

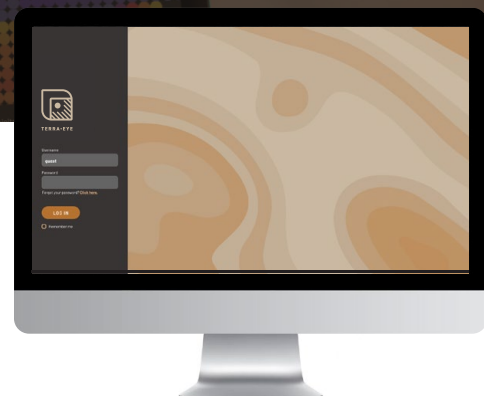


# Możliwości systemu TerraEye

Analiza kondycji zieleni na podstawie  
współczynników NDVI, NDII i NDRE



Rozwijany przez nas system TerraEye to narzędzie służące do monitorowania wybranych elementów środowiska naturalnego.



## TERRA-EYE

Aplikacja TerraEye rozwijana przez Remote Sensing Business Solutions (RSBS) służy do monitorowania wybranych elementów środowiska naturalnego w oparciu o analizę zobrazowań satelitarnych i algorytmy uczenia maszynowego. System w sposób bezinwazyjny i szybki dostarcza danych na potrzeby wspierania procesów decyzyjnych.



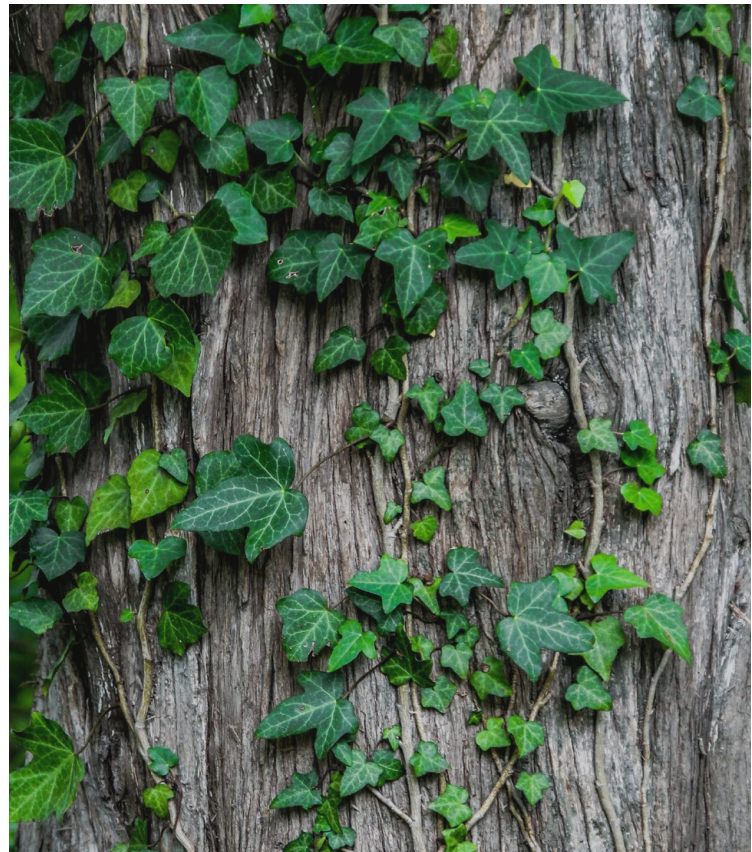
**Dane optyczne są doskonałym źródłem informacji do interpretacji wizualnej. Pozwalają „gołym okiem” dostrzec zmiany, jakie zaszły na analizowanym obszarze. Stanowią też podstawę do przeprowadzania bardziej złożonych analiz, bazujących na widmach spektralnych.**

**Aplikacja TerraEye umożliwia użytkownikowi przeprowadzenie analiz z wykorzystaniem współczynników teledetekcyjnych.**

Współczynniki teledetekcyjne określają parametry jakościowe badanych obiektów. Wykorzystanie satelitarnych danych multispektralnych do obliczania indeksów teledetekcyjnych umożliwia użytkownikowi aplikacji analizę stanu środowiska naturalnego oraz antropogenicznego. Dzięki wskaźnikom już zaimplementowanym w naszym systemie możliwe jest monitorowanie m. in.:

- **stanu rozwojowego oraz kondycji roślin** (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index),
- **zawartości chlorofilu w liściach** (NDRE – Normalized Difference Red-Edge Index),
- **zawartości wody w listowiu** (NDII – Normalized Difference Infrared Index), oraz
- **względnej zmiany kondycji terenów zielonych na przestrzeni czasu** (VCI – Vegetation Condition Index).

W przypadku zdrowej, zielonej roślinności powyższe wskaźniki odznaczają się wysokimi wartościami, które skorelowane są z ilością biomasy, zawartością chlorofilu czy ilością wody w liściach. W przypadku niedoboru składników, niezbędnych do prawidłowego rozwoju roślin w/w wskaźniki odznaczać się będą niższymi wartościami.



**Vegetation Condition Index (VCI)** wykorzystuje serię historycznych wartości wskaźników wegetacji roślin i wskazuje jak stan kondycji roślinności w danym roku ma się do stanu w pozostałych latach objętych analizą. Pozwala to na ocenę dotkliwości suszy w porównaniu do lat ubiegłych, a także pozwala dostrzec skutki zmian klimatycznych, prowadzące do występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych.



## Aplikacja TerraEye została również przystosowana do identyfikacji zbiorników wodnych.

Detekcja zbiorników wodnych jest możliwa poprzez zaimplementowany:

- **znormalizowany różnicowy wskaźnik wody** (NDWI - Normalized Difference Water Index), oraz
- **model uczenia maszynowego.**

Wskaźnik NDWI z powodzeniem jest wykorzystywany w lokalizowaniu zbiorników wodnych na podstawie danych optycznych, natomiast model uczenia maszynowego został wytrenowany z wykorzystaniem danych optycznych oraz radarowych co czyni go odpornym na obecność zachmurzenia. Prócz wskaźników określających parametry jakościowe

użytków zielonych, aplikacja TerraEye została przystosowana do śledzenia jakości wody, zaimplementowane wskaźniki w aplikacji umożliwiają monitorowanie m.in. takich parametrów jak:

- **zawartość aktywnego chlorofilu** (NDCI - Normalized Difference Chlorophyll Index),
- **zawartość rozpuszczonego węgla organicznego** (DOC - Dissolved Organic Carbon),
- **mętność wody** (TURB - Turbidity).





## W celu przedstawienia możliwości aplikacji TerraEye przeprowadzono analizę wskaźnika teledetekcyjnego zieleni w miejscowości Szablaki w województwie podlaskim.



Rys. 1. Satelitarne zdjęcie multispektralne pochodzące z satelity Sentinel-2; Szablaki w województwie Podlaskim.

**W niniejszym opracowaniu w pierwszej kolejności obliczono wskaźnik teledetekcyjny, parametryzujący jakościowe właściwości użytków zielonych. Do tego celu wykorzystano wskaźnik określający kondycję roślin (NDVI). Indeks został obliczony na podstawie przybliżonego zdjęcia multispektralnego.**



Rys. 2. Szablaki w województwie podlaskim. Źródło: Google Maps.

Analizie zostały poddane dwa użytki rolne, widoczne na rysunku 2, tj. dwie sąsiadujące ze sobą działki, jedna jest prostopadła do lasu położonego w lewym dolnym rogu zdjęcia, druga ma kształt zbliżony do trójkąta. W 2022 roku działka bezpośrednio sąsiadująca z gospodarstwem była obsiana pszenicą, natomiast na drugiej działce rosła kukurydza.

## Wartości wskaźnika NDVI zawierają się w zakresie od -1 do 1:

- Wartości zbliżone do -1 cechują obszary pokryte wodą.
- Wartości z zakresu od -0,1 do 0,1 charakteryzują obszary, gdzie występuje odkryta gleba.
- Wartości z zakresu od 0,2 do 0,4 wskazują na miejsca, w których roślinność jest we wczesnej fazie rozwoju lub słabej kondycji.
- Wartości wskaźnika NDVI powyżej 0.6 uznawane są za wskaźnik zdrowej roślinności.
- Natomiast wartość wskaźnika zbliżona do 1 jest uznawana jako roślinność w najwyższej fazie rozwoju, w bardzo dobrym stanie.



Rys. 3. Szereg zdjęć przedstawiających wartość wskaźnika NDVI na przestrzeni czasu.

W przypadku pola obsianego pszenicą, w maju wskaźnik NDVI odznacza się bardzo wysoką wartością, pszenica jest wtedy bardzo mocno zakrzewiona, przez co ilość chlorofilu w liściach jest wysoka. Wraz z biegiem czasu pszenica dojrzewa i wartość wskaźnika spada, by w lipcu osiągnąć wartości oscylujące na poziomie 0,2 – 0,4, jest to moment kiedy pszenica jest w ostatniej fazie rozwoju i nie ma w sobie już tak dużych ilości chlorofilu (jest dojrzała).

**Warto zauważyć, że w okresie czerwiec – lipiec, pszenica nie dojrzewa równomiernie, na północno-wschodniej części działki zboże dojrzewa wolniej.**

Odwrotną sytuację można zaobserwować analizując drugą z działek, na której w 2022 roku rosła kukurydza. Wskaźnik NDVI w maju cechuje się małymi wartościami, aby w lipcu osiągnąć niemal wartość maksymalną bliską 1.





## Drugą lokalizacją, poddaną analizie, był obszar otaczający budowę zamku w Stobnicy położonej w województwie wielkopolskim.

Analiza została przeprowadzona z wykorzystaniem zdjęć multispektralnych pochodzących z 2020, 2021 oraz 2022 roku. Wykorzystane zobrazowania są widoczne na rysunku 4.

**Jak widać w lipcu 2020 roku jezioro było całkowicie wypełnione wodą, pod koniec marca 2021 w zbiorniku nie było wody, natomiast w sierpniu 2021 roku ponownie zaobserwowano zbiornik pełny wody.**

24 lipca 2020



31 marca 2021



16 sierpnia 2022



Rys. 4. Szereg zdjęć przedstawiający lokalizację budowy zamku w Stobnicy oraz tereny otaczające na przestrzeni czasu.

## Wartości wskaźnika NDWI korespondują z następującymi zakresami:

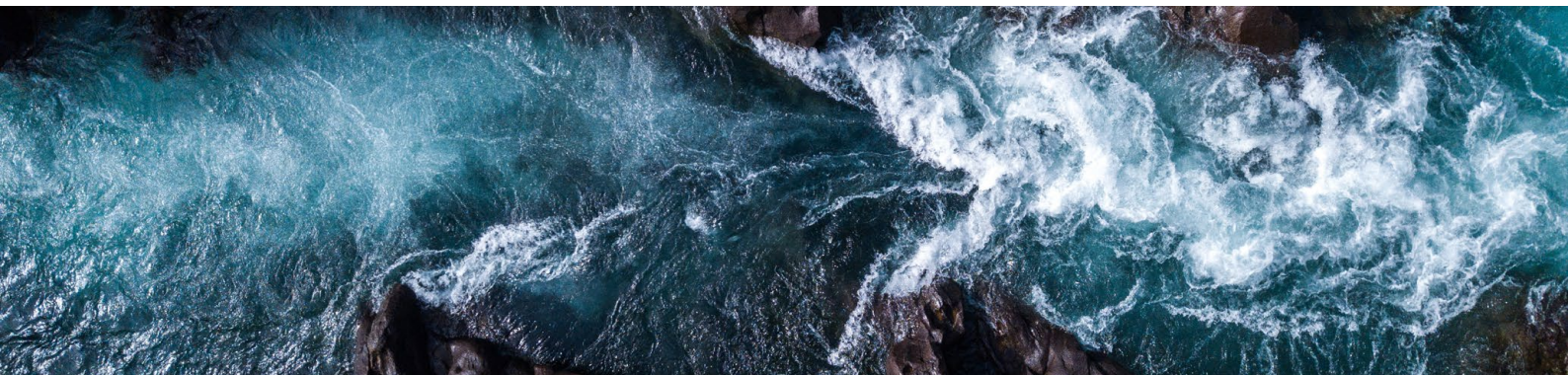
- wartości mieszczące się w przedziale 0,2 – 1 uważane są za powierzchnię wody;
- pozostały zakres wartości wskaźnika NDWI tj. od 0,2 do -1, charakteryzuje obszary lądowe.



Rys.5. Znormalizowany różnicowy wskaźnik wody na obszarze otaczającym budowę zamku w Stobnicy.

Jak uprzednio wspomniano, wskaźnik NDWI może posłużyć do lokalizacji zbiorników wodnych – świetnie to widać na powyższym przykładzie. W lipcu 2020 oraz sierpniu 2022 roku zbiornik był wypełniony wodą, świadczy o tym niebieski kolor na grafice, który reprezentuje wartości NDWI powyżej 0,2.

W marcu 2021 roku zbiornik był osuszony, potwierdzają to niskie wartości wskaźnika NDWI. Dodatkowo w południowo-zachodniej części mapy widać rzekę, która na każdej z przedstawionych analiz wskaźnika NDWI charakteryzuje się wartością wskaźnika powyżej 0,2 (kolorem jasno-niebieskim).





## Poprzez wykorzystanie wskaźników teledetekcyjnych analiza stanu środowiska jest możliwa zarówno w wybranym okresie wegetacyjnym jak i w zadanym okresie czasu (na przestrzeni lat, miesięcy).



Powyższe wskaźniki mogą zostać z sukcesem wykorzystane w rolnictwie. Analiza wskaźnika NDVI gwarantuje bezinwazyjne badanie stanu roślinności na użytkach rolnych. Dzięki wskaźnikowi NDVI można zlokalizować miejsca na użytku rolnym, gdzie roślinność nie rozwija się równomiernie i wymaga dodatkowego działania ze strony rolnika.

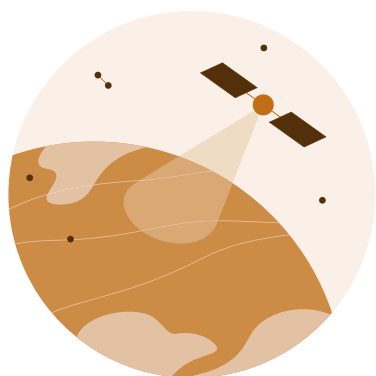
Dodatkowo wskaźnik NDWI może zostać wykorzystany w lokalizowaniu stagnującej wody na zalanych polach. Nadmiar wody w glebie jest równie niekorzystny dla użytków zielonych co jej niedostatek, nadmierne uwilgotnienie gleby zmienia stosunki wodno-powietrze, co może powodować rozwój wielu chorób a nawet obumieranie roślinności.

**Monitoring roślinności przy pomocy wskaźników teledetekcyjnych umożliwia użytkownikowi aplikacji TerraEye ciągłą kontrolę stanu użytków zielonych oraz zapewnia możliwość odpowiednio szybkiej reakcji ze strony użytkownika, kiedy sytuacja wymagałaby takich działań.**



# Nasz pomysł na monitorowanie kluczowych lokalizacji

Dzięki szerokiemu gronu klientów rozumiemy zapotrzebowanie na dane o zróżnicowanym poziomie i stopniu szczegółowości. Dla zapewnienia tych typów informacji, naszym celem jest integracja wielu sposobów pozyskania danych.



## W SZERSZEJ PERSPEKTYWIE

Zobrazowania satelitarne dostarczają najbardziej aktualnych i zróżnicowanych informacji:

- Co 2-3 dni dostępne są nowe zobrazowania multispektralne;
- Co 12 dni pozyskiwane są nowe dane radarowe w celu uzyskania informacji o deformacjach gruntu;
- Dostęp do zobrazowań hiperspektralnych umożliwia tworzenie bardziej kompleksowych analiz.



## BLIŻSZE SPOJRZENIE

Drony (UAV) mogą być wysłane w celu dalszego uzupełnienia danych satelitarnych i uzyskania bardziej szczegółowych informacji o regionie lub miejscu:

- Gdy wymagana jest lepsza rozdzielczość;
- Gdy chmury przesłaniają określoną lokalizację;
- Gdy potrzebna jest walidacja danych satelitarnych.



## IN-SITU DLA DETALI

Dostęp do szczegółowych informacji za pośrednictwem naziemnych sensorów i fizycznego pobierania próbek.

- Wykorzystywane do wyników analiz.
- Pobieranie próbek w konkretnych lokalizacjach w przypadku określonych zdarzeń lub w celu uzyskania lepszego wglądu w planowany przyszły projekt.





## POTENCJAŁ

Powyższe studium przypadku przygotowano na podstawie satelitarnych zobrazowań optycznych, pochodzących z misji Sentinel-2, których rozdzielczość przestrzenna wynosi 10 x 10 m.

## WSPARCIE

Aby osiągnąć najwyższą jakość ukazywanych informacji i ciągle ulepszać nasze algorytmy uczenia maszynowego współpracujemy z ekspertami:

- Pracujemy na danych pochodzących z optycznych konstelacji (w tym Pléiades Neo, Pléiades, SPOT DMC Constellation, Vision-1) poprzez współpracę z Airbus, SentinelHub, ESRIC, Maxar, SatRev, Pixxel oraz SkyWatch.
- Współpracujemy z Prometheus S.A. w ramach realizacji oblotów dronowych oraz pozyskiwania danych.
- Współpracujemy z Wydziałem Geologii Uniwersytetu Warszawskiego oraz Politechniką Wrocławską, aby ulepszać nasze algorytmy.
- W rozwijaniu naszego systemu wspiera nas Microsoft, PWC oraz ESA.
- Otrzymujemy finansowanie z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

**AIRBUS**

**MAXAR**

**esric**

**sentinelhub**

**pixxel**

**SATREV<sup>+</sup>**

**Microsoft**

**PROMETHEUS**

**pwc**

**esa**

**UNIWERSYTET  
WARSZAWSKI**

**Politechnika  
Wrocławska**

**SKYWATCH**

**NCBR**  
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju



## O NAS

W RSBS naszą misją jest ograniczanie wpływu przemysłu na środowisko poprzez wprowadzanie innowacji technologicznych.

Przedstawiamy narzędzie, które przy wykorzystaniu zobrażeń satelitarnych i rozwiązań teledetekcyjnych, będzie wspierać proces oceny środowiskowej na wielu płaszczyznach.

---

### Kontakt