



Analiza zmian zachodzących na terenie wyrobisk piachu i żwiru zobrazowanych na danych satelitarnych

Małgorzata Pluskota



Rozpoznanie możliwości wykorzystania danych satelitarnych do monitorowania miejsc, w których następuje wydobywanie piasku i żwiru.



	Sentinel-2	SuperDove
Rozdzielczość przestrzenna	10 m	3 m
Dostępność danych	Darmowe	Komercyjne (częściowo darmowe)
Czas rewizyty	5 dni	Codziennie
Liczba kanałów spektralnych	12	8

Źródła grafik:

en.wikipedia.org/wiki/Planet_Labs,

en.wikipedia.org/wiki/Copernicus_Programme

Lokalizacje wyrobisk uzyskano dzięki uprzejmości

**Departamentu Gospodarki Odpadami,
Emisji i Pozwoleń Zintegrowanych
Urzędu Marszałkowskiego Województwa
Mazowieckiego w Warszawie**



Działka ewidencyjna

142009_2.0018.7

Informacje z ewidencji gruntów i budynków

Numer działki: **7**

Identyfikator: 142009_2.0018.7

Gmina: Płońsk

Obręb: MICHALINEK [Inne działki z tego obrębu](#)

Pow. geometryczna: 2.1121 ha (21121 m²)



Źródła:

https://e-mapa.net/polska/142009_2.0018.9

http://encyklopedia.warmia.mazury.pl/images/c/cb/Mazowieckie_mapa_administracyjna.png,



Normalized Difference Water Index
(McFeeters, 1996)

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

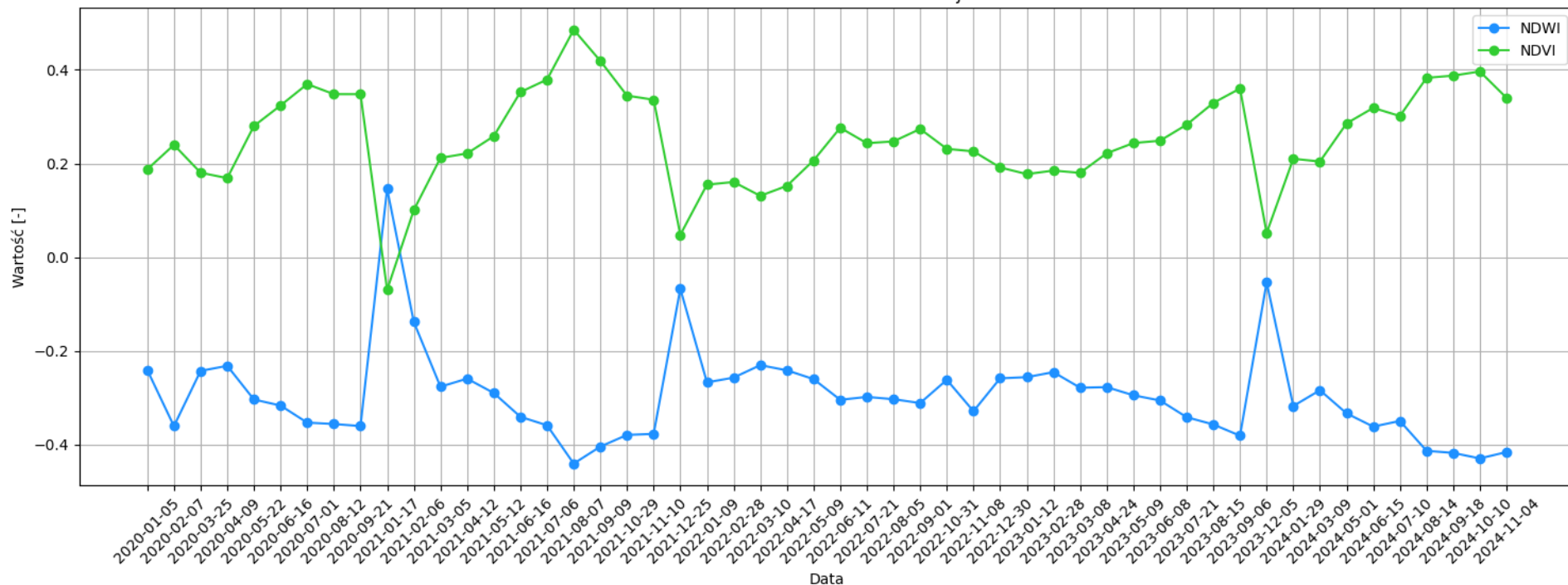
Normalized Difference Vegetation Index
(J.W. Rouse, 1973)

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Red – odbicie w paśmie czerwieni
Green – odbicie w paśmie zieleni
NIR – odbicie w bliskiej podczerwieni

Pobieranie zdjęć - problem lodu i śniegu

Średnia wartość wskaźników dla całej działki

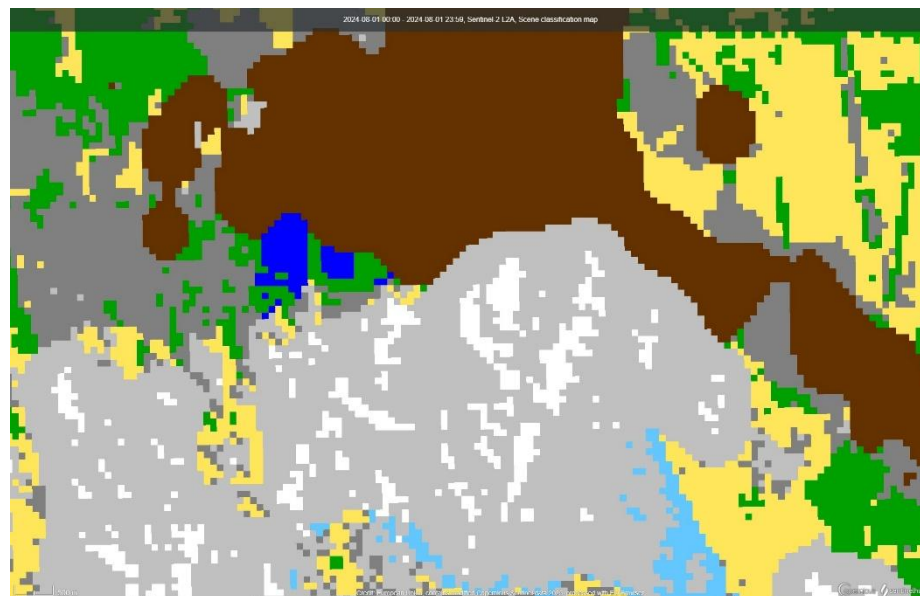


NDWI (woda)



NDVI (roślinność)

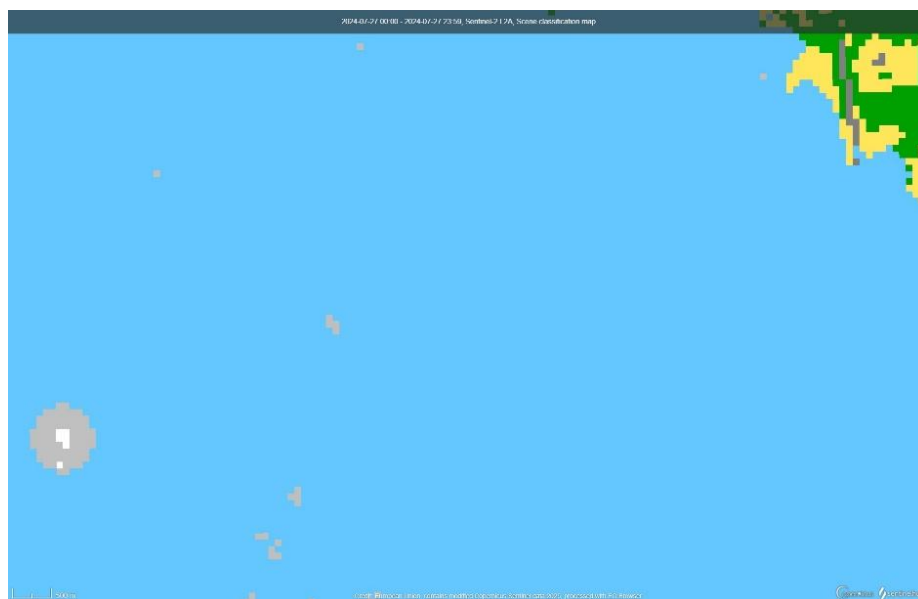
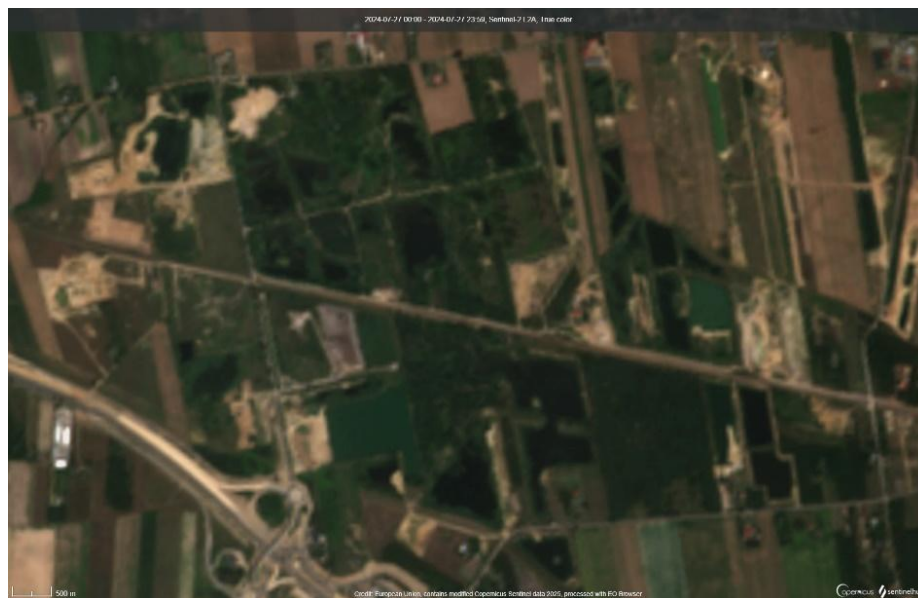
Scene Classification Layer



- No Data (Missing data)
- Saturated or defective pixel
- Topographic casted shadows
- Cloud shadows
- Vegetation
- Not-vegetated
- Water
- Unclassified
- Cloud medium probability
- Cloud high probability
- Thin cirrus
- Snow or ice

Wyrobisko Michalinek i okolica,
zdjęcia z dnia 01.08.2024r.
(Sentinel-2 true color oraz SCL)
apps.sentinel-hub.com/eo-browser

Scene Classification Layer



- No Data (Missing data)
- Saturated or defective pixel
- Topographic casted shadows
- Cloud shadows
- Vegetation
- Not-vegetated
- Water
- Unclassified
- Cloud medium probability
- Cloud high probability
- Thin cirrus
- Snow or ice

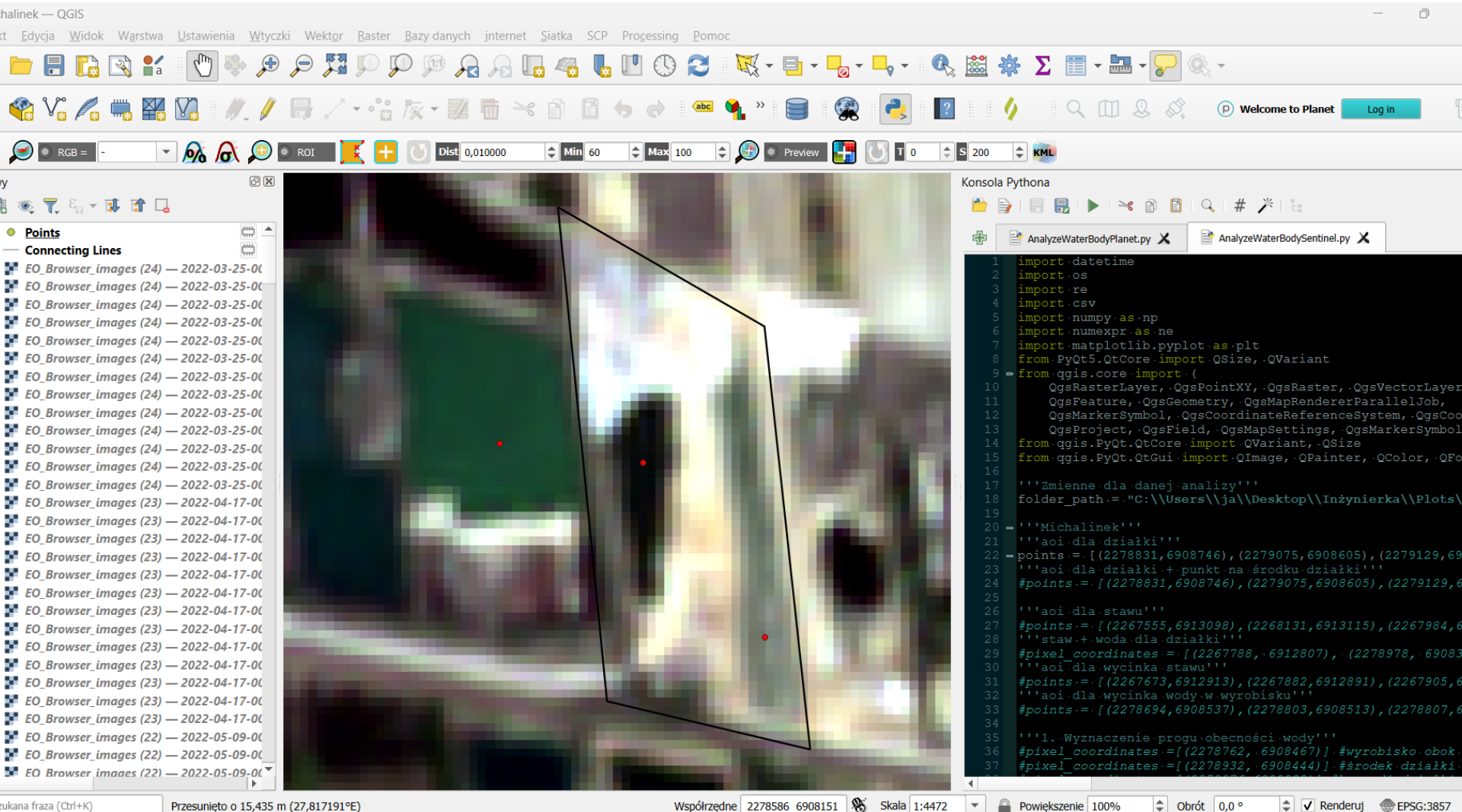
Wyrobisko Michalinek i okolica,
zdjęcia z dnia 27.07.2024r.
(Sentinel-2 true color oraz SCL)
apps.sentinel-hub.com/eo-browser



```
AnalyzeWaterBodyPlanet.py x AnalyzeWaterBodySentinel.py x
281 def MakePlot_ForAOI_Wit 28 102 204 ^ v 1735
282 top_left_x, top_left_y, bottom_right 1736
412 1737
413 def MakePlot_ForAOI_WithWaterArea_WithChosen 1844
414 top_left_x, top_left_y, bottom_right 1845
584 1846
585 def MakePlot_ForAOI_WithWaterColorChanges(to 1963
688 1964
689 1965
795 1966
796 1967
797 top_left_x, top_left_y, bottom_right 1968
916 1969
917 def SaveToFile_ForAOI_WithWaterArea_WithChos 1970
918 top_left_x, top_left_y, bottom_right 1971
1042 1972
1043 '''Wywołanie funkcji''' 1973
1044 1974
1045 #MakeMap_ForTimeSeries_WithDateAndMarkedPixe 1975
1046 #MakePlot_CheckWaterChangesInTime_WithChosen 1976
1047 #MakeMap_ForTimeSeries_WithDateAndMarkedPixe 1977
1048 #MakePlot_ForAOI_WithChosenIndexes(x1, y1, x 1978
1049 MakePlot_ForAOI_WithWaterArea_WithChosenInde 1979
1050 #MakePlot_ForAOI_WithWaterColorChanges(x1, y 1980
1051 #SaveToFile_ForAOI_WithChosenIndexes(x1, y1, 1981
1052 SaveToFile_ForAOI_WithWaterArea_WithChosenIn 1982
1053 print("") 1983
1054 print("All work saved in ", folder_path) 1984
1985
1986
def SaveToFile_ForAOI_WithChosenIndexes_From4Points(
points, indexes, folder_path, crs_epsg="EPSG:3857"):...
def SaveToFile_ForAOI_WithWaterArea_WithChosenIndexes_From4Points(
points, index_threshold_dict, folder_path):...
'''Wywołanie funkcji'''
MakeMap_ForTimeSeries_CroppedWithDateAndMarkedAOIAndPoints(aoi_coordinates, marked_coord
MakeMap_ForTimeSeries_WithDateAndMarkedPixel(pixel_coordinates, folder_path)
MakeMap_ForTimeSeries_CroppedWithDateAndMarkedPolygon(points, folder_path)
MakePlot_CheckWaterChangesInTimeForMultiplePixels(pixel_coordinates, indexes, folder_pat
MakePlot_CheckWaterChangesInTimeForOnePixel_WithChosenIndexes(pixel_coordinates[0], inde
MakeMap_ForTimeSeries_WithDateAndMarkedPixel(aoi_coordinates, folder_path)
MakePlot_ForAOI_WithChosenIndexes(x1, y1, x2, y2, indexes, folder_path)
MakePlot_ForAOI_WithWaterArea_WithChosenIndexes(x1, y1, x2, y2, indexes_with_tresholds,
MakePlot_ForAOI_WithWaterColorChanges(x1, y1, x2, y2, folder_path)
SaveToFile_ForAOI_WithChosenIndexes(x1, y1, x2, y2, indexes, folder_path)
MakePlot_ForAOI_WithChosenIndexes_From4Points(points, indexes, folder_path)
MakePlot_ForAOI_WithWaterArea_WithChosenIndexes_From4Points(points, indexes_with_treshol
SaveToFile_ForAOI_WithChosenIndexes_From4Points(points, indexes, folder_path)
SaveToFile_ForAOI_WithWaterArea_WithChosenIndexes_From4Points(points, indexes_with_tresh
print("")
print("All work saved in ", folder_path)
```

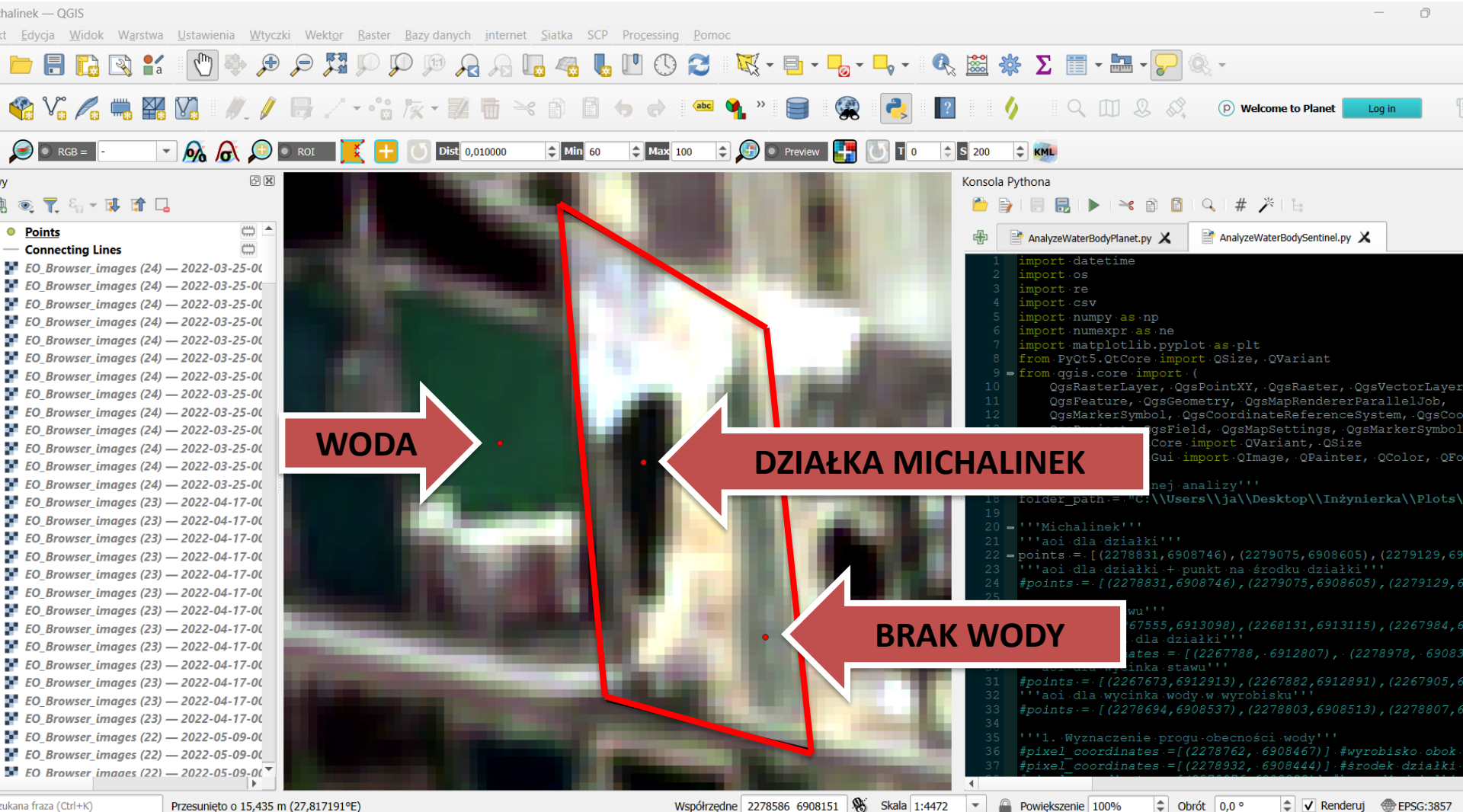


Próg obecności wody dla Sentinel-2

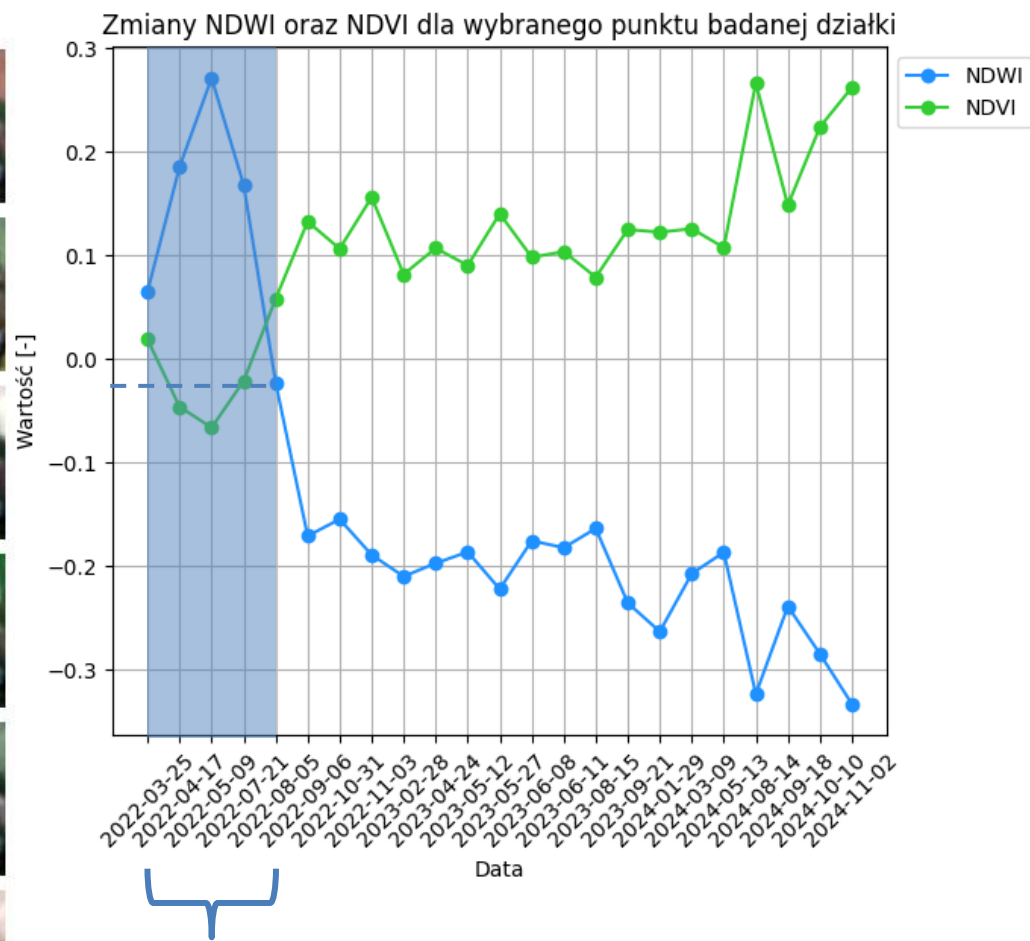
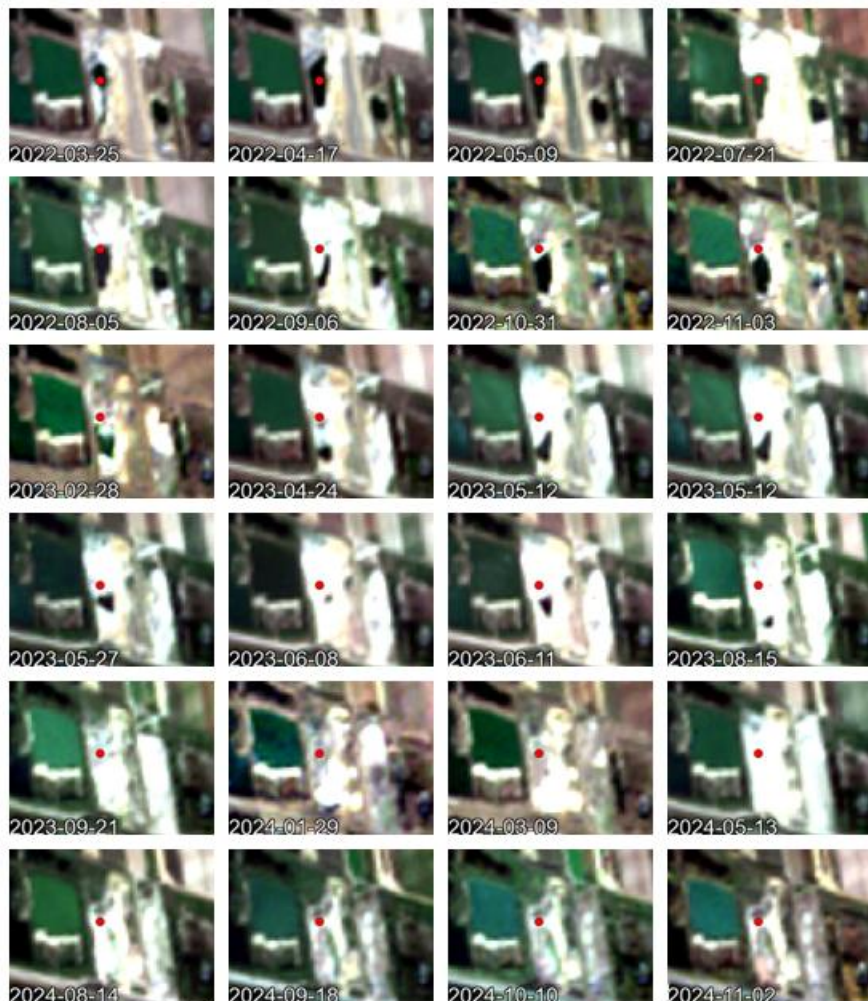




Próg obecności wody dla Sentinel-2

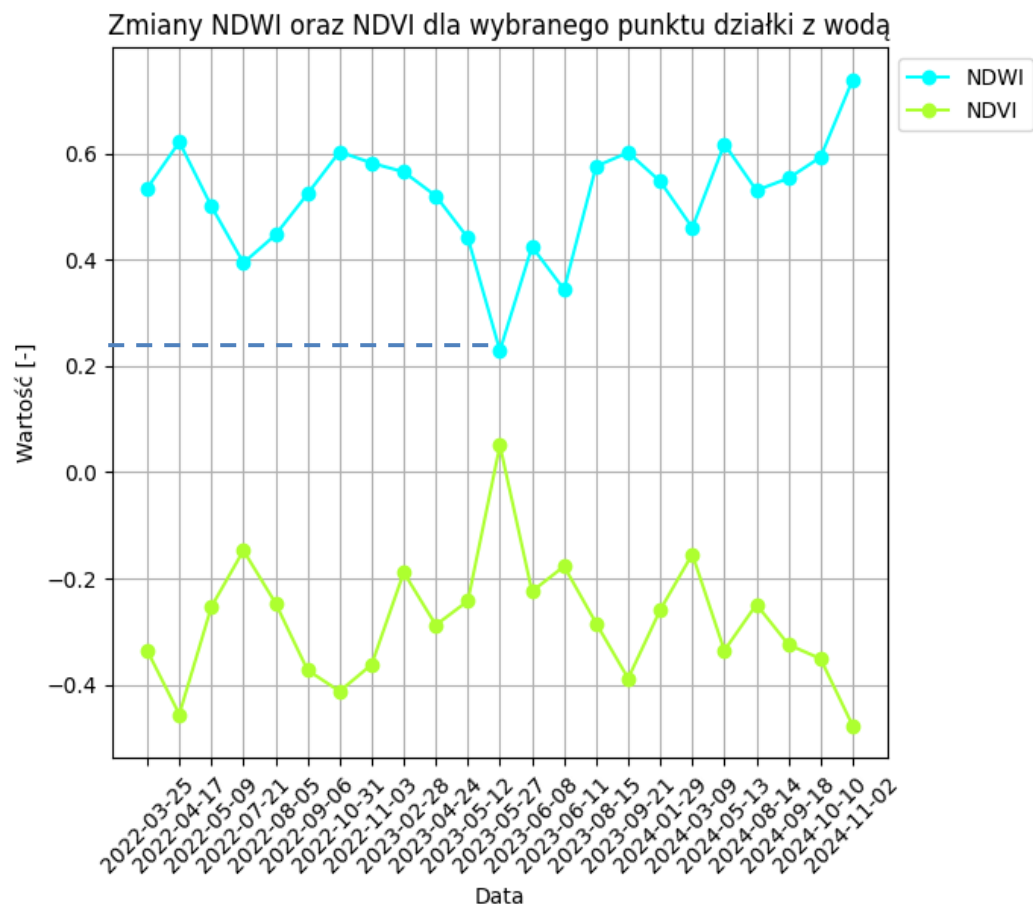
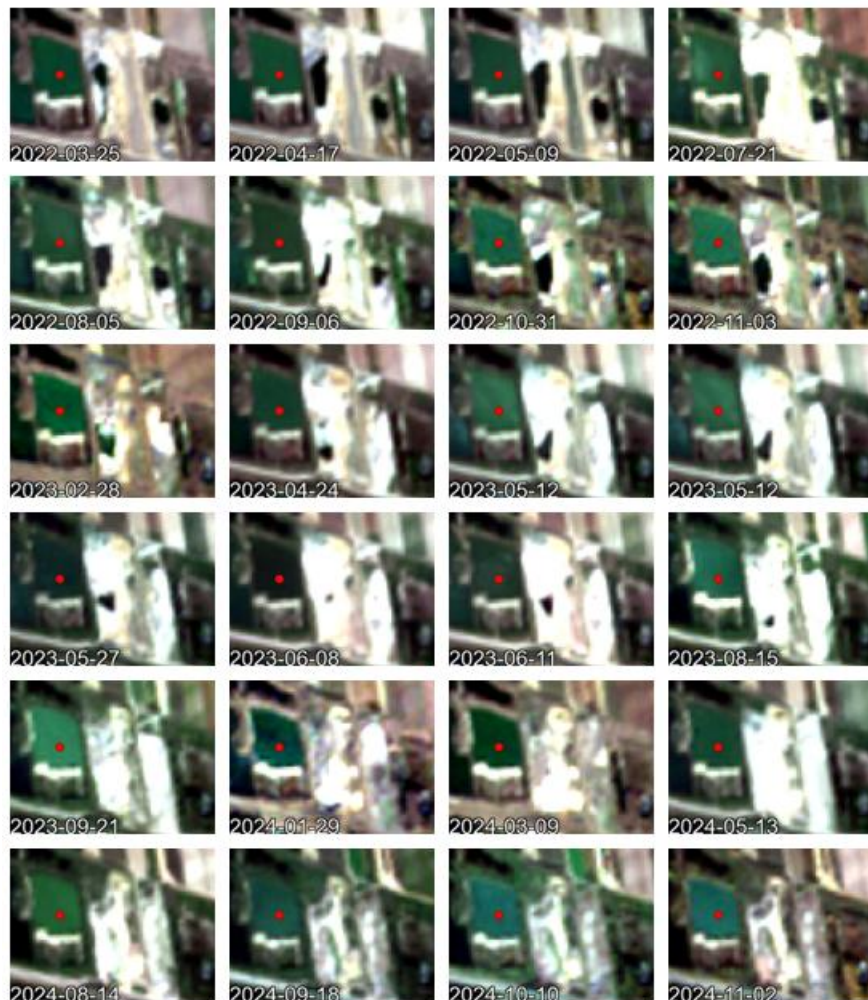


Wizualne zmiany dla punktu na terenie działki
Michalinek w okresie 03.2022 – 11.2024

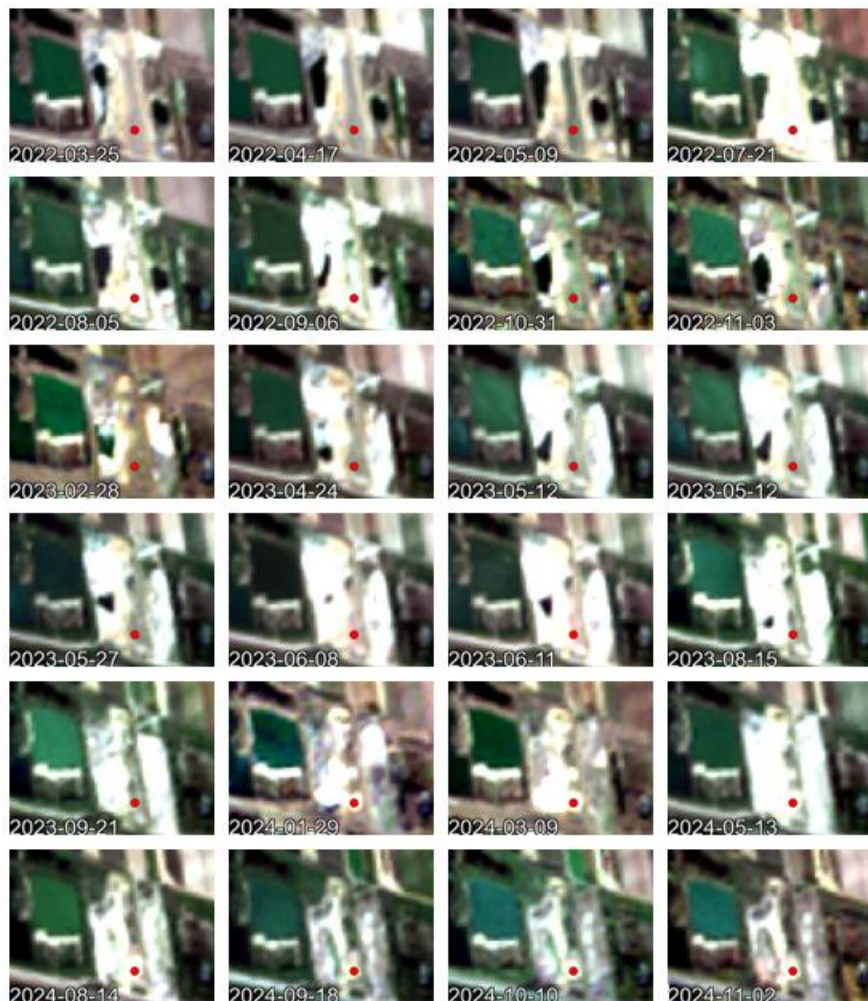


Wizualna
obecność wody

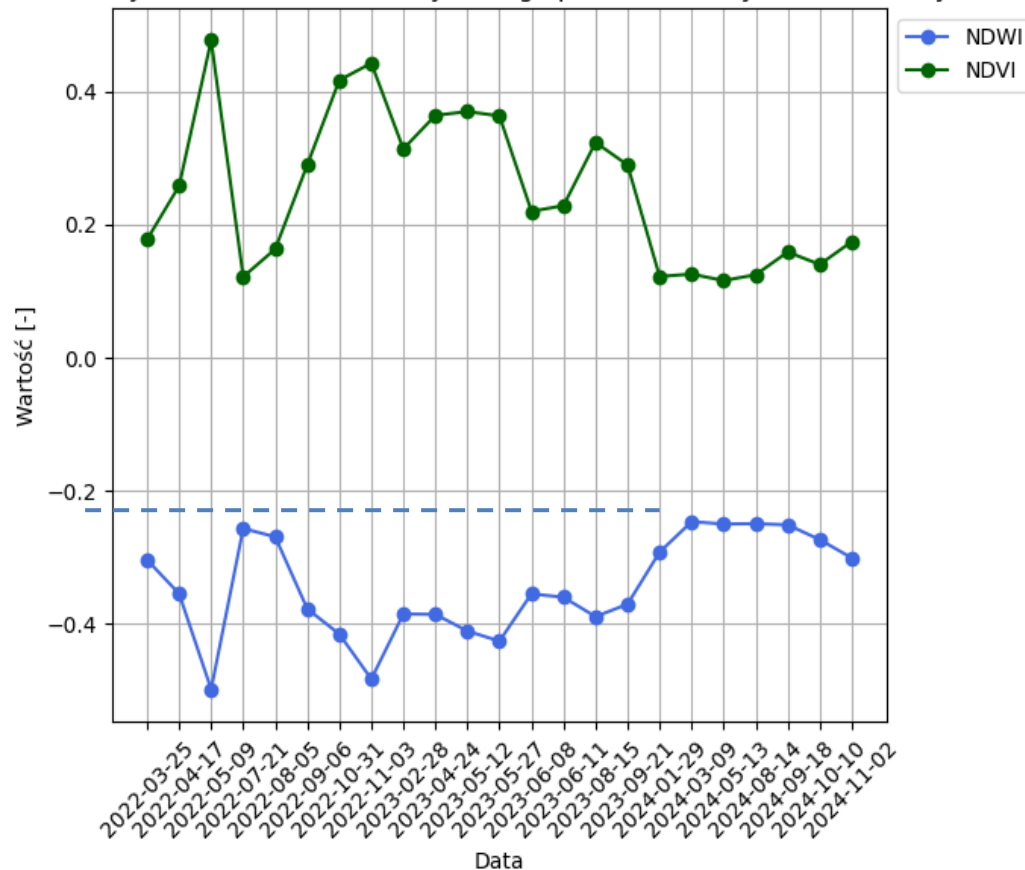
Wizualne zmiany dla punktu działki z wodą
w okresie 03.2022 – 11.2024



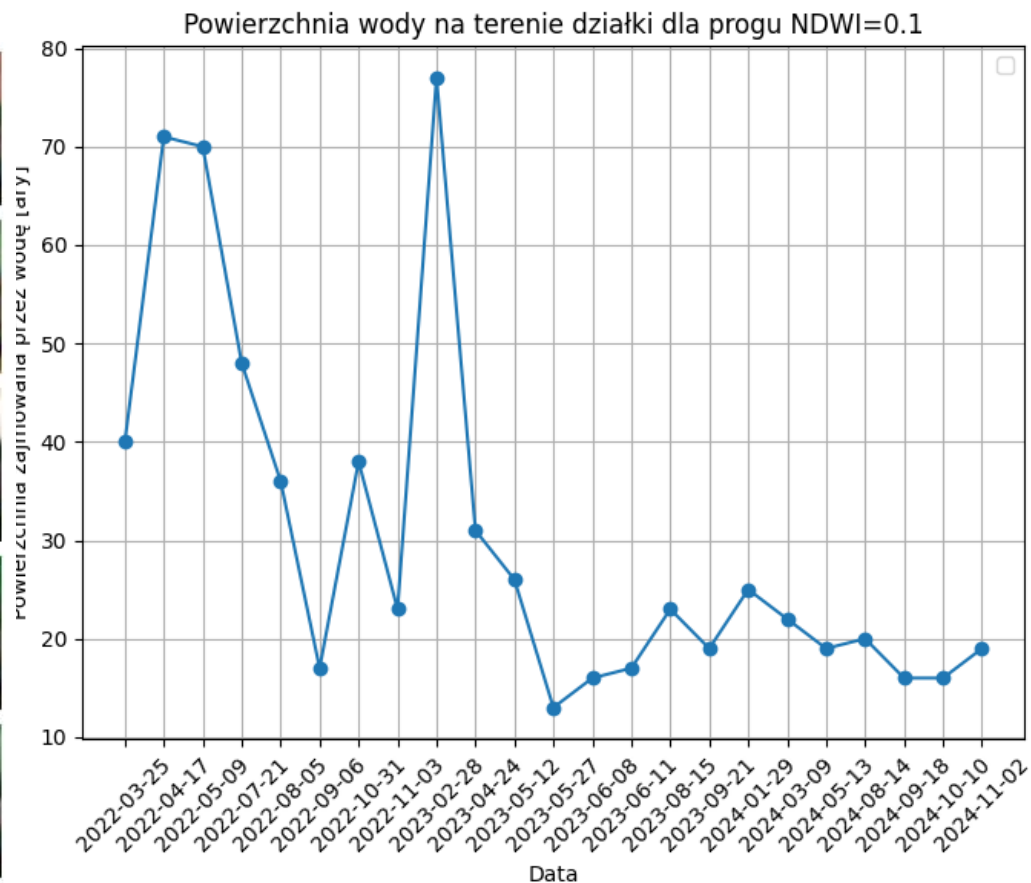
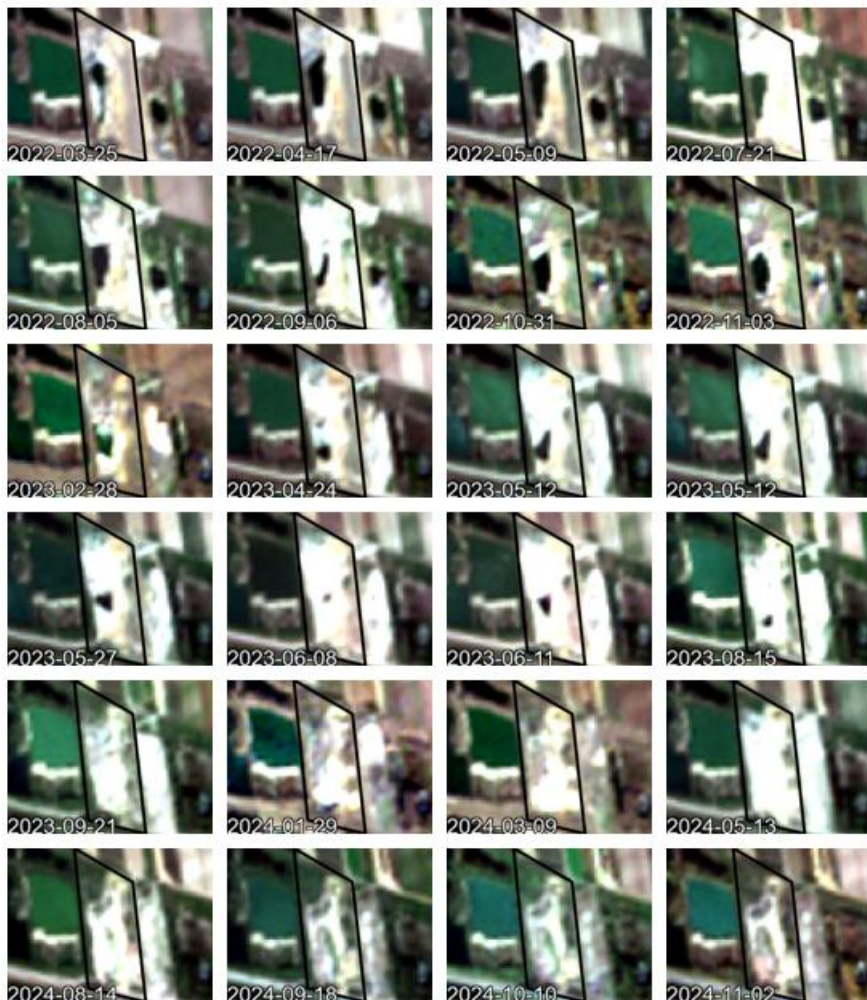
Wizualne zmiany dla punktu, w którym
woda nie występuje w okresie 03.2022 – 11.2024



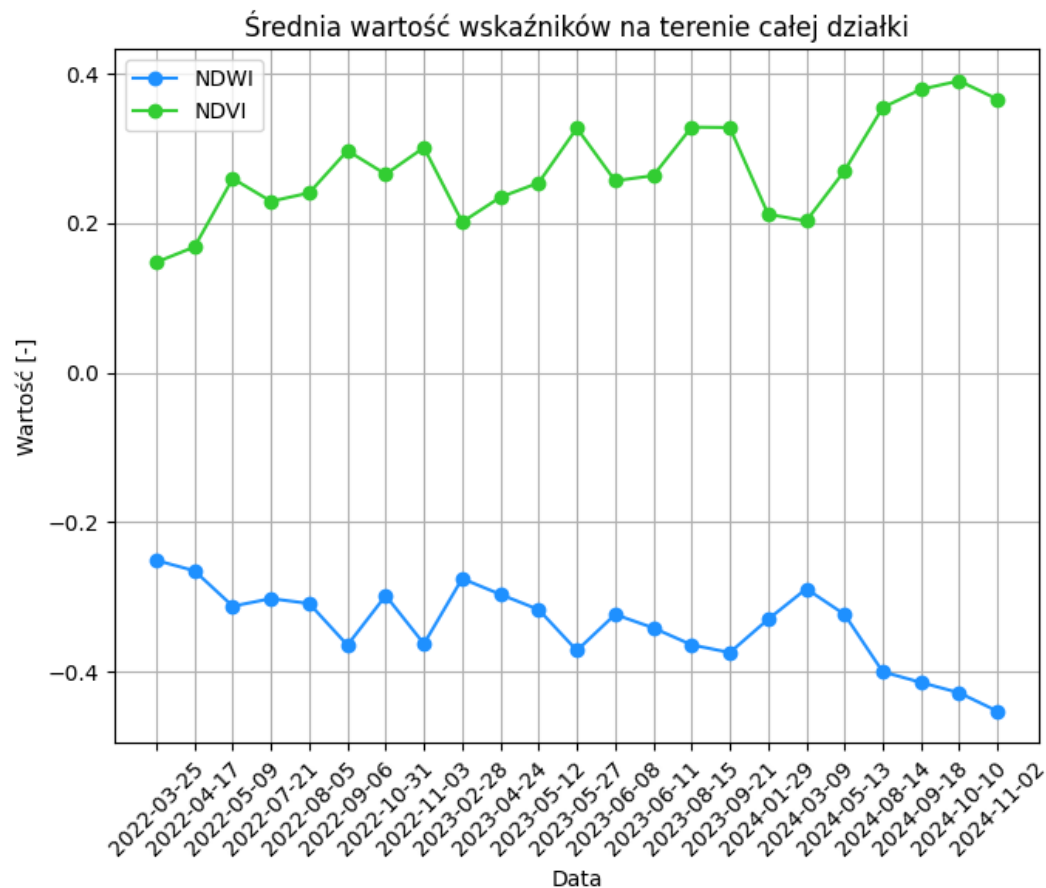
Zmiany NDWI oraz NDVI dla wybranego punktu, w którym nie ma wody



Wizualne zmiany dla działki Michalinek
w okresie 03.2022 – 11.2024



Wizualne zmiany dla działki Michalinek
w okresie 03.2022 – 11.2024



Wizualne zmiany dla działki z wodą
w okresie 03.2022 – 11.2024

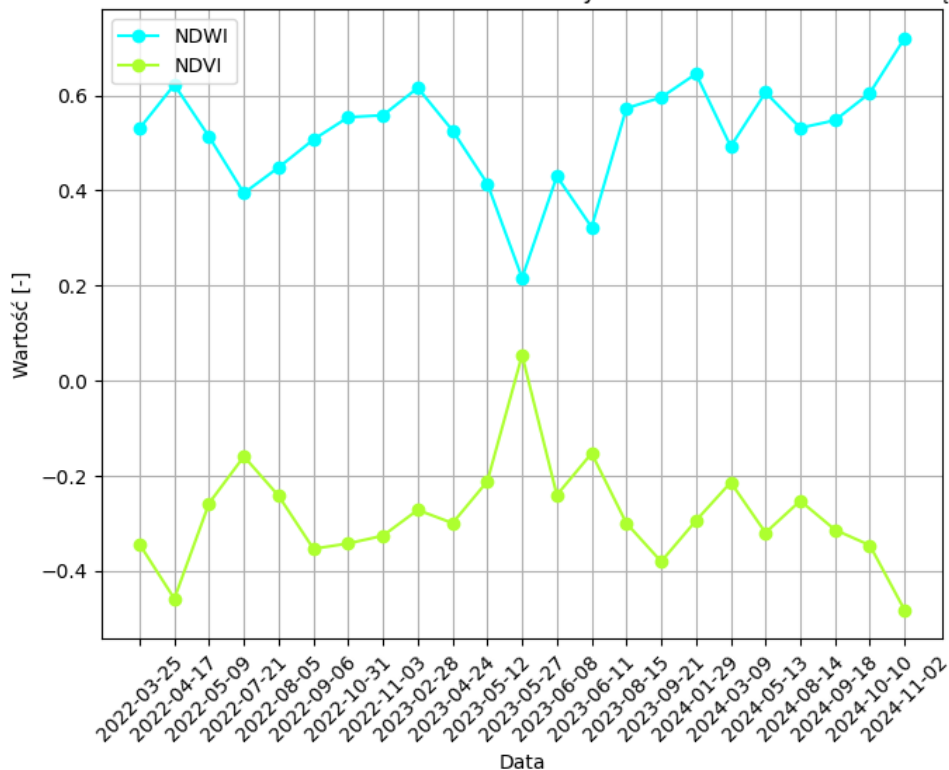


Wizualne zmiany dla stawu w miejscowości
Płońsk w okresie 03.2022 – 11.2024

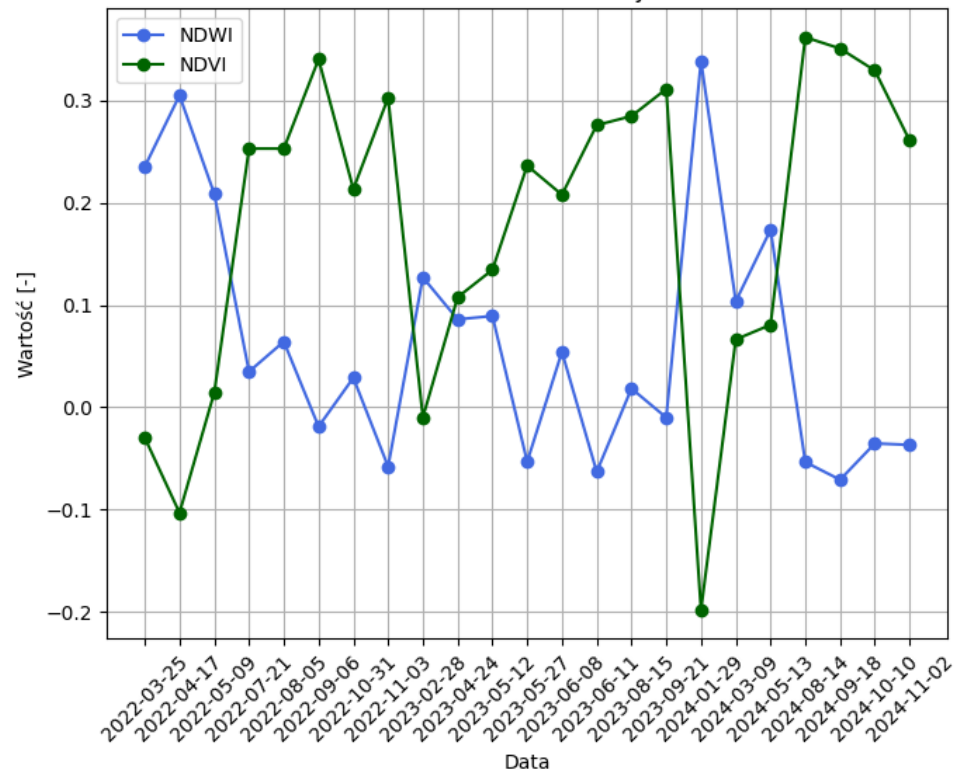


Średnie wartości wskaźników

Średnia wartość wskaźników na terenie wycinka ze środka działki z wodą

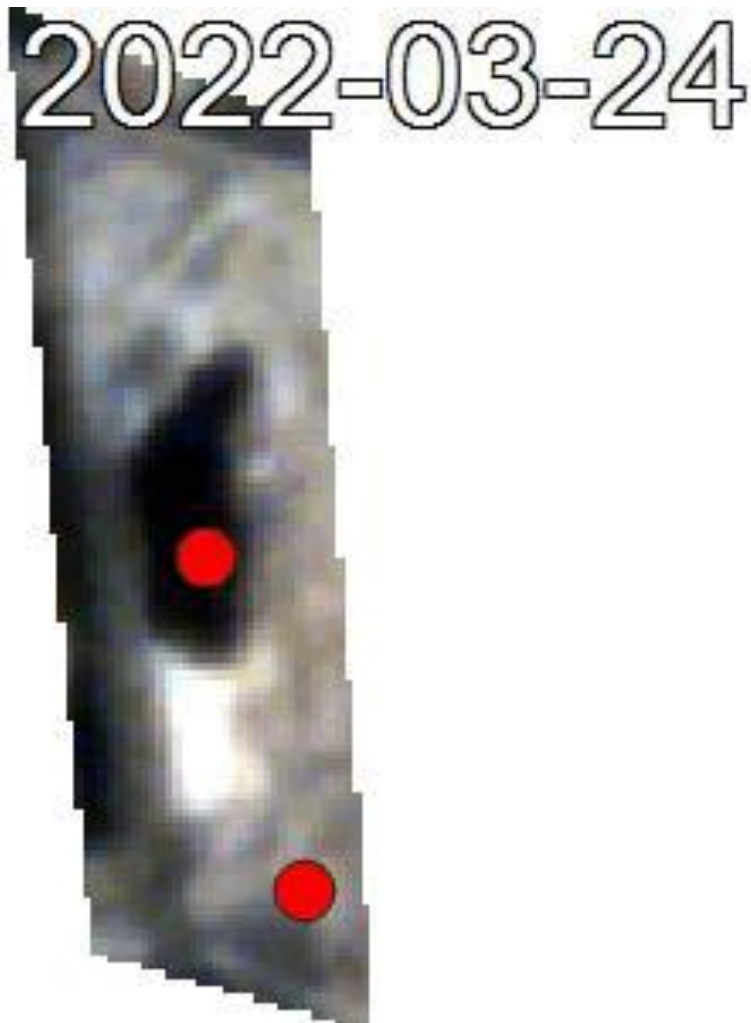


Średnia wartość wskaźników na terenie wycinka ze środka stawu

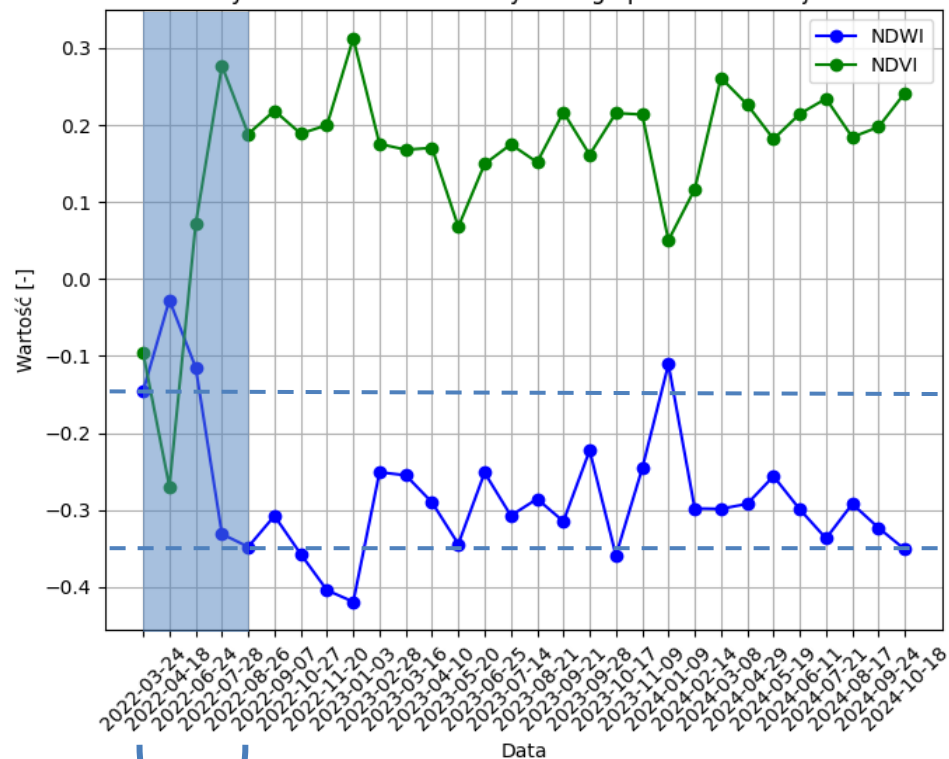




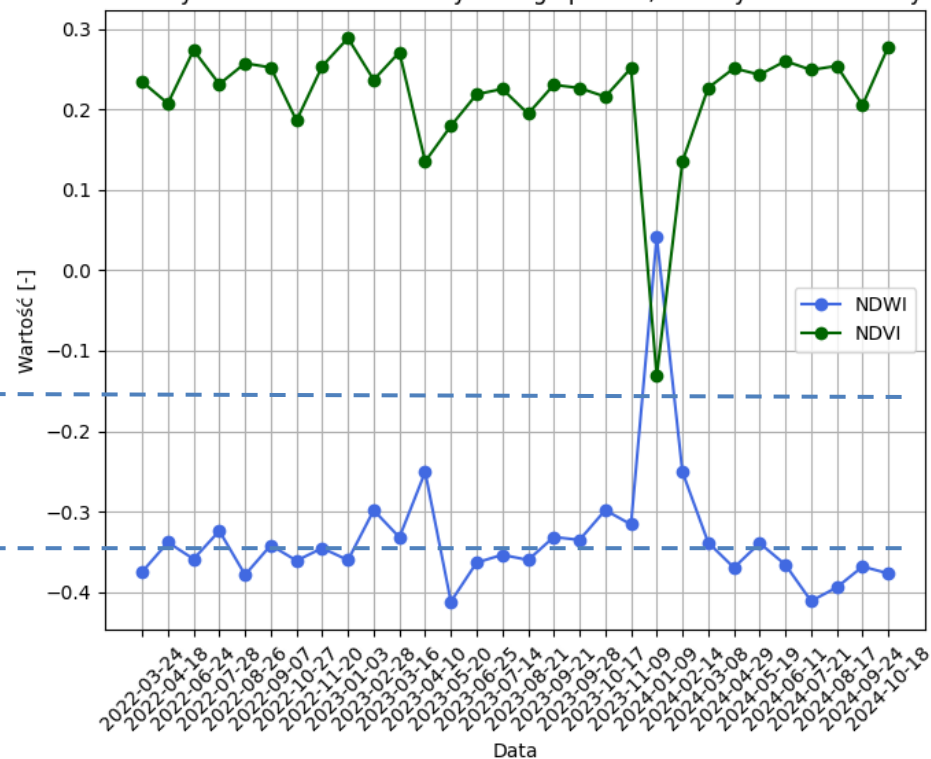
Wizualne zmiany dla działki Michalinek
w okresie 03.2022 – 11.2024



Zmiany NDWI oraz NDVI dla wybranego punktu badanej działki

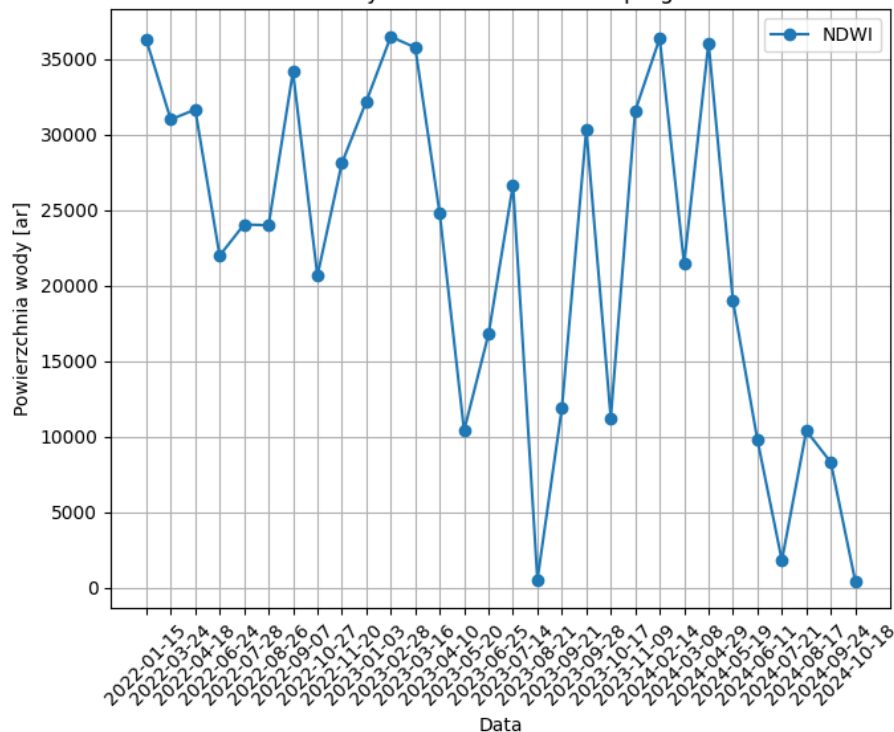


Zmiany NDWI oraz NDVI dla wybranego punktu, w którym nie ma wody

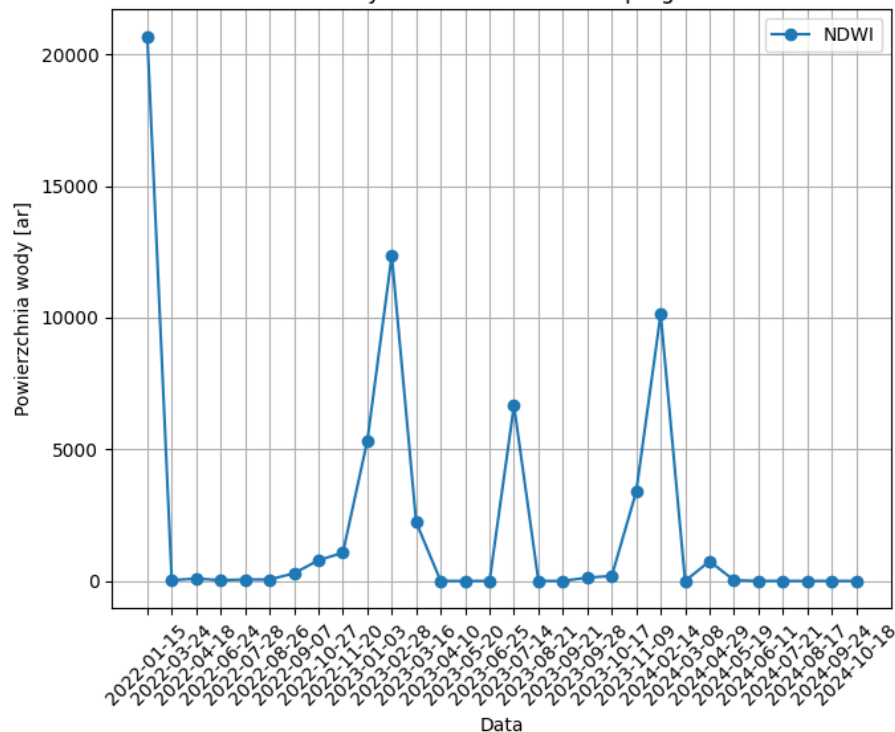


Powierzchnia wody dla Planet

Powierzchnia wody na terenie działki dla progu NDWI=-0.20

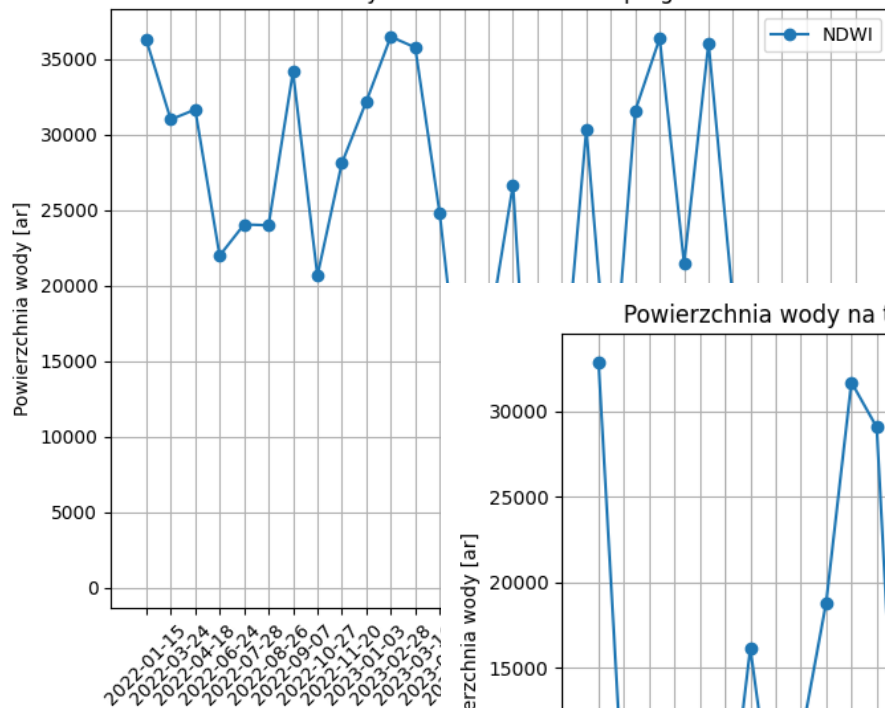


Powierzchnia wody na terenie działki dla progu NDWI=-0.10

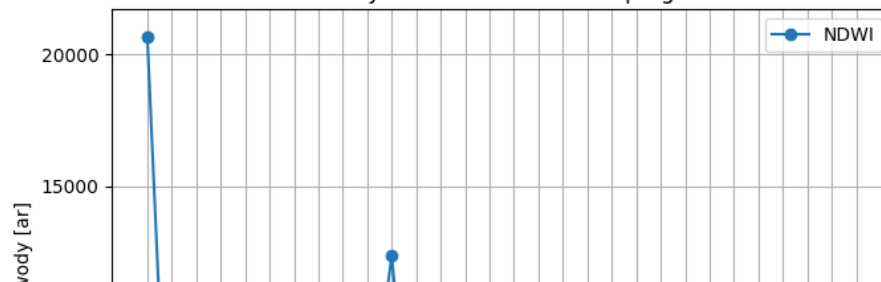


Powierzchnia wody dla Planet

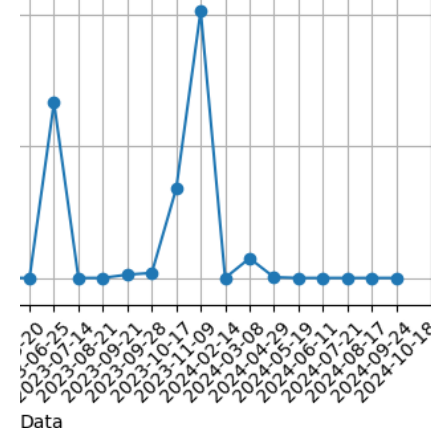
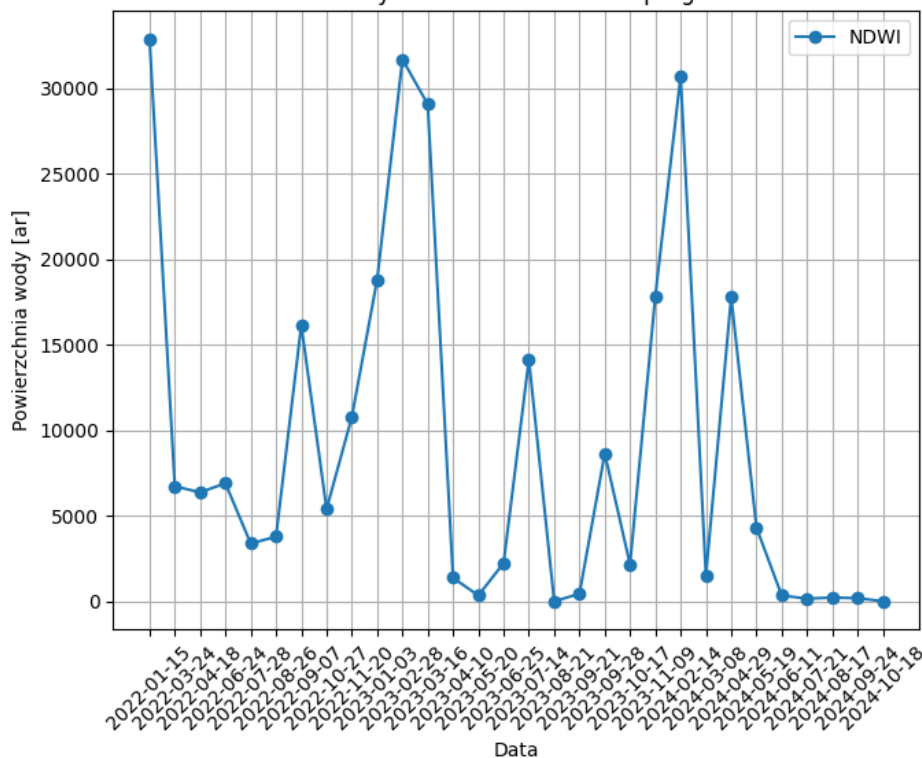
Powierzchnia wody na terenie działki dla progu NDWI=-0.20



Powierzchnia wody na terenie działki dla progu NDWI=-0.10

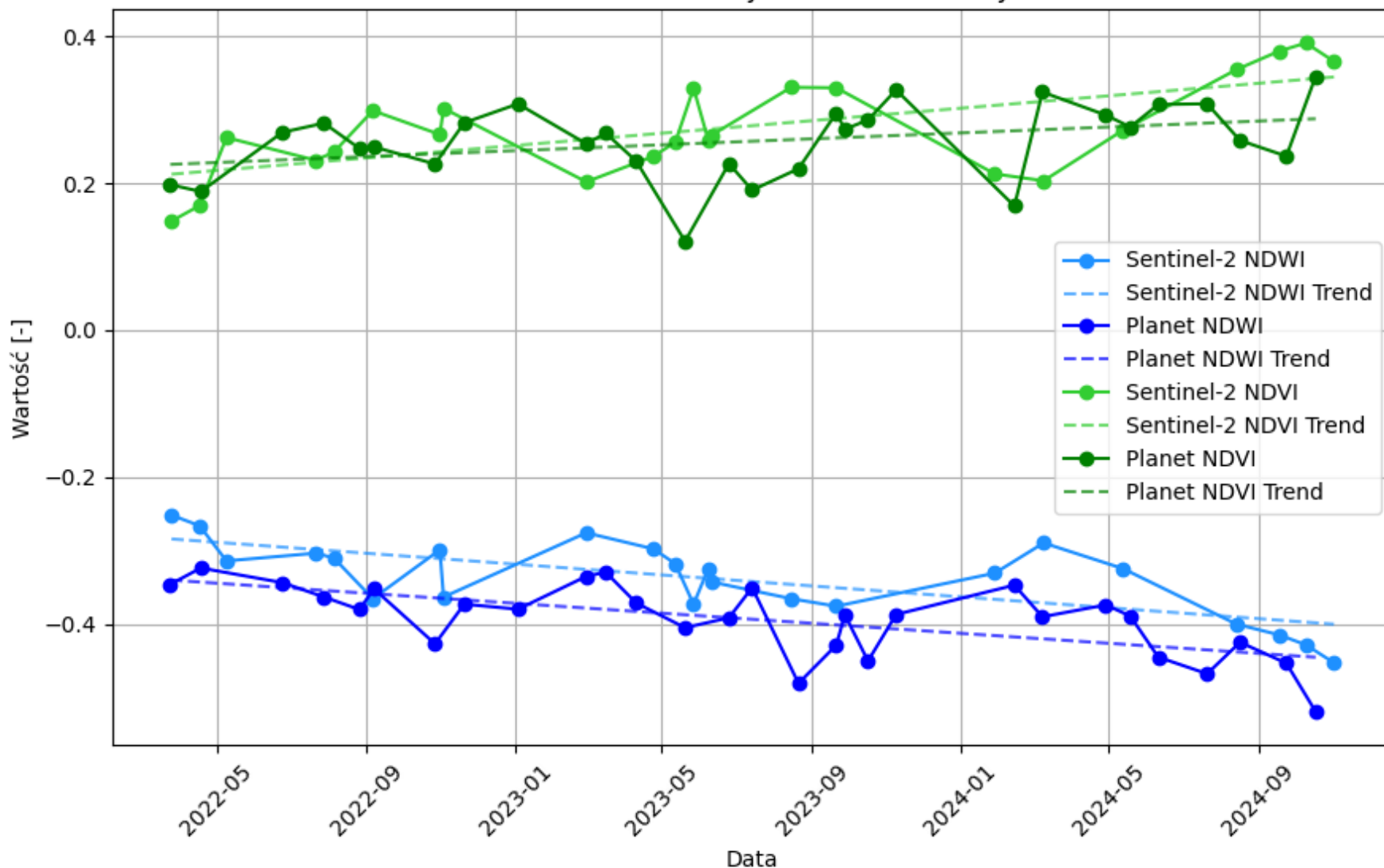


Powierzchnia wody na terenie działki dla progu NDWI=-0.15



Porównanie Sentinel-2 i Planet

Średnie wartości NDWI i NDVI dla działki z wyrobiskiem dla danych Sentinel-2 oraz Planet



1. Następujące czynniki mogły zakłócić wyniki analizy:
 - obecność chmur, lodu i śniegu na zdjęciach (Planet),
 - nieznane: głębokość wyrobiska, skład i mętność wody,
 - nieznanomość technologii wydobywania,
 - możliwe zakwity w wodzie stojącej.
2. Analiza kolejnych wyrobisk pozwoli na doprecyzowanie metody postępowania.
3. Uzyskane wyniki powinny być sygnałem do bliższego przyjrzenia się wyrobisku Michalinek.
4. Przedstawiony sposób postępowania może być wykorzystany w automatycznym systemie monitoringu wyrobisk.

Załącznik 4. Wzór PLIKU OPISU PRACY

Imię i nazwisko (imiona i nazwiska): Małgorzata Pluskota

Szkoła/Uczelnia (oraz miasto): Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie

1. Celem pracy było rozpoznanie możliwości wykorzystania danych satelitarnych do monitorowania miejsc, w których następuje wydobycie piasku i żwiru. Takie wydobycie wiąże się z koniecznością wypełniania wyrobiska materiałem neutralnym dla środowiska. Jeśli w wyrobisku pojawi się woda, miejsce nie powinno być rekultywowane, ponieważ zrzucone do niej materiały przedostaną się do wód gruntowych, a w efekcie całej okolicy.

Obserwacje satelitarne pozwalają na stałe monitorowanie wyrobiska w sposób częściowo automatyczny, dający dużą przewagę nad badaniami in-situ, ze względu na regularność przelotu satelitów i znaczne przyspieszenie procesu zbierania danych. Opierające się na danych teledetekcyjnych rozpoznanie środowiska polegało na pomiarze odbicia spektralnego w miejscu wydobywania i na podstawie wskaźników teledetekcyjnych odtworzenie historii wyrobiska: pojawienie się wody oraz zmiany w zajmowanej przez nią powierzchni. Podjęta została próba oceny, czy można wyciągnąć wnioski dotyczące zasypywania wyrobisk.

2. Do wstępnej analizy wykorzystano dane z programu Copernicus ze względu na łatwą dostępność i możliwość darmowego przeglądania i pobierania dużej ilości zdjęć. W celu pogłębienia analizy i porównania otrzymanych wyników dla obrazów o większej rozdzielczości pobrano zdjęcia wykonane w podobnych warunkach i czasie z portalu firmy Planet. Dane zostały pozyskane przez Sentinel-2 (Copernicus) oraz konstelację SuperDove (Planet).

Korzystając z portalu EO Browser, udostępnianego przez program Copernicus, pobrano zdjęcia o rozdzielczości 10m/px dla wybranego wyrobiska Michalinek X. Zdjęcia wybierano z częstotliwością jednego zdjęcia na miesiąc, o ile wyrobisko nie było zasłonięte przez chmury. Mimo ustawienia progu maksymalnego zachmurzenia jako 30% konieczna była wizualna ocena obecności chmur na zdjęciu, a także posiłkowanie się kanałem SCL - Scene Classification Layer, który pozwolił wykryć chmury wysokie, śnieg oraz lód. Obecność któregoś z tych czynników na zdjęciu wpływa na wartość zarejestrowanego odbicia w poszczególnych pasmach spektralnych i mogłaby prowadzić do mylnych wniosków dotyczących historii wody w wyrobisku. Przykład zaburzonych wyników analizy wykonanej bez filtrowania zdjęć z pomocą SCL został przedstawiony na slajdzie 7. Różnice między wizualną oceną obecności chmur a zastosowaniem warstwy SCL przedstawiają slajdy 8 oraz 9.

Firma Planet udostępnia analogiczne narzędzie - Planet Explorer - umożliwiające przeglądanie, analizowanie i pobieranie danych satelitarnych, ale ograniczone limitem. Dlatego też wyszukiwany był obszar zainteresowania obejmujący samo wyrobisko, bez uwzględniania stawu jako odniesienia jak w przypadku Sentinel-2. Pobrane dane mają rozdzielczość przestrzenną 3 m. Wybrano zdjęcia z tego samego okresu co Sentinel-2, przyjmując jedno zdjęcie na miesiąc, zachmurzenie mniejsze niż 30% oraz uwzględniając wizualną ocenę obecności chmur na zdjęciu w barwach naturalnych. Planet Explorer nie oferuje narzędzia będącego odpowiednikiem SCL, zatem istnieje ryzyko, że dane mogą być obciążone błędami wynikającymi z obecności chmur lub śniegu. Przy pobieraniu zastosowano funkcję harmonizacji służącą do kalibracji radiometrycznej danych, zapewniającą spójność pomiędzy obrazami sensorów Planet oraz Sentinel-2.

Zdjęcia zostały zanalizowane z pomocą własnych skryptów napisanych w języku Python uruchamianych w programie QGIS. Skrypty mają następujące działanie: Obliczanie wartości wskaźnika NDWI oraz NDVI dla zadanego piksela, wielu pikseli lub średniej wartości dla zadanego obszaru zainteresowania (wynik: wykres wartości wskaźników dla kolejnych zdjęć); obliczanie powierzchni zajmowanej przez wodę w zadanym obszarze zainteresowania na podstawie wskaźnika NDWI oraz zadanego progu wartości wskaźnika, powyżej którego piksel ma być rozpoznawany jako woda (wynik: wykres rozmiaru powierzchni wody dla kolejnych zdjęć); generowanie obrazów jpg w rzeczywistych kolorach z naniesioną datą oraz zaznaczonym analizowanym pikselem lub obszarem zainteresowania dla kolejnych zdjęć. Zastosowane podejście pozwoliło na skorzystanie z bardzo intuicyjnej obsługi portalu EO Browser oraz programu QGIS, a jednocześnie możliwość automatyzacji analizy dużej ilości danych (analiza kilkudziesięciu zdjęć w ciągu kilku sekund oraz powtarzalność procesu).

3. Do analizy danych satelitarnych zastosowano wskaźniki teledetekcyjne:

Jako wyznacznik obecności wody przyjęto wskaźnik NDWI - Normalized Difference Water Index, który w porównaniu z innymi podobnymi wskaźnikami (np. Water Index, Modified Normalized Difference Water Index) nie doświadczał dużych wahań podczas analizy czasowej przy wizualnej obecności wody w wyrobisku i zauważalnie wzrastał, kiedy woda się pojawiała. Za wartość świadczącą o obecności wody na zdjęciach Sentinela 2 przyjęto NDWI równe lub większe od 0.1, zgodnie z literaturą, oraz z wizualną oceną obecności wody na zdjęciach.

Jako wskaźnik pomocniczy przyjęto wskaźnik NDVI - Normalized Difference Vegetation Index, świadczący o obecności roślinności. Wysoka wartość NDVI powinna występować równocześnie z niską wartością NDWI dla wybranego obszaru. Dla powierzchni wodnych duża wartość NDVI może również wskazywać na obecność zakwitów w zbiorniku. Podobnie jak NDWI, wskaźnik NDVI został wybrany jako najczęściej wykorzystywany w badaniach naukowych oraz porównany wizualnie i wybrany jako najskuteczniejszy spośród kilku innych wskaźników (np. Normalized Difference Moisture Index, Green Leaf Index).

Użycie tych samych wskaźników zarówno w przypadku Planet, jak i Sentinel-2, zapewniło spójność wyników przy porównywaniu zmian w obecności wody w dalszych analizach.

4. Następujące czynniki mogły zakłócić wyniki analizy: obecność chmur na zdjęciach - co w przypadku Sentinel-2 ograniczono dzięki użyciu kanału SCL; nieznana głębokość wyrobiska; nieznajomość technologii wydobywania; nieznany skład; nieznana mętność wody; możliwe zakwity w wodzie stojącej. Mimo powyższych przeszkód, na podstawie danych Sentinel-2 uzyskano informację o obecności wody na terenie badanej działki, co stanowi wystarczający sygnał do dalszego monitorowania działań na jej terenie. Potwierdził to zestaw zdjęć w barwach naturalnych oraz wykres średniej wartości wskaźnika NDWI, której trend był malejący, co korelowało z zanikaniem wody w wyrobisku.

Przeprowadzone analizy wskazują na zasadność stosowania danych satelitarnych do monitorowania wyrobisk oraz oceny ich stanu środowiskowego, pozwalających na regularne i szybkie zbieranie danych. Określenie skuteczności uzyskanych wyników wymagałoby wprowadzenia bardziej szczegółowych badań na większej próbie (co jest możliwe dzięki automatyzacji procesu dzięki napisanym programom). Otrzymane wyniki mogą jednak już teraz posłużyć jako pierwszy krok do fachowej oceny użytkowania wyrobiska, która uwzględniałaby znajomość technologii wydobywania lub możliwość wykonania dodatkowych badań in-situ, pozwalając oszczędzić czas przez kontrolowanie jedynie wyrobisk, w których woda występuje.