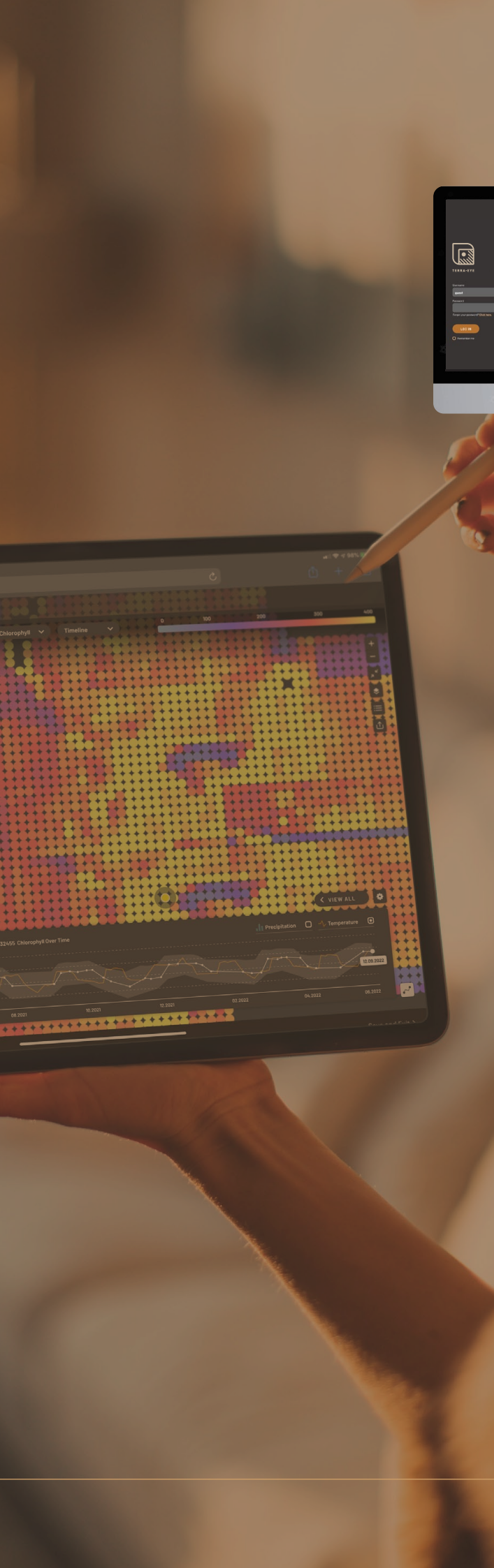




# Możliwości systemu TerraEye

**Monitorowanie wpływu działalności  
górnictwej na środowisko na przykładzie  
kopalń odkrywkowych PAK KWB Konin**





## TERRA•EYE

System TerraEye to narzędzie, dedykowane dla branży górnictwa odkrywkowego, służące m. in. do monitorowania wpływów kopalń odkrywkowych na środowisko. Rozwijane przez nas funkcjonalności opierają się na analizie danych satelitarnych, przy wsparciu sztucznej inteligencji oraz uczenia maszynowego.

Obecna rozdzielczość przestrzenna i czasowa pozwala szybko i dokładnie zaobserwować zmienność parametrów środowiskowych, takich jak stan i kondycja roślinności, jakość wody czy zmiany w wykorzystaniu terenu. Bazując na zdjęciach satelitarnych i algorytmach uczenia maszynowego, system TerraEye identyfikuje elementy składowe kopalń, elementy środowiska przyrodniczego, zbiorniki wodne oraz obszary rolne. Łącząc aktualne obserwacje z danymi archiwalnymi daje możliwość obserwacji i interpretacji zmienności wybranych cech środowiska: zmiany powierzchni lustra wody oraz jej parametrów jakościowych (ilość chlorofilu, rozpuszczonego węgla, mętność), zmienności parametrów opisujących kondycję terenów zielonych w odniesieniu do warunków atmosferycznych, fragmentacji ekosystemów czy wylesienia. Co więcej, system TerraEye sprawdza się również w monitorowaniu postępu procesów związanych z działalnością likwidacji i rekultywacją kopalń.

W niniejszym artykule przedstawiamy wybrane funkcjonalności odnoszące się do wpływów środowiskowych, na wybranych przykładach kopalń odkrywkowych. Zdecydowaliśmy się na analizę kopalń PAK KWB Konin.

## Z uwagi na specyfikę przetwarzanych przez nas danych satelitarnych, nasze rozwiązania są aplikowalne dla obszarów na całym świecie.

Przyglądając się rosnącej globalnej świadomości na temat wpływu przedsiębiorstw na środowisko, warto skupić się na sektorze górniczym, będącym jednym z głównych podmiotów odpowiedzialnych za degradację środowiska. Kopalnie odkrywkowe pokrywają obszary sięgające nawet kilkuset kilometrów kwadratowych, a podczas procesu eksploatacji nierzadko powstają trwałe i nieodwracalne zmiany w przyrodzie tj. przeobrażenie rzeźby terenu, zmiany stosunków wodnych, fragmentacja ekosystemów itp.

Oprócz tego istnieje ryzyko niekontrolowanych awarii, które w przeszłości były przyczyną śmierci ludzi, utraty mienia i ogromnych szkód środowiskowych (np. awaria zbiornika odpadów pogórniczych w Jagersfontein). Stały monitoring terenu górniczego może zapobiegać potencjalnym szkodom oraz pozwala na sprawowanie nadzoru nad procesem ich usuwania.

### OBSZARY PODDANE ANALIZOM



## 1. Odkrywka Tomislavice





## 2. Odkrywka Józwin



## 3. Odkrywka Drzewce

Dotychczas w ramach działalności PAK KWB „Konin” uruchomiono aż 10 odkrywek węgla brunatnego. W niniejszym artykule analizie zostały poddane kopalnie odkrywkowe Józwin (2), Tomisławice (1) oraz działająca do 8 sierpnia 2022 roku, odkrywka Drzewce (3). Obiekty położone są w Polsce w województwie wielkopolskim. Ze względu na charakter zastosowanej metody eksploatacji, działalność każdej z analizowanych kopalń zajmuje znaczny obszar.

Na przestrzeni ostatnich lat zaobserwowano negatywne zmiany stosunków wodno-gruntowych, takie jak wahania poziomu lustra wody czy powstanie leja depresji, związanego z koniecznością odwadniania terenu górniczego. Dodatkowo w zasięgu wpływu powyższych kopalni odkrywkowych znajduje się Powidzki Park Krajobrazowy (PPK), objęty programem Natura 2000.

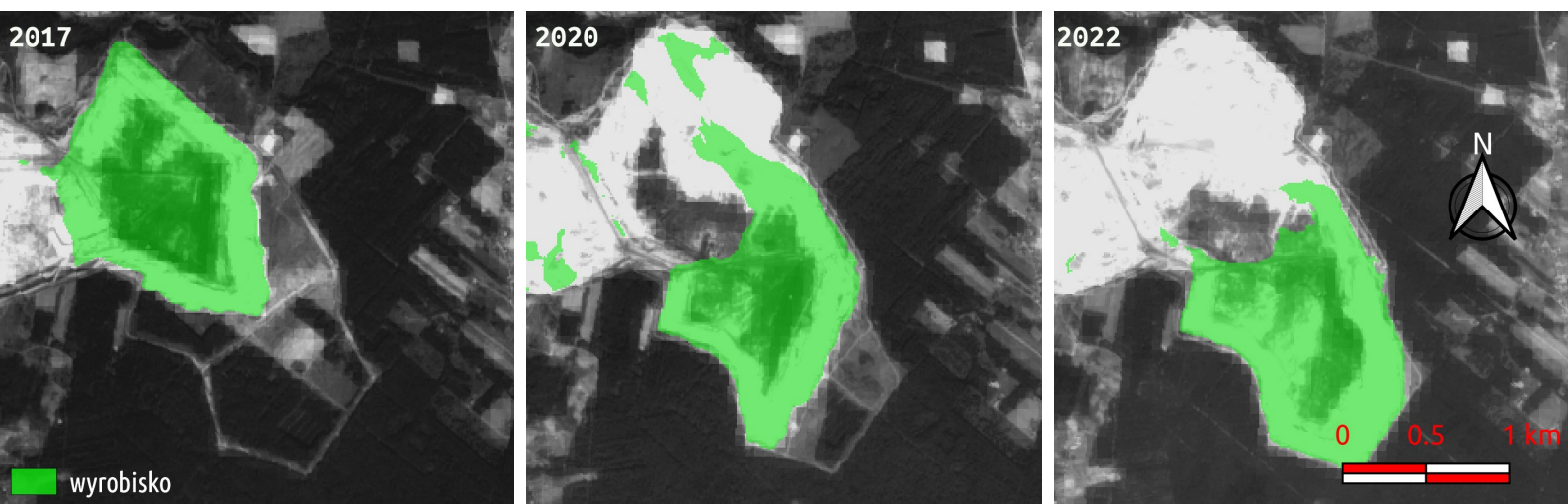


# Rozwijana przez nas funkcjonalność umożliwia użytkownikowi automatyczną detekcję oraz śledzenie zmian w klasach pokrycia terenu obszarów górniczych.

Rozwijana w systemie TerraEye funkcjonalność segmentacji elementów obszarów górniczych, w zależności od potrzeb użytkownika może dostarczać informacji na temat aktualnej powierzchni obszarów przeobrażonych działalnością górniczą. System TerraEye poprzez śledzenie zmian powierzchni poszczególnych elementów odkrywkowych zakładów górniczych, odnosi się do najbardziej oczywistego wpływu środowiskowego działalności górniczej, tj. zużycia terenu. **Rozwijane przez nas modele uczenia maszynowego są w stanie automatycznie rozpoznawać aż 15 klas pokrycia terenu, w tym te najbardziej podstawowe – wyrobiska i zwałowiska.**

W przyszłości możliwości systemu TerraEye przewidują zintegrowane działanie z autonomicznymi dronami, które bazując na predykcjach wykonanych na podstawie zdjęć satelitarnych, samodzielnie będą kierowały się do miejsca przeprowadzenia pomiaru.

Poniżej przedstawiono przykłady predykcji obszaru wyrobiska odkrywki Drzewce wygenerowane automatycznie przez model uczenia maszynowego. Przedstawiono stan na 2017, 2020 oraz 2022 rok (Rys. 1).



Rys. 1. Zestawienie zmian powierzchni wyrobiska odkrywki Drzewce wykonane przez model uczenia maszynowego w latach 2017, 2020 oraz 2022.



# Rozwijana funkcjonalność detekcji wody pozwala użytkownikowi monitorować zarówno zmieniającą się powierzchnię zbiorników wodnych, jak i wybrane wskaźniki jakościowe wody.

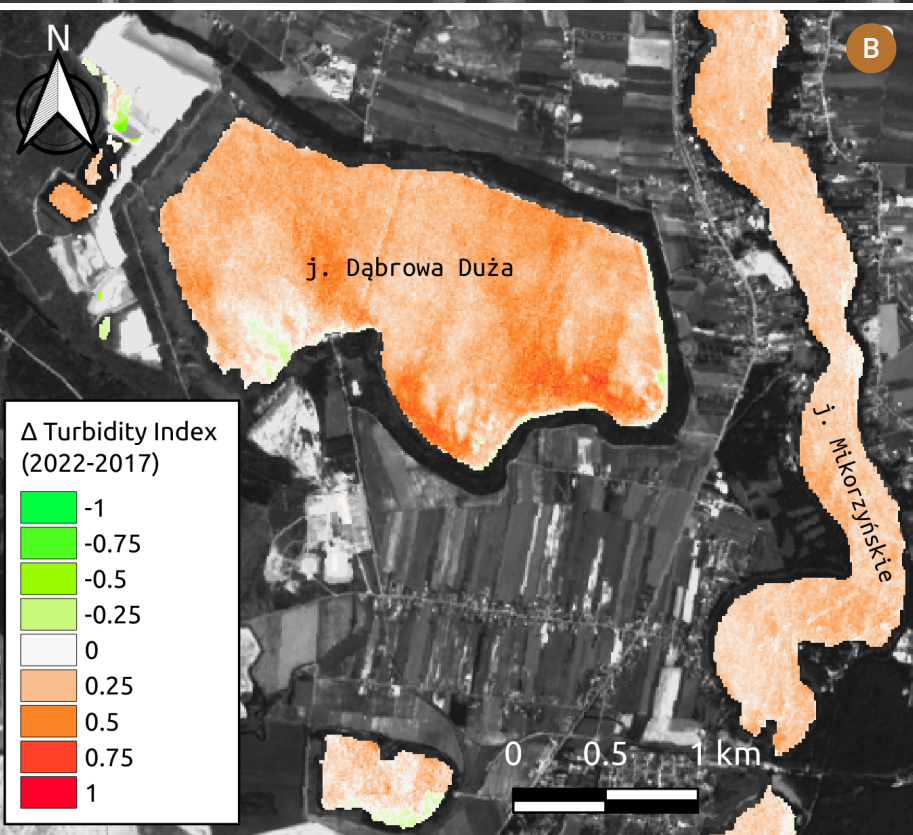
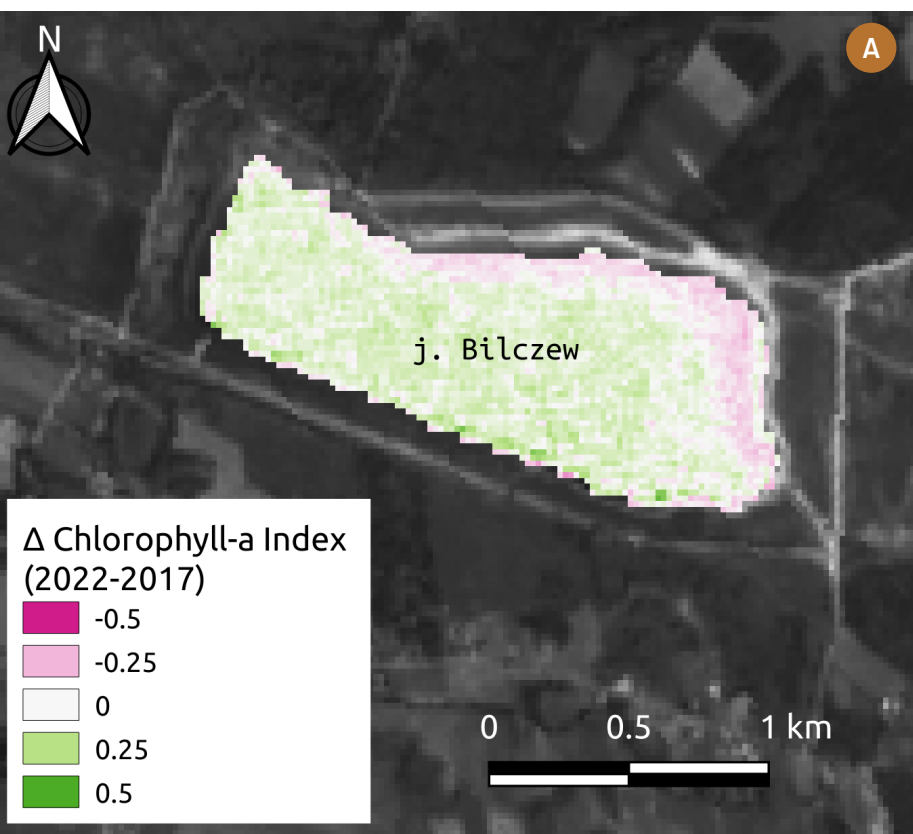
Działalność górnicza może wpływać na wody powierzchniowe w dwojaki sposób: być przyczyną ubytku wody w zbiorniku wodnym oraz przyczyną jej zanieczyszczenia. Bardzo często w procesie eksploatacji złoża obniżany jest poziom wód gruntowych, co prowadzi do wysychania okolicznych zbiorników powierzchniowych. Monitorowanie zmian w poziomie i powierzchni zwierciadła wodnego pozwala mitygować to zjawisko. Na Rys. 3 przedstawiono przykłady zmian w powierzchni lustra wody, które zostały wykryte na podstawie zobrażeń satelitarnych, przetworzonych w aplikacji TerraEye.

Jednocześnie możliwy jest monitoring przyrostu powierzchni i poziomu lustra wody np. w procesach rekultywacji lub naprawy szkód, jak ma to miejsce w przypadku Zbiornika Słaboludz.



Rys. 2. Zmiany w powierzchni lustra wody w okolicznych naturalnych i sztucznych zbiornikach wodnych na przestrzeni lat 2022 i 2017.





Rys. 3. Przykłady detekcji zmian w parametrach jakościowych wody na przykładzie jezior Bilczew i Dąbrowa Duża.

**W toku prac górniczych kopalnie mogą odprowadzać ścieki przemysłowe lub wody dołowe dookolicznych zbiorników wodnych. Takie praktyki, w połączeniu z zachodzącymi zmianami klimatu oraz obniżonymi poziomami wód, mogą prowadzić do gwałtownych zmian warunków bytowych, a tym samym do katastrofy klimatycznej, jaka m. in. miała miejsce na rzece Odrze w 2022 r.**

Bazując na zobrazowaniach satelitarnych oraz wyliczanych na ich podstawie wskaźnikach do oceny zawartości chlorofilu oraz rozpuszczonej materii organicznej, system TerraEye alarmuje użytkowników o zmianach zachodzących w zbiornikach, które mogą wymagać podjęcia dodatkowych działań.

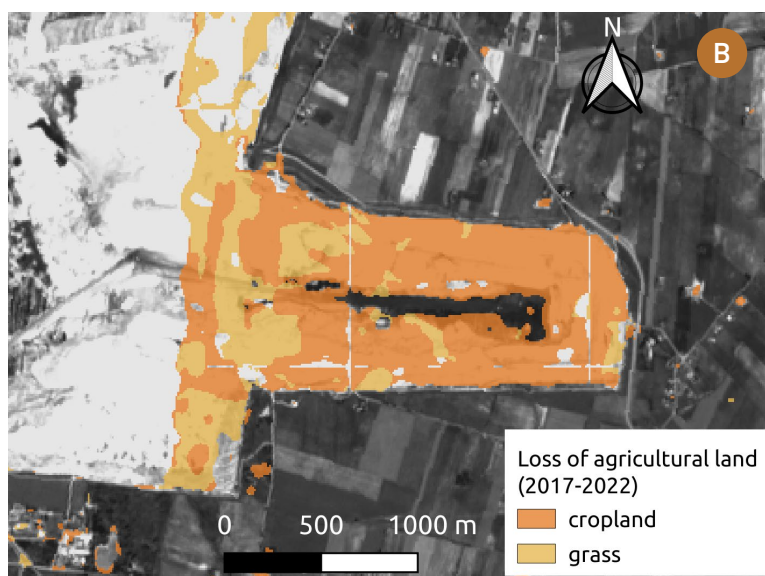
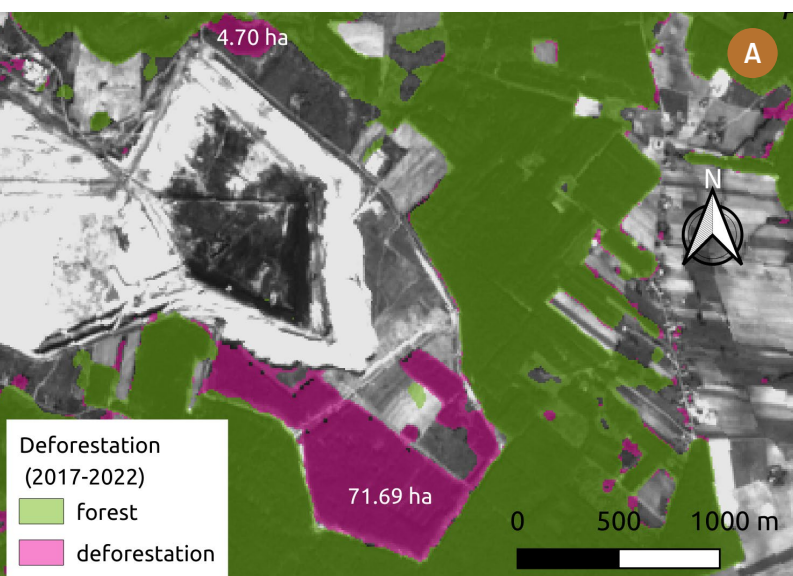
Na Rys. 3 przedstawiono przykłady wskaźników dot. oceny jakości wód. W przypadku jeziora Dąbrowa Duża zaobserwowano miejscowe duże wzrosty mętności wody (3B). Natomiast w przypadku jeziora Bilczew wzrósł ogólny poziom zawartości chlorofilu w wodzie (3A), który może być spowodowany zakwitaniem glonów, a który w konsekwencji może prowadzić do uwalniania szkodliwych dla zwierząt i ludzi toksyn.



# Rozwijana funkcjonalność detekcji zieleni służy do inwentaryzacji szaty roślinnej na terenie objętym wpływem działalności górniczej, poprzez wskazywanie zasięgu poszczególnych klas pokrycia roślinnością.

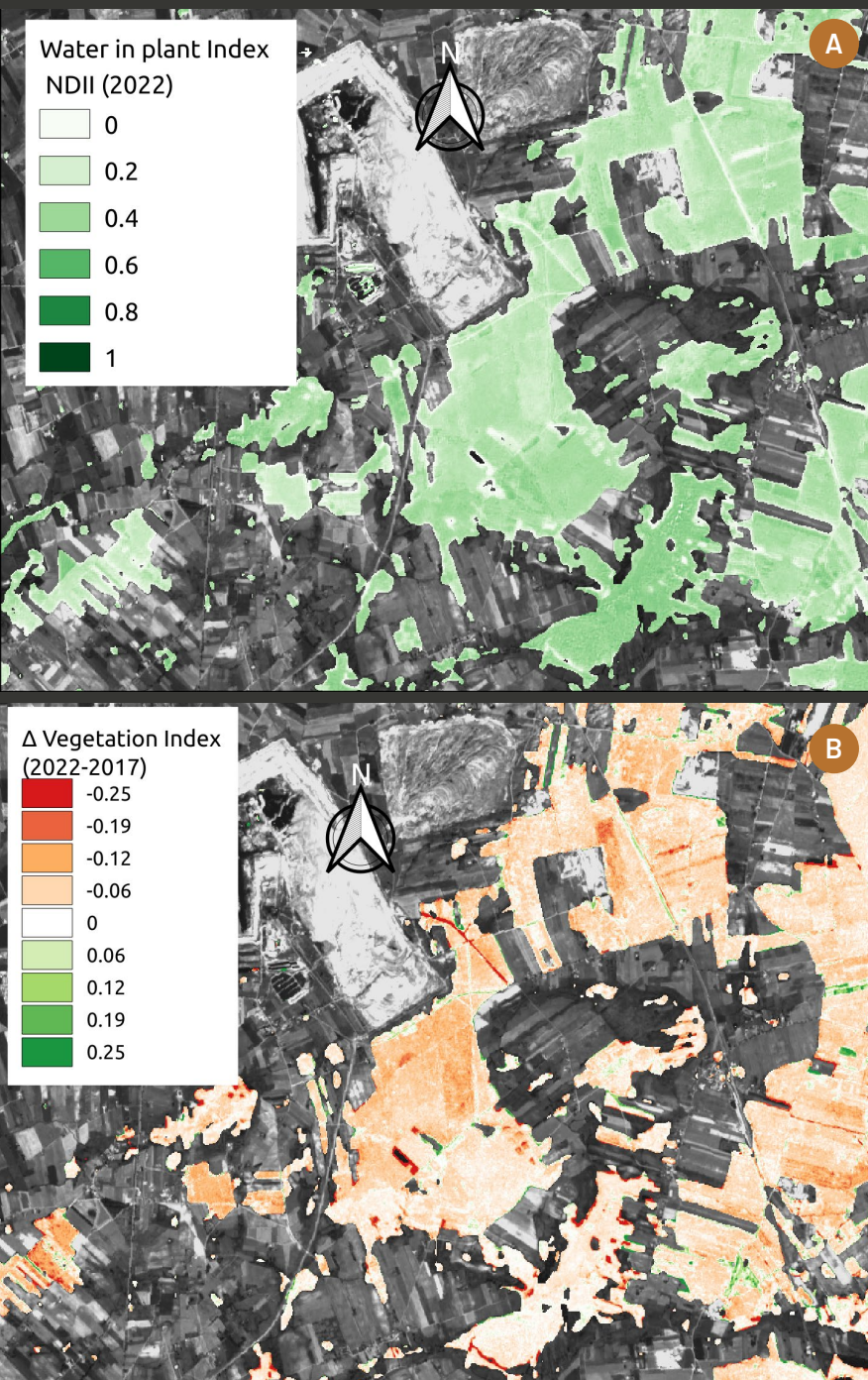
Rozwijana funkcjonalność detekcji zieleni pozwala na ewidencję szaty roślinnej w obszarze działalności górniczej i jej otoczenia. W tym celu wykorzystywane jest 11 klas pokrycia terenu (takie jak trawy, krzewy, drzewa czy pola uprawne), które rozróżniane są przy użyciu stworzonego przez nas modelu uczenia maszynowego.

Na poniższych grafikach (Rys. 4) przedstawiono wykorzystanie detekcji zieleni na przykładzie strat w szacie roślinnej w obszarach odkrywek Drzewce i Józwin. System TerraEye pozwala obliczyć areał zdegradowanych terenów dla wybranych klas i porównać go z latami poprzednimi.



Rys. 4. Ubytki w gruntach leśnych i rolnych (w tym w użytkach zielonych) powstałe w wyniku działalności górniczej w odkrywkach Drzewce i Józwin w latach 2017-2022.





Rys. 5. Wartości wskaźnika NDII w 2022 roku (A); zmiana wartości wskaźnika NDVI między latami 2017-2022 (B).

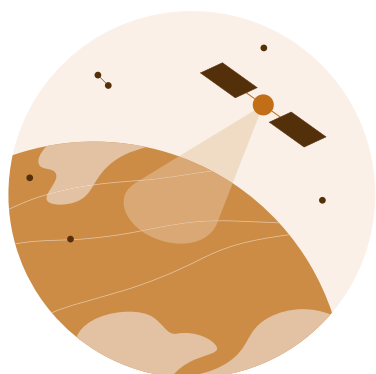
Ważną funkcją naszego systemu jest zdolność do obliczania znormalizowanych wskaźników jakości zieleni dla pojedynczego piksela (NVDI, NDRE, NDII). Wskaźnik NVDI pozwala ocenić kondycję i stan rozwojowy roślinności, NDRE zawartość chlorofilu, a NDII zawartość wody w liście (Rys. 5A).

Dane te można przedstawić w postaci różnicy między poszczególnymi latami, co daje możliwość prostego i sprawnego wskazania miejsc największych zmian, tym samym usprawniając sposób odczytu ważnych informacji. Dla przykładu, poniżej przedstawiono zmiany wartości wskaźników NVDI między latami 2017-2022 w okolicach odkrywki Tomisławice (Rys. 5B).



# 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.





## 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, ESRI, 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**

**esri**

**sentinelhub**

**pixxel**

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

**Microsoft**

**PROMETHEUS**

**pwc**

**eesa**

**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