

Dane satelitarne dla administracji publicznej

Scenariusz warsztatowy 4

ANALIZA ZMIAN POWIERZCHNI ZBIORNIKÓW WODNYCH

Contraction of the second of t



Spis treści

Opis zadania	3
Cel zadania	3
Wykaz danych przestrzennych GIS	3
Wykaz stron internetowych	4
Wykaz zastosowanego oprogramowania	4
Instalacja wtyczki MapSwipe Tool	5
Opis ćwiczenia	6
1. Wczytanie danych do projektu	6
2. Ocena wizualna zmian zasięgu wody za pomocą wtyczki MapSwipe Tool	6
3. Obliczenie wskaźników wodnych	7
4. Analiza wartości wskaźnika NDWI	10
5. Wyznaczenie zasięgu zbiorników na podstawie wartości granicznej NDWI	12
6. Analiza zmian powierzchni zbiorników	13
7. Analiza zmienności wskaźnika MNDWI	15



Opis zadania

Niniejsze zadanie ma na celu wykorzystanie satelitarnych danych wielospektralnych do wyznaczenia powierzchni zbiorników wodnych i ich zmiany w czasie. Wyznaczenia powierzchni zbiorników wodnych i ich zmiany zostanie wykonane na podstawie obrazów z satelitów misji Sentinel-2 wykonanych w roku 2017 i 2021 okolic jeziora Wilczyńskiego, Kownackiego i Ostrowskiego (Pojezierze Gnieźnieńskie). Analiza zmienności właściwości obszarów wodnych zostanie przeprowadzona na podstawie obrazów Landsat 5 i 8 wykonanych w latach 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 i 2020.

Cel zadania

Celem zadania jest obliczenie wskaźników spektralnych (wskaźników wodnych) w celu wyznaczenia pola powierzchni jeziora oraz zapoznanie się z wieloletnią zmiennością właściwości spektralnych obiektów (zbiorników wodnych) w programie QGIS.

Wykaz danych przestrzennych GIS

Dane przestrzenne potrzebne do wykonania ćwiczenia znajdują się w folderze *MD_3_4\Dane*.

Dane satelitarne Sentinel-2 z terminów: 28.09.2017: S2_20170928_10m.tif

07.09.2021: S2_20210907_10m.tif

Numeracja kanałów w wielokanałowych rastrach z danymi Sentinel-2:

Nr kanału rastra (plik TIF)	Nr kanału satelity Sentinel-2
1	B02 - Blue
2	B03 - Green
3	B04 - Red
4	B05 - Vegetation Red Edge
5	B06 - Vegetation Red Edge
6	B07 - Vegetation Red Edge
7	B08 - Near-infrared
8	B11 - Short Wave Infrared SWIR1
9	B12 - Short Wave Infrared SWIR2

 Obrazy satelitarne Landsat 5 oraz wskaźnik wodny MNDWI obliczony na ich podstawie z terminów (folder: MD_3_4\Dane\Czorsztyn):

20.09.1985: obraz L5_1985_mask.tif, wskaźnik L5_1985_MNDWI.tif 01.08.1990: obraz L5_1990_mask.tif, wskaźnik L5_1990_MNDWI.tif 27.05.1995: obraz L5_1995_mask.tif, wskaźnik L5_1995_MNDWI.tif 09.06.2000: obraz L5_2000_mask.tif, wskaźnik L5_2000_MNDWI.tif 22.05.2005: obraz L5_2005_mask.tif, wskaźnik L5_2005_MNDWI.tif 11.10.2010: obraz L5_2010_mask.tif, wskaźnik L5_2010_MNDWI.tif

Numeracja kanałów w wielokanałowych rastrach z danymi Landsat 5:

Nr kanału rastra (plik TIF)	Nr kanału satelity Landsat 5
1	Band 1 - Blue
2	Band 2 - Green
3	Band 3 - Red
4	Band 4 - Near-infrared NIR
5	Band 5 - Short Wave Infrared (SWIR1)
6	Band 7 - Short Wave Infrared (SWIR2)



Obrazy satelitarne Landsat 8 oraz wskaźnik wodny MNDWI obliczony na ich podstawie z terminów (folder: MD_3_4\Dane\Czorsztyn): 18.05.2015: obraz L8_2015_mask.tif, wskaźnik L8_2015_MNDWI.tif 04.09.2020: obraz L8_2020_mask.tif, wskaźnik L8_2020_MNDWI.tif Numeracja kanałów w wielokanałowych rastrach z danymi Landsat 8:

Nr kanału rastra (plik TIF)	Nr kanału satelity Landsat 5
1	Band 2 - Blue
2	Band 3 - Green
3	Band 4 - Red
4	Band 5 - Near-infrared NIR
5	Band 6 - Short Wave Infrared (SWIR1)
6	Band 7 - Short Wave Infrared (SWIR2)

• Plik wektorowy z punktami pomiarowymi: *Punkty.shp*

Wykaz stron internetowych

- Pobieranie zobrazowań satelitarnych Sentinel-2: <u>https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home</u>
- Pobieranie zobrazowań satelitarnych Landsat: <u>https://earthexplorer.usgs.gov/</u>
- Informacje o produkcie poziomu 2 misji Sentinel-2 (Sentinl-2 Level-2A): https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/product-types/level-2a
- Informacje o produktach poziomu 2 misji Landsat 5 (Landsat 4-5 TM Level-2 Data Products -Surface Reflectance): <u>https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-4-5-tm-level-2-data-products?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects</u>
- Informacje o produktach poziomu 2 misji Landsat 8 i 9 (Landsat 8-9 OLI/TIRS Collection 2 Level-2 Science Products): <u>https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-8-9-olitirs-collection-2-level-2</u>
- Robak A., Gadawska A., Milczarek M., Lewiński S., 2016. Wykrywanie wody na zdjęciach optycznych Sentinel-2 na podstawie wskaźników wodnych. Teledetekcja Środowiska Tom 26 (2016/2) s. 59-72:

http://www.informacjakryzysowa.pl/uploads/243/59-72-robak-etal_1555666367.pdf

Wykaz zastosowanego oprogramowania

• QGIS 3.16



Instalacja wtyczki MapSwipe Tool

Wybierz z pola zakładek **Wtyczki > Zarządzanie wtyczkami**. W polu wyszukiwania wpisz nazwę **MapSwipe Tool**



i kliknij Zainstaluj wtyczkę. Ikona wtyczki powinna być widoczna na pasku narzędzi.



Opis ćwiczenia

1. Wczytanie danych do projektu

Otwórz program QGIS i korzystając z funkcji **Projekt > Zapisz jako**, zapisz projekt nazywając go np. *OZ_5_2_4.qgz* (w czasie pracy w programem QGIS pamiętaj, aby nie nazywać folderów i plików używając polskich znaków diakrytycznych i spacji). Wejdź do panelu właściwości projektu **Projekt > Właściwości** wybierz zakładkę **General** i ustaw folder z danymi i projektem jako katalog roboczy projektu (**Katalog Projektu**). Jeżeli wszystko zostało ustawione poprawnie w panelu **Przeglądarka** po rozwinięciu zakładki **Katalog Projektu** uzyskasz dostęp do danych w folderze roboczym.



Otwórz katalog **Dane**, zaznacz dane satelitarne z Sentinel-2 dla dwóch dat: S2_20170928_10*m.tif*, S2_20210907_10*m.tif*, a następnie przeciągnij je do panelu **Warstwy**. Obrazy wyświetl w kompozycji CIR (**Właściwości > Styl**: kolor wielokanałowy, czerwony (R): Kanał 7, zielony (G): Kanał 3, niebieski (B): Kanał 2). Następnie,

2. Ocena wizualna zmian zasięgu wody za pomocą wtyczki MapSwipe Tool

Za pomocą wtyczki **MapSwipe Tool** oceń wizualnie zmienność powierzchni zbiornika wodnego w analizowanym przedziale czasowym 2017-2021.

By użyć wtyczki zaznacz jedną z porównywanych warstw tak by była wyświetlona w głównym oknie mapy, a drugą tak by była podświetlona na niebiesko i kliknij ikonę MapSwipe Tool. W oknie głównym pojawi się jeden obraz, po kliknięciu lewym klawiszem myszki i przesunięciu kursora w oknie głównym pojawi się przesuwalna linia oddzielająca obrazy.





3. Obliczenie wskaźników wodnych

Istnieją różne metody i techniki wykrywania wód powierzchniowych na podstawie optycznych danych satelitarnych, m.in.: interpretacja wizualna, progowanie pojedynczych kanałów, wykorzystanie stosunku kanałów (wskaźniki), nadzorowane i nienadzorowane techniki klasyfikacji i inne. Szczególną rolę odgrywają tzw. wskaźniki wodne, których stosowanie związane jest z określeniem wartości progowej oddzielającej piksele wody od pikseli reprezentujących pozostałe formy pokrycia terenu. Wyznaczanie masek wody za pomocą progowania wskaźników wodnych jest procesem stosunkowo szybkim (Robak i in., 2016¹).

Najpopularniejszym wskaźnikiem wodnym, za pomocą którego można wyznaczyć powierzchnię zbiorników wodnych, jest wskaźnik NDWI (Normalized Difference Water Index; McFeeters, 1996²) obliczany w wykorzystaniem obrazów satelitarnych według wzoru:

$$NDWI = rac{Green - NIR}{Green + NIR}$$
 Green - reflektancja w kanale zielonym,
NIR - reflektancja w kanale bliskiej podczerwieni.

Według literatury dla wody wartość wskaźnika NDWI powinna wynosić powyżej 0 (wskaźnik obliczony na podstawie obrazów Landsat). Dla NDWI obliczonego na podstawie danych Sentinel-2 progi określające wartości wody mieszczą się w granicach $0,1 \div 0,2$.

Z kolei wskaźnik MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index; Xu, 2006³) posiada większe możliwości tłumienia zakłóceń spowodowanych przez zabudowę, roślinność i gleby. Wskaźnik MNDWI oblicza się według wzoru:

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR1}{Green + SWIR1}$$

$$Green - reflektancja w kanale zielonym,$$

$$SWIR1 - reflektancja w kanale średniej podczerwieni.$$

Według literatury dla wskaźnika MNDWI obliczonego na podstawie danych Sentinel-2 progi określające wartości wody mieszczą się w granicach 0,2÷0,3.

Wskaźnik SWM (Sentinel Water Mask; Robak i in., 2016⁴) jest nowym wskaźnikiem przeznaczonym do wyznaczenia maski wody na podstawie zobrazowań optycznych Senitnel-2. Wskaźnik SWM osiąga najwyższe wartości dla pikseli wody, a najniższe wartości dla pikseli pozostałych form pokrycia terenu (kontrast barwny pomiędzy wodą a innymi formami pokrycia terenu jest dużo większy niż dla innych wskaźników). Wskaźnik SWM oblicza się według wzoru:

014114	Blue + Green	Blue – reflektancja w kanale niebieskim
SWM =	NIR + SWIR1	Green – reflektancja w kanale zielonym,
		NIR – reflektancja w kanale bliskiej podczerwieni,
		SWIR1 – reflektancja w kanale średniej podczerwieni.

Według literatury dla wskaźnika SWM obliczonego na podstawie danych Sentinel-2 progi określające wartości wody mieszczą się w granicach 1,4÷1,6.

^{1,4} Robak A., Gadawska A., Milczarek M., Lewiński S. 2016. Wykrywanie wody na zdjęciach optycznych Sentinel-2 na podstawie wskaźników wodnych [The detection of water on Sentinel-2 imagery based on water indices]. Teledetekcja Środowiska 55(2): 59-72.

² McFeeters S.K. 1996. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing 17(7): 1425-1432.

³ Xu H. 1996. Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery. International Journal of Remote Sensing 27(14): 3025-3033.



Uwaga! Używanie progów zawsze wiąże się z błędami, które uwarunkowane są m.in. błędną identyfikacją pikseli, mieszaniem się pikseli wody z pikselami przedstawiającymi inne formy pokrycia terenu, a także różnymi wartościami progu dla wody w zależności od pory roku, w której wykonano zdjęcie oraz położenia geograficznego analizowanego obszaru. Dlatego podane wartości progowe należy traktować orientacyjnie, a progi dla wskaźników wyznaczać indywidualnie dla danego obrazu i terenu badania.

Z głównego menu wybierz **Raster > Kalkulator rastra** otworzy się okno, w którym można wykonywać obliczenia na warstwach rastrowych.

W polu **Kanały rastra** widać wszystkie dostępne kanały obrazów wielokanałowych Sentinel-2 w następującym formacie: **nazwa_obrazu@numer_kanału**. Aby wykonać obliczenia należy napisać (lub stworzyć) równanie w polu **Wyrażenie kalkulatora rastra**. W celu uniknięcia błędów podczas wpisywania nazw obrazów kliknij dwukrotnie na nazwę kanału, żeby przeniosła się do pola **Wyrażenie kalkulatora rastra**. Napisz równanie na NDWI i w polu **Warstwa** wskaż katalog wynikowy i nadaj nazwę rastrowi z wynikiem obliczeń (np. S2_2021_NDWI.tif). Upewnij się, że opcja **Dodaj wynikową warstwę do projektu** jest aktywna i kliknij **OK**.

Dla potrzeb tego ćwiczenia zostały stworzone rastry wielokanałowe z obrazów Sentinel-2 o rozdzielczości 10 m dla zakresu widzialnego (RGB) i bliskiej podczerwieni (NIR) oraz dla zakresów krótkiej (SWIR1 i SWIR2) podczerwieni i podczerwieni krawędziowej (RedEdge) przepróbkowane do rozdzielczości 10 m. Dlatego na potrzeby tego ćwiczenia za kanał Green wybierz kanał 2 (nazwa@2), a za kanał NIR – kanał 7 (nawa@7):



W ten sposób otrzymasz mapę w skali szarości. Jeżeli chcesz zmienić kolory, aby obraz był bardziej czytelny, w panelu **Właściwości warstwy (PPM > Właściwości > Styl)** wybierz rodzaj mapy **Jednokanałowy pseudokolor** i dostosuj kolory. Wybraną paletę barw można przeedytować wybierając opcję Edytuj paletę kolorów i zmieniając kolory na skali kolorów.





Obliczenie wskaźnika NDWI wykonaj analogicznie dla obrazu Sentinel-2 z 2017 roku. Następnie styl wyświetl stworzony raster NDWI z 2017 roku w ej samej palecie barw co raster NDWI z 2021 roku (kopiowanie stylu: **PPM > Style > Kopij styl**, wklejanie stylu: **PPM > Style > Wklej styl**).



Warstwy			Warstwy ♥ 0 52 2017 n ♥ 52 2017 n 0.8602 0.4963 0.125 0.2314 0.5952 ♥ 52 202199 ♥ 52 202199 ♥ 52 202199		
	Style	Kopiuj styl		<u>W</u> łaściwości	Wklej styl
	<u>W</u> łaściwości	Dodaj Zmień nazwę bieżącego • domyślny			Dodaj Zmień nazwę bieżącego • domyślny

Uzyskane obrazy wskaźników NDWI:

2021





4. Analiza wartości wskaźnika NDWI

Wyłącz z widoku obrazy satelitarne Sentinel-2 z 2017 i 2021 roku i przeanalizuj otrzymane wyniki (rastry NDWI) używając narzędzia **Informacje o obiekcie** R. Narzędzie to pozwala na odczytanie wartości we wskazanej komórce rastra. Zmieniając tryb działania z menu kontekstowego wybierz **Identyfikuj wszystkie**, zmień **Widok** wyświetlania informacji na **Tabela** i odczytaj wartości dla wszystkich aktywnych (widocznych) warstw. Sprawdź jakie wartości współczynnik przyjmuje dla wody, a jakie dla innych obszarów.





Do wyznaczenia progu określającego wartości wskaźnika NDWI dla wody pomocna może być również zmiana sposobu wyświetlania warstwy ze wskaźnikiem tak, aby piksele obrazujące inne formy pokrycia terenu niż woda były całkowicie transparentne.

Upewnij się czy obraz Sentinel-2 z 2021 roku jest widoczny w oknie mapy (✓ przy S2_20210907_10m w panelu **Warstwy**). Zmień właściwości wyświetlania warstwy ze wskaźnikiem NDWI tak, aby piksele poniżej wartości "0" były całkowicie transparentne (**PPM > Właściwości > Przezroczystość**: w **Opcjach Przezroczystości** dodaj nową listę pikseli przezroczystości w zakresie: od – 1 do 0.1, 100% przezroczystości i kliknij **Zastosuj**. Przeanalizuj otrzymane wyniki na różnych fragmentach obrazu satelitarnego, a jeżeli uważasz, że wynik mógłby być dokładniejszy przetestuj inne wartości progowe wskaźnika NDWI.



Siedziba główna Agencji |ul. Trzy Lipy 3 (Budynek C), 80-172 Gdańsk | tel. +48 58 500 87 60 | e-mail: sekretariat@polsa.gov.pl Oddział w Warszawie | ul. Prosta 70, 00-838 Warszawa | tel. +48 22 380 15 50 | e-mail: sekretariat.warszawa@polsa.gov.pl Oddział w Rzeszowie | ul. Warszawska 18, 35-205 Rzeszów | tel. +48 516 222 695 | e-mail: michal.piłecki@polsa.gov.pl

11



5. Wyznaczenie zasięgu zbiorników na podstawie wartości granicznej NDWI

Narzędzie **Kalkulator Rastra** oprócz obliczeń na warstwach rastrowych pozwala na tworzenie map binarnych (0,1) na podstawie warunków logicznych, czyli tzw. operacje progowania. Wynikowa mapa dla pikseli spełniających zadany warunek przyjmuje wartości "1", a dla pozostałych pikseli (niespełniających zadanego warunku) – wartość "0".

Korzystając z narzędzia **Kalkulatora rastra** i operacji progowania, wyznacz zasięg wody dla badanego terminu (2021 rok) na podstawie wartości progu dobrane w pkt. 4 ćwiczenia. W polu **Wyrażenie kalkulatora rastra** wpisz formułę (separatorem dziesiętnym wartości jest "."):

"S2 2021 NDWI@1"> wartość progowa

i wskaż miejsce zapisu wynikowego pliku.

	ra				Warstwa	wyniko	va				
S2_20170	928_10m@9				Warstw	а		MD_3_4\Wy	nik\S2_202	1_NDWI_woda 🖾	11.
S2_2017_N	NDWI@1										
S2_20210	907_10m@1				Format	wyjsciow	/	GeoTIFF			-
S2_20210	907_10m@2				Zasie	eg wybrar	iej warstwy				
S2_20210	907_10m@3			_	Y min	704800	00000		¥ may	718760.00000	
52_20210	907_10m@4				A 1100	701000,			Amax	710700,00000	
52_20210	907_10m@5				Y min	5814920	,00000	•	Y max	5828720,00000	
S2_20210	907_10m@7				Kolumn	1396	4	2	Wierszy	1380	;
52 20210	907 10m@8										164
52_20210	907_10m@9				Wyjscio	wy układ	współrzędnych	EPSG:32633	- WGS 84 /	UTM zone 33N 👻	
S2_2021_M	NDWI@1				✔ Dod	aj wyniko	wą warstwę d	o projektu			
+	*	sqrt	cos	sin		tan	log10	(
-		^	acos	asin		atan	In				
) >	=	!=	<=		>=	AND	OR			
<	min	max									
< abs		stra									
< abs yrażenie k	alkulatora ras										
< abs yrażenie k	alkulatora ras	al									
< abs yrażenie k s2_2021	_NDWI01" >	0									
< abs yrażenie k s2_2021	alkulatora rasNDWI@1" >	· 0									

W wyniku otrzymujemy czarnobiałą mapę, gdzie kolorem białym zaznaczona jest woda (wartości NDWI > 0), a czarnym wszystko inne. Możemy zmienić sposób wyświetlania wyniku w panelu **Właściwości warstwy > Styl** wybierz typ legendy **Paleta/Unikalne wartości** i kliknij **Klasyfikuj** (*przed sklasyfikowaniem wartości obraz zniknie z obszaru roboczego*). Następnie możesz ustawić dowolne kolory dla zbiorników wodnych i pozostałych obszarów.



Następnie powtórz obliczenia dla drugiego terminu (dla różnych terminów możesz zastosować inne wartości progowe, ale nie powinny one się od siebie znacząco różnić).



6. Analiza zmian powierzchni zbiorników

Analiza zmian powierzchni zbiorników obejmować będzie wyznaczenie lokalizacji tych zmian w przestrzeni w postaci mapy zmian zasięgu zbiorników oraz obliczenie zmian powierzchni zbiorników.

Do stworzenia mapy zmian oraz wyznaczenia powierzchni zmian zbiorników wykorzystamy funkcję **Kalkulator rastra.** Odejmując raster z jednego terminu od rastra z drugiego terminu otrzymamy w wyniku mapę z 3 wartościami:

- 0 brak zmiany (0 0 lub 1 1);
- -1 zasięg zbiornika uległ zwiększeniu;
- +1 zasięg zbiornika uległ zmniejszeniu.

Ponownie otwórz **Raster > Kalkulator rastra** i w polu **Wyrażenie kalkulatora rastra** odejmij zasięg zbiorników otrzymany w roku 2021 od zasięgu zbiorników wodnych otrzymanego w terminie 2017. Wskaż miejsce zapisu wynikowego pliku.

	а				Warstwa	wynikowa					
52_2017_N	NDWI_woda@)1			Warstw	a		Wynik\S2_ND	NI_woda_zmiar	na_2017_2021 🖾	
52_202109	907_10m@1				Format	wyiściowy		GeoTIEE			*
52_202109	907_10m@2				Torride	nyjscowy		GCOTAT			
52_202105	907_10m@3				Zasi	ęg wybranej war	stwy				
52 20210	907_10m@4				X min	704800,00000	\$		X max	718760,00000	;
52_202109	907_10m@6				Y min	5814920.00000	4		Ymax	5828720.00000	1
52_202109	907_10m@7									[
52_202109	907_10m@8				Kolumn	1396	Ŧ		Wierszy	1380	1
52_202109	907_10m@9				Wyjśćio	wy układ współr.	rędnych	EPSG:32633 -	WGS 84 / UTM	zone 33N 💌	All B
Operator	y										
Operator +	y *	sqrt	COS	sin	tan	log10		(
Operator + -	y 	sqrt	COS acos	sin asin	tan	log10		(
Operator, + - <	y * / >	sqrt ^ =	cos acos !=	sin asin <=	tan atar	n log10 n In AND		() OR			
Operator + - abs	y *	sqrt ^ = max	cos acos !=	sin asin <=	tan atar	log10 n In AND		() OR			
Operator + - abs rażenie k	y * / / min akulatora ras	sqrt ^ = max	cos acos !=	sin asin <=	tan	log10 n In : AND		() OR			
Operator + - abs raženie k	y * / / min alkulatora ras	sqrt ^ = max tra	cos acos !=	sin asin <=	tan	l log10 n In AND		() OR			
Operator + - - abs rażenie k 32_2017	y * / / min akulatora ras	sqrt ^ = max tra 01" - "S2_	cos acos != 2021_NDWI	sin asin <= woda@1"] tan] atan] >=	l log10 n In AND		() OR			
Operator + - abs raženie k 32_2017	y * / / min akulatora ras _NDWI_woda	sqrt ^ = max tra @1" - "\$2_	cos acos != 2021_NDWI_	sin asin <= woda@1"	tan	log10		() OR			

Wynik domyślnie wyświetli się w skali szarości, aby był bardziej czytelny przejdź do panelu stylów i ustaw **Paleta/unikalne wartości**, pamiętaj o kliknięciu **Klasyfikuj**, żeby obraz wyświetlił się w wybranych barwach. Powinieneś otrzymać wynik podobny do przedstawionego poniżej.



13



W ten sposób otrzymaliśmy mapę zmian powierzchni zbiorników w latach 2017 - 2021. Obszary zmian powierzchni zbiorników wodnych można również wyświetlić na tle obrazu satelitarnego ustawiając w stylu wyświetlania rastra 0% krycia rastra dla pikseli o wartości "0"

•	Rendrowanie	kanałów			
	Sposób wyświet	lania Paleta/Uni	ikalne wartości 🛛 🔻		
	Kanał	Kanał 1 (Gray)			
	Paleta kolorów				
	Wartość	Kolor	Etykieta		
	-1		-1		
	0				
	, in the second		Zmień kolor	🔇 Krycie	×
	1		Zmień krycie	Zmień krycie ł	oloru [%]
			Zmień etykietę	0	\$
				ОК	Anuluj

Mapa zmian powierzchni zbiorników w latach 2017 – 2021 na tle obrazu Sentinel-2 z 2017 roku.



Ostatnim krokiem będzie obliczenie powierzchni zmian. W panelu Algorytmy processingu (menu Processing > Panel algorytmów) znajdź narzędzie Raport unikalnych wartości rastra. Jako Warstwa źródłowa wybierz warstwę będącą wynikiem odejmowania dwóch terminów dla Numer kanału wybierz Kanał 1 i wskaż, gdzie zapisać raport w postaci pliku *.html.

Algorytmy Processingu 🕫 🗷	🔇 Raport unikalnych wartości rastra	×
Q Szukaj	Parametry Plik zdarzeń Warstwa wejściowa S2_NDWI_woda_zmiana_2017_2021 [EPSG:32633] Mumer kanału Kanał 1 (Gray) Raport unkalnych wartości [opcjonalne] MD_3_4/Wynik/S2_NDWI_woda_zmiana_2017_2021.html Imabela unikalnych wartości [opcjonalne] //MD_3_4/Wynik/S2_NDWI_woda_zmiana_2017_2021.csv Imabela unikalnych wartości [opcjonalne] //MD_3_4/Wynik/S2_NDWI_woda_zmiana_2017_2021.csv Imabela unikalnych wartości [opcjonalne] //MD_3_4/Wynik/S2_NDWI_woda_zmiana_2017_2021.csv Imabela unikalnych wartości [opcjonalne] //MD_3_4/Wynik/S2_NDWI_woda_zmiana_2017_2021.csv	Raport unikalnych wartości rastra Algorytm zwraca ilość i powierzchnię każdej unikalnej wartości w podanej warstwie rastrowej.
S2_2017_NDWI_woda	0%	Anuluj
	Wykonaj jako przetwarzanie wsadowe	Uruchom Zamknij Pomoc



Przykładowy wynik w postaci raportu html i tabeli:

Analizowany plik: C:\MD_3_4\Wynik\S2_NDWI_woda_zmiana_2017_2021.tif (kanał 1) Odwzorowanie: EPSG:32633 - WGS 84 / UTM zone 33N Szerokość w pikselach: 1396 (jednostek na piksel 10) Q S2_NDWI_woda_zmiana_2017_2021 — ... \times Wysokość w pikselach: 1380 (jednostek na piksel 10) / 🕺 🗟 1 📆 🖷 🖂 🚳 🗋 1 🍇 🗮 💟 🍢 🍸 🗷 🏘 🔎 1 value count m2 Całkowita ilość pikseli: 1926480 -1.00000000 1084 108400.00000000 Ilość pikseli NODATA (bez danych): 0 0.00000000 1920642 192064200.000 1.00000000 4754 475400.00000000 Wartość Ilość pikseli do obszaru (m²) -1 1084 108400 👕 pokaż wszystkie obiekty 0 192064200 1920642 4754 475400 1

Stosując wyżej przedstawione narzędzia można sporządzić mapy zmian powierzchni zbiorników oraz obliczyć jaka była powierzchnia tych zmian. Sprawdź jakie otrzymasz wyniki korzystając ze wskaźnika MNDWI lub SWM.

7. Analiza zmienności wskaźnika MNDWI

Wskaźniki wodne można również wykorzystać do analizy zmienności zasięgu wody np. na terenach często zalewanych, jak i zmienności właściwości obszarów wodnych. W tej części ćwiczenia dla wybranych punktów pomiarowych przeanalizuj zmienność wskaźnika MNDWI w czasie na przykładzie zasięgu zbiornika Czorsztyńskiego i poza nim. W materiałach do ćwiczenia znajdziesz warstwę z 10 losowymi punktami (punkty.shp). Do każdego z punktów przypisz wartości wskaźnika MNDWI dla analizowanych terminów.

Otwórz nowy projekt w QGIS i dodaj do niego rastry z obliczonym, na podstawie obrazów Landsat 5 i 8, wskaźnikiem MNDWI (przeciągnij z odpowiednie pliki z katalogu *MD_3_4\Dane\Czorsztyn* z panelu **Przeglądarka** do okna głównego lub menu **Warstwa > Dodaj warstwę rastrową**) i dopasuj sposób ich wyświetlania analogicznie jak w części pierwszej ćwiczenia (*możesz wykorzystać funkcję kopiowania i wklejania stylu dla kilku warstw jednocześnie*). Następnie dodaj warstwę wektorową z punktami pomiarowymi (przeciągnij z plik *punkty.shp* z panelu **Przeglądarka** do okna głównego lub menu **Warstwa > Dodaj warstwę wektorowa**). Dostosuj styl wyświetlania punktów oraz dodaj etykiety z numerami (**PPM > Właściwości > Etykiety**: zakładka **Tekst**: Wartość Id, Rozmiar 10, zakładka **Położenie**: Odległość 0,5)



Przeglądarka	88	Q Właściwości w	arstwy — Punkty — Etykiety		×	
Va V T a V	- 98 201	al	m Proste etvicety		- N	
Zakładki przestrzenne Katalog projektu	and a start	👔 Informacje	Wartość 123 Id	Q Właściwości war	stwy — Punkty — Etykiety	×
* 🛅 Dane		Żródło	 Próbka tekstu 	Q	C Proste etyldety	v 💊
Czorsztyn CP Punkty.shp	63.5	😴 👘 😽 Styl	Lorem Ipsum	🕢 Informacje	Wertość 123 Id	۶ -
S2_20170928_10m.tif	1 2 2 2 2 2 2 2	Etykiety		💸 Źródło		1.1
Algorytmy Processingu Przeglądarka	12 22	Citte Maski	Lorem lipsum	💸 Styl	Lorem Ipsum	<u> </u>
Warstwy	88	Widok 3D	ebe Tekst Tekst	Etykiety		
🛩 🙉 👟 🍸 🔩 🖷 🖼			2 Formatowar Czcionka MS Shell Dig 2	CC9 Maski	Lorem Ipsum	★ 1:77927 ▼ 100 ▼ ▼
✓ ● Punkty ✓ ■ L8_2020_MNDWI		Pola	we Bufor ww Maska Skyl Normalny	🔶 Widok 3D	Polozenie Polozenie Polozenie Ustawienia główne	
✓ La 2015 MNDWI ✓ La 2015 MNDWI ✓ La 2010 MNDWI ✓ La 2010 MNDWI	1 a 1	8 Formularz atrybutów	Cień Rozmiar 10,0000	🐐 Kartodiagram	Bufor Opcja Tryb rozmieszczania steruje o in obiektów.	gólnym położeniem etykiet względem odpowiadających
> V V L5_2000_MNDWI	6 4	Ziaczenia	Položenie Pulikty	Pola	Tryb wokół punktu	•
 V L5_1995_MNDWI V L5_1990_MNDWI 	1111	Dane	/ Renderowar Kolar	Formularz atrybutów	Cień Ustawia propozycje obykiet wokół obiektu Obiaśnienia Cień Ustawia propozycje obykiet wokół obiektu rozmiestczenie w prawym górnym rogu	zgodnie z ruchem viskazówek zegara, preferując zbiektu.
▶ ✓ № L5_1985_MNDWI	P. B. Y. R.S.	pomocnicze	Krycie ·	• 📢 Złączenia	Położenie Odłegłość 0,5000	a 🛊 🖶
	Soft for the second second	Akcje	Formatowanie HTML	Dane .	/ Renderowar milmetry	• 6.
	State of Longer	Wyswietl	Q. Ulabione	pomocnicze	Kwadrant 🖳	
	100	Renderewarie		Akcje		
	FIS EN	Czas		🤛 Wyświetl		
	and a second second	Zmienne		≼ Renderowanie	💌 📃 generator geometrii	
	1 . M	Metadane		🕓 Czas		
	IN AND WATE	Zależności		🗧 Zmienne		
		Legenda	- 5tyl -	📝 Metadane		
1				Zależności	1	
				E Legenda		OF Audul Testant Dome

Aby przypisać wartości wskaźnika MNDWI dla poszczególnych punktów pomiarowych (punktowa warstwa wektorowa) skorzystaj z narzędzia **Processing > Panel algorytmów processingu > Raster-analizy > Próbkuj wartość rastra**.

Przypisanie wartości wskaźnika MNDWI można wykonać pojedynczo dla każdego rastra z osobna (czyli wykonać jako pojedynczy proces wybierając jako **Warstwa wejściowa** warstwę z punktami, jako **Warstwę rastrową** – warstwę ze wskaźnikiem z wybranego stanu czasowego, ustalić przedrostek kolumny wynikowej oraz lokalizację, nazwę i format (.csv) pliku wynikowego) lub w tzw. trybie wsadowym, czyli kilka przetworzeń po kolei.

Przełącz tryb wykonania polecenia na tryb wsadowy klikając Wykonaj jako przetwarzanie wsadowe.

Algorytmy Processingu III 8		
🍬 🔩 🛈 🖹 I 🤛 Š	🛛 Q Próbkuj wartości rastra	×
Q Szukaj		
🔻 🔇 Raster - analiza 📤	Parametry Plik zdarzeń	Próbkuj wartości rastra
Requal to frequency	Warstwa wejściowa	This algorithm creates a new vector layer
Fuzzify raster (gaussian membership)	🕆 Punkty [EPSG:32634] 👻 🗤	with the same attributes of the input layer and the raster values corresponding on the
Fuzzify raster (large membership)	Tylko zaznaczone obiekty	point location.
¹ Fuzzify raster (linear membership)	Warstwa rastrowa	If the raster layer has more than one band,
Ly Fuzzify raster (near membership)		all the band values are sampled.
Euzzify raster (small membership)		
Reater than frequency	Przedrostek kolumny wynikowej [opcjonalne]	
Highest position in raster stack	SAMPLE_	
Histogram strefowy	Sampled	
Less than frequency	[Twórz warstwę tymczasową]	
Objetość powierzchni z rastra	VCzytaj plik wynikowy po zakończeniu	
Próbkuj wartości rastra		
🐡 Przeskaluj raster		
Raport unikalnych wartości rastra		
Raster boolean AND		
🔅 Raster boolean OR 👻		
Algorytmy Processingu Przeglądarka		
Warstwy 🛛 🕅		
🛹 🕼 👒 🝸 🖏 🛪 🗱 😭 🗔		
✓ ● Punkty		
V L8_2020_MNDWI		
► V ■ L8_2015_MNDWI	0%	Anuluj
V V L5_2010_MNDWI	Wykonaj jako przetwarzanie wsadowe	Uruchom Zamknij Pomoc

W oknie **Przetwarzanie wsadowe - Próbkuj wartość rastra** jako **Warstwa wejściowa** wybierz warstwę z punktami, a w kolumnie **Warstwa rastrowa** rozwiń menu **Autouzupełnianie** i wybierz **Wybierz z otwartych warstw** i zaznacz wszystkie wczytane warstwy z obliczonym wskaźnikiem wodnym MNDWI.



Parametr	y Plik zdarzeń							
(— 🗄							
Wars	twa wejściowa	Warstwa rastrowa	Przedrostek kolumny wyn	ikowej	Sa	mpled		
Auto	ouzupełnianie 🖕	Autouzupełnianie 🚽	Autouzupełnianie	-	Autouz	upełnianie	-	
Pun	ıkty 🔻 🔧	Wypełnij						
		📓 Oblicz wyrażenie	m					
		Dodaj wartości w	g wyrażenia	0				
		Dodaj pliki wg w	zorca	Q Zaznacz	tenie wielokroti	ne		>
		Wybierz pliki		✓ L5_1985	5_MNDWI			Zaznacz wszystko
		Dodai wszystkie r	oliki z katalogu	✓ L5_1990	_MNDWI			Wyczyść zaznaczeni
		Wybierz z otwart	vch warstw	✓ L5_1995	MNDWI			Developer appropriate
				✓ L5_2005	5_MNDWI			Fizerquz zaziraczoni
				✓ L5_2010	_MNDWI			ОК
				✓ L8_201	MNDWI			Anuluj
					-			
Wczyta	j warstwy po zakońci	teniu						
			U%				Anuluj	
Nykonaj ja	ko pojedynczy proces	s			Uruchom	Zamknij	Pomoc	

Nastepnie w kolumnie Przedrostek kolumny wynikowej wybierz menu **Autouzupełnianie > Oblicz wyrażeniem** i wpisz formułę tworzącą nazwę przedrostka kolumny wynikowej na podstawie nazwy uzywanej warstwy rastrowej:

```
concat( 'MNDWI ', substr(@RASTERCOPY ,4,4))
```

Powyższa formuła tworzy ciąg znaków (nazwę przedrostka kolumny wynikowej) łącząc (za pomocą funkcji concat) tekst "MNDWI_" z rokiem pozyskania danych Landsat "wyciągniętym" (za pomoca funkcji substr) z nazwy warstwy rastrowej (np. rok "1985" z nazwy "L5_1985_MNDWI").

Q Przetwarza	nie wsadow	e - Pr	róbkuj wartości	rastr	a						×					
Parametry	Plik zdarzeń															
+ = 📁																
Warstwa	wejściowa	١	Warstwa rastro	wa	Przedrostek	kolumny w	ynikowej		Sampled							
1 Autouzu	1 Autouzupełnianie		Autouzupełniani	e "	Autor	uzupełnianie 🚽 Autouzupe		Autouzupełnianie	ełnianie 👻							
2 🕈 Punkty	- 🔧 .	- 2	L5_1985_I 🔻		Wypełni	ij										
3 °Punkty	- 🔧 .	- 2	L5_1990_I -		🛅 Oblicz v	vyrażeniem										
4 ° Punkty	- 2.	- 2	L5_1995_I -		Dodaj v	🔇 🔇 Generat	or wyrażeń									×
5 °Punkty	- 2.	- 2	L5_2000_1 -		SAMPLE_	Wyrażenie	Edytor funkc	iji								
6 Punkty	- 🔍 .	- 2	L5_2005_1 -		SAMPLE_		1 💼 🕹 🕹				Q, S	zukaj	Pokaż pomo	c	zmienna RASTERCOPY	
7 Punkty	• Q.	- 2	L5_2010_I -		SAMPLE_	concat ('MNDWI_'	, substr(@RASTERCOPY	,4,4) <mark>)</mark>	c	OLUMN_PR	EFIX	•	Aktualna wartość	
8 ° Punkty	- 2.		L8 2015 I -		SAMPLE						0	NPUT UTPUT			'L5_1985_MNDWI_a06dabd4_c98b_4a	22_88a0_
9 Punkty	- 2.		L8 2020 1 -		SAMPLE						R	ASTERCOPY	(
											+ 0	ata i czas				
											FI	unkcje agreg	ujące			
											• G	eometry				
											K	olor				
											i b	uźne dopaso	wywanie			
											► N	lapy wartośc	i -			
Mendal warehuu na zakośczaniu											peratory	e				
wczytaj wa	3007 p0 2800	iczen	iu .			=+•	/ * ·	^ II () '\n'		► P	iki i ścieżki				
						Obiekt			•		P P	oran wartosc rocessing	1			
					0%	Podgląd: 'Mi	IDWI_1985'				► R	astry		Ŧ	4	Þ
Wykonaj jako p	ojedynczy pro	ces													OK Anuluj	Pomoc

W kolumnie **Sampled** w pierwszym wierszu klikamy ikonę i wybieramy miejsce zapisu, format pliku (.csv) oraz przedrostek dla nazwy pliku wynikowego np. punkty_. Po kliknięciu **Zapisz** pojawi się okno **Ustawienia autouzupełniania**, w którym wybierz **Tryb uzupełnienia: uzupełnij z parametru** i **Parametr: Przedrostek kolumny wynikowej**.



🔇 Zapisz plik				×
← → ~ ↑ 🚺	« MD_3_4 > Wynik > Cz	corsztyn v	ن ب Przeszu	kaj: Czorsztyn
Organizuj 🔹 No	owy folder			E • 🕐
🕽 Muzyka	^ Nazwa	^	Data modyfikacji	Тур
🧊 Obiekty 3D 📰 Obrazy		Żadne elementy nie pasują c	do kryteriów wyszukiwar	iia.
		Q Ustawienia autou:	zupełniania	×
💻 Pulpit 📑 Wideo		Tryb uzupełniania uzu	pełnij z parametru	*
🐛 Windows (C:)) ~ <	Parametr Prze	edrostek kolumny wyniko	wej 🔻
Nazwa pliku:	Punkty_		ОК	Anuluj
Zapisz jako typ:	CSV plików (*.csv)			~

Po kliknięciu **OK** nazwy plików wynikowych (kolumna **Sampled**) zostaną automatycznie uzupełnione. Zaznacz opcję Wczytaj warstwy po zakończeniu i kliknij **Uruchom**.

Parametry F	lik zdarze	eń								
÷ 📼 📛 🞚										
Warstwa w	ejściow	a	Warstwa rastrov	va	Przedrostek kolumny wynikowe	j Sampled				
1 Autouzupełnianie 🖕 Autouzupełnianie 🛫					Autouzupełnianie	Autouzupełnianie				
📫 Punkty 👻	2		F L5_1985_I 🔻		MNDWI_1985	/MD_3_4/Wynik/Czorsztyn/Punkty_MNDWI_1985.csv				
Punkty -	2		₽ L5_1990_I ▼		MNDWI_1990	/MD_3_4/Wynik/Czorsztyn/Punkty_MNDWI_1990.csv				
Punkty 👻	2		F L5_1995_l 👻		MNDWI_1995	/MD_3_4/Wynik/Czorsztyn/Punkty_MNDWI_1995.csv				
Punkty 👻	2		F 12000_1 *		MNDWI_2000	/MD_3_4/Wynik/Czorsztyn/Punkty_MNDWI_2000.csv				
💒 Punkty 🔻	2		F 12005_1 *		MNDWI_2005	/MD_3_4/Wynik/Czorsztyn/Punkty_MNDWI_2005.csv				
Punkty 👻	2		¥ L5_2010_I ▼		MNDWI_2010	/MD_3_4/Wynik/Czorsztyn/Punkty_MNDWI_2010.csv				
🙏 Punkty 👻	2		₽ L8_2015_I ▼		MNDWI_2015	/MD_3_4/Wynik/Czorsztyn/Punkty_MNDWI_2015.csv				
Punkty 👻	2		18_2020_1 ×		MNDWI_2020	/MD_3_4/Wynik/Czorsztyn/Punkty_MNDWI_2020.csv				
/ Wczytaj warst	wy po zał	kończ	eniu							

Po obliczeniu wartości wskaźnika MNDWI dla wszystkich punktów pomiarowych ze wszystkich 8 stanów czasowych otrzymaliśmy 8 plików CSV. W każdym z tych plików została zapisana wartość wskaźnika MNDWI obliczonego dla danej lokalizacji w okreslonym czasie. Wartości wskaźnika można przejrzeć otwierając tabelę atrybutów wybranej warstwy (**PPM > Otwórz tabelę atrybutów**).



Wartości wskaźnika MNDWI z utworzonych poszczególnych plików CSV otwórz za pomocą programu LibreOffice i zestaw w jednej wspólnej tabeli. Następnie utwórz na ich podstawie wykres przedstawiający zmienność wskaźnika MNDWI w dziesięciu punktach (przykład poniżej). Zastanów się jak zmienia się wskaźnik MNDWI zwłaszcza w przypadku punktów znajdujących się na obszarze zbiornika wodnego.



	А	В	С	D	E	F	G	Н	I	J	К
1	ld	MNDWI_1985	MNDWI_1990	MNDWI_1995	MNDWI_2000	MNDWI_2005	MNDWI_2010	MNDWI_2015	MNDWI_2020		
2	1	-0,262008727	-0,326298952	-0,306789756	0,857142866	0,806060612	0,810650885	0,565737069	0,046930023		
3	2	-0,462807149	-0,504857838	-0,438102305	0,989795923	0,641025662	0,593659937	0,594339609	0,049575251		
4	3	-0,052287582	-0,337487012	-0,268545985	-0,451452881	-0,408532172	-0,140056029	-0,674074054	-0,246623039		
5	4	-0,263594478	-0,468761414	-0,341377974	0,988636374	1,151898742	0,909722209	0,595505595	0,041944586		
6	5	-0,494822711	-0,567379653	-0,376693755	-0,459993422	-0,317590356	-0,373461008	0,220946908	-0,249770805		
7	6	-0,342423052	-0,398985386	-0,345919997	-0,404580146	-0,348770916	-0,470181495	-0,548458159	-0,224060968		
8	7	-0,470829904	-0,216494843	0,1675977707	0,671706259	0,961685836	0,794117630	0,481171548	0,043461684		
9	8	-0,433879107	-0,413636357	-0,385503888	-0,472499192	-0,440787464	-0,489046395	-0,704750717	-0,367100477		
10	9	-0,500838935	-0,357475907	-0,337888211	0,767123282	0,643312097	0,812778592	0,569844782	0,040971555		
11	10	-0,300217032	-0,280539930	-0,34713003	0,745635927	1,152542353	0,910034597	0,522012591	0,042745948		
12											
13		1,5									
14											
15											
16											
17		1,0									
18						\sim					
19						\times -					—— 1
20											— 2
21											— 3
22		0,5									4
23											- 5
24											
25					/						0
26		0.0			/						 /
2/		MNDWI 1985	MNDWI 1990	MNDWI 199	5 MNDWI 200	0 MNDWI 20	05 MNDW 2	2010 MNDWI	2015 MNDW	1 2020	 8
28			×					/			— 9
29						-					
30										•	
31		-0,5									
32											
24											
24											
20		-1.0									
30		1,0									

Komentarz:

W ćwiczeniu zapoznaliśmy się z możliwością wykorzystania wskaźników wodnych do analizy zmian powierzchni zbiornika wodnego oraz do analizy zmienności właściwości obszarów wodnych np. zmian w stopniu zanieczyszczenia zbiornika lub poziomu zawiesiny w wodzie. Metoda prostego progowania wskaźnika spektralnego może służyć do wstępnej analizy zmian zasięgu obszarów wodnych nie tylko zbiorników, ale również np. obszarów zalanych w czasie zjawisk katastrofalnych takich jak powodzie.