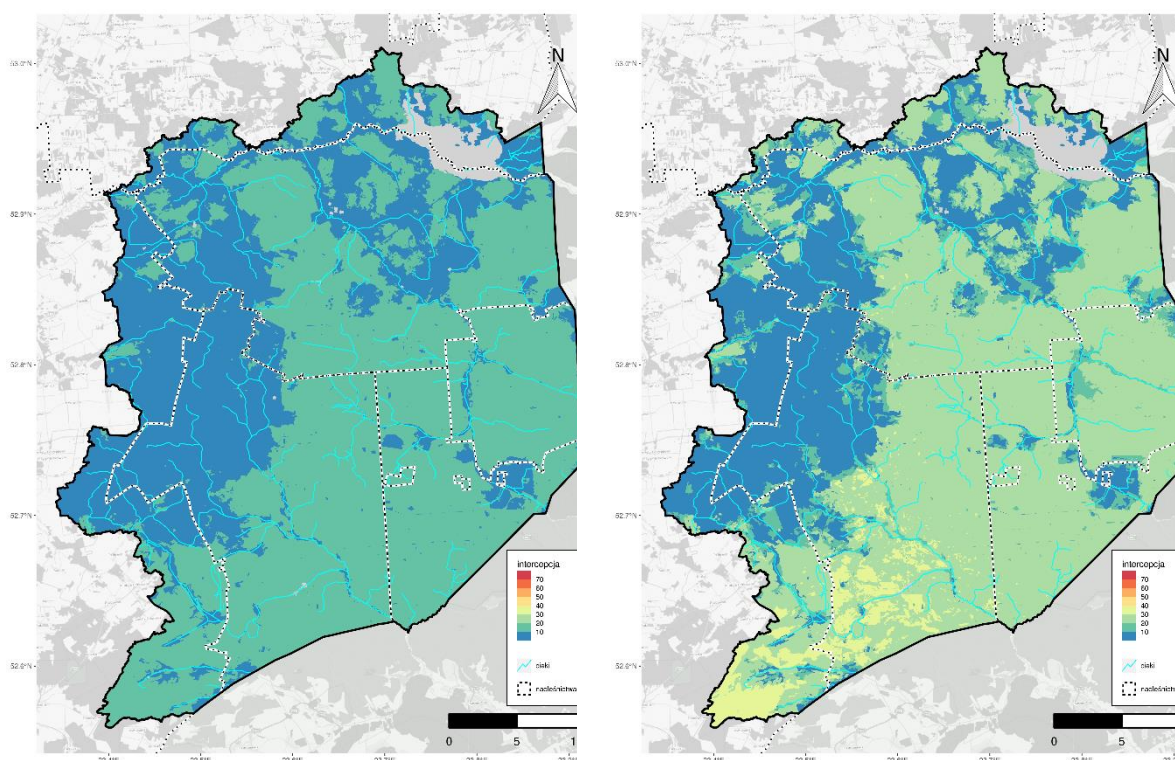
Ryc. 15.49. Intercepcja opadów w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



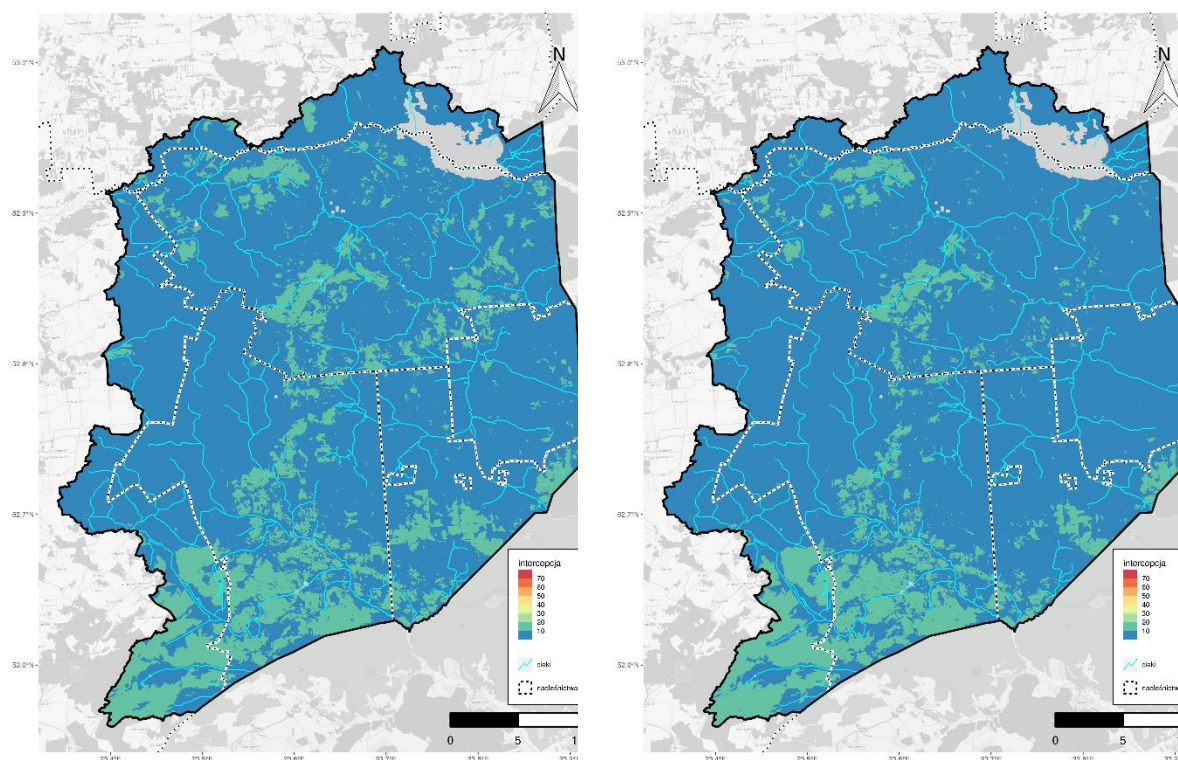
Ryc. 15.50. Intercepcja opadów w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



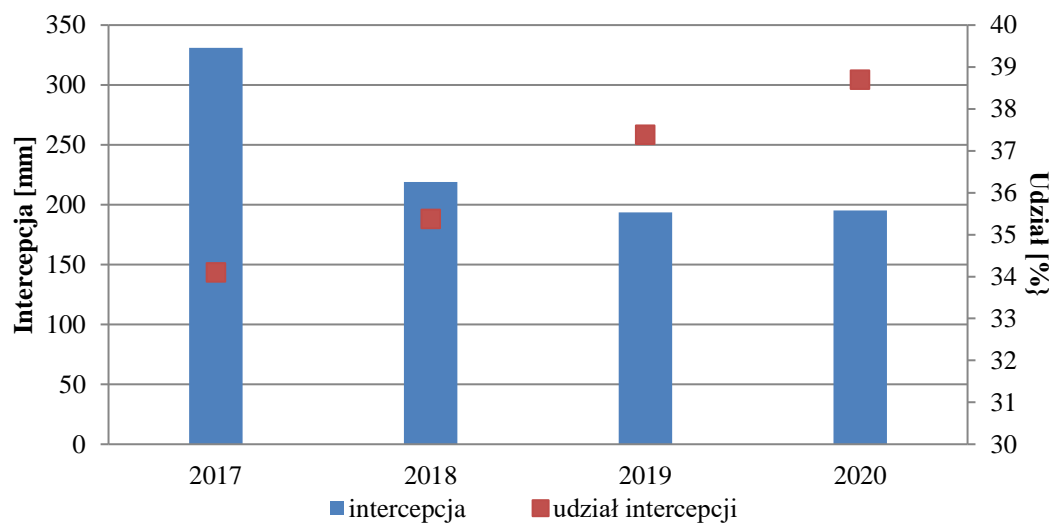
Ryc. 15.51. Intercepcja opadów w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



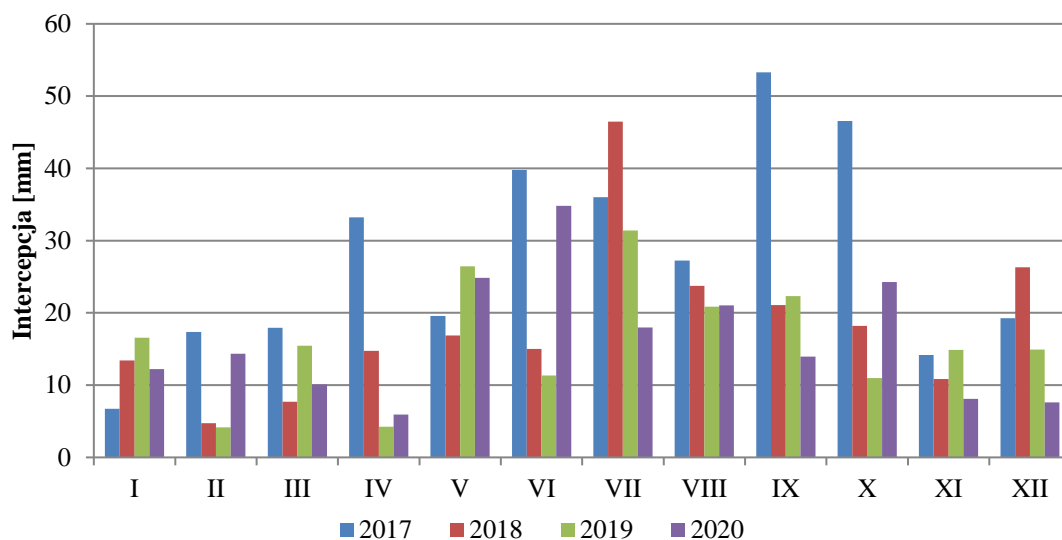
Ryc. 15.52. Intercepcja opadów w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



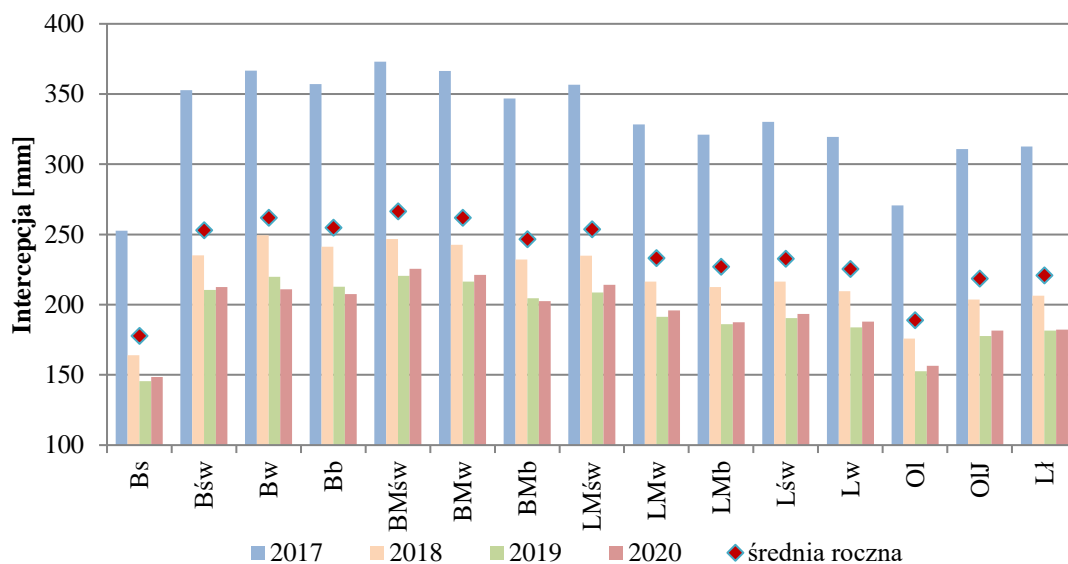
Ryc. 15.53. Intercepcja opadów w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 15.54. Średnia roczna intercepcja opadów przez ekosystemy Puszczy Białowieskiej i udział intercepcji w opadach (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 15.55. Miesięczna intercepcja opadów przed ekosystemy w latach 2017-2020 (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 15.56. Sumy roczne intercepcji w typach siedliskowych lasu (źródło: opracowanie własne)

15.7. Zmiana retencji

Zmiana retencji jest wynikowym parametrem bilansowania gleb i siedlisk, pokazujący kierunki zmian zasobów wodnych w ekosystemie pod wpływem warunków determinujących przyływ i odpływ wody. Po przekształceniu wzoru 15.6 otrzymujemy:

$$dR = P - ETV - I \quad (15.7)$$

Zastosowany model umożliwia uwzględnienie w tych obliczeniach warunków glebowych, w tym także właściwości retencyjnych gleb, w których zmiany retencji ograniczono do potencjalnej retencji użytecznej.

W warunkach klimatycznych Polski wyróżniamy w roku dwa okresy zróżnicowane zmianami retencji. W półroczu zimowym (listopad-kwiecień) dochodzi do zwiększania ilości retencionowanej wody, co jest powodowane głównie brakiem rozchodu na ewapotranspirację. Na końcu tego okresu gleba powinna posiadać całkowite wypełnienie wodą do poziomu polowej pojemności wodnej. Dzięki temu roślinność ma dobre warunki do wzrostu i rozwoju w pierwszych tygodniach okresu wegetacyjnego. Natomiast w półroczu letnim dochodzi do przewagi rozchodu wody w procesie ewapotranspiracji, która zazwyczaj jest wyższa od przychodu wody z opadami. To powoduje zmniejszenie ilości wody retencionowanej w glebie, a w niekorzystnych warunkach dochodzi do występowania stresu suszy. Na końcu tego okresu występuje zazwyczaj deficyt wody w glebie, uzupełniany w półroczu zimowym.

Średnia roczna zmiana retencji w ekosystemach na terenie Puszczy Białowieskiej wyniosła -18,9 mm. Wysokie opady atmosferyczne 2017 roku spowodowały, że w roku tym zmiana retencji osiągnęła niewielką wartość dodatnią; w kolejnych latach zmiana retencji była ujemna i świadczyła o zmniejszaniu się zasobów wodnych. Średnia zmiana w tych latach wyniosła: w 2018 r. -22,5 mm, w 2019 r. -36,0 mm, w 2020 r. -17,1 mm.

Miesięczna zmiana retencji wskazuje na mały wzrost wilgotności w marcu, w miesiącu, w którym zasoby wodne powinny być silnie uzupełniane. Jest to powodowane zwiększającą się temperaturą powietrza tego miesiąca, co wpływa na wzrost parowania terenowego. W Białowieży w latach 1959-2019 temperatura marca wzrosła o 4°C i jest to najszybszy wzrost temperatury ze wszystkich miesięcy w roku (Boczoń, Sałachewicz 2022). Miesięczna zmiana retencji występowała w granicach od -67,5 mm w czerwcu 2019 do +47,5 mm we wrześniu 2017 r. W miesiącach rozchodu wody jedynie w czerwcu 2017 r i lipcu 2018 r. odnotowano przyrost retencji wodnej (ryc. 15.57). Pomimo, że sumy zmiany retencji w skali roku dały wynik ujemny to na uwagę zasługuje fakt, że we wszystkich latach w ostatnich 4 miesiącach roku następowało uzupełnienie retencji wodnej: w 2017 r. o 53,2 mm, w 2018 r. o 92,5 mm, w 2019 r. o 78,7 mm, w 2020 r. o 49,1 mm (ryc. 15.57).

Ekosystemy leśne Puszczy Białowieskiej różnie reagowały na zmienne warunki zasilania i rozchodu wody. Najmniejsza reakcja wystąpiła w borach suchych i borach świeżych, w których średnia roczna zmiana retencji w okresie badań wyniosła zaledwie -1,7 mm i -1,8 mm. Nieznacznie większą średnią roczną zmianę retencji odnotowano w borach mieszanych świeżych i borach mieszanych wilgotnych - odpowiednio -6,0 mm, i -8,6 mm. Następną grupą, którą można wyróżnić są siedliska, w których średnia retencja roczna zmniejszyła się w zakresie od -10 mm do -20 mm: LMśw (-12,1 mm), Lśw (-14,3 mm), LMw (-15,8 mm), Bw (-16,0 mm). Zmiana średniej retencji rocznej poniżej -20 mm wystąpiła

w: lasach łęgowych (-22,2 mm), olsach (-24,5 mm), lasach wilgotnych (-25,4 mm), olsach jesionowych (-26,7 mm). Największe obniżenie średniej rocznej retencji odnotowano w: lasach mieszanych bagiennych (-31,2 mm), borach bagiennych (-38,3 mm) i borach mieszanych bagiennych (-38,9 mm) (ryc. 15.58).

Największe roczne obniżenie retencji w rozpatrywanym okresie w poszczególnych typach siedliskowych lasu wystąpiło bądź w roku 2019 – w siedliskach wilgotnych i bagiennych, bądź w 2020 r. – w siedliskach świeżych (ryc. 15.59), a w szczególności wyniosło:

- **Bs** – -6,8 mm w 2020 r.,
- **Bśw** – -7,3 mm w 2020 r.,
- **Bw** – -29,1 mm w 2019 r.,
- **Bb** – -67,8 mm w 2019 r.,
- **BMśw** – -22,5 mm w 2020 r.,
- **BMw** – -15,7 mm w 2019 r.,
- **BMb** – -69,4 mm w 2019 r.,
- **LMśw** – -34,4 mm w 2020 r.,
- **LMw** – -31,4 mm w 2019 r.,
- **LMb** – -66,5 mm w 2019 r.,
- **Lśw** – -39,2 mm w 2020 r.,
- **Lw** – -52,8 mm w 2019 r.,
- **Ol** – -61,8 mm w 2019 r.,
- **OlJ** – -63,7 mm w 2019 r.,
- **Li** – -58,3 mm w 2019 r.

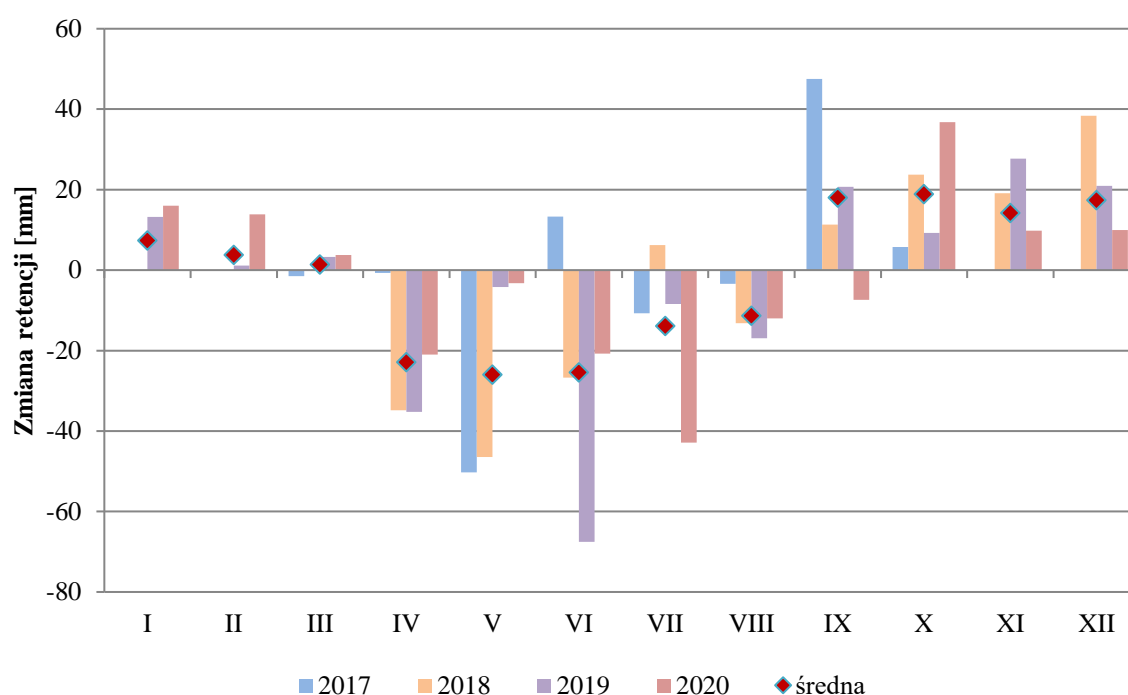
Pomimo, że wartości zmian rocznych wskazują na dobre i stabilne warunki wilgotnościowe w 2017 r., to w poszczególnych miesiącach zachodziły duże zmiany w retencji. W maju 2017 r. zmniejszenie retencji we wszystkich TSL wyniosło około 50 mm; wysokie opady kolejny miesiąc uzupełniły ilość retencionowanej wody i już w październiku zostały one uzupełnione, dlatego w następnych miesiącach roku zmiana retencji nie następowała, gdyż retencja osiągnęła maksymalne wielkości (ryc. 15.59).

W 2018 r. intensywne wyczerpywanie zasobów wodnych gleb rozpoczęło się w kwietniu i trwało w maju we wszystkich TSL. W kwietniu zmniejszenie retencji osiągnęło wartości od 32 mm do 35 mm, a w maju w większości TSL od 40 mm do 55 mm. Jedynie w borach bagiennych miało mniejszą wartość – w Bw osiągnęło -29,4 mm a w BMw – 22,1 mm. W czerwcu w Bs i Bśw nastąpiło niewielkie uzupełnienie retencji, proces ten w lipcu objął wszystkie TSL. Ostatnie cztery miesiące roku cechowało uzupełnianie wilgoci we wszystkich TSL. Łącznie w tych miesiącach zmiana retencji osiągnęła wartości od +45,6 mm w BMw do 129,4 mm w Ol (ryc. 15.59).

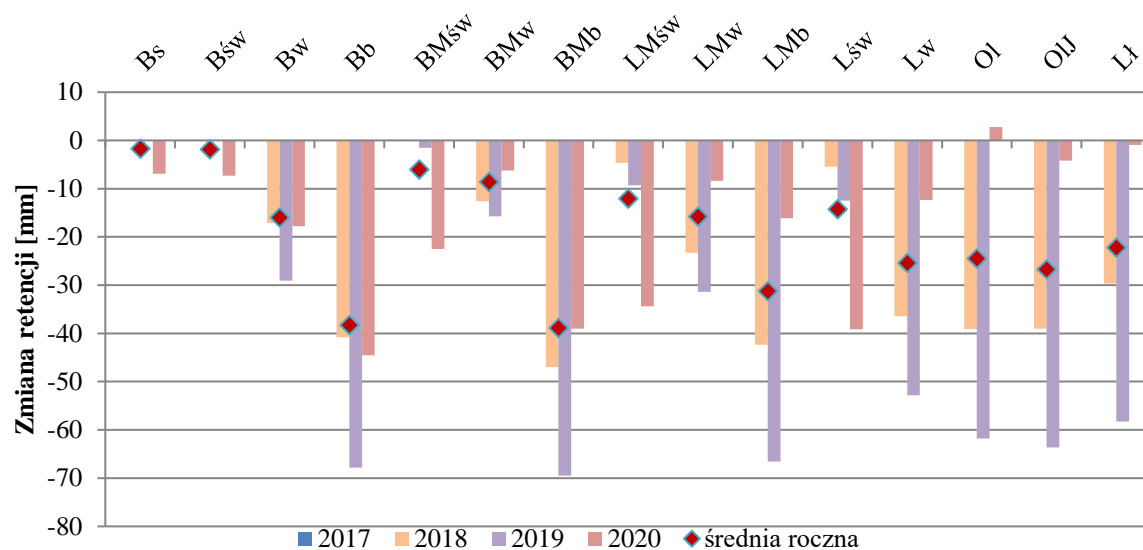
W czerwcu 2019 r. odnotowano największe obniżenie retencji, średnia miesięczna zmiana wyniosła -67,5 mm. Pierwszym miesiącem z przewagą rozchodu nad przychodem wody ponownie był kwiecień (średnio w TSL -34,2 mm), jednak w maju nastąpiło duże zmniejszenie tego procesu (średnio w TSL -4,2 mm). Czerwiec był natomiast rekordowo deficytowy, głównie w siedliskach wilgotnych i bagiennych. W borach bagiennych, borach mieszanych bagiennych, lasach mieszanych bagiennych, lasach wilgotnych, olsach, olsach jesionowych

i lasach łęgowych zmniejszenie retencji przekroczyło 85 mm. Ostatnie cztery miesiące to ponownie okres odbudowy zasobów wodnych. Łącznie wzrost zapasu wody wyniósł od 39,5 mm w BMw do 101,5 mm w Lśw, o ponad 85 mm zapasy wzrosły także w Bb, BMb, LMśw, LMb, Lw, Ol, OlJ, Lł (ryc. 11.59).

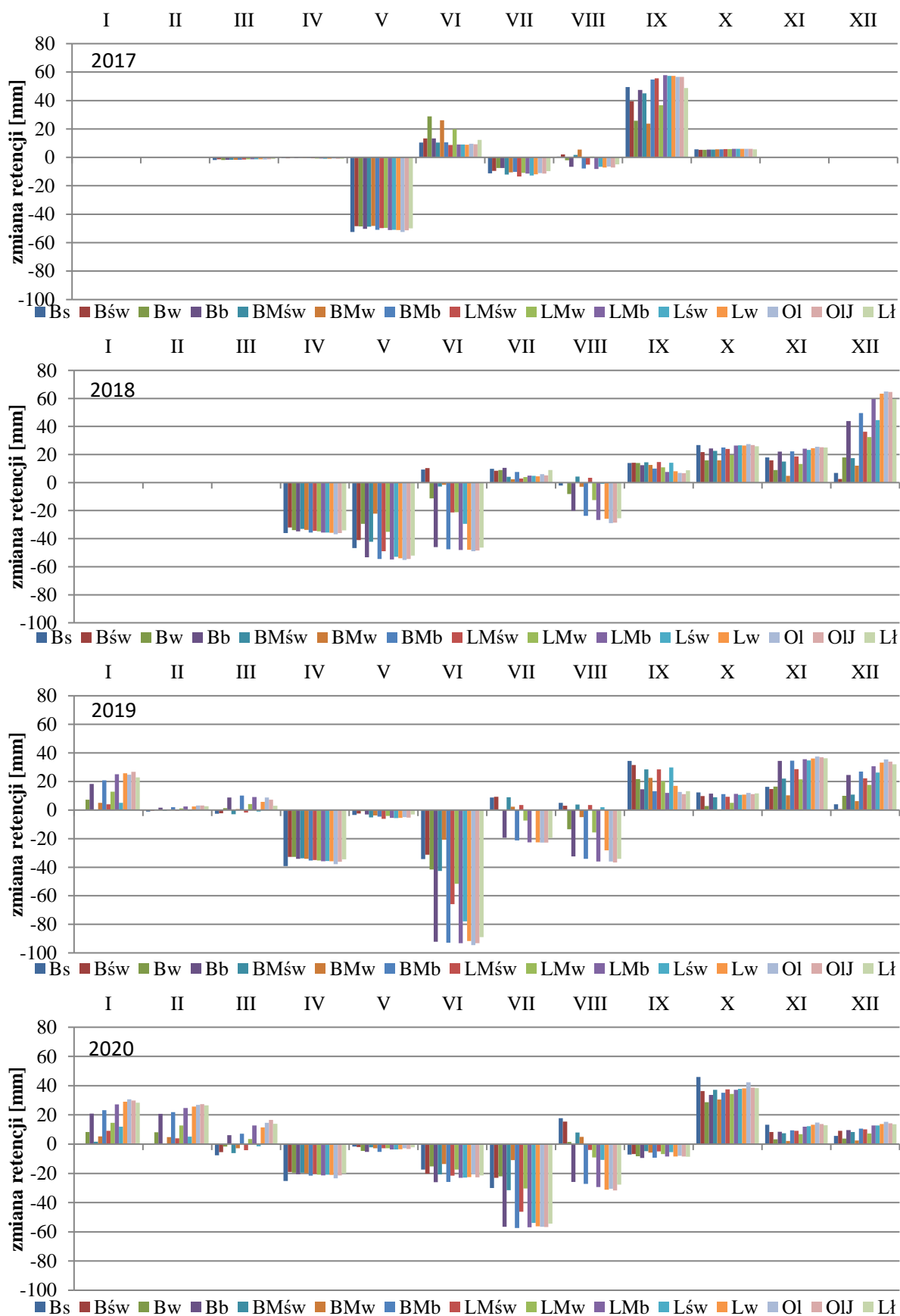
W 2020 roku już w marcu w kilku TSL doszło do niewielkiego zmniejszenia zapasów wody, dotyczyło to: Bs, Bśw, Bw, BMśw, BMw, LMśw i Lśw. Największy deficyt wody miał miejsce w lipcu, kiedy wyniósł średnio -42,9 mm, a największe zwiększenie retencji wystąpiło w październiku - średnio 36,7 mm. Jedynie ostatnie trzy miesiące roku charakteryzowała odbudowa zapasu wody. Dlatego łączna zmiana retencji osiągnęła mniejszą wartość niż w latach poprzednich i wynosiła od 35 mm w BMw do 72,4 mm w Ol. Powyżej 60 mm wzrost retencji wystąpił jeszcze w Bs, LMb, Lśw, Lw, OlJ, Lł (ryc. 15.59).



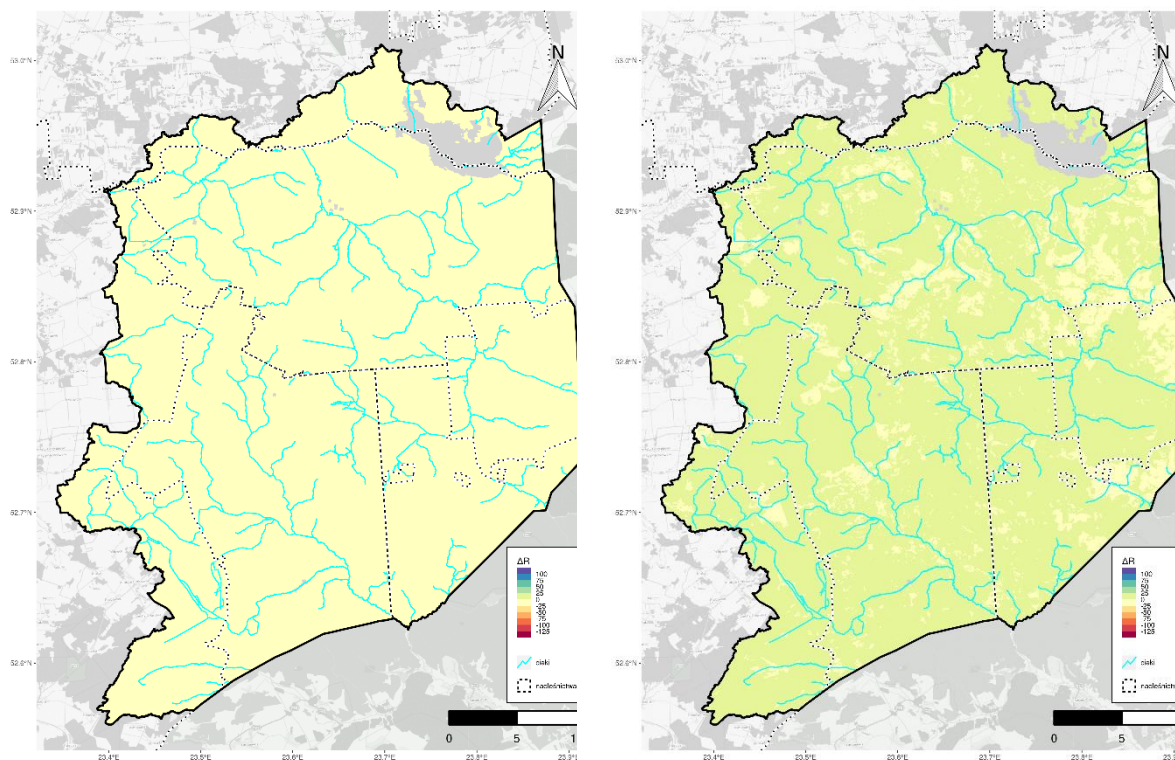
Ryc. 15.57. Miesięczne zmiany retencji w ekosystemach Puszczy Białowieskiej w latach 2017-2020 (źródło: opracowanie własne)



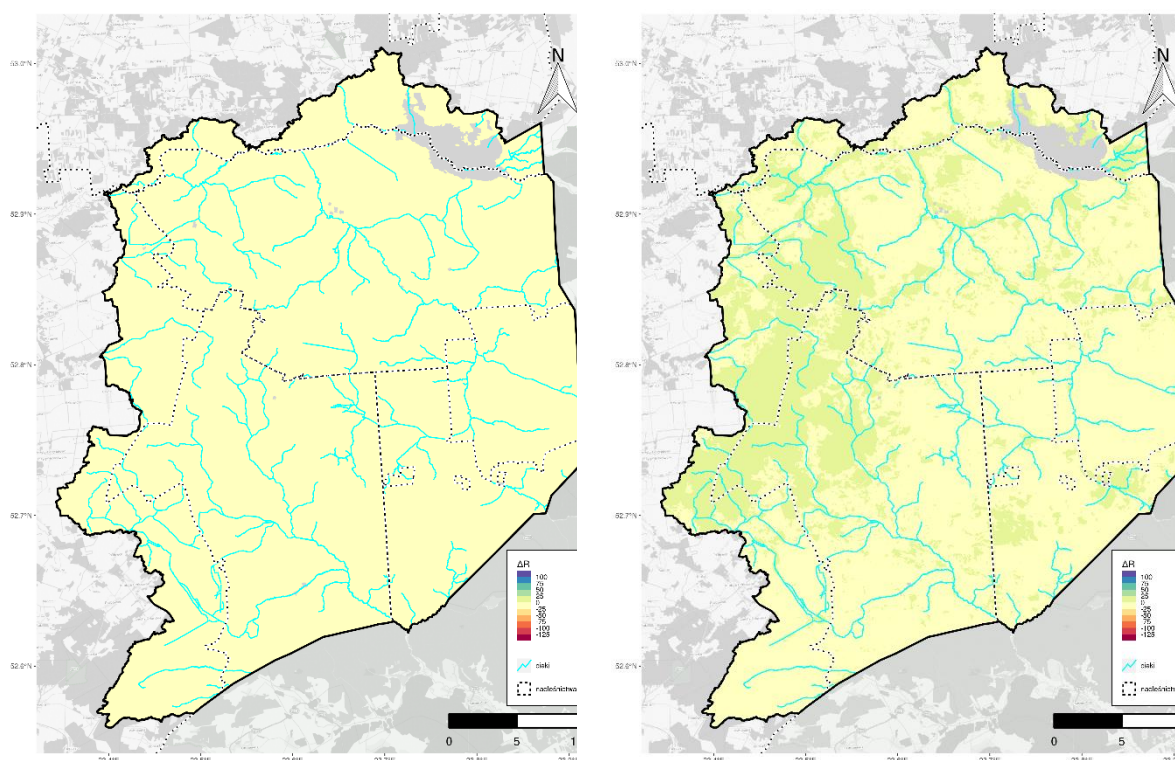
Ryc. 15.58. Miesięczne zmiany retencji w ekosystemach leśnych w Puszczy Białowieskiej w latach 2017-2020 (źródło: opracowanie własne)



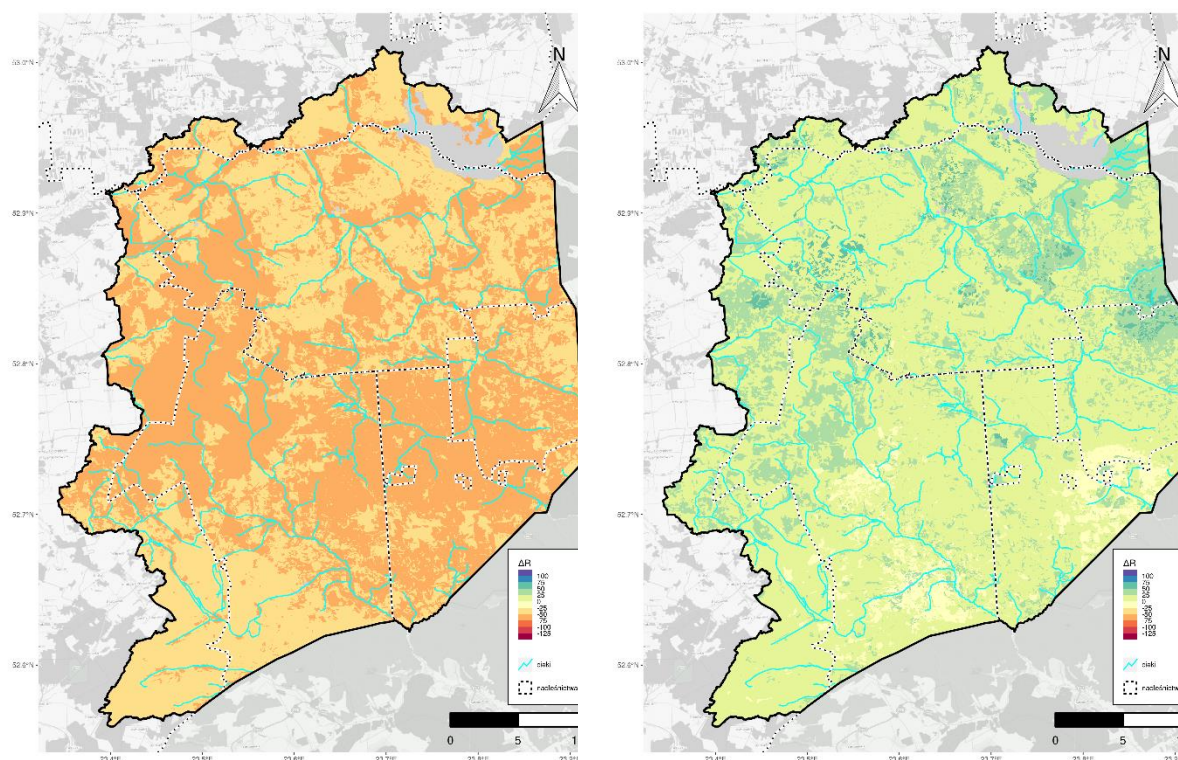
Ryc. 15.59. Miesięczna zmiana retencji w siedliskowych typach lasu Puszczy Białowieskiej w latach 2017-2020 (źródło: opracowanie własne)



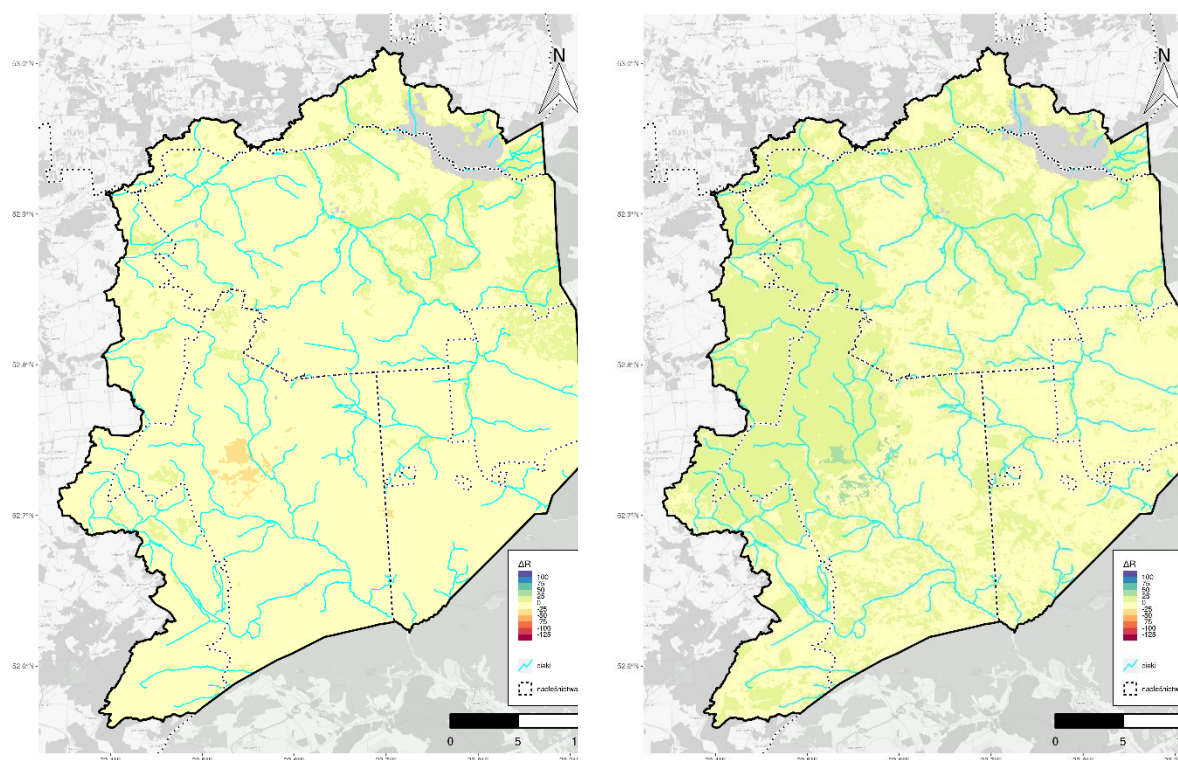
Ryc. 15.60. Zmiana retencji w okresie I (lewy) i II (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



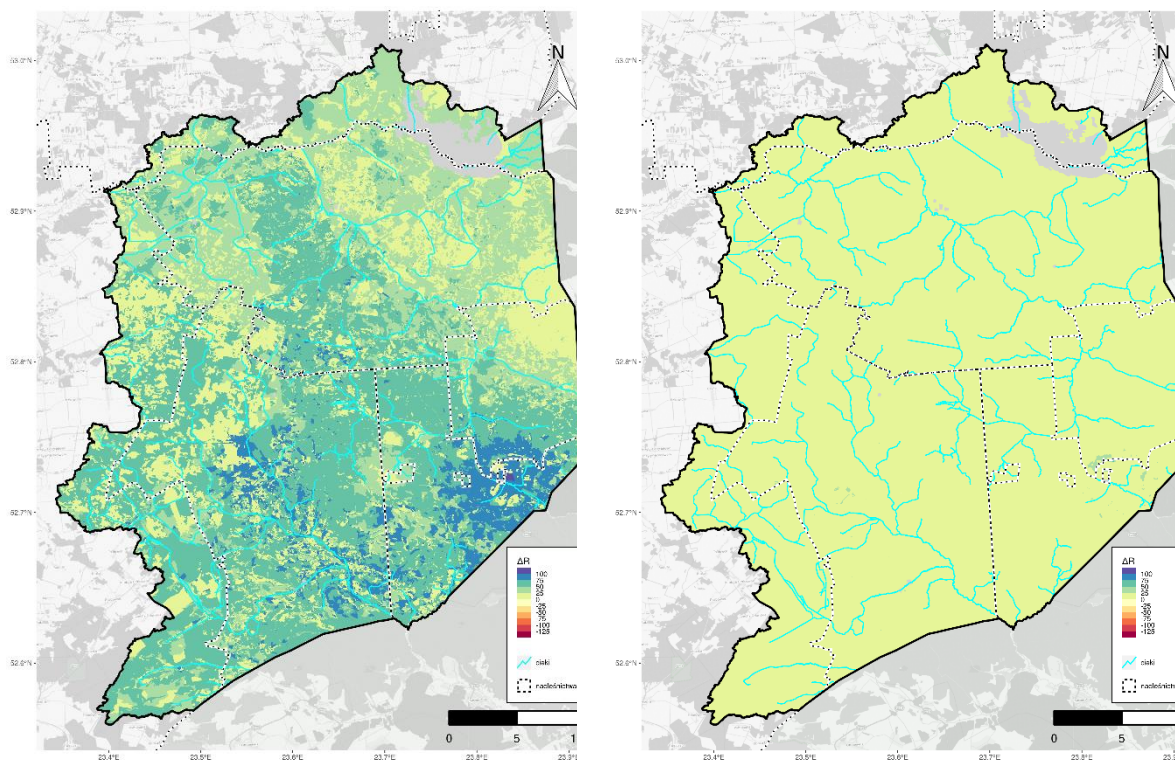
Ryc. 15.61. Zmiana retencji w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



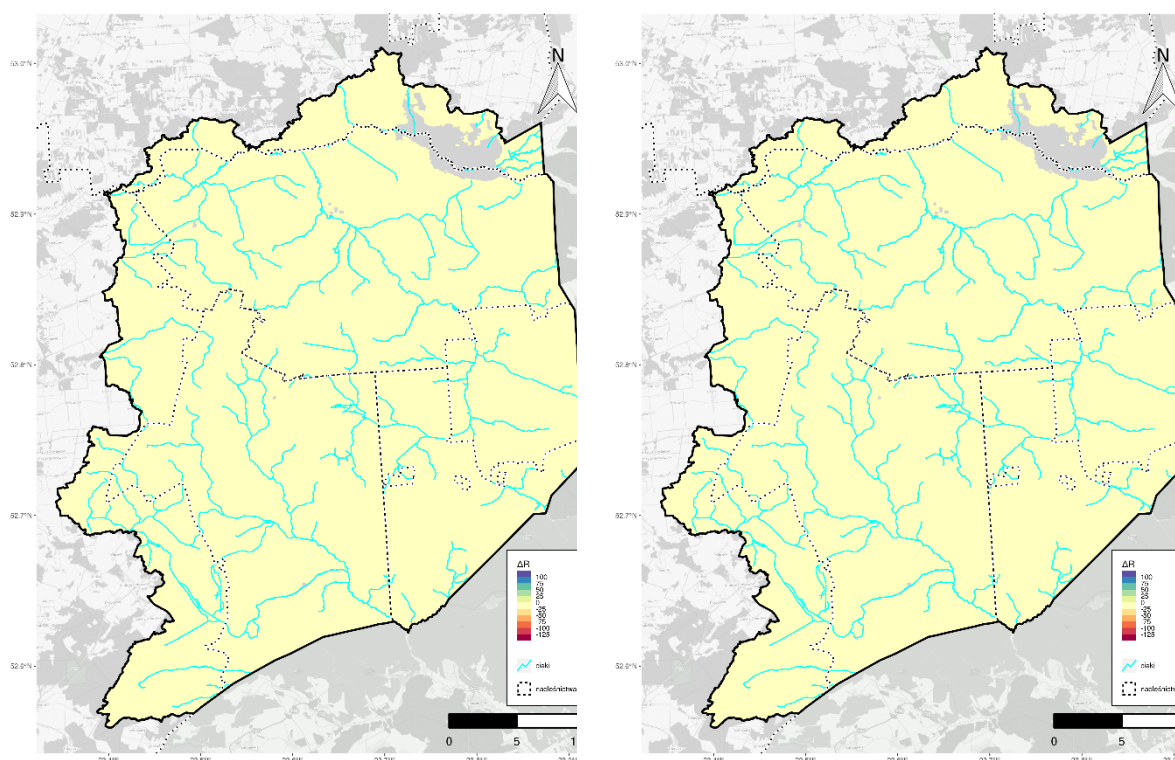
Ryc. 15.62. Zmiana retencji w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



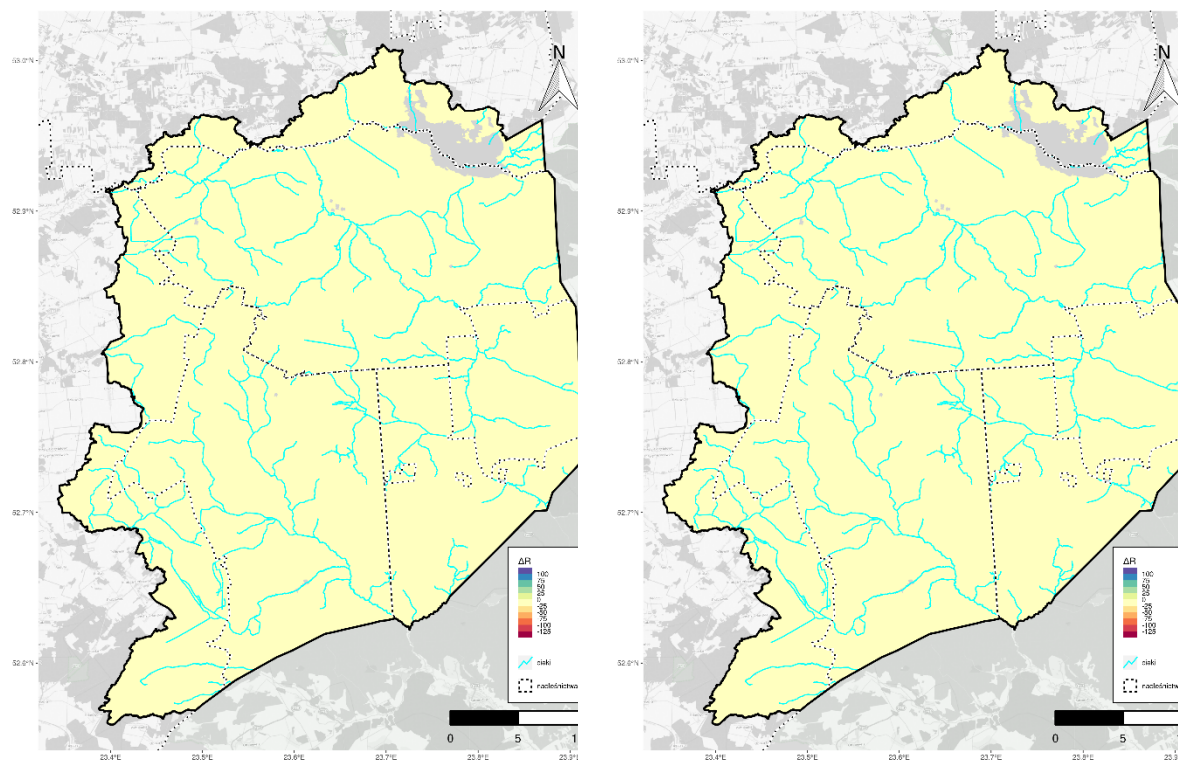
Ryc. 15.63. Zmiana retencji w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



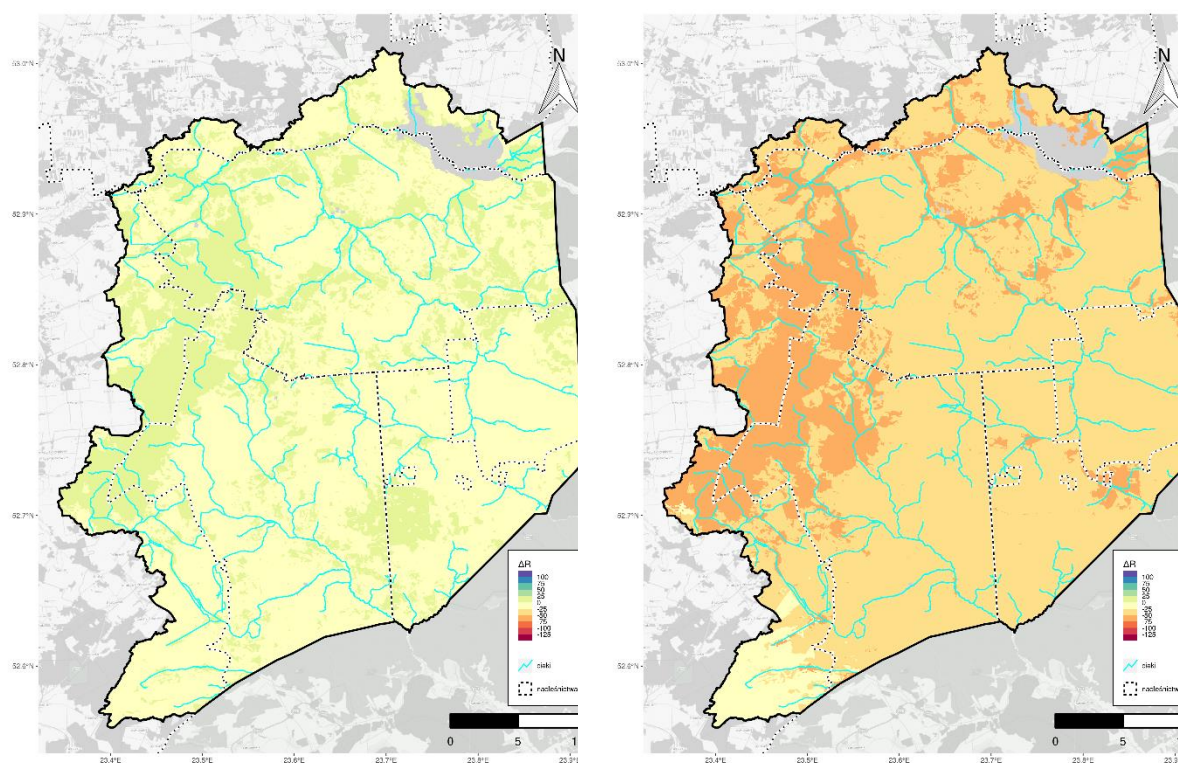
Ryc. 15.64. Zmiana retencji w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



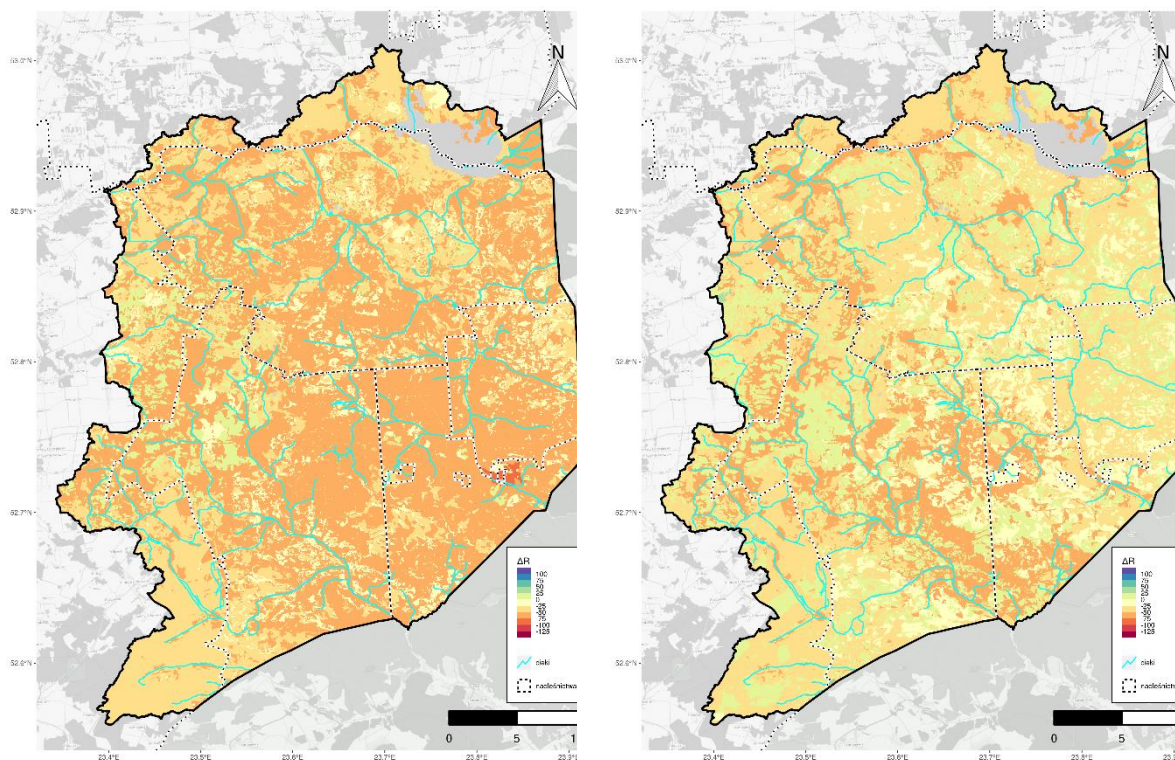
Ryc. 15.65. Zmiana retencji w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2017 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



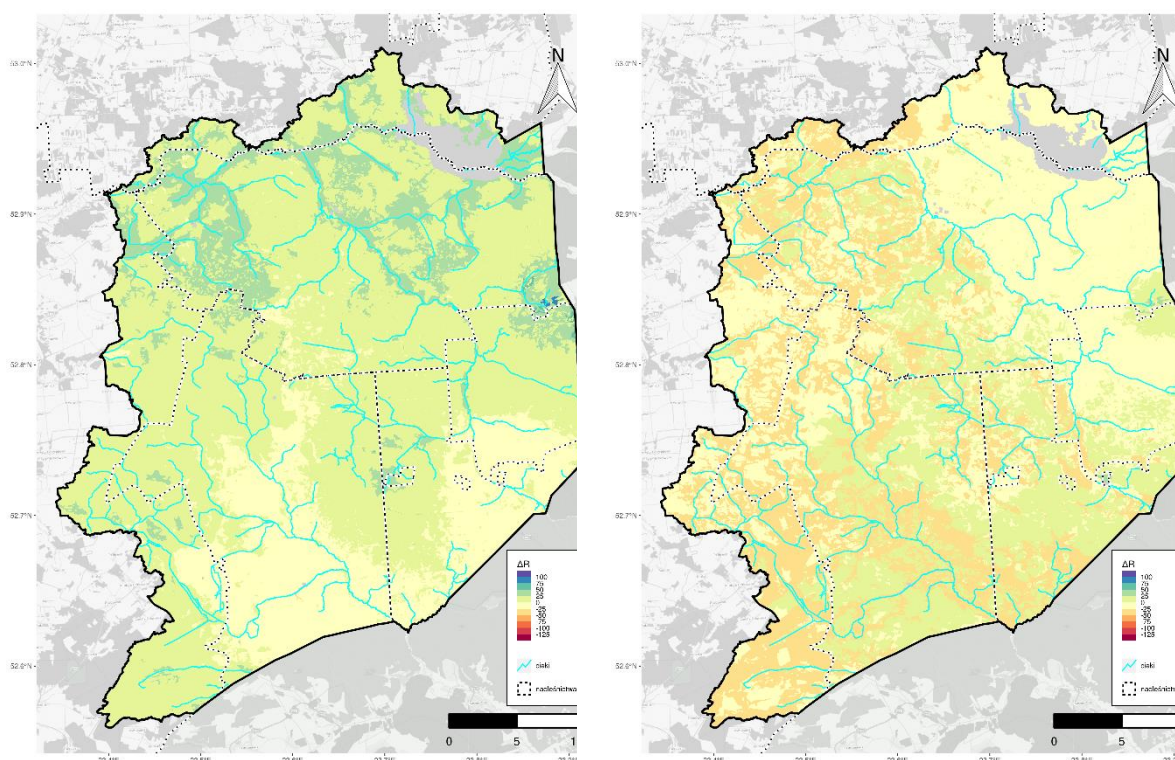
Ryc. 15.66. Zmiana retencji w okresie I (lewy) i II (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



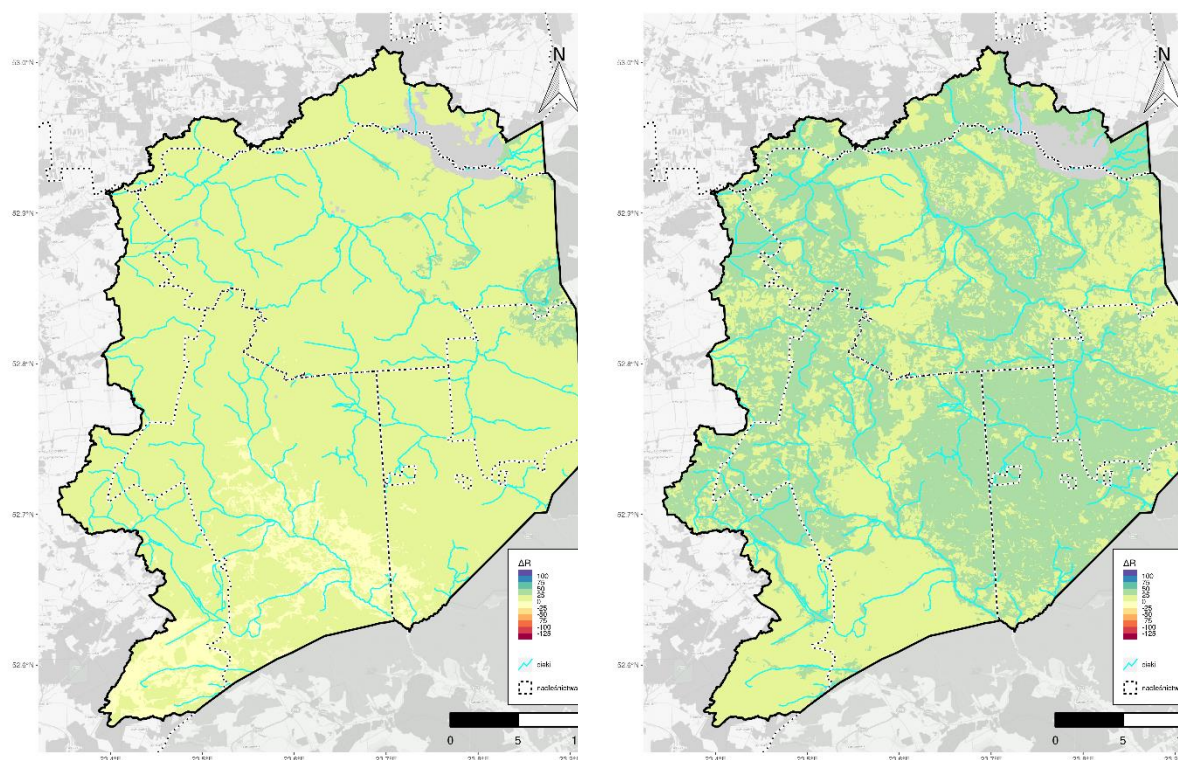
Ryc. 15.67. Zmiana retencji w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



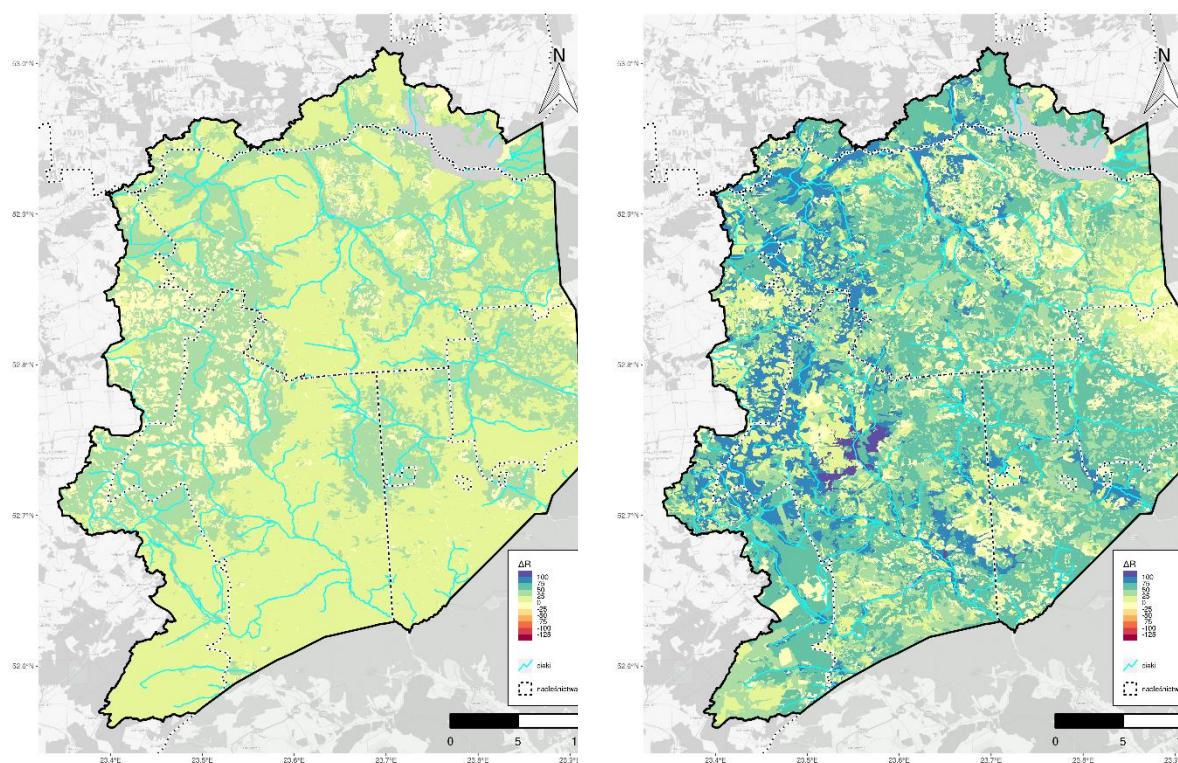
Ryc. 15.68. Zmiana retencji w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



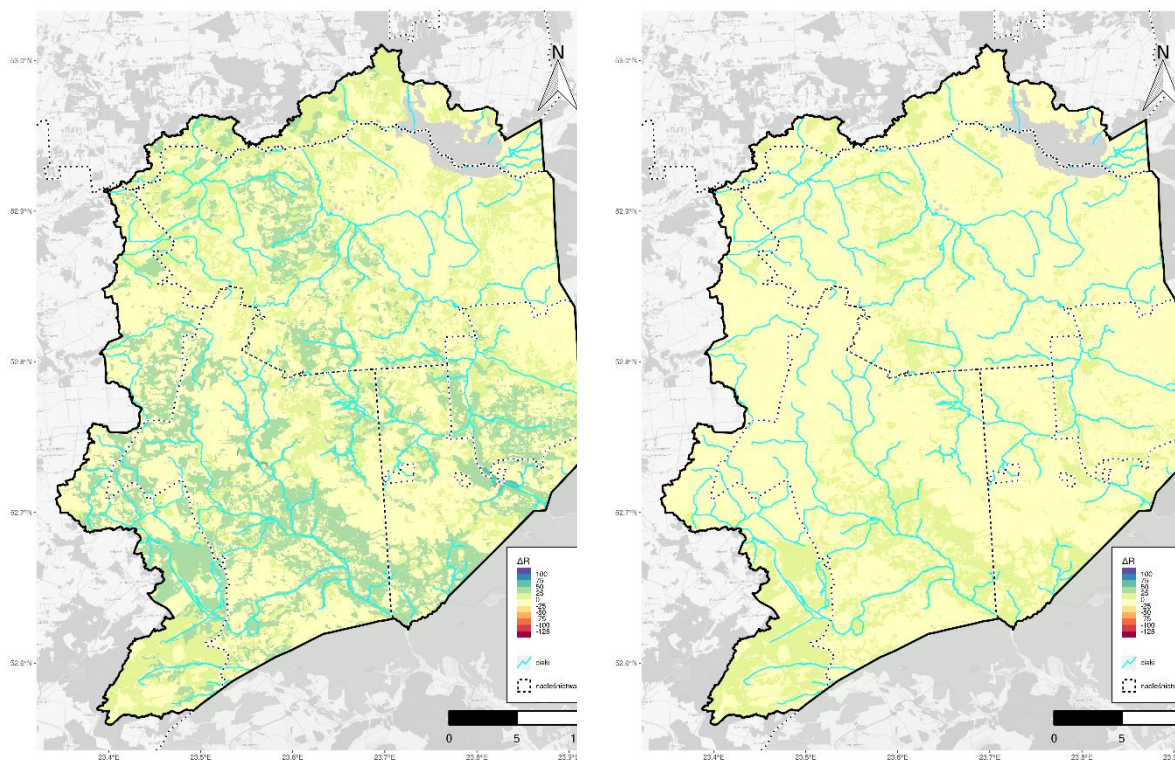
Ryc. 15.69. Zmiana retencji w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



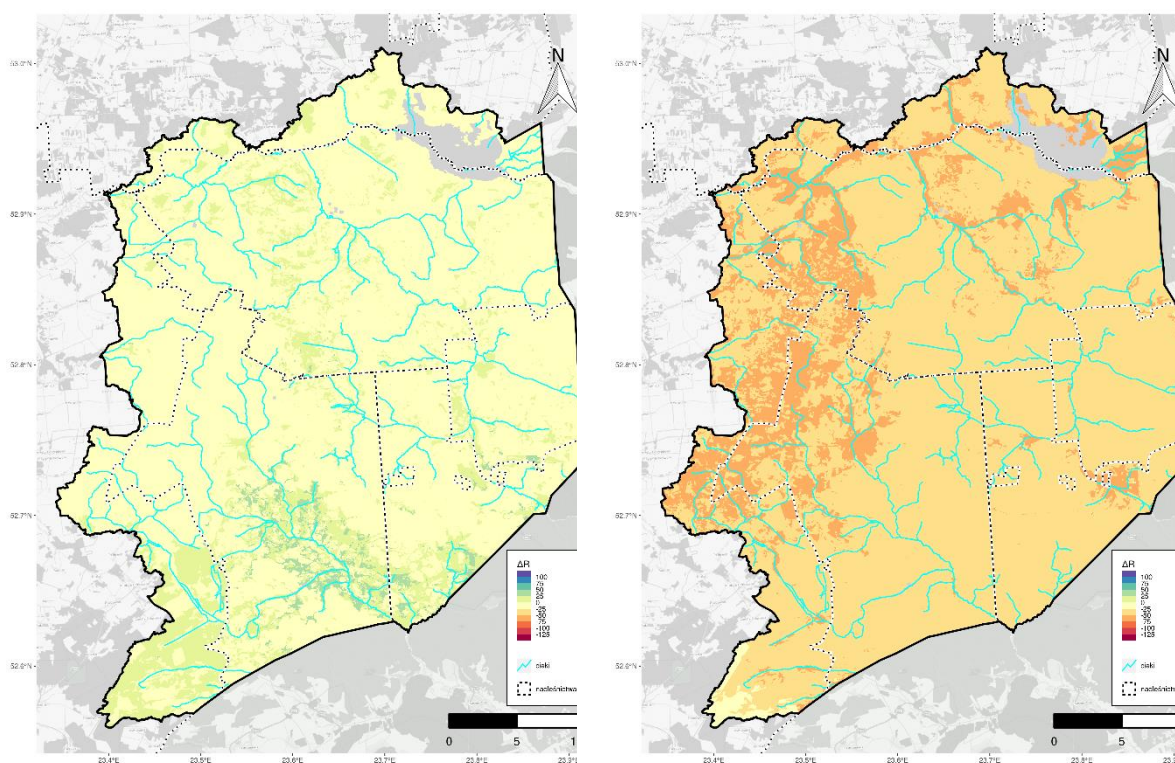
Ryc. 15.70. Zmiana retencji w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



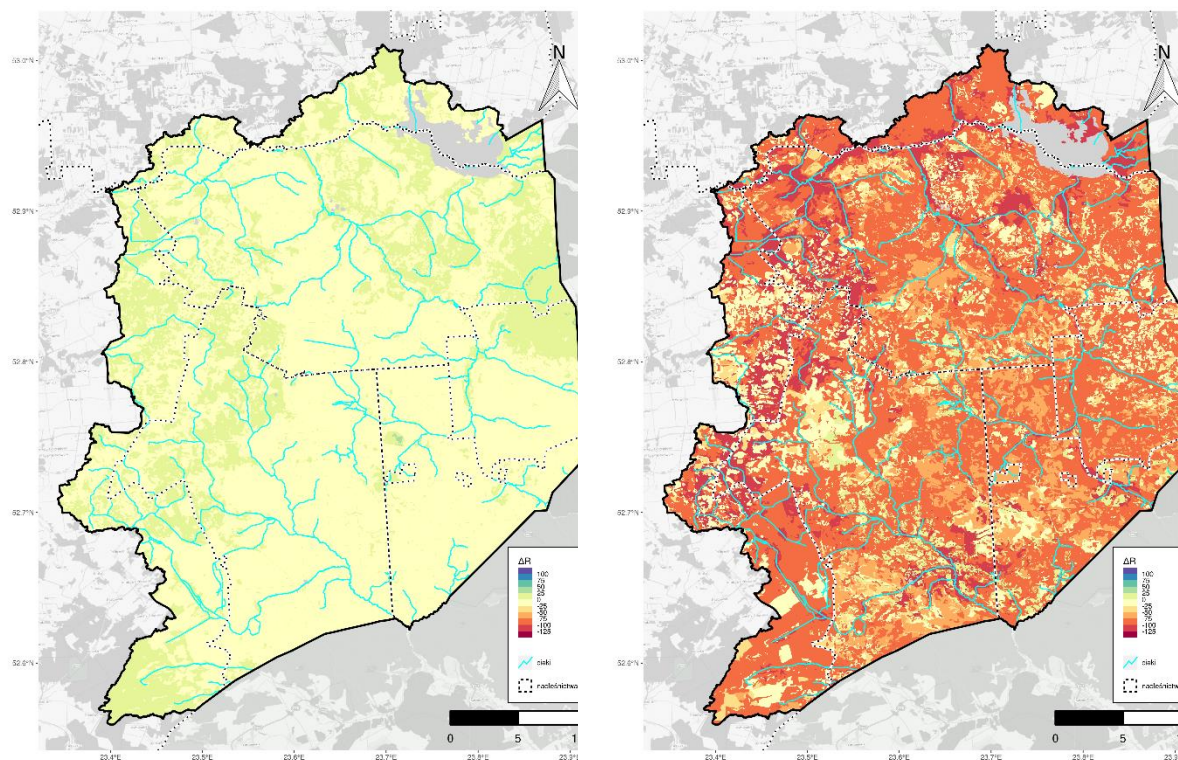
Ryc. 15.71. Zmiana retencji w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2018 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



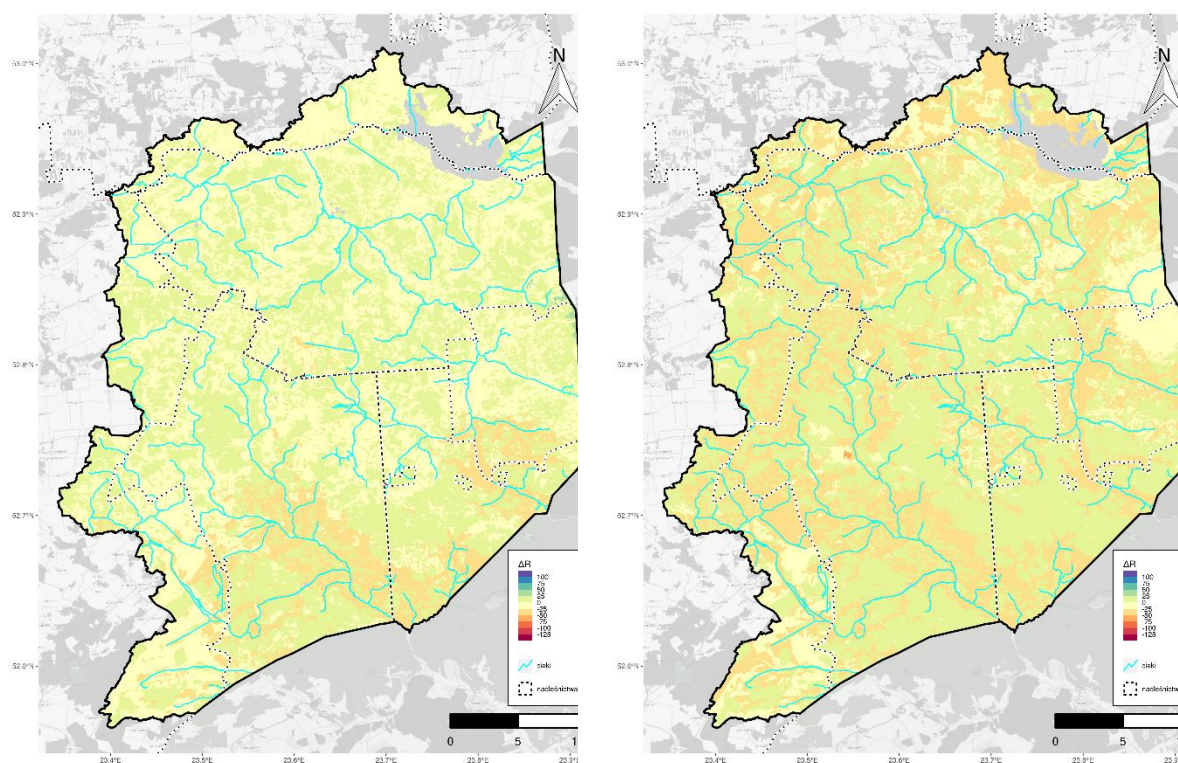
Ryc. 15.72. Zmiana retencji w okresie I (lewy) i II (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



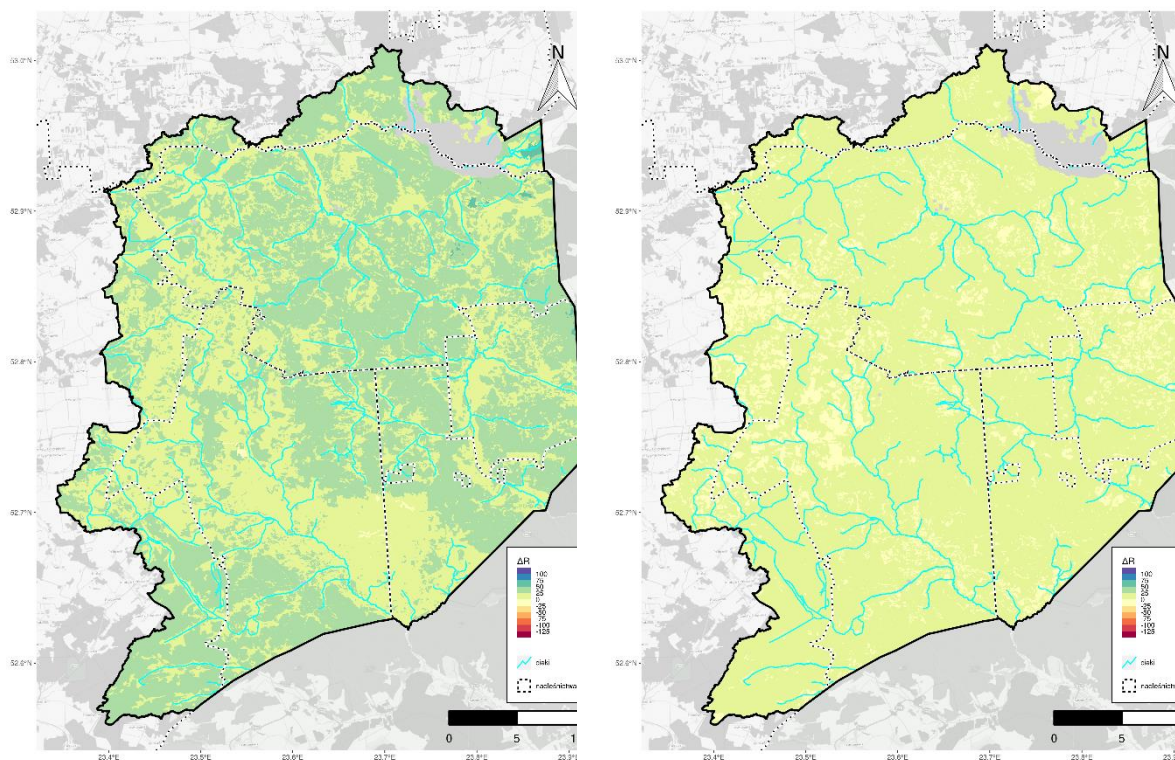
Ryc. 15.73. Zmiana retencji w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



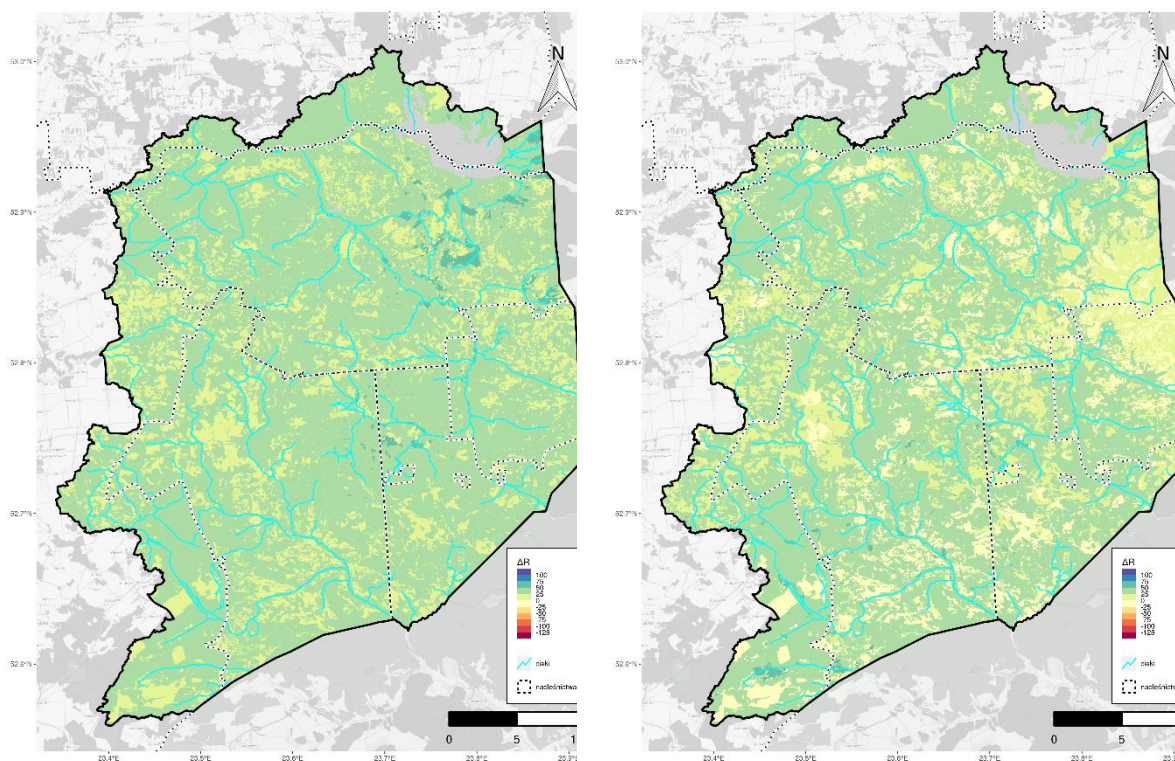
Ryc. 15.74. Zmiana retencji w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



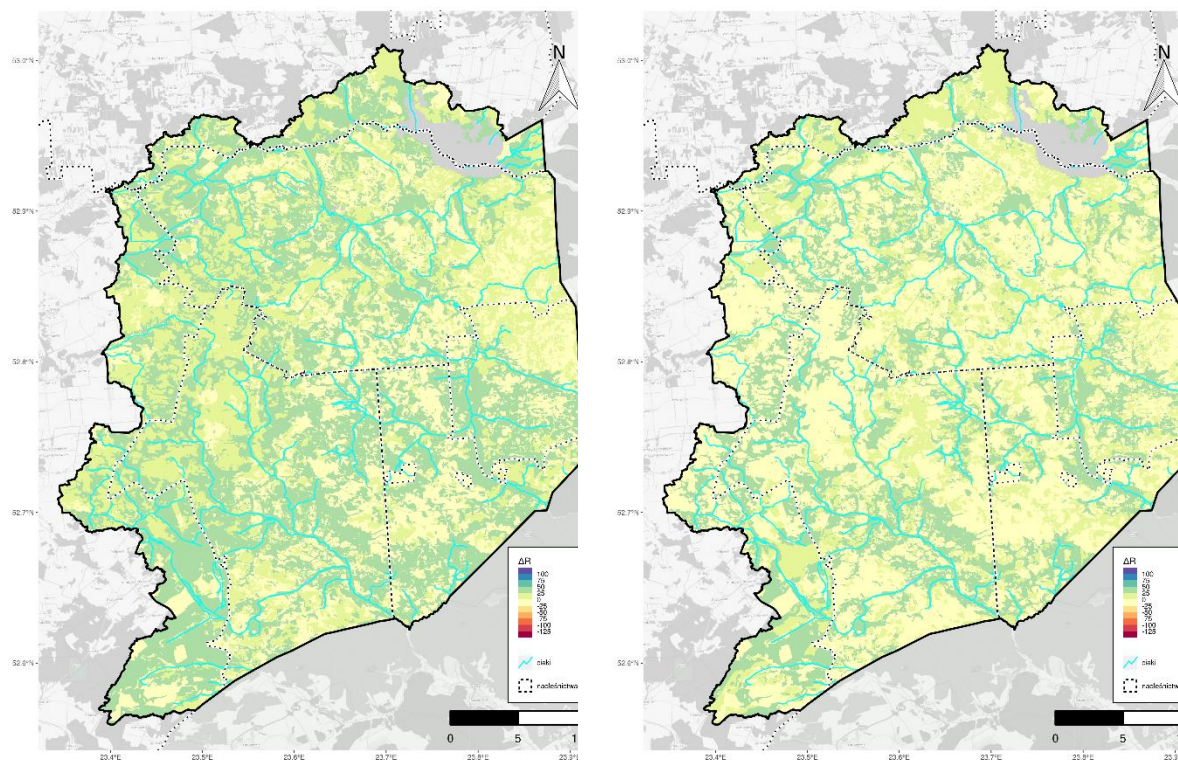
Ryc. 15.75. Zmiana retencji w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



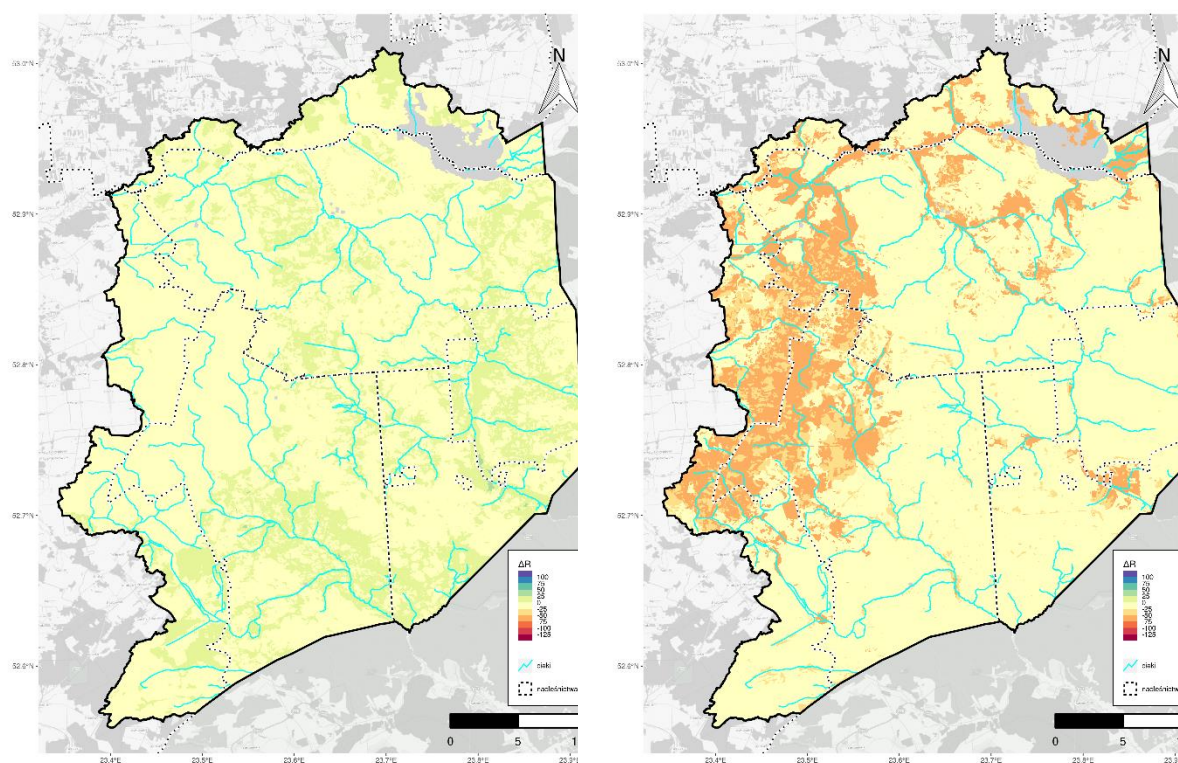
Ryc. 15.76. Zmiana retencji w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



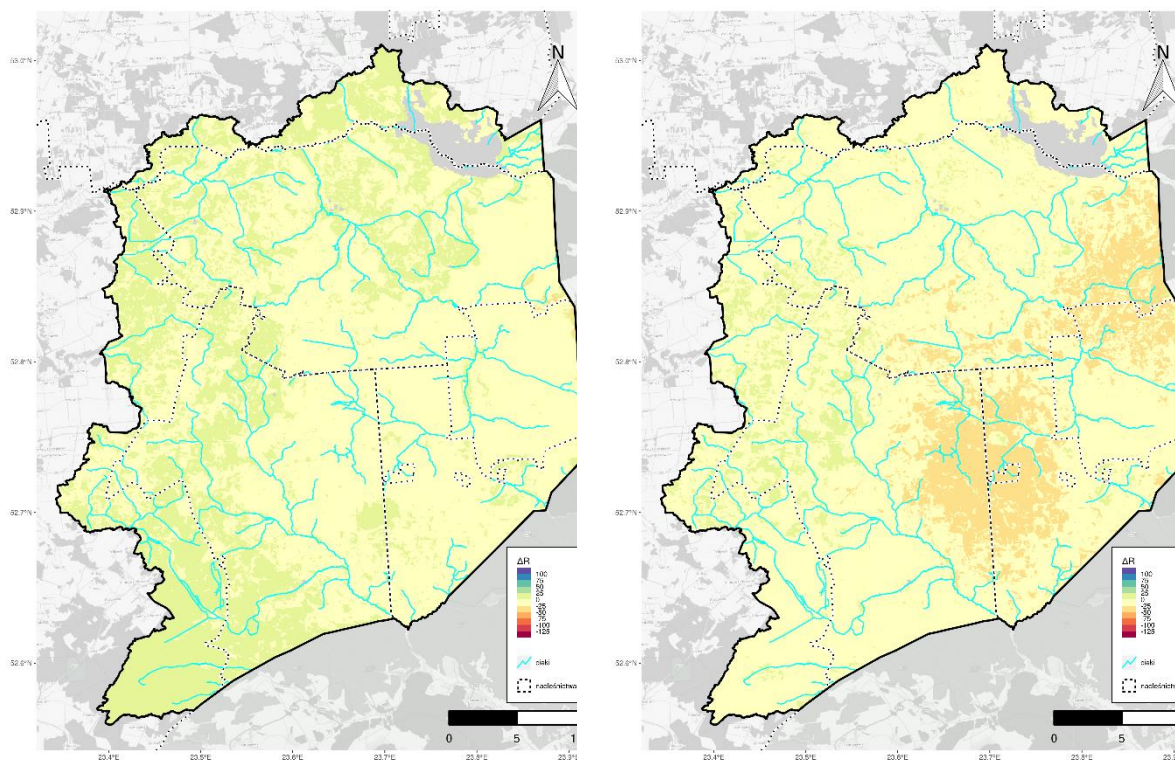
Ryc. 15.77. Zmiana retencji w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2019 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



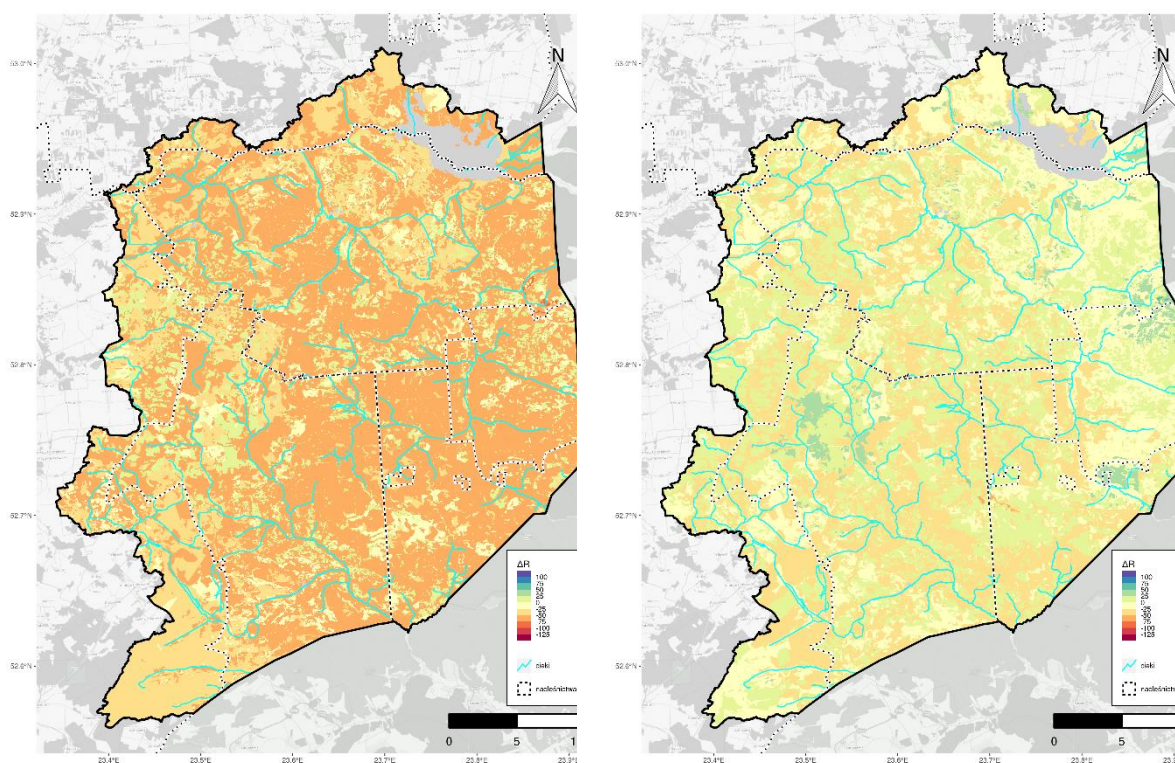
Ryc. 15.78. Zmiana retencji w okresie I (lewy) i II (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



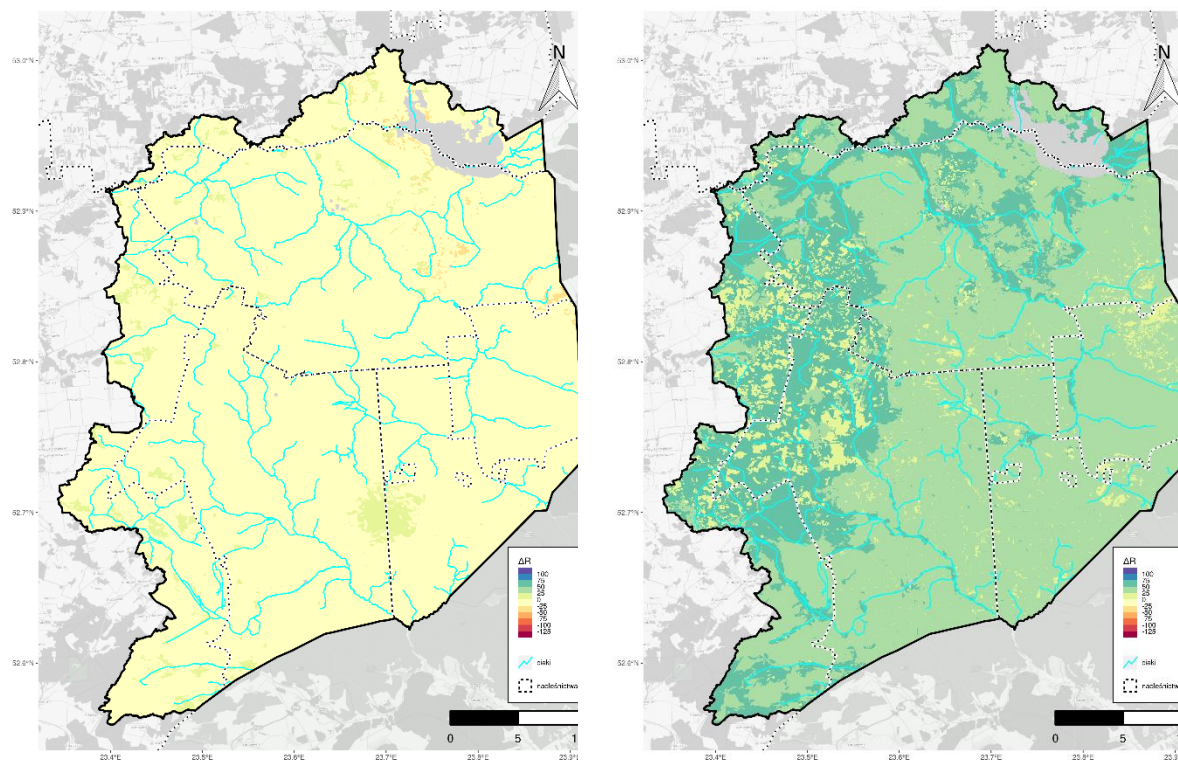
Ryc. 15.79. Zmiana retencji w okresie III (lewy) i IV (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



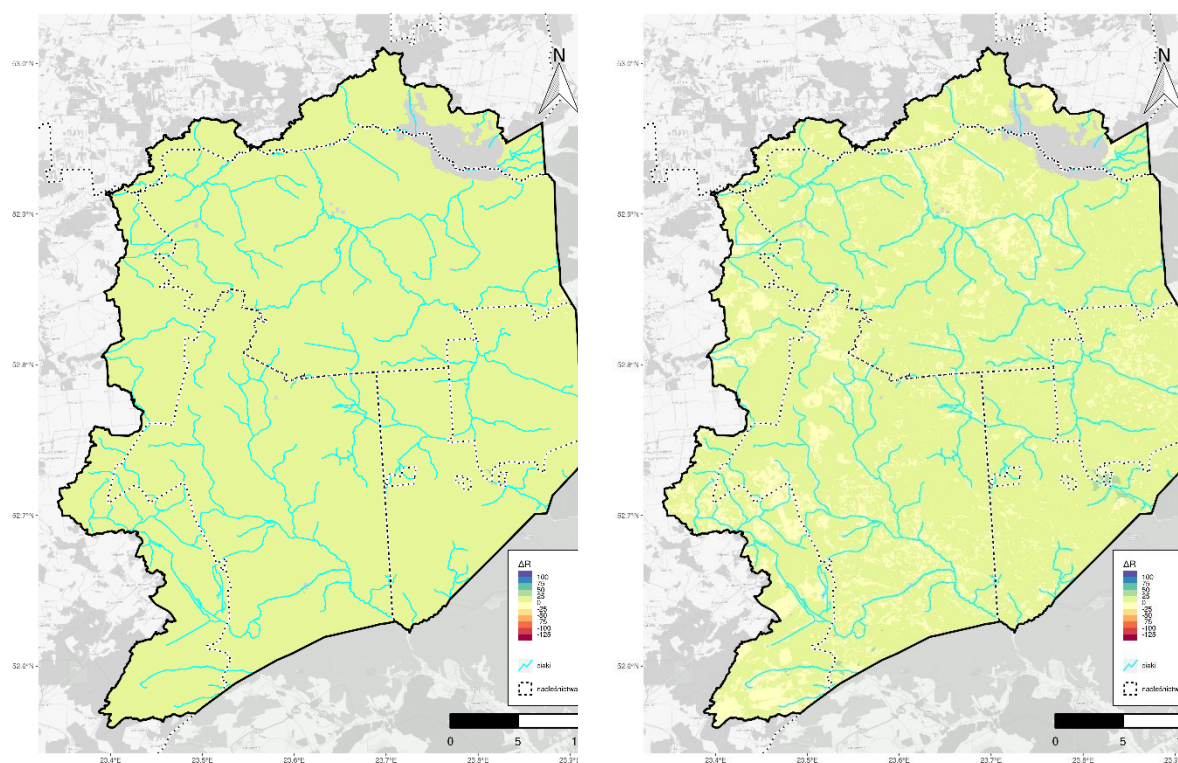
Ryc. 15.80. Zmiana retencji w okresie V (lewy) i VI (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 15.81. Zmiana retencji w okresie VII (lewy) i VIII (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 15.82. Zmiana retencji w okresie IX (lewy) i X (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)

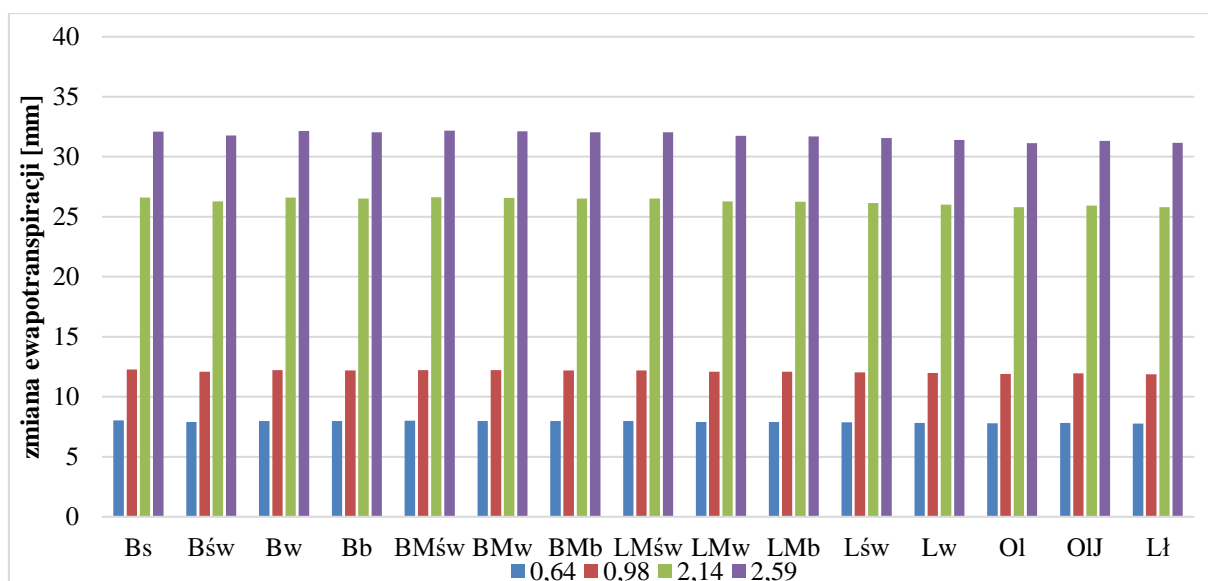


Ryc. 15.83. Zmiana retencji w okresie XI (lewy) i XII (prawy) 2020 badanego terenu (źródło: opracowanie własne)

16. ZAGROŻENIE EKOSYSTEMÓW ZE STRONY ZMIAN WARUNKÓW WODNYCH NA PODSTAWIE ANALIZ PROGNOSTYCZNYCH

W celu określenia zagrożenia ekosystemów leśnych Puszczy Białowieskiej ze strony pogarszających się warunków wodnych, przeprowadzono symulacje bilansu wodnego, w którym założono podwyższenie temperatury powietrza. Badania modelowe przeprowadzono w oparciu o prognozy zmian temperatury powietrza zgodnie z przewidywaniami podanymi w ramach projektu KLIMADA 2.0 (Scenariusze, IOŚ 2020). Wzięto pod uwagę dwa warianty prognoz scenariusza RCP 8.5 (utrzymanie aktualnego tempa wzrostu emisji gazów cieplarnianych, w formule „business as usual”): uśrednione prognozy dla całego obszaru Polski oraz prognozy lokalne dla powiatu hajnowskiego. Analizowano dwa warianty czasowe: rok 2050 i rok 2080. Dla wariantu zmiany średniej temperatury z całej Polski przyjęto odpowiednio wartości 0,64°C (do roku 2050) i o 2,14 °C (do roku 2080). Dla wariantu lokalnego przyjęto odpowiednio średnie wzrosty temperatur o 0,98 °C (do roku 2050) oraz o 2,59 °C (do roku 2080). W symulacjach odjęto przyjętą wartość od wszystkich wartości szeregów czasowych temperatur średnich dziennych ze wszystkich stacji pomiarowych branych pod uwagę przy modelowaniu. Nie brano pod uwagę możliwych zmian innych czynników meteorologicznych, w tym również zmian wynikających z korelacji między tymi czynnikami. Było to założenie konieczne ze względu na duży stopień skomplikowania modelowania wielowymiarowego.

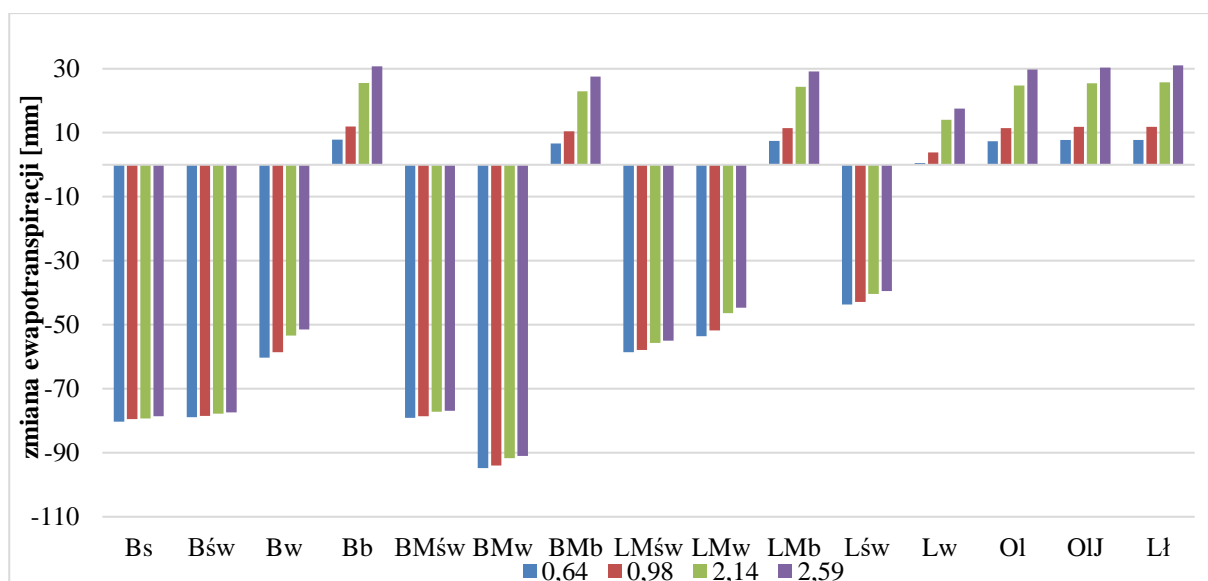
Ocieplenie klimatu (wzrost średniej temperatury powietrza) będzie silnie wpływało na podwyższenie parowania terenowego (ewapotranspiracji). Rozpatrywane cztery prognozy wzrostu średniej temperatury powietrza wskazują, że ewapotranspiracja ekosystemów obliczana bez wpływu ograniczenia dostępności wody w glebie, będzie wykazała roczny wzrost: ok. 7,9 mm w przypadku wzrostu temperatury o 0,64°C, ok. 12,1 mm przy wzroście temp. o 0,98°C, ok. 26,3 mm wraz ze wzrostem temp. o 2,14°C i około 31,8 mm gdy temperatura wzrośnie o 2,54°C (ryc. 16.1). Wzrost parowania terenowego będzie powodował szybszy odpływ wody z gleby, co będzie powodowało zwiększenie okresów niedoboru wody w glebie, co z kolei będzie wpływało na ograniczenie możliwości poboru wody przez roślinność i tym samym będzie dochodziło do zmniejszenia wielkości ewapotranspiracji rzeczywistej.



Ryc. 16.1. Średnie roczne zmiany ewapotranspiracji ekosystemów bez wpływu ograniczenia dostępności wody w glebie w czterech wariantach prognostycznych (źródło: opracowanie własne)

Ograniczenie możliwości ewapotranspiracji powodowane szybszym wyczerpywaniem zasobów wody glebowej będzie skutkowało w przypadku części ekosystemów zmniejszeniem ewapotranspiracji rzeczywistej (ryc. 16.2). Będzie to dotyczyło głównie ekosystemów rozwiniętych na glebach o mniejszych zdolnościach do retencjonowania wody (gleby wytworzone na żwirach i gruboziarnistych piaskach). W przypadku Bs, Bśw i BMśw średnie roczne zmniejszenie parowania rzeczywistego może przekraczać 70 mm rocznie, a w BMw nawet 90 mm rocznie. W przypadku Bw, LMśw, LMw i Lśw ewapotranspiracja zmniejszy się średnio rocznie o nieco mniejsze wielkości. W przypadku siedlisk bagiennych ewapotranspiracja rzeczywista będzie się zwiększała w zależności od zadanej wielkości przyrostu temperatury od około 8 mm rocznie do 30 mm rocznie, czyli wartości będą zbliżone do otrzymanych w przypadku ewapotranspiracji bez uwzględnienia ograniczenia dostępności wody w glebie. Można to uznać za pewien element samoregulacji ekosystemów, ograniczający pogłębianie się deficytu wodnego w bilansie wodnym. Jednak długie okresy braku możliwości pobierania wody przez ekosystemy, a w szczególności przez drzewa, będą zmniejszały ich przyrost i negatywnie wpływały na stan zdrowotny.

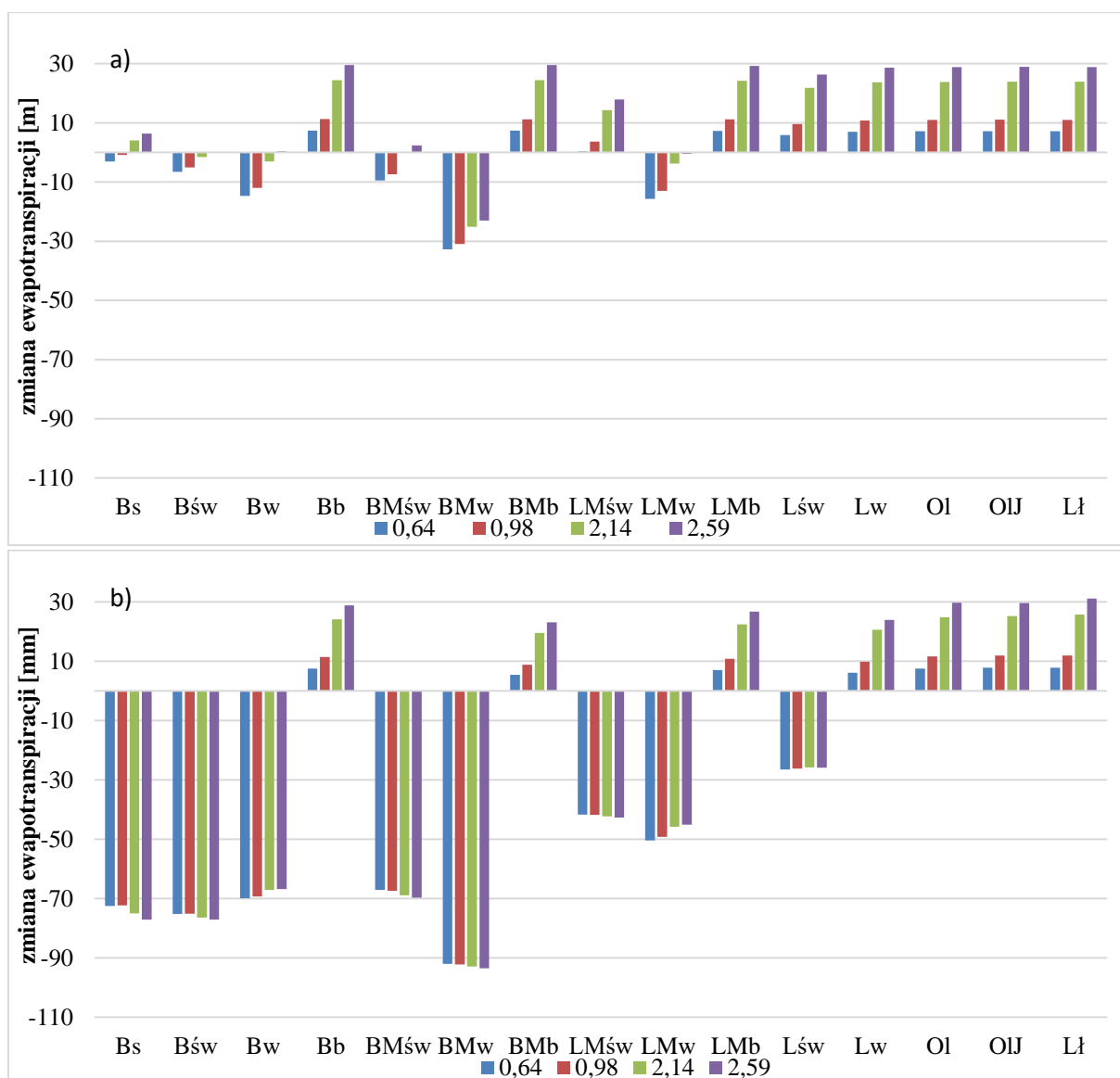
Wielkość rocznej zmiany ewapotranspiracji rzeczywistej będzie zależała od wielkości opadów atmosferycznych. W przypadku lat mokrych (ryc. 16.3 a) efekt ograniczenia dostępności wody w glebie będzie znacznie mniejszy i będzie dotyczył mniejszej liczby ekosystemów. Natomiast w roku suchym (ryc. 16.3 b) zmniejszenie ewapotranspiracji rzeczywistej będzie silnie odczuwalne w siedliskach świeżych i wilgotnych.



Ryc. 16.2. Średnie roczne zmiany ewapotranspiracji rzeczywistej ekosystemów (z uwzględnieniem wpływu ograniczenia dostępności wody w glebie) w czterech wariantach progностycznych (źródło: opracowanie własne)

Zmiana rozchodu wody na ewapotranspirację będzie wpływała na wielkość deficytu wody w glebie. Zmiany retencji w symulacji prognozy zmian klimatu w stosunku do warunków panujących w latach 2017-2020 pokazują, że deficyt wody będzie się zwiększał średnio rocznie w siedliskach wilgotnych i bagiennych (ryc. 16.4):

- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 0,64°C** w Bw o -0,5 mm, w BMw o -0,3 mm, w Bb o -2 mm, w BMb o -1,8 mm, w LMw o -0,8 mm, w LMb o -2 mm, w Lw o -1,9 mm, w Ol o -1,7 mm, w OlJ o -1,9 mm, w Lł o -1,8 mm;
- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 0,98°C** w Bw o -0,7 mm, w BMw o -0,4 mm, w Bb o -3,2 mm, w BMb o -2,8 mm, w LMw o -1,2 mm, w LMb o -2,9 mm, w Lw o -2,9 mm, w Ol o -2,6 mm, w OlJ o -3,0 mm, w Lł o -2,8 mm;
- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 2,14°C** w Bw o -1,6 mm, w BMw o -0,7 mm, w Bb o -6,7 mm, w BMb o -5,7 mm, w LMw o -2,3 mm, w LMb o -6,1 mm, w Lw o -5,9 mm, w Ol o -5,8 mm, w OlJ o -6,5 mm, w Lł o -6,4 mm;
- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 2,59°C** w Bw o -1,8 mm, w BMw o -0,9 mm, w Bb o -8,1 mm, w BMb o -6,8 mm, w LMw o -2,6 mm, w LMb o -7,3 mm, w Lw o -6,8 mm, w Ol o -7,1 mm, w OlJ o -7,7 mm, w Lł o -7,9 mm.

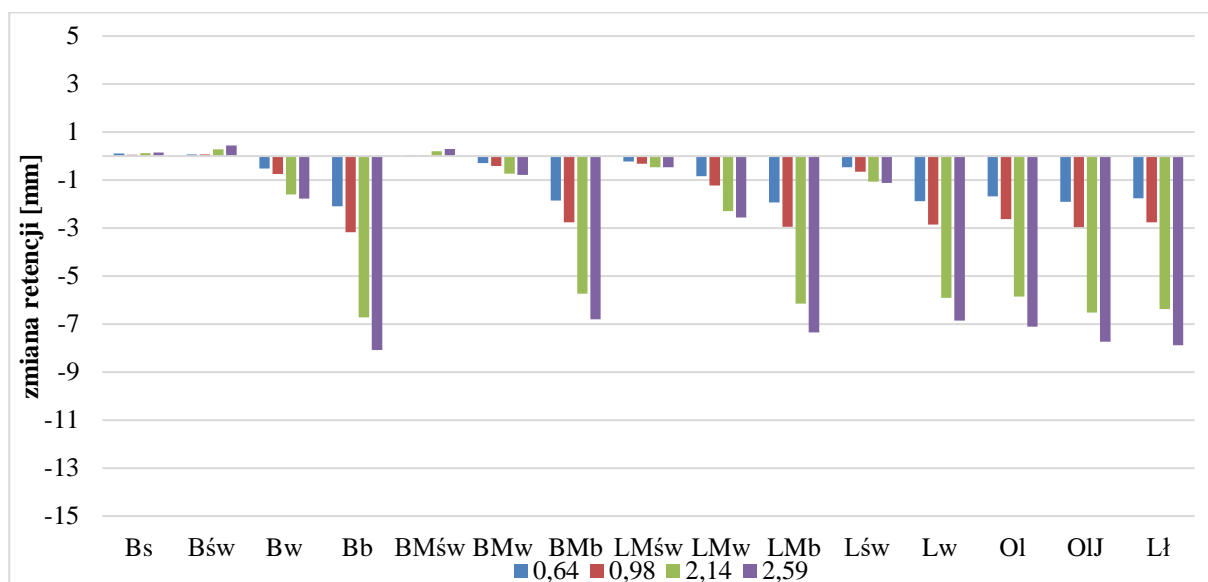


Ryc. 16.3. Średnie roczne zmiany ewapotranspiracji rzeczywistej ekosystemów (z uwzględnieniem wpływu ograniczenia dostępności wody w glebie) w czterech wariantach progностycznych w roku mokrym (a) i roku suchym (b) (źródło: opracowanie własne)

Zmiany retencji w ekosystemach będą silnie zależały od wielkości opadów atmosferycznych. W przypadku lat mokrych retencja będzie się zmieniała minimalnie i osiągała wartości niemal identyczne jak w przypadku braku ocieplania klimatu (ryc.16.5 a). Natomiast w przypadku lat suchych deficyt wody w ekosystemach będzie bardzo zauważalny, szczególnie w siedliskach bagiennych i w lesie wilgotnym, gdzie w zależności od przyjętej prognozy zwiększania temperatury będzie osiągał wartości (ryc. 16.5 b):

- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 0,64°C:** w Bb o -7,4 mm, w BMb o -6,5 mm, w LMb o -6,9 mm, w Lw o -7,0 mm, w Ol o -6,0 mm, w OIJ o -6,9 mm, w Lł o -6,4 mm;
- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 0,98°C:** w Bb o -11,1 mm, w BMb o -9,6 mm, w LMb o -10,5 mm, w Lw o -10,7 mm, w Ol o -9,4 mm, w OIJ o -10,7 mm, w Lł o -10,0 mm;

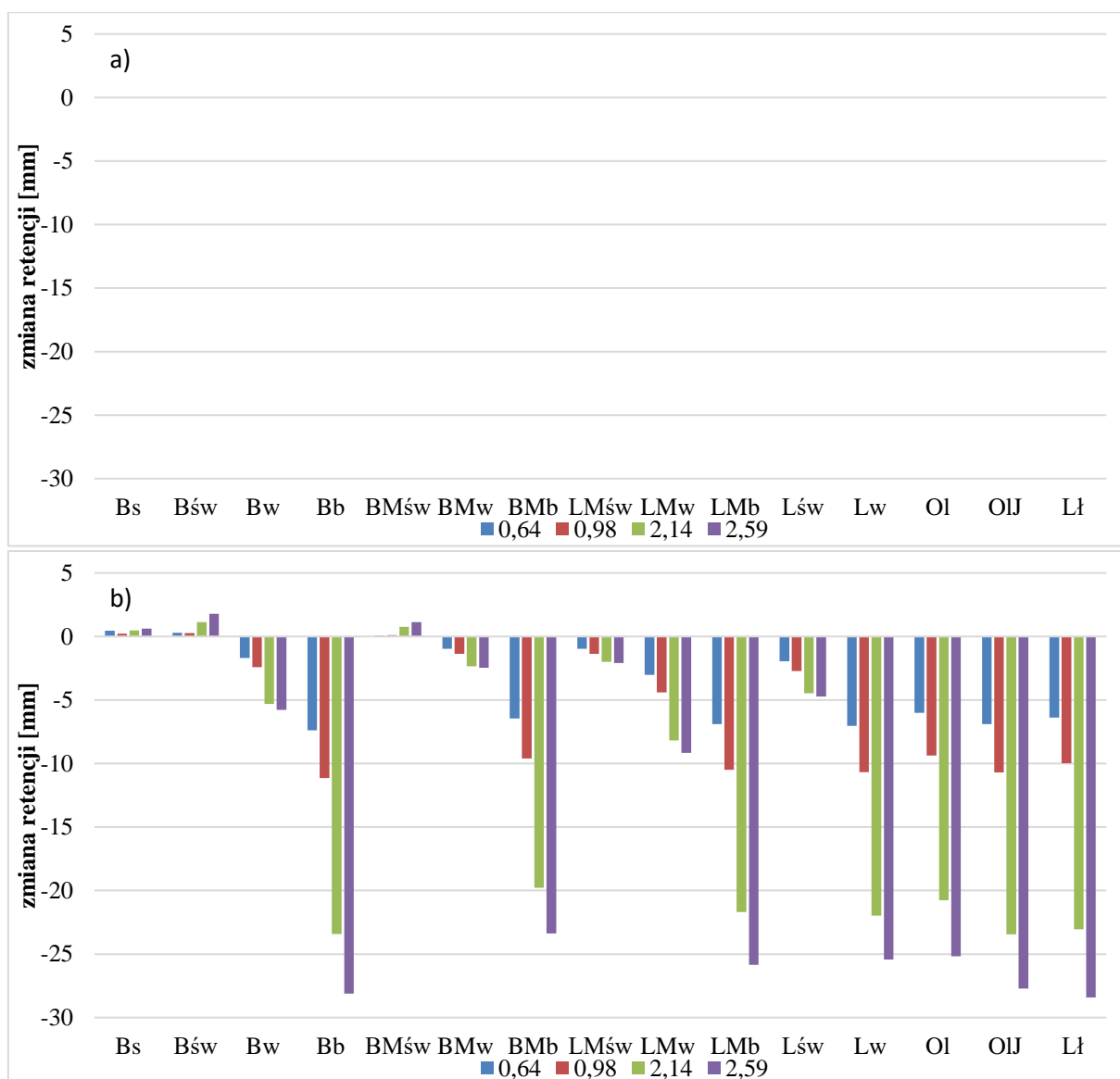
- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 0,98°C:** w Bb o -23,4 mm, w BMb o -19,8 mm, w LMb o -21,7 mm, w Lw o -22,0 mm, w Ol o -20,7 mm, w OIJ o -23,4 mm, w Lł o -23,0 mm;
- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 0,98°C:** w Bb o -28,1 mm, w BMb o -23,4 mm, w LMb o -25,9 mm, w Lw o -25,4 mm, w Ol o -25,2 mm, w OIJ o -27,7 mm, w Lł o -28,4 mm.



Ryc. 16.4. Średnia roczna zmiana retencji ekosystemów Puszczy Białowieskiej w czterech wariantach progностycznych (źródło: opracowanie własne)

Wzrost deficytu wody będzie wpływał na zwiększenie liczby dni z zagrożeniem występowania suszy glebowej. Ze względu na to, że deficyt wody będzie dotyczył głównie siedlisk wilgotnych i bagiennych to właśnie w tych siedliskach zagrożenie suszą zwiększy się najbardziej (ryc. 16.6). W zależności od rozpatrywanej prognozy wzrostu temperatury powietrza zagrożenie suszą glebową wzrośnie średnio o:

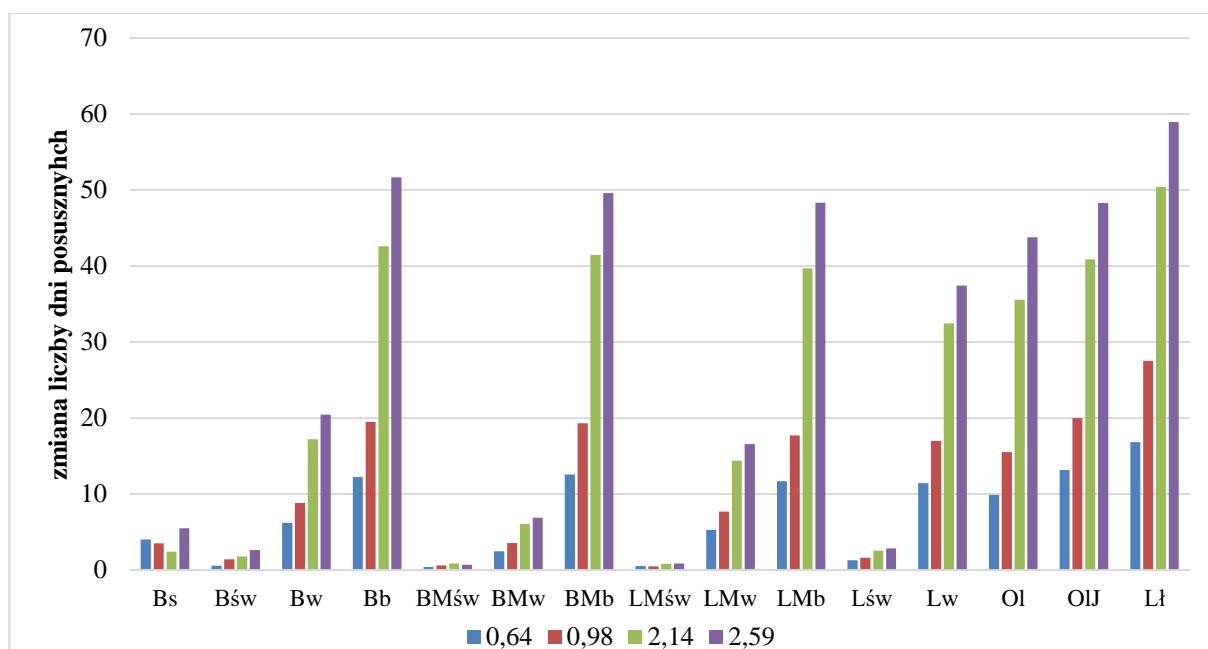
- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 0,64°C** w Bw o 6 dni, w BMw o 2 dni, w Bb o 12 dni, w BMb o 12 dni, w LMw o 5 dni, w LMb o 12 dni, w Lw o 11 dni, w Ol o 10 dni, w OIJ o 13 dni, w Lł o 17;
- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 0,98°C** w Bw o 9 dni, w BMw o 4 dni, w Bb o 19 dni, w BMb o 19 dni, w LMw o 8 dni, w LMb o 18 dni, w Lw o 17 dni, w Ol o 15 dni, w OIJ o 20 dni, w Lł o 27;
- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 2,14°C** w Bw o 17 dni, w BMw o 6 dni, w Bb o 43 dni, w BMb o 41 dni, w LMw o 14 dni, w LMb o 40 dni, w Lw o 33 dni, w Ol o 36 dni, w OIJ o 41 dni, w Lł o 50;
- **w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o 2,59°C** w Bw o 20 dni, w BMw o 7 dni, w Bb o 51 dni, w BMb o 50 dni, w LMw o 16 dni, w LMb o 48 dni, w Lw o 37 dni, w Ol o 44 dni, w OIJ o 48 dni, w Lł o 59.



Ryc. 16.5. Roczna zmiana retencji ekosystemów Puszczy Białowieskiej w czterech wariantach progностycznych w roku mokrym (a) i roku suchym (b) (źródło: opracowanie własne)

Liczba dni zagrożenia suszą znacząco się różni w roku mokrym i suchym pod względem opadów. W roku z dużą ilością opadów zagrożenie ma niewielkie znaczenie (ryc. 16.7 a i 16.7 b), natomiast w roku suchym - w zależności od prognozy wzrostu temperatury - może stanowić okres wręcz katastrofalny dla ekosystemów bagiennych i lasu wilgotnego:

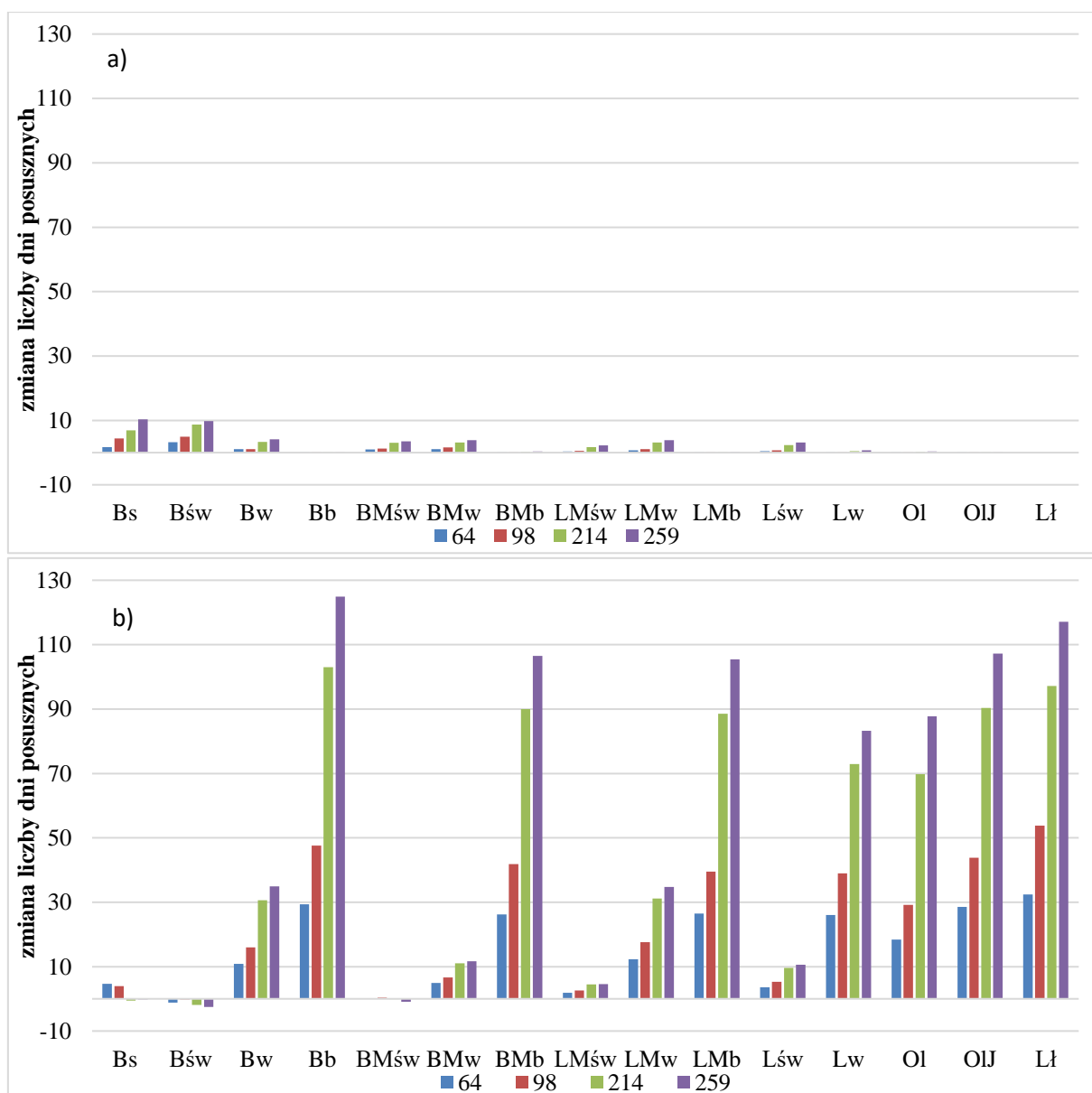
- w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o **0,64°C** w Bb o 29 dni, w BMb o 26 dni, w LMb o 26 dni, w Lw o 26 dni, w Ol o 18 dni, w OlJ o 28 dni, w Lł o 32;
- w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o **0,98°C** w Bb o 48 dni, w BMb o 42 dni, w LMb o 39 dni, w Lw o 39 dni, w Ol o 29 dni, w OlJ o 44 dni, w Lł o 54;
- w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o **2,14°C** w Bb o 103 dni, w BMb o 90 dni, w LMb o 88 dni, w Lw o 73 dni, w Ol o 70 dni, w OlJ o 90 dni, w Lł o 97;
- w prognozie zwiększenia temperatury powietrza o **2,59°C** w Bb o 125 dni, w BMb o 106 dni, w LMb o 105 dni, w Lw o 83 dni, w Ol o 88 dni, w OlJ o 107 dni, w Lł o 117.



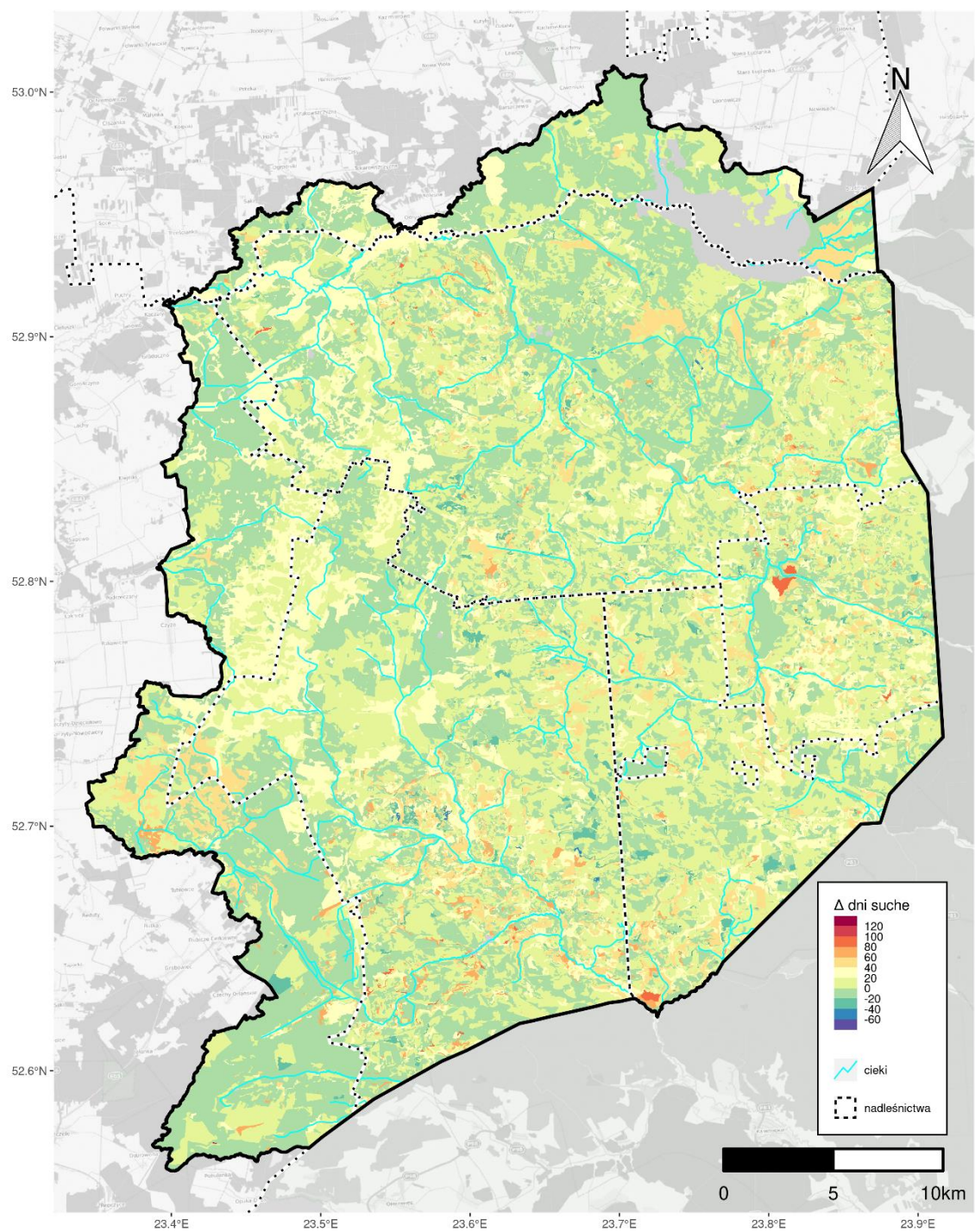
Ryc. 16.6. Średnia roczna zmiana liczby dni zagrożonych suszą w ekstremach Puszczy Białowieskiej wg czterech scenariuszy prognostycznych (źródło: opracowanie własne)

Podsumowanie

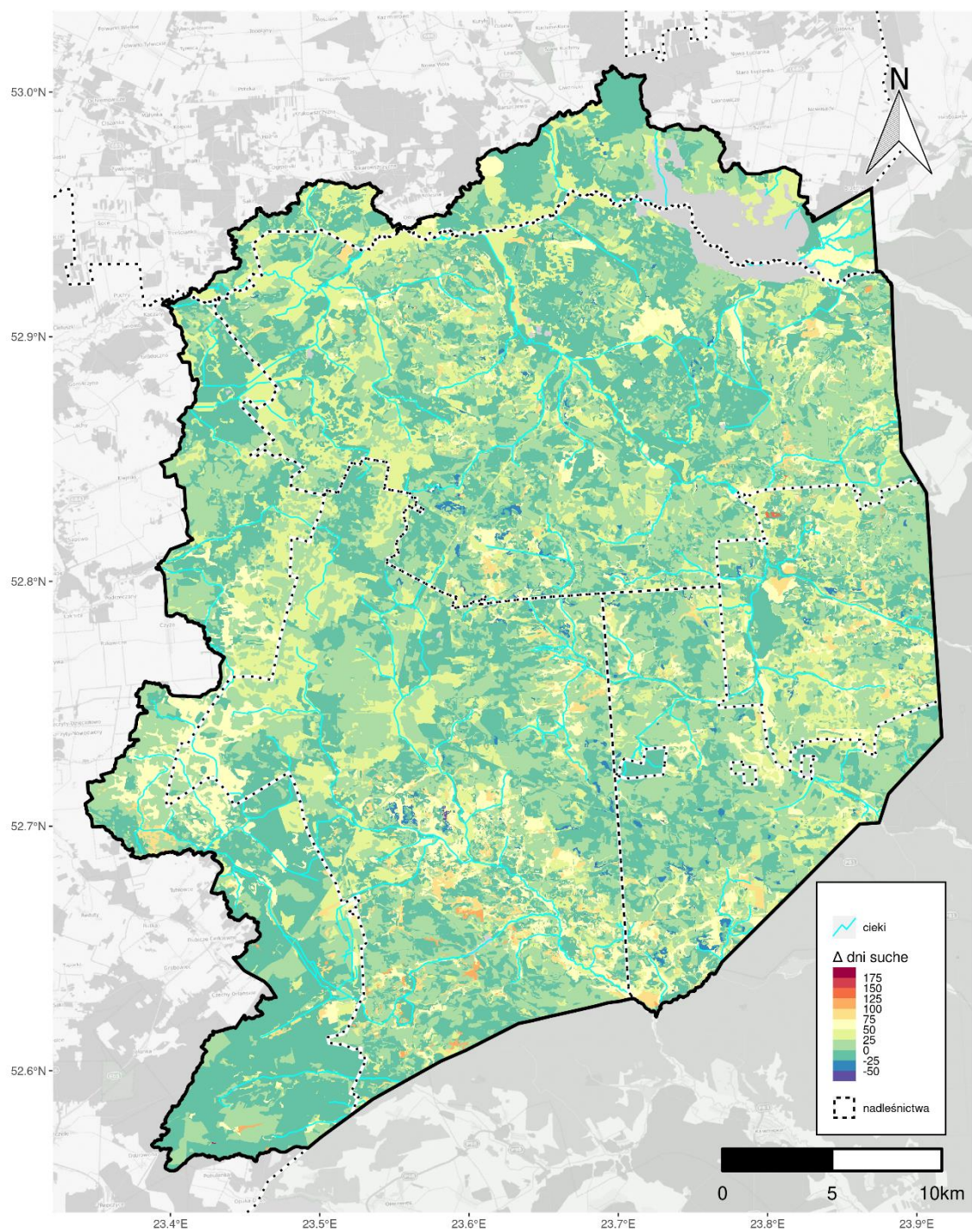
Badania modelowe pokazały, że obecnie panujące warunki już powodują duże zagrożenie siedlisk wilgotnych i bagiennych ze strony niekorzystnych zmian w warunkach wodnych, których kierunek wskazuje na stopniowo narastające zwiększanie niedoborów wody, zwiększanie deficytu wody i wzrost zagrożenia suszą glebową. Modelowanie z uwzględnieniem prognoz zmian klimatu pokazuje, że w tych siedliskach będą następowały znaczące zmiany w warunkach wodnych, które będą się nasilały wraz ze wzrostem średniej temperatury powietrza. Będzie to wpływało na charakter tych siedlisk i dynamiczne przeobrażenia, na skutek których mogą utracić swój bagienny i wilgotny charakter, uzależniony od dużych zasobów wodnych. Należy pamiętać, że siedliska te kształtowały się w bardzo długim okresie czasu - w przypadku borów bagiennych nawet kilka tysięcy lat, co dokumentują liczne badania palinologiczne. Na rycinach 16.8–16.11 zobrazowano przestrzenne zróżnicowanie zmiany zagrożenia suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej w stosunku do suchego roku 2020. Na podstawie niniejszych analiz można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że zagrożenie dla warunków wodnych w siedliskach znacznie wzrośnie w zlewni rzek: Leśnej, Perebłą, Braszczu, Sierotki, w górnych fragmentach zlewni Łutowni, w Puszczy Lackiej oraz na znacznych obszarach Białowieskiego PN.



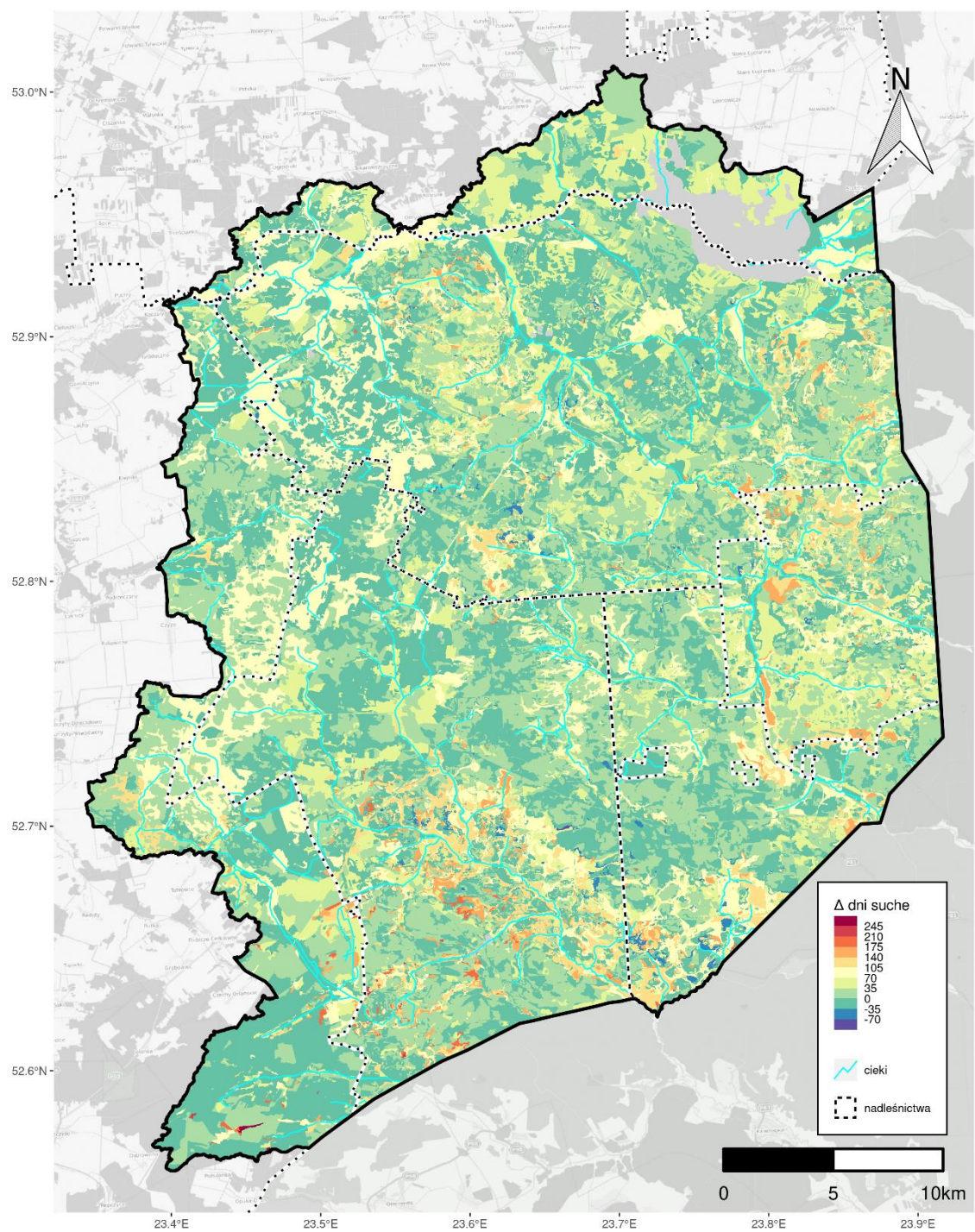
Ryc. 16.7. Roczna zmiana liczby dni zagrożonych suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej w czterech wariantach progностycznych w roku mokrym (a) i roku suchym (b) (źródło: opracowanie własne)



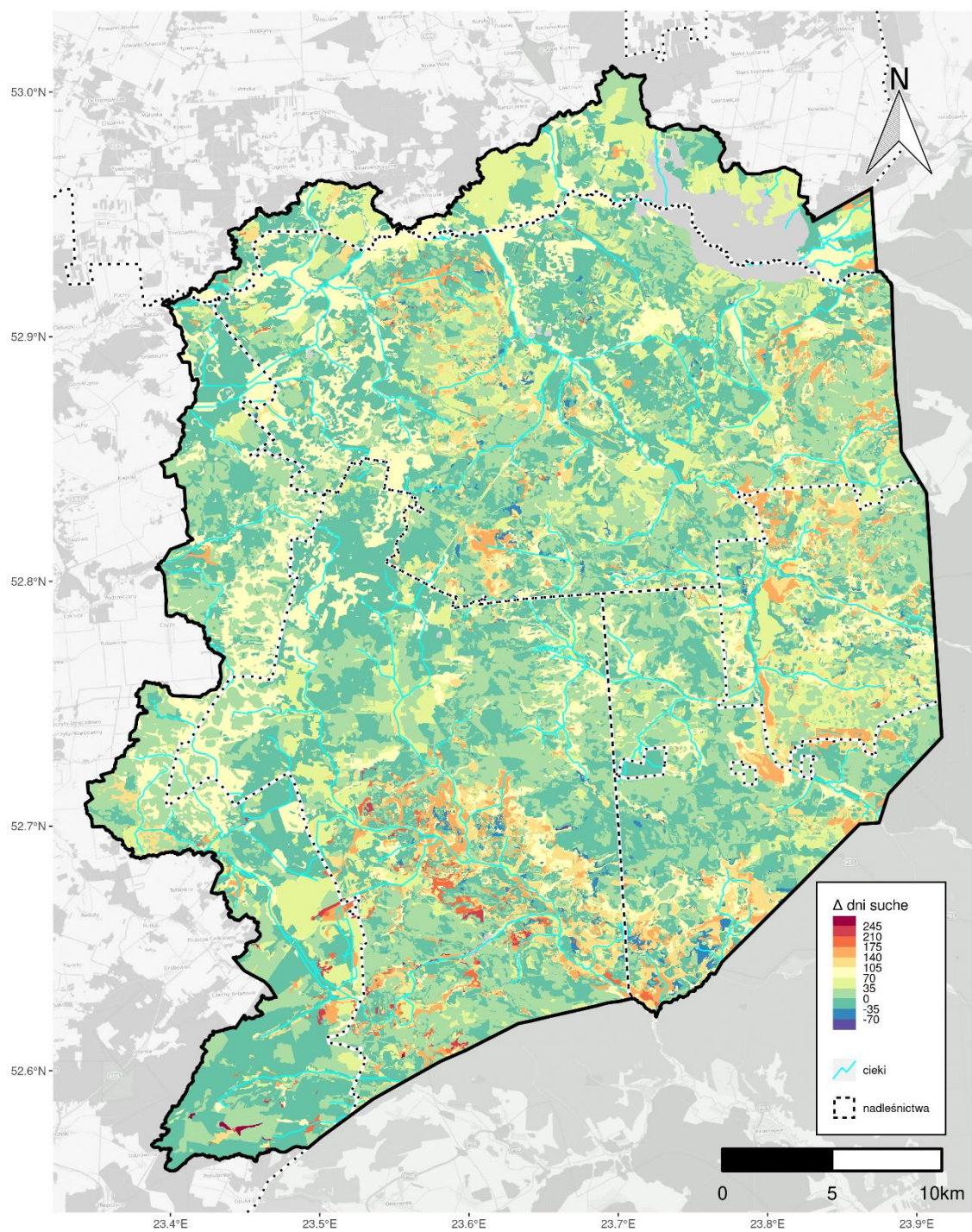
Ryc. 16.8. Wzrost liczby dni zagrożenia suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej przy wzroście temperatury o 0,64°C (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 16.9. Wzrost liczby dni zagrożenia suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej przy wzroście temperatury o 0,98°C (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 16.10. Wzrost liczby dni zagrożenia suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej przy wzroście temperatury o 2,14°C (źródło: opracowanie własne)



Ryc. 16.11. Wzrost liczby dni zagrożenia suszą w ekosystemach Puszczy Białowieskiej przy wzroście temperatury o 2,59°C (źródło: opracowanie własne)

17. PROPONOWANY ZAKRES I PILNOŚĆ DZIAŁAŃ ORAZ SZACUNKOWE KOSZTY

Obieg wody w kompleksach leśnych jest bardzo złożony. Duże zdolności retencyjne ekosystemów leśnych są główną cechą różniącą obieg wody w lesie w porównaniu z terenami rolniczymi. Intercepcja, retencja ściółki leśnej oraz stosunkowo duża przepuszczalność gleb leśnych umożliwiają zatrzymanie części opadu i zamianę spływów powierzchniowych na odpływ gruntowy. Dzięki temu las zwiększa zasoby wód podziemnych i jednocześnie wpływa na zmniejszanie i przesuwanie w czasie fal wezbraniowych w rzekach ograniczając zagrożenie powodziowe. Jako ważną rolę lasu uznaje się również zasilanie cieków wodnych poprzez dopływ podziemny w okresach susz klimatycznych. Przepływy wody w ciekach wypływających z obszarów leśnych są wówczas znacznie większe od przepływów w ciekach płynących przez zlewnie rolnicze (Tysza 2008).

Stopień skomplikowania systemu obiegu wody w lesie wynika z jego złożoności i wzrasta wraz ze stopniem naturalności i związaną z nią różnorodnością biologiczną. Ma to przyczynę w mnogości relacji pomiędzy leśną biocenozą a biotopem, liczbą i stopniem wypełnienia nisz ekologicznych, gatunków flory i fauny oraz ciągłością naturalnych procesów glebowych w mało przekształconych zlewniach leśnych.

Badania ankietowe przeprowadzone w Lasach Państwowych przez IBL już w 2009 roku wykazały, że we wszystkich nadleśnictwach lasów nizinnych występują objawy braku wody (Pierzgański 2012). W związku z powyższym oraz tym, że woda stanowi jeden z najcenniejszych zasobów jakim dysponujemy i możemy racjonalnie zarządzać - gospodarowanie zasobami wodnymi terenów leśnych musi obejmować szerokie lecz specyficzne spektrum działań, precyzyjnie dobrane do potrzeb konkretnego obszaru leśnego. Inne bowiem co do rodzaju i rozmiaru zaburzenia obiegu wody występują w stosunkowo małych fragmentach lasu a inne w dużych, dobrze zachowanych kompleksach o puszczańskim charakterze.

W przypadku obszaru modelowego jakim jest Puszcza Białowieska, o wybitnie wysokich walorach przyrodniczych i względnie wysokim stopniu zachowania naturalnego obiegu wody, w planowaniu aktywności należy się kierować zasadą przezorności a w działaniach szukać wzorców, które podsuwa nam przyroda. Jednocześnie, ze względu na wysoką wrażliwość zagrożonych ekosystemów oraz tempo zaburzeń należy bezzwłocznie przystąpić do poprawy warunków ich zasilania wodnego.

Proponowane w opracowaniu działania obejmują głównie zwiększenie retencji glebowej i topograficznej siedlisk, w tym siedlisk przyrodniczych Natura 2000 i składowych OUV OŚD poprzez:

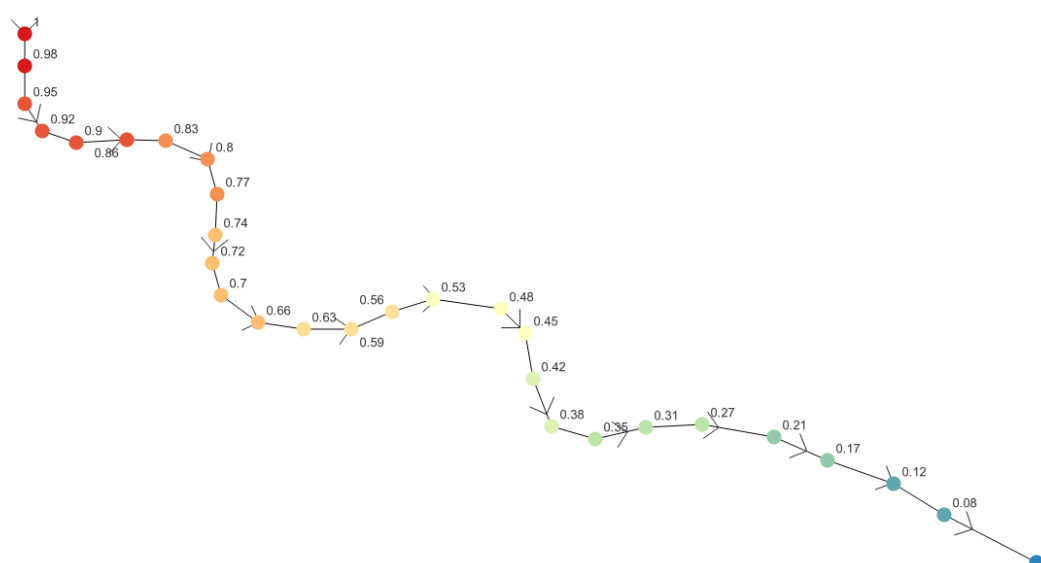
- **spowalnianie powierzchniowego odpływu wód z wykorzystaniem metod naśladujących procesy naturalne,**
- **zachowanie w odpowiednim stanie istniejących i niezbędnych urządzeń infrastruktury wodnej,**
- **realizację nowych inwestycji z zakresu urządzeń wodnych, koniecznych do utrzymania ciągłości cieków okresowych (głównie przepustów).**

17.1. Zwiększenie retencji glebowej i krajobrazowej

Ze względu na pilność poprawy warunków wodnych w Puszczy Białowieskiej podnoszoną przez naukowców, administrację leśną, przedstawicieli UNESCO, organizacje pozarządowe i innych interesariuszy oraz konieczność osiągnięcia dobrych rezultatów w wielu zlewniach elementarnych jednocześnie (efekt skali) zaproponowano, aby aktywne działania związane ze zwiększeniem retencji glebowej były w pierwszej kolejności adresowane do cieków o charakterze okresowym. Za takim podejściem przemawiają dwa argumenty: pierwszy z nich to fakt, iż działania na ciekach okresowych niosą ze sobą minimalne ryzyko środowiskowe, znacznie niższe niż inne popularne działania retencyjne. Drugim ważnym argumentem jest efekt skali, jaki powoduje 45% udział cieków okresowych w sieci hydrograficznej obszaru. Stanowi to duży front do działań, zapewniający stosunkowo szybkie efekty.

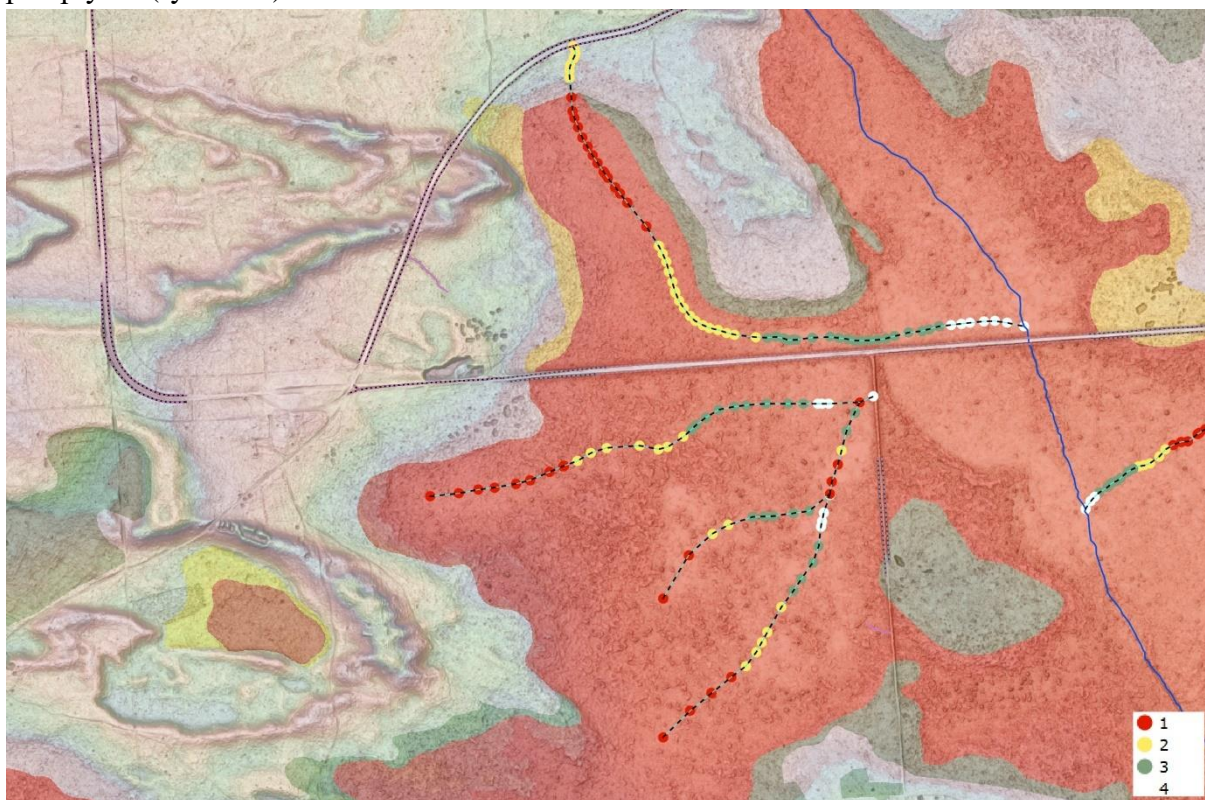
W opracowaniu zastosowano analizę wielokryterialną AHP (rozdz. 14), która w sposób statystyczny dokonała waloryzacji badanego obszaru ze względu na pilność działań na poziomie zlewni elementarnej. Wyniki tej analizy przeniesiono następnie na konkretne odcinki cieków okresowych (OCO), wskazując odcinek początkowy i kierunek postępu realizacji działań w kolejnych etapach.

W pierwszej kolejności, zgodnie z zasadą „zatrzymaj wodę tam, gdzie pada”, odpływ powierzchniowy powinien być spowalniany w pobliżu lokalnego wododziału, w niewielkiej odległości od miejsca wysięgu wód cieku okresowego. Natężenie działań powinno maleć wzdłuż cieku wraz z odległością od tej strefy. Na potrzeby wykonania dokładnych map planowanego postępu działań dla każdego z odcinków cieku ustalono gradient pilności działań od 1 (punkt położony najwyżej na DTM, stanowiący początek cieku okresowego) do 0 (punkt ujścia cieku okresowego do innego odbiornika) (Ryc. 17.1). Następnie dla każdego węzła OCO wyznaczono ocenę pilności działania jako iloczyn wskaźnika pilności i sumarycznej oceny w obiekcie podstawowym, wyznaczonej przy pomocy analizy AHP.



Ryc. 17.1. Schematyczny przykład ustalania kolejności i pilności działań w węzłach OCO, groty strzałek oznaczają kierunek spływu cieku (źródło: opracowanie własne)

Dało to podstawę do zaklasyfikowania węzłów OCO do 4 priorytetów pilności działań hydrologicznych (I – działania pilne, pierwszej kolejności, IV – działania mało pilne, ostatniej kolejności) (tab. 17.1). Wyniki tej analizy uwzględniają rezultaty waloryzacji AHP dla płatów siedlisk i dodatkowo dają możliwość podejmowania decyzji w zakresie rozmiaru działań w konkretnej zlewni elementarnej i na konkretnym cieku okresowym, a nawet jego odcinku, w zależności od warunków terenowych lub dostępności *in-situ* materiału do blokowania przepływu (ryc. 17.2).



Ryc. 17.2. Przykład klasyfikacji węzłów OCO w zakresie pilności prowadzenia działań (źródło: opracowanie własne)

Tab. 17.1. Zestawienie liczebności węzłów OCO zaklasyfikowanych do priorytetów działań hydrologicznych w nadleśnictwach LKP PB i BPN (źródło: opracowanie własne)

Priorytet	Białowieża	Hajnówka	Browsk	BPN	Suma
I	6717	12255	16410	6819	42201
II	6474	12428	23406	10252	52560
III	6406	13114	24288	11141	54949
IV	2895	6053	11000	4515	24463
Suma	22492	43850	75104	32727	174173

Z powyższego zestawienia wynika, iż blisko 25% węzłów OCO obejmuje górne odcinki cieków okresowych, na których zakłada się prowadzenie działań hydrologicznych w pierwszej kolejności. Najwięcej takich obiektów znajduje się na terenie Nadleśnictwa Browsk (9,42% wszystkich węzłów OCO), następnie w Nadleśnictwie Hajnówka (7,04%), w BPN (3,92%) i w Nadleśnictwie Białowieża (3,86%).

Działania na ciekach okresowych spowodują bezpośrednie i pośrednie zwiększenie retencji gleb będących w zasięgu oddziaływania cieku. Dotyczy to wszystkich typów gleb, również mineralnych, nawet tych związanych z siedliskami świeżymi, zwłaszcza gdy porastające je drzewostany korzystają z płytkich poziomów wód gruntowych. Woda w zasięgu korzeni okresowo znajduje się również na siedliskach silnie świeżych. Duże znaczenie ma również efekt podsiąkania kapilarnego wody, a zwłaszcza na glebach wytworzonych z drobnych frakcji. W ramach analizy wyliczono, że wszystkie płaty siedlisk pozostające w bezpośrednim oddziaływaniu fragmentów OCO z najwyższym priorytetem I są w stanie zretencjonować do 68 mln m³ wody w profilu gleby i drobnych, lokalnych zagłębieniach terenowych, co jest wielkością porównywalną z maksymalną pojemnością Zbiornika Siemianówka.

Proponuje się aby do działań polegających na spowolnieniu odpływu powierzchniowego stosować materiały naturalnie występujące w bezpośredniej okolicy miejsca, którego działania dotyczą. Najlepiej w tym celu wykorzystać drewno martwe nadmiarowe w siedlisku, nierozłożone i niezasiedlone (szczególnie twardych gatunków liściastych, choć nie wyłącznie) i/lub kamienie, jeśli nie stanowią przedmiotu ochrony (eratyki, głazy będące artefaktami archeologicznymi) lub nie są siedliskiem chronionych gatunków (np. porostów). W wyjątkowych przypadkach dopuszcza się transport materiału z większych odległości, jednak z zachowaniem wszelkich reguł ochrony przyrody i zasady przestrogi. Spowolnienie odpływu wód powierzchniowych w ciekach okresowych można uzyskać poprzez umieszczanie fragmentów drewna (odcinki o różnej długości) i kamieni w postaci małego wału o osi zorientowanej w kierunku prostopadłym do osi cieku. Należy pamiętać, że celem nie jest piętrzenie wody a jedynie wyhamowanie jej biegu tak, by niesione z nią a następnie wytrącone na przegrodzie osady uległy sedymentacji i ją uszczelniły. Wysokość przeszkody/podpiętrzenia nie powinna przekraczać przeciętnej wysokości obiektów naturalnych spotykanych na ciekach w najbliższej okolicy. Podczas prac terenowych obserwowano naturalnie powstałe obiekty o wysokości do dwóch średnic przeciętnej kłody lub jej fragmentu (ryc. 17.3).

W ramach analizy AHP uwzględniono również wskaźnik dostępności drewna *in-situ* według danych interpolowanych z pomiarów na powierzchniach kołowych z lat 2017-2018, jednak należy wziąć pod uwagę, że obejmuje on również drewno martwe o dużym stopniu rozkładu. Z wielu powodów, również ekologicznych, drewno takie nie nadaje się do realizacji omawianych działań. Jednoznaczne wskazanie ilości drewna jaką należy wyłożyć na konkretnym cieku, by uzyskać pożądaną efekt, jest zadaniem trudnym i właściwie niekoniecznym. W zasadzie każda sytuacja terenowa powinna być rozpatrywana indywidualnie, gdyż ilości materiału potrzebnego do budowy przegród determinowane są wieloma lokalnymi czynnikami tj.:

- dostępność drewna leżącego i stojącego w różnych stopniach rozkładu (i możliwego do wykorzystania),
- nachylenie terenu – w zależności od niego lokalne efekty działań mogą być bardzo różne w zależności od wysokości przetamowania - przy mniejszych nachyleniach skuteczność działań będzie większa, zatem działania wymagają mniejszych podpiętrzeń i mniej materiału,
- obecność naturalnych, powstałych samorzutnie przetamowań, co zmniejsza zapotrzebowanie na materiał do budowy kolejnych.

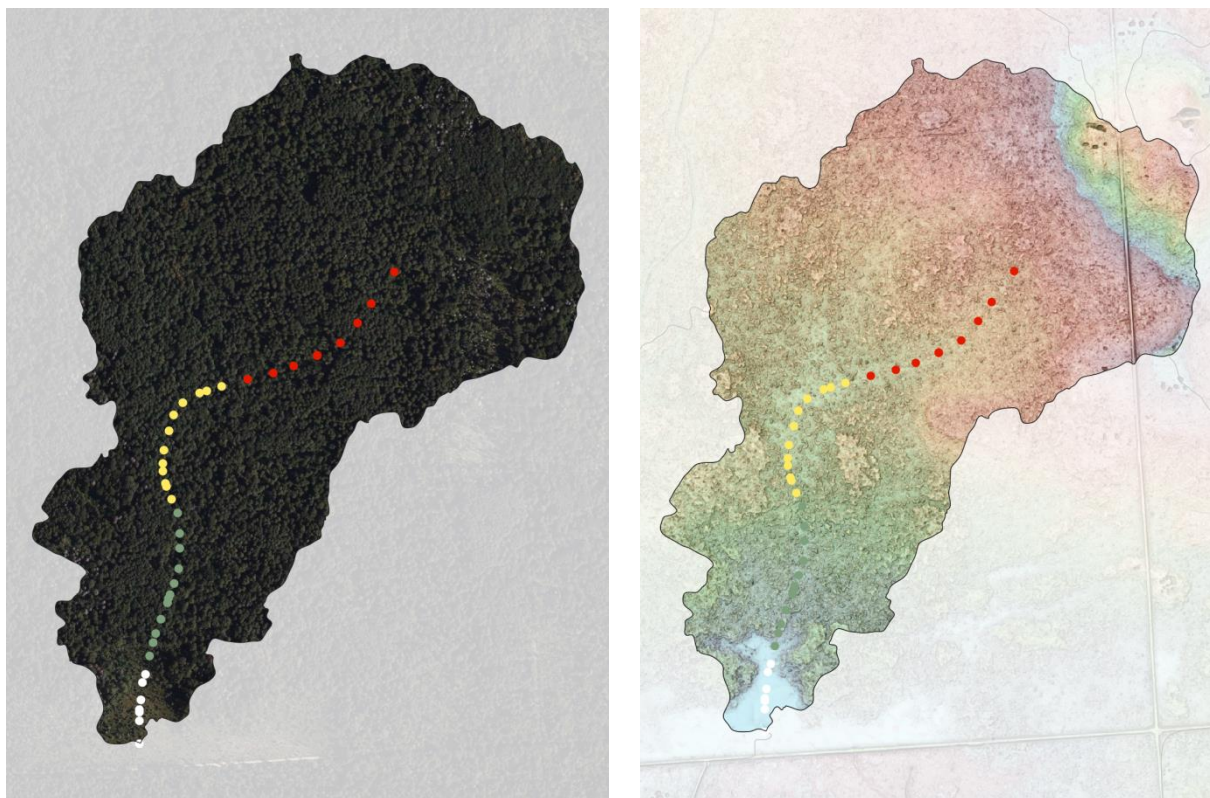


Ryc. 17.3. Przykład naturalnych przegród z kłody jesionowej i olchowej oraz poniżej - oczekiwane rezultaty proponowanych działań (źródło: BULiGL)

Jak już wspomniano zaleca się, aby wykładanie przeszkód rozpocząć nieco poniżej (ok. 10-20 m) od najwyższej położonego punktu na cieku okresowym (weryfikacja przy pomocy mapy pilności działań) i zadania te realizować w kierunku ujścia cieku do odbiornika. Działania należy prowadzić bardziej intensywnie na ciekach epizodycznych o rzędowości 1 (wg klasyfikacji cieków Strahlera). W przypadku, gdy odcinek cieku okresowego o tym rzędzie nie jest dostatecznej długości (do kilku metrów) zaleca się wówczas koncentrację działań w górnym biegu cieku o kolejnym rzędzie np. 2 lub 3, tak by zmaksymalizować efekt wyhamowania odpływu i zwiększenia retencji w najbliższych płatach siedlisk. Na poniższym rysunku (ryc. 17.4) pokazano jedną ze zlewni elementarnych wytypowaną za pomocą metody AHP jako obiekt o najwyższym priorytecie do działań. Na tym przykładzie ukazano schematycznie w ujęciu punktowym strefy cieków okresowych zakolorowanych ze względu na kolejność działań. Kolor czerwony stanowi strefę początkową, gdzie należy w pierwszej kolejności wyhamować spływ powierzchniowy. Kolejne pokolorowane strefy mają stoniowo malejące znaczenie dla efektywności opisywanych działań, choć o tym zawsze powinien decydować lokalny rozkład przestrzenny siedlisk. Na poniższym rysunku widać, iż praktycznie cała strefa biała obejmuje odcinek cieku okresowego stanowiącego rozlewisko wód przy nasypie drogowym (spowodowane przez piętrzenie wody na bystrotoku zlokalizowanym od północnej strony nasypu). Powstałe w ten sposób spiętrzenie wody powoduje brak potrzeby lokalizacji dodatkowych piętrzeń w strefie białej i zielonej. Wskazuje również na potrzebę ich intensyfikację w strefie czerwonej i częściowo w żółtej, tak aby móc zatrzymać wody opadowe możliwie najbliżej wododziału/strefy wysięku wód i uniknąć kumulacji spływu przy nasypie drogowym, co często skutkuje jego uszkodzeniem.

Proponowane działania odznaczają się stosunkowo niskim ryzykiem przyrodniczym ze względu na naturalny lub wzorowany na naturze charakter tych aktywności, niemniej jednak podczas ich realizacji zaleca się przestrzeganie wszystkich zasad mitygujących negatywny wpływ na środowisko (np. realizacja działań poza okresem lęgowym ptaków). Wydaje się, że najlepszym okresem do planowania i realizacji działań w terenie jest okres późnej jesieni-zimy i przedwiośnia, gdy cieki epizodyczne są dobrze widoczne w terenie. W przypadku obszarów o przewadze siedlisk bagiennych i silnie wilgotnych najlepszym okresem będzie zima - czas mrozów i lepszej dostępności terenu.

W niniejszym opracowaniu nie podjęto próby kosztorysowania tego typu działań, ze względu na indywidualny charakter każdego z nich oraz brak katalogów cen jednostkowych na tego typu usługi. Jednak poprzez analogię do innych działań tego typu można założyć, że koszt dla pojedynczego piętrzenia nie powinien być wyższy, niż koszt czyszczenia istniejącego przepustu.



Ryc. 17.4. Schemat kolejności działań na cieku okresowym (od czerwonego do białego) na obszarze przykładowej zlewni elementarnej (źródło: opracowanie własne)

17.2. Utrzymanie i konserwacja istniejących urządzeń wodnych

Konkretnym typem działań jakie można zaplanować w celu zapewnienia swobodnego obiegu wody jest utrzymanie w odpowiednim stanie urządzeń wodnych, w szczególności przepustów służących przepływowi wody przez nasyp drogowy lub kolejowy. Nasypy drogowe stanowią budowle ograniczające lub blokujące powierzchniowy odpływ wód, dlatego zlokalizowane na nich przepusty powinny charakteryzować się odpowiednimi parametrami wytrzymałościowymi (materiał) i technicznymi/hydraulicznymi (średnica), jak również powinny być utrzymane we właściwym stanie. W trakcie terenowych prac inwentaryzacyjnych urządzeniom wodnym, o stanie technicznym odmiennym od docelowego (zakładającego stan dobry ze wskazówką „bieżące utrzymanie”) przyporządkowano wytyczne dotyczące rodzaju prac utrzymaniowych/remontowych.

Jak wynika z poniższego zestawienia (tab. 17.2), istnieje duża grupa obiektów wodnych (ok. 36 %) wymagająca zaplanowania konkretnych działań modernizacyjnych. Wśród tych działań wskazano wykonanie czyszczeń rowów w okolicy przepustów (3,44%), udroźnienie (18,00%), jak również remont urządzeń (15,02%). W pozostałych przypadkach zalecono działania polegające na bieżącym utrzymaniu stanu. Warto w ramach tej kategorii wyróżnić urządzenia wodne z zaleceniem „utrzymanie bieżące i monitoring” w liczbie 89 sztuk (13,93%), obejmujące urządzenia w stanie średnim i rokujące zmianę stanu w kierunku złego, przy założeniu zaniechania działań konserwacyjnych. Szczegółowe zestawienie typów i liczby urządzeń wodnych w odniesieniu do konkretnych wskazań i zasięgów administracyjnych jednostek LP i BPN zestawiono w kolejnych tabelach (17.3-17.6). Z zestawień wynika, iż

największy udział urządzeń wodnych niewymagających zabiegów (bieżące utrzymanie, monitoring) występuje na terenie Nadleśnictwa Browsk (73%). W dalszej kolejności plasują się Nadleśnictwo Białowieża i BPN, gdzie około 67% urządzeń nie wymaga planowania pilnych działań modernizacyjnych, a jedynie monitoring. Trudniejsza sytuacja pod tym względem występuje w Nadleśnictwie Hajnówka, gdzie ponad połowa (52%) urządzeń ma zaplanowane działania modernizacyjne.

Tab. 17.2. Zestawienie liczba urządzeń wodnych wraz z określeniem zaleceń na gruntach Nadleśnictw Białowieża, Browsk, Hajnówka i BPN (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Czyszczenie rowów [szt.]	Remont [szt.]	Udrożnienie [szt.]	Utrzymanie bieżące [szt.]	Utrzymanie bieżące i monitoring [szt.]	Suma [szt.]
bród	0	0	0	3	0	3
bystrotok	0	3	3	11	30	47
jaz	0	0	0	1	0	1
kładka	0	0	0	1	0	1
most	0	4	0	11	5	20
mostek	0	0	0	6	0	6
przep. oku2	0	2	1	31	3	37
przep. oku3	0	0	0	2	1	3
przepust	22	86	109	248	50	515
przepust z piętrz.	0	0	2	1	0	3
zastawka	0	1	0	2	0	3
Suma	22	96	115	317	89	639

Tab. 17.3. Zestawienie liczby urządzeń wodnych z przypisanymi zaleceniami na gruntach Nadleśnictwa Białowieża (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Remont [szt.]	Udrożnienie [szt.]	Utrzymanie bieżące [szt.]	Utrzymanie bieżące i monitoring [szt.]	Suma [szt.]
bystrotok	0	3	0	7	10
most	2	0	3	3	8
przep. oku2	0	0	4	1	5
przep. oku3	0	0	1	0	1
przepust	10	31	62	16	119
przepust z piętrz.	0	1	0	0	1
Suma	12	35	70	27	144

Tab. 17.4. Zestawienie liczby urządzeń wodnych z przypisanymi zaleceniami na gruntach Nadleśnictwa Browsk (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Remont [szt.]	Udrożnienie [szt.]	Utrzymanie bieżące [szt.]	Utrzymanie bieżące i monitoring [szt.]	Suma [szt.]
bród	0	0	3	0	3
bystrotok	0	0	9	12	21
most	0	0	1	1	2
przep. oku2	1	0	6	1	8
przep. oku3	0	0	1	1	2
przepust	22	27	84	17	150
przepust z piętrz.	0	1	0	0	1
zastawka	0	0	2	0	2
Suma	23	28	106	32	189

Tab. 17.5. Zestawienie liczby urządzeń wodnych z przypisanymi zaleceniami na gruntach Nadleśnictwa Hajnówka (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Remont [szt.]	Udrożnienie [szt.]	Utrzymanie bieżące [szt.]	Utrzymanie bieżące i monitoring [szt.]	Suma [szt.]
bystrotok	3	0	2	11	16
inny	0	0	0	0	0
jaz	0	0	1	0	1
most	2	0	7	1	10
przep. oku2	0	1	9	1	11
przepust	41	49	44	16	150
przepust z piętrz.	0	0	1	0	1
zastawka	1	0	0	0	1
Suma	47	50	64	29	190

Tab. 17.6. Zestawienie liczby urządzeń wodnych z przypisanymi zaleceniami na gruntach BPN (źródło: opracowanie własne)

Typ urządzenia	Czyszczenie rowów [szt.]	Remont [szt.]	Udrożnienie [szt.]	Utrzymanie bieżące [szt.]	Utrzymanie bieżące i monitoring [szt.]	Suma [szt.]
jaz	0	0	0	0	0	0
kładka	0	0	0	1	0	1
most	0	0	0	0	0	0
mostek	0	0	0	6	0	6
przep. oku2	0	1	0	12	0	13
przepust	22	13	2	58	1	96
Suma	22	14	2	77	1	116

Konieczność przeprowadzania niezbędnych remontów i modernizacji wiąże się z dwiema kwestiami – kosztami oraz harmonogramem realizacji prac. Przygotowanie pełnego kosztorysu i harmonogramu prac modernizacyjnych wybiega szeroko poza zakres niniejszego opracowania, niemniej jednak podjęto próbę ustalenia potencjalnych kosztów związanych z udrożnieniem przepustów w zależności o stopnia zamulenia i długości obiektu.

W poniższym zestawieniu (tab. 17.7) przedstawiono szacunkowe koszty związane z udrożnieniem przepustów. Przepusty podzielono na dwie grupy: częściowo drożne i niedrożne. Na potrzeby obliczeń uśredniono wielkość średnicy przepustu, natomiast długość pomierzono z dokładnością 0,5 m z numerycznego modelu terenu (DTM).

Tab. 17.7. Zestawienie szacowanych kosztów związanych z udrożnieniem przepustów (źródło: opracowanie własne)

Pozycja KNR	Opis czynności wg KNR	Jednostka miary	Ilość	Cena [zł]	Wartość [zł]
KNR 15-01 0108-02	Oczyszczenie z namułu przepustów rurowych o śr. 0.6 m przy stosunku głębokości zamulenia do średnicy 1/3 (częściowo drożne)	m	467,0	46,92	21911,64
KNR 15-01 0108-02	Oczyszczenie z namułu przepustów rurowych o śr. 0.6 m przy stosunku głębokości zamulenia do średnicy 2/3 (niedrożne)	m	278,5	90,48	25198,68
Suma			745,6	137,4	47110,32

Z powyższego zestawienia wynika, iż łączne koszty udrożnienia przepustów na terenach leśnych wynoszą 47 110,32 zł. Są to oczywiście koszty orientacyjne, nie uwzględniające inflacji, dojazdu czy dodatkowych utrudnień. W praktyce każde palnowane zadanie lub grupę zadań należałoby wycenić w sposób indywidualny, z uwzględnieniem specyfiki uwarunkowań zewnętrznych. Należy również rozważyć i zaplanować pakiet działań do realizacji w pierwszej kolejności (na podstawie opracowanych map pilności działań) i przygotować harmonogram prac modernizacyjnych. Zaleca się, by w pierwszym priorytecie zaplanować udrożnienie przepustów o największym stopniu zamulenia i występujących na siedliskach wilgotnych oraz bagiennych.

W odniesieniu do kosztów prowadzenia innych działań (czyszczenie rowów, remont urządzeń), zaleca się indywidualne ich ustalenie dla każdej inwestycji oddzielnie, z uwzględnieniem specyfiki danego urządzenia oraz jego stanu. Jeśli chodzi o pilność działań zaleca się, aby w pierwszej kolejności zaplanować działania na obiektach w najgorszym stanie i zlokalizowanych w zlewniach o najwyższym priorytecie pilności działań, zwłaszcza na siedliskach hydrogenicznych – podobnie jak w przypadku zaleceń dotyczących udraźniania przepustów.

17.3. Proponowane inwestycje w zakresie infrastruktury wodnej

W ramach niniejszego opracowania dokonano próby identyfikacji potencjalnych lokalizacji projektowanych urządzeń wodnych (przepustów) mających na celu utrzymanie ciągłości przepływu wód powierzchniowych. Na wstępie warto zaznaczyć, iż generalnie stan niezbędnego wyposażenia w urządzenia wodne oceniono jako wystarczający. Niemniej jednak pogłębiona analiza materiałów teledetekcyjnych, skonfrontowana z wyznaczonymi elementami sieci hydrograficznej, pozwala na wskazanie dodatkowych lokalizacji przepustów okularowych. Projektowane przepusty dotyczą głównie lokalizacji przecięcia cieków epizodycznych z nasypami drogowymi, wskazanymi w ramach prac terenowych jako antropogeniczne przeszkody w obiegu wody - bariery. Tabela 17.8 zawiera wykaz projektowanych przepustów okularowych.

Tab. 17.8. Zestawienie projektowanych przepustów okularowych (źródło: opracowanie własne)

Lp	Urządzenie	Nadleśnictwo	Leśnictwo	Oddział-wydział
1	przepust projektowany	Białowieża	Grudki	499D -j
2	przepust projektowany	Białowieża	Grudki	582B -c
3	przepust projektowany	Białowieża	Podcerkiew	544A -b
4	przepust projektowany	Białowieża	Podcerkiew	545A -a
5	przepust projektowany	Białowieża	Podcerkiew	545A -f
6	przepust projektowany	Białowieża	Podcerkiew	547B -c
7	przepust projektowany	Białowieża	Teremiski	220B -g
8	przepust projektowany	Białowieża	Teremiski	252B -a
9	przepust projektowany	Białowieża	Teremiski	281D -a
10	przepust projektowany	Białowieża	Nowe	473B -f
11	przepust projektowany	Białowieża	Nowe	473B -f
12	przepust projektowany	Białowieża	Batorówka	393C -d
13	przepust projektowany	Browsk	Olchówka	83A -h
14	przepust projektowany	Browsk	Rybaki	747B -m
15	przepust projektowany	Browsk	Rybaki	747B -m
16	przepust projektowany	Browsk	Nowosady	119D -h
17	przepust projektowany	Browsk	Nowosady	179B -g
18	przepust projektowany	Browsk	Nowosady	179C -c
19	przepust projektowany	Browsk	Nowosady	76C -k
20	przepust projektowany	Browsk	Nowosady	92A -k
21	przepust projektowany	Browsk	Przechody	150A -h
22	przepust projektowany	Browsk	Przechody	151D -a
23	przepust projektowany	Browsk	Przechody	181B -c
24	przepust projektowany	Browsk	Jelonka	102C -a
25	przepust projektowany	Browsk	Jelonka	156A -a
26	przepust projektowany	Hajnówka	Wilczy Jar	335D -a
27	przepust projektowany	Hajnówka	Wilczy Jar	389B -k
28	przepust projektowany	Hajnówka	Sacharewo	462D -a

Lp	Urządzenie	Nadleśnictwo	Leśnictwo	Oddział-wydział
29	przepust projektowany	Hajnówka	Czerlonka	488B -f
30	przepust projektowany	Hajnówka	Łozice	514D -m
31	przepust projektowany	Hajnówka	Łozice	537B -f
32	przepust projektowany	Hajnówka	Łozice	539B -a
33	przepust projektowany	Hajnówka	Łozice	539B -f
34	przepust projektowany	Hajnówka	Topiło	540F -f
35	przepust projektowany	Hajnówka	Topiło	601A -c
36	przepust projektowany	Hajnówka	Topiło	666D -b
37	przepust projektowany	Hajnówka	Długi Bród	662D -f
38	przepust projektowany	BPN	-	136A -p

18. OCENA ODDZIAŁYWANIA OPRACOWANIA HYDROLOGICZNEGO NA ŚRODOWISKO, OBSZARY NATURA 2000 ORAZ NA WYJĄTKOWĄ UNIWERSALNĄ WARTOŚĆ OBIEKTU ŚWIATOWEGO DZIEDZICTWA UNESCO „PUSZCZA BIAŁOWIESKA”

Przed autorami niniejszego Opracowania hydrologicznego dla zlewni Puszczy Białowieskiej o charakterze poznawczym (naukowym) i częściowo planistycznym, nazywanego dalej Dokumentem, postawiono szereg ściśle powiązanych ze sobą użytecznych celów strategicznych, nieobejmujących precyzyjnego planowania działań z wyjątkiem koniecznego utrzymania infrastruktury w dobrym stanie, oraz - co najważniejsze – poprawy warunków gruntowo-wodnych we wszystkich siedliskach Puszczy. Wśród wielu opisanych wcześniej celów pośrednich najważniejszymi są:

- Aktualizacja wiedzy na temat układu hydrograficznego badanego terenu zrealizowana na podstawie szczegółowej inwentaryzacji śródładowych wód płynących i stojących oraz określenie podstawowych parametrów i stanu urządzeń wodnych.
- Określenie głównych składowych bilansu wodnego siedlisk i gleb na terenie Puszczy Białowieskiej.
- Określenie zasobów wodnych w siedliskach leśnych i ich zmian na przestrzeni okresu pomiarowego na potrzeby wskazania ogólnych trendów zmian.
- Budowa bazy informacyjnej nt.: przestrzennego występowania siedlisk o dużym potencjale przyrodniczym przy jednocześnie dużej wrażliwości na zmiany stosunków wodnych (najbardziej zagrożonych skutkami suszy).
- Wskazanie obszarów priorytetowych w zakresie pilności działań mających na celu poprawę warunków gruntowo-wodnych oraz stanu gleb i siedlisk, terenów z okresowym niedoborem wody w wierzchnich poziomach gleby oraz obszarów o dużym potencjale retencyjnym gleb.
- Prognoza zmian w stanie siedlisk przyrodniczych w wyniku uwzględnienia różnych scenariuszy klimatycznych w zakresie wzrostu średniej temperatury powietrza.
- Ustalenie pilności i zakresu utrzymania w dobrym stanie istniejących urządzeń wodnych wykorzystywanych do kształtowania zasobów wodnych.

DOKUMENT co do zasady nie będzie znacząco oddziaływać na obiekty chronione oraz na środowisko. Jednak bezpośrednią konsekwencją jego zapisów powinno być bezzwłoczne przystąpienie przez administratorów i zarządców obszaru polskiej części Puszczy Białowieskiej (w tym Lasy Państwowe oraz Białowieski Park Narodowy) do poprawy jej warunków gruntowo-wodnych. Szczegółowe planowanie i realizacja zadań powinny być poprzedzone studiami bardzo dokładnych map pilności działań dla zlewni i cieków okresowych (załączniki do dokumentu) oraz próbą uzyskania informacji nt. działań realizowanych po białoruskiej stronie granicy. Ich nieuzyskanie nie warunkuje pilnego przystąpienia do prac w polskiej części Puszczy. W takiej sytuacji trzeba będzie się oprzeć na wiedzy eksperckiej krajowych specjalistów.

Jednym z głównych celów niniejszego opracowania jest też stworzenie podstaw metodycznych do działań, które dotyczyć będą jednego z ważniejszych zasobów - wody, a zwłaszcza zwiększenia jej ilości, poprawy dostępności i jakości. Woda w odpowiedniej ilości i jakości jest warunkiem istnienia życia i wtórnie – determinantem wysokiej różnorodności biologicznej. Oznacza to, że efektywnie zrealizowane zadania w zakresie ochrony zasobów wodnych będą miały jednoznacznie pozytywny efekt przyrodniczy. Jednak ze względu na to, że elementy środowiska związane z wodą (siedliska oraz gatunki) należą do wyjątkowo wrażliwych a realizacja działań będzie miała miejsce w granicach obszarów Natura 2000 oraz OŚD Puszcza Białowieska, postawiono przed autorami dodatkowy cel – ocenę oddziaływania Opracowania Hydrologicznego na środowisko oraz Wyjątkowe Uniwersalne Wartości obiektu UNESCO (OUV).

Zgodnie z fundamentalnymi założeniami niniejszego opracowania zastosowano w nim generalną zasadę minimalnej ingerencji w ekosystemy i świadomej rezygnacji z działań mogących mieć potencjalnie negatywne oddziaływanie na środowisko, z wyłączeniem działań koniecznych, wynikających z przepisów prawa (str. 25). Oznacza to, że wszystkie przywołane w dokumencie działania traktowane są jako fakultatywne i mają na celu poprawę warunków gruntowo-wodnych, obiegu wody i w konsekwencji - stanu siedlisk, w tym siedlisk Natura 2000 i innych siedlisk cennych oraz poprawę warunków bytowania gatunków, w tym gatunków chronionych. Obowiązuje w nim zasada - jeśli istnieje nawet minimalna, przewidywalna szansa wystąpienia oddziaływania negatywnego z działania należy zrezygnować. W ocenie Zespołu autorskiego koncepcja spowalniania spływu wód w ciekach okresowych, epizodycznych (niewykazanych w MPHP) z wykorzystaniem metod nieinwazyjnych oraz remonty małej liczby już istniejących urządzeń wodnych - przepustów (których główną funkcją jest utrzymanie ciągłości cieków oraz ochrona dróg) odpowiada w pełni na stawiane wyżej wyzwania.

W celu upewnienia się czy dokument o charakterze naukowo-planistycznym z zakresu ochrony zasobów wodnych oraz leśnictwa, jakim jest niniejsze Opracowanie Hydrologiczne dla zlewni Puszczy Białowieskiej nie zawiera zapisów, których realizacja może znacząco wpłynąć na środowisko, określono na jakie elementy tego środowiska lub na jakie obszary może potencjalnie nastąpić takie oddziaływanie. Po analizie Dokumentu ustalono, że:

- skupia on swoje działania w strefach buforowych wokół cieków epizodycznych (okresowych linii spływu wód powierzchniowych). Są to tereny o ponadprzeciętnym potencjale przyrodniczym siedlisk w stosunku do średniego potencjału Puszczy Białowieskiej, jednak wiele z tych płątów ulega silnej degradacji na skutek niedostatku wody i związanej z tym suszy. Z tego względu należy stwierdzić, że stan siedlisk w tych miejscach, jest nieznacznie gorszy niż średni stan siedlisk dla Puszczy Białowieskiej i w ostatnich latach bardzo szybko się obniża,
- nie zawiera on ustaleń wyznaczających ramy do późniejszej realizacji przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko. Nie stwierdzono, aby w Dokumencie istniały zapisy dotyczące projektowania przedsięwzięć wymienionych w Rozporządzeniu Rady Ministrów z 9 listopada 2010 r., w sprawie określenia rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko oraz szczegółowych uwarunkowań związanych z kwalifikowaniem przedsięwzięcia do sporządzenia raportu oddziaływania na środowisko,

- są w nim zawarte koncepcje działań i propozycje zadań na terenach leśnych objętych ochroną w różnej postaci. Działania te będą istotnie i jednoznacznie korzystnie wpływać na obszary i przedmioty ochrony Natura 2000, wszystkie inne formy ochrony przyrody oraz Obiekt Światowego Dziedzictwa UNESCO Puszcza Białowieska i OUV.

Aby określić przewidywany wpływ zapisów niniejszego Opracowania na środowisko oraz wszystkie jego biotyczne i abiotyczne elementy dokonano syntetycznej oceny oddziaływań w postaci macierzy (tab.18.1).

Ocena wpływu zapisów Dokumentu na wymienione elementy środowiska wymaga zgeneralizowania (uproszczenia) złożonej wiedzy hydrologicznej i przyrodniczej. Wymaga to ogólnej analizy najważniejszych elementów obiegu wody w przyrodzie, tj. retencji powierzchniowej i gruntowej oraz spływu wód z wykorzystaniem wiedzy eksperckiej. Powyższa tabela jest próbą takiej syntezy, jednak w przypadku każdej konkretnej oceny wykorzystano wiedzę kilku ekspertów z zakresu hydrologii, typologii, gleboznawstwa i siedliskoznawstwa leśnego oraz wieloletnie doświadczenie z badań hydrologicznych oraz typologicznych prowadzonych w Puszczy Białowieskiej.

Komentarza wymaga dodana w poniższej tabeli syntetyczna ocena potencjalnych oddziaływań na elementy środowiska stanowiące OUV lub składające się na orzeczenie wyjątkowej uniwersalnej wartości Puszczy Białowieskiej (38 COM 8B.12, UNESCO 2014) jako Obiektu Światowego Dziedzictwa (wymóg stawiany przez UNESCO). Wśród nich szczególnie istotne są leśne i nieleśne siedliska hydrogeniczne (zależne od wód), stanowiące miejsce bytowania bardzo licznej grupy cennych gatunków roślin i zwierząt, jednocześnie chroniące reżim hydrologiczny Puszczy. Ich potencjał przyrodniczy wynika z bogactwa bardzo odmiennych siedlisk i wyjątkowo długich stref przejściowych pomiędzy nimi, co wpływa na duży udział ekotonów. Zjawisko to ma swoje przyczyny w liniowym charakterze spływu wód i znacznej długości granic pomiędzy ekosystemami wodnymi i lądowymi. Siedliska te są niezbędne dla prawidłowego funkcjonowania procesów naturalnych (kryterium IX OUV) oraz utrzymania różnorodności biologicznej (kryterium X OUV), a ich dobrostan jest bezpośrednio zależny od stabilności warunków klimatycznych regionu i warunków gruntowo-wodnych kompleksu leśnego. Dobrostan ten jest również ściśle zależny od działań człowieka w granicach zlewni elementarnych kompleksu Puszczy Białowieskiej oraz zlewni sąsiadujących z nimi i powiązanych hydrologicznie.

Generalnie działania związane z poprawą warunków gruntowo-wodnych i ochroną zasobów wodnych możliwe do zrealizowania w Puszczy Białowieskiej w obecnej sytuacji prawnej należy rozpatrywać w dwóch głównych typach prac: spowalniających spływ wód okresowych i utrzymaniowo-budowlanych (głównie czyszczenie przepustów i prace remontowe). W przypadku działań budowlanych (instalacja 38 przepustów) można się spodziewać potencjalnego minimalnego, krótkookresowego wpływu na lokalny cykl hydrologiczny. Będzie to jednak oddziaływanie zanedbywalne i ostatecznie – pozytywne. Ewentualna wymiana przepustów pod drogami w ramach prac remontowych również nie będzie oddziaływać negatywnie na stosunki wodne w dłuższej perspektywie czasowej pod warunkiem przestrzegania podstawowych zasad wynikających z przepisów prawa oraz w razie konieczności - środków minimalizujących ryzyka takie jak np. wyciek ropopochodnych z maszyn budowlanych. Wszystkie te prace będą jednak wykonywane w liniach istniejących dróg i ich nasypów, gdzie ryzyko takie już istnieje od obecnie przejeżdżających pojazdów.

Tab. 18.1. Macierz potencjalnych oddziaływań Dokumentu na środowisko, w tym na przedmioty ochrony N2000 oraz OŚD Puszcza Białowieska (źródło: opracowanie własne)

Elementy środowiska oraz kryteria i uniwersalne wartości OŚD Puszcza Białowieska	Rodzaje planowanych działań, lesistość zlewni ¹⁾ oraz ich przewidywane oddziaływanie ²⁾									Oddziaływanie łączne ²⁾ Dokumentu na środowisko
	Spowalnianie spływu z wykorzystaniem materiałów naturalnych			Remonty i utrzymanie istniejących urządzeń wodnych			Budowa nowych urządzeń wodnych			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Różnorodność biologiczna	+3	+3	+2	+2	+2	+3	+1	+2	+3	+2
Ludzie	+2	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
Zwierzęta	+3	+3	+3	+1	+2	+3	+1	+2	+3	+2
Rośliny	+3	+3	+3	+1	+2	+3	+1	+2	+3	+2
Woda	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
Powietrze	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
Powierzchnia ziemi	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
Krajobraz	+3	+3	+3	+2	+2	+1	0	0	0	+2
Klimat	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
Zasoby naturalne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zabytki	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dobra materialne	+1	+1	+2	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+2
Łączna ocena ³⁾ oddziaływania Dokumentu na środowisko	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
Kryterium IX ⁴⁾ OSD - procesy	+3	+3	+2	+2	+2	+3	0	+1	+2	+2
Kryterium X ⁴⁾ OSD – różn.biol.	+3	+3	+2	+2	+2	+3	+1	+2	+3	+2
Integralność OŚD	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
Ochrona i zarządzanie OŚD	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
Łączna ocena ³⁾ oddziaływania Dokumentu na OUV OŚD Puszcza Białowieska	+3	+3	+2	+2	+2	+3	+2	+2	+3	+2

Objaśnienia:

¹⁾ **Udział lasu w zlewni** (dotyczy zlewni, w których realizowane będą działania): **A** – leśne (>75 %), **B** – częściowo leśne (25-75%), **C** – nieleśne (do 25%).

²⁾ Oznaczenia typu, przewidywanej siły oraz czasu trwania oddziaływania:

+ (**plus**) - wpływ dodatni, pozytywny; **0 (zero)** - brak znaczącego wpływu; **- (minus)** - wpływ ujemny, negatywny; **x** - brak działania.

1. Oddziaływanie krótkoterminowe - oddziaływanie kilkuletnie, maksymalnie do długości 1 okresu gospodarczego; **2. Oddziaływanie średnioterminowe** - oddziaływanie trwające dłużej niż jeden okres gospodarczy, jednak bez trwałego wpływu na dany element środowiska;

3. Oddziaływanie długoterminowe - oddziaływanie mające względnie trwały wpływ na dany element środowiska.

³⁾ Łączna ocena nie wynika ze średniej arytmetycznej poszczególnych ocen, lecz stanowi eksperckie podsumowanie zagadnienia.

⁴⁾ **Kryterium IX:** OŚD stanowi wyjątkowy przykład istotnych procesów ekologicznych i biologicznych zachodzących w ewolucji i rozwoju ekosystemów lądowych, słodkowodnych, nadmorskich i morskich, jak również zbiorowiskach roślin i zwierząt. Kryterium obejmuje m.in.: drzewostany starsze, odpowiednie zasoby drzew martwych, organizmy związane z martwym drewnem

Kryterium X: OŚD obejmuje najbardziej znaczące i istotne siedliska przyrodnicze dla ochrony różnorodności biologicznej in-situ, włączając zagrożone gatunki posiadające wyjątkową uniwersalną wartość z punktu widzenia nauki lub ochrony t.j. struktura wiekowa, przestrzenna i zróżnicowanie gatunkowe drzewostanów, złożone stosunki wodne.

Osobnym zagadnieniem są działania związane ze spowolnieniem spływu wody, które są pomyślane tak, by oprócz zwiększenia retencji gruntowej, poprawiły one również dostępność do zasobów wodnych dla biotycznej części środowiska. Co istotne – zdecydowana większość tych działań odbędzie się bez przerywania ciągłości cieków. W wyjątkowych przypadkach może zaistnieć taka potrzeba (np. gdy w momencie posadawiania materiału blokującego spływ wystąpią opady nawałne, na krótki czas uniemożliwiające prace). Jednak nie zmieni to w żaden sposób żadnego z istotnych parametrów hydrologicznych cieku epizodycznego i jego zlewni. Ostatecznie też dojdzie do wydłużenia okresu spływu wody ze zlewni a tym samym do utrzymania jego *continuum*. Już samo zwiększenie ilości wody w Puszczy należy w każdej perspektywie czasowej rozpatrywać jako oddziaływanie jednoznacznie pozytywne.

18.1.Przewidywane oddziaływania skumulowane i ich ocena

Kompletna i prawidłowo przeprowadzona procedura oddziaływania na środowisko powinna rozważyć możliwość potencjalnego wystąpienia kumulacji oddziaływań z innymi przedsięwzięciami, nie tylko o charakterze inwestycyjnym. Polskie i europejskie prawo środowiskowe szczególnie traktuje tu kwestie kumulacji hałasu, choć jasnym jest, że zgodnie z zasadą przezorności ustawodawca traktuje te zagadnienia znacznie szerzej. Daje temu wyraz w zapisach Ustawy OÖŚ (z dnia 3 października 2008 r.), której Art. 62, 63 i 66 odnoszą się do potrzeby oceny możliwej kumulacji wykorzystania zasobów środowiska oraz emisji ogółem. W zbiorze dobrych praktyk OÖŚ na świecie (Canadian Environmental Assessment Agency) stosuje się zasadę, że „oddziaływanie skumulowane to łączny efekt zmian środowiska spowodowany działalnością człowieka w połączeniu z innymi działaniami w przeszłości, obecnymi i przyszłymi” (Sadler 1996; Gerlée, Kaim 2011). To bardzo ogólne stwierdzenie jest niezwykle trudne do doprecyzowania w tak złożonym obiekcie, jakim jest Puszcza Białowieska. Wynika to z jego dużej powierzchni, liczby relacji i wrażliwości ekosystemów, często nieznanej historii działań człowieka i ostatecznie – jego nieznanej przyszłości w kontekście zmian globalnych (zmiany klimatyczne) i krajowych (polityki, strategii, plany). Należy również w takiej ocenie uwzględnić wszystkie obecne i przyszłe inicjatywy, które będą miały wpływ na zasoby wodne Puszczy Białowieskiej a których wpływ daje się w eksperckim sposób przybliżyć. Zestaw inicjatyw tego typu został omówiony we wstępie Dokumentu i przy ich opisie podkreślono potencjalne oddziaływanie w kontekście wpływu na zasoby wodne. Spośród nich wyróżnia się koncepcja renaturyzacji koryta rzeki Narewki i Łutowni, której Autorzy szacują objętość zatrzymanej wody. W zależności od wariantu szacunek ten waha się w zakresie od ok. 80 tys. do 150 tys. m³ wody. Autorzy zastrzegają również, że „analizując wyniki potencjalnego zwiększenia retencji glebowej wraz z generalnym wzrostem stanów wody w okresach niżówek, jaki jest spodziewany w wyniku przeprowadzenia działań renaturyzacyjnych można podejrzewać, że uzyskane objętości retencji wody w wyniku renaturyzacji rz. Łutowni i rz. Narewki na analizowanych odcinkach będą kilkukrotnie większe”.

W klasycznej ocenie oddziaływań skumulowanych stosuje się metody obliczeniowe oparte o parametry fizyczne (np. hałas tła, emitera etc). Parametry te dają się mierzyć instrumentalnie i stosunkowo dobrze poznany jest ich wpływ na środowisko oraz zdrowie ludzi. W przypadku przewidywanych oddziaływań wynikających z realizacji zapisów niniejszego Dokumentu parametrem takim może być szacowana ilość wody, jaką uda się zatrzymać w gruncie na długi okres (np. kilka-kilkadziesiąt sezonów wegetacyjnych). W Dokumencie wskazano, że liczba ta może osiągnąć blisko 70 mln m³ wody, co jest bardzo dużą wielkością, porównywalną z maksymalną pojemnością Zbiornika Siemianówka. W połączeniu z mniejszą, ale również znaczną objętością wody szacowaną przez Autorów koncepcji renaturyzacji rzeki Narewki i Łutowni można stwierdzić, że długoterminowe zgromadzenie tak dużej ilości wody nie w zbiorniku retencyjnym, a w ekosystemach zależnych od wód – może być ocenione wyłącznie pozytywnie.

18.2. Informacje o możliwym transgranicznym oddziaływaniu na środowisko

Z uwagi na brak precyzyjnych informacji nt. planu i harmonogramu działań hydrologicznych wykonywanych po stronie białoruskiej nie da się ocenić skumulowanego oddziaływania potencjalnego wszystkich inicjatyw mających generalnie na celu „zwiększenie zasobów wodnych Puszczy Białowieskiej”. Jednak ze względu na wyżej przedstawione argumenty pewnym jest, że realizacja koncepcji nie będzie miała negatywnego wpływu na stan środowiska po białoruskiej stronie granicy. W jednym przypadku – zlewni rzeki Leśna Prawa (wpada do Bugu po białoruskiej stronie granicy) mogą wystąpić okresowe zmiany w dynamice jej przepływu, jednak docelowo zwiększy się on i ustabilizuje, a ostateczny efekt będzie korzystny dla środowiska całej Puszczy Białowieskiej.

Konkluzja prognozy potencjalnego oddziaływania Dokumentu na środowisko:

Uwzględniając powyższe fakty należy uznać, że poza minimalnym ryzykiem incydentalnych, drobnych awarii sprzętu technicznego podczas prac zmechanizowanych (czemu można zapobiec) oraz wystąpienia niewielkich wahań lokalnego, górnego poziomu wód gruntowych na skutek chwilowego zaburzenia spływu powierzchniowego wód, nie da się wskazać potencjalnych, znacząco negatywnych oddziaływań planowanych działań na zasoby wodne obszaru oraz ogółem – na środowisko Puszczy Białowieskiej. Tym samym, z całkowitą pewnością można stwierdzić, iż nie wystąpią dające się kwantyfikować negatywne oddziaływania na atrybuty wyjątkowej uniwersalnej wartości Obszaru Światowego Dziedzictwa Białowieża Forest oraz przedmioty ochrony w obszarach Natura 2000 PLC200004 Puszcza Białowieska, PLB200007 Dolina Górnej Narwi, PLH200010 Ostoja w Dolinie Górnej Narwi. Zachowana zostanie również spójność obszarów Natura 2000.

19. LITERATURA

Archiwum NAC - www.nac.gov.pl.

Baza Danych Obiektów Topograficznych BDOT10k, <https://www.geoportal.gov.pl/dane/baza-danych-obiektow-topograficznych-bdot>.

Bajkiewicz-Grabowska E., Magnuszewski A. 2002. Przewodnik do ćwiczeń z hydrologii ogólnej. PWN, Warszawa.

Bouvier M., Durrieu S., Fournier R. A., Renaud J. P., 2015, Generalizing predictive models of forest inventory attributes using an area-based approach with airborne LiDAR data, Remote Sensing of Environment, 156, 322-334.

Boczoń A. 2006. Charakterystyka warunków termiczno-pluwialnych w Puszczy Białowieskiej w latach 1950-2003, Leśne Prace Badawcze, 1: 57-72.

Boczoń A., Kowalska A., Ksepko M., Sokołowski K. 2018. Climate Warming and Drought in the Białowieża Forest from 1950–2015 and Their Impact on the Dieback of Norway Spruce Stands, Water, Water 2018, 10, 1502; doi:10.3390/w10111502.

Boczoń A., Sałachewicz A., 2022. Warunki klimatyczne Puszczy Białowieskiej, w: Stereńczak K (ed.) Kompleksowy monitoring dynamiki drzewostanów Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem danych teledetekcyjnych. Instytut Badawczy Leśnictwa (w druku)

Budzyński M., Budzyński E., 1961, Ekspertyza przedmelioracyjna Puszczy Białowieskiej, Biuro Urządzania Lasu i Projektów Leśnictwa, Pracownia Melioracyjna, Warszawa.

Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej Oddział w Białymstoku. 2020. Charakterystyka siedlisk Leśnego Kompleksu Promocyjnego „Puszcza Białowieska”.

Dietrich A. 2010. Zastosowanie metody hierarchii analitycznej (AHP) do oceny poziomu bezpieczeństwa technicznego gazociągów. Nafta-Gaz Nr 12, s. 1123-1131.

Fenchuk W., 2021, Lasy i woda. Renaturyzacja hydrologiczna w Puszczy Białowieskiej, materiały niepublikowane (prezentacja on-line z dnia 26 maja 2021 r.

Fundacja “Dzika Polska”. 2019. Wdrażanie małej retencji w Puszczy Białowieskiej w świetle zapisów planu zadań ochronnych Natura 2000 dla obszaru Puszcza Białowieska PLB200004 oraz przegląd istniejących urządzeń piętrzących.

Gerlée A., Kaim K. 2011. Metody oceny oddziaływań skumulowanych w procedurze OOS – wybrane zagadnienia. [w:] Czasopismo Techniczne Politechniki Krakowskiej, 6-A/2011, z. 17, r. 108.

Grygoruk M, Michałowski R., Osuch P., Stachowicz M. Trandziuk P. 2021. Propozycja działań renaturyzacyjnych w korycie rzeki Narewki na odcinku Białowieża (granica państwa)-Narewka oraz rzeki Łutowni. Raport końcowy.

Gumiński R. 1951. Meteorologia i klimatologia dla rolników. PWRiL, Warszawa.

- Jasiewicz J., Stepinski T. F. 2013. Geomorphons—a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. *Geomorphology*, 182, 147-156.
- Journel A.G. 2005. Beyond covariance: the advent of multiple-point geostatistics, w: Leuangthong O., Deutsch C.V. (red.) *Geostatistics BANFF 2004*, Springer.
- Klimada 2.0, IOŚ 2020, <https://klimada2.ios.gov.pl/>.
- Kmieciak M., Kwiatkowski W. 2011. Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50000. Arkusz Białowieża (422). Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.
- Kolendo M., Kolendo Ł. 2013. Model decyzyjny wielokryterialnej metody hierarchii analitycznej (AHP) we wspomaganiu wyboru lokalizacji składowiska odpadów komunalnych (na przykładzie wybranej części powiatu białostockiego). *Ekonomia i Środowisko* Nr 3, s. 228-236.
- Kolendo Ł., Kozniowski M., Ksepko, M., Chmur S., Neroj, B. 2021. Parameterization of the Individual Tree Detection Method Using Large Dataset from Ground Sample Plots and Airborne Laser Scanning for Stands Inventory in Coniferous Forest. *Remote Sensing*, 13(14), 2753.
- Kobryń A. 2014. Wielokryterialne wspomaganie decyzji w gospodarowaniu przestrzenią. Wydawnictwo Difin, Warszawa.
- Komatsu H., Shinohara Y., Kume T., Otsuki, K. 2008. Relationship between annual rainfall and interception ratio for forests across Japan. *Forest Ecology and Management*, 256(5), 1189-1197.
- Liberacki D. 2004. Stany wody gruntowej i uwilgotnienie wierzchnich warstw gleb w małej zlewni leśnej. *Roczniki A.R. w Poznaniu*, 291/17: 77-92.
- Łuczak A., Wysocki F. 2011. Wykorzystanie analitycznego procesu hierarchicznego w analizie systemu motywacyjnego przedsiębiorstwa transportowego. *Journal of Agribusiness and Rural Development*, 4(10), s.47-60.
- Malzahn E., Zin. E. Kudlewski A., Borowski K. 2018. Ocena wpływu zmian czynników abiotycznych na środowisko lasów naturalnych Puszczy Białowieskiej. Sprawozdanie końcowe [maszynopis], Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Lasów Naturalnych, Białowieża.
- Małachowska J., Wawrzoniak J. 1995. Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 1994 r. na podstawie badań monitoringowych. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa
- Matuszkiewicz J. M. 2008. Regionalizacja geobotaniczna Polski. IGiPZ Warszawa.
- Michalska B., 2011. Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce. *Prace i Studia Geograficzne*, 47:67-75.
- Model SWAT (Soil & Water Assessment Tool), <https://swat.tamu.edu>.

Olszewski J. L. 1986. Rola ekosystemów leśnych w modyfikacji klimatu lokalnego Puszczy Białowieskiej. Prace habilitacyjne, Wyd. Ossolineum, Wrocław: 1-222.

Olszewski J., Szałach G., Żarnowiecki G.. 2003. Klimat Białowieży 1984-1992. w: Konferencja Jubileuszowa z okazji 80-lecia Białowieskiego Parku Narodowego. Białowieża, 11-14.03.2002 R. Polskie Parki narodowe – ich rola w rozwoju nauk przyrodniczych. Białowieża: 64.

Okołowicz W., Martyn D. 1979. Regiony klimatyczne Polski. [W:] Atlas Geograficzny Polski, Warszawa, PPWK.

PGL LP. 2012. Instrukcja Urządzania Lasu. Warszawa.

Pierzgalski E. 2012. Gospodarowanie wodą w obszarach leśnych, Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie, T.55, nr 1.

Pióro S. J. 1973. Klimat województwa białostockiego. Wojewódzkie Biuro Geodezji i Urzędzeń Rolnych, Białystok.

Polskie Towarzystwo Ochrony Ptaków. Ochrona wybranych gatunków ptaków strefowych na 4 obszarach Natura 2000 w północno-wschodniej Polsce.

Projekt CAPAP, <https://popc.gugik.gov.pl/capap>.

Projekt ISOK, <https://isok.gov.pl>.

Projekt ForBioSensing, <http://www.forbiosensing.pl>.

R CRAN, <https://cran.r-project.org>.

Raport o stanie środowiska województwa podlaskiego w latach 2011-2012. 2013. Biblioteka Monitoringu Środowiska, WIOŚ, Białystok: 1-130.

Romer E. 1949. Regiony klimatyczne Polski. Prace Wrocł. Tow. Nauk., ser. B, nr 16.

Saaty T. 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning. Priority Setting. Resource Allocation. McGraw-Hill, New York 1980.

Sadler B. 1996. Environmental assessment in a changing world: Evaluating Practice to Improve Performance. Final Report, in: International Study of the Effectiveness of Environmental Assessment, Canadian Environmental Assessment Agency (CAAE).

Solon J. i in. 2018. Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. „Geographia Polonica” 2 (91).

Stereńczak K., Zapłata R., Wójcik J., Kraszewski B., Mielcarek M., Mitelsztedt K., ... Cieszewski C. J. 2020. ALS-Based Detection of Past Human Activities in the Białowieża Forest—New Evidence of Unknown Remains of Past Agricultural Systems. Remote Sensing, 12(16), 2657.

Strahler A. N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology, Transactions of the American Geophysical Union, 38 (6): 913–920, Bibcode:1957TrAGU..38..913S, doi:10.1029/tr038i006p00913.

Shuttle Radar Topography Mission SRTM, <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>.

Szafer W. 1959. Szata roślinna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN. Kraków.

Szklar A. 1973. Klimaticzeskije resursy Biełorussi i ispolzowanije ich w selskom choziajstwie. Wszejszaja Szkoła, 1-430.

Tyszka J. 2008. Hydrologiczne funkcje lasów w małych zlewniach nizinnych. Prace IBL Rozprawy i Monografie nr 10, s. 215.

Tyszka J., Pierzgałski E., Janek M., Stolarek A. 2011. Określenie przyczyn zmniejszania się zasobów wodnych w zbiorniku Topiło. IBL, Sękocin Stary.

Usuga WMTS przeglądania treści map topograficznych, <http://www.gugik.gov.pl>.

Wiszniewski W., Chełchowski W. 1987. Regiony klimatyczne. [w:] Atlas hydrologiczny Polski. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa.

Woś A. 1997. Zarys klimatu Polski. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.

WILP. 2016. Wielkoskalowa Inwentaryzacja Lasów Państwowych.

Wota A., Woźniak A. 2008. Metodyka wyboru lokalizacji składowisk odpadów komunalnych. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich Nr 8, s. 143-156.

Zielony R., Kliczkowska A. 2012. Regionalizacja przyrodniczo-leśna Polski 2012. CILP Warszawa.

UNESCO, 38 COM 8B.12, <https://whc.unesco.org/en/decisions/6097/>

20. ZAŁĄCZNIKI

- A. Opracowanie
- B. Opracowania kartograficzne
- C. Bazy danych opisowych i kartograficznych (geobaza)
- D. Instrukcja zwiększenia zasobów i poprawy jakości wód w Zlewniach Puszczy Białowieskiej