

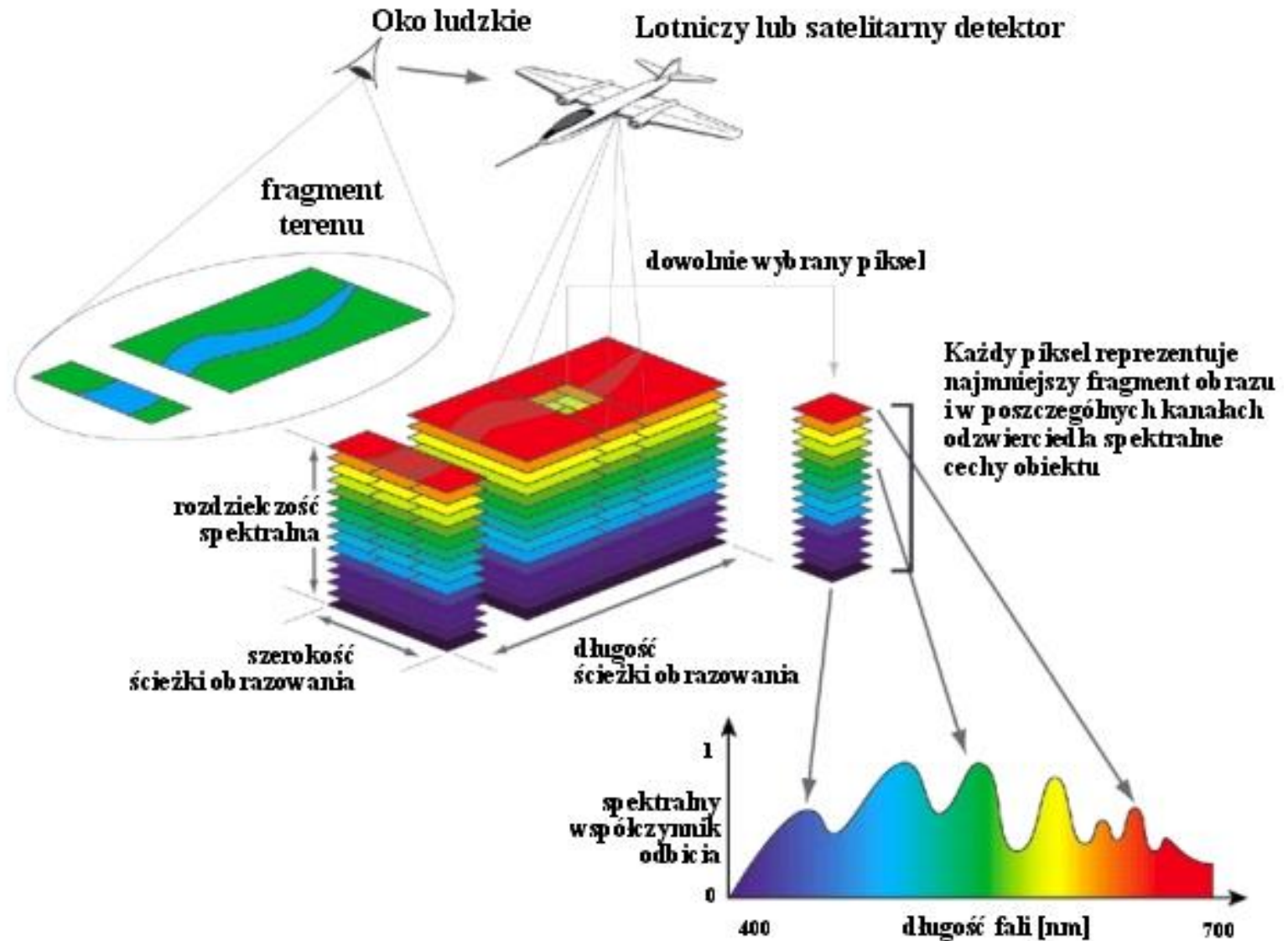
Wykorzystanie obrazowań hiperspektralnych do monitoringu jakości wód Jeziora Zegrzyńskiego

**Anna Jarocińska¹, Łukasz Sławik², Anita Sabat¹,
Bogdan Zagajewski¹, Artur Magnuszewski¹, Adrian Ochtyra¹**

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych

² MGGP Aero Sp. z o.o.

Koncepcja badań hiperspektralnych





Teledetekcyjne badanie jakości wód

zawiesiny ogółem

przezroczystość, mętność

fosfor, azot

chlorofil-*a*, fitoplankton

rozpuszczona materia organiczna

mikro- i makrofity

temperatura

plamy oleju i inne zanieczyszczenia



Cel badań

- Analiza jakości wód Jeziora Zegrzyńskiego.
- Określenie związku między wskaźnikami obliczonymi z obrazu hiperspektralnego a charakterystykami określającymi stan wody.
- Określenie możliwości zastosowania danych hiperspektralnych AISA do badań jakości wód jezior.

Jezioro Zegrzyńskie

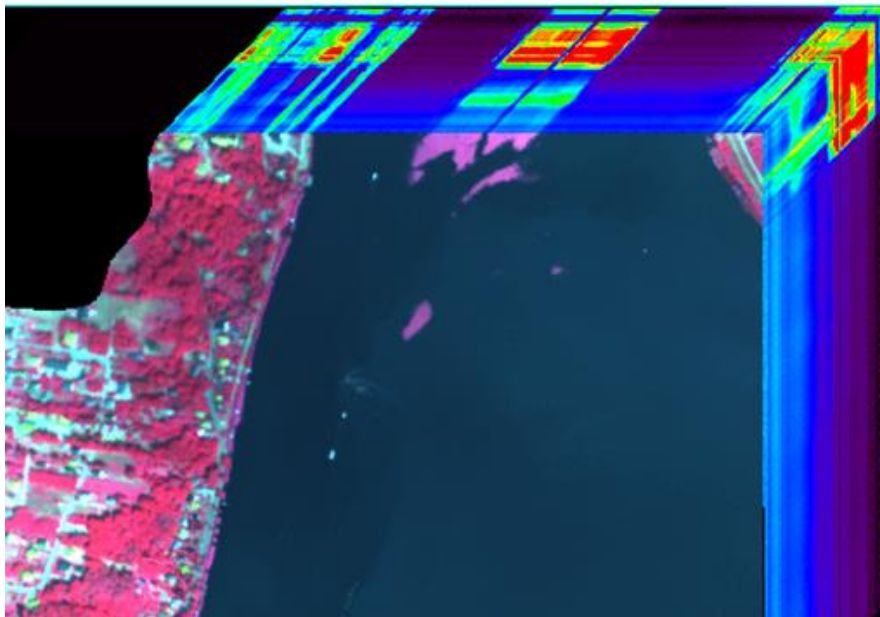




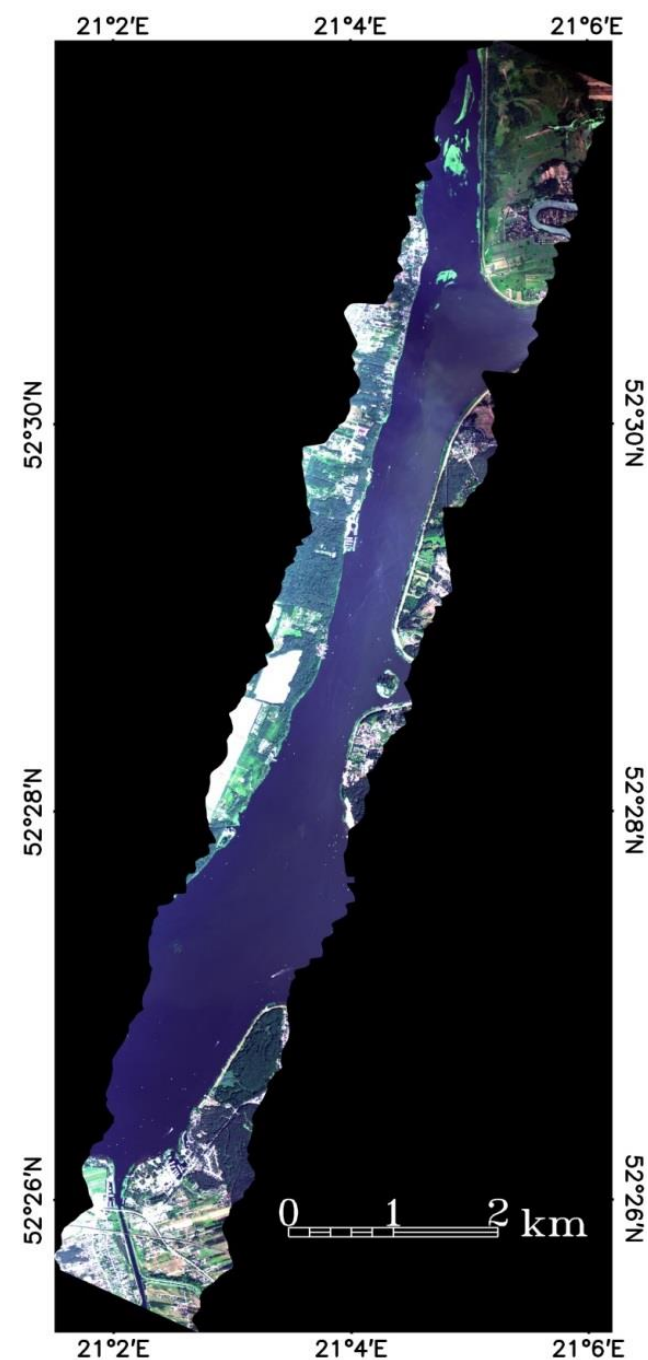
Układ koryta Bugu i Narwi z okresu przed powstaniem Jeziora Zegrzyńskiego przedstawiony na podkładzie współczesnej ortofotomapy (źródło geoportal.gov.pl)

Obraz AISA

- AISA Eagle
- 129 kanałów spektralnych
- Zakres spektralny 400-1000 nm
- Rozdzielczość terenowa 1,5 m
- Nalot wykonany samolotem Piper Navajo na wysokości 1500 m



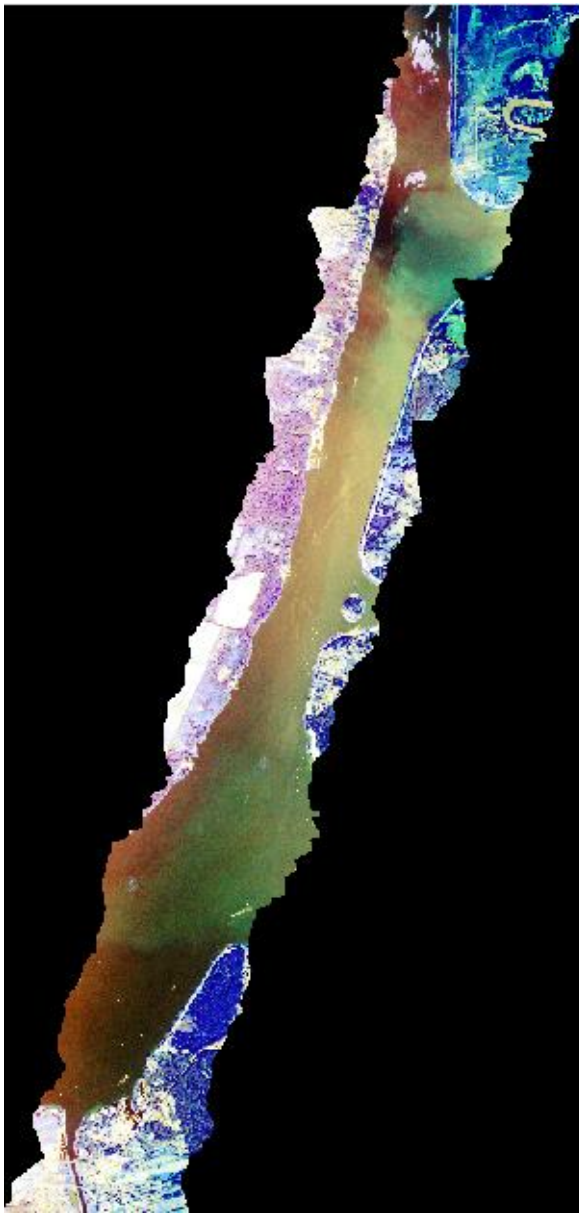
RGB 750 nm 650 nm 549 nm



RGB 655 nm 553 nm 453 nm



RGB 599 539 480 nm

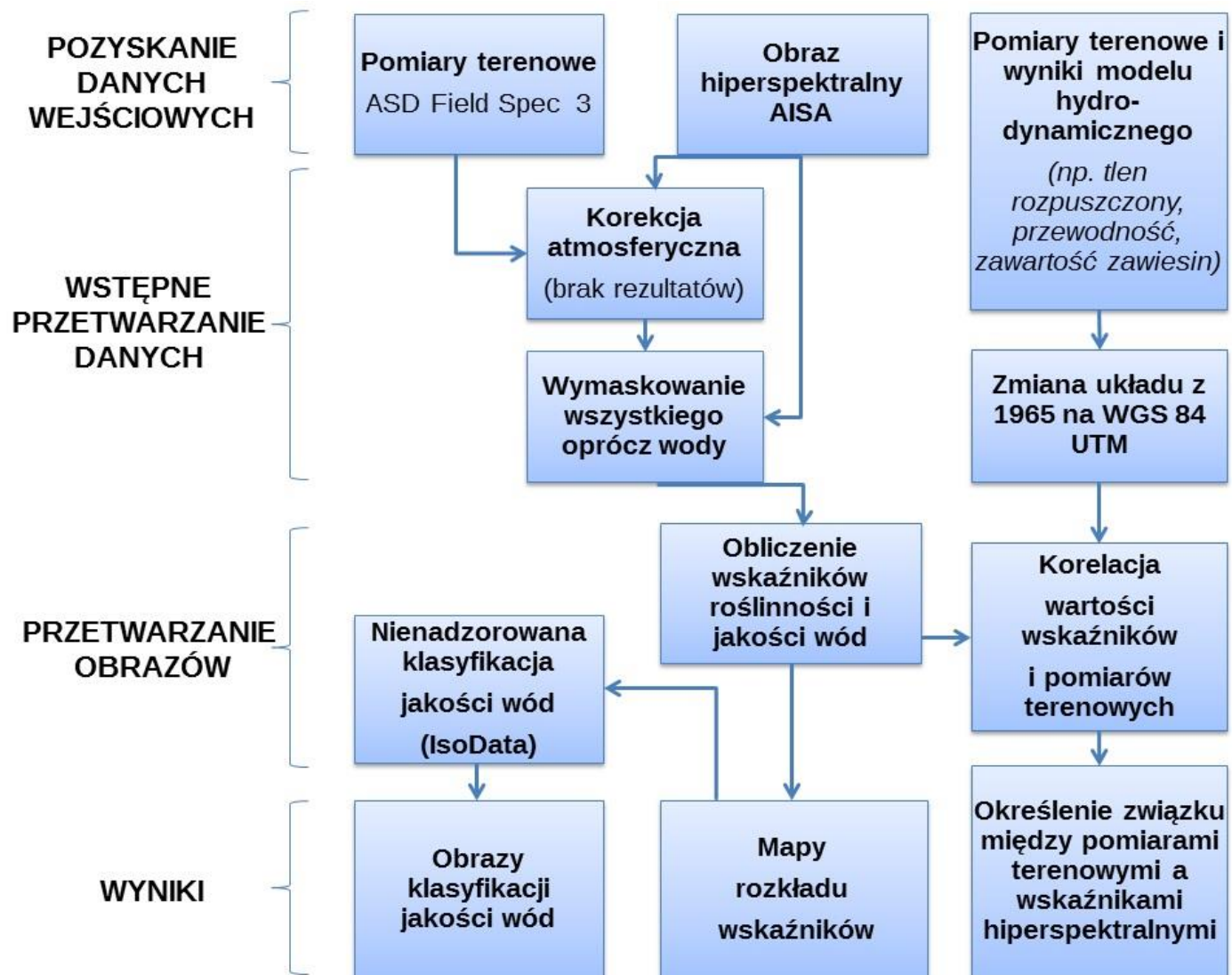


RGB 436 641 716 nm

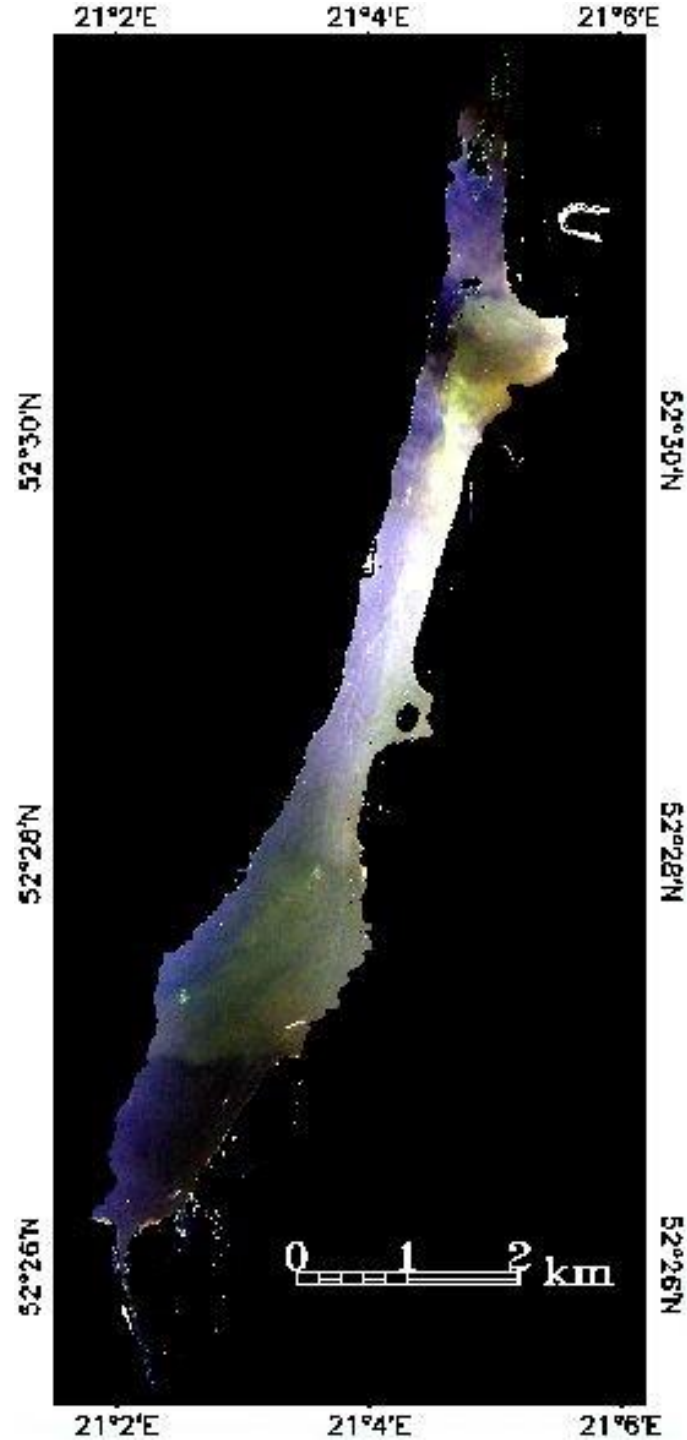


RGB 735 539 431 nm

Metoda badań



Wstępne przygotowanie danych





Teledetekcyjne wskaźniki bazujące na danych hiperspektralnych

Wskaźniki stanu wody

- Widzialność krążka Secchiego *SSD*
- Mętność wód *Turbidity*
- Zawartość zawiesin ogółem *TSS*
- Rozpuszczona materia organiczna *DOM*
- Zawartość fosforu całkowitego *TP*
- Zawartość chlorofilu *a* *Chl a*

Teledetekcyjne wskaźniki roślinności określające zawartość barwników

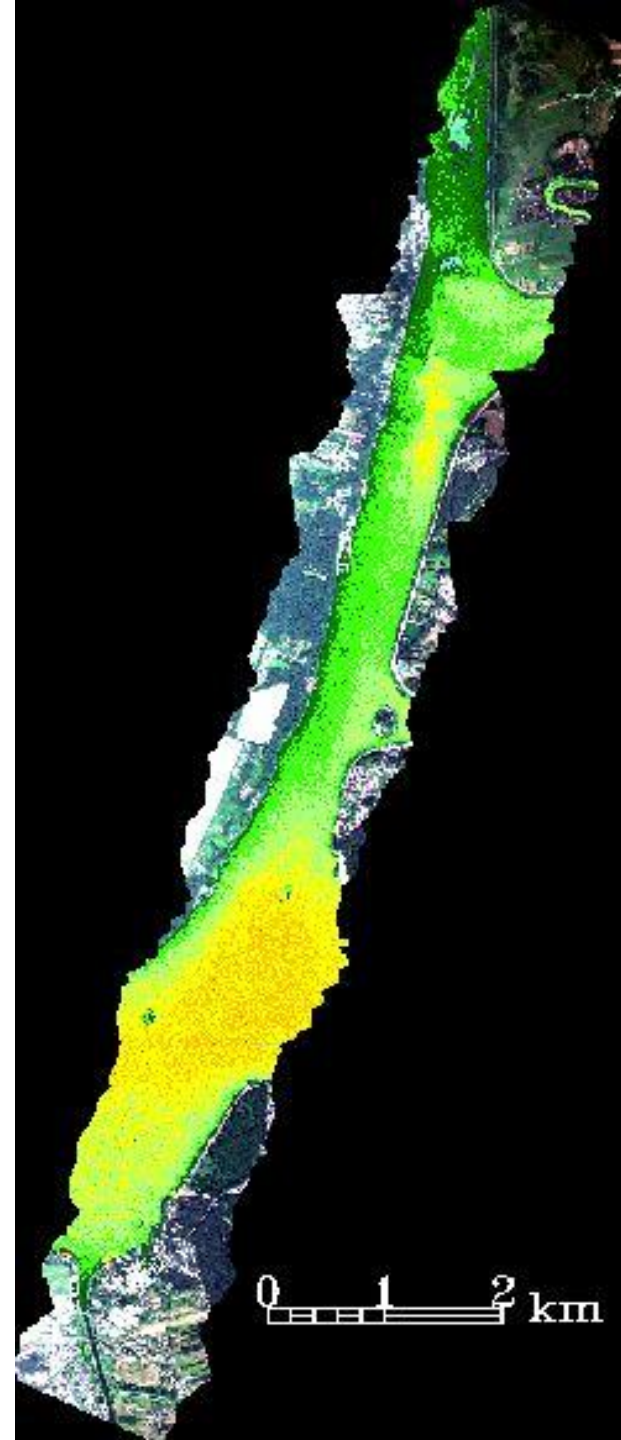
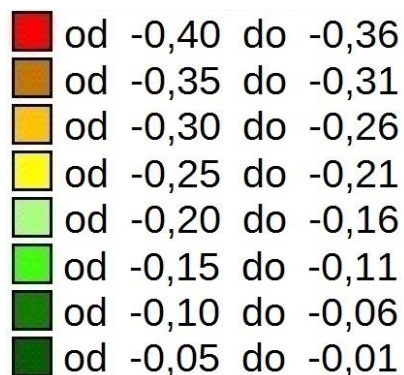
- Red Edge Normalised Difference Vegetation Index *NDVI705*
- modified Simple Ration Index *mSR705*
- Carotenoid Reflectance Index *CRI1*
- Anthocyjan Reflectance Index *ARI1*
- Photochemical Reflectance Index *PRI*

Normalised Difference Vegetation Index

$$NDVI_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705}}$$

ρ_{705} – wartość odbicia spektralnego dla fali o długości 705 nm

ρ_{750} – wartość odbicia spektralnego dla fali o długości 750 nm

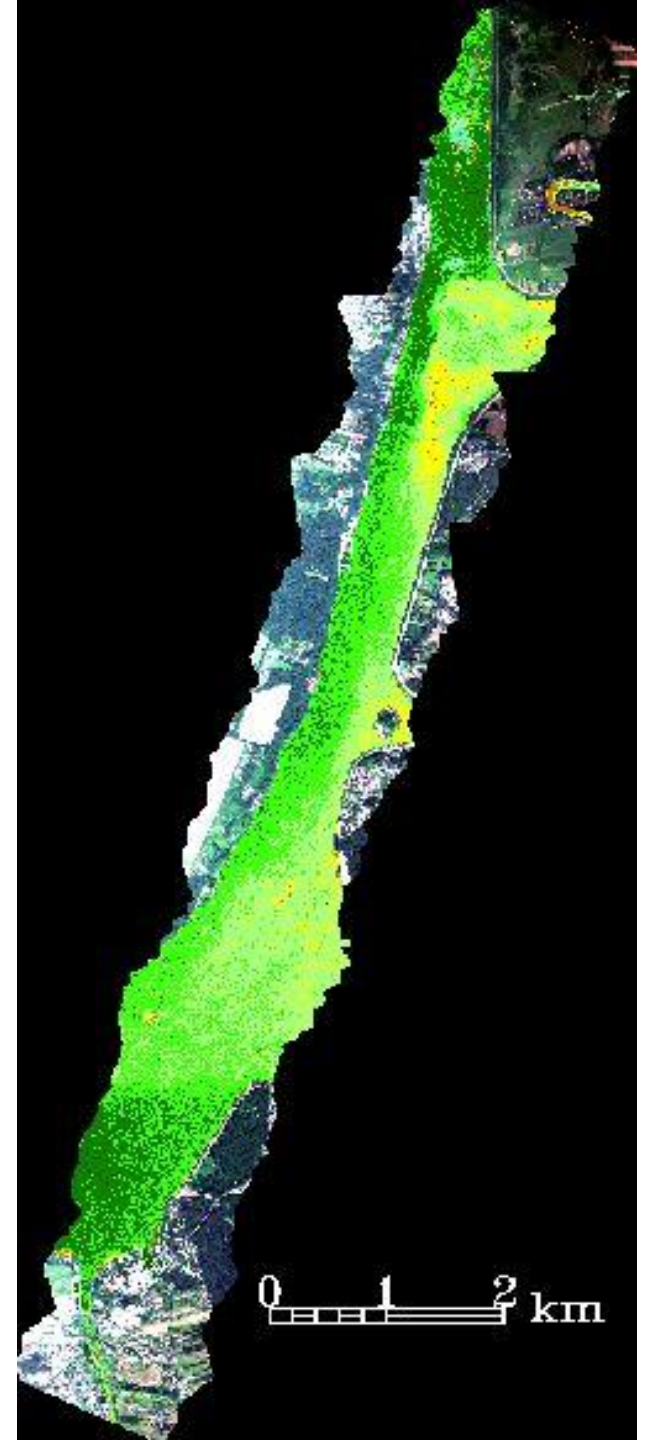
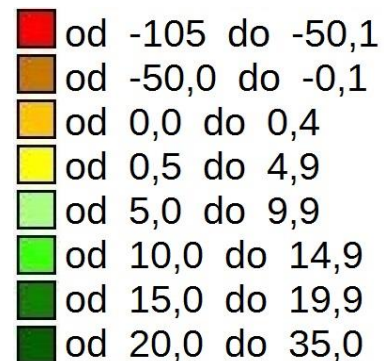


Chlorofil a

$$Chl\ a = -51 * \frac{\rho_{699:705}}{\rho_{670:677}} + 69$$

$\rho_{699:705}$ – wartości odbicia dla fali o długości między 699 a 705 nm

$\rho_{670:677}$ – wartości odbicia dla fali o długości między 670 a 677 nm



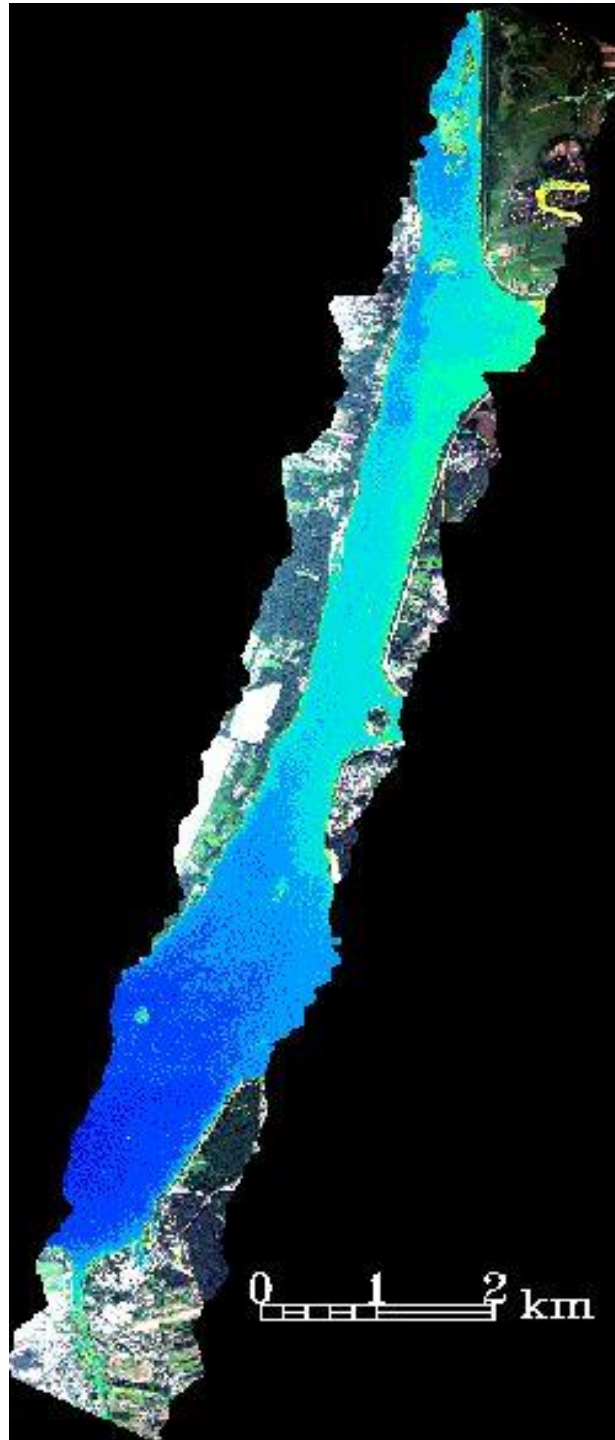
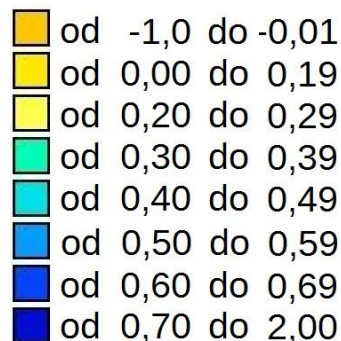
Widzialność krążka Secchiego

$$SDD = \frac{\rho_{490} - \rho_{754}}{\rho_{620} + \rho_{754}}$$

ρ_{490} – wartość odbicia dla fali o długości 490 nm

ρ_{754} – wartość odbicia dla fali o długości 754 nm

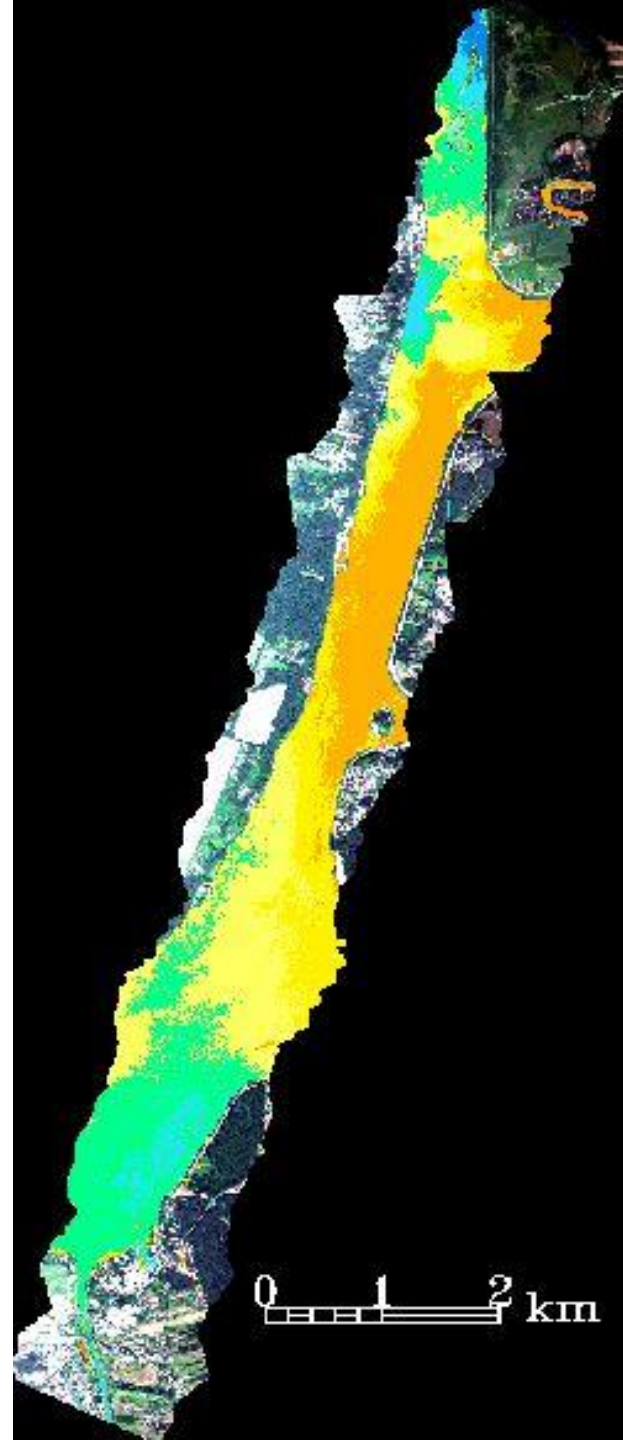
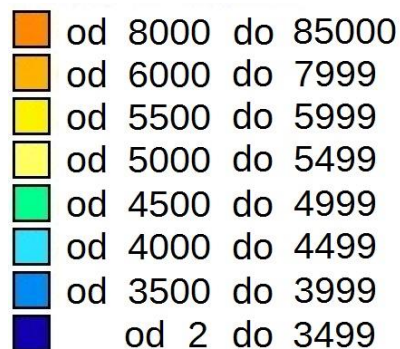
ρ_{620} – wartość odbicia dla fali o długości 620 nm



Zawiesiny ogółem

$$TSS = 1,92 + 4,49 * \rho_{614,5:625,2}$$

$\rho_{614,5:625,2}$ – wartość odbicia dla fali o długości pomiędzy 614,5 a 625,5 nm

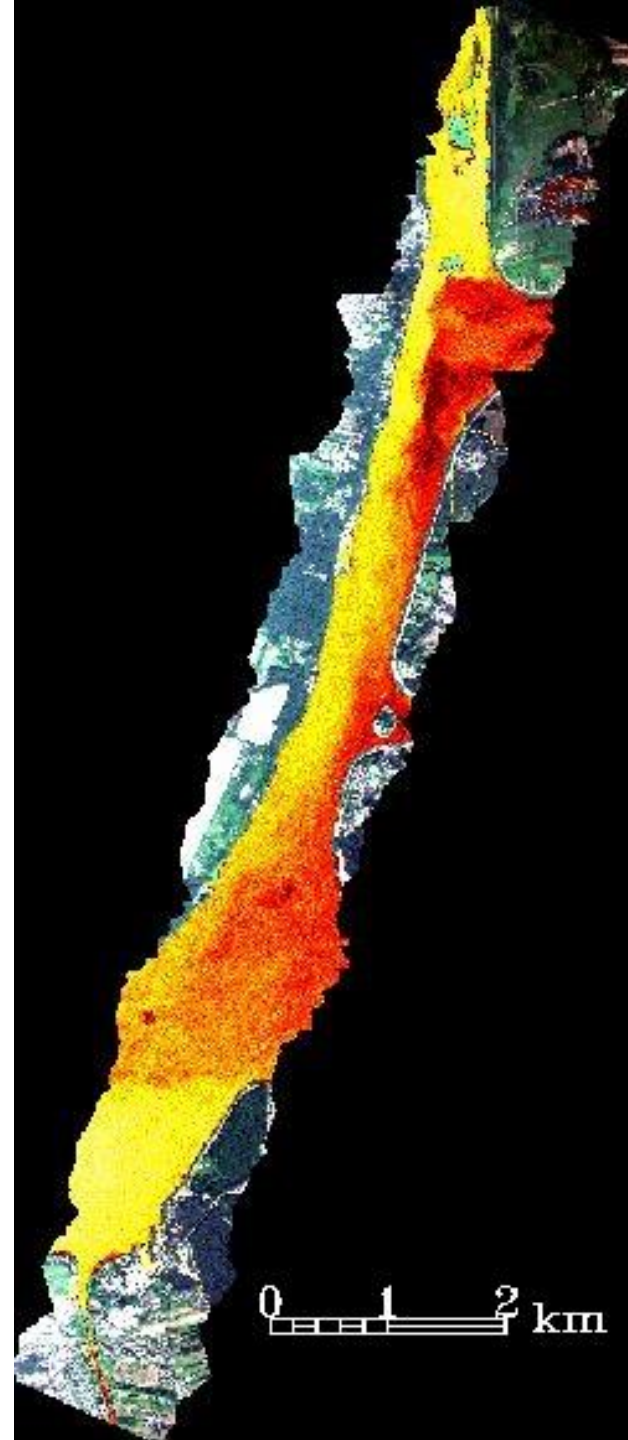
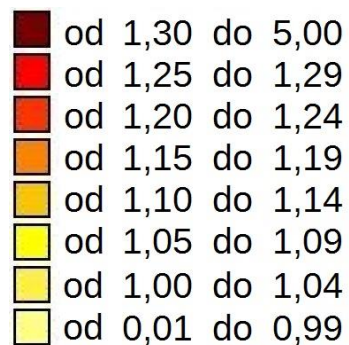


Zawartość fosforu całkowitego

$$TP = \frac{\rho_{706}}{\rho_{676}}$$

ρ_{706} – wartość odbicia dla fali o długości 706 nm

ρ_{676} – wartość odbicia dla fali o długości 676 nm



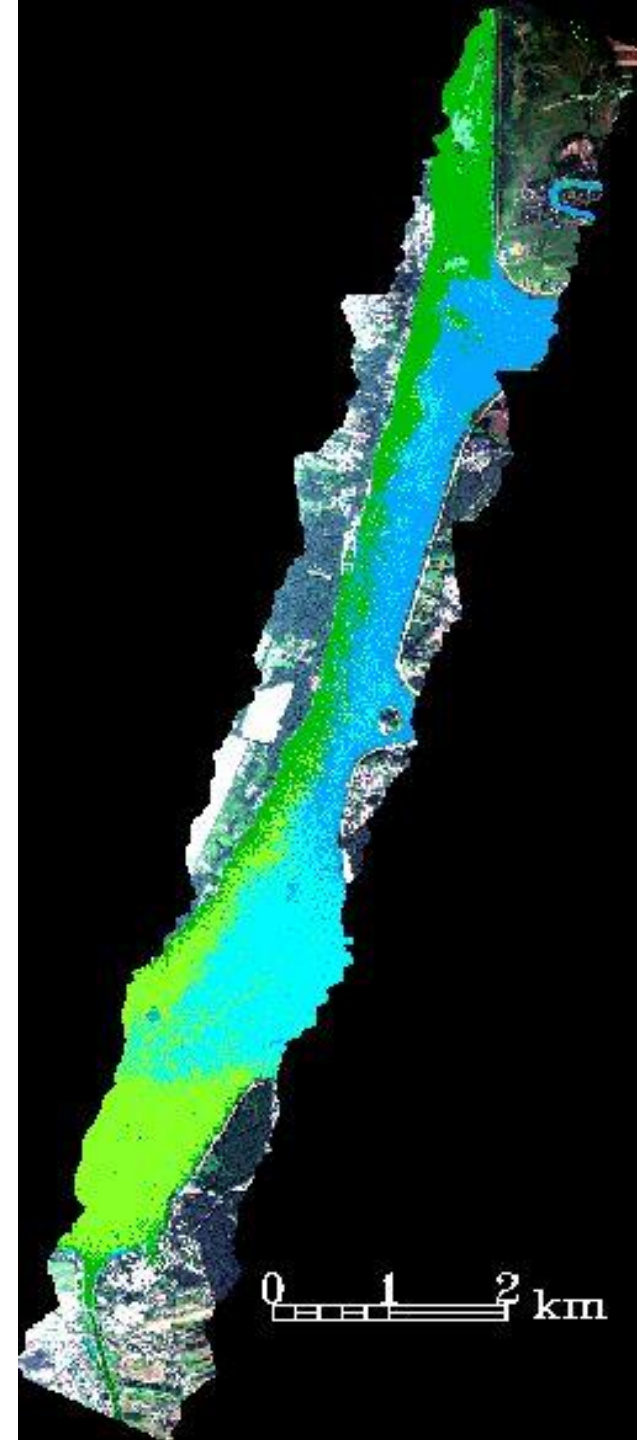
Klasyfikacja zawartości chlorofilu

Klasyfikacja nienadzorowana IsoData

Kartogramy wskaźników:

- NDVI 705
- mSR 705
- PRI
- CRI 1
- ARI 1

Zawartość chlorofilu



Klasyfikacja jakości wód

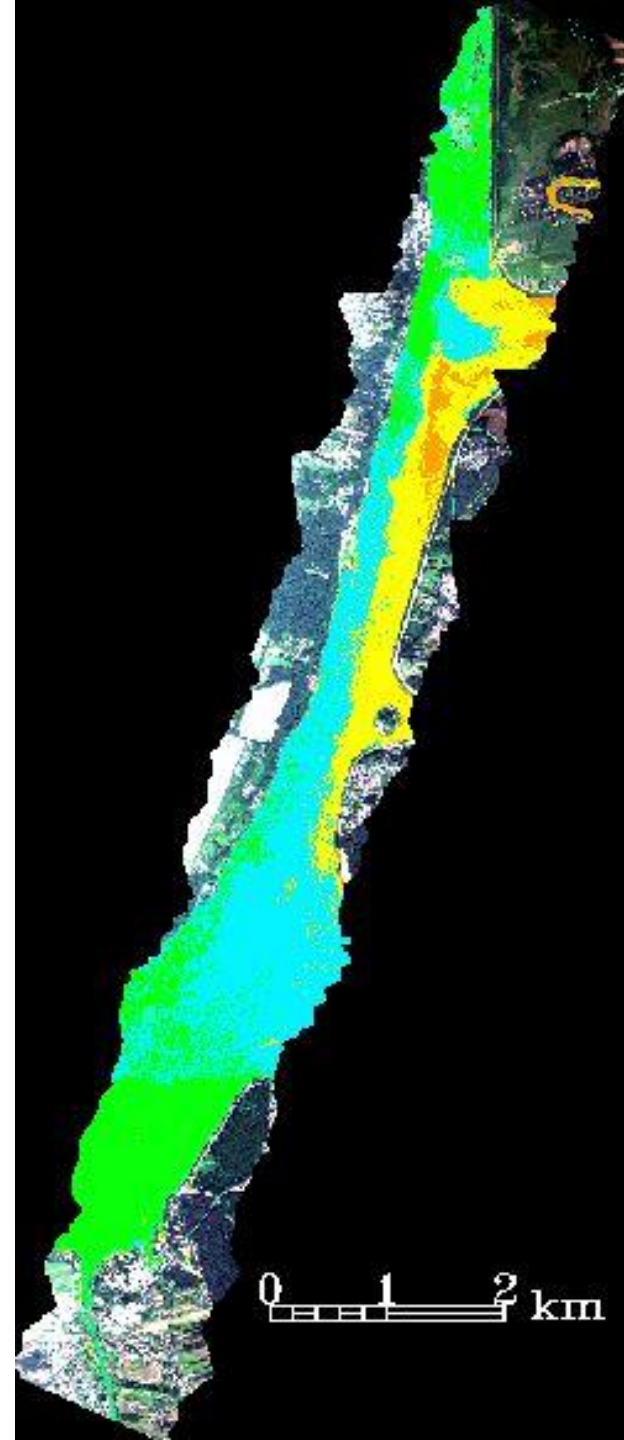
Klasyfikacja nienadzorowana IsoData

Kartogramy wskaźników jakości wód:

- Widzialność krążka Secchiego
- Mętność
- Zawiesiny ogółem
- Fosfor całkowity
- Rozpuszczona materia organiczna
- Zawartość chlorofilu *a*

Występowanie substancji w wodzie

-  bardzo wysoka zawartość zawiesin
-  wysoka zawartość zawiesin
-  strefa mieszania
-  wysoka zawartość chlorofilu *a*
-  roślinność wodna wynurzona



Związek między parametrami wody uzyskanymi z pomiarów terenowych i wartościami wskaźników hiperspektralnych

Współczynnik korelacji rang Spearmana

	NDVI 705	mSR	PRI	CRI 1	ARI 1	Mętność	Zawiesiny ogółem	Rozpuszczona materia organiczna	Chlorofil a	Fosfor całkowity	Widzialność krążka Secchiego
chlorki	-0,34	-0,47	-0,42	0,25	0,44	-0,44	0,47	0,59	-0,31	0,20	-0,25
siarczany	-0,40	-0,38	-0,31	0,21	0,36	-0,45	0,43	0,67	-0,31	0,16	-0,18
bromki	0,37	0,41	0,52	-0,76	-0,85	0,85	-0,91	-0,65	0,43	-0,51	0,80
fluorki	-0,43	-0,14	-0,64	0,24	0,36	-0,21	0,17	0,14	-0,45	0,40	0,07
sód	-0,21	-0,57	-0,26	0,29	0,52	-0,60	0,64	0,76	-0,19	0,07	-0,47
amoniak	0,14	0,48	0,19	-0,19	-0,45	0,64	-0,62	-0,83	0,10	0,01	0,48
potas	-0,29	-0,45	-0,38	0,26	0,50	-0,50	0,52	0,67	-0,26	0,18	-0,34
magnes	0,33	0,40	0,60	-0,69	-0,81	0,74	-0,81	-0,52	0,43	-0,51	0,71
wapń	-0,33	-0,38	-0,52	0,55	0,79	-0,83	0,81	0,76	-0,36	0,36	-0,63
barwa	0,00	-0,50	-0,26	0,21	0,57	-0,60	0,62	0,67	-0,05	-0,01	-0,51
tlen rozpuszczony	0,48	0,05	0,45	-0,33	0,02	-0,19	0,14	0,62	0,55	-0,43	-0,35
przewodność	-0,25	-0,50	-0,54	0,51	0,77	-0,73	0,78	0,66	-0,32	0,33	-0,64

Skala barw	Skala	Siła korelacji
	<0,2	słaba
	0,2-0,4	niska
	0,4-0,6	umiarkowana
	0,6-0,8	wysoka
	0,8-0,9	bardzo wysoka
	0,9-1	zależność praktycznie pełna

Poziom istotności: 0,05
8 punktów testowych

Związek między wynikami modelu hydrodynamicznego CCHE2D i wskaźników hiperspektralnych

Współczynnik korelacji rang Spearmana

Wyniki modelu/ wskaźniki AISA	Korelacja porządku rang Spearmana dla wartości wskaźników teledetekcyjnych oraz wyników modelu										
	mSR	NDVI 705	PRI	CRI	chlorofil a	ARI1	widzialność krążka Secchiego (SDD)	zawiesiny ogółem (TSS)	metność	rozpuszczona materia organiczna (CDOM)	fosfor
zawiesina	0,12	-0,49	-0,70	0,62	-0,63	0,62	-0,33	0,55	-0,57	0,53	0,61
predkosc przepływu	0,06	0,22	-0,03	0,00	0,07	0,35	-0,29	0,40	-0,36	0,44	-0,06
rumowisko rzeczne	0,33	0,06	-0,34	0,34	-0,26	0,61	-0,55	0,59	-0,60	0,71	0,27

Skala barw	Skala	Siła korelacji
	<0,2	słaba
	0,2-0,4	niska
	0,4-0,6	umiarkowana
	0,6-0,8	wysoka
	0,8-0,9	bardzo wysoka
	0,9-1	zależność praktycznie pełna

400 losowo rozmieszczonych punktów
Poziom istotności: 0,05

Wnioski

- Na podstawie analiz można stwierdzić, że między wodami Narwi i Bugu występują różnice w stanie wód. Wody obu rzek ulegają wymieszaniu dopiero w południowej części Jeziora Zegrzyńskiego.
- Wskaźniki hiperspektralne są skorelowane z wynikami badań hydrologicznych, ale wyniki bazują na małej liczbie punktów pomiarowych.
- Wyniki modelu hydrodynamicznego CCHE2D i wskaźników hiperspektralnych są ze sobą skorelowane.
- Obrazy hiperspektralne ALSA pozwoliły na określenie chwilowego stanu wody i względnej zawartości substancji w wodzie, mimo że sensor ALSA nie jest dedykowany do analizy jakości wód.
- Kolejnym etapem badań jest monitorowanie jakości wód przy wykorzystaniu obrazu HySpex (nalot wykonano 2.10.2015).

Wykorzystanie obrazowań hiperspektralnych do monitoringu jakości wód Jeziora Zegrzyńskiego

**Anna Jarocińska¹, Łukasz Sławik², Anita Sabat¹,
Bogdan Zagajewski¹, Artur Magnuszewski¹, Adrian Ochtyra¹**

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych

² MGGP Aero Sp. z o.o.