



Spółeczno-ekonomiczny wpływ danych satelitarnych na wybrane obszary gospodarki i obszary życia społecznego





Niniejsza publikacja powstała
na zlecenie Polskiej Agencji Kosmicznej (POLSA)

Wykonawcą była: Fundacja Space Entrepreneurship Institute

Redaktorzy/-ka:

Michał Szwajewski
Katarzyna Malinowska
Paweł Pacek

Zespół autorski:

Katarzyna Malinowska
Paweł Pacek
Kaja Hopej
Jerzy Żurek
Paweł Zimnicki
Marcin Janicki

ISBN:

Współpraca merytoryczna ze strony POLSA:

Marta Runo,
Kinga Gruszecka

Opracowanie graficzne i łamanie:

Radostaw Bućko

ISBN 978-83-945436-4-8



Spółeczno-ekonomiczny wpływ danych satelitarnych na wybrane obszary gospodarki i obszary życia społecznego





Spis treści

Wstęp	7
I. Komentarz ekspercki	9
II. Streszczenie	13
III. Społeczno-ekonomiczny wpływ danych satelitarnych (optycznych, radarowych, GNSS) na wybrane obszary gospodarki i obszary życia społecznego.	21
1. TELEKOMUNIKACJA	21
2. ROLNICTWO	31
3. TRANSPORT PUBLICZNY – OSZCZĘDNOŚĆ PALIWA	37
4. POŻARY LASÓW	43
5. WYKRYWANIE NIEPRAWIDŁOWOŚCI W PŁATNOŚCIACH BEZPOŚREDNICH DLA ROLNIKÓW	49
6. UBEZPIECZENIA	55
7. SZKODY GÓRNICZE – PREDYKCJA I ANALIZA ISTNIEJĄCYCH OSUWISK I ZAPADLISK	63
8. PROGNOZOWANIE, WCZESNE WYKRYWANIE POWODZI	69
9. MONITOROWANIE BIOMASY NA CELE ENERGETYCZNE	77
10. GOSPODARKA MORSKA	83
11. MONITORING ZAPÓR GÓRNICZYCH ZBIORNIKÓW POFLOTACYJNYCH	76
12. RATOWNICTWO MEDYCZNE	89
13. BEZPIECZEŃSTWO NARODOWE I OBRONNOŚĆ	99
15. ZAGOSPODAROWANIE PRZESTRZENI M.IN. URBANIZACJA, MIEJSKIE WYSPY CIEPŁA, KONDYCJA ROŚLINNOŚCI	107
16. WSPARCIE DLA ORGANÓW ŚCIGANIA: NIELEGALNA WYCINKA LASU, NIELEGALNE SKŁADOWANIE ODPADÓW	117
17. MONITORING ZANIECZYSZCZENIA RZEK/WÓD	127

Wstęp



prof. Grzegorz Wrochna

Prezes Polskiej Agencji Kosmicznej

W poszukiwaniu danych

Często jesteśmy pytani o opłacalność inwestycji w sektor kosmiczny. Równie często – o przykłady wykorzystania technologii satelitarnych. Dlatego też cieszę się, mogąc Państwu zaprezentować publikację zawierającą odpowiedzi na oba te pytania.

Publikacja jest obszerna i w nowatorski sposób analizuje ekonomię wykorzystania danych satelitarnych – zarówno zdjęć Ziemi wykonanych z orbity, jak i łączności i nawigacji satelitarnej. Technologie kosmiczne są już z powodzeniem wykorzystywane w życiu codziennym, umożliwiając szybsze reagowanie na zagrożenia lub przynosząc wymierne oszczędności dla budżetu państwa poprzez zwiększenie efektywności.

Zawarte w publikacji przykłady przedstawiają również ścieżki rozwoju technologii kosmicznych, ponieważ potencjał gospodarczy sektora kosmicznego, rozumiany jako zdolność do generowania zysków, ujawnia się nie tylko w wykorzystaniu niedostępnych wcześniej zdolności, ale przede wszystkim w transferze wysokich technologii do innych sektorów gospodarki.

To właśnie w szeroko pojętej działalności gospodarczej możemy wykorzystywać wysokie technologie, aby tworzyć nowe rozwiązania, które poprawiają naszą jakość życia. Tak więc niezależnie od tego, czy efektem inwestycji w sektor kosmiczny jest zwiększenie bezpieczeństwa, usprawnienie procesu, czy opracowanie nowego produktu lub usługi, ostatecznym beneficjentem takiej inwestycji jest obywatel.

Niniejsza publikacja prezentuje wybór obszarów, w których technologie satelitarne są wykorzystywane i na pewno nie wyczerpuje tematu. Mam jednak nadzieję, że dostarczy ona Państwu informacji i inspiracji. Jak historia ostatnich dekad pokazała wielokrotnie, wysokie technologie zmieniają świat. Polska jest na bardzo dobrej trajektorii, aby w kolejnych dekadach stać się jednym z centrów innowacji, transferu technologii i wdrożeń.

Zapraszając Państwa do lektury, na zakończenie, pragnę zaprosić Państwa na cykliczną konferencję – „Forum obserwacji Ziemi” dedykowaną wykorzystaniu danych satelitarnych, którą Polska Agencja Kosmiczna organizuje każdego roku późną jesienią.

Komentarz ekspercki

Dr Piotr Kaczmarek-Kurczak

Akademia Leona Koźmińskiego

W ostatnich latach obserwujemy niezwykle szybki rozwój satelitarnych technologii obserwacji Ziemi i coraz większy wpływ tych narzędzi na różne sfery gospodarki, polityki, obronności a nawet zachowania społeczne. Wszystko wskazuje na to, że ten rozwój w ciągu najbliższych lat może nawet przyspieszyć. Jest to związane nie tylko z coraz dalej idącą miniaturyzacją urządzeń orbitalnych, rosnącą rozdzielczością kamer i pojawianiem się coraz mniejszych i coraz tańszych urządzeń do obserwacji multi i hiper spektralnych, ale przede wszystkim malejącymi kosztami wynoszenia satelitów, rosnącą dostępnością rakiet i w konsekwencji z „wszędobylsnością” satelitów wynikającą z ich rosnącej liczby na coraz niższych orbitach. Ogromne konstelacje satelitarne stały się codziennością zapewniając stały dostęp do aktualnych danych. Konsekwencje tej rewolucji zachodzącej na kilku płaszczyznach (produkcja satelitów, zarządzanie mega konstelacjami satelitarnymi, rewolucja w ilości i zróżnicowaniu środków wynoszenia oraz spadek kosztów budowy konstelacji obserwacyjnych) mogą być znaczące. Przyszłość satelitarnej obserwacji Ziemi jest niezwykle obiecująca, a liczne potencjalne zmiany będą kształtować tę dziedzinę w ciągu najbliższych 10 lat. Wyższa rozdzielczość przestrzenna i czasowa wynikać będzie z dalszej poprawy zdolności do rejestrowania drobniejszych szczegółów na powierzchni Ziemi i dostarczania częstszych aktualizacji. Umożliwi to bardziej precyzyjne monitorowanie i analizę w różnych sektorach, w tym w rolnictwie, planowaniu urbanistycznym i zarządzaniu łańcuchami żywnościowymi. Postęp w technologiach czujników, takich jak radar z syntetyczną aperturą (SAR) i obrazowanie hiper spektralne, rozszerzy zakres danych, które można gromadzić. Radary z syntetyczną aperturą już dziś zapewniają obrazowanie w każdych warunkach pogodowych, w dzień i w nocy, pozwalają również na analizę trójwymiarowych obiektów oraz obserwację obiektów niewidocznych w paśmie widzialnym. Czujniki hiper spektralne, stanowiące przedmiot zainteresowania rosnącej liczby firm kosmicznych mogą identyfikować określone materiały oraz identyfikować nie tylko typy, ale również i stan roślinności.

Rozprzestrzenianie się małych satelitów, w tym CubeSatów i nanosatelitów, systematycznie demokratyzuje dostęp do danych z obserwacji Ziemi. Te mniejsze, bardziej przystępne cenowo satelity są rozmieszczane w konstelacjach, umożliwiając szybki czas rewizyty i globalny zasięg, ale przede wszystkim oddając w ręce każdego, w tym również małych i średnich firm, dane o rozdzielczości i aktualności niemal w całości do tej pory zarezerwowanych dla instytucji rządowych i wojska. Sposoby wykorzystania tych danych są przedmiotem wielu innowacji i pomysłów biznesowych tworzonych przez nowe przedsiębiorstwa kosmiczne – przede wszystkim startupy, które coraz śmielej wychodzą ze swoimi propozycjami na globalne rynki, przyciągając coraz większą uwagę inwestorów. Błyskawicznie rosnąca liczba satelitów dramatycznie zwiększa ilość dostępnych danych co powoduje powstanie wąskiego – do przetwarzania i analizy tych danych oraz udostępniania wyników tych analiz klientom. Stąd coraz szybciej rozwijający się segment wykorzystania uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji zarówno na pokładzie samych satelitów jak i w instalacjach naziemnych. Integracja uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji może doprowadzić do wielu ciekawych zastosowań danych satelitarnych, ponieważ technologie te pomagają przetwarzać ogromne ilości danych, wykrywać wzorce i skuteczniej dostarczać użytecznych informacji oraz pozwalają łączyć dane z wielu źródeł – nie tylko satelitarnych, na przykład poprzez nakładanie na dane satelitarne dodatkowych warstw informacji i wyszukiwanie pomiędzy nimi korelacji i powiązań, co może znacząco zwiększać wartość tych danych dla wielu nowych użytkowników. Uczenie maszynowe i sztuczna inteligencja odegrają kluczową rolę w dalszej automatyzacji analizy i interpretacji danych oraz zapewnieniu dostępu do tych danych „przeciętnemu użytkownikowi”.

Satelity będą nadal znacząco przyczyniać się do poprawy poziomu globalnego monitorowania środowiska, w tym śledzenia wskaźników zmian klimatu, wylesiania, stanu czystości oceanów i jakości powietrza. Dane te będą stanowić podstawę międzynarodowych polityk i porozumień, ale również podejmowania działań i inicjatyw lokalnych, nie tylko przez samorządy, ale również przez organizacje pozarządowe – ruchy społeczne, fundacje, stowarzyszenia.

Zróźnicowanie technik satelitarnych tworzy, i będzie tworzyć, wiele nowych wyzwań. Wraz z rosnącą liczbą satelitów na orbicie, zarządzanie ruchem kosmicznym i unikanie kolizji stanie się bardziej krytyczne. Satelity wyposażone w czujniki do wykrywania i przewidywania potencjalnych kolizji będą musiały zapewnić zrównoważony rozwój operacji kosmicznych. Rozwinie się również zapewne odrębna kategoria satelitów obserwacyjnych, których zadaniem będzie detekcja, śledzenie i raportowanie anomalii w ruchu obiektów kosmicznych. W tej chwili obserwacje tego typu dokonywane są głównie przez stacje naziemne, ale ich rozmieszczenie nie zawsze pozwala na sprawne wykrywanie wszystkich potencjalnych obszarów i zagrożeń. Brakuje również sprawnej sieci obserwacji małych obiektów kosmicznych – w atmosferę Ziemi wpadają obiekty kosmiczne, które nie zawsze są wykrywane odpowiednio wcześnie przez sieć obserwatoriów naziemnych.

Wraz z rozwojem możliwości obserwacji Ziemi, coraz większego znaczenia nabierze kwestia prywatności i implikacje etyczne zarówno masowego dostępu do danych obserwacyjnych, jak i zachowania operatorów sprzętu satelitarnego. Niekontrolowane i nieuzgodnione z nikim próby orbitalne mogą tworzyć zagrożenie dla wielu użytkowników przestrzeni wokółziemskiej i mogą prowadzić do agresji i wzrostu zachowań egoistycznych. W celu zapobieżenia niekontrolowanemu rozwojowi tego typu scenariusza, instytucje państwowe i podmioty prywatne powinny jak najszybciej rozpocząć konsultacje, nie tylko wokół przepisów i porozumień koniecznych do rozwiązania tych kwestii i zapewnienia odpowiedzialnego wykorzystania zarówno przestrzeni orbitalnej jak i pozyskiwanych z niej danych, ale również kodeksów dobrych praktyk biznesowych i kodeksów „savoir-vivre” na orbicie.

Wszystkie te wyzwania wymagają zacieśnienia współpracy między rządowymi agencjami kosmicznymi i prywatnymi firmami, które muszą wziąć odpowiedzialność za stan środowiska kosmicznego, jak i za konsekwencje rozszerzającej się obecności podmiotów prywatnych na orbicie. Rosnąca liczba konstelacji orbitalnych zwiększa presję również na budowanie lepszej i bardziej wydajnej sieci łączności orbitalnej, pozwalającej efektywniej koordynować ruch obiektów orbitalnych, jak i przesyłanie informacji nie tylko z Ziemi na orbitę i z powrotem, ale również pomiędzy urządzeniami orbitalnymi. Konstelacje satelitów przeznaczone do zapewnienia globalnego szerokopasmowego dostępu do Internetu zapowiadają rewolucję w obaleniu kolejnej bariery infrastrukturalnej. Sieci te nie tylko poprawią łączność w odległych obszarach i dadzą miliardom ludzi równy dostęp do osiągnięć cywilizacji cyfrowej, ale także będą wspierać przesyłanie i przetwarzanie danych z obserwacji Ziemi.

Spadająca efektywność środków obserwacji naziemnych prowadzić będzie zapewne do wzrostu znaczenia systemów satelitarnych obserwacji dalekiej przestrzeni kosmicznej – obserwatorów satelitarnych, sieci łączności dalekiego zasięgu. Postępy w eksploracji kosmosu i rosnący strumień danych z dalekiej przestrzeni kosmicznej będą skłaniały operatorów do umieszczenia na orbicie również systemów transmisji i przetwarzania danych z innych ciał niebieskich, takich jak Księżyc i Mars, otwierając nowe możliwości odkryć naukowych i eksploracji zasobów.

Podsumowując, w następnej dekadzie prawdopodobnie nastąpi konwergencja postępu technologicznego, zwiększonej dostępności i szerszego zakresu zastosowań satelitarnej obserwacji Ziemi. Rozwój ten przyniesie korzyści nie tylko różnym branżom, ale także przyczyni się do sprostania globalnym wyzwaniom, w tym zmianom klimatycznym, zarządzaniu klęskami żywiołowymi i zrównoważonemu zarządzaniu zasobami.

Streszczenie

1. Przedmiot i zakres Raportu

Przedmiotem niniejszego raportu jest przedstawienie wykorzystania danych satelitarnych w wybranych dziedzinach życia gospodarczego i społecznego oraz analiza korzyści odnoszonych przez gospodarkę i społeczeństwo z tego tytułu. Autorzy raportu, w porozumieniu z Polską Agencją Kosmiczną dokonali wyboru siedemnastu dziedzin gospodarki, w których wpływ ten wydaje się być najbardziej wymierny. Nie we wszystkich tych dziedzinach było możliwe oszacowanie całkowitych korzyści w postaci danych liczbowych z uwagi na kompleksowe i wielowymiarowe wykorzystanie danych satelitarnych. W tych przypadkach, dokonano opisu korzyści społecznych. Każdy z rozważanych obszarów zawiera ogólny opis zagadnienia, oraz w miarę możliwości, studia przypadków adekwatnych dla danej dziedziny, które znalazły zastosowanie w Polsce lub za granicą.

Rozdział III rozpoczyna opis zagadnienia telekomunikacji satelitarnej. Łączność satelitarna stanowi bowiem podstawę wykorzystania satelitów i generowanych przez nich danych. Punkt ten stanowi zatem wprowadzenie do całokształtu problematyki i ma charakter horyzontalny. Z tego też powodu, skutki wykorzystania Telekomunikacji zostały opisane w kontekście ogólnych korzyści ekonomicznych, korzyści dla społeczeństwa, oraz bezpieczeństwa i obronności Państwa.

Zasadnicze korzyści wynikające z wykorzystania danych satelitarnych w poszczególnych, wybranych dziedzinach gospodarki można podsumować w następujący sposób:

ROLNICTWO

Jeśli w Polsce połowa gospodarstwa o powierzchni 50 ha korzystałaby z rozwiązań jakie oferuje rolnictwo precyzyjne oparte o dane satelitarne (nawigacja i zobrażenia), mogłoby to wygenerować oszczędności o wartości co najmniej **520 mln zł rocznie**: nawozy mineralne – 280 mln zł, środki ochrony roślin – 20 mln zł, paliwo rolnicze – 220 mln zł.

TRANSPORT PUBLICZNY – OSZCZĘDNOŚĆ PALIWA

Dzięki zastosowaniu systemów wspomagających efektywną jazdę autobusów w transporcie publicznym, opartych m.in. o dane satelitarne (GPS/GNSS), w Polsce można zaoszczędzić co najmniej **286 mln zł rocznie** (wg. średniej cen paliwa z 2022 r. około 350 mln).*

*Nie licząc oszczędności wynikających na mniejszym zużyciu części i optymalizacji czasu pracy kierowców.

POŻARY LASÓW

Dzięki zastosowaniu ogólnokrajowych systemów wczesnego ostrzegania przed pożarami lasów, opartych o dane satelitarne, w Polsce można zaoszczędzić co najmniej **142 mln zł rocznie**.*

*Nie licząc kosztów akcji gaśniczej, kosztów rekultywacji obszarów spalonych, nowych nasadzeń oraz kosztów środowiskowych.

WYKRYWANIE NIEPRAWIDŁOWOŚCI W PŁATNOŚCIACH BEZPOŚREDNICH DLA ROLNIKÓW

Dzięki wykorzystaniu danych satelitarnych w kontroli płatności bezpośrednich skontrolowano w ciągu jednego roku (2022 r.) aż 374 tys. działek rolnych, na których stwierdzono 43 920 podejrzenia nieprawidłowości. Kontrole te skutecznie służą eliminowaniu działań na szkodę budżetu państwa.

WERYFIKACJA DEKLARACJI PODATKU OD NIERUCHOMOŚCI

Powszechne wykorzystanie zobrażeń satelitarnych do weryfikacji deklaracji podatku od nieruchomości mogłoby wygenerować zwiększenie dochodów gmin o wartości **od 37 do 52 mln zł rocznie**.

UBEZPIECZENIA

Systemy oparte o optyczne i radarowe zobrażenia satelitarne służące do analizy zdarzeń szkodowych mogą wpływać na szybkość kompensacji szkodowej oraz przynosić oszczędności wykonywania czynności ubezpieczeniowych w ramach likwidacji szkód o wartości około **29 mln zł**, w przypadku jednego zdarzenia katastroficznego.

SZKODY GÓRNICZE – PREDYKCJA I ANALIZA ISTNIEJĄCYCH OSUWISK I ZAPADLISK

Systemy oparte o optyczne i radarowe zobrażenia satelitarne służące do predykcji i analizy osuwisk i zapadlisk mogą być pomocne w przewidywaniu i dokumentowaniu szkód górniczych o wartości **1,5 mld zł rocznie**, oraz poprawić efektywność kompensacji szkodowej o 20%, tj. na poziomie 300 mln złotych.

PROGNOZOWANIE, WCZESNE WYKRYWANIE POWODZI

Systemy wykorzystywane do prognozowania i monitorowania powodzi oparte m.in. o zobrażenia satelitarne mogą przyczynić się do ograniczenia strat z tytułu powodzi o ok. **220 mln zł rocznie**. Daje to łączną kwotę niemal 5,6 mld zł od 1997 r.

MONITOROWANIE BIOMASY NA CELE ENERGETYCZNE

System oparty na wykorzystaniu danych satelitarnych stał się podstawowym narzędziem do weryfikacji pochodzenia biomasy, bez której **nie można byłoby stosować** świadectwa pochodzenia energii elektrycznej z biomasy – głównego instrumentu wsparcia dla producentów energii z OZE.

GOSPODARKA MORSKA

Analiza scenariusza awaryjnego pokazuje, że pięciodniowa, globalna awaria systemów nawigacji satelitarnej, miałaby bardzo istotne skutki dla polskich portów morskich i spowodowałaby finansową stratę dla gospodarki na poziomie co najmniej **3 mld zł**.

MONITORING ZAPÓR GÓRNICZYCH ZBIORNIKÓW POFLOTACYJNYCH

Satelitarny monitoring wałów zabezpieczających zbiorniki odpadów poflotacyjnych **przyczynia się znacząco** do zwiększenia bezpieczeństwa środowiska naturalnego i ludności zamieszkującej tereny górnicze.

RATOWNICTWO MEDYCZNE

Na skutek wykorzystania danych satelitarnych czas dojazdu karetki ratunkowej w miejscowościach powyżej 10 tysięcy skrócił się o **58 sekund**.

BEZPIECZEŃSTWO NARODOWE I OBRONNOŚĆ

Wykorzystanie danych satelitarnych ma kluczowe znaczenia dla dwóch aspektów obronności i bezpieczeństwa: *Space for defence* oraz *Defence for space*, czyli w wykorzystaniu przestrzeni kosmicznej dla obronności na Ziemi oraz bezpieczeństwa aktywów umieszczonych w przestrzeni kosmicznej. Dostęp do sprawdzonej łączności satelitarnej ma również kluczowe znaczenie dla zorganizowania i skoordynowania działań różnych służb w zakresie zarządzania kryzysowego.

ZAGOSPODAROWANIE PRZESTRZENI M.IN. URBANIZACJA, MIEJSKIE WYSPY CIEPŁA, KONDYCJA ROŚLINNOŚCI

System oparty na wykorzystaniu danych satelitarnych w zagospodarowaniu przestrzeni miejskiej przynosi już w tej chwili, w tych miastach, w których jest stosowany duże korzyści społeczne w postaci efektywnego planowania zagospodarowania przestrzennego, zwiększenia terenów zielonych i ograniczenia wpływu miejskich wysp ciepła.

WSPARCIE DLA ORGANÓW ŚCIGANIA – **NIELEGALNA WYCINKA LASU,** **NIELEGALNE SKŁADOWANIE ODPADÓW**

System oparty na wykorzystaniu danych satelitarnych w ściganiu niektórych przestępstw może doprowadzić do zwiększenia efektywności egzekwowania przepisów prawa. Oprócz korzyści finansowych dla Skarbu Państwa, w przypadku kar z tytułu nielegalnego składowania odpadów od **2 mln do 2 mld zł**, można osiągnąć znaczne korzyści na polu prewencji ogólnej przestępczości na skutek wzmocnienia nieuchronności kary. Takie korzyści można by osiągnąć w szczególności w zakresie nielegalnej wycinki drzew lub kradzieży drewna.

MONITORING ZANIECZYSZCZENIA RZEK/WÓD

System oparty na wykorzystaniu danych satelitarnych jest podstawowym narzędziem długoterminowego zarządzania jakością wód. Ma on potencjał zapobiegania katastrofom ekologicznym, a więc korzyści mogą być zarówno finansowe, jak i społeczne. Na przykładzie katastrofy ekologicznej na Odrze możliwe było tylko w jednym roku zapobiec stratom w rybach, które można oszacować na kwotę od **2,3 mln zł do około 5 mln zł**.

2. Metodologia wyliczenia wartości ekonomicznych.

Przykłady wykorzystania danych satelitarnych przeanalizowane w niniejszym raporcie dotyczą wielu dziedzin i reprezentują różne sektory gospodarki. Skala wpływu społeczno – ekonomicznego wykorzystania danych satelitarnych na ww. dziedziny jest również bardzo różnorodna – od wąskiego po dominujący. Same dane pozyskiwane są z wielu rodzajów sensorów satelitarnych: optycznych (mono i mult spektralnych), radarowych, termalnych, radiometrycznych, laserowych czy też z satelitów nawigacyjnych. Dodatkowo, często dane satelitarne stanowią integralną część większego systemu lub bardziej złożonej technologii, w których nie odgrywają decydującej, aczkolwiek istotną rolę. Wielość zmiennych wyklucza zastosowanie jednolitej metodologii wyliczenia wartości ekonomicznych wpływu wykorzystania danych satelitarnych, dlatego różnią się one w zależności od opisanego zastosowania.

W OPRACOWANIU ZASTOSOWANO M.IN. NASTĘPUJĄCE METODOLOGIE:

1. Analizę wartości utraconych korzyści (np. gospodarka morską), zgodnie z którą zdecydowano się wycenić utracone korzyści, na skutek nagłej i całkowitej niemożności wykorzystania danych satelitarnych (w tym przypadku pięciodniowej awarii GPS). Taki sposób wyliczenia w bardzo namacalny sposób wykazuje wpływ, jaki dane satelitarne już odgrywają w danym zastosowaniu.
2. Analizę wartości potencjalnych korzyści (np. rolnictwo, transport publiczny, wymiar podatku od nieruchomości), w której wyceniony jest potencjał wykorzystania danych satelitarnych przy zastosowaniu porównania do rozwiniętych rynków zagranicznych (na podstawie literatury światowej, przeglądu stron internetowych, informacji prasowych), lub ekstrapolacji do skali krajowej zastosowań występujących jednostkowo. Taka metoda wykazuje wpływ, jaki dane satelitarne mogą odgrywać w danym zastosowaniu.
3. Analizę wpływu na łańcuch wartości (np. predykcja i analiza szkód górniczych, wykrywanie nieprawidłowości w płatnościach bezpośrednich). W tym przypadku skupiono się na analizie wartości nie skwantyfikowanej bezpośrednio w pieniądzu, a na analizie wpływu na szerszy łańcuch wartości. Staraliśmy się wykazać za pomocą tej metody, jakie są pośrednie konsekwencje niezastosowania (lub zastosowania) danych satelitarnych na końcowy wynik procesu biznesowego.

Należy zauważyć, że w zaprezentowanych studiach przypadków analizujemy tylko korzyści i pomijamy stronę kosztową zastosowania danych satelitarnych. Wynika to z trudności w przypisaniu reprezentatywnego kosztu, gdy dane są wykorzystywane do wielu różnych zastosowań. Wiązanie części tego kosztu z pojedynczą usługą uznano za niewłaściwe i niepotrzebne. Zamiast tego koncentrujemy się na szacowaniu korzyści. Jednocześnie wykazano starania by opisane konkretne zastosowanie miało charakter operacyjny, tj. stanowi część zidentyfikowanego i dobrze poznanego już procesu biznesowego, w taki sposób by była możliwość zidentyfikowanie kluczowych czynników wpływających na wartość. Analizowane zastosowania są dobrze poznane i opisane. Dostęp do danych dotyczących zastosowań stanowił jedno z podstawowych kryteriów ich wyboru.

Wybrane metodologie oraz kryteria wyboru przykładów zastosowań danych satelitarnych w niniejszym opracowaniu są zgodne z międzynarodowymi standardami dla określania ich wpływu społeczno – ekonomicznego i zastosowane zostały zgodnie z wytycznymi ujętymi w poradnikach: *SeBS Methodology*¹, *Institute for Defence Analyses*² oraz *OECD*³.

¹ G. Sawyer, D. Papadakis (2020). *SEBS Methodology: A Practical Guide for Practitioners to Evaluating the Benefits Derived from the Use of Earth Observation Data*. Dostęp: <https://earsc.org/sebs/wp-content/uploads/2020/12/SeBS-Methodology-2020.pdf>.

² K. Crane, s et al. (2020). *Measuring the space economy: Estimating the value of economic activities in and for space*, Institute for Defense Analyses, Science and Technology Policy Institute, Washington, DC. Dostęp: <http://www.ida.org/-/media/feature/publications/m/me/measuring-the-space-economy-estimating-the-value-of-economic-activities-in-and-for-space/d-10814.ashx>.

³ OECD (2022), *OECD Handbook on Measuring the Space Economy, 2nd Edition*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/8bfef437-en>.

III.

Spółeczno-
ekonomiczny
wpływ danych
satelitarnych
(optycznych,
radarowych, GNSS)
na wybrane obszary
gospodarki i obszary
życia społecznego.

1. TELEKOMUNIKACJA

Wstęp

Dane satelitarne nie istnieją bez systemów łączności satelitarnej. Każdy sztuczny satelita Ziemi, spełniający różne zadania i posiadający różne funkcje musi korzystać z łączności satelitarnej. Satelity obserwacyjne (różnych rodzajów), naukowo-badawcze, pogodowe, GNSS etc. muszą przestać zgromadzone lub generowane przez siebie dane do systemów i użytkowników naziemnych. Nie wolno również zapominać o łączności związanej z telemetrią i sterowaniem (TT&C). Praktycznie każdy, sztuczny obiekt w kosmosie, jeżeli działa przesyła na Ziemię różne dane telemetryczne i odbiera z ośrodków naziemnych dane sterujące.

Z tego powodu rozdziałem o telekomunikacji rozpoczęta została część merytoryczna niniejszego Raportu. Łączność satelitarna stanowi bowiem podstawę wykorzystania satelitów i generowanych przez nich danych. Rozdział ten stanowi wprowadzenie do całokształtu problematyki i ma charakter horyzontalny.

Szczególnym rodzajem satelitów są satelity telekomunikacyjne, których podstawową funkcją jest retransmisja sygnałów przenoszących informacje (pomiędzy użytkownikami), pochodzące z różnych źródeł i skierowane do różnych obiektów przeznaczenia informacji. Mogą to być informacje pomiędzy użytkownikami (abonentami) zlokalizowanymi na Ziemi, ale mogą to być również sygnały/informacje przesyłane pomiędzy innymi satelitami/obiektami w kosmosie, lub tymi obiektami a powierzchnią Ziemi.

Systemy łączności satelitarnej od wielu lat są bardzo ważnym komponentem współczesnej telekomunikacji. Szczególna rola systemów satelitarnych wynika z ich szczególnych technicznych właściwości, które odróżniają je od systemów telekomunikacyjnych naziemnych, zarówno systemów stałych jak i systemów mobilnych (komórkowych). To właśnie te szczególne, techniczne właściwości systemów łączności satelitarnych powodują, że w niektórych zastosowaniach jest o wiele wygodniej wykorzystywać systemy satelitarne niż systemy telekomunikacyjne naziemne. Obecnie praktycznie każde nowoczesne państwo wykorzystuje w sposób systemowy i zaplanowany systemy łączności satelitarnej oraz posiada podstawowe elementy systemu satelitarnego, takie jak: segment kosmiczny (satelity telekomunikacyjne) oraz stacje satelitarne naziemne czyli tzw. teleporty satelitarne.

Podstawową zaletą łączności satelitarnej jest możliwość zestawienia łączności na obszarze pokrycia danego satelity lub konstelacji satelitów między dowolnymi punktami, jeżeli tylko znajdują się w nich terminale satelitarne.

Połączenia te realizuje się bardzo łatwo i szybko. Łączność taka jest całkowicie niezależna od naziemnej infrastruktury telekomunikacyjnej, gdy ze względów obiektywnych (np. nadmierne koszty), taka infrastruktura nie może być zbudowana.

Posiadanie wszystkich komponentów systemu satelitarnego, wraz z satelitą (satelitami), daje pełne możliwości szybkiej budowy, niezależnych od infrastruktury telekomunikacyjnej naziemnej sieci łączności satelitarnej, które dają pełną niezależność co do budowy i konfiguracji sieci łączności umożliwiających połączenie dowolnych obiektów wyposażonych w odpowiednie terminale łączności satelitarnej, które znajdują się w obszarze pokrycia satelity/satelitów. W skrajnym przypadku satelity telekomunikacyjnego umieszczonego na orbicie geostacjonarnej (GEO), posiadającego antenę o charakterystyce globalnej obszar pokrycia wynosi prawie 1/3 powierzchni kuli ziemskiej.

Podstawowe rodzaje usług łączności satelitarnej

Usługi łączności satelitarnej zarówno w zakresie dostępnych pasm częstotliwości oraz orbit na których umieszczane są satelity są regulowane globalnie na poziomie Organizacji Narodów Zjednoczonych poprzez specjalistyczną organizację agencyjną – Międzynarodową Unię Telekomunikacyjną (ITU – *International Telecommunication Union*). Podstawowe regulacje zawarte są w załączniku do Międzynarodowej Konwencji Telekomunikacyjnej pod nazwą Regulamin Radiokomunikacyjny (RR – Radio Regulations).

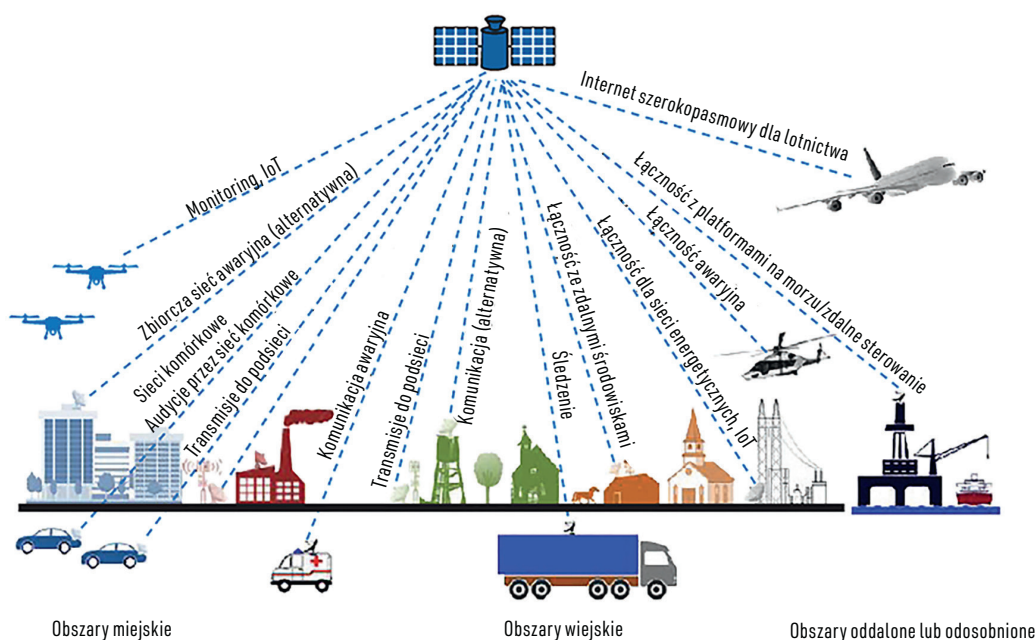
Radio Regulations definiują usługi łączności satelitarnej, podstawowe z nich to:

- *Fixed Satellite Service (FSS)* – (oficjalne polskie tłumaczenie: Satelitarna Służba Stała) połączenie jest realizowane pomiędzy nieruchomymi obiektami na powierzchni Ziemi;
- *Mobile Satellite Service (MSS)* – (Satelitarna Służba Ruchoma) połączenie jest realizowane pomiędzy obiektami z których co najmniej jeden znajduje się w ruchu. Ten rodzaj łączności jest obecnie dzielony na trzy domeny:
 - *Land Mobile Satellite Service* – (Satelitarna Lądowa Służba Ruchoma)
 - *Maritime Mobile Satellite Service* – (Satelitarna Morska Służba Ruchoma)
 - *Aeronautical Mobile Satellite Service* – (Satelitarna Lotnicza Służba Ruchoma)

- *Broadcasting Satellite Service (BSS)* - (Satelitarna Służba Rozgłoszeniowa)
- *Inter-Satellite Service (ISS)* – (Satelitarna Służba Łączności Międzysatelitarnej), łączność ta jest coraz bardziej istotna, szczególnie przy połączeniach dla których istotne jest opóźnienie oraz np. w przypadkach retransmisji dużych wolumenów danych z satelitów obserwacyjnych, które zazwyczaj wykorzystują niskie orbity ziemskie.

Regulamin Radiokomunikacyjny, definiuje jeszcze wiele innych „serwisów” (służb) łączności satelitarnej, które mają charakter wysoce specjalistyczny i są mniej powszechne w użyciu.

Jak wynika z powyżej wymienionych definicji systemy łączności satelitarnej są użyteczne w każdym obszarze nowoczesnej telekomunikacji. Co więcej, dzisiaj nie można sobie wyobrazić działania systemów i sieci telekomunikacyjnych naziemnych bez łączności satelitarnej. Transmisje telewizyjne z dużych wydarzeń kulturalnych i sportowych, wozy reporterskie, mobilne studia nie działają bez wykorzystywania szerokopasmowej transmisji satelitarnej FSS. Dystrybucja przekazu telewizyjnego i radiowego do naziemnych centrów nadawczych i sieci kablowych, również wykorzystuje FSS. Łączność satelitarną wykorzystuje także szerokopasmowy dostęp do Internetu, w szczególności w miejscach pozbawionych stałych łączy naziemnych, a także monitoring krytycznej, liniowej infrastruktury naziemnej (linie energetyczne, rurociągi etc.) przebiegające w obszarach trudno dostępnych.



Rysunek 1: Przykłady użycia łączności satelitarnej na przykładzie sieci 5G.¹

¹ Satellite Telecom: The Hidden Potential of New Space Communications (2022). Dostęp: <https://maxpolyakov.com/satellite-telecom-the-hidden-potential-of-new-space-communications/>.

Istnieją również domeny, w których łączność satelitarna jest jedynym, technicznym sposobem zapewnienia łączności szerokopasmowej, a tym samym szybkiej transmisji danych a w rezultacie np. dostępu do Internetu. Dotyczy to statków morskich, w tym sektora tzw. *pleasure crafts* (wszelkiego rodzaju jachty), oraz statków powietrznych (nie jest możliwy dostęp do Internetu z pokładów samolotów pasażerskich dalekiego zasięgu bez wykorzystania łączy satelitarnych). Dotyczy to również lotniczego ratownictwa medycznego, czy dronów, szczególnie tych operujących globalnie. Na lądzie zaś, z łączności satelitarnej korzystają obiekty stacjonarne i mobilne w obszarach, gdzie łączność naziemna, również w sieciach komórkowych jest niedostępna. Takich obszarów jest wbrew pozorom wciąż bardzo dużo. Dotyczy to miejsc budowy w miejscach niedostępnych, odległych siedlisk ludzkich (nawet w Polsce, jak niektóre rejony Bieszczad), oraz systemów transportowych (np. systemy zarządzania flotami ciężarówek, które przekraczają wiele granic państwowych i jeżdżą w miejscach trudno dostępnych, globalna turystyka, transporty specjalne, etc.).

Szacuje się, że wszystkie instytucje dzierżawiące usługi telekomunikacyjne satelitarne na terytorium Polski od obcych dostawców wydają na ten cel sumę pomiędzy 150 a 300 mln zł rocznie (głównie telewizje, firmy multimedialne i wojsko).

Podstawowe obszary zastosowań łączności satelitarnej w Polsce

W Polsce obszary w łączność satelitarna jest już i powinna być wykorzystywana przez podmioty komercyjne (rynek), szeroko rozumianą administrację publiczną oraz przez Wojsko Polskie. W tym zakresie można wyróżnić następujące, główne obszary rynkowe i aktywności państwa:

Media	Bankowość, finanse i ubezpieczenia	Energetyka	Operatorzy Gazociągów i Ropociągów
Transport kolejowy i kołowy	Szpitala i system ratownictwa medycznego	Ministerstwa, urzędy centralne, urzędy wojewódzkie	Placówki dyplomatyczne MSZ
Służby mundurowe i pozostałe podległe MSWiA	Wojsko Polskie Systemy łączności operacyjnej; logistyka; misje zagraniczne	Żegluga morska	Lotnictwo cywilne
Podmioty budujące system dronów i drony		Polskie misje humanitarne	Polskie podmioty gospodarcze i obywatele (za granicą)

Rysunek 2: Obszary zastosowań łączności satelitarnej w Polsce (opracowanie własne).

Wpływ łączności satelitarnej na wybrane obszary gospodarki oraz życia społecznego

Łączność satelitarna jest coraz bardziej istotnym elementem nowoczesnej telekomunikacji cyfrowej, która z kolei jest podstawą szeroko rozumianej cyfryzacji. Telekomunikacja od zarania jest nazywana „krwioobiegiem państwa i gospodarki”. Jej wpływ na gospodarkę i różne obszary życia społecznego jest bardzo rozległy i wielowymiarowy. Dlatego oszacowanie go w całości jest praktycznie niemożliwe. W tym celu należy oceniać konkretne szczegółowe przypadki, tak jak zostało to uczynione w poszczególnych sekcjach niniejszego Raportu.

Na zakończenie szczególnie należy podkreślić wielowymiarowy wpływ systemów łączności satelitarnej na zasadniczą poprawę:

- bezpieczeństwa państwa i obywateli,
- komfortu życia i funkcjonowania.

Aktywne i szerokie wykorzystywanie systemów łączności satelitarnej wiąże się również z rozwojem zaawansowanych kompetencji implementacyjnych i utrzymaniowych co z kolei umożliwia udział w dużych programach europejskich (np. Govsatcom, IRIS) promujących rozwój łączności satelitarnej. Takie aktywności z kolei napędzają rozwój firm produkujących komponenty, podsystemy, urządzenia, oprogramowanie dla przemysłu kosmicznego i satelitarnego oraz rozwój badań i wzrost poziomu edukacji na uczelniach w tym obszarze.

Poniżej prezentujemy zestawienie tabelaryczne korzyści ekonomiczno-społecznych wykorzystywania danych satelitarnych w poszczególnych sektorach gospodarczych, dla których podstawą jest łączność satelitarna.

Tabela 1: Zastawienie obszarów oraz korzyści wynikających z użycia danych satelitarnych.

Obszar	Opis korzyści	Wartość korzyści (jeżeli dotyczy)
Rolnictwo precyzyjne: optymalizacja użycia środków produkcji rolniczej	Większa efektywności upraw	minimum 520 mln złotych rocznie
Transport publiczny – kontrola zużycia paliwa	Efektywna kontrola zużycia paliwa w komunikacji miejskiej.	286 mln złotych rocznie

Obszar	Opis korzyści	Wartość korzyści (jeżeli dotyczy)
Monitoring zagrożenia pożarowego w lasach	Monitorowanie przeciwpożarowe lasów oraz analizy ryzyka wystąpienia pożaru i jego wczesnej detekcji.	142 mln złotych rocznie.
Wykrywanie fraudów w dopłatach bezpośrednich	Prawidłowa weryfikacji działalności prowadzonej na użytkach rolnych.	202 mln złotych rocznie
Obliczanie należności z tytułu podatku od nieruchomości/weryfikacja	Efektywna kontrola opodatkowania nieruchomości głównie związanych z prowadzeniem działalności gospodarczej.	od 37 do 52 mln złotych rocznie
Ubezpieczenia	Usprawnienie procesów związanych z obsługą roszczeń i wypłatą odszkodowań w przypadkach zaistnienia klęsk żywiołowych.	ok 30 mln złotych
Szkody górnicze	Efektywna kontrola nad obiektami dotkniętymi działalnością górniczą	ok 300 mln złotych
Prognozowanie, wczesne wykrywanie powodzi	Odpowiednie zarządzanie w ochronie przeciwpowodziowej.	220 mln złotych rocznie.
Monitorowanie stanu biomasy energetycznej	System należytego dokumentowania i weryfikacji pochodzenia biomasy na cele energetyczne oraz do odpowiedniego jej kwalifikowania.	Nie dotyczy
Gospodarka morska	Precyzyjna nawigacja i monitorowania operacji portowych.	2,921 mld złotych
Monitoring zapór wodnych i górniczych zbiorników pofloatacyjnych	Monitorowanie stanu obiektów składowania odpadów pofloatacyjnych i oceny stabilności zapór.	od 5,37 mld złotych do 9,2 mld złotych + potencjalne odszkodowania na poziomie 3-5 mln złotych
Ratownictwo medyczne	Bezwzględna reakcja i skrócenia czasu dojazdu karetek do miejsca zdarzenia.	Precyzyjne pozycjonowanie karetek skraca czas dojazdu o 58 sekund w miejscowościach powyżej 10 tys. osób.
Bezpieczeństwo narodowe i Obronność	Stały i autonomiczny dostęp do pewnych danych i tężności satelitarnej w sytuacji zagrożenia oraz potencjał ograniczenia strat materialnych.	Nie dotyczy

Obszar	Opis korzyści	Wartość korzyści (jeżeli dotyczy)
Zagospodarowanie przestrzeni m.in. urbanizacja, miejskie wyspy ciepła, kondycja roślinności	Efektywne planowanie zagospodarowania przestrzennego, zwiększenia terenów zielonych i ograniczenia wpływu miejskich wysp ciepła.	Nie dotyczy
Wsparcie dla organów ścigania – nielegalna wycinka lasu, nielegalne składowanie odpadów.	Skuteczne zapobieganie mapowania oraz wykrycia przestępczości.	Dochody budżetu państwa z tytułu kar administracyjnych od 2 mln do 2 mld złotych+ Zmniejszenie szkód średnio o 5,8 mln złotych
Monitoring zanieczyszczenia rzek/wód	Efektywne monitorowanie stanu ekosystemów wodnych, zrównoważonego zarządzania jakością wód oraz prewencji wystąpienia zdarzeń szkodowych.	od 2,3 do 5 mln złotych

2. ROLNICTWO

Tradycyjny przegląd upraw jest jednym z ważniejszych elementów codziennej praktyki rolniczej. Umożliwia on ocenę stanu roślin oraz określenie ich fazy rozwojowej, a następnie, w oparciu o te informacje, podejmowanie trafnych decyzji agronomicznych. Jednak nie wszystkie dane mogą być weryfikowane tradycyjnymi metodami, w tym pracą własną, a w przypadku dużych gospodarstw lub znacznie oddalonych od siebie pól, odpowiednio częste wizyty w terenie są utrudnione.

Możliwości obrazowania satelitarnego w rolnictwie

Coraz powszechniej stosowane w gospodarstwach narzędzia wykorzystujące teledetekcję satelitarną pozwalają dopełnić regularny monitoring pól zestawem informacji, które wykraczają poza możliwości percepcji ludzkiego oka. W ostatnich latach częstotliwość i jakość obserwacji satelitarnych uległy znacznej poprawie. W konsekwencji ich użytkownicy regularnie otrzymują informacje o zróżnicowanej w przestrzeni i czasie kondycji upraw, dzięki czemu mogą w łatwy sposób identyfikować miejsca wymagające inspekcji.

Czy w kontekście samej inspekcji upraw inwestycja w monitoring satelitarny się opłaca? Aby odpowiedzieć na to pytanie, należałoby zastanowić się, ile pieniędzy pozwala zaoszczędzić dodatkowy wgląd w uprawy. Może to być zaoszczędzone paliwo i czas personelu doglądającego upraw, ale może to być również wartość potencjalnej straty, której uniknięto dzięki wykryciu i zmapowaniu zagrożeń za pomocą danych satelitarnych. Wysokość takich oszczędności i korzyści należałoby porównać z kosztami monitoringu satelitarnego, który typowo wynosi kilkanaście złotych za hektar w skali roku.

Oprócz inspekcji upraw, dostarczane za pomocą satelitów informacje stanowią podstawę rolnictwa precyzyjnego. Jeśli gospodarstwo wdraża związane z nim zabiegi precyzyjne, to korzyści z zastosowania monitoringu satelitarnego są prostsze do wykazania.

W tradycyjnym podejściu, we wszystkich elementach agrotechniki pole uprawne traktuje się jako jednolity obszar. W związku z tym wszystkie wysiewy i opryski nie są różnicowane w przestrzeni. W rzeczywistości jednak często zdarza się, że nawet niewielkie pola bywają bardzo zróżnicowane pod względem kondycji roślinności, typu gleby, jej zasobności czy odczynu. W konsekwencji zastosowanie jednakowej dawki nawozu na całym polu może prowadzić np. do przenawożenia

pewnych części uprawy lub zastosowania niewystarczającej ilości nawozu w innych. W związku z tym racjonalne podejście do gospodarowania ziemią i środkami produkcji powinno uwzględniać zróżnicowanie siedliska oraz wynikające z niego rzeczywiste wymagania uprawy.

Pozyskiwane za pomocą satelitów dane dostarczają informacje o kondycji upraw oraz ich zróżnicowaniu w przestrzeni i czasie. Jednak w jaki sposób się to odbywa? Emitowane przez Słońce promieniowanie elektromagnetyczne, odbijane lub absorbowane przez uprawy, jest źródłem cennych informacji wykorzystywanych w tym celu. Zdrowa, zielona roślinność absorbuje promieniowanie z zakresu pasma niebieskiego i czerwonego, aby wytworzyć chlorofil w procesie fotosyntezy. Najsilniejszy efekt fotosyntezy widoczny jest w zakresie czerwonym – roślinność intensywnie produkująca chlorofil pochłania nawet ponad 90% promieniowania przypadającego na ten zakres. Jednocześnie gąbczaste komórki mezofilu znajdujące się w liściach intensywnie odbijają promieniowanie bliskiej podczerwieni (niewidoczne dla oka ludzkiego) – znacznie silniej niż powierzchnie nieorganiczne.

Sensory umieszczone na satelitach są w stanie mierzyć intensywność odbicia promieniowania elektromagnetycznego w określonych zakresach. Pozyskane w ten sposób informacje służą do obliczania teledetekcyjnych wskaźników roślinności, wśród których największym uznaniem cieszy się wskaźnik NDVI. Jego wartości skorelowane są z ilością żywej biomasy i zawartością chlorofilu. Im wyższa wartość wskaźnika NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), tym rośliny są w lepszej kondycji i jednocześnie mają większe zapotrzebowanie na składniki odżywcze.

Zdjęcie satelitarne ukazujące wskaźnik NDVI pozwala uchwycić przestrzenne zróżnicowanie w obrębie pola – niejednorodny rozwój uprawy, który zazwyczaj jest skorelowany z heterogenicznym środowiskiem glebowym. To zaś umożliwia dostosowanie zabiegów agrotechnicznych do specyfiki poszczególnych fragmentów pola uprawnego. Z racji tego, że wartości NDVI skorelowane są z zawartością chlorofilu w roślinach, która z kolei silnie powiązana jest z odżywieniem roślin azotem (którego dostępność w glebie zmienia się bardzo dynamicznie), wskaźnik ten jest szczególnie przydatny w nawożeniu azotowym. Dane pozyskiwane za pomocą satelitów przetwarza się na mapy aplikacyjne – elektroniczne instrukcje, dzięki którym rozsiewacz, lub opryskiwacz wie, jaką dawkę nawozu (lub innego środka produkcji) zastosować na danym fragmencie pola¹.

¹ SatAgro, Czy korzystanie ze zdjęć satelitarnych w gospodarstwie rolnym jest opłacalne? Dostęp: <https://agronomist.pl/artykuly/czy-korzystanie-ze-zdjec-satelitarnych-w-gospodarstwie-rolnym-jest-oplacalne>.

Opis przypadku: serwis SatAgro²

Od kilku lat na świecie dostępnych jest coraz więcej, i coraz lepszej jakości, platform, które dostarczają informacji o zróżnicowaniu uprawy w obrębie pola. W Polsce liderem w tym zakresie jest platforma SatAgro, która jest zaangażowana w prowadzenie już ponad 1% wszystkich polskich upraw polowych, jednocześnie realizując projekty z gospodarstwami w innych krajach, w tym w Ameryce Północnej i Afryce.

Serwis SatAgro umożliwia bieżący monitoring pól uprawnych przy wykorzystaniu danych satelitarnych (obserwacji NASA, Programu Copernicus oraz prywatnych operatorów) oraz obliczanego na ich podstawie wskaźnika roślinności NDVI.

Rozdzielczość dostarczanych w serwisie SatAgro zobrazowań wynosi od 15 do nawet 3 m. Dzięki znacznej (i ciągle zwiększającej się) liczbie satelitów na orbicie, w okresach lepszej pogody użytkownicy SatAgro mogą liczyć na zdjęcie swoich pól nawet kilka razy w tygodniu. Dodatkowo dane satelitarne łączone są w serwisie z historycznymi danymi meteorologicznymi, pochodnymi indeksami (suma temperatur efektywnych, skumulowane opady), prognozą pogody, a także informacjami dostarczonymi przez użytkowników np. wynikami prób glebowych czy mapami pól.

Wspierając rolników we wdrażaniu technik rolnictwa precyzyjnego, serwis takie jak SatAgro oferuje moduły pozwalające na przekształcenie zdjęć satelitarnych (lub innych danych przestrzennych, np. wyników prób glebowych) na mapy aplikacyjne – elektroniczne instrukcje dawkowania, np. nawozów azotowych.

Metodyka wyliczenia korzyści wykorzystania danych satelitarnych:

1) Nawozy mineralne (azotowe, NPK oraz wapniowe) – 185 mln zł:

- a) W Polsce jest **5 310 000 ha** użytków rolnych w tzw. gospodarstwach wielkopowierzchniowych czyli takich, które mają więcej niż 50 ha (to 31% wszystkich użytków rolnych w Polsce)³.
- b) Średnie, roczne zużycie nawozów mineralnych w Polsce w przeliczeniu na 1 ha wynosi **360,3 kg**.⁴ (dane GUS z 2019 r.)

² SatAgro, Satellite information service for farmers. Dostęp: <https://app.satagro.pl/>.

³ Powszechny Spis Rolny 2020, Tabl. 10. Użytkowanie gruntów w gospodarstwach rolnych według grup obszarowych użytków rolnych w latach 2010 i 2020, https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/6479/4/1/1/aneks_tabelaryczny_psr_2020_raport_z_wynikow_em.xls.

⁴ Rolnictwo w 2020 r. GUS. Dostęp: <https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/>

- c) Średnia cena nawozów azotowych, mineralnych wieloskładnikowych NPK oraz wapniowych dla całej Polski w czerwcu 2022 roku wyniosła 3220 zł/t (3,220 zł/kg). Średnia cena nawozów azotowych i NPK to ok. 3960 zł/t – w przybliżeniu także aktualna cena najczęściej stosowanych nawozów w Polsce: Polifoska 65 oraz saletry amonowej 34,4% N6. Ich użycie to około 75% całości nawożenia. Cena nawozów wapniowych to ok. 1000 zł/t (25 % całkowitej wagi nawozów).
- d) Analiza ponad 4 tys. zabiegów różnicujących nawozy mineralne (obejmujących ponad 100 000 ha powierzchni upraw), które w platformie SatAgro zdefiniowali jej użytkownicy, wykazała średnią oszczędność na poziomie 9,11%⁷. Ta wartość jest niższa niż wyniki analiz jakie były prowadzone we Włoszech⁸ i w Kanadzie⁹ więc istnieje zapewne potencjał do zwiększenia tego poziomu w Polsce do wartości osiąganych w innych krajach.
- e) Założenie, że docelowa wielkość rynku może wynosić 50% gospodarstw wielkopowierzchniowych ma potwierdzenie w doświadczeniach wysokorozwiniętych rolniczo gospodarek takich jak Holandia (65% wszystkich gospodarstw) czy Wielka Brytania (60% wszystkich gospodarstw)¹⁰.
- f) $5.310.000 \times 360 \times 3,220 \times 9,11\% \times 50\% = 280\ 609\ 930,50\ \text{zł}$.

2) Środki ochrony roślin – 20 mln zł:

- a) W Polsce jest 5 310 000 ha użytków rolnych w tzw. gospodarstwach wielkopowierzchniowych czyli takich, które mają więcej niż 50 ha (to 31% wszystkich użytków rolnych w Polsce).

pl/defaultaktualnosci/5507/3/17/1/rolnictwo_w_2020_internet.pdf.

⁵ M. Tysza, Zmienił się cennik Agrochem Puławy. Nawozy azotowe potaniały, NPK zdrożały. Dostęp: <https://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/nawozy/zmienil-sie-cennik-agrochem-pulawy-nawozy-azotowe-potaniały-npk-zdrozaly.120445.html>.

⁶ A. Wodzień – Nowak, Strefa Agro. Dostęp: <https://strefaagro.pl/ceny-nawozow-na-czerwiec-2022-nowy-cennik-przynosi-kolejne-podwyzki-npk-po-ile-saletra-polifoska-czy-siarczan-amonu/ar/c8-16344891>.

⁷ Dostęp: <https://agronomist.pl/artykuly/czy-korzystanie-ze-zdjec-satelitarnych-w-gospodarstwie-rolnym-jest-oplaczalne>.

⁸ J. Blasch, B. van der Kroon, P. van Beukering, R. Munster, S. Fabiani, P. Nino, S. Vanino (2022), Farmer preferences for adopting precision farming technologies: a case study from Italy, European Review of Agricultural Economics, Volume 49, Issue 1, , Pages 33–81, <https://doi.org/10.1093/erae/jbaa031>.

⁹ Precision agriculture: moving to “customized” nitrogen fertilization in order to maximize economic and environmental gains. Dostęp: <https://effigis.com/en/precision-agriculture-customized-nitrogen-fertilization-to-maximize-economic-and-environmental-gains/>.

¹⁰ Precision Agriculture: An Opportunity for EU-Farmers – Potential Support with the CAP 2014-2020. Dostęp: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/notes/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT\(2014\)529049_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/notes/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT(2014)529049_EN.pdf).

- b) Średnie, roczne zużycie ŚOR w Polsce w przeliczeniu na 1 ha wynosi 0,9 kg¹¹. (dane GUS z 2019 r.).
- c) Założona średnia cena ŚOR to 54 zł/kg. Wyliczenie sporządzono w następujący sposób: średnia cena herbicydów (użycie 80%) to 36 zł/kg, średnia cena fungicydów to 112 zł/kg (użycie 15%) średnia cena insektydów to 170 zł/kg (użycie 5%). ($36 \times 0,8 + 112 \times 0,15 + 170 \times 0,05 = 54$). Ceny ŚOR podane zostały na podstawie danych z cyklicznego monitoringu CDR Brwinów ¹².
- d) Średnia oszczędność w stosowaniu nawozów mineralnych przy zastosowaniu satelitarnego rolnictwa precyzyjnego – 15%. Ta wartość jest uśrednionym wynikiem dostępnych analiz^{13,14}.
- e) Założenie że docelowa wielkość rynku może wynosić 50% gospodarstw wielkopowierzchniowych ma potwierdzenie w doświadczeniach wysokorozwiniętych rolniczo gospodarek takich jak Holandia (65% wszystkich gospodarstw) czy Wielka Brytania (60% wszystkich gospodarstw)¹⁵.
- f) $5.310.000 \times 0,9 \times 54 \times 15\% \times 50\% = 19\,354\,950,00$ zł.

3) Paliwo rolnicze – 220 mln zł:

- a) W Polsce jest **5.310.000 ha** użytków rolnych w tzw. gospodarstwach wielkopowierzchniowych.
- b) Zużycie paliwa na 1 ha użytków rolnych – **110 l/ha** podane zostało na podstawie przepisów dotyczących zwrotu podatku akcyzowego od zakupu paliwa na cele rolnicze w 2022 r.¹⁶.
- c) Średnia cena 1 litra oleju napędowego w lipcu 2022 r. wynosi 7,65 zł ¹⁷.
- d) Średnia oszczędność w zużyciu paliwa rolniczego **5%**. Ta wartość jest podana jako najbardziej zachowawcza z dostępnych analiz, które

¹¹ Rolnictwo w 2020 r. GUS. Dostęp: https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5507/3/17/1/rolnictwo_w_2020_internet.pdf.

¹² Środki ochrony roślin – monitoring cen (Grudzień 2021). Dostęp: https://www.cdr.gov.pl/images/Brwinow/aktualnosci/Ceny_SOR/Ceny_SOR_2021_12.xlsx.

¹³ The role of contractors in the uptake of precision farming—A spatial economic analysis. Dostęp: <https://academic.oup.com/qopen/article/2/1/qpac003/6529258>.

¹⁴ I2connect, Saving pesticides with precision farming technologies. Dostęp: <https://i2connect-h2020.eu/saving-pesticides-with-precision-farming-technologies/>.

¹⁵ Precision Agriculture: An Opportunity for EU-Farmers – Potential Support with the CAP 2014-2020. Dostęp: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT\(2014\)529049_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT(2014)529049_EN.pdf).

¹⁶ Ustawa z dnia 1 października 2021 r. o zmianie ustawy o zwrocie podatku akcyzowego zawartego w cenie oleju napędowego wykorzystywanego do produkcji rolnej (Dz. U. z 2021 r. poz. 2227).

¹⁷ Wskaźniki makroekonomiczne. Cena oleju napędowego w Polsce. Dostęp: <https://www.bankier.pl/gospodarka/wskazniki-makroekonomiczne/on-pol>.

- wskazują że poziom oszczędności wacha się od 5 do 25%^{18,19,20,21,22,23}.
- e) Założenie że docelowa wielkość rynku może wynosić **50%** gospodarstw wielkopowierzchniowych ma potwierdzenie w doświadczeniach wysokorozwiniętych rolniczo gospodarek takich jak Holandia(65% wszystkich gospodarstw) czy Wielka Brytania (60% wszystkich gospodarstw)²⁴.
 - f) $5.310.000 \times 110 \times 7,65 \times 5\% \times 50\% = 223\,418\,250,00 \text{ zł}$.

Jeśli w Polsce połowa gospodarstwa o powierzchni 50 ha korzystałaby z rozwiązań jakie oferuje rolnictwo precyzyjne oparte o dane satelitarne (nawigacja i zobrazowania), mogłoby to wygenerować oszczędności o wartości co najmniej **520 mln zł rocznie**.

Nawozy mineralne – 280 mln zł
Środki ochrony roślin – 20 mln zł
Paliwo rolnicze – 220 mln zł.

- ¹⁸ Energy savings by adopting precision agriculture in rural USA. Dostęp: <https://energysustainability.biomedcentral.com/articles/10.1186/2192-0567-2-22>.
- ¹⁹ AgriTechTomorrow, Satellite IoT is the Key to Success in Precision Agriculture. Dostęp: www.agritechtomorrow.com/article/2022/05/satellite-iot-is-the-key-to-success-in-precision-agriculture/13783.
- ²⁰ Eurisy, GNSS leads the way in precision farming. Dostęp: https://www.eurisy.eu/gnss-leads-the-way-in-precision-farming_11.
- ²¹ European Comission, Inspirational ideas: AgriSo – agriculture from soil to satellite. Dostęp: <https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/inspirational-ideas-agriso-%E2%80%93-93-agriculture-soil>.
- ²² Globtrak, Rolnictwo precyzyjne SMART farming, czyli GLOBTRAK dla Rolnictwa Precyzyjnego. Dostęp: <https://www.globtrak.pl/oferta/branze/rolnictwo-precyzyjne>.
- ²³ Precision Agriculture: An Opportunity for EU-Farmers – Potential Support with the CAP 2014-2020. Dostęp: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT\(2014\)529049_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT(2014)529049_EN.pdf).
- ²⁴ Precision Agriculture: An Opportunity for EU-Farmers – Potential Support with the CAP 2014-2020. Dostęp: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT\(2014\)529049_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/note/join/2014/529049/IPOL-AGRI_NT(2014)529049_EN.pdf).

3. TRANSPORT PUBLICZNY – OSZCZĘDNOŚĆ PALIWA

Komunikacja indywidualna (samochodami osobowymi) jest od lat 90 XX w. dominującą formą komunikacji samochodowej w Polsce. Mimo to transport publiczny odgrywa nadal olbrzymią rolę. Jest dla milionów Polaków głównym środkiem transportu w miastach a także (choć już w mniejszym stopniu) na obszarach wiejskich. Większość ludzi decyduje się na codzienne podróże autobusem¹, co może zmniejszyć zużycie paliwa, zanieczyszczenie powietrza i natężenie ruchu. Ponad 24 tysiące autobusów komunikacji miejskiej i międzymiastowej zużywa w Polsce niemal 400 tys. ton oleju napędowego rocznie. Zużycie paliwa można zmniejszyć wykorzystując systemy telemetryczne, które będą wspierały kierowców w oszczędnej jeździe.

Opis przypadku: Szyna CAN

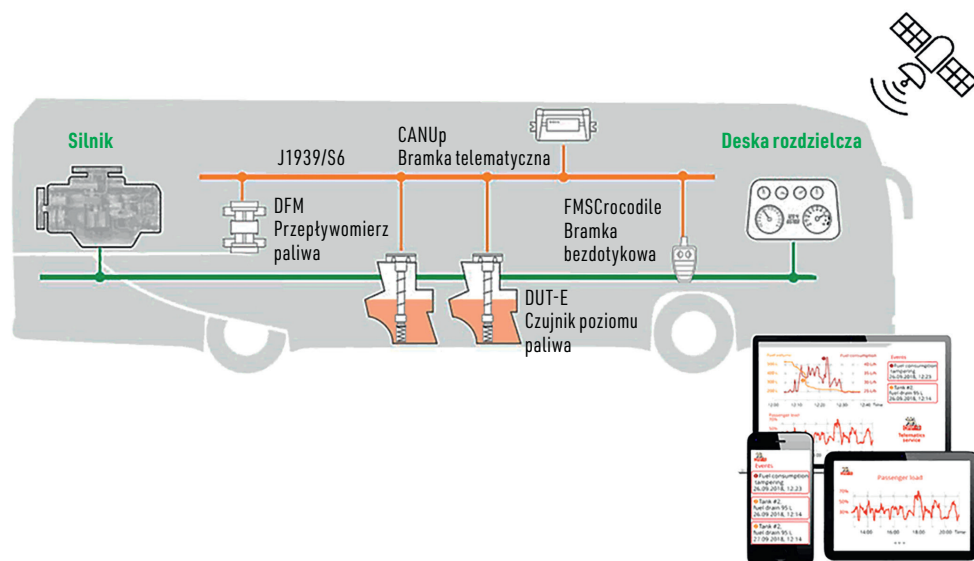
Zużycie paliwa w autobusie zależy od wielu czynników: średniej i maksymalnej prędkości, czasu pracy silnika na biegu jałowym, rozkładu przyspieszeń i hamowań. Te dane są przetwarzane i udostępniane w tzw. szynie CAN. Szyna CAN BUS to szyna transmisji szeregowej danych wykorzystywana w autobusach i ciężarówkach. Łączy ona pojedyncze systemy i czujniki w pojeździe w jednym miejscu, co pozwala na znaczne uproszczenie transferu danych. Dzięki szynie CAN nie trzeba łączyć ze sobą poszczególnych elementów pojazdu bezpośrednio – wystarczy pośrednio podłączyć je pod szynę CAN, co ogranicza skomplikowanie instalacji dodatkowych modułów (takich jak lokalizatory GPS) w pojeździe. Dodatkowo pozwala to wszystkim czujnikom i elementom pojazdu komunikować się między sobą na pojedynczym lub podwójnym łączu szeregowym o wysokiej przepływności nawet 1 megabitu na sekundę².

Współczesne autobusy bardzo często wykorzystują podłączenie **satelitarnego systemu pozycjonowania**, po pierwsze do precyzyjnej lokalizacji autobusu, a po drugie do monitorowania zużycia paliwa. Informacje przetwarzane w szynie CAN BUS łączące dane z GPS oraz czujnika paliwa, przekazują zarządzającemu flotą (dane te mogą być dostępne także dla kierowcy), jakie jest zużycie paliwa na sekundę i jakie są obroty silnika w połączeniu z precyzyjną lokalizacją. Wykorzy-

¹ Raport: Transportowe zwyczaje Polaków, Busradar, styczeń 2019 r. Dostęp: <https://www.slideshare.net/BusradarPL/raport-transportowe-zwyczaje-polakw>.

² Webfleet, Czym jest magistrala Can? Dostęp: https://www.webfleet.com/pl_pl/webfleet/fleet-management/glossary/can-bus/.

stywanie informacji z ww. systemów pomaga kierowcom w stosowaniu techniki *ecodrivingu*, czyli umiejętności efektywnej jazdy autobusem, w której pojazd porusza się płynnie, ekonomicznie (redukcja zużycia paliwa i części) oraz bezpiecznie.



Rysunek 3: Schemat działania szyny CAN.³

Metodyka wyliczenia korzyści z wykorzystania danych satelitarnych:

- W Polskim systemie transportu publicznego (transport miejski i międzymiastowy) funkcjonowało w 2020 r. **24 153 autobusy**⁴.
- Wymieniona wyżej flota autobusów zużywa rocznie⁵ (2019 r.): 390,1 tys. ton oleju napędowego, 6,9 tys. ton benzyny, 61,5 tys. ton gazu skroplonego (LPG), 12983 m³ sprężonego gazu ziemnego (CNG), 2,3 tys. m³ skroplonego gazu ziemnego (LNG).

³ Na podstawie grafiki firmy Technoton. Dostęp: <https://jv-technoton.com/solutions/bus-monitoring-system/>.

⁴ Przewozy ładunków i pasażerów w 2021 roku, GUS, 2021. Dostęp: https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5511/6/7/1/td_w_pl_2023_003.pdf.

⁵ Transport drogowy w Polsce w latach 2018 i 2019, tabela nr 60: Zużycie paliw, energii elektrycznej przez autobusy według rodzajów komunikacji i województw. Dostęp: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/transport-i-lacznosc/transport/transport-drogowy-w-polsce-w-latach-2018-i-2019,6,6.html>.

- c) Uśredniona, łączna wartość zużytego paliwa wg. cen z 2021 r.⁶ wynosiła **4 088 420 mln zł**, przy obecnych cenach z 2022 r. paliw wartość ta wynosiłaby około **4,9 mld zł**.
- d) Wiodące systemy zarządzania pracą floty autobusów w transporcie publicznym obejmujące funkcję optymalizacji zużycia paliwa, oparte na pozycjonowaniu i nawigacji satelitarnej (GPS/GNSS) oraz wykorzystaniu danych z magistrali CAN, zapewniają oszczędność zużycia paliwa w przedziale od **5%** do **23%**. Dane dotyczące wyższych wartości od 15% do 23% dotyczą zapewnień dostawców technologii (Stratio⁷, Sieber⁸, GMV⁹, MIX TELEMATICS¹⁰), niższe wartości 5%

⁶ Ceny paliw dla potrzeb VAT. Dostęp: <https://www.gov.pl/web/kas/ceny-paliw-dla-potrzeb-vat>, Średnie detaliczne ceny paliw w poszczególnych województwach w dniu 2023-11-23. Dostęp: https://www.wnp.pl/nafta/ceny_paliw/.

⁷ ESA, GNSS-enabled technology for the optimisation of fleet resources, better management and fuel consumption. Dostęp: <https://commercialisation.esa.int/2022/02/gnss-enabled-technology-for-the-optimisation-of-fleet-resources-better-management-and-fuel-consumption/>.

⁸ Eurisy, Sieber Transport AG: reducing fuel consumption by monitoring trucks with satellite navigation. Dostęp: https://www.eurisy.eu/stories/sieber-transport-ag-reducing-fuel-consumption-by-monitoring-trucks-with-satellite-navigation_68/.

⁹ GMV, Intelligent Transportation Systems System for efficient and ecological driving (Eco-Driving) for Avanza. Dostęp: https://www.gmv.com/sites/default/files/content/file/2022/06/13/111/caso-de-exito_avanza_en.pdf.

¹⁰ Mixtelmatics, Fleet Solutions For The Bus And Public Transport Reliable telematics to improve driver safety and vehicle performance. Dostęp: <https://www.mixtelematics.com/ae/industries/bus-and-public-transport/>.

– 12% wynikają z doświadczeń praktyki eksploatacyjnej. Te wyniki potwierdzają wyniki dostępnych badań naukowych.^{11,12,13,14,15,16,17,18,19,20} Najczęściej cytowane w literaturze badania oparte są o szwedzkie doświadczenia – tam uzyskano wartość **6,8%**²¹.

- e) Do wyliczeń finalnej wartości oszczędności przyjęto zachowawczo dość niski, 7% poziom **oszczędności paliwa** – co oznacza, że przy średnim spalaniu autobusu miejskiego między 40 l a 60 l na 100 km oszczędność wynosi około 6l na 100 km.
- f) Finalna wartość to 7% z 4,088 mld PLN = **286,16 mln zł**.

-
- ¹¹ P. Grzelak, Technika eco-drivingu sposobem obniżania emisji zanieczyszczeń ze środków transportu, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport 2016 r. Dostęp: <https://www.wt.pw.edu.pl/content/download/6310/35458/file/Paulina%20Grzelak.pdf>.
 - ¹² T. Pałczyński, Simplified Model of City Bus Dynamics as a Tool of an Energy Consumption Estimation, DOI: 10.1007/978-3-319-42402-6_26.
 - ¹³ Oliver Wekesa Simiyu; Effectiveness of GPS fleet management system on fleet operations at Northrift Shuttle Service Company. Dostęp: https://www.researchgate.net/publication/333844133_Effectiveness_of_GPS_fleet_management_system_on_fleet_operations_at_Northrift_Shuttle_Service_Company.
 - ¹⁴ Service Workforce and Fleet Management: Driving Utilization with Location Intelligence, published by the Aberdeen Group. Dostęp: <https://www.gpsinsight.com/press-release/gps-insight-sponsors-aberdeen-group-report-on-service-workforce-and-fleet-management/>.
 - ¹⁵ K. Jakobsen, S. C. H. Mouritsen; Evaluating eco-driving advice using GPS/CANBus data. Dostęp: https://www.researchgate.net/publication/262327025_Evaluating_eco-driving_advice_using_GPSCANBus_data.
 - ¹⁶ Do Van Manh, Thi Lan Huong HoTuan Hai Dinh, Evaluating the effectiveness of eco-driving courses based on car-GPS tracking data in the itinerary tracking device to reduce fuel consumption of vehicles in urban areas. Dostęp: https://www.researchgate.net/publication/355269451_Evaluating_the_effectiveness_of_eco-driving_courses_based_on_car-GPS_tracking_data_in_the_itinerary_tracking_device_to_reduce_fuel_consumption_of_vehicles_in_urban_areas.
 - ¹⁷ M. Smieszek, Determining the fuel consumption of a public city bus in urban traffic. Dostęp: https://www.researchgate.net/publication/356446822_Determining_the_fuel_consumption_of_a_public_city_bus_in_urban_traffic.
 - ¹⁸ S. Raza , A. Al-Kaisy, R. Teixeira, B. Meyer, The Role of GNSS-RTN in Transportation Applications. Dostęp: <https://www.mdpi.com/2673-8392/2/3/83/pdf>.
 - ¹⁹ Manh, Do & Ho, Thi & Dinh, Tuan (2021), Evaluating the effectiveness of eco-driving courses based on car-GPS tracking data in the itinerary tracking device to reduce fuel consumption of vehicles in urban areas. E3S Web of Conferences. DOI:10.1051/e3sconf/202131003004.
 - ²⁰ J. Forsberg (2015), Maximizing biogas use by eco-driving, Report of Baltic Biogas Bus project eco-driving investments & activities 2013-2014, Uppsala, Sweden.
 - ²¹ P. Ignaciuk, L. Gil, A. Wójcik, Porównanie kosztów eksploatacji autobusów komunikacji miejskiej zasilanych gazem CNG i olejem napędowym. Dostęp: https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-5eace622-cc96-45fe-8199-ef9f9b-d26300/c/Ignaciuk_P_Gil_L_Wojcik_A.pdf.

Dzięki zastosowaniu systemów wspomagających efektywną jazdę autobusów w transporcie publicznym, opartych m.in. o dane satelitarne (GPS/GNSS), w Polsce można zaoszczędzić co najmniej **286 mln zł rocznie** (wg. średnich cen paliwa z 2022 r. około 350 mln zł).*

*Nie licząc oszczędności wynikających na mniejszym zużyciu części i optymalizacji czasu pracy kierowców.

4. POŻARY LASÓW

Pożary lasów należą do najczęstszych i najbardziej dotkliwych zaburzeń w ekosystemach leśnych. Wraz z postępującymi zmianami klimatu przewiduje się, że pożary będą coraz częstsze i intensywniejsze, a sezony pożarowe będą coraz dłuższe¹.

Wykorzystywanie zobrazowań satelitarnych do prewencji pożarów lasów

Aby zapobiec powstawaniu pożarów i zmniejszyć ich destrukcyjny wpływ od wielu lat wykorzystywane są dane (najczęściej zobrazowania) satelitarne. W analizach ryzyka wystąpienia pożaru, a następnie w jego wczesnej detekcji szczególne znaczenia ma wykorzystanie zakresów spektralnych kanałów: czerwonego i podczerwieni, dzięki którym możliwa jest analiza kondycji roślinności. Na tej podstawie algorytmy (używane coraz częściej już na orbicie) wykorzystujące wskaźniki temperatury, wilgotności, charakterystycznych cech wypalonych obszarów czy też światła dostarczają informacji niezbędnych do monitorowania przeciwpożarowego lasów.

Eksperti są zasadniczo zgodni, że systemy monitorowania oparte na obserwacji Ziemi (*Earth Observation*, dalej: „EO”) powinny obejmować trzy etapy: przed pożarem (*pre-fire*), podczas pożaru (*active*) i po pożarze (*post-fire*)². Na wszystkich tych etapach teledetekcja satelitarna może wspierać zarządzanie pożarami. Szczególnie dobrze nadają się do tego czujniki optyczne. Aby zmniejszyć ryzyko zapłonu lasu, wiedza o rodzajach paliwa (np. gatunki drzew) i ich stanie jest niezwykle istotna. Informacje te można uzyskać z zestawów danych optycznych z satelity Sentinel-2, w połączeniu z odpowiednimi informacjami o pogodzie i strukturze lasu (np. rozkład i pionowa struktura lasu). Informacje o strukturze powinny być aktualizowane w regularnych odstępach czasu (np. co 3-5 lat). Podczas aktywnej fazy pożaru, walka z pożarem powinna być wspierana przez obrazowanie termiczne. Obecnie odpowiednie do tego zadania czujniki EO nie są dobrze przystosowane do mniejszych pożarów lasów. Przyszłe satelity programu Copernicus powinny mieć przy-

¹ A.Kolaneck, M. Szymanowski (2019). Pożary lasów na świecie – uwarunkowania powstawania i metody badań, Współczesne problemy i kierunki badawcze w geografii – tom 7; Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ Kraków, 103–126.

² J. San-Miguel-Ayanz, T. Durrant, R. Boca, P. Maiani, G. Libertá, D. Oom, A. Branco, D. de Rigo, D. Ferrari, E. Roglia, N. Scionti, (2023). Advance report on Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022, Publications Office of the European Union, Luxembourg doi:10.2760/091540, JRC133215.

najmniej jeden czujnik termiczny o rozdzielczości przestrzennej 50 m i 5-dniowym czasie rewizji, aby wypełnić tę lukę (np. planowana misja LSTM: *Copernicus Land Surface Temperature Monitoring*)³. Tymczasem obecnie dostępne czujniki termiczne o dużej rozdzielczości (i geostacjonarne) powinny być dalej wykorzystywane do oceny poziomu wilgotności w lasach (suszy) oraz ewentualnych pożarów na dużą skalę. Po pożarach należy przede wszystkim wykonać inwentaryzację pogorzeliska, ponieważ ma to wpływ na rekultywację lasów. Informacje te powinny być następnie uzupełnione o informacje dotyczące intensywności pożaru i wreszcie o monitorowanie odbudowy roślinności.

Najczęściej stosowane sensory satelitarne do wykrywania i monitorowania pożarów lasów⁴

Tabela 2: Zastosowanie sensorów w misjach satelitarnych wraz z rozdzielczością oraz czasem rewizyt.

	NOAA/ AVHRR	DMSP-OLS	MODIS TERRA	LANDSAT - TM	SPOT - HVR/HVIR
Rozdzielczość /na piksel	1 km	2,7 km	250 m	30 m (multispektralny) 15 m (panchromatyczny)	20 m (multispektralny) 10 m (panchromatyczny)
Czas rewizyty	24 h	24 h	24h	Raz na 16 dni	24 h (trzy sensory)
Zastosowanie	wykrywanie emisji termicznej z aktywnych pożarów (hot spots)	wykrywanie emisji światła z nocnych pożarów	wykrywanie emisji termicznej z aktywnych pożarów, mapowanie pogorzelisk, mapowanie roślinności/pokrycia terenu	mapowanie pogorzelisk, klasyfikacja roślinności pod kątem ryzyka pożarowego,	wykrywanie aktywnych pożarów, dokładna lokalizacja pożarów, wykrywanie i mapowanie pogorzelisk, klasyfikacja i mapowanie roślinności pod kątem ryzyka pożarowego

- 3 ESA-Unclassified, Copernicus High Spatio-Temporal Resolution Land Surface Temperature Mission: Mission Requirements Document. Dostęp: https://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/Copernicus_LSTM_MRD_v3.0_Issued_20210514.pdf.
- 4 Na podstawie: L. Soo Chin (2001), Satellite detection of forest fires and burn scars, table. 6.1. Commonly used satellite sensors for forest fire detection and monitoring. Pg. 36. Dostęp: https://www.researchgate.net/publication/228935625_6_Satellite_detection_of_forest_fires_and_burn_scars.

Opis przypadku 1: Przyszłość satelitarnego monitoringu pożarów lasów – miniaturyzacja sensorów

W 2021 r. zakończyła się misja FireBIRD zamówiona i nadzorowana przez niemiecką agencję kosmiczną DLR. Użyto w niej 2 sensory klasy *smallsat* (o wadze całkowitej ok. 130 kg): wyniesiony w 2012 r. TET-1 oraz wyniesiony w 2016 r. satelita BIROS. Wyposażone zostały w sensory optyczne: kamery multispektralne (podczerwień). Rozdzielczość obu sensorów wynosiła 178 m/piksel. Misja FireBIRDS została zaprojektowana w celu wykrywania anomalii wysokotemperaturowych tj. do detekcji pożarów lasów⁵. Efekty misji z wykorzystaniem małych satelitów były lepsze niż dotychczasowe dane pozyskiwane np. z sensora MODIS Terra – m.in. wykrywalność małych pożarów była o 11% wyższa. Dotychczas „wykrywalność” pożarów przez Modis Terra była uznawana za standard (wzór). Sensor ten w idealnych warunkach (bezchmurne niebo, duża różnica temperatur pomiędzy pożarem a otoczeniem) może wykryć pożar o wielkości 50m². W większości przypadków praktyka pokazywała, że możliwości sensora MODIS ograniczają się do detekcji pożarów o wielkości 30x30 m tj. 900 m²⁶. Wyniki misji FireBIRD odniesione do danych z MODIS Terra są więc bardziej niż obiecujące i wskazują dalszy kierunek systemów monitorowania pożarów w lasach, opierających się w przyszłości na małych sensorach.

Metodyka wyliczenia korzyści z wykorzystania danych satelitarnych:

Pożary lasów **142,8 mln zł**

- a) W Polsce w 2020 r. pożarami objęte było **8417 ha** lasów i obszarów naturalnych⁷.
- b) 20 pożarów zostało sklasyfikowanych jako duże (pow. 10 ha), 4 jako bardzo duże (pow. 100 ha)^{8,9}. Ww. pożary stanowiły **76,8%** całko-

⁵ M. Nolde, S. Plank, R. Richter, D. Klein, T. Riedlinger (2021), The DLR FireBIRD Small Satellite Mission: Evaluation of Infrared Data for Wildfire Assessment. Remote Sens, 13, 1459. Dostęp: <https://doi.org/10.3390/rs13081459>.

⁶ NASA, MODIS Data Product Non-Technical Description – MOD 14. Dostęp: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/nontech/MOD14.php>.

⁷ Rocznik Statystyczny Leśnictwa, GUS, 2021. Dostęp: https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/13/4/1/rocznik_statystyczny_leśnictwa_2021.pdf.

⁸ Raport o stanie lasów w Polsce 2020. Dostęp: <https://www.lasy.gov.pl/pl/informacje/publikacje/informacje-statystyczne-i-raporty/raport-o-stanie-lasow/raport-o-lasach-2020.pdf/view>.

⁹ Dane statystyczne KG PSP, określone zakresem tabel statycznych Zestawień ST SWD PSP:

witego obszaru powierzchni spalonej.¹⁰

- c) Uśredniona, statystyczna wartość 1 ha drewna na pniu w Polsce to **35 tys. zł** (suma wartości drewna na pniu dzielona na liczbę hektarów gruntów leśnych)¹¹. Do wyliczeń przyjęto wartość **60% wartości statystycznej**, jako że pożary o których mowa w pkt. a) w części dotyczą także obszarów naturalnych niepokrytych lasem
- d) Łączna wartość spalonego drewna w pożarach lasów: **177 mln zł** (wartość 1 ha drewna na pniu razy liczba spalonych ha gruntów leśnych i naturalnych)
- e) Skuteczność wiodących systemów wczesnego ostrzegania o pożarach lasów (MODIS Terra & Aqua, AVHRR, IRS AWiWS, Landsat-TM, ATSR/Envisat) w wykrywaniu obszarów o krytycznie wysokim ryzyku wystąpienia pożogi w przypadku pożarów dużych (pow. 10 ha) wynosi co najmniej **90%**, w przypadku pożarów małych szacuje się ją na co najmniej **50%**.¹²¹³¹⁴¹⁵¹⁶
- f) Szacunkowa oszczędność na stosowaniu systemu satelitarnego monitoringu pożarów (obejmująca wartość spalonego drewna): **142,800 mln zł**
(6500 ha*90% + 1900 ha*50%)*21 tys. zł.
- g) Lasy Państwowe wydały w 2020 r. ponad **100 mln zł** na zabez-

30_Rodzaj pożarów lasów w rozbiu na wielkość zdarzenia. Dostęp: https://dane.gov.pl/pl/dataset/1783/resource/21605,30_rodzaj-pozarow-lasow-w-rozbiciu-na-wielkosc-zdarzenia.

- ¹⁰ Wpływ Pożarów na Lasy 2020. Dostęp: www.jubileusz.ibles.pl/documents/17150/844b289e-d377-4e5f-895b-e40794b1e276.
- ¹¹ Rocznik Statystyczny Leśnictwa, GUS, 2021. Dostęp: https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/13/4/1/rocznik_statystyczny_leśnictwa_2021.pdf.
- ¹² P. & R. Schneider, Dar & Kyriakidis, Phaeton. (2006). Using MODIS Data as the Remote Sensing Input to the Fire Potential Index.
- ¹³ L. Giglio, W. Schroeder, Ch. O. Justice (2016), The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products, Remote Sensing of Environment, Volume 178, Pages 31-41.
- ¹⁴ J.A. Moreno-Ruiz, J.R. García-Lázaro, M. Arbelo, M. Cantón-Garbín (2020), MODIS Sensor Capability to Burned Area Mapping—Assessment of Performance and Improvements Provided by the Latest Standard Products in Boreal Regions. Sensors, 20, 5423. <https://doi.org/10.3390/s20185423>.
- ¹⁵ V. Kelhä, EA. Herland, A. Lohi (2003). Satellite Based Forest Fire Detection and Automatic Alert System — Pilot Experiment. In: Zschau, J., Küppers, A. (eds) Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55903-7_89.
- ¹⁶ I.G. Hendel & G. M. Ross (2020) Efficacy of Remote Sensing in Early Forest Fire Detection: A Thermal Sensor Comparison, Canadian Journal of Remote Sensing, 46:4, 414-428. Dostęp: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07038992.2020.1776597>.

pieczenia przeciwpożarowe lasów¹⁷. Szacuje się, że do gaszenia pożarów lasów w 2020 r. zużyto około **9 mln m³** wody. Koszt lotów samolotów gaśniczych gaszących pożary lasów (tylko Lasy Państwowe) to niemal **30 mln zł**.

Dzięki zastosowaniu ogólnokrajowych systemów wczesnego ostrzegania przed pożarami lasów, opartych o dane satelitarne, w Polsce można zaoszczędzić co najmniej 142 mln zł rocznie.*

*Nie licząc kosztów akcji gaśniczej, kosztów rekultywacji obszarów spalonych, nowych nasadzeń oraz kosztów środowiskowych.

¹⁷ Sprawozdanie Finansowo – Gospodarcze Lasów Państwowych za 2020 r. Dostęp: <https://www.gov.pl/attachment/3d3f0f56-184e-43f3-90ff-6016b9943d6d>.

5. WYKRYWANIE NIEPRAWIDŁOWOŚCI W PŁATNOŚCIACH BEZPOŚREDNICH DLA ROLNIKÓW

Dotacje rolne wypłacane rolnikom stanowią znaczną część budżetu Unii Europejskiej (UE) i mają istotny wpływ na źródła utrzymania i decyzje gospodarcze rolników w państwach członkowskich. W 2022 r. środki wykorzystane na finansowanie europejskiej wspólnej polityki rolnej (WPR) wyniosły około 33% całkowitego budżetu UE¹. Najważniejszymi narzędziami subsydiowania WPR są płatności bezpośrednie: środki subsydiowania dochodów, których wysokość zależy od wielkości gruntów lub zwierząt gospodarskich rolnika. W 2022 r. 6,38 mln europejskich rolników otrzymało płatności bezpośrednie o łącznej wartości 37,96 mld euro². Biorąc pod uwagę ich wysoką wagę ekonomiczną i finansową, dokładna i identyfikowalna kontrola i monitorowanie wniosków o dopłaty ma duże znaczenie.

Znaczenie obrazowania satelitarnego w kontrolowaniu pomocy obszarowej

W ramach wspólnej polityki rolnej od wielu lat wykorzystuje się obrazy satelitarne lub lotnicze w celu kontrolowania pomocy obszarowej. Obrazy te mają co prawda zazwyczaj bardzo wysoką rozdzielczość przestrzenną, jednak do 2017 r. nie były dostępne z na tyle dużą częstotliwością, aby umożliwiać weryfikację działalności prowadzonej na użytkach rolnych w ciągu całego roku (np. zbieranie plonów)³.

Od marca 2017 r. należące do UE satelity Sentinel 1 i 2 programu Copernicus zapewniają dostępne bezpłatnie i wykonywane z dużą częstotliwością zdjęcia wysokiej rozdzielczości, co oznaczało przełom w korzystaniu z technologii obserwacji

¹ Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Annual Activity Report 2022; DG Agri: Bruxelles, Belgium, 2023; s. 99.

² Directorate-General for Agriculture and Rural Development. Annual Activity Report 2022; DG Agri: Bruxelles, Belgium, 2023; tab. 5 5. Risk remaining to the EU budget after all corrections have been carried out.

³ V. Sitokonstantinou, I. Papoutsis, Ch. Kontoes, A. Lafarga Arnal, A.P. Armesto Andrés, J.A. Garraza Zurbano. Scalable Parcel-Based Crop Identification Scheme Using Sentinel-2 Data Time-Series for the Monitoring of the Common Agricultural Policy. Remote Sens. 2018, 10, 911. [Google Scholar] [CrossRef].

Ziemi w celu monitorowania działalności rolniczej z uwagi na wykonywanie zobrażeń z dużą częstotliwością⁴, dzięki automatycznemu przetwarzaniu szeregów czasowych przez cały okres wegetacyjny możliwe jest – bez interwencji ludzkiej – zidentyfikowanie upraw oraz monitorowanie pewnych praktyk rolniczych (takich jak orka czy koszenie) na poszczególnych działkach. Począwszy od 2018 r.⁵ agencje płatnicze korzystają z danych zapewnianych przez satelity Sentinel programu Copernicus zastępując dane z tradycyjnych inspekcji w terenie⁶.

Począwszy od 2023 r. zdjęcia satelitarne z satelitów Sentinel będą służyły również do prowadzenia kontroli zgodności wniosków przez ARiMR o płatności bezpośrednie⁷. Obecnie kontrola zgodności wniosków jest prowadzona jedynie na wybranych obszarach, natomiast od 2023 r. będzie obejmowała 100 proc. wniosków składanych do ARiMR o przyznanie płatności. Kontrola ta będzie wykonywana w sposób zautomatyzowany, z wykorzystaniem automatycznej klasyfikacji upraw w oparciu o zdjęcia satelitarne i algorytmów uczenia maszynowego poprzez automatyczny system monitorowania obszarów (AMS). Wdrożenie systemu jest planowane na rok 2023, natomiast uzyskanie jego pełnej funkcjonalności na początek 2024 r.⁸.

W maju 2023 r. ARiMR rozstrzygnęła przetargi na zakup satelitarnych ortofotomap, pokrywających łącznie 43 tys. km² kraju w barwach rzeczywistych (RGB) i barwach fałszywych (CIR) w rozdzielczości radiometrycznej 8 bitów na kanał oraz w rozdzielczości przestrzennej 50 cm. Zamówienie na te dane podzielono na dwie części. Pierwsza obejmuje 20 tys. km kw., a druga – 23 tys. km kw. Łącznie ortofotomapa ma objąć wybrane powiaty we wszystkich 16 województwach.

⁴ Zobrazowania Sentinel 1 dostarczane są co pięć dni dostępne o rozdzielczości przestrzennej 10 metrów na piksel.

⁵ Europejski Trybunał Obrachunkowy, Sprawozdanie specjalne 04/2020: Wykorzystanie nowych technologii obrazowania na potrzeby monitorowania wspólnej polityki rolnej. Dostęp: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR20_04/SR_New_technologies_in_agri-monitoring_PL.pdf.

⁶ Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2018/746 z dnia 18 maja 2018 r. zmieniające rozporządzenie wykonawcze (UE) nr 809/2014 w odniesieniu do zmiany pojedynczych wniosków i wniosków o płatność i kontroli.

⁷ Strategia DG AGRI w zakresie zwalczania nadużyć finansowych, wersja 4.0 – Ares(2020)5099349, pkt 7.3.1.

⁸ Europejski Trybunał Obrachunkowy, Sprawozdanie specjalne nr 14/2020, Reakcja Komisji na nadużycia finansowe we wspólnej polityce rolnej, Zalecenie 2 – Promowanie wykorzystania z nowych technologii do zapobiegania nadużyciom finansowym w wydatkowaniu środków w ramach WPR i wykrywania takich nadużyć.

Opis przypadku:

Kontrole płatności bezpośrednich

w 2023 r. realizowane przez ARiMR metodą FOTO⁹

Celem kontroli na miejscu w ramach płatności bezpośrednich jest weryfikacja danych zadeklarowanych przez producenta rolnego we wniosku o przyznanie płatności na podstawie przeprowadzonej kontroli na miejscu, ze stanem faktycznym, a tym samym zapewnienie prawidłowego wykorzystania środków finansowych. Kontrola na miejscu w ramach płatności bezpośrednich do gruntów rolnych realizowana jest dwoma metodami: inspekcji terenowej oraz "FOTO".

Kontrola metodą inspekcji terenowej polega na przeprowadzeniu wywiadu terenowego i pomiarów terenowych najczęściej w oparciu o technikę GPS, w odniesieniu do gruntów zadeklarowanych przez producenta we wniosku.

Kontrola metodą FOTO jest przeprowadzana na podstawie ortofotomapy (cyfrowe odwzorowanie terenu wykonane na podstawie zdjęć lotniczych lub zobrażeń satelitarnych) i na podstawie wywiadu terenowego. Kontrole metodą FOTO są przeprowadzane na obszarach wybranych losowo oraz na podstawie analizy ryzyka. Należy dodać, że na obszarze FOTO (obszar FOTO jest to obszar objęty ortofotomapą i najczęściej obejmuje on jedną lub maksymalnie kilka gmin) kontroli poddawane są gospodarstwa, które posiadają wszystkie działki na tym obszarze.

W 2022 r. ARiMR skontrolowała w ramach kontroli płatności bezpośrednich (obszarowych) metodą FOTO 61 340 gospodarstw (ponad 374 tys. działek), o łącznej powierzchni 651 575 ha. Kontrole stwierdziły 43920 podejrzeń nieprawidłowości¹⁰, które to wyniki kontroli zostały uwzględnione na dalszym etapie kontroli administracyjnej. Finalnie do Komisji Europejskiej zostały zgłoszone nieprawidłowo-

⁹ Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa. Dostęp: <https://www.gov.pl/web/arimr/zasady-realizacji-kontroli>.

¹⁰ Podejrzene nadużycia finansowe oznacza nieprawidłowość, która prowadzi do wszczęcia postępowania administracyjnego lub sądowego na szczeblu krajowym w celu stwierdzenia umyślnego działania, w szczególności nadużycia finansowego, o którym mowa w art. 1 ust. 1 lit. a) Konwencji sporządzonej na podstawie art. K.3 Traktatu o Unii Europejskiej w sprawie ochrony interesów finansowych Wspólnot Europejskich. Niezależnie od podejścia przyjętego przez poszczególne państwa członkowskie, ratyfikacja Konwencji z 1995 r. wyposaża każdy kraj w podstawę do ścigania i ewentualnego nakładania kar za określone zachowania. Jeśli tak się stanie, tj. zostanie wydany wyrok skazujący i nie zostanie wniesiona apelacja, sprawę można uznać za "stwierdzone oszustwo". Od niedawna dyrektywa (UE) 2017/1371 (tzw. dyrektywa PIF) określa, co państwa członkowskie są zobowiązane uznać za oszustwo mające wpływ na interesy finansowe UE.

ści, które skutkowały korektą finansową na kwotę 224 mln euro tj. **1,059 mld zł**¹¹.

Tabela 3: Tabela na podstawie danych z ARIMR¹² (kolumny 1-5) oraz KE (kolumna 6)^{13,14,15}.

1	2	3	4	5	6
Rok kontroli	Ilość Gospodarstw	Ilość działek rolnych głównych	Suma powierzchni deklarowanej (ha)	Stwierdzone podejrzenia nieprawidłowości	Sumaryczna wartość nieprawidłowości zgłoszonych do KE (EUR)
2020	64 721	397 618	689 489	50 822	155 904 924,00
2021	55 781	336 325	635 494	41 992	226 898 509,00
2022	61 340	374 265	651 575	43 920	223 992 678,00

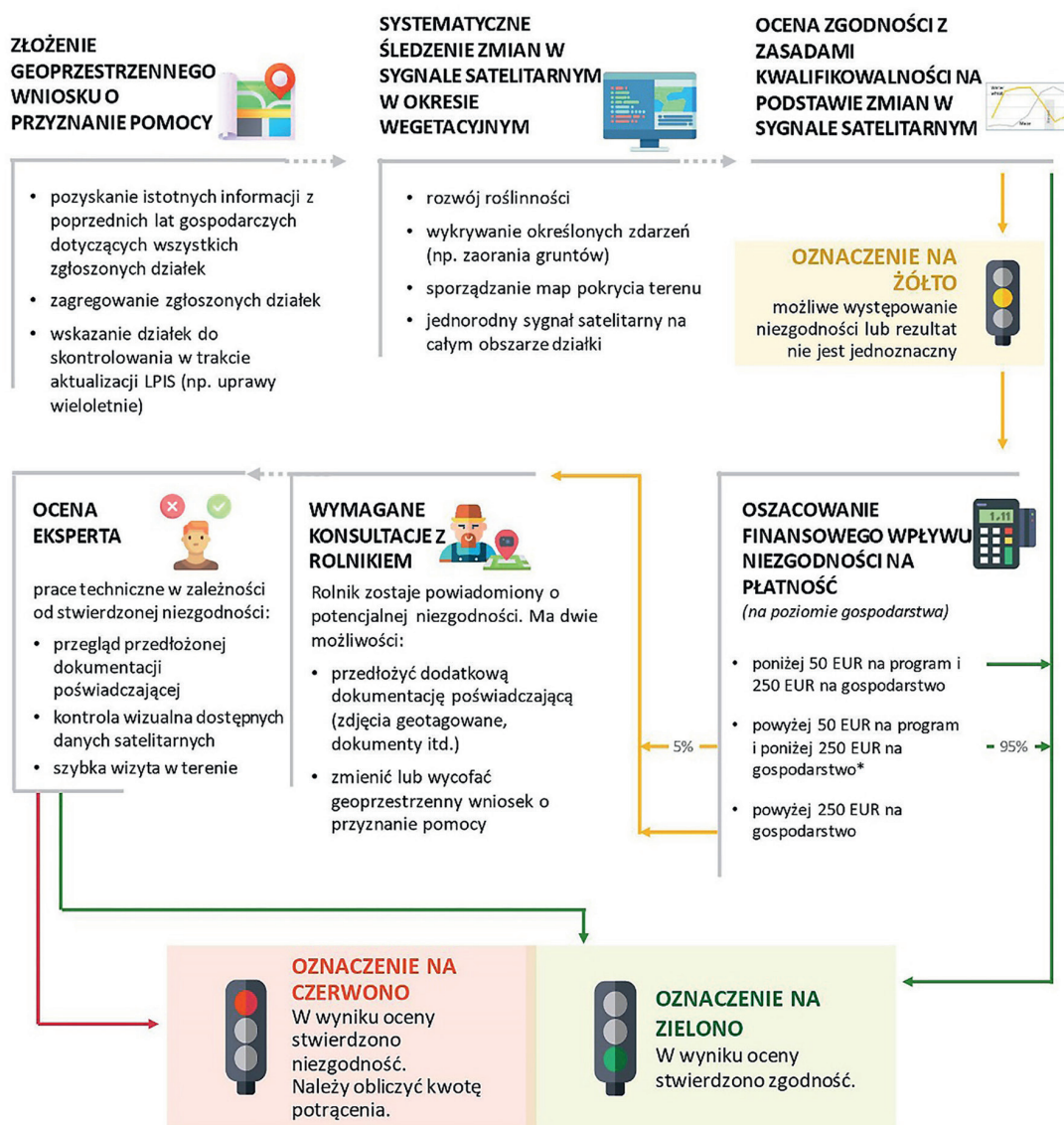
¹¹ Średni kurs euro do złotego za 2022 r. Dostęp: <https://eur-pln.pl/2022/>.

¹² Pismo ARiMR z dnia DBRiKT-WFKAiK.0163.14.2023.MB_20230918 w odpowiedzi na wnioski o dostęp do danych z rejestru publicznego.

¹³ Report from The Commission to The Council and The European Parliament. 32th Annual Report on the protection of the European Union's financial interests and the fight against fraud – 2021, Statistical evaluation of irregularities reported for 2020: own resources, agriculture, cohesion and fisheries policies, pre-accession and direct expenditure, Part 2/2; SWD (2021) 258 final, Brussels, 20.9.2021 (PIF Report 2020).

¹⁴ Report from The Commission to The Council and The European Parliament. 33th Annual Report on the protection of the European Union's financial interests and the fight against fraud – 2021, Statistical evaluation of irregularities reported for 2021: own resources, agriculture, cohesion and fisheries policies, pre-accession and direct expenditure, SWD(2022) 307 final, Brussels, 23.9.2022 (PIF Report 2021) Brussels.

¹⁵ Report from The Commission to The Council and The European Parliament. 34th Annual Report on the protection of the European Union's financial interests and the fight against fraud – 2022, Statistical evaluation of irregularities reported for 2022: own resources, agriculture, cohesion and fisheries policies, pre-accession and direct expenditure, COM/2023/464 final, Brussels, 27.7.2023 (PIF Report 2022). Dostęp: https://anti-fraud.ec.europa.eu/system/files/2023-07/pif-report-2022_en_0.pdf.



Rysunek 5: Uproszczony przykład kontroli w formie monitorowania¹⁶.

Dzięki wykorzystaniu danych satelitalnych w kontroli płatności bezpośrednich skontrolowano w ciągu jednego roku (2022 r.) **aż 374 tys. działek rolnych, na których stwierdzono 43 920 podejrzeń nieprawidłowości**. Kontrole te skutecznie służą eliminowaniu działań na szkodę budżetu państwa.

¹⁶ Europejski Trybunał Obrachunkowy, Sprawozdanie specjalne 04/2020: Wykorzystanie nowych technologii obrazowania na potrzeby monitorowania wspólnej polityki rolnej.

6. UBEZPIECZENIA

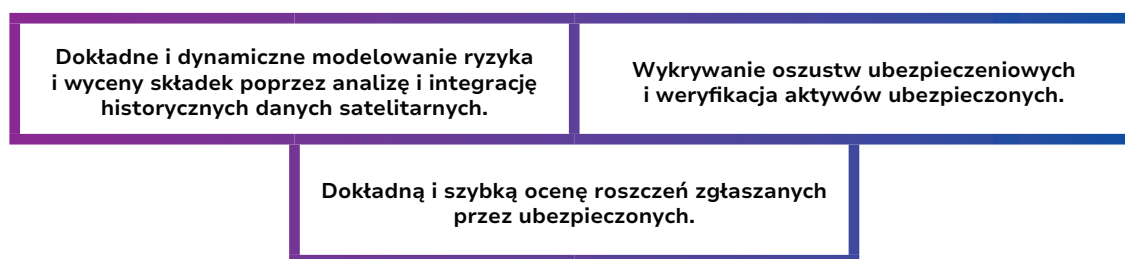
Wykorzystanie danych satelitarnych w działalności ubezpieczeniowej

Dla instytucji finansowych, a w tym w szczególności zakładów ubezpieczeń aktualne i dokładne informacje są niezbędne w celu wykonywania podstawowych funkcji, w tym oceny i szacowania ryzyka, prewencji oraz eliminacji przestępstw ubezpieczeniowych.

Aby sprostać zmieniającym się warunkom, ubezpieczyciele wymagają częstszych i bardziej opłacalnych sposobów dostarczania na czas informacji na temat oceny ryzyka i przyjmowania go do ubezpieczenia (*underwritingu*), procesów odszkodowawczych i monitorowania ryzyka. Źródła danych o wysokiej rozdzielczości, takie jak zdjęcia lotnicze i z dronów, zapewniają szczegółowy wgląd w rynki i przypadki roszczeń. Historycznie dane te były ograniczone pod względem dostępności ze względu na koszty i skalę, ale rozwój technik obrazowania satelitarnego, przetwarzaniu danych i uczenia maszynowego otwierają nowe drzwi także na rynku ubezpieczeniowym. Podstawowe innowacje satelitarne i platformowe sprawiły, że źródła obrazów o wysokiej rozdzielczości są dostępne, coraz tańsze oraz łatwiejsze do wykorzystania przez ubezpieczycieli. Chodzi tu przede wszystkim o obrazowanie szerokiego obszaru w przypadku badania terenów dotkniętych zdarzeniami o szerokim zasięgu (zdarzenia katastroficzne), ukierunkowane przechwytywanie rozwiązuje drobniejsze szczegóły infrastruktury i nieruchomości. Natomiast obliczenia ułatwiają analizę w celu uzyskania i skalowania spostrzeżeń¹.

Wszystkie te funkcje zapewniają wgląd, w czasie zbliżonym do rzeczywistego, do umów ubezpieczenia i zdarzeń szkodowych, umożliwiając ubezpieczycielom i likwidatorom szkód na optymalizację łańcucha wartości ubezpieczeń. Wysokiej jakości zdjęcia satelitarne i rozwiązania analityczne, począwszy od lokalizacji obiektów po wykrywanie zmian, które w nich zachodzą, umożliwiają ubezpieczycielom tworzenie procesów, które są bardziej zautomatyzowane, predykcyjne i responsywne niż tradycyjne przepływy pracy.

¹ Materiały prasowe ICEYE, Planet. Dostęp: <https://www.iceye.com/blog/data-certainty-for-parametric-insurance>.



Rysunek 6: Kluczowe korzyści, jakie wynikają z zastosowania obrazowań satelitarnych.

Dodatkowo, aktualne informacje dostarczane przez częste zdjęcia satelitarne umożliwiają lepszą analizę – ułatwiając zakładom ubezpieczeń wchodzenie na nowe rynki i wprowadzanie nowych produktów do różnych linii ubezpieczeń. Przykładem mogą być ubezpieczenia parametryczne (patrz pkt. 2 poniżej), które prawie całkowicie uzależnione są od obrazowań satelitarnych, a mogą stanowić znaczący wpływ na zwiększenie ubezpieczalności terenów narażonych na niekorzystne zjawiska pogodowe, szczególnie w rolnictwie².

Wykorzystanie danych satelitarnych w ubezpieczeniach ryzyk katastroficznych

Od lat obserwujemy na całym świecie, ale także w Polsce, istotne zmiany klimatyczne ujawniające się przez anomalie pogodowe i zwiększającą się liczbę zjawisk ekstremalnych. Podtopienia, powodzie, wezbrania sztormowe, wiatry, pożary spowodowane wysokimi temperaturami, to tylko część identyfikowanych zagrożeń.

To wszystko przekłada się również na zwiększoną ilość zdarzeń szkodowych objętych ochroną ubezpieczeniową i zgłaszanych ubezpieczycielom w celu kompensacji doznanych szkód. W 2021 r. Polacy zgłosili zakładom ubezpieczeń aż 1,05 mln szkód spowodowanych żywiołami³. Dane te dotyczą szkód rzeczowych powstałych wskutek takich zjawisk jak m.in. ogień, burze, obsunięcia i tąpnięcia ziemi, gradobicie czy mróz. Oznacza to wzrost o 111,1 tys. (+11,7%) oraz 74,1 tys. (+7,5%) więcej w porównaniu odpowiednio z rokiem 2019 i 2020.

Zwiększona ilość zdarzeń szkodowych powoduje automatycznie większą liczbę i wysokość wypłacanych odszkodowań, ale także znacząco większe koszty likwidacji szkód. Kwestia ta ma jeszcze większe znaczenie gdy mamy do czynienia z ryzykami katastroficznymi, tj. gdy zjawiska ekstremalne działają na ograniczonym

² M. Klasa, Zastosowanie teledetekcji satelitarnej w rolnictwie; Teledetekcja satelitarna w rolnictwie – szanse i możliwości”, Krajowy Ośrodek Wsparcia Rolnictwa.

³ Komunikat w sprawie szkód spowodowanych przez powódzie, burze oraz ulewne deszcze w maju, czerwcu, sierpniu i wrześniu, Komisja Nadzoru Finansowego, 3 listopada 2010 r. Dostęp: <http://www.knf.gov.pl>.

obszarze powodując wysokie straty majątkowe u bardzo wielu poszkodowanych w jednym czasie. Wówczas istotnym jest by jak najszybciej dotrzeć do poszkodowanych i udzielić im wymaganej pomocy. Pomoc ta obejmuje udzielenie finansowania umożliwiającego natychmiastowe zabezpieczenie pozostałego mienia i jak najszybszy powrót do normalnego funkcjonowania.

W przypadku gdy mamy do czynienia ze zdarzeniami katastroficznymi, działalność zakładów ubezpieczeń może również zostać sparaliżowana z uwagi na konieczność postępowania zgodnie z przyjętymi procedurami, wymagającymi udokumentowania wielkości poniesionych strat przez poszkodowanych. Mimo wprowadzanych wówczas procedur uproszczonej oceny roszczeń, zakłady ubezpieczeń nie zawsze potrafią zapanować nad ogromem spływających informacji o zdarzeniach wywołujących szkody.

W tym zakresie pomóc mogą odpowiednio opracowane algorytmy analizy obrazu z terenów, na których doszło do zdarzeń, które z jednej strony mogą uprościć procedury likwidacji szkód, z drugiej strony obniżyć koszty przeprowadzenia oceny zdarzenia i obliczenia wysokości doznanej szkody. Dla potrzeb niniejszego opracowania, likwidacja szkód oznacza całokształt działań zakładu ubezpieczeń mających na celu ustalenie okoliczności zdarzenia oraz wysokości należnego odszkodowania; postępowanie w tym zakresie regulowane jest przepisami ustawy z dnia 11 września 2015 roku o działalności ubezpieczeniowej i reasekuracyjnej).

Opis przypadku 1: Ubezpieczenia parametryczne

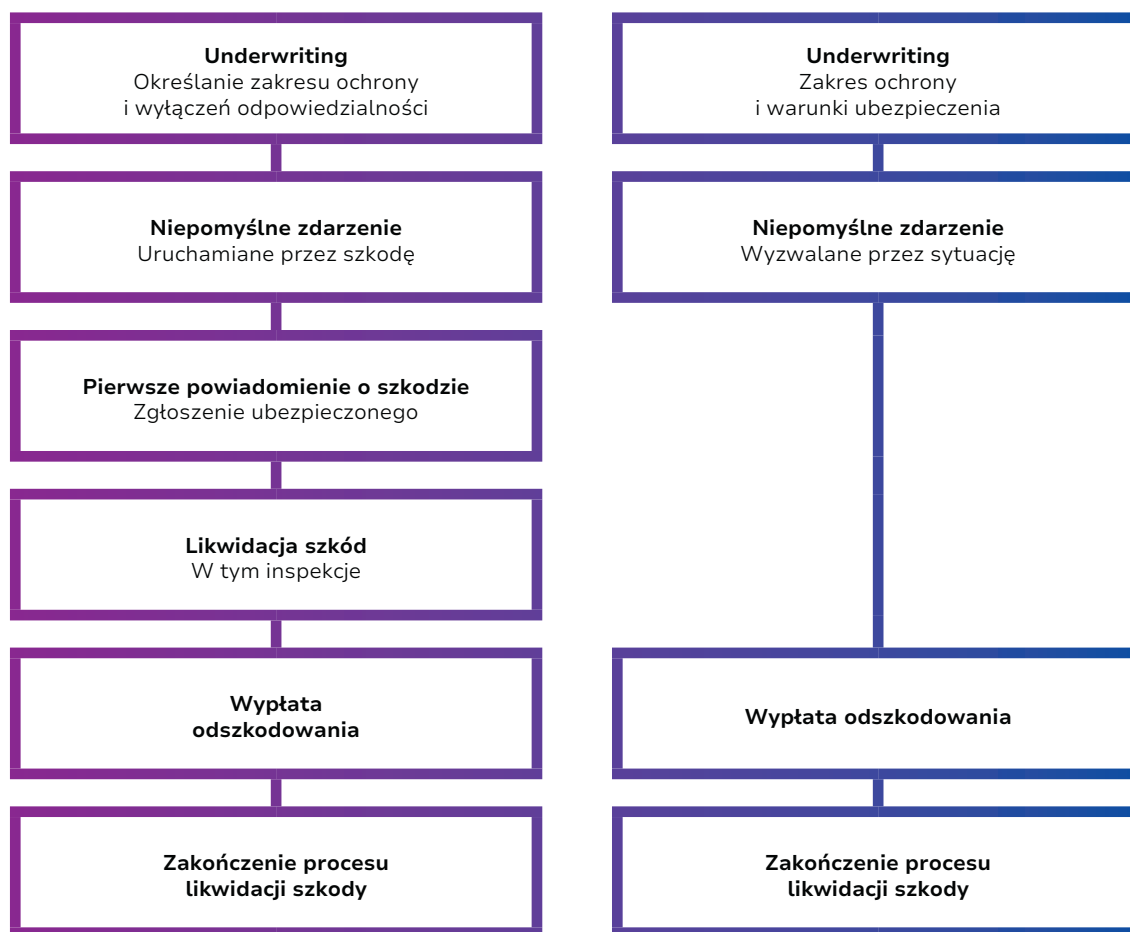
Rodzaj ochrony ubezpieczeniowej znany jako ubezpieczenie parametryczne chroni ubezpieczającego przed wystąpieniem określonego zdarzenia poprzez ustalenie z góry określonej wypłaty na podstawie dotkliwości zdarzenia, w przeciwieństwie do dotkliwości strat w konwencjonalnym ubezpieczeniu⁴. Na obecnym rynku ubezpieczeń od klęsk żywiołowych ubezpieczenie parametryczne odgrywa coraz większą rolę. Brak procesu likwidacji szkód umożliwia znacznie szybszą wypłatę świadczenia, co może mieć duży wpływ na ofiary katastrof naturalnych. Globalny rynek ubezpieczeń parametrycznych został wyceniony na 11,7 mld USD w 2023 r. i oczekuje się, że osiągnie 29,3 mld USD do 2028 r., rosnąc na poziomie 9% w latach 2023-20.

Na przykładzie huraganu Ian można pokazać, w jaki sposób wykorzystywane są dane satelitarne. W tym przypadku zdjęcia z satelitów SAR firmy Iceye były łączone z pomocniczymi zestawami danych naziemnych na bieżąco w trakcie powodzi spowodowanej przez huragan. Dzięki temu w ciągu 24 godzin od punktu kulminacyjnego zdarzenia na danym obszarze zespół był w stanie zgłosić pomiary głębokości powodzi na poziomie poszczególnych budynków, poprzez dokonanie

⁴ J. Chojnacki, Ubezpieczenia parametryczne, Miesięcznik Ubezpieczeniowy 12/2021.

pomiaru głębokości wody na Ziemi za pomocą techniki radarowej. W sumie ICEYE zmapował zasięg powodzi na obszarze 6 500 km², dostarczając dane powodziowe z poziomu gruntu dla prawie 300 000 (sztuk) dotkniętych nieruchomości.

Chociaż trudno oszacować zyski lub oszczędności poprzez zastosowanie rozwiązań parametrycznych w ubezpieczeniach, niewątpliwie mogą one mieć ogromny wpływ na zmniejszenie luki ubezpieczeniowej (w ciągu ostatnich dziesięciu lat tylko około 30% strat spowodowanych katastrofami naturalnymi zostało pokrytych przez ubezpieczenia. W krajach o średnim lub niskim dochodzie odsetek nieubezpieczonych strat często przekracza 90%; w Polsce szacuje się, że luka ubezpieczeniowa w zależności od regionu wynosi między 50 a 75%), a tym samym zwiększyć odporność społeczeństwa na skutki zdarzeń katastroficznych. Należy bowiem nadmienić, że zgodnie z obliczeniami w niektórych przypadkach, zwłaszcza na rynkach rozwijających się, najgorsze katastrofy naturalne mogą trwale obniżyć PKB danego kraju o prawie 2%⁵.



Rysunek 7: Różnice w ubezpieczeniach parametrycznych i tradycyjnych⁶.

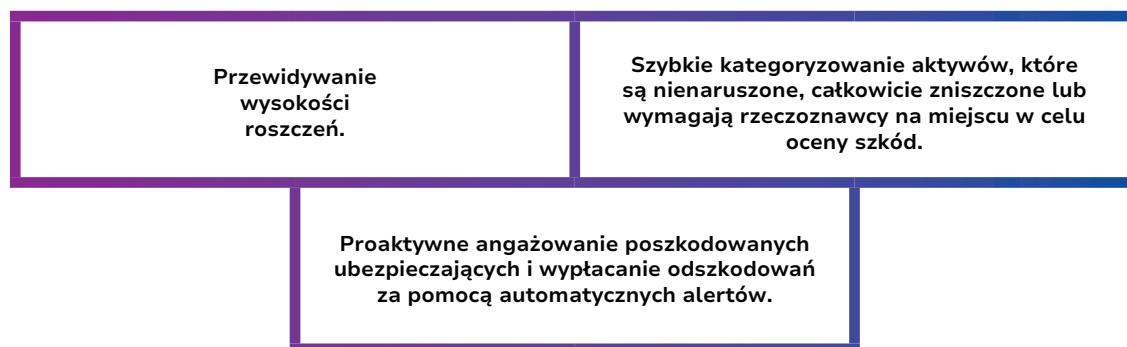
⁵ A. Bambal, Parametric Insurance Market Worth Observing Growth.

⁶ Explore a World of New Opportunities with Parametric Insurance (2023). Dostęp: <https://www.guidewire.com/pl/blog/technology/explore-a-world-of-new-opportunities-with-parametric-insurance/>.

Ograniczenie i przyspieszenie czynności likwidacyjnych w przypadku szkód katastroficznych w ubezpieczeniach indywidualnych

Wykorzystanie danych satelitarnych poprzez przygotowanie odpowiedniego algorytmu z ich analizy możliwe jest ograniczenie konieczności wykonania oględzin szkód innych niż przemysłowe nawet o około 70%.

Wykorzystanie teledetekcji satelitarnej przydatne jest w szczególności w ubezpieczeniach upraw rolnych. Następuje w tym przypadku weryfikacja stanu upraw poprzez porównanie serii zdjęć przed kataklizmem ze stanem po jego zakończeniu. Można w ten sposób również określić jak działanie wody, pożaru innych zdarzeń katastroficznych wpłynęło na przyszły rozwój roślin. Zdjęcia satelitarne mogą pokazać jak zniszczone zostały dachy domów na terenie gdzie działały silne porywy wiatru. Teledetekcja stwarza więc możliwość wykorzystania danych satelitarnych do oceny strat bez potrzeby kontrolowania ich na miejscu. Korzystając z ciągłego przesyłania obrazów, ubezpieczyciele mogą podejmować działania w celu zwiększenia zadowolenia klientów i obniżenia kosztów poprzez:



Rysunek 8: Działania podejmowane przez ubezpieczycieli w celu zwiększenia zadowolenia klientów oraz obniżenia kosztów.

Prace nad takimi algorytmami są intensywnie prowadzone we współpracy z zakładami ubezpieczeń. W 2020 r. jeden z największych światowych ubezpieczycieli Tokio Marine Holdings rozpoczął współpracę ze specjalizującą się w dostarczaniu satelitarnych zobrażeń radarowych spółką ICEYE w zakresie zobrażeń satelitarnych na rzecz usprawnienia procesów związanych z obsługą roszczeń i wypłatą odszkodowań w przypadkach zaistnienia klęsk żywiołowych. Współpraca z ICEYE została nawiązana też przez wielu europejskich ubezpieczycieli i reasekuratorów, w tym np. Swiss Re. Podobnie, firma Planet dostarcza danych do wielu zakładów ubezpieczeń i reasekuracji (np. kenijskiemu reasekuratorowi ZEP-RE).

Opis przypadku 2: Powódź 2010 r.

Jeśli przeanalizujemy dane dotyczące największej w XXI wieku powodzi w Polsce, która miała miejsce praktycznie na terenie całego kraju w 2010 r., to ubezpieczyciele otrzymali wówczas w okresie wiosenno-letnim (powódź miała miejsce w miesiącach maj – czerwiec 2010 roku) 263 546 zgłoszeń zdarzeń wywołujących szkody. W związku z tymi zgłoszeniami wypłacono odszkodowania w wysokości 1 575 500 000 zł ponosząc dodatkowo wysokie koszty likwidacji szkód, to jest: ustalenia okoliczności zdarzenia, odpowiedzialności ubezpieczyciela za zdarzenie oraz wielkości strat poniesionych przez poszkodowanych. W większości przypadków były to zniszczenia domów, mieszkań oraz upraw rolnych. Można jednak przyjąć, że około 20% zgłoszeń dotyczyło obiektów przemysłowych⁷.

W przypadku obiektów przemysłowych zazwyczaj konieczne były oględziny oraz długotrwała analiza strat finansowych poniesionych przez przedsiębiorstwa. W przypadku domów, mieszkań i pól uprawnych dokonywano wyliczenia strat częściowo zlecając oględziny miejsca szkody (około 40%), a częściowo stosując procedurę uproszczoną, podejmując decyzję o wypłacie odszkodowania na podstawie opisu szkody dokonywanego przez ubezpieczonego (40%). Uzyskujemy więc proporcję: szkody przemysłowe / szkody inne z oględzinami / szkody inne bez oględzin – 20/40/40. W przypadku szkód przemysłowych likwidacja ma charakter indywidualny, a więc te szkody muszą być likwidowane w tradycyjny sposób. W przypadku szkód innych niż przemysłowe pojawiają się koszty oględzin zewnętrznego eksperta, które można oszacować na co najmniej 400 zł na jedną szkodę⁸, oraz wewnętrzne koszty zakładu ubezpieczeń. W przypadku powodzi z 2010 r. otrzymujemy więc koszty samych oględzin dla szkód innych niż przemysłowe w wysokości 42 167 360,00 zł.

W przypadku przygotowania odpowiedniego algorytmu analizy zdjęć satelitarnych możliwe byłoby ograniczenie konieczności wykonania oględzin szkód innych niż przemysłowe o około 70% (12% wszystkich zgłoszonych szkód), co daje koszty oględzin w wysokości 12 650 208,00 zł i oszczędność w wysokości 29 517 152 zł tylko w przypadku powodzi z 2010 r. (która obejmowała tylko dwa miesiące letnie) i tylko dla ubezpieczeń indywidualnych. Oszczędności mogą być jeszcze większe, gdyby algorytm wykorzystywany był przez ubezpieczycieli w ciągu całego roku. Poniżej tabela pokazująca opisane w tekście wyliczenie.

⁷ A. Maciążek, Doświadczenia rynku polskiego w likwidacji szkód powodziowych. Budowanie systemu ubezpieczeń katastroficznych w Polsce; Wieteska – Rosiak B., Formy pomocy państwa dla poszkodowanych przez żywioł na przykładzie powodzi 2010.

⁸ Wywiad z ekspertem ds. likwidacji szkód Crawford Polska Sp.z o.o.

Tabela 4: Wyliczenie oszczędności w procesie likwidacji szkód na przykładzie powodzi 2010 r⁹.

Analiza zdjęć satelitarnych	Ilość wszystkich szkód	% wszystkich szkód do oględzin innych niż przemysłowe	Ilość oględzin innych niż przemysłowe	Koszty oględzin (zł)	Całkowity koszt Oględzin (zł)
Nie	263 546,00	40	105 418,40	400	42 167 360,00
Tak	263 546,00	12	31 625,52	400	12 650 208,00
				Różnica 29 517 152,00	

Opis powyższego przypadku jest o tyle znaczący, że obecnie koszty samych postępowań prowadzonych przez ubezpieczycieli byłyby znacząco wyższe, odpowiednio do większej skali szkód spowodowanych przez powódź o parametrach podobnych do tej, która miała miejsce w 2010 r. Zgodnie z szacunkami Polskiej Izby Ubezpieczeń dokonanymi w 2019 r., szkody te byłyby wyższe o co najmniej 20,9%¹⁰.

Systemy oparte o optyczne i radarowe zobrażenia satelitarne służące do analizy zdarzeń szkodowych mogą wpływać na szybkość kompensacji szkodowej oraz przynosić oszczędności wykonywania czynności ubezpieczeniowych w ramach likwidacji szkód o wartości około 29 mln zł w przypadku jednego zdarzenia katastroficznego.

⁹ Ekspert likwidacji szkód Marcin Janicki.

¹⁰ PIU, Deloitte, 2019. Klimat ryzyka, Jak prewencja i ubezpieczenie mogą ograniczyć wpływ katastrof na otoczenie.

7. SZKODY GÓRNICZE – PREDYKCJA I ANALIZA ISTNIEJĄCYCH OSUWISK I ZAPADLIŚK

Funkcjonowanie kopalni nie pozostaje bez efektów dla stanu terenu, na którym jest prowadzone wydobywanie. Intensywna eksploatacja złóż wpływa, zarówno podczas działalności zakładu górniczego, jak i już po jej zakończeniu, na możliwość wystąpienia ruchów górotworu i powstawania wstrząsów oraz pojawianie się zapadnięć lub wypiętrzeń ziemi na powierzchni. Wszystkie zjawiska tego typu, które przekładają się na straty właścicieli nieruchomości położonych w obszarze oddziaływania kopalni lub prowadzą do utraty korzyści, które w przeciwnym razie mogliby osiągnąć, są uznawane za szkody górnicze.

Deformacje po górnicze

W wyniku podziemnej eksploatacji górniczej zaburzona zostaje równowaga górotworu. Powoduje to powstawanie m.in. różnego rodzaju deformacji terenu. Są one przyczyną powstawania licznych szkód zarówno w infrastrukturze powierzchniowej jak i podziemnej. Problem jest szczególnie istotny w sytuacji, gdy eksploatacja prowadzona jest w obrębie dużych aglomeracji miejskich. Przykładem takiego rejonu jest Górnośląskie Zagłębie Węglowe. W celu minimalizacji ryzyka związanego z deformacjami terenu konieczny jest ich stały monitoring. Zadanie to może być wykonane m.in. z wykorzystaniem zobrazowań SAR.

Przetwarzanie obrazów SAR umożliwia otrzymanie map deformacji terenu zarówno z bardzo dobrą rozdzielczością przestrzenną (od 1 metra¹), jak również z wysoką rozdzielczością czasową (monitoring możliwy jest nawet raz na dobę²). Zastosowanie metody DInSAR (ang. Differential Interferometry SAR) pozwala na wyznaczenie z centymetrową dokładnością deformacji terenu, które wystąpiły pomiędzy wykonaniem dwóch wykorzystanych obrazów SAR.

¹ Space 24, ICEYE: tryb precyzyjnego obrazowania Spotlight dostępny dla klientów, <https://space24.pl/satelite/iceye-tryb-precyzyjnego-obrazowania-spotlight-dostepny-dla-klientow>; https://www.iceye.com/hubfs/Downloadables/SAR_Data_Brochure_ICEYE.pdf.

² Iceye, The Iceye Fleet, <https://sar.iceye.com/5.0/productguide/fleet/>.

Metoda PSInSAR (ang. Permanent InSAR) umożliwia z kolei monitoring niewielkich (rzędu 1 mm w skali roku³), długookresowych deformacji terenu, które, w wielu przypadkach, występują nawet kilka lat po zakończeniu eksploatacji górniczej⁴.

Opis przypadku: monitoring deformacji terenu

Jedną z polskich firm, [SATIM Monitoring Satelitarny Sp z o.o.](#)⁵ oferuje wykonanie monitoringu deformacji terenu występujących na terenach górniczych. Dzięki zastosowaniu metod satelitarnej interferometrii oraz polarymetrii radarowej możliwe jest otrzymanie wyników o wysokiej rozdzielczości przestrzennej i czasowej jak również o wysokiej dokładności pomiarów deformacji⁶. Spółka prowadzi m.in. serwis internetowy. <https://www.osiadanieterenu.pl/> dzięki któremu można zamówić raport z osiadania gruntu dla wybranej działki, ulicy lub całej gminy. Portal [OsiadanieTerenu.pl](#) korzystając z obrazowań satelitarnych, przedstawia zmiany na powierzchni terenu w przystępny sposób — w postaci mapy z zasięgami i wartościami występowania obniżień terenu. Aplikacja umożliwia mieszkańcom kontrolę nad terenami dotkniętymi działalnością górniczą oraz automatycznie generuje raporty zawierające kwartalne wartości osiadania terenu podane w centymetrach. Ponadto, portal OsiadanieTerenu.pl posiada możliwość wglądu w dane archiwalne oraz funkcję automatycznie wysyłanego alertu w przypadku wykrycia nowego pionowego ruchu terenu. Taka oferta w ramach abonamentu świadczona jest np. dla mieszkańców Jastrzębia Zdroju (abonament opłaca miasto – raporty dla mieszkańców są bezpłatne). Na terenie gminy Jastrzębie-Zdrój znajduje się wiele obszarów górniczych. Suma osiadania terenu w północnej części Jastrzębia od 2015 do 2022 r. roku przekroczyła 470 cm⁷.

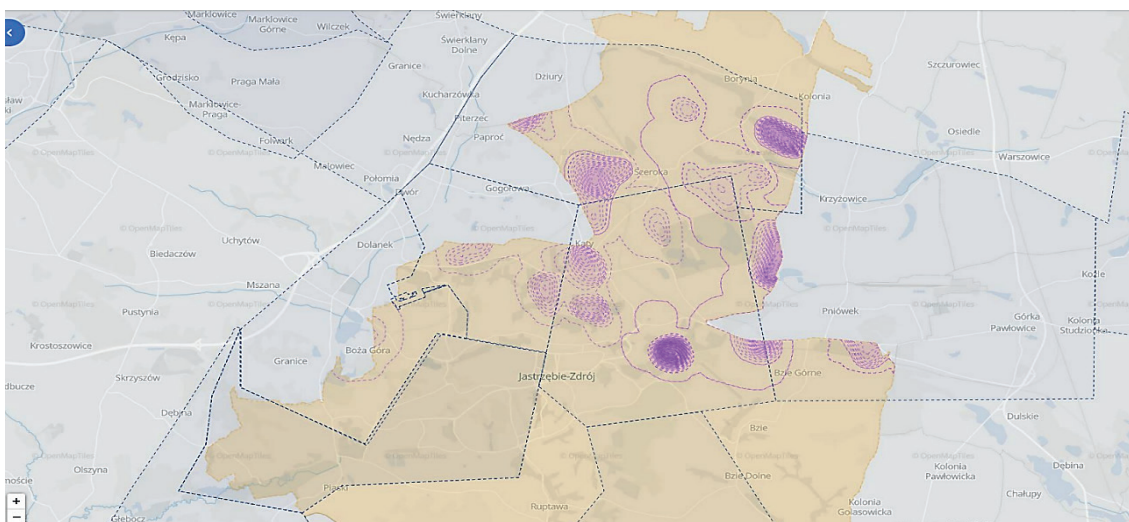
³ Państwowy Instytut Geologiczny, Satelitarna interferometria radarowa (InSAR) – monitoring powierzchniowy osuwisk, <https://www.pgi.gov.pl/osuwiska/sopo-baza-wiedzy/6322-interferometria-radarowa.html>.

⁴ AGH, Analiza ruchów powierzchni terenu z wykorzystaniem monitoringu InSAR. Dostęp: <https://home.agh.edu.pl/~wwitkow/InSAR/>.

⁵ Satim, so what makes us different? – accurate object classification not just detection, makes us very different. Dostęp: <https://www.satim.co/about-us>.

⁶ J.Strzelczyk, Satim, Satelitarne Monitorowanie Terenów Górniczych. Dostęp: <https://www.energy24.katowice.pl/prezentacje/satim-pl.pdf>.

⁷ Satim, Jastrzębie-Zdrój korzysta z monitoringu osiadania terenu. Dostęp: <https://osiadanieterenu.pl/baza-wiedzy/blog/wpis/jastrzebie-zdroj-korzysta-z-monitoringu-osiadania-terenu>.



Rysunek 9: Zobrazowanie obszarów osiadania terenu⁸.

Jednym z najczęściej pojawiających się następstw szkód górniczych są uszkodzenia budynków. Mogą one mieć związek zarówno z pojawiającymi się wstrząsami, jak i z osiadaniem całości lub części budowli. W wielu przypadkach dochodzi do pęknięć fundamentów, ścian, uszkodzenia konstrukcji dachowych. Pojawiają się również problemy z funkcjonowaniem instalacji hydraulicznych czy kłopoty z działaniem stolarki budowlanej.

W przypadku nieruchomości gruntowych największymi problemami są osuwiska uniemożliwiające rolnicze wykorzystanie terenu przez powstanie szczelin, progów czy obniżenia, które nie pozwalają na normalną uprawę – prawidłowy wzrost roślin lub wjechanie na pole ciężkim sprzętem. Problemem jest również znaczne obniżanie poziomu wód gruntowych. Szkody górnicze mogą też prowadzić do zniszczenia upraw rolnych.

Na Górnym Śląsku nadal funkcjonuje ponad 20 zakładów górniczych, w których wydobywane są złoża węgla kamiennego. Wpływ tego rodzaju podziemnych robót na sąsiadujące z nimi budynki i grunty jest nieunikniony. Na skutek ruchu zakładów górniczych zarówno grunty, jak i obiekty budowlane mogą doznać wielu uszczerbków. Niezależnie od tego, czy wskutek szkód górniczych zniszczeniu uległy, np.:

- budynek mieszkalny czy zabudowa gospodarcza lub ich część (m.in. zalana piwnica, popękane ściany, pochylenie czy też zawalenie się obiektu),
- grunty (m.in. podtopienia, osunięcia, uszkodzenia unieruchomienie maszyn i instalacji, wysuszenia itp.),
- plony (m.in. uszkodzenia lub zniszczenia upraw, zalania itp.),

Kopalnia (sprawca) zobowiązana jest do zrekompensowania strat⁹. Może to na-

⁸ SATIM Monitoring Satelitarny.

⁹ np.. 146 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 Prawo Geologiczne i górnicze; Dz.U.2023.633 t.j.

stąpić poprzez wypłacenie stosownego odszkodowania (w formie pieniężnej) lub naprawienie szkód górniczych poprzez przywrócenie nieruchomości do stanu poprzedniego. Oznacza to, iż niezależnie od rodzaju i wartości poniesionej straty lub utraconej korzyści, osoby poszkodowane mają prawo ubiegać się o naprawienie wyrządzonej szkody. O sposobie naprawy decyduje sam poszkodowany, nie zaś zakład górniczy.

Wycena szkód górniczych

Tabela 5: Wycena szkód górniczych.

Wartość rezerw na pokrycie szkód górniczych w spółkach wydobywczych (rezerwy krótko i długoterminowe).		
Firma	Wartość rezerwy w tys. zł.	Rok sprawozdania finansowego
Polska Grupa Górnicza	683 578 ¹	2022
KGHM Polska Miedź	396 000 ²	2022
Jastrzębska Spółka Węglowa	337 500 ³	2022
Spółka Restrukturyzacji Kopalń	80 691 ⁴	2021
LW Bogdanka	8 497 ⁵	2022
Tauron Wydobycie	1 222 ⁶	2022
RAZEM	1 507 488	

¹ Polska Grupa Górnicza. Dostęp: <https://rejestr.io/krs/709363//sprawozdania/13004990>.

² Skonsolidowane sprawozdanie z płatności na rzecz administracji publicznej. Dostęp: https://kgbm.com/sites/kgbm2014/files/document-attachments/sprawozdanie_z_platnoscisps_2022.zip.

³ https://www.jsw.pl/fileadmin/user_files_ri/raportyokresowe/pl/2022/1y/jednostkowy.html/SF_JSW_2022_OST.xhtml.

⁴ Sprawozdanie zarządu z działalności spółki restrukturyzacji kopalń S.A. w roku 2021. Dostęp: https://srk.com.pl/download/Sprawozdanie-z-dzialalnosci-SRK-S.A-w-roku-2021_4753.pdf.

⁵ Grupa Kapitałowa Lubelski Węgiel Bogdanka. Skonsolidowany Raport kwartalny za okres od 1 stycznia do 31 marca 2023 r. Dostęp: <https://ri.lw.com.pl/pobierz/6977/sprawozdanie-finansowe-gk-lw-bogdanka-iq-2023-pdf>.

⁶ Skonsolidowany raport roczny za 2022 r. Dostęp: <https://www.tauron.pl/-/media/offer-documents/tauron/raporty-okresowe/2022/roczny/skonsolidowany-raport-roczny-za-2022-r.ashx>.

Spółki wydobywcze (wyżej wymienione zostały te najważniejsze) tworząc rezerwy na pokrycie odszkodowań za szkody górnicze realnie szacują ryzyka wystąpienia zobowiązań z tytułu szkody. Oznacza to, na podstawie powyższego zestawienia, że łącznie spółki szacują prawdopodobieństwo wystąpienia takiego zobowiązania na **1,5 mld zł**. Wypłata odszkodowania odbywa się w wyniku przeprowadzenia dość sformalizowanej procedury^{10,11} i wymaga wykazania (udokumentowania) związku pomiędzy szkodą a działalnością zakładu górniczego. Zazwyczaj dochodzi wówczas do sporu pomiędzy kopalnią a pokrzywdzonym. Przedsiębiorstwa górnicze koncentrują się na przywróceniu stanu poprzedniego poprzez zawarcie ugody, na mocy której kopalnia zobowiązuje się we własnym zakresie na naprawienie szkód wyrządzonych ruchem zakładu górniczego w formie naprawy. Jednakże chęć szybkiego zakończenia sprawy i brak należytego podejścia do zaistniałego problemu bardzo często nie prowadzi do pełnego naprawienia szkód wyrządzonych pracą zakładu górniczego.

Spółki wydobywcze, co oczywiste w tej sytuacji, nie są zainteresowane zlecaniem tworzenia map osiadania terenu (na podstawie danych z satelitów radarowych), które mogą wskazywać na znacznie większe ryzyka występowania szkody niż wynika to z dotychczasowych szacunków kopalń. Wiązałoby się to z koniecznością tworzenia większych rezerw na odszkodowania. Obecnie satelitarne mapy osiadania terenu/osuwisk są pomocne głównie drugiej stronie sporu tj. poszkodowanym. Klientami usług firm dostarczających zobrazowania radarowe osuwisk są samorządy miast i gmin – działające na rzecz mieszkańców a także kancelarie prawne reprezentujące poszkodowanych.

Systemy oparte o optyczne i radarowe zobrazowania satelitarne służące do predykcji i analizy osuwisk i zapadlisk mogą być pomocne w przewidywaniu i dokumentowaniu szkód górniczych o wartości **1,5 mld zł** rocznie, oraz poprawić efektywność kompensacji szkodowej o 20%, tj. na poziomie 300 mln zł.

¹⁰ Np. KGHM. Dostęp: <https://kgbm.com/pl/zrownowazony-rozwoj/ekologia-i-srodowisko/ochrona-obiektow-na-terenach-gorniczych>.

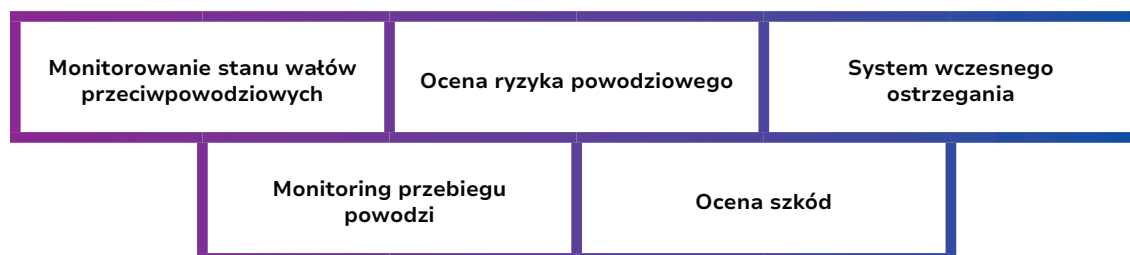
¹¹ Kompensata, Odszkodowanie za szkody górnicze na budynku. Dostęp: <https://www.kompensata.com.pl/baza-wiedzy/szkody-gornicze/36-odszkodowanie-za-szkody-gornicze-na-budynku>.

8. PROGNOZOWANIE, WCZESNE WYKRYWANIE POWODZI

W wyniku zachodzących zmian klimatycznych katastrofy naturalne są coraz powszechniejszym zjawiskiem na całym świecie. Istnieje wiele rodzajów zjawisk ekstremalnych, z których powodzie są najbardziej niszczycielskie i powszechne, powodują liczne straty ludzkie oraz szkody ekonomiczno-gospodarcze. Podobnie jak w przypadku innych zjawisk ekstremalnych, trudno jest im zapobiec, możliwe jest jednak podjęcie działań w celu zminimalizowania ich skutków dzięki odpowiedniemu zarządzaniu w ochronie przeciwpowodziowej (analizie ryzyka, zasięgu i skutków powodzi).¹

Tradycyjne zarządzanie w ochronie przeciwpowodziowej uwzględnia dane pochodzące ze stacji pomiarowych (geodezyjnych), jednak należy zwrócić uwagę, że pomiary terenowe są czasochłonne i wymagają dużych nakładów finansowych. Odpowiedzią na potrzebę monitorowania dużych obszarów jest wykorzystanie zobrazowań satelitarnych. Głównymi zaletami danych satelitarnych jest możliwość pozyskania aktualnych danych przestrzennych w krótkich odstępach czasu z dużego obszaru dzięki sensorom satelitarnym rejestrującym obraz w wielu zakresach spektralnych i na kilku platformach. Dodatkowo, powtarzalność rejestracji obszarów przez sensory satelitarne umożliwia monitorowanie zmian oraz analizę zasięgu historycznych powodzi.

Zarządzanie w ochronie przeciwpowodziowej obejmuje wiele modułów, takich jak:



Rysunek 10: Moduły zarządzania w ochronie przeciwpowodziowej.

¹ Dane satelitarne dla administracji publicznej, red. nauk.: Piotr Wężyk, Beata Hermanowska, Polska Agencja Kosmiczna, 2020 r. str. 373. Dostęp: <https://polsa.gov.pl/wp-content/themes/polsa/files/Podrecznik.pdf>.

Zobrazowania satelitarne są wykorzystywane w każdym z ww. elementów ochrony, m.in. do precyzyjnego monitorowania powodzi w czasie zbliżonym do rzeczywistego, do skrócenia czasu uzyskania informacji o zagrożeniu w systemie wczesnego ostrzegania przed powodzią oraz do dostarczania dokładnych i zaawansowanych danych wejściowych do modeli hydrologicznych.

Monitorowanie stanu wałów przeciwpowodziowych.

Od dziesięcioleci ludzkie wysiłki na rzecz zapobiegania powodziom koncentrują się na budowie i monitorowaniu wałów przeciwpowodziowych. Obecny rozwój technologii teledetekcyjnych pozwala na szybkie i precyzyjne monitorowanie środowiska poprzez analizę zachodzących w nim zmian. Szacuje się, że budowa wałów przeciwpowodziowych zmniejszyła powierzchnię zalewanych obszarów o około 25%. Budowa obwałowania w górnej części zlewni zmniejsza jej naturalną retencję powodziową, przyczyniając się do zwiększenia fali powodziowej w dolnej części zlewni². Lotnicze sensory optyczne od lat dostarczają szerokiego zakresu danych fotogrametrycznych do interpretacji zdjęć i pomiarów zdalnych. Innymi nowoczesnymi technologiami szeroko wykorzystywanymi obecnie w celu monitorowania środowiska są systemy lotniczego skanowania laserowego (ALS) i obrazowania satelitarnego, których wykorzystanie rośnie z każdym rokiem dzięki ciągłemu ulepszaniu rozdzielczości systemów. Na uwagę zasługuje również rozwój w dziedzinie satelitarnych systemów radarowych, które oprócz wyżej wymienionych technologii dostarczają dokładnych danych niezależnie od warunków pogodowych, zarówno w dzień, jak i w nocy.

Opis przypadku 1: Projekt SAFEDAM³

Celem projektu SAFEDAM było stworzenie systemu monitorującego wały przeciwpowodziowe z użyciem nieinwazyjnej latającej bezzałogowej platformy pomiarowej (UAV) i wykorzystaniu zobrazowań lotniczych i satelitarnych. Jego zaletą jest integracja dotychczas istniejących baz danych IMGW i CODGiK, które są dodatkowo uzupełnione o dane pochodzące z bezzałogowej platformy latającej oraz optyczne i radarowe zobrazowania satelitarne. Dane satelitarne z konstelacji satelitów Sentinel są wykorzystane do automatycznej prezentacji zasięgów wody. Darmowe dane były wzbogacone o zobrazowania wysokorozdzielcze pochodzące

² A. Borecka, Monitoring wałów przeciwpowodziowych w systemie bezpieczeństwa powodziowego, Geoinżynieria nr. 4, 2016 r.

³ Safedam, Zaawansowane technologie wspomagające przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z powodzią. Dostęp: <https://www.safedam.gik.pw.edu.pl/safedam>.

satelitów komercyjnych, takich jak Pleiades, SPOT i TerraSAR-X/⁴. Wizualizacja danych jest możliwa zarówno w trybie 2D jak i 3D. Silnik 3D został zaadaptowany ze sprawdzonej platformy 3D City zaprojektowanej przez firmę Astri Polska.

Cechą wyróżniającą system SAFEDAM jest możliwość pracy w dwóch konfiguracjach: prewencyjnej i interwencyjnej. Konfiguracja prewencyjna pozwoli na m.in.: ocenę stanu wałów i ocenę stanu zagrożenia. Co więcej, system wskaże obszary, wymagające bezpośredniej weryfikacji w terenie oraz będzie sukcesywnie przekazywał informacje na temat zagrożenia gromadzone od społeczeństwa za pomocą aplikacji geopartycypacji społecznej⁵.

Ocena ryzyka powodziowego

Przeprowadzenie oceny ryzyka powodziowego jest pierwszym krokiem ochrony. Ocena ryzyka powodziowego obejmuje działania mające na celu oszacowanie wielkości i intensywności opadów deszczu, kartowanie i monitorowanie zasięgu powodzi oraz określenie podatności terenu na zagrożenie. Wprowadzenie tych parametrów ma znaczenie dla opracowania wiarygodnych modeli hydraulicznych, w których dane satelitarne odgrywają ważną rolę jako parametry wejściowe. Najważniejszym etapem prognozowania powodzi jest określenie intensywności i wielkości opadów. Obecnie globalną obserwację opadów deszczu i śniegu zapewniają satelity *Global Precipitation Measurement* (GPM) wyniesione na orbitę w ramach wspólnej misji NASA i JAXA. Wyposażone są w zaawansowany system radarowo-radiometryczny do pomiaru opadów: dwuczęstotliwościowy radar opadów w paśmie Ku/Ka (DPR) oraz wielokanałowy obraz mikrofalowy GPM (GMI). W porównaniu do wcześniejszej misji, GPM dostarcza dokładniejszych danych w ujęciu czasowym i przestrzennym. Ponadto GPM zapewnia także większy zasięg globalny od 65°N do 65°S w porównaniu do zasięgu TRMM (od 50°N do 50°S) ⁶.

Systemy wczesnego ostrzegania przed powodzią

System wczesnego ostrzegania odgrywa niezwykle istotną rolę dla bezpieczeństwa zagrożonych obszarów. Prawidłowe funkcjonowanie systemu może zmniejsz-

⁴ J. Pluto-Kossakowska, H. Łoś, K. Osińska-Skotak and W. Bea“a, "The concept of SAR satellite data use for flood risk monitoring in Pol"nd," 2017 Signal Processing Symposium (SPSymo), Jachranka, Poland, 2017, pp. 1-5, doi: 10.1109/SPS.2017.8053662.

⁵ Kurczyński Zdzisław, Bakula Krzysztof: SAFE-AM – zaawansowane technologie wspomagające przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z powodziami, w: Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 28, ss. 39-52, 2016, DOI: 10.14681/af-kit.2016.003.

⁶ NASA, Global Precipitation Measurement. Dostęp: <https://gpm.nasa.gov/missions/GPM>.

szyć straty związane z wystąpieniem powodzi, a także umożliwia podjęcie działań służących ewakuacji oraz umożliwiających jak najszybszy powrót do prawidłowego funkcjonowania na terenach dotkniętych powodzią. Systemy wczesnego ostrzegania opierają się na bezpośrednich obserwacjach i analizie częstotliwości powodzi, a także wynikach uzyskanych z modeli hydrologicznych.

Systemy EFAS, GloFAS

EFAS (*European Flood Awareness System*⁷ – Europejski System Ostrzegania Powodziowego) to pierwszy ogólnoeuropejski operacyjny system prognozowania i monitorowania powodzi. EFAS zapewnia szeroki zakres informacji dotyczących wczesnego prognozowania powodzi, aby wspierać władze krajowe i regionalne odpowiedzialne za zarządzanie ryzykiem powodziowym w organizowaniu działań przygotowawczych przed wystąpieniem powodzi. Ponadto EFAS zapewnia unikalny w skali Europy i krajów sąsiadujących przegląd aktualnie obserwowanych i prognozowanych zdarzeń powodziowych. Jest to atut w zarządzaniu ryzykiem powodziowym w dużych międzynarodowych dorzeczach, a także w Europejskim Mechanizmie Ochrony Ludności. Oprócz prognozowania, gdzie i kiedy mogą wystąpić duże powodzie rzeczne i błyskawiczne, usługa szacuje i mapuje potencjalny wpływ społeczno-gospodarczy tych zdarzeń. EFAS to inicjatywa Komisji Europejskiej. System został opracowany przez *Joint Research Centre* w Komisji Europejskiej. W latach 2005 – 2010 był testowany we współpracy z krajowymi służbami hydrologicznymi oraz z DG ECHO (*European Commission's Civil Protection and Humanitarian Aid Operations Department*). W 2011 r. EFAS stał się częścią Służby Zarządzania Kryzysowego COPERNICUS (*The Copernicus Emergency Management Service, CEMS*)⁸. Komponenty operacyjne zostały zlecone organizacjom państw członkowskich. EFAS działa w pełni operacyjnie od jesieni 2012 r.

GloFAS (*Global Flood Awareness System* – Globalny System Ostrzegania Powodziowego). Wykorzystując podobne koncepcje opracowane dla europejskiego EFAS, we współpracy między European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, JRC i innymi organizacjami badawczymi opracowywany jest globalny system ostrzegania o powodziach⁹. GloFAS stał się w pełni operacyjny jako część usługi zarządzania kryzysowego Copernicus w kwietniu 2018 r.

W 2021 r. z systemami EFAS i GloFAS zintegrowano nową usługę operacyjną do zautomatyzowanego, globalnego, satelitarnego monitorowania powodzi w czasie zbliżonym do rzeczywistego (NRT). Nowy komponent do monitorowania

⁷ Efas, European Flood Awareness System – EFAS. Dostęp: <https://www.efas.eu/en/european-flood-awareness-system-efas>.

⁸ Regulation (EU) n°911/2010, "The European Parliament and the Council on the European Earth monitoring programme (GMES) from 2011 to 2013".

⁹ Global Flood Awareness System. Dostęp: <https://www.globalfloods.eu/>.

powodzi opiera się na zautomatyzowanym przetwarzaniu danych satelitarnych Copernicus Sentinel-1 (SAR) przy użyciu podejścia zespołowego, opartego na trzech oddzielnych, najnowocześniejszych algorytmach satelitarnego wykrywania powodzi. Prognozy EFAS/GloFAS są aktualizowane raz dziennie, podczas gdy satelitarny monitoring powodzi jest stale aktualizowany, gdy tylko dostępny jest nowy obraz Sentinel-1.

Coraz większe znaczenie zaczynają odgrywać także usługi dotyczące wczesnego ostrzegania i monitorowania przebiegu powodzi oferowane przez prywatne podmioty. Przykładem jest serwis Flood Insight, oferowany przez firmę ICEYE, w oparciu o zobrażenia z konstelacji satelitów SAR. Głównymi odbiorcami usługi są: administracja (instytucje zarządzania kryzysowego) oraz ubezpieczyciele¹⁰.

Własne serwisy powodziowe posiadają także firmy operujące konstelacjami satelitów SAR: **Synspctive** (*Flood Damage Assessment, FDA*)¹¹ oraz Capella Space¹².
Ocena szkód powodziowych

Zobrazowania satelitarne odgrywają ważną rolę w ocenie szkód wywołanych wystąpieniem powodzi. Ocena szkód w czasie rzeczywistym umożliwia oszacowanie utraty własności, a także zmniejszenie liczby nieuzasadnionych wniosków ubezpieczeniowych. Dzięki przeanalizowaniu zobrażeń satelitarnych przed i po wystąpieniu powodzi można uzyskać informacje na temat jakości pól i wielkości strat wywołanych przejściem fali powodziowej i oszacować straty w rolnictwie. Różnią się one w zależności od rodzaju uprawy, stanu wzrostu roślinności, a także warunków glebowych. W zależności od wielkości obszaru dotkniętego powodzią, do oszacowania strat na obszarach rolniczych wykorzystuje się zobrażenia satelitarne z sensorów o różnej dokładności (Sentinel, Landsat, AVHRR). Standardowa analiza obejmuje porównanie wartości wskaźnika NDVI dla upraw dotkniętych powodzią ze standardową krzywą wskaźnika.

Powodzie w Polsce.

Skutki gospodarczo-społeczne.

O ile przed rokiem 2010 najczęściej dochodziło do uszkodzeń infrastruktury z po-

¹⁰ ICEYE, Disaster response for floods. Dostęp: <https://www.iceye.com/solutions/flood-disaster-response>.

¹¹ Synspctive, Flood Damage Assessment (FDA). Dostęp: <https://synspctive.com/solutions/flood-damage/>.

¹² N. Yague Martinez, N.R. Leach, A. Dasgupta, E. Telmann, J.S. Brown, (2021). Towards Frequent Flood Mapping with the Capella SAR System. The 2021 Eastern Australia Floods Case, IEEE.

wodu powodzi, o tyle aktualnie koszty zjawisk najbardziej odczuwa rolnictwo. Problem pojawiających się strat finansowych dotyczy również obszarów zurbanizowanych, w przypadku których dochodzi do podtopień m.in. z powodu coraz bardziej intensywnych nawałnych opadów i wzrostu udziału powierzchni utwardzonych. Od 2001 do 2019 r. dotkliwe skutki finansowe spowodowały powódzie w roku 2001 oraz 2010, a także niekorzystne zjawiska atmosferyczne (podtopienia i powódzie), które dotknęły sektor rolny w roku 2006, 2015, 2018 i 2019. Wartości strat powodziowych, które oszacowano po powodzi w 2001 oraz 2010 r. przeliczono na ceny stałe z 2020 r. Uwzględniono również powódź, która wystąpiła w 1997 r. W przypadku Polski klęską żywiołową powodującą najwyższe straty była powódź, która wystąpiła w 1997 r.¹³.

Opis przypadku 2: Powódź 1997 r. i 2010 r.

Powódź 1997 r. była największą katastrofą naturalną, jaka nawiedziła powojenną Polskę. Na skutek intensywnych opadów, które na początku lipca pojawiły się w południowej części Polski, Czechach i Austrii, wylały rzeki: Nysa Łużycka, Nysa Kłodzka, Odra, Widawa oraz górna Wisła. W wyniku powodzi zginęło w Polsce 56 osób. Dach nad głową straciło 7 tys. ludzi. Woda zniszczyła lub uszkodziła 680 tys. mieszkań, 4 tys. mostów, 613 kilometrów wałów przeciwpowodziowych i 500 tys. hektarów upraw¹⁴.

Powódź 2010. W wyniku powodzi, które przeszły przez Polskę w maju i czerwcu 2010 r. poszkodowanych zostało 69 tys. 961 rodzin, a 14 tys. 565 rodzin zostało ewakuowanych. Straty poniosło 811 gmin oraz około 1,4 tys. przedsiębiorstw. Powódź zniszczyła 18 tys. 194 budynki mieszkalne oraz ponad 800 szkół i 160 przedszkoli. Powódź uszkodziła ponad 10 tys. km dróg gminnych, powiatowych i wojewódzkich, 1 tys. 625 mostów, 166 oczyszczalni ścieków oraz ponad 210 km sieci wodociągowej, 50 km sieci energetycznej i 196 km sieci.

Metodyka szacowania korzyści z wykorzystania danych satelitarnych:

1. Z szacunków Zakładu Społeczno-Ekonomicznych Skutków Zmian Klimatu Instytutu Ochrony Środowiska – Państwowego Instytutu Badawczego zamieszczonych w Atlasie Skutków Zjawisk Ekstremalnych w Polsce (grudzień 2022 r.) wynika, że **łączna wartość strat na skutek powodzi**

¹³ Atlas skutków zjawisk ekstremalnych w Polsce, red. Nauk. Ewelina Siwiec, Instytut Ochrony Środowiska – PIB, grudzień 2022 r.

¹⁴ Wikipedia, Powódź tysiąclecia. Dostęp: https://pl.wikipedia.org/wiki/Pow%C3%B3d%C5%BA_tysi%C4%85clecia.

i podtopień (straty pośrednie i bezpośrednie) w latach 1997 – 2019 wyniosła 96 mld zł.

Szacunek ten zakłada, że kwota całkowita strat jest o 60% wyższa od kwoty strat bezpośrednich (wynoszących około 60 mld zł). Jest to kwota, która znajduje potwierdzenie m.in. wcześniejszych badaniach naukowych (prof. Maciejewski wyliczył straty 3 największych powodzi na ponad 40 mld zł¹⁵) w raportach NIK¹⁶ oraz w statystykach EM-DAT (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters)¹⁷.

2. Średnia statystyczna całkowitych strat w okresie 22 (1997-2019) lat wynosi 4,36 mld zł rocznie
3. Zakładając, że dzięki wszelkim systemom monitorowania ryzyka, wczesnego ostrzegania i monitorowania przebiegu powodzi straty mogłyby być ograniczone jedynie o 5% ¹⁸ daje to wartość 218 mln zł rocznie (4,8 mld zł w ciągu 26 lat).

Systemy wykorzystywane do prognozowania i monitorowania powodzi oparte m.in. o zobrażenia satelitarne mogą przyczynić się do ograniczenia strat z tytułu powodzi **o ok. 220 mln zł rocznie**. Daje to łączną kwotę niemal 5,6 mld zł od 1997 r.

¹⁵ M. Maciejewski, M.S. Ostojski, T. Tokarczyk (red.), 2011: Dorzecze Odry monografia powodzi 2010. Seria Monografie, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.

¹⁶ Informacja o wynikach kontroli: Udzielanie pomocy poszkodowanym w wyniku powodzi występujących w 2010 r., LWR-4101-01/11, Najwyższa Izba Kontroli 2011 r.

¹⁷ EM-DAT, The International Disaster Database. Dostęp: <https://www.emdat.be/>.

¹⁸ Statystyki duńskie.

9. MONITOROWANIE BIOMASY NA CELE ENERGETYCZNE

Systemy wsparcia Odnawialnych Źródeł Energii funkcjonują w całej Unii Europejskiej¹. Choć są one na różnym stopniu zaawansowania, jednocześnie każdy, w który zaangażowane są publiczne pieniądze czy inne środki europejskie wymaga stosowania odpowiednich mechanizmów kontroli. Jednym z takich mechanizmów był zaproponowany i opracowywany przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki System zwany KSUB, czyli Krajowy System Uwierzytelniania Biomasy na cele energetyczne, który powstał na rzecz usprawnienia procedury wydawania świadectw pochodzenia. Polska jako jeden z krajów członkowskich UE wprowadziła taki system wsparcia, który „dopłaca” jednostkom wytwarzającym energię elektryczną z OZE różnicę w kosztach wytwarzania energii zielonej i wytwarzanej ze źródeł konwencjonalnych, zwanej potocznie czarną energią. W praktyce każde z państw członkowskich zostało zobowiązane do wprowadzenia dość skomplikowanego mechanizmu wsparcia. System „zielonych certyfikatów” obowiązujący w Polsce początkowo funkcjonował dobrze i stał się katalizatorem do rozwoju branży OZE, powstało wiele nowych inwestycji w tym zakresie. Wysokie ceny „zielonych certyfikatów” i jednocześnie niskie ceny drewna w latach 2011–2015 spowodowały, że do kotłów elektrowni niejednokrotnie trafiało np. drewno dobrej jakości, które mogło być wykorzystane jako surowiec produkcyjny w przemyśle drzewnym. Ten stan rzeczy spowodował interwencję prezesa Urzędu Regulacji Energetyki, który jako instytucja nadzorująca system wsparcia dla energii wytwarzanej z OZE wprowadził liczne zalecenia dotyczące sposobu dokumentowania biomasy na cele energetyczne. Jednostki wytwórcze oraz inni uczestnicy rynku (producenci biomasy, operatorzy logistyczni) zostali w ten sposób zobligowani do dokumentowania pochodzenia biomasy na cele energetyczne oraz do odpowiedniego jej kwalifikowania².

¹ J.V.Rocha R. Lamparelli (2015), Remote Sensing for mapping, monitoring vegetation dynamics and providing biomass production estimates.

² Raport Biomasa w Polsce 2022/2023, wyd. Biomass Media Group Sp. z o.o., styczeń 2023 r.

Zgodnie z zaleceniami Prezesa URE ³ z 2014 r. przedsiębiorcy powinni stosować system należytej staranności (kontroli łańcucha dostaw biomasy) w celu weryfikacji pochodzenia biomasy przeznaczonej na cele energetyczne. System należytej staranności (SNS) powinien być zapewniać przede wszystkim dostęp do informacji o źródłach pochodzenia oraz o dostawcach/ wytwórcach biomasy na cele energetyczne. Na podstawie tych informacji przedsiębiorcy winni przeprowadzać ocenę ryzyka, a w przypadku jego stwierdzenia winni je w sposób proporcjonalny ograniczać, poprzez prowadzenie audytów dostawców i miejsc wytwarzania biomasy na cele energetyczne ⁴. Dodatkowo w 2016 r. nowelizacje Ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz Ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych wniosły pojęcia drewna energetycznego i biomasy lokalnej. Wskazały również preferencje w stosowaniu biomasy lokalnej – agrobiomasy pochodzącej z odległości **do 300 km** od jednostek wytwórczych. Opracowano wytyczne do stosowania biomasy dla polskich elektrowni, wskazując, że musi ona być pozyskana w sposób zrównoważony.

Opis przypadku: System SYeENERGY

Odpowiedzią na ww. wyzwanie była platforma SYeENERGY opracowana wspólnie przez Instytut Geodezji i Kartografii oraz spółkę BIOCONTROL ⁵. Twórcom projektu przyświecało jedno z podstawowych założeń: jak połączyć trzy podstawowe aspekty: wiarygodność i rzetelność dostarczanych danych, obniżenie kosztów dokonywanej weryfikacji pochodzenia biomasy oraz zapewnienie zgodności z aktualnymi wymaganiami przepisów i wytycznymi regulatora rynku. Ważnym aspektem było również stworzenie systemu, w którym to pracownicy działów zakupów biomasy w jednostkach wytwórczych mogliby samodzielnie, „zza biurka” zweryfikować każdą lokalizację, z której pochodziła biomasa, oraz zweryfikować informa-

³ Zalecenia Prezesa URE z informacji (nr 13/ 2013) w sprawie kwalifikacji drewna oraz materiału drzewnego, w kontekście regulacji dotyczących systemu wsparcia OZE z dn. 20.05.2014 r., w których zarekomendowano przedsiębiorcom stworzenie systemu należytej staranności (kontroli łańcucha dostaw biomasy) tzw. SNS, który mógłby być systemem zbliżonym do systemu przewidzianego w przepisach Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 995/2010 z dnia 20 października 2010 r., ustanawiającego obowiązki podmiotów wprowadzających do obrotu drewno i produkty z drewna (Dz. U. UE. Seria L, Nr 295, s. 23).

⁴ Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii (Dz. U. poz. 1229), uchylone z dniem 2 lipca 2018 r.

⁵ SYeENERGY, Prezentacja oferty Platformy SYeENERGY, satelitarna platforma jako narzędzie on-lineowe wspomagające uwierzytelnianie biomasy lokalnej. Dostęp: <http://ksub.pl/wp-content/uploads/2015/12/Prezentacja-Platformy-SYeENERGY.pdf>.

cje podawane przez dostawców w oświadczeniach. W świetle zmian w Ustawie o odnawialnych źródłach energii oraz Ustawie o biokomponentach i biopaliwach ciekłych system SYeENERGY stanowił kompleksowe rozwiązanie dla sektora rolniczego oraz energetyki odnawialnej. Zawierał szereg modeli i algorytmów opracowanych na podstawie danych satelitarnych, które dostarczały takich informacji, jak potwierdzenie/zanegowanie danej lokalizacji roślin jednorocznych lub wieloletnich oraz upraw energetycznych, klasyfikacja typu uprawy, potwierdzenie spełnienia warunku lokalności biomasy (odległość 300 km od jednostki wytwórczej) oraz zasady zrównoważonego pozyskania, oszacowanie parametrów biomasy pozyskanej z plantacji. Ponadto system SYeENERGY stanowi narzędzie wspierające wdrażanie Dyrektywy Red II⁶. Zastosowanie danych satelitarnych pozwala nie tylko zmniejszyć czas i koszt pozyskania danych o danej lokalizacji upraw energetycznych, lecz także zwiększyć wiarygodność danych poprzez zastosowanie archiwalnych danych satelitarnych.

Dzięki zastosowaniu szeregu czasowego danych satelitarnych możliwe jest odtworzenie statusu plantacji, od założenia plantacji aż do pozyskania biomasy, w tym potwierdzenie pozysku (fizyczne ścięcie biomasy). Jednocześnie system ten stanowi kompleksowe narzędzie wspierające procesy kontrolne realizowane przez instytucje bez konieczności realizacji kosztownych wizyt terenowych.

Metody i algorytmy opisane powyżej zostały wypracowane w ramach projektu finansowanego przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) i zostały zaakceptowane przez jej ekspertów. Platforma SYeENERGY wykorzystuje dane satelitarne pochodzące z satelity SENTINEL 2 ⁷. Wykorzystana w ramach projektu SYeENERGY metodyka uwierzytelniania biomasy lokalnej opracowana przez BIOCONTROL oraz metodyka przetwarzania danych satelitarnych opracowana przez IGiK dla celów weryfikacji i uwierzytelniania biomasy lokalnej zgodnie z obowiązującymi przepisami prawnymi zostały sfinansowane przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA) w ramach umowy nr 4000110823/14/I-AM. Projekt wraz z metodyką został zaakceptowany przez Europejską Agencję Kosmiczną 30 maja 2016 r.⁸.

Za pomocą platformy SYeENERGY audyty uwierzytelniające pochodzenie biomasy przechodzili wszyscy dostawcy biomasy m.in. dla **Grupy Tauron, PGE, PGNiG**

⁶ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, potocznie zwana dyrektywą RED II.

⁷ SYeNergy, Narzędzie wizualizacji danych satelitarnych. Dostęp: http://ksub.pl/wp-content/uploads/2015/12/Platforma_SyENERGY.pdf.

⁸ M.Gatkowska, W. Kiryla, "SYeENERGY: the satellite data-based platform for energy sector in Poland, the pilot study with PGE S.A. company," Proc. SPIE 10428, Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications VIII, 1042812 (5 October 2017); <https://doi.org/10.1117/12.2278622>.

Termika, ENERGA i IKEA Industry⁹. Wykonano ponad 1000 audytów. Audyty były niezbędnym elementem wniosku o uzyskanie świadectwa pochodzenia energii elektrycznej z biomasy – głównego instrumentu wsparcia dla producentów energii.

W latach 2018–2021 URE wydało 938 świadectw pochodzenia energii elektrycznej ¹⁰ wytworzonej z biomasy na łączną wartość 11 342 GWh¹¹. Firma Biocontrol otrzymała za platformę SYeENERGY nagrodę w VIII edycji programu GreenEvo – Akcelerator Zielonych Technologii.

Opis przypadku 2: Projekt SERENE¹²

Projekt SERENE to kolejny projekt realizowany przez IGK i finansowany przez Europejską Agencję Kosmiczną dotyczący monitorowania biomasy energetycznej. Zadaniem Projektu SERENE było zbudowanie systemu pozyskiwania danych o plantacjach roślin energetycznych z wykorzystaniem danych satelitarnych. W projekcie powstał serwis pilotażowy, prezentujący wyniki procesu klasyfikacji – wskazania lokalizacji plantacji roślin energetycznych w 11 województwach w Polsce oraz mapy wysokości roślin, biomasy, kondycji, wilgotności oraz zawartości wody w uprawach, dla ponad 30 wybranych plantacji w Polsce. Potencjał utworzony w projekcie SERENE może zasilić system uwierzytelniania biomasy energetycznej w Polsce oraz znacznie usprawnić proces certyfikacji źródeł pochodzenia biomasy. Określona w ten sposób wiarygodność pochodzenia biomasy jest 100% i odbywa się za pomocą technik satelitarnych, bez udziału człowieka. Serwis przyczynił się w bezpośredni sposób do rozwiązania problemów wiarygodności pochodzenia biomasy poprzez dostarczenie następujących produktów: ilości biomasy dostępnej w Polsce, z podziałem na regiony, ilości rosnącej biomasy („na pniu”), przewidywanego plonu biomasy, lokalizacji plantacji, określenia miejsc gdzie można zakładać nowe plantacje. Jednym z celów projektu jest umożliwienie energetycznego wykorzystania biomasy blisko plantacji co przyczyni się do redukcji kosztów transportu i emisji CO₂, a jednocześnie pobudzi rozwój lokalnych rynków.

⁹ Krajowy Spis Uwierzytelnionej Biomasy, Biocontrol zweryfikuje dostawców biomasy do IKEA Industry Poland!. Dostęp: <http://ksub.pl/biocontrol-zweryfikuje-dostawcow-biomasy-do-ikea-industry-poland/>.

¹⁰ Urząd Regulacji Energetyki, Gwarancja pochodzenia – dokument pochodzenia energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii . Dostęp: <https://www.ure.gov.pl/pl/oze/gwarancje-pochodzenia/6816,Gwarancja-pochodzenia-dokument-pochodzenia-energii-elektrycznej-z-odnawialnych-z.html>.

¹¹ Najwyższa Izba Kontroli, Informacja o wynikach kontroli: Wykorzystanie biomasy w produkcji energii, LKA.430.004.2022 Nr ewid. 110/2022/P/21/069/LKA Delegatura w Katowicach.

¹² Instytut Geodezji i Kartografii, SERENE – teledetekcyjny system o plantacjach roślin energetycznych. Dostęp: <http://www.igik.edu.pl/pl/teledetekcja-serene>.

W projekcie SERENE zostały opracowane narzędzia, które umożliwiają określanie potencjału biomasy w trakcie rozwoju roślin i prognozę plonów – opracowano np. kalkulator biomasy.¹³

System oparty na **wykorzystaniu danych satelitarnych stał się podstawowym narzędziem** do weryfikacji pochodzenia biomasy, **bez której nie można byłoby stosować świadectwa pochodzenia energii elektrycznej z biomasy** – głównego instrumentu wsparcia dla producentów energii z OZE.

¹³ Instytut Geodezji i Kartografii, SERENE – Kalkulator biomasy. Dostęp: <http://www.igik.edu.pl/pl/a/SERENE-KALKULATOR>.

10. GOSPODARKA MORSKA

Systemy **GNSS** (*Global Navigation Satellite Systems*, nawigacja satelitarna) są powszechnie wykorzystywane w żegludze komercyjnej, rybołówstwie i żeglarskim rekreacyjnym, do nawigacji a także do monitorowania frachtu. Sektor morski wykorzystuje GNSS (GPS, Galileo, GLONASS, Beidou) do precyzyjnego pozycjonowania i nawigacji. GNSS (najczęściej GPS) działa także jako integralna część innych technologii używanych na morzu. Poniższe rozwiązania są całkowicie zależne od GNSS lub wykorzystują GNSS do niektórych funkcji i działałyby w ograniczonym zakresie w przypadku jego braku.

- Żyrokompasy (wykorzystują GPS do kalibracji),¹
- AIS – *Automatic Identification System*, Automatyczny System Identyfikacji,
- ECDIS – *Electronic Chart Display and Information System*, System Obrazowania Elektronicznych Map i Informacji Nawigacyjnych,²
- VMS – *Vessel Monitoring Systems*, System Monitorowania Statków,
- PPU – *Portable Port Unit* – system precyzyjnego nawigowania w porcie głównie dla dużych statków,
- GMDSS – *Global Maritime Distress and Safety System*, Światowy Morski System Łączności Alarmowej i Bezpieczeństwa,
- Telekomunikacja cyfrowa.

Operacje portowe

Porty to wyznaczone miejsca, w których ładunek jest przenoszony między statkami a lądem (i odwrotnie). Powszechnie uznaje się, że nawigacja satelitarna GNSS jest szczególnie ważna w portach, które przetwarzają ładunki skonteneryzowane. Ładunek jest skonteneryzowany, gdy jest umieszczony w standardowych kontenerach transportowych, które mogą być obsługiwane zamiennie na statkach, w terminalach i za pośrednictwem środków transportu lądowego. Około 70% suchych, niemasywowych towarów w handlu międzynarodowym jest obecnie wysyłanych w kontenerach³.

¹ Marine insight, Gyro Compass on Ships: Construction, Working, and Usage. Dostęp: <https://www.marineinsight.com/marine-navigation/gyro-compass-on-ships-construction-working-and-usage/>.

² Office of Coast Survey National Oceanic and Atmospheric Administration U.S. Department of Commerce, NOAA ENC® – Electronic Navigational Charts Vector nautical chart data – built for modern navigational systems – updated weekly. Dostęp: <https://nauticalcharts.noaa.gov/charts/noaa-enc.html>.

³ United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) Review of Maritime

W ramach gałęzi gospodarki morskiej (rybołówstwo, żegluga rekreacyjna, żegluga handlowa, transport pasażerski i operacje portowe) najbardziej wrażliwe na awarie GPS są operacje portowe (ze względu na wymaganą precyzję nawigacji w porcie⁴). Są one także najbardziej istotne dla gospodarki narodowej. W Polsce w 2021 r. firmy w obszarze „przeładunek, magazynowanie i przechowywanie towarów w portach morskich” generowały ponad 20% przychodów całego sektora morskiego i stanowią największą ich część (większą niż przemysł stoczniowy czy też przetwórstwo ryb)⁵.

W przypadku awarii nawigacji satelitarnej statki towarowe w szybkim tempie stałyby w kolejkach przez wiele dni, a nawet tygodni, ponieważ porty nie byłyby w stanie przetworzyć ich kontenerów. Z tej perspektywy 1 do 2 dni opóźnienia w nawigacji z powodu utraty GPS staje się nieistotne, ponieważ nie ma znaczenia, czy statek spóźni się o dzień na przybycie do portu, jeśli będzie musiał stać w kolejce przez tydzień przed rozładunkiem.

W związku z tym wielkość ruchu kontenerowego przetwarzanego przez te porty jest znormalizowana do 20-stopowych jednostek ekwiwalentnych (TEU), które są równe jednemu 20-stopowemu kontenerowi⁶.

Transport 2021.

⁴ J.Roeske, Analiza kolizji statków w wąskim przejściu o dużym natężeniu ruchu – znaczenie systemu rozgraniczenia ruchu oraz służby kontroli ruchu w cieśninie Dardanele; Prace Wydziału Nawigacyjnego Akademii Morskiej w Gdyni, zeszyt 3, Gdynia 2018, doi: 10.12716/1002.33.07.

⁵ Tabl. 3.1 Przychody z całokształtu działalności, Główny Rocznik Statystyczny, Rocznik Statystyczny Gospodarki Morskiej, Szczecin 2022 r. Dostęp: https://stat.gov.pl/download/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5515/11/15/1/rocznik_statystyczny_gospodarki_morskiej-2022.pdf.

⁶ UNCTAD15 pre-event: Harnessing the benefits of the ocean economy for sustainable development. Dostęp: <https://unctad.org/meeting/unctad15-pre-event-harnessing-benefits-ocean-economy-sustainable-development>.

Tabela 6. Przetładunki kontenerów w największych polskich portach morskich w latach 2017-2022 [TEU].

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Zmiana 2022/21
Port Gdańsk	1 580 508	1 948 974	2 073 215	1 923 785	2 117 829	2 072 122	- 2.16%
Port Gdynia	710 698	803 871	896 968	905 121	985 950	914 448	-7.25%
Port Szczecin – Świnoujście	93 579	81 451	76 143	86 816	82 140	75 381	-8.23%
Łącznie	2 384 785	2 834 296	3 046 326	2 915 722	3 185 919	3 061 951	-3.89%

Zakres, w jakim GPS jest wykorzystywany w operacjach portowych, może się znacznie różnić w poszczególnych portach. Większe porty, które przetwarzają 500 000 TEU lub więcej rocznie, wykorzystują sprzęt, który opiera się na GPS do pozycjonowania i często automatyzuje przetwarzanie ładunków skonteneryzowanych. W szczególności w tych większych portach GPS jest wykorzystywany w każdym z trzech działań portowych opisanych powyżej.

- 1. Operacje statek/port:** Statki zawierające kontenery przybywają do portu w celu rozładunku. Po zadokowaniu statek jest rozładowywany za pomocą dźwigu dokowego. Przybywające statki są zazwyczaj rozładowywane każdego dnia tygodnia. GPS jest wykorzystywany przez kontenerowce do automatycznego szacowania czasu przybycia do portu docelowego. Ten szacowany czas przybycia jest następnie wysyłany do portu docelowego, który wykorzystuje te informacje do planowania pracy i innych zasobów, tak aby statek mógł zostać rozładowany w odpowiednim czasie.
- 2. Działania na placu kontenerowym:** Rozładowane kontenery są następnie sortowane, układane i porządkowane na placu kontenerowym. GPS jest wykorzystywany do przemieszczania kontenerów ładunkowych po placu kontenerowym. W szczególności GPS ma kluczowe znaczenie dla rejestrowania lokalizacji ułożonego kontenera, dzięki czemu można go łatwo zlokalizować. Na placach kontenerowych, które są wysoce zautomatyzowane, GPS ma jeszcze większe znaczenie, ponieważ sprzęt zrobotyzowany wykorzystuje go do automatycznego ustalania własnej pozycji, a także pozycji kontenerów, które musi odzyskać.
- 3. Działania przy bramie:** Następnie kontenery są ładowane na

ciężarówki lub pociągi, aby mogły zostać przetransportowane do następnego miejsca przeznaczenia. Ładunek można następnie przenieść z portu za pomocą ciężarówek, które korzystają z systemów logistycznych obsługujących GPS.

Opis przypadku: Scenariusz awarii

W pierwszych dniach awarii kapitanowie statków oraz kapitanaty portów dążyliby do ograniczenia liczby operacji (podejście, dokowanie, rozładunek, załadunek). Liczba operacji spadłaby o około 50%. W następnych dniach część statków z frachtem najpilniejszym do rozładunku powróciłaby do korzystania z systemów radionawigacyjnych takich jak Loran-C. Są one nadal powszechnie stosowane i wyposażone jest w nie większość statków floty handlowej. Minusem systemu Loran-C jest dokładność pozycjonowania znacząco mniejsza od GPS. Przejście na system radionawigacyjny mogłoby zwiększyć liczbę kolizji portowych i dodatkowo zakłócić tempo operacji. Warto zaznaczyć, że nawet przy wsparciu GPS wypadki portowe w znaczącym stopniu powodowane są błędami w nawigacji. W latach 2018 – 2022 w obszarach nawigacyjnych polskich portów miały miejsce 251 wypadki statków, w 56 (22%) wypadkach jako przyczynę wskazano „błąd w nawigacji lub manewrowaniu”⁷. W sytuacji braku wsparcia precyzyjnej nawigacji satelitarnej liczba wypadków z dużym prawdopodobieństwem byłaby znacząco większa.

Tabela 6: Precyzja i dokładność działania GPS i systemu Loran – C.⁸

	Loran-C	GPS
Częstotliwość	1 x 10 ⁻¹¹ Stabilność częstotliwości	1 x 10 ⁻¹³ Stabilność częstotliwości
Czas	100 ns	10 ns
Pozycjonowanie (metry)	18-90 m	1.6-4 m
Łącznie	2 384 785	2 834 296

Taki scenariusz potwierdzają historyczne przykłady incydentów zagłuszania GPS, które mogą być analogiczne do 5 dniowej awarii GPS. W 2016 roku Korea Północna zaangażowała się w kampanie zagłuszania GPS przeciwko Korei Południowej.

⁷ Tabl. 6.6 Przyczyny wypadków, Główny Rocznik Statystyczny, Rocznik Statystyczny Gospodarki Morskiej, Szczecin 2022 r.

⁸ Curry (2014); Celano, Carroll, Biggs, & Lombardi, 2003.

wej, które trwały sześć dni. Podczas tej kampanii zagłuszono 1 007 samolotów, 715 statków i 1 786 stacji bazowych telefonii komórkowej. Wpływ zagłuszania był odczuwalny w mieście Incheon oraz w prowincjach Gyeonggi i Gangwon⁹. Nie przeprowadzono wówczas badań, które próbowałyby oszacować ekonomiczne konsekwencje tego incydentu. Jednak w każdym razie nie jest jasne, czy doświadczenia związane z tym incydentem można uogólnić na nasze badanie z dwóch powodów. Po pierwsze, nasze badanie koncentruje się na konsekwencjach globalnej awarii GPS, podczas gdy to zdarzenie zagłuszania GPS było zlokalizowane geograficznie. Po drugie, nie jest jasne, czy to zdarzenie zagłuszające GPS faktycznie spowodowało lokalną awarię. Według południowokoreańskiego Ministerstwa Technologii Informacyjnych i Komunikacyjnych, zakłócenia sygnałów GPS przez Koreę Północną stale zmniejszały się i zwiększały w ciągu 6 dni od incydentu zagłuszania (Yonhap News Agency, 2016a). Gdyby nie doszło do całkowitej awarii, mogłoby to złagodzić wpływ incydentu na operacje portowe. Podobne incydenty miały miejsce wokół Cypru, jesienią 2019 r.¹⁰. Tam również okresowo, zwłaszcza w okolicy portu Vasilikos, na przestrzeni kilku tygodni zanikał sygnał GPS. Cypryjskie służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo żeglugi morskiej, zdecydowały się wówczas wysyłać holowniki po statki przewożące najbardziej wartościowe lub niebezpieczne ładunki (np. statek z 5000 ton etanolu na pokładzie).

Metodologia wyliczenia skutków awarii systemów nawigacji satelitarnej:

1. Rozpatrując wpływ stosowania nawigacji satelitarnej na gospodarkę morską przyjęto metodologię często stosowaną w literaturze **czyli analizę wartości utraconych korzyści** w sytuacji czasowego wyłączenia systemów. Przyjęta w opracowaniu **5-cio dniowa** awaria jest znacząco krótsza niż 30 dniowa¹¹, najczęściej opisywana w dostępnych opracowaniach, ale w ocenie ekspertów obecnie znacznie bardziej prawdopodobna. 5-cio dniowa awaria została założona jako punkt wyjścia dla oceny skutków wyłączenia systemów GNSS m.in. w badaniu London Economics pt. Economic impact to the UK of a disruption to GNSS z 2017 r.¹²

⁹ Yonhap News Agency. Dostęp: <https://en.yna.co.kr/view/AEN20160401004952315>.

¹⁰ Resilient Navigation and Timing Foundation, Mysterious GPS outages are wracking the shipping industry – Fortune. Dostęp: <https://rntfnd.org/2020/01/23/mysterious-gps-outages-are-wracking-the-shipping-industry-fortune/>.

¹¹ A.C. O'Connor, M.P. Gallaher, K. Clark-Sutton, D. Lapidus, Z.T. Oliver, T.J. Scott, D.W. Wood, M.A. Gonzalez, E.G. Brown, and J. Fletcher(2019). Economic Benefits of the Global Positioning System (GPS). RTI Report Number 0215471. Sponsored by the National Institute of Standards and Technology. Research Triangle Park, NC: RTI International.

¹² London Economics, The economic impact on the UK of a disruption to GNSS Full Report. Dostęp: <https://londoneconomics.co.uk/wp-content/uploads/2017/10/LE-IUK-E->

2. W literaturze uznaje się, że awarie GPS szczególnie istotne są dla portów dużych, o wielkości przetadunku powyżej 500.000 TEU. Warunki te spełniają w 2022 r. Gdańsk (2 072 000 TEU) oraz Gdynia (914 000 TEU). Łączna ilość TEU: **2 986 610 TEU**¹³.
3. W dwóch najważniejszych badaniach poświęconych analizie skutków awarii systemów GNSS: London Economics z 2017 r. (Wlk. Brytania) oraz RTI International z 2019 r.¹⁴ (USA) wartość wpływu awarii na ilość **operacji określono na 50% (o tyle mniej TEU zostałyby przetadowanych)**. Łączna wartość utraconych korzyści w badaniu brytyjskim to 1,1 mld GBP (awaria 5 dni) a w badaniu amerykańskim – 6,732 mld USD (awaria 30 dni). Dla ostrożności w niniejsze analizie przyjęto mniejszy wskaźnik: 30%.
4. Na podstawie statystyk z międzynarodowego handlu kontenerowego prowadzonych przez United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) wartość 1 TEU wyliczono w 2022 r. na kwotę **54 493,00 USD**¹⁵.
5. Kurs USD (12.09.2023 r.) = **4,3711 zł/USD**¹⁶.
6. $2986610 \times 30\% \times 54493 \times 4,3711 \times 0,01369^{17} = \mathbf{2,921 \text{ mld zł.}}$
7. Wartość obliczoną w pkt. 6 należy uznać za minimalną:
 - a) Założono mniejszy niż najczęściej występujący w literaturze wskaźnik utraty operacji (30 a nie 50%).
 - b) Nie uwzględnia ona operacji portowych na ładunkach masowych.
 - c) Nie uwzględnia skutków przerwanych łańcuchów dostaw dla gospodarki.

Analiza scenariusza awaryjnego pokazuje, że pięciodniowa, globalna awaria systemów nawigacji satelitarnej, miałaby bardzo istotne skutki dla polskich portów morskich i spowodowałaby finansową stratę dla gospodarki na poziomie co najmniej 3 mld zł.

[conomic-impact-to-UK-of-a-disruption-to-GNSS-FULLredacted-PUBLISH-S2C190517.pdf](#).

¹³ Polskie porty morskie w 2022 roku. Podsumowanie i perspektywy na przyszłość., Port Monitor 2023, Actia Forum sp. z o.o.

¹⁴ Economic Benefits of the Global Positioning System (GPS). RTI Report.

¹⁵ United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) Review of Maritime Transport 2022.

¹⁶ Tabela kursów walut NBP nr. 176/A/NBP/2023 z dnia 2023-09-12.

¹⁷ 5 dni z 365 = 0,01369.

11. MONITORING ZAPÓR GÓRNICZYCH ZBIORNIKÓW POFLOTACYJNYCH

Awarie zapór wokół zbiorników odpadów poflotacyjnych mają duży negatywny wpływ na gospodarkę, okoliczne nieruchomości i życie ludzi, dlatego monitorowanie tych obiektów jest kluczowe dla zmniejszenia ryzyka awarii. Jedną z najczęstszych stosowanych metod budowy zapór jest nadbudowa korpusu zapory posadowionej na istniejącej koronie obwałowania. Nadbudowa zapory posadowiona jest na odpadach poflotacyjnych. Te ostatnie składają się z odpadów stałych lub płynnych reprezentowanych przez mieszaninę drobnych cząstek, w niektórych przypadkach toksycznych lub radioaktywnych, pochodzących z procesów mechanicznego oddzielania minerału o znaczeniu gospodarczym od skały płonnej. Wraz ze wzrostem wysokości, a więc i obciążenia, ten rodzaj zapory jest bardziej podatny na awarię geotechniczną lub może ewoluować w warunkach niestabilności, gdyż nowe nasypy opierają się na odpadach przeróbczych, które w większości przypadków są bardzo podatne na erozję ze względu na drobny rozmiar cząstek i mogą zawierać niepożądane minerały i chemikalia procesowe.

W ciągu ostatnich **20 lat liczba awarii zapór na zbiornikach przeróbczych podwoiła się¹**, co miało bardzo negatywne konsekwencje ze względu na toksyczność składowanych odpadów przeróbczych i duże odległości wypływu odpadów, powodując straty i poważne szkody dla zdrowia i środowiska.

Z analizy największych awarii zapór wokół zbiorników poflotacyjnych od 1910 do 2010 r. oraz na podstawie informacji zebranych z inwentaryzacji 18 401 zbiorników odpadów poflotacyjnych, wynika, że na świecie, roczna częstotliwość awarii dla dużych zapór wynosi około **0,12%**, co jest ponad dwa rzędy wielkości większe niż roczna częstotliwość awarii dla dużych zapór retencyjnych. **Poważne awarie występują z częstotliwością od dwóch do pięciu razy w roku, natomiast drobne awarie występują około 35 razy w roku²**. Najczęstszym skutkiem awarii jest rozerwanie zapory otaczającej składowisko i uwolnienie ogromnej masy upłynnionych odpadów przeróbczych zmieszanych z wodą w postaci fali powodziowej. Najważniejsze przyczyny awarii opisane w literaturze to: problemy związane z fundamentami, niestabilność zbocza, przepiętny zbiornik odpadów po-

¹ S. Azam, Q. Li, Tailings Dam Failures: A Review of the Last One Hundred Years, grudzień 2010 Geotechnical News, 2010, s. 50-53. Dostęp: <http://ksmproject.com/wp-content/uploads/2017/08/Tailings-Dam-Failures-Last-100-years-Azam2010.pdf>.

² Tamże.

flotacyjnych, osiadanie kopalni lub deformacje korpusu zapory, nietypowe ulewne deszcze, nadmiar ciśnienia wody w odpadach poflotacyjnych, rurociągi/przecieki, upłynnienie sejsmiczne spowodowane trzęsieniami ziemi, problemy strukturalne, błędy w zarządzaniu lub eksploatacji^{3, 4}.

W dniu 5 listopada 2015 r. doszło do rozerwania tamy wokół zbiornika odpadów poflotacyjnych Samarco w Brazylii (kopalnia rud żelaza), co doprowadziło do zalania dwóch wiosek, a konsekwencji śmierci 19 osób i poważnego zanieczyszczenia 650 km rzeki Rio Doce w stanie Minas Gerais. W tym samym stanie i u tego samego właściciela kopalni, w styczniu 2019 r. zawaliła się tama Corrego do Feijão w Brumadinho, zabijając około 248 osób. Zapora o wysokości 86 m, zbudowana metodą nadbudowy, uległa katastrofalnej awarii, uwalniając 12 mln m³ odpadów mineralnych. Katastrofy w Samarco i Brumadinho, w 2015 i 2019 r., wymusiły zwrócenie szczególnej uwagi na bezpieczeństwo zbiorników odpadów górniczych, w tym doprowadziły do opracowania nowych systemów monitoringu zapór.

Wg. amerykańskich badaczy Bowker'a i Chambers'a⁵, w dekadzie 2016 –2026 można spodziewać się 11 poważnych awarii zbiorników odpadów górniczych. Naukowcy podają też estymacje wartości przyszłych zdarzeń, oparte na analizie awarii z okresu 2010 –2015, która wyliczona jest na kwotę 6 mld USD.

Monitorowanie stanu obiektów składowania odpadów górniczych

Ocena stabilności zapory obejmuje najczęściej badanie warunków hydrogeologicznych, charakterystykę materiału płonnego, metody depozycji oraz możliwych czynników wyzwalających prowadzących do awarii zapory (np. trzęsienia ziemi, ekstremalne opady deszczu, czynniki związane z działalnością człowieka). Podstawowe znaczenie ma jednak również monitorowanie deformacji korpusu zapory, nawet jeśli jest to trudne ze względu na wielkość i niedostępność tych obiektów, które są jednymi z największych na świecie konstrukcji inżynierskich.

Instrumenty geotechniczne, niwelacja, tachimetria lub GNSS oraz inspekcje wizualne stanowią konwencjonalne, pracochłonne i czasochłonne systemy monito-

³ S. Mohsen Haeri, Amin Hasani Motlagh, Rasoul Gholami, Saman Soleiman; Tailings Dam Failure Modes; Recognition, Prevention and Case Studies; 5th Asia-Pacific Group – International Symposium on Water and Dams, 24-27 February 2021, New Delhi, India.

⁴ M. Rico, G. Benito, A.R. Salgueiro, A. Díez – Herrero, H.G. Pereira, Reported tailings damures: a review of the European incidents in the worldwide context, J. Hazard. Mater. 152 (2008) 846-852.

⁵ L.N. Bowker, D.M. Chambers. 2015. The Risk, Public Liability and Economics of Tailings Storage Facility Failures.

ringu stosowane powszechnie na składowiskach odpadów górniczych. Te tradycyjne techniki tworzą dziś obowiązujące systemy monitoringu jednak ich zasięg przestrzenny jest ograniczony. Techniki teledetekcji satelitarnej, takie jak interferometria radarowa z syntetyczną aperturą (SAR i InSAR), mają być odpowiedzią na ten problem. W szczególności, zaawansowana różnicowa interferometria SAR (A-DInSAR) może dostarczyć informacji o trwających i przeszłych deformacjach z milimetrową dokładnością i może być wykorzystana do przewidywania zdarzeń katastrofalnych poprzez wykrywanie deformacji w strukturze zapory przed wystąpieniem awarii.

Opis przypadku 1:

Technika interferometrii SAR (InSAR) w monitoringu składowisk poflotacyjnych

InSAR dołączył stosunkowo niedawno do portfolio rozwiązań monitorujących głównie za sprawą możliwości rozszerzenia skali monitoringu na teren całego składowiska poflotacyjnego oraz na cały obszar kopalni. Technologia InSAR rozwinęła się szybko w ostatnich latach, w dążeniu do wspierania w pełni zdalnego monitoringu z ulepszonymi konstelacjami satelitów, czujnikami o wysokiej rozdzielczości oraz rozwojem automatycznych, pewnych i skalowalnych algorytmów przetwarzania. Nowoczesny serwis InSAR tworzony jest z myślą o detekcji przemieszczeń gruntu, dostarczanej z każdym przeletem satelity, oraz o wykorzystaniu szeregów czasowych deformacji opisujących ewolucję przemieszczeń powierzchni. Podczas gdy najszybszy cykl powtórzeń dostępny dla pojedynczego satelity to maksymalnie 6 dni, obecnie dzięki rozbudowanym konstelacjom satelitarnym możliwe jest dostarczanie aktualizacji nawet co kilka godzin.

Na przestrzeni kilku ostatnich lat możemy zaobserwować znaczące zwiększenie zainteresowania wykorzystaniem satelitarnych zobrażeń SAR do monitorowania zbiorników odpadów poflotacyjnych. Poniżej przedstawionych zostało kilka przykładów realizacji ww. usług.

- W grudniu 2020 r. zawarty został największy, jak do tej pory, kontrakt na satelitarny monitoring zbiorników TSF (*tailings storage facilities*) pomiędzy korporacją **Glencore** a jednym z wiodących dostawców zobrażeń SAR firmą **TRE-ALTAMIRRA**. Zakres monitoringu jest olbrzymi – dotyczy **110 zapór na zbiornikach TSF⁶** rozlokowanych na całym świecie. Monitoring zapewnia pomiary ruchów powierzchniowych (zarówno po-

⁶ Glencore enters partnership with Tre-Altamira to expand satellite monitoring across its Tailings Storage Facilities, 15 grudnia 2020 r. Dostęp: <https://www.glencore.com/media-and-insights/news/glencore-enters-partnership-with-tre-altamira-to-expand-satellite-monitoring-across-its-tailings-storage-facilities>.

ziomych jak i pionowych) w okresach co 11 dni i wykorzystuje do tego zobrazowania radarowe z satelity Landsat-8 oraz Sentinel-1. Typowa rozdzielczość na ziemi to 3m x 3m z wykrywalną rozdzielczością ruchu rzędu kilku milimetrów. Wartość kontraktu stanowi tajemnicę handlową.

- Konsorcjum którego liderem jest **TRE-Altamira** (z IDS GeoRadar – Hexagon Group oraz Optron) od 2018 r. świadczy usługi dostarczania i analizy zobrazowań inSAR dla **Lumwana Cooper Mine (Barrick) w Zambii**⁷.
- Firma **Maxar** (wcześniej Digital Globe) we współpracy z **Auracle Geospatial** od 2019 r. dostarcza dane zobrazowań optycznych oraz inSAR dla kopalni **Kansanshi Mine (First Quantum Minerals) w Zambii**. Celem monitoringu jest wykrycie przemieszczeń poziomych i pionowych gruntu w kopalni odkrywkowej jak i w zbiorniku odpadów poftotacyjnych⁸.
- Kopalnia złota **Lefa (NordGold)** w Gwinei wykorzystuje system analiz przemieszczeń gruntu opracowany przez firmę **Swift Geospatial Solutions**⁹, wykorzystujący dane zarówno do monitorowania TSF, kopalni jak i pobliskich miejscowości. Platforma wykorzystuje zobrazowania optyczne dostarczane przez **Planet** i **SkySAT** oraz dane inSAR pochodzące z konstelacji satelitów SAR firmy **Capella**.
- Australijska firma **K2fly** oferuje kompleksową usługę monitoringu TSF: „K2fly Tailings Management”¹⁰ której składową jest system analiz inSAR oparty na platformie **Decipher**¹¹. K2fly świadczy usługi zarządzania TSF (w tym z użyciem danych inSAR) oraz monitorowania przemieszczeń gruntu m.in. dla kopalni rudy żelaza **Pibara (BHP Iron Ore)** w Australii (kontrakt z 2022 r. o wartości **430 tys. USD/rok**)¹² oraz dla TSF z całej grupy **Newmont (kopalnie złota)**¹³. K2fly w 2021 podpisała kontrakt na zarządzanie odpadami górnictwem (w tym monitoring TSF) dla **7 kopalni boksytu z grupy Alcoa (wartość 1,5 mln USD/rok)**¹⁴.

⁷ Chiara Gervasi, TRE ALTAMIRA to provide InSAR monitoring over Barrick's Lumwana Copper Mine. Dostęp: <https://site.tre-altamira.com/tre-altamira-to-provide-insar-monitoring-over-barricks-lumwana-mine/>.

⁸ Maxar Technologies, 04.21.2016, DigitalGlobe and Auracle team up to deepen search capabilities in global mineral exploration. Dostęp: <https://blog.maxar.com/earth-intelligence/2016/digitalglobe-and-auracle-team-up-to-deepen-search-capabilities-in-global-mineral-exploration>.

⁹ D. Gleeson: Nordgold taps Swift Geospatial for tailings and community monitoring at Lefa, 12 marca 2021. Dostęp: <https://im-mining.com/2021/03/12/nordgold-taps-swift-geospatial-for-tailings-and-community-monitoring-at-lefa/>.

¹⁰ K2fly, K2fly Tailings Management. Dostęp: <https://k2fly.com/solutions/tailings-management/>.

¹¹ K2fly, Decipher. Dostęp: <https://k2fly.com/decipher/>.

¹² D.Gleeson, K2fly to deploy Ground Disturbance Solution across BHP WA iron ore sites. Dostęp: <https://im-mining.com/2022/05/10/k2fly-to-deploy-ground-disturbance-solution-across-bhp-wa-iron-ore-sites/>.

¹³ K2fly, The role of InSAR in tailings monitoring and management. Dostęp: <https://k2fly.com/blog/tailings/newmont-utilises-drone-and-insar-tech-to-monitor-tailings-dams/>.

¹⁴ K.Barndon; K2fly wins Alcoa deal. Dostęp: <https://www.miningmagazine.com/geomechanics-ground-control/news/1415397/k2fly-wins-alcoa-deal>.

Opis przypadku 2:

Monitoring inSAR dla Żelazny Most

W składowisku odpadów poflotacyjnych KGHM Żelazny Most (pełna nazwa: Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych „Żelazny Most”) składa się rocznie około 30 milionów ton odpadów przeróbczych. Zajmujący powierzchnię prawie 1,6 tys. ha i otoczony zaporami o łącznej długości 14 km i wysokości, na niektórych obszarach, ponad 70 m, czyni go największym zbiornikiem odpadów poflotacyjnych w Europie i drugim co do wielkości na świecie. Z około 2900 urządzeniami monitorującymi i punktami pomiarowymi otaczającymi obiekt, Żelazny Most jest przedmiotem całodobowego monitoringu, co ze względów bezpieczeństwa i ekonomicznych ma kluczowe znaczenie nie tylko dla najbliższego otoczenia obiektu, ale dla całego regionu.

Dla samego zbiornika Żelazny Most jako wyodrębnionego celu jak i dla Żelaznego Mostu jako części Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM) prowadzono kilka badań przemieszczeń terenu z wykorzystaniem technik InSAR w różnych wariantach m.in. Badanie Mazzanti, Antonelli, Sciortino, Scancella, Bozzano z wykorzystaniem A-DinSAR z lat 2014 – 2019 ¹⁵. Wyniki badania zostały opublikowane w 2021 r. w czasopiśmie Land. W badaniu wykorzystano technikę zaawansowanej różnicowej interferometrii SAR (A-DInSAR).

Potencjalne skutki gospodarcze awarii OUOW „Żelazny Most”:

- znacząca utrata wartości (zmniejszenie kapitalizacji giełdowej) KGHM S.A.
 - Jeśli miała by ona wymiar podobny do tej jaka wystąpiła w spółce Vale S.A. po katastrofie zbiornika poflotacyjnego w kopalni Brumadinho w Brazylii (kurs w dniu katastrofy spadł o 24%, tracąc 19 mld USD) wyniosłaby 5,37 mld zł.
 - Jeśli miała by ona wymiar podobny do tej jaka wystąpiła w korporacji Imperial Metals (Kanada) po katastrofie zbiornika poflotacyjnego w kopalni Mount Polley w Kanadzie (kurs w dniu katastrofy spadł o 41%) wyniosłaby 9,2 mld zł.
- Zablockowane aktywa KGHM S.A. na poczet odszkodowań – 3 – 5 mln zł.
- utrata pozytywnego ratingu dla zobowiązań KGHM.

¹⁵ P. Mazzanti, B. Antonielli, A. Sciortino, S. Scancella, F. Bozzano. Tracking Deformation Processes at the Legnica Glogow Copper District (Poland) by Satellite InSAR-II: Żelazny Most Tailings Dam. Land 2021, 10, 654. Dostęp: <https://doi.org/10.3390/land10060654>.

Satelitarny monitoring wałów zabezpieczających zbiorniki odpadów poftłocyjnych przyczynia się znacząco do **zwiększenia bezpieczeństwa środowiska naturalnego i ludności zamieszkującej tereny górnicze**.

12. RATOWNICTWO MEDYCZNE

Znaczenie ratownictwa medycznego dla efektywnego funkcjonowania systemu opieki zdrowotnej jest niekwestionowane. Jednym zaś z podstawowych mierników służących do oceny skuteczności funkcjonowania systemu państwowego ratownictwa medycznego jest czas dotarcia zespołu ratowniczego na miejsce zdarzenia, liczony od chwili przyjęcia zgłoszenia przez dyspozytora medycznego do przybycia zespołu ratownictwa medycznego na miejsce zdarzenia. Zgodnie z artykułem 24 Ustawy z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym¹ czas dotarcia badany jest w skali każdego miesiąca za pomocą ustalenia wartości mediany, trzeciego kwartyla oraz maksymalnego czasu dotarcia. Każdy wojewoda ma obowiązek takiej organizacji systemu PRM na terenie województwa, żeby:

1. mediana czasu dotarcia, w skali każdego miesiąca, powinna być nie większa niż **8 minut w mieście powyżej 10 tysięcy mieszkańców i 15 minut poza miastem powyżej 10 tysięcy mieszkańców**
2. trzeci kwartyl czasu dotarcia, w skali każdego miesiąca, nie powinna przekraczać **12 minut w mieście powyżej 10 tysięcy mieszkańców i 20 minut poza miastem powyżej 10 tysięcy mieszkańców**
3. maksymalny czas dotarcia nie może być dłuższy niż **15 minut w mieście powyżej 10 tysięcy mieszkańców i 20 minut poza miastem powyżej 10 tysięcy mieszkańców**.

Na czas dojazdu zespołu ratowniczego do pacjenta ma wpływ kilka czynników: odległość i rodzaj zabudowy, zlokalizowanie zespołu ratowniczego w chwili wyjazdu, liczba jednostek ratowniczych i sprzęt, którym dysponują, a także pogoda i ewentualne utrudnienia w ruchu.

W okresie 2005 – 2008 r. znacząca większość stacji państwowego pogotowia ratunkowego wdrożyła systemy precyzyjnego pozycjonowania jednostek ratowniczych. Zrealizowano kilkadziesiąt projektów, które wyposażyły ratownictwo medyczne w niestosowane wcześniej narzędzia: stworzono nowoczesne dyspozytornie, wyposażono karetki w terminale GPS wykorzystujące sygnał satelitarny, opracowano specjalne mapy nawigacyjne, utworzono bazy referencyjne do skutecznego pozycjonowania karetek^{2,3}.

¹ Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym; Dz.U.2023.1541 t.j.

² K. Ziółkowska, P. Paciorek; Czas dojazdu pogotowia ratunkowego na miejsce zdarzenia na przykładzie powiatu i miasta Słupsk, Problemy Pielęgniarstwa 2009; 17 (2): 110–115.

³ Portal Samorządowy, Karetki z systemem GP. Dostęp: <https://www.portalsamorzadowy.pl/ochrona-zdrowia/karetki-z-systemem-gps,19472.html>.

Opis przypadku 1: **Stacja Pogotowia Ratunkowego** **i Transportu Sanitarnego „Meditrans”** **w Warszawie**⁴

Nowoczesny system pozycjonowania satelitarnego zastosowany w „Meditrans” poprawił szybkość reagowania na zgłoszenie o zdarzeniu. Skrócił się także czas dojazdu karetki do poszkodowanego oraz czas rejestracji zgłoszenia. System wpłynął wymiennie na optymalizację dysponowania flotą pogotowia.

Dyspozytor na specjalnej, nawigacyjnej mapie Warszawy widział miejsca, w których aktualnie znajdują się karetki. Znał ich status – zajęty lub wolny. Co ważne, dyspozytor mógł określić lokalizację ambulansu z dokładnością od 3 m nawet do 2 cm, niezależnie od pory dnia i warunków pogodowych.

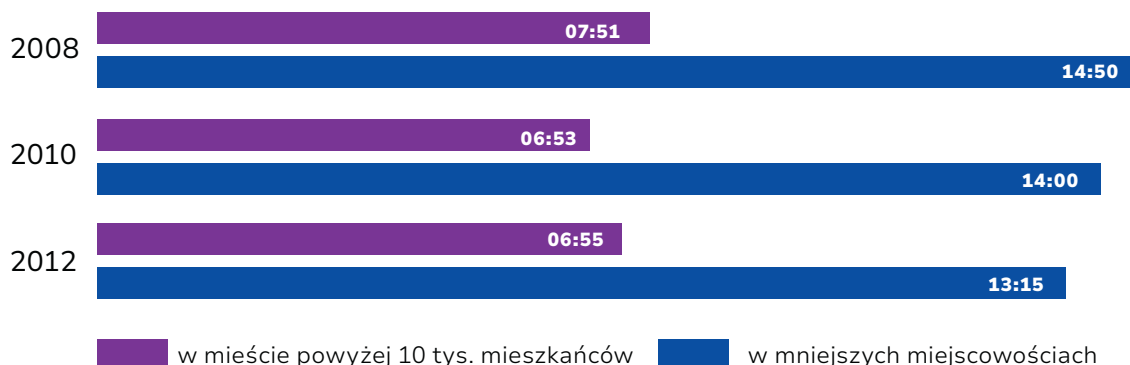
Na tej samej mapie nawigacyjnej dyspozytor, po przyjęciu informacji o zdarzeniu, mógł zlokalizować miejsce wypadku. Dzięki temu jest w stanie ocenić, który z wolnych pojazdów znajduje się najbliżej tego punktu i skierować go do akcji. Pozwoliło to zaoszczędzić cenny czas dojazdu karetki do pacjenta. Do chwili wdrożenia systemu dyspozytor wysyłał do akcji karetki z jednego z 16 punktów oczekiwania, znajdującego się najbliżej miejsca wypadku.

Dzięki zastosowaniu systemu, będzie mógł dysponować nie tylko karetkami, które już dojechały do punktu oczekiwania, ale także tymi, które wracając z akcji, przejeżdżają blisko miejsca kolejnego zdarzenia.

Aby było to możliwe, 48 zakontraktowanych karetek „Meditransu” zostało wyposażonych w terminale łączności, służące do przekazywania informacji o statusie pojazdu oraz odbiorniki GPS, dzięki którym możliwe było określenie pozycji pojazdu. Dodatkowo w karetkach znalazł się moduł transmisji danych oparty o transmisję GPRS, służący do obustronnej komunikacji z centrum dyspozytorskim.

⁴ Na podstawie: P. Tabęcki, Budowa infrastruktury użytkowej systemu pozycjonowania satelitarnego w województwie mazowieckim, Przegląd Geodezyjny, Rocznik 2008 – zeszyt 5.

Przeciętny czas dotarcia zespołu ratownictwa medycznego (min)



Rysunek 12: Przeciętny czas dotarcia zespołu ratowniczego.

Efektem wprowadzonych zmian technologicznych, wykorzystujących satelitarny system GPS było istotne skrócenie czasu dojazdu ZRM (Zespołu Ratownictwa Medycznego) do pacjenta. Pomiędzy rokiem 2008 a 2010 zmalał on z 7.51 minuty do 6.53 minuty w mieście powyżej 10 tys. mieszkańców i z 14.50 minut do 14.00 minut w mniejszych miejscowościach^{5,6}.

Podobne dane można znaleźć dla systemów ratownictwa w innych krajach.

- Po wprowadzeniu GPS w karetkach w Teheranie (Iran) w 2009 roku czas dojazdu do pacjenta skrócił się w obszarze zabudowanym z 10,11 minuty (2009 r) do 9,66 minuty⁷.
- W Singapurze dodatkowo dane GPS były powiązane z satelitarnymi danymi meteorologicznymi, które uwzględniały prawdopodobieństwo wystąpienia ulewnego deszczu na trasie karetki. Uzyskane skrócenie dojazdu w najpilniejszej kategorii A (ból w klatce piersiowej, najcięższe wypadki) z 6,79 min w 2011 r. do 5,85 minuty w 2012 r.⁸.

⁵ Główny Urząd Statystyczny; Podstawowe dane z zakresu ochrony zdrowia w 2009 r. Dostęp: https://stat.gov.pl/download/cps/rde/xbcr/gus/zos_podst_dane_z_zakr_ochr_zdr_w_2009.pdf.

⁶ Najwyższa Izba Kontroli; Informacja pokontrolna: Funkcjonowanie systemu ratownictwa medycznego, 2012 r. Nr ewid. 149/2012/P11094/KZD.

⁷ V. Delshad, H. Shemshadi, M. J. Moradian, S. Ahmadi, L. Malkyan, S. Sabzalizadeh, The Effect of Applying Global Positioning System in Ambulances on Response Time of Tehran.

⁸ Sean Shao Wei Lam, Francis Ngoc Hoang Long Nguyen, Yih Yng Ng, Vanessa Pei-Xuan Lee, Ting Hway Wong, Stephanie Man Chung Fook-Chong, Marcus Eng Hock (2015), Factors affecting the ambulance response times of trauma incidents in Singapore, Accident Analysis & Prevention, Volume 82, ss. 27-35 <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.05.007>.

- Równie dobre wyniki uzyskano na Słowacji, gdzie wprowadzeniu systemu pozycjonowania GPS towarzyszyła realokacja stacji pogotowia do optymalnego z punktu wyjazdu dojazdu położenia. Uzyskano skrócenie średniego czasu dojazdu do pacjenta w miastach o 58 s. (lata 2014 – 2015)⁹.
- W Wlk. Brytanii średni czas dojazdu w kategorii 1 (najbardziej pilne) z chwilą pełnej implementacji pozycjonowania satelitarnego poprawił się z 7 minut 37 sekund w kwietniu 2013 r. do 6 minut 54 sekund w maju 2014 r.. Czasy reakcji wahały się przez kolejnych kilka lat, przy czym cel 7 minut został ostatnio osiągnięty w kwietniu 2021 r., przy średnim czasie reakcji wynoszącym dokładnie 7 minut¹⁰. W 2023 r. wydłużył się on do 8 minut 39 sekund¹¹.

Czasy dojazdu ZRM do pacjenta po czasowym skróceniu po wprowadzeniu precyzyjnego pozycjonowania karettek w następnych latach w większości ponownie uległ wydłużeniu^{12,13}. Zwracata na to uwagę Najwyższa Izba Kontroli¹⁴, wskazując jako przyczyny: niewystarczającą obsadę ZRM, stały spadek liczebności zespołów specjalistycznych (S) (spadek z 32 proc. w 2017 r. do 21,7 proc. w 2020 r.), zwiększającą się liczbę pojazdów w ruchu ulicznym.

Na skutek wykorzystania danych satelitarnych czas dojazdu karetki ratunkowej w miejscowościach powyżej 10 tysięcy skrócił się o 58 sekund.

- ⁹ L. Jánošíková, P. Jankovič, M. Kvet, & F. Zajacová, (2021). Coverage versus response time objectives in ambulance location. *International journal of health geographics*, 20(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s12942-021-00285-x>.
- ¹⁰ Nuffieldtrust, Ambulance response times We look at response times to ambulance calls and how many are hitting nationally set targets. Dostęp: <https://www.nuffield-trust.org.uk/resource/ambulance-response-times>.
- ¹¹ The Health Foundation, Why have ambulance waiting times been getting worse? Dostęp: <https://www.health.org.uk/publications/long-reads/why-have-ambulance-waiting-times-been-getting-worse>.
- ¹² R. Pniewski, D. Pietruszczak, M. Ciupak Transport medyczny karettek pogotowia ratunkowego. Analiza czasów przejazdu.; *Autobusy*, Nr. 6/2018. Dostęp: https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-c88fa1a5-cebd-4bb7-864f-b6054a700e0a/c/204_115_A_L_PNIEWSKI_PIETRUSZCZAK_CIUPAK.pdf.
- ¹³ A. Trzos, K. Długosz, Wpływ wybranych elementów czasu reakcji systemu ratownictwa medycznego na efektywność udzielania pomocy ofierze wypadku komunikacyjnego, Wydawnictwo CNBOP-PIB, BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 173–183.
- ¹⁴ Najwyższa Izba Kontroli; Informacja o wynikach kontroli „Funkcjonowanie Systemu Ratownictwa Medycznego” LWA.430.005.2020.

13. BEZPIECZEŃSTWO NARODOWE I OBRONNOŚĆ

Infrastruktura kosmiczna w postaci satelitów, a przede wszystkim pozyskiwane dzięki nim dane, mają dziś kluczowe znaczenie dla militarnego bezpieczeństwa państwa. Dzieje się to na czterech podstawowych polach:

Rozpoznanie	Nawigacja
Pozycjonowanie	Łączność

Rysunek 13: Zastosowanie infrastruktury kosmicznej w obronności Państwa.

Kluczowym dowodem na słuszność takiego podejścia jest uznanie przez NATO w listopadzie 2019 r. przestrzeni kosmicznej za piątą domenę prowadzenia operacji militarnych. Uznane wcześniej wojenne domeny operacyjne to: przestrzeń morską, lądową, powietrzną i cyberprzestrzeń¹. W uznaniu dla ogromnego znaczenia kosmosu we współczesnym konflikcie zbrojnym USA powołały w grudniu 2019 r. Siły Kosmiczne (United States Space Force – USSF), jako szósty wyodrębniony rodzaj amerykańskich sił zbrojnych². Wiosną 2021 powstało Dowództwo Kosmiczne Wielkiej Brytanii³, a latem tego samego roku Dowództwo Kosmiczne Bundeswehry powołano w Niemczech⁴. Dowództwo wojsk kosmicznych utworzono również we Francji⁵.

¹ Kosmos domeną operacyjną NATO. Aprobata Rady Północnoatlantyckiej, space24.pl, (2019). Dostęp: <https://space24.pl/polityka-kosmiczna/kosmos-domena-operacyjna-na-to-aprobata-rady-polnocnoatlantyckiej>.

² M. Hypś, Powstały amerykańskie wojska kosmiczne, konflikty.pl, (2019). Dostęp: <https://www.konflikty.pl/aktualnosci/wiadomosci/powstaly-amerykanskie-wojska-kosmiczne/>.

³ Ł. Zalesiński, Gwiezdna armia, polska-zbrojna.pl, (2021). Dostęp: <https://polska-zbrojna.pl/home/articleshow/35195?t=Gwiezdna-armia>.

⁴ M. Kucharczyk, Niemcy uruchamiają Dowództwo Kosmiczne, euractiv.pl, (2021). Dostęp: <https://www.euractiv.pl/section/bezpieczenstwo-i-obrona/news/niemcy-usa-rozja-francja-kosmos-nato-bundeswehra-satelita-przestrzen-kosmiczna-gwiezdne-wojny/>.

⁵ L. Lewin, Europa zmarginalizowana w "nowych gwiazdnych wojnach", pap.pl, (2021) Dostęp: <https://www.pap.pl/aktualnosci/news%2C878322%2Ceuropa-zmarginalizowana-w-nowych-gwiazdnych-wojnach.html>.

Znaczenie dostępu **do danych satelitarnych dla obronności** **i bezpieczeństwa narodowego**

Znaczenie dostępu do danych pochodzących z satelitów rozmieszczonych na orbitach okołoziemskich pokazuje wojna w Ukrainie, tocząca się współcześnie na kontynencie europejskim. Armia ukraińska zdała sobie sprawę z istoty tego zagadnienia na wczesnym etapie konfliktu. Już w pierwszych tygodniach po rosyjskiej napaści wysoki przedstawiciel władz Ukrainy zwrócił się z prośbą o udostępnianie zdjęć do czołowych światowych przedsiębiorstw, specjalizujących się w dostarczaniu wysokiej rozdzielczości obrazów satelitarnych powierzchni planety⁶.

Opis przypadku 1: **Dostęp do obrazów satelitarnych** **niezbędny dla armii**

Konieczność zapewnienia władzom państwowym i czynnikom wojskowym dostępu do odpowiednich zdjęć satelitarnych została dostrzeżona i jasno wyartykułowana już w przyjętej na początku 2017 r. przez rząd Polskiej Strategii Kosmicznej: Większość nowoczesnych państw posiada autonomiczny dostęp do infrastruktury satelitarnej, umożliwiającej zaspokojenie ich potrzeb. Dotyczy to zwłaszcza satelitarnej obserwacji Ziemi⁷.

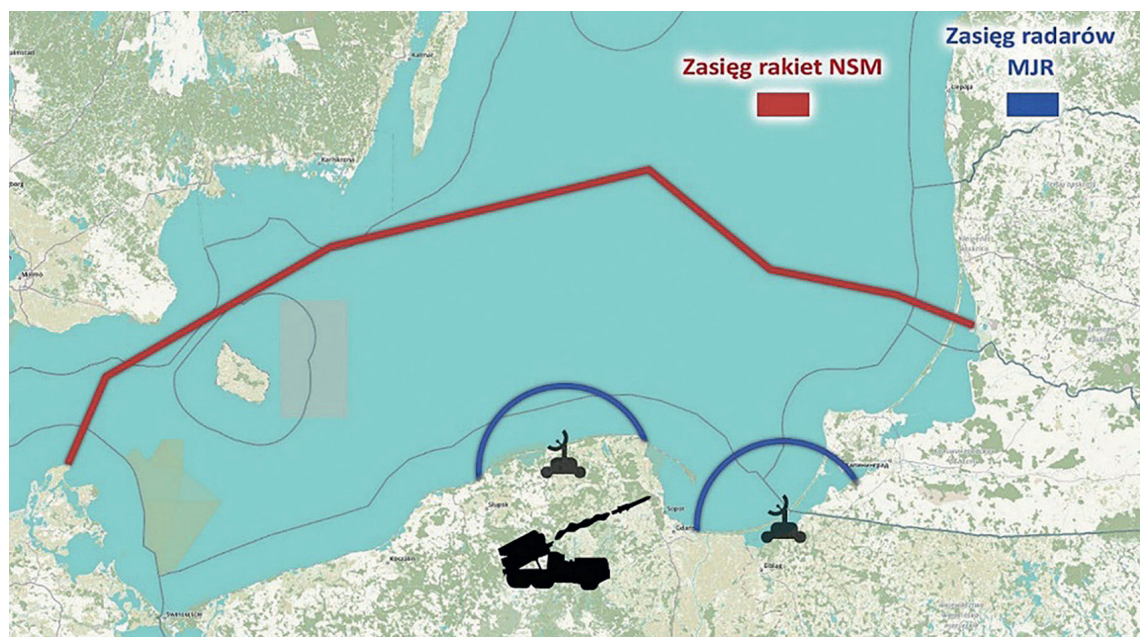
Stąd jeden z trzech celów strategicznych wskazanych w niniejszej strategii do osiągnięcia do roku 2030 brzmi: Polska gospodarka i instytucje publiczne będą posiadały dostęp do infrastruktury satelitarnej umożliwiającej zaspokojenie ich potrzeb, zwłaszcza w dziedzinie bezpieczeństwa i obronności. Zaś jeden z pięciu celów szczegółowych wymienionych w dokumencie sformułowano w sposób następujący: Rozbudowa zdolności w obszarze bezpieczeństwa i obronności państwa z wykorzystaniem technologii kosmicznych i technik satelitarnych.

⁶ M. Mitkow, Ukraina wzywa prywatne firmy do udostępnienia zdjęć satelitarnych, space24.pl, (2022). Dostęp: <https://space24.pl/satelite/obserwacja-ziemi/ukraina-wzywa-prywatne-firmy-do-udostepnienia-zdjec-satelitarnych>.

⁷ Polska strategia kosmiczna, załącznik do Uchwały nr 6 Rady Ministrów z dn. 26 stycznia 2017 r., Monitor Polski z dnia 17 lutego 2017 r., pozycja 203, str. 6.

Posiadanie dostępu do stałych i pewnych źródeł danych satelitarnych jest warunkiem koniecznym do tego, by Siły Zbrojne RP mogły w pełny i efektywny sposób wykorzystywać do celów defensywnych niezwykle nowoczesną broń, która już dziś znajduje się w ich posiadaniu⁸. Można to pokazać na konkretnych przykładach.

Marynarka Wojenna RP dysponuje na wybrzeżu Bałtyku norweskimi pociskami typu *Naval Strike Missile* (NSM). Są one na wyposażeniu Morskiej Jednostki Rakietowej. Są to pociski przeciwokrętowe o zasięgu ponad **200 km**. Jednakże, nie dysponując środkami rozpoznania satelitarnego, można nimi strzelać co najwyżej na dystans tzw. horyzontu radiolokacyjnego nabrzeżnych radarów – czyli na odległość do ok. **40 km** od wybrzeża⁹. Dopiero rekonesans satelitarny daje możliwość maksymalnego wykorzystania możliwości oferowanych przez NSM.



Rysunek 13: Zasięg stacji radarów oraz rakiet NSM na mapie polskiego wybrzeża.¹⁰

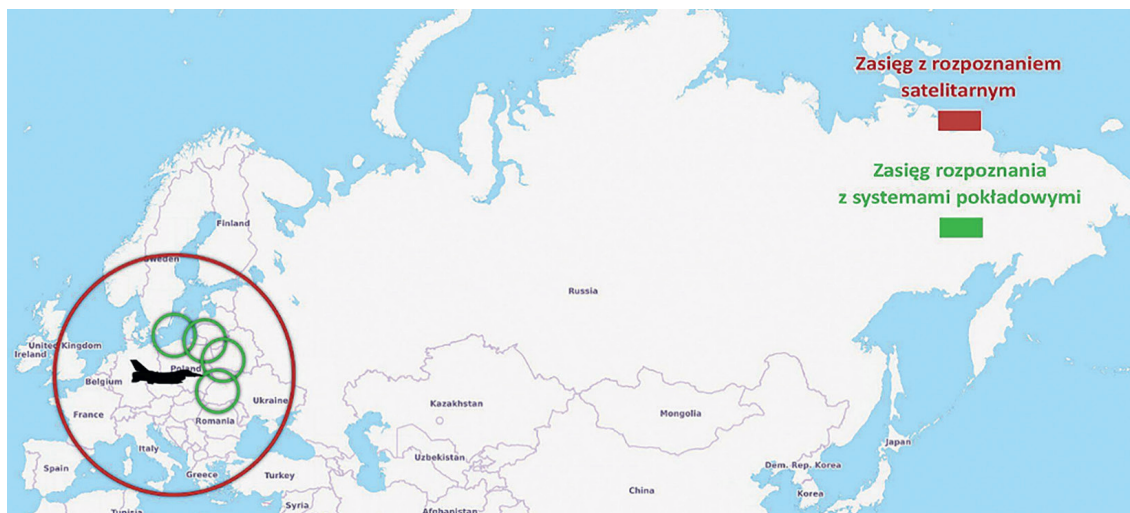
⁸ M. Dura, Pociski JASSM to dopiero początek zakupów MON. "Niezbędny satelita", defence24.pl, (2017) Dostęp: <https://defence24.pl/pociski-jassm-to-dopiero-poczatek-zakupow-mon-niezbledny-satelita>.

⁹ M. Dura, Polska armia krótkowidzem z wyboru? Wojsku potrzebne satelity [ANALIZA], space24.pl, (2019). Dostęp: <https://space24.pl/bezpieczenstwo/polska-armia-krotkowidzem-z-wyboru-wojsku-potrzebne-satelity-analiza>.

¹⁰ OpenStreetMap (CC-BY-SA 2.0). Tiles courtesy of Humanitarian OpenStreetMap Team, za "Raport: Polski Program Kosmiczny" Space 24, Warszawa 2018 r.

Zasięg rakiet NSM i radaru TRS-15 z MJR¹¹

Dla polskich Sił Powietrznych zostały natomiast zakupione przenoszone przez samoloty F-16 pociski JASSM oraz JASSM-ER (*Extended Range*). Pierwsze z nich mają zasięg **370 km**, zaś drugie **900 km**¹². Jest to rodzaj uzbrojenia, który dla swego prawidłowego działania potrzebuje danych ze źródeł zewnętrznych. Bez dostępu do takich źródeł zasięg, na jakim można wykorzystać ten nowoczesny pocisk, zmniejsza się wielokrotnie, ograniczając się do zasięgu rozpoznania z systemów pokładowych przenoszącego go samolotu. Bez własnego rozpoznania satelitarnego armia chcąc wykorzystać pełny zasięg JASSM-ER musi zdobyć dane do targetingu z innego źródła – np. od sojuszników.



Rysunek 14: Zasięg polskich jednostek bojowych i rozpoznania na bazie samolotów F16.¹³

¹¹ OpenStreetMap (CC-BY-SA 2.0). Tiles courtesy of Humanitarian OpenStreetMap Team, za "Raport: Polski Program Kosmiczny" Space 24, Warszawa 2018 r.

¹² Polski Program Kosmiczny, raport Space24, wyd. Defence24.pl/Space24.pl, Warszawa 2018.

¹³ OpenStreetMap (CC-BY-SA 2.0). Tiles courtesy of Andy Allan, za "Raport: Polski Program Kosmiczny" Space 24, Warszawa 2018 r.

Zasięg lotniczych rakiet manewrujących JASSM-ER¹⁴

Problem braku własnego militarnego rozpoznania satelitarnego jest etapami rozwiązywany przez polski MON. Pod koniec 2022 r. podpisano umowę z francuskim koncernem Airbus Defence and Space na zakup dwóch optycznych satelitów obserwacyjnych klasy Pleiades Neo, zdolnych zapewnić zobrazowania o rozdzielczości dochodzącej do 30 cm na piksel. Mają być gotowe do roku 2027. Do tego czasu Polska może, od 2023 r., pozyskiwać zobrazowania z wykorzystaniem należącej do Airbusa konstelacji satelitów obserwacji Ziemi Pleiades Neo. Wartość podpisanego kontraktu to 575 mln euro¹⁵.

Wysokorozdzielcze satelity Airbusa zostaną uzupełnione przez konstelację mikrosatelitów obserwacji Ziemi MikroGlob o nieco skromniejszych możliwościach, ale wyprodukowaną siłami polskiego przemysłu¹⁶. Osiągnięte w ten sposób zwiększenie liczby dostępnych sensorów pozwoli na znaczące skrócenie okresu rewizyty satelity nad obszarem zainteresowania. W dalszej kolejności, po satelitach optycznych, resort obrony będzie dążył do zaspokojenia zapotrzebowania Sił Zbrojnych na własne satelity radarowe (SAR). Tego rodzaju urządzenia, w przeciwieństwie do satelitów optycznych, mogą prowadzić obserwacje niezależnie od pory dnia i zachmurzenia nad badanym obszarem¹⁷.

¹⁴ OpenStreetMap (CC-BY-SA 2.0). Tiles courtesy of Andy Allan, za "Raport: Polski Program Kosmiczny" Space 24, Warszawa 2018 r.

¹⁵ J. Borowski, MON kupuje od Airbusa dwa satelity i stację odbiorczą. Umowę zatwierdzili ministrowie obrony Polski i Francji, gazetaprawna.pl, (2022). Dostęp: <https://www.gazetaprawna.pl/wiadomosci/kraj/artykuly/8618547,satelity-observacyjne-umowa-francja-polska.html>.

¹⁶ Obecnie trwa realizacja pierwszej części „Przemysłowego Studium Wykonalności projektu Konstelacji mikrosatelitów optoelektronicznej obserwacji Ziemi (MikroGlob)” – faza 0 i A, zleconego w dniu 24 maja 2023 r. przez Agencji Uzbrojenia konsorcjum firm Creotech Instruments oraz Airbus Space. 20 października 2023 roku Agencja Uzbrojenia przyjęła i zaakceptowała fazę A1 projektu. Wykonawcy realizują obecnie fazę A2 (do końca 2023 r.). Zadanie „MikroGlob” ujęte jest w programie Obserwator w ramach Planu Modernizacji Technicznej Sił Zbrojnych RP na lata 2021-2035. <https://milmag.pl/system-satelitarnej-observacji-ziemi-mikroglob-blizej/>; Raport ESPI 47/2023 <https://creotech.pl/pl/relacje-inwestorskie/raporty/biezace/>.

¹⁷ P. Ziemnicki, Optyka czy radar – czym lepiej obserwować Ziemię?, space24.pl, (2018). Dostęp: <https://space24.pl/pojazdy-kosmiczne/observacja-ziemi/optyka-czy-radar-czym-lepiej-observowac-ziemie>.

Opis Przypadku 2:

Potrzeba dostępu do pewnej i bezpiecznej łączności w sytuacjach zagrożenia

W przypadku wybuchu konfliktu zbrojnego – napaści przez inne państwo na taki kraj jak Polska – wśród jednych z pierwszych celów, które wróg będzie chciał zniszczyć, będą centra i infrastruktura związane z łącznością¹⁸. Ta doktryna obowiązuje co najmniej od czasów wynalezienia telegrafu.

Można sobie wyobrazić, że w takiej sytuacji zniszczone zostaną kable zapewniające komunikację przewodową, jak również stacje BTS, dzięki którym w codziennym życiu możemy korzystać z telefonii komórkowej oraz innych form przesyłania danych z wykorzystaniem technologii GSM, LTE itd. Co wówczas pozostaje? Jeśli kraj nie ma dostępu do środków telekomunikacji satelitarnej, wówczas jego Siły Zbrojne są w takiej sytuacji pozbawione łączności, co najmniej na dłuższych dystansach. Brak łączności powoduje *de facto* niemożność dalszego prowadzenia i koordynowania skutecznej obrony. W efekcie państwo zostaje w szybkim czasie pokonane.

Jeśli natomiast Siły Zbrojne broniącego się kraju mają zapewniony dostęp do satelitarnej infrastruktury telekomunikacyjnej, to zachowają stabilną łączność po zniszczeniu przez przeciwnika infrastruktury naziemnej. Zwłaszcza, jeżeli dysponują systemem rozproszonym z mobilnymi teleportami do komunikacji za pośrednictwem satelitów. I chociaż tego typu systemy mogą być drogie, to wartości bezpieczeństwa narodowego nie da się łatwo przełożyć na pieniądze.

W dzisiejszych czasach łączność dla celów związanych z bezpieczeństwem i obronnością może być zapewniana przede wszystkim przez dwa rodzaje rozwiązań satelitarnych: pojedyncze satelity rozmieszczone na tzw. orbicie geostacjonarnej (GEO), np. od takich operatorów jak Intelsat czy Viasat, lub też liczące olbrzymią liczbę urządzeń konstelacje satelitów telekomunikacyjnych rozmieszczanych na niskiej orbicie okołoziemskiej (LEO) – takie jak np. Starlink od SpaceX czy OneWeb.

Dostęp do sprawdzonej łączności satelitarnej ma również kluczowe znaczenie w przypadku kataklizmów i katastrof naturalnych, kiedy to naziemne systemy telekomunikacyjne ulegają zniszczeniu – np. w wyniku tsunami, trzęsienia ziemi, huraganu czy wielkiego pożaru. Tego rodzaju łączność pozwala zorganizować i sko-

¹⁸ J. Bartosiak, George Friedman, *Wojna w kosmosie. Przewrót w geopolityce*, wyd. Zona Zero, Warszawa 2021, s. 19.

ordynować działania różnych służb w zakresie zarządzania kryzysowego ¹⁹.

Wykorzystanie danych satelitarnych ma kluczowe znaczenia dla obronności na Ziemi i bezpieczeństwa aktywów umieszczonych w przestrzeni kosmicznej. Dostęp do sprawdzonej łączności satelitarnej ma również kluczowe dla zorganizowania i skoordynowania działań różnych służb w zakresie zarządzania kryzysowego.

¹⁹ M. Frąckiewicz, Zalety komunikacji satelitarnej w sytuacjach kryzysowych, ts2.space, 11.03.2023. Dostęp: <https://ts2.space/pl/zalety-komunikacji-satelitarnej-w-sytuacjach-kryzysowych/>.

14. ZAGOSPODAROWANIE PRZESTRZENI M.IN. URBANIZACJA, MIEJSKIE WYSPY CIEPŁA, KONDYCJA ROŚLINNOŚCI

Urbanizacja

Nasilająca się w ostatnich dekadach urbanizacja stanowi wyzwanie dla zrównoważonego rozwoju i zarządzania środowiskiem, z tego względu monitorowanie zmian we wzorcach krajobrazowych oraz ich wpływu na usługi ekosystemowe¹. ma kluczowe znaczenie dla odpowiedniego rozwoju obszarów miejskich². Przewiduje się, że do 2050 r. około 84% światowej ludności będzie zamieszkiwać miasta, a w ciągu najbliższej dekady 2,6 miliarda osób będzie miało wpływ na ich rozwój³. Jednym z najważniejszych zastosowań satelitów jest wykrywanie czasowych zmian na powierzchni Ziemi obserwowanych w różnych momentach, co pozwala dostarczyć w krótkich odstępach czasu, cyfrowe, wielodniowe obrazowanie o stałej jakości obrazu, w skali globalnej i podczas pełnego cyklu sezonowego⁴. Szerokie pokrycie obszaru i powtarzające się cykle w połączeniu z dostępnością sprawiają, że dane satelitarne są odpowiednim źródłem danych przestrzennych. Jedną z ich kluczowych cech jest również pomoc w opracowywaniu wzorców zachowań społecznych, kulturalnych oraz gospodarczych w ujęciu przestrzennym⁵.

¹ Można je zdefiniować jako korzyści, jakie ludzie czerpią z ekosystemów. Do usług ekosystemowych zalicza się np. usługi zaopatrzeniowe, takie jak woda, drewno, włókna żywności; usługi kulturowe, które zapewniają korzyści estetyczne, rekreacyjne i duchowe; usługi regulacyjne, które wpływają na klimat, powodzie, choroby, odpady i jakość wody; oraz usługi wspierające, takie jak fotosynteza i obieg składników odżywczych czy tworzenie gleby (Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis; Island Press: Washington, DC, USA, 2005.).

² D. Furberg, Y. Ban, A. Nascetti (2019), Monitoring of Urbanization and Analysis of Environmental Impact in Stockholm with Sentinel-2A and SPOT-5 Multispectral Data, MDPI Journal Remote Sens. 11, 2408.

³ Chr. Weber, X. Briottet, T. Houet, S. Gadai, R. Aguejdad, Y. Deville, M. Dalla Mura, Clément Mallet, A. Le Bris, M. S. Karoui, et al., Hyperspectral imagery and urban areas: results of the HYPE project.

⁴ M.A. Al-Dai (1998), Change Detection in Urban Areas using Satellite, Journal of King Saud University – Engineering Sciences Volume 10, Issue 2, ss. 217-227.

⁵ Md. Rakin Sarder Arko, Mohammed Raihanul Bashar, Amin A Ali 1, Moinul Zaber, Md Abu Sayed, Department of Computer Science and Engineering, Independent University, Bangladesh 2Department of Computer Science and Engineering, University of Dha-

Dla odpowiedniego formułowania skutecznych strategii rozwoju miast, terenów wiejskich, a także poprawy jakości życia społeczeństwa w ogólności niezbędna jest prawidłowa ocena kierunków zagospodarowania przestrzennego poprzez m.in.



Rysunek 15: Kryteria oceny kierunków rozwoju zagospodarowania przestrzennego⁶

Dynamiczne i ciągłe zmiany zachodzące w gospodarce przestrzennej wymagają aktualnych danych o stanie przestrzeni w postaci wysokorozdzielczych (czasowo, przestrzennie oraz spektralnie) zdjęć satelitarnych⁷. W nowoczesnym zarządzaniu przestrzenią w kontekście administracyjnym, dla prawidłowego i zrównoważonego rozwoju miast i obszarów wiejskich istotne jest, aby mapować zmiany pokrycia terenu i oceniać wpływ tych zmian na środowisko w sposób dokładny i terminowy. Z tego powodu dane satelitarne są podstawą i wsparciem dla wymienionych powyżej procesów decyzyjnych w administracji publicznej⁸. Wykorzystanie technologii satelitarnej może wpłynąć na poprawę jakości życia mieszkańców, dzięki prawidłowej gospodarce terenami zielonymi, zmniejszeniu czynników ogrzewających miasta czy zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa poprzez efektywne zarządzanie ryzykiem i odpowiednią koordynację w sytuacjach kryzysowych. Oprócz działań o charakterze prewencyjnym, systemy satelitarne dostarczają informacji w czasie rzeczywistym umożliwiając tym samym odpowiednią reakcję obywateli na występujące zagrożenia ale również wspomagają działania organów m.in. w postaci efektywnego zarządzania ewakuacją, lub też po wystąpieniu zdarzenia, przez odpowiednie rozmieszczenie zasobów. Dostęp do aktual-

ka, Bangladesh A Review on The Impact of Satellite Imagery in Urban Policy Planning, 2018 Joint 7th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV).

⁶ J. Szlachetko, Wykorzystanie usług satelitarnych przez samorząd terytorialny, Centrum Ekspertyzy Lokalnej, Opinie i Komentarze FRDL nr 6/2023.

⁷ M.A. Al-Dai (1998), Change Detection in Urban Areas using Satellite, Journal of King Saud University – Engineering Sciences Volume 10, Issue 2 ss. 217-227.

⁸ J. E. Patino, J. C. Duque (2013), A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings Computers, Environment and Urban Systems Volume 37ss 1-17.

nej informacji dotyczącej dynamicznie zmieniającego się obszaru objętego kryzysem, jest w tym wypadku niezbędny⁹.

Kolejność ewakuacji szpitali **ze względu na zagrożenie powodziowe**¹⁰

Zastosowanie technik satelitarnych umożliwia określenie wytrzymałości naporu masy wody oraz czasu ewentualnego zawalenia budynków. Możliwe jest oszacowanie prędkości fali powodziowej, dzięki zobrazowaniom z satelitów radarowych, natomiast opierając się na systemie GIS możliwe jest określenie głębokości spodziewanej powodzi na poszczególnych terenach zagrożonego obszaru co z kolei pozwala na określenie wartości fali powodziowej.¹¹ Oszacowanie, który budynek powinien być ewakuowany jako pierwszy możliwe jest więc dzięki analizie parametrów dotycząc prędkości przemieszczania się wody oraz jej głębokości.¹²

Ponadto, większa dostępność informacji wzmacnia partycypację i zaangażowanie obywatelskie w procesy rozwoju i kształtowania przestrzeni co w konsekwencji prowadzi do wzmocnienia społeczeństwa obywatelskiego. Kształtowanie jakości planowania przestrzennego zależy w dużej mierze od odpowiedniego upowszechniania przez władze informacji z zakresu polityki przestrzennej. Dostęp do takich danych w czasie rzeczywistym ułatwia i wspomaga zrozumienie zagadnień przestrzennych przez obywateli, przekazywanie odpowiednich informacji oraz wyrażanie opinii, które w rezultacie mają wpływ na racjonalizację decyzji przestrzennych podejmowanych przez odpowiednie organy. Taki system, wspomagany przez efektywne uczestnictwo społeczeństwa, staje się najbardziej skutecznym instrumentem polityki zagospodarowania przestrzennego¹³ a dane satelitarne, w tym przede wszystkim ich coraz lepsza jakość, mają znaczący wpływ na badania nad rozwojem miast oraz kształtowanie polityki miejskiej¹⁴.

9 M. Smolarkiewicz, techniki satelitarne w zarządzaniu kryzysowym – studium użyteczności, Szkoła Główna Służby Pożarniczej Centrum Edukacji Bezpieczeństwa Powszechnego.

10 M. Smolarkiewicz, techniki satelitarne w zarządzaniu kryzysowym – studium użyteczności, Szkoła Główna Służby Pożarniczej Centrum Edukacji Bezpieczeństwa Powszechnego.

11 B. Twaróg, „Obliczanie rzeczowych strat powodziowych w testowej dolinie z wykorzystaniem aplikacji GIS”, Materiały XVII Ogólnopolskiej Szkoły Hydrauliki Wód Śródlądowych, Hydrauliczne Problemy Powodzi, Gdańsk Sobieszewo, 15-19 wrzesień 1997 r.

12 M. Smolarkiewicz, techniki satelitarne w zarządzaniu kryzysowym – studium użyteczności, Szkoła Główna Służby Pożarniczej Centrum Edukacji Bezpieczeństwa Powszechnego.

13 M. Borsa, B. Zagajewski, B. Kulawik (2017), Teledetekcja w planowaniu przestrzennym, Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, Warszawa.

14 Md. Rakin Sarder Arko, M. Raihanul Bashar, A. A. Ali, M. Zaber, Md Abu Sayed, De-

Monitoring zmian terenu w obszarze miejskim

Obecnie, zdecydowana większość danych przestrzennych posiada pochodzenie teledetekcyjne. Mogą być one pozyskiwane z różnych pułapów wysokościowych tj. z systemów satelitarnych, lotniczych oraz naziemnych¹⁵. To pozwala na coraz skuteczniejsze sposoby badania dynamiki krajobrazów miejskich¹⁶. Dane te zapewniają użyteczną metodę mapowania składu miast i analizowania zmian w czasie¹⁷. Niemniej jednak środowiska miejskie stanowią wyjątkowe wyzwanie dla klasyfikacji i mapowania ze względu na zwiększoną złożoność cech pokrycia terenu w nich występujących. Wymaga to wyższych rozdzielczości przestrzennych. Mapowanie pokrycia terenu obszarów miejskich za pomocą danych satelitarnych o wysokiej i średniej rozdzielczości zostało z powodzeniem przeprowadzone najczęściej w oparciu o dane optyczne z satelitów takich jak SPOT, Landsat, Aster, QuickBird lub Ikonos, w skali zarówno regionalnej jak i lokalnej. Większość satelitów jest multispektralna a uzyskane z nich obrazy mają średnią (80m~200m/piksel), wysoką (30m~10m/piksel) lub bardzo wysoką (VHR, 5m-0.5m/piksel) rozdzielczość przestrzenną¹⁸.

Inwentaryzacja roślinności

Zielona infrastruktura to sieć obszarów naturalnych, które przyczyniają się do dobrobytu ludzi oraz do dobrego funkcjonowania siedlisk flory i fauny. Obejmuje ona bardziej złożoną sieć interakcji i funkcji obszarów zielonych, w tym usług ekosystemowych, które przynoszą korzyści zarówno przyrodzie, jak i społeczeństwu. Ekspansja miast i wynikające z niej fragmentacja oraz przekształcenia pokrycia terenu często negatywnie wpływają na funkcje i usługi ekosystemów oraz na różno-

partment of Computer Science and Engineering, Independent University, Bangladesh
2Department of Computer Science and Engineering, University of Dhaka, Bangladesh,
A Review on The Impact of Satellite Imagery in Urban Policy Planning, 2018 Joint 7th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV).

¹⁵ M. Borsa, B. Zagajewski, B. Kulawik (2017), *Teledetekcja w planowaniu przestrzennym*, Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, Warszawa.

¹⁶ D. Yu, Ch. Fang, *Urban Remote Sensing with Spatial Big Data: A Review and Renewed Perspective of Urban Studies in Recent Decades*, Journal: Remote Sensing Volume 15 nr 5.

¹⁷ J. E. Patino a , J. C. Duque (2013), *A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings*, Computers, Environment and Urban Systems Volume 37, ss. 1-17.

¹⁸ D. Furberg , Y. Ban, A. Nascetti (2019), *Monitoring of Urbanization and Analysis of Environmental Impact in Stockholm with Sentinel-2A and SPOT-5 Multispectral Data*, MDPI Journal Remote Sens. 11, 2408.

rodność biologiczną¹⁹. Narzędzie teledetekcyjne zapewniają instrumenty służące do pozyskiwania danych biofizycznych ze środowiska miejskiego, rozmieszczenia roślinności i innych sektorów przyrodniczych oraz analizy morfologii²⁰. Monitorowanie roślinności, szczególnie w miastach jest niezwykle istotne ze względu na jej właściwości, chociażby naturalny efekt chłodzenia, dlatego zachowanie odpowiednich proporcji między terenami zielonymi a obszarami składającymi się ze sztucznych powierzchni, wymaga użycia szeregu narzędzi planistycznych, które mogą zostać usprawnione dzięki technologii satelitarnej. Ważna jest również odpowiednia klasyfikacja roślinności (szczególnie drzew) z uwagi na ich różny stopień pochłaniania dwutlenku węgla. Co więcej, z uwagi na politykę zrównoważonego rozwoju na obszarach miejskich, coraz częściej wdrażane są inicjatywy zarządzania i zwiększania ilości obszarów pokrytych roślinnością, które wymagają odpowiedniego monitorowania, oceny ich skuteczności oraz weryfikacji korzyści²¹. Pochłanianie dwutlenku węgla znacznie różni się w zależności od rodzaju i gatunku drzew miejskich, dlatego dogłębna analiza drzew jest niezbędna do uwzględnienia różnic w ich wkładzie w funkcjonowanie całego ekosystemu miejskiego. Prawidłowa klasyfikacja zieleni miejskiej, uzależniona jest zatem m.in. od użyteczności pozyskiwanych obrazów. Szczególnie, wskaźniki roślinności oparte na dwóch lub więcej pasmach spektralnych są skutecznym sposobem na wyodrębnienie ekofizjologicznych, fizycznych i biochemicznych cech roślinności²².

Miejskie wyspy ciepła

Prawidłowo ukształtowany, miejski ekosystem składa się z licznych terenów zielonych, wpływających na redukcję hałasu, zdolność do pochłaniania dwutlenku węgla oraz na tłumienie efektu miejskiej wyspy ciepła dzięki procesom tzw. ewapotranspiracji (parowania terenowego) skutecznie obniżających temperaturę w miastach. Tereny pokryte roślinnością pochłaniają, magazynują i odbijają ciepło w inny sposób niż beton, asfalt, metal czy cegła. Powyższe materiały są wysoce skutecznymi pochłaniaczami energii cieplnej ze Słońca²³, tworząc wyspę ciepła,

¹⁹ Tamże.

²⁰ Md. Rakin Sarder Arko, M. Raihanul Bashar, A. A Ali , M. Zaber, Md Abu Sayed, Department of Computer Science and Engineering, Independent University, Bangladesh, Department of Computer Science and Engineering, University of Dhaka, Bangladesh, *A Review on The Impact of Satellite Imagery in Urban Policy Planning*, 2018 Joint 7th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV).

²¹ J. M.A. Duncan, B. Boruff (2023) , Monitoring spatial patterns of urban vegetation: A comparison of contemporary high-resolution datasets, *Landscape and Urban Planning* Volume 233, 104671.

²² I. Cârlan, D.Haase, A. Große-Stoltenberg, I. Sandric (2020), Mapping heat and traffic stress of urban park vegetation based on satellite imagery – A comparison of Bucharest, Romania and Leipzig, Germany, *Urban Ecosystems* volume 23, ss. 363–377 .

²³ D.P. Johnson Satellites zoom in on cities' hottest neighborhoods to help combat the urban heat island effect. Dostęp: <https://www.preventionweb.net/news/satellites-zoo->

której temperatura może nawet wzrosnąć o kilka stopni Celsjusza w porównaniu do otaczających ją obszarów wiejskich. Te nieprzepuszczalne powierzchnie pokrywają częściowo śródmieścia, przedmieścia, drogi, pojazdy a nawet dachy, zakłócając naturalny efekt chłodzenia zapewniany przez roślinność, która stanowi istotny czynnik ograniczający ogrzewanie miast. Różnica temperatur pomiędzy miastem a peryferiami została zbadana na przykładzie miejskiej wyspy ciepła w Warszawie.²⁴ W poniższych tabelach wskazano dobowe zmiany różnicy w temperaturze powietrza w Warszawie (Tabela 7) a także porównanie temperatury powietrza w centrum Warszawy i na peryferiach, na przykładzie Okęcia (Tabela 8).

Tabela 7: Dienne zmiany w miejskich wyspach ciepła w Warszawie.

Pora roku	Czas pojawienia się wyspy ciepła (h)	Czas pojawienia się maximum	Czas osłabienia wyspy ciepła (h)	Podczas dnia (stopnie C)	Wartości maksymalne
Zima	16-18	21-24	6-7	$\Delta T > 0$	9.0-11.0
Wiosna	17-18	24	7-8	$\Delta T \leq 0$	9.0
Lato	18-20	22-23	6-8	$\Delta T > 0$	8.0
Jesień	16-18	21-01	6-9	$\Delta T < 0$	8.0

²⁴ m-cities-hottest-neighborhoods-help-combat-urban-heat-island-effect?quickUrl=true.
M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, K. Grabowska, Badania miejskiej wyspy ciepła w Warszawie w: Badania klimatu lokalnego na przykładzie terenów miejskich i leśnych. Dostęp: <https://wgsr.uw.edu.pl/wgsr/wp-content/uploads/2018/11/VII.-BADANIA-KLIMATU-LOKALNEGO-NA-PRZYK%C5%81ADZIETEREN%C3%93W-MIEJSKICH-I-LE%C5%9ANYCH.pdf>.

Tabela 8: Tempo ocieplenia i ochłodzenia – tendencje temperatury powietrza w centrum i na peryferiach Warszawy.²⁵

Pora roku	Tempo ocieplenia – centrum	Tempo ocieplenia – peryferia – Okęcie	Tempo spadku temperatury – centrum	Tempo spadku temperatury – peryferia – Okęcie
Zima	0.2-0.1	1.5-2.5	0.1-0.7	1.0-3.0
Wiosna	0.3-2.0	1.0-3.0	0.1-0,7	1.0-3.0
Lato	1.0	1.0-3.0	< 1.0	1-5
Jesień	1.0-2.0	1.0-3.0	1.0-2.0	2.0 – 3.0

Tereny śródmiejskie, o gęstej zabudowie przestrzennej, cechują się powolniejszym tempem wychładzania i nagrzewania w porównaniu do peryferyjnych, szczególnie w okresie letnim.²⁶ Brak kontroli nad tym zjawiskiem może powodować zagrożenia dla zdrowia (nadmierne ciepło może prowadzić do wyczerpania cieplnego, udaru cieplnego, odwodnienia a nawet śmierci w przypadku długotrwałej ekspozycji) i wyższe zużycie energii w miastach²⁷. Na zużycie energii w budynkach ma wpływ wiele czynników, wśród których znajduje się temperatura otoczenia, ponieważ bezpośrednio oddziałuje na funkcjonowanie systemu ogrzewania czy chłodzenia i wpływa na poziom zużycia energii. Powszechnie uznaje się, że miejskie wyspy ciepła mogą zmniejszyć zużycie energii na ogrzewanie budynku i zwiększyć na jego chłodzenie. Według niektórych badań obciążenie chłodnicze typowych budynków na obszarach miejskich jest średnio o 13% wyższe niż na obszarach wiejskich. Dla projektowania zrównoważonej infrastruktury energetycznej niezbędne jest zatem dokładne i ilościowe zrozumienie wpływu zjawiska miejskiej wyspy ciepła na zużycie energii w budynkach²⁸.

²⁵ M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, K. Grabowska, Badania klimatu lokalnego na przykładzie terenów miejskich i leśnych. 7.1. Badania miejskiej wyspy ciepła w Warszawie. Dostęp: <https://wgssr.uw.edu.pl/wgssr/wp-content/uploads/2018/11/VII.-BADANIA-KLIMATU-LOKALNEGO-NA-PRZYK%C5%81ADZIETEREN%C3%93W-MIEJSKICH-I-LE%C5%9ANYCH.pdf>.

²⁶ M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, K. Grabowska, Badania klimatu lokalnego na przykładzie terenów miejskich i leśnych. 7.1. Badania miejskiej wyspy ciepła w Warszawie. Dostęp: <https://wgssr.uw.edu.pl/wgssr/wp-content/uploads/2018/11/VII.-BADANIA-KLIMATU-LOKALNEGO-NA-PRZYK%C5%81ADZIETEREN%C3%93W-MIEJSKICH-I-LE%C5%9ANYCH.pdf>.

²⁷ Eurisy, Vienna: Adapting urban planning to climate change with the support of satellite imagery. Dostęp: <https://www.eurisy.eu/stories/vienna-adapting-urban-planning-to-climate-change-with-the-support-of-satellite-imagery/>.

²⁸ Xiaoma Li, Yuyu Zhou, Sha Yu, Gensuo Jia, Huidong Li, Wenliang Li (2019), Urban heat

Instrumenty satelitarne pozwalają mapować i mierzyć miejską wyspę ciepła na powierzchni z dużą szczegółowością, umożliwiając identyfikację społeczności narażonej na ekstremalne upały. W przeciwieństwie do wykonywanych na stacjach pomiarowych, punktowych pomiarów temperatury powietrza, dane satelitarne jako jedyne pozwalają na pomiar temperatury powierzchni w każdej części miasta²⁹. Oprócz mapowań przestrzennych i czasowych zmian temperatury powierzchni Ziemi (LTS), obrazowania satelitarne pomagają identyfikować czynniki, które przyczyniają się do efektu wysp ciepła. Dane multispektralne mogą pomóc w identyfikacji różnych materiałów powierzchniowych tj. asfaltu i roślinności oraz pomóc w rozróżnieniu typów miejskich wysp ciepła, rozdzielczość przestrzenna zwiększa dokładność analizy miejskich wysp ciepła a analiza rozdzielczości czasowej pomaga w identyfikacji zmian temperatury w czasie a także może dostarczyć cennych informacji na temat przyczyn efektów zjawiska miejskiej wyspy ciepła³⁰.

Opis przypadku 1:

Ocena zmian pokrycia i użytkowania terenów

W 2019 roku, na przykładzie rozwoju miasta Tirunelveli w stanie Tamilnadu w Indiach, opublikowano badania³¹ demonstrujące zalety łączenia obrazów satelitarnych z wielu czujników w celu oceny zmian pokrycia i użytkowania terenów *Land Use and Land Cover* (LULC), temperatury, przepuszczalności powierzchni oraz w celu identyfikacji powstania miejskich wysp ciepła. Na potrzeby wskazania zmian w użytkowaniu gruntów i pokrycia terenu, dla lat 2007 oraz 2017 zostały połączone obrazy Landsat-7 ETM+ oraz IRS-LISSIII. Analiza wykazała, że w podanych latach miasto przeszło szybką urbanizację w średnim tempie 4%, miejskie obszary zabudowane wzrosły o 32% a żyzne pola uprawne zmniejszyły się o 59% przekształcając się głównie w działki. Roślinność oraz pokrywa leśna wykazały znaczny spadek i przekształcone zostały w obszary miejskie. Wpływ na klimat LULC i na spadek przepuszczalności powierzchni, na podstawie badań, był widoczny w średnim wzroście LTS o 1,3°C. Analiza wykryła, wyższe wartości temperatury powierzchni Ziemi dla stref LULC o niższej pokrywie roślinnej

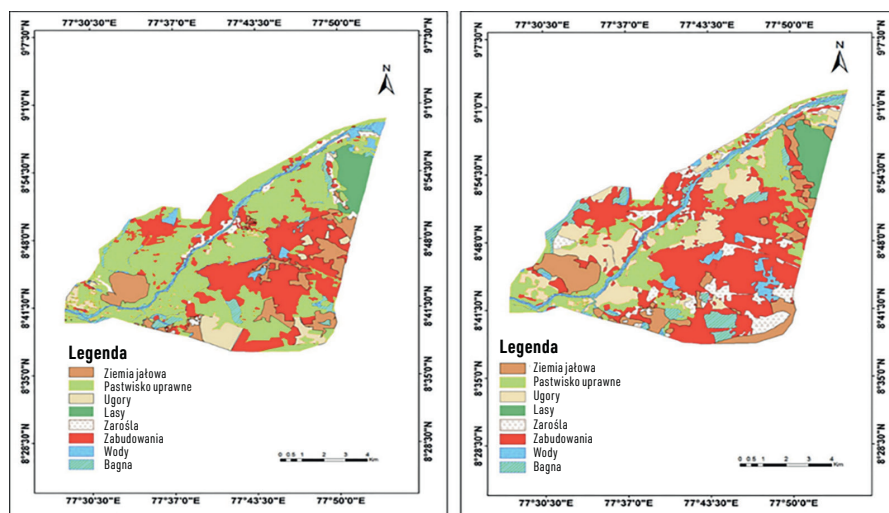
island impacts on building energy consumption: A review of approaches and findings, Energy Volume 174, ss. 407-419.

²⁹ Altair Agencja Lotnicza, Dane satelitarne w walce z efektami upałów w miastach. Dostęp: https://www.altair.com.pl/news/view?news_id=37838.

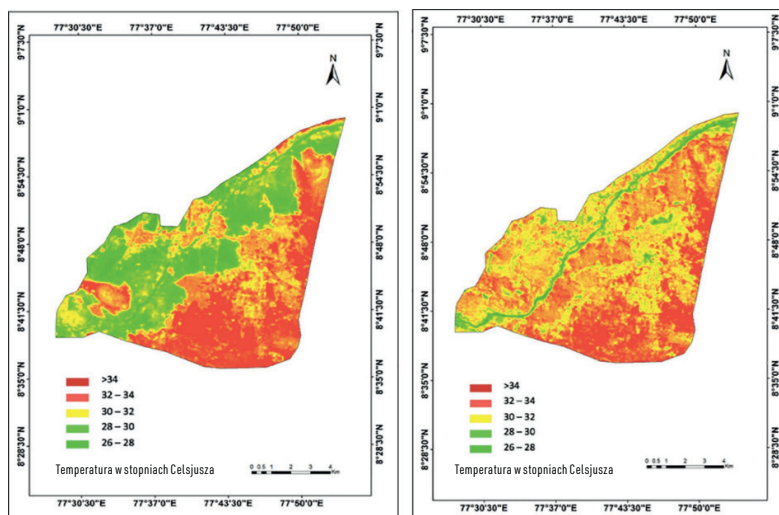
³⁰ M. Frąckiewicz TS2, The Role of Satellite Imaging in Urban Heat Island Analysis. Dostęp: <https://ts2.space/en/the-role-of-satellite-imaging-in-urban-heat-island-analysis/>.

³¹ R. Padmanaban , A. K. Bhowmik, P.Cabral, Satellite image fusion to detect changing surface permeability and emerging urban heat islands in a fast-growing city, PLOS ONE.

(np. ugorowane i jałowe grunty), miejskich obszarów zabudowanych oraz o niższej przepuszczalności powierzchni i odwrotnie³².



Rysunek 16: Sklasyfikowane mapy użytkowania gruntów i pokrycia terenu (LULC) miasta Tirunelveli dla 2007 (a) i 2017 (b.)³³



Rysunek 17: Mapy temperatury powierzchni ziemi (LST) miasta Tirunelveli dla (a) 2007 i (b) 2017³⁴.

³² Tamże.

³³ Satellite image fusion to detect changing surface permeability and emerging urban heat islands in a fast-growing city. Fig 3 Classified landuse and landcover (LULC) maps of Tirunelveli city for 2007 (a) and 2017 (b). Dostęp: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208949.g003>.

³⁴ Satellite image fusion to detect changing surface permeability and emerging urban heat islands in a fast-growing city. Fig 5 Land Surface Temperature (LST) maps of the Tirunelveli city for (a) 2007 and (b) 2017. Dostęp: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208949.g005>.

Platforma CREODIAS

CREODIAS jest platformą zapewniającą usługi komercyjne dla Copernicus Data Space Ecosystem, oferowanego przez konsorcjum T-Systems (lider), CloudFerro, ACRI-ST, RHEA, Sinergise, VITO oraz DLR. Dzięki tej platformie możliwy jest natychmiastowy dostęp do usług i danych satelitów Copernicus Sentinel, danych ESA/Landsat i Envisat oraz innych EODATA³⁵. Taki dostęp pozwala na analizę danych (repozytorium gotowych do użycia 30 PB archiwalnych oraz aktualnych danych EO) w celu np. identyfikacji obszarów najbardziej zagrożonych wystąpieniem miejskiej wyspy ciepła. Dzięki przepływowi pracy w chmurze z repozytorium danych EO, naukowcy mają możliwość automatyzacji procesów, obliczania dużych ilości danych oraz zmian w czasie. W celu poprawy jakości życia mieszkańców i pomocy władzom lokalnym w tej kwestii, analitycy mogą odszukać wzorce przestrzenne, aby lepiej zrozumieć zjawiska zachodzące w przestrzeni miejskiej. Ma to szczególne znaczenie dla mikroklimatycznego funkcjonowania miast³⁶.



Rysunek 18: Fenomen wyspy ciepła w Warszawie w roku 2022.³⁷

³⁵ Creodias, CREODIAS is a seamless environment that brings processing to Earth Observation data. Dostęp: <https://creodias.eu/what-is-creodias/>.

³⁶ Cloudferro, How satellite data can be used to improve comfort of city residents. Dostęp: <https://cloudferro.com/en/blog/how-satellite-data-can-be-used-to-improve-comfort-of-city-residents/>.

³⁷ Dostęp: <https://cloudferro.com/en/blog/how-satellite-data-can-be-used-to-improve-comfort-of-city-residents/>.

15. WSPARCIE DLA ORGANÓW ŚCIGANIA: NIELEGALNA WYCINKA LASU, NIELEGALNE SKŁADOWANIE ODPADÓW

W celu zwalczania przestępczości, siły policyjne wykorzystują już od dawna możliwości technologiczne, jednak obecnie za pomocą technik satelitarnych możliwe jest przeniesienia walki z przestępczością na znacznie wyższy poziom. Jest to możliwe w szczególności poprzez połączenie możliwości dronów i technologii kosmicznych. Przykładem może być system S-EDGE, w ramach którego drony są zbudowane tak, aby badać i patrolować wyznaczony obszar, jednocześnie stale przysyłając dane do centralnej platformy. Każdy dron jest wyposażony w kamery optyczne i termowizyjne. Dzięki infrastrukturze sieci 5G i łączności satelitarnej mogą one przysyłać użytkownikom dane w czasie rzeczywistym, w tym strumieniować wideo¹.

Zdjęcia satelitarne o wysokiej rozdzielczości i dane GIS (*Geographic Information System*) pozwalają analitykom identyfikować punkty zapalne, wraz z innymi trendami i wzorcami mapowania przestępczości. Mapy GIS i aplikacje do mapowania danych o przestępczości stały się niezbędnym narzędziem pracy organów ścigania na całym świecie, prawdopodobnie jednym z najbardziej wartościowych dostępnych narzędzi. Mapowanie przestępczości jest kluczowym elementem analizy przestępczości. Zdjęcia satelitarne mogą wyświetlać ważne informacje na temat działalności przestępczej w całym kraju i na całym świecie. Dodatkowa funkcjonalność zdjęć satelitarnych i map GIS zwiększyła możliwości walki z przestępczością ze względu na wydajność i szybkość wyszukiwania danych oraz analizy w celu wykrywania przestępstw. Mapy GIS pozwalają analitykom nakładać na siebie inne zbiory danych, takie jak dane demograficzne, lokalizacje sklepów, banków i szkół itp., aby lepiej zrozumieć przyczyny przestępczości i pomóc organom ścigania w opracowaniu strategii radzenia sobie z problemem. GIS jest również przydatny w operacjach organów ścigania, takich jak przydzielanie funkcjonariuszy policji i wysyłanie ich do nagłych wypadków².

1 Satellite Imaging Corporation, Crime Mapping. Dostęp: <https://www.satimagingcorp.com/applications/defense-mapping/crime-analysis/>.

2 Tamże.

Skutecznym wsparciem w ściganiu przestępczości są tzw. dane alternatywne, które stanowią zbiór informacji o zachowaniach, nawykach, zainteresowaniach i transakcjach przeprowadzanych przez daną osobę i uzyskanych z nietradycyjnych źródeł. Dane pochodzą między innymi z takich źródeł jak sieci społecznościowe, satelity, czujniki, transakcje kartami kredytowymi i paragony zakupowe przechowywane w wiadomościach e-mail. Te nowe źródła danych są coraz bardziej popularne w wykrywaniu oszustw i powstrzymywaniu kradzieży tożsamości. Dane alternatywne mogą pomóc firmom poprawić wskaźniki predykcyjne, zmaksymalizować zyski i zmniejszyć nieprzewidziane ryzyko, zapewniając bezpieczeństwo i oferując więcej niż tylko duże zbiory danych. Należy jednak pamiętać, że nie wszystkie dane są identyczne. Źródła danych różnią się między sobą, podobnie jak korzyści, jakie oferują w zakresie wykrywania oszustw³.

Opis przypadku 1:

Zwalczanie nielegalnych kopalni

na terenie Amazonii

Istotne znaczenie danych satelitarnych zostało wykazane na przykładzie zwalczania nielegalnych kopalni złota na terenie Amazonii.

Zdjęcia satelitarne dostarczyły niezbitych dowodów na obecność nielegalnej działalności górniczej na terenie parku narodowego. Służba ochrony lasów Amazonii (ACT – *Amazonian Conservation Team*) udostępniła zdjęcia wykonane przez satelity Maxar (wykonały one wysokiej rozdzielczości zdjęcia satelitarne ponad 200 000 mil² rzeki Puré). Umożliwiło to organom ścigania wykonanie skutecznych działań weryfikacyjnych i egzekwujących prawo. Od 2020 r. na podstawie zdjęć satelitarnych zidentyfikowały 168 barek górniczych w rzece Puré, były więc one istotnym narzędziem w walce z nielegalną działalnością górniczą, pomagając zidentyfikować skalę problemu i katalizując działania w zakresie egzekwowania prawa w terenie⁴.

³ Credolab, How to detect fraud using a combination of alternative data sources. Dostęp: <https://www.credolab.com/blog/how-to-detect-fraud-using-a-combination-of-alternative-data-sources>.

⁴ B. Hettler, MAXAR, Combating Illegal Gold Mining in the Amazon Rainforest With Maxar's High-Resolution Satellite Imagery. Dostęp: <https://blog.maxar.com/earth-intelligence/2022/combating-illegal-gold-mining-in-the-amazon-rainforest-with-maxars-high-resolution-satellite-imagery>.

Opis przypadku 2:

Dane satelitarne dostarczane przez SatCen.

SatCen jest zaangażowany w dostarczanie organom UE produktów geoprzestrzennych wykorzystywanych dla celów zwalczania przestępczości i poprawy bezpieczeństwa międzynarodowego, takich jak kontrola granic, terroryzm, piractwo, nielegalne uprawy lub transgraniczne spory państwowe:

- **Kontrola granic** – większość regionów, w których dochodzi do takich zdarzeń, jest trudno dostępna, teledetekcja jest kluczowym narzędziem wykorzystywanym do pomocy oficjalnym podmiotom UE
- **Terroryzm** – EU SatCen zapewnia analizę geoprzestrzenną konkretnych aspektów działalności terrorystycznej, takich jak obozy szkoleniowe terrorystów lub przemyt broni. Zdjęcia satelitarne, w połączeniu z innymi danymi przestrzennymi, są również wykorzystywane do opracowywania przestrzennych modeli podatności na zagrożenia terrorystyczne
- **Piractwo i analiza wybrzeża** – piractwo stanowi ciągłe zagrożenie dla żeglugi międzynarodowej, powodującym nie tylko straty ekonomiczne, ale przede wszystkim ofiary w ludziach. EU SatCen może dostarczać władzom UE informacje geoprzestrzenne pochodzące ze zdjęć satelitarnych w celu powstrzymywania, zapobiegania i tłumienia aktów piractwa. Dane teledetekcyjne są wykorzystywane nie tylko do analizy aktywności statków przybrzeżnych, ale także do analizy infrastruktury piratów śródlądowych (obozów pirackich) wykorzystywanej do wspierania operacji pirackich
- **Narkotyki/nielegalne uprawy** – mulitspektralne i hiperspektralne zdjęcia satelitarne przyczyniają się do rozróżnienia różnych rodzajów upraw narkotyków, tym samym umożliwiając ich skuteczne zwalczanie. Algoritmy przetwarzania obrazu są stosowane w szerokim zakresie widma elektromagnetycznego w celu oceny pewnych cech upraw, takich jak wilgotność, chlorofil lub wskaźnik powierzchni liści, co z kolei może dostarczyć informacji na temat rodzaju badanej uprawy⁵.

Zwalczanie nielegalnego składowania odpadów

Nielegalne składowiska odpadów są zjawiskiem powszechnym. Nie tylko zagrażają one środowisku jako takiemu, lecz są dodatkowo źródłem innych zdarzeń szkodowych, w tym przede wszystkim pożarów. Wg. Inspekcji Ochrony Środowiska do dnia 31 maja 2022 r. odnotowano co najmniej 282 pożary, z czego zdecydowana

⁵ Satcen, European Union Satellite Centre, General Crime And Security Surveillance. Dostęp: https://www.satcen.europa.eu/services/general_crime_and_security_surveillance.

większa część (ok. 74 proc.) wystąpiła w nielegalnych miejscach magazynowania odpadów. **Według danych Głównego Urzędu Statystycznego, pod koniec 2021 r. w Polsce istniało aż 2246 miejsc nielegalnego składowania odpadów, czyli o 238 więcej niż 31.12..2020 r.⁶, natomiast ich wykrywalność jest dość niska**, jako, że wg Departamentu Inspekcji GIOŚ szacunkowych danych wynika, że w 2021 r. na terenie kraju ujawniono tylko 318 miejsc niezgodnego z prawem nagromadzenia odpadów. Najświeższe policyjne statystyki dotyczące przestępstw przeciwko środowisku pochodzą z 2020 r. W ramach nieodpowiedniego postępowania z odpadami wszczęto wtedy 454 postępowania i stwierdzono 352 przestępstwa. W 2019 r. były to kolejno wartości: 412 oraz 167⁷.

GIOŚ, w opublikowanej w maju br. informacji o realizacji zadań Inspekcji Ochrony Środowiska za 2020 r. wskazał, że przypadki nielegalnej gospodarki odpadami stwierdzono w obszarze rekultywacji wyrobisk po wydobyciu złóż kopalnych (36% wszystkich przypadków), spalania odpadów poza wyznaczonymi instalacjami (16%), naruszania warunków posiadanych decyzji skutkujących zagrożeniem dla zdrowia i środowiska (11%), unikania opłat, np. poprzez porzucanie odpadów (8%), niewłaściwej klasyfikacji odpadów pochodzących z sektora rolnego (6%), fałszowania dokumentacji związanej w związku z gospodarką odpadami (2%), prowadzenia nielegalnego demontażu zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (0,002%) i innych praktyk (ok. 21%).

Podejmowane w ostatnich latach przez państwo działania w celu ograniczenie procederu nielegalnego deponowania odpadów niebezpiecznych, takie jak np. zakaz przywozu z zagranicy odpadów niebezpiecznych, objęcie przywozu odpadów Systemem Elektronicznej Notyfikacji Transportów (SENT), utworzenie w Inspektoratach Ochrony Środowiska (Głównym i kilku wojewódzkich) specjalnych struktur do walki z deponowaniem odpadów niebezpiecznych w miejscach nieprzeznaczonych do ich składowania lub magazynowania, czy zaostrzenie kar za przestępstwa i wykroczenia przeciwko środowisku, nie przyniosło dotąd efektów w postaci znaczącego zmniejszenia tego zjawiska. Z informacji, jakimi dysponuje Inspekcja Ochrony Środowiska (wyłącznie dane szacunkowe) wynika, że liczba ujawnionych miejsc nielegalnego deponowania odpadów niebezpiecznych w okresie objętym kontrolą utrzymywała się na zbliżonym poziomie – w 2019 r. było to 76 przypadków, w 2020 r. – 132, w 2021 r. – 125, a do początku września 2022 r. – 100⁸.

⁶ Forbes, Polska tonie w (nielegalnych) śmieciach. „Odpady wrastają w ciała piskląt, bądź splątują im nogi i gardła, co prowadzi do bolesnej i długiej śmierci. Dostęp: <https://www.forbes.pl/life/wydarzenia/nielegalne-wysypiska-smieci-rozpad-odpadow-moze-tworzyc-substancje-zagrazajace-zyciu/43bv5q6>.

⁷ Teraz środowisko, GIOŚ: w 2021 r. wykryto 318 miejsc nielegalnego składowania odpadów. Dostęp: <https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/gios-nielegalne-skladowiska-odpadow-11257.html>.

⁸ Najwyższa Izba Kontroli, Usuwanie Nielegalnie Składowanych Odpadów Niebezpiecznych. Dostęp: <https://www.nik.gov.pl/plik/id,27551,vp,30367.pdf>.

Zdjęcia satelitarne i teledetekcja były szeroko wykorzystywane do monitorowania użytkowania gruntów i pokrycia terenu. Wraz z rosnącą dostępnością zdjęć satelitarnych o bardzo wysokiej rozdzielczości (VHR) rejestrowanych w krótszym czasie, możliwe stało się wykrywanie składowisk odpadów zarówno pod względem wielkości, jak i rodzajów składowanych odpadów. Staje się to coraz ważniejsze w wykrywaniu i monitorowaniu nielegalnych wysypisk śmieci, które pojawiły się na całym świecie. Aby zapobiec katastrofom ekologicznym, ważne jest, aby te nielegalne wysypiska były skutecznie i dokładnie identyfikowane. Aby rozwiązać problem powolnego charakteru ręcznego wykrywania składowisk odpadów, jedna z naukowiec, Anupama Rajkumar Sztaki, zbadała, czy zdjęcia satelitarne VHR dostarczone przez European Space Imaging można połączyć z zaawansowanymi technikami głębokiego uczenia się w celu zautomatyzowania wykrywania składowisk odpadów⁹. Rządy i organy regulacyjne stoją przed wieloma wyzwaniami, jeśli chodzi o wykrywanie miejsc nielegalnego składowania odpadów, a zarządzanie tymi nielegalnymi składowiskami jest zwykle żmudnym zadaniem, które wymaga znacznych zasobów przy niskim poziomie zaufania społecznego. Obecnie rządy w dużej mierze polegają na donosach, co jest niewiarygodną i nieefektywną metodą. Ponadto wykrywanie za pomocą kamer wideo i bezzałogowych statków powietrznych jest zarówno czasochłonne, jak i kosztowne, dlatego też poszukuje się innowacyjnych rozwiązań do walki z tym problemem na całym świecie. Przed zastosowaniem teledetekcji i zaawansowanych technik głębokiego uczenia, metody wykrywania składowisk odpadów opierały się na identyfikacji wizualnej, a następnie metodach klasyfikacji w celu identyfikacji i mapowania nielegalnych składowisk. Na potrzeby opisywanego badania skupiono się na automatycznym wykrywaniu składowisk odpadów niezależnie od ich rodzaju. Po wdrożeniu kilku architektur typu deep learning do segmentacji semantycznej i przeanalizowaniu wskaźników wydajności i wyników przewidywania z każdego z nich, można stwierdzić, że składowiska odpadów można z powodzeniem wykrywać na podstawie multispektralnych obrazów VHR z dokładnością około 90%. W przyszłości należy rozważyć tworzenie zbiorów danych zawierających określone materiały odpadowe, takie jak plastik lub szkło, ponieważ doprowadziłoby to do poprawy dokładności przewidywania.

Metodyka szacowania korzyści

⁹ Combining VHR Satellite Imagery and Deep Learning to Detect Landfills (2021). Dostęp: <https://www.euspaceimaging.com/combining-vhr-satellite-imagery-and-deep-learning-to-detect-landfills/>.

z wykorzystania danych satelitarnych

Przy dokonywaniu obliczeń wzięte zostały pod uwagę następujące czynniki i dane:

- Dane satelitarne mogą doprowadzić potencjalnie do automatycznego wykrycia nawet 90% nielegalnych składowisk odpadów (przy zastosowaniu parametrów wskazanych w wyżej opisanym badaniu Pani Anapumy Szteki).
- Biorąc pod uwagę wyżej wskazane dane w Polsce istnieje około 2246 miejsc nielegalnego składowania odpadów, co oznacza, że przy zastosowaniu metody opisanej w ww. badaniu potencjalnie można by było wykryć około 2 000 naruszenia przepisów dotyczących gospodarowania odpadami.
- Zgodnie z przepisami ustawy o odpadach, za nieprawidłowe przechowywanie odpadów (art. 194 ustawy o odpadach wymienia szereg zachowań sprzecznych z prawem), przewidziane są administracyjne kary pieniężne w wysokości od **1 tys. zł aż do 1 mln zł** (art. 194 ust. 4 i 5 Ustawy o odpadach.).
- Mając powyższe na uwadze, dochody budżetu państwa z tytułu administracyjnych kar pieniężnych nałożonych na podstawie ww. art. 194 ustawy o odpadach mogłyby wynieść w przedziale od **2 mln zł do 2 mld zł** w zależności od typu zdarzenia lub innych okoliczności.

Ściganie przestępstw polegających na kradzieży drewna

Zgodnie z informacjami opublikowanymi przez Dyрекję Generalną Lasów Państwowych (kradzieże drewna) w ostatnich latach odnotowano 3443 przypadki kradzieży drewna, w wyniku których skradziono 10 026,80 m³ drewna (w 2015 r.: 4126 przypadków kradzieży drewna, w wyniku których skradziono 12 512,90 m³ drewna).

Powszechnym sposobem wykrywania przestępstw w tym zakresie jest stosowanie monitoringu wizyjnego oraz analizy DNA drewna. Sposoby te są wykorzystywane w postępowaniu dowodowym prowadzonych spraw. Według oceny Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych głównymi przyczynami kradzieży drewna z lasów są: (1) specyfika określonych regionów kraju (lokalne przyzwolenie na tego typu proceder), (2) zmiana przepisów prawa karnego w 2013 r., która spowodowała, że 90% przypadków kradzieży drewna o wartości do wysokości $\frac{1}{4}$ minimalnego wynagrodzenia kwalifikowana jest jako wykroczenia, charakteryzujące się relatywnie łagodnymi sankcjami, co powoduje poczucie bezkarności wśród sprawców (przy tym częste przypadki odstępowania od wymierzenia kary z uwagi na znikomą szkodliwość czynu), (3) nieprzestrzeganie cechowania drewna

pozyskiwanego w lasach prywatnych oraz duże ilości drewna pochodzącego z za-
drzewień, pasów drogowych itp., (4) coraz liczniejsze przypadki kradzieży drewna
przez zorganizowane grupy przestępcze, (5) brak ewidencjonowania drewna
w punktach przerobu. Wycinane są wartościowe drzewa oraz fragmenty lasu, co
często połączone jest z jego dewastacją. Kradzieże obejmują zarówno nielegalny
wyręb drzew, jak i wywóz drewna zmagazynowanego w stosach¹⁰.

Zgodnie z danymi Generalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w latach 2015-2016
liczba przypadków kradzieży drewna i drzewa w Polsce oscylowała wokół 3000-
4000, a wartość szkód z tego tytułu to około 2 048 990 – 2 603 630 zł¹¹ (ogólne
bezprawne korzystanie z lasu obejmowało w latach 2020-2021 średnio około 45
000 przypadków rocznie i spowodowało szkody o wartości między 5 546 600
a 6 149 000 zł (średnio 5 847 800 zł). Przydatność danych satelitarnych w przy-
padkach przestępstw polegających na kradzieży drewna może obejmować przede
wszystkim prewencję przestępczości w tym zakresie, a to głównie z uwagi na
niewymierność ekonomiczną konsekwencji objętych prawem karnym, oraz słabą
skuteczność środków odszkodowawczych (z uwagi na przekrój społeczny pocho-
dzenia sprawców, oraz słabą ich wykrywalność).

Jak wynika z danych opartych na badaniach prowadzonych w innych krajach,
w szczególności zagrożonych wylesianiem (deforestacją), przykład regionu Ama-
zonii oraz Indii może pokazać najbardziej wymierne rezultaty. Według *Global
Forest Watch*, w latach 2001-2020 Indie straciły 354 000 – hektarów pokrywy
drzewnej, co stanowi spadek o 3,5% od 2000 roku. Wylesianie to przekształcanie
obszarów leśnych w tereny nieleśne, takie jak grunty orne, tereny miejskie, obsza-
ry wyrębu lub nieużytki definiuje Organizacja Narodów Zjednoczonych do spraw
Wyżywienia i Rolnictwa (FAO)¹².

Wzrost jakości i ilość danych teledetekcyjnych ma niewątpliwie wpływ na sku-
teczny monitoring wylesiania, w szczególności w połączeniu z kontrolą naziem-
ną, która stosowana jako wyłączone źródło pozyskiwania informacji na temat wy-
lesiania była zarówno kosztowna i czasochłonna, w szczególności w przypadku
konieczności monitorowania rozległych obszarów. Tak, też skuteczność danych
satelitarnych polega w tym przypadku głównie na krótkim czasie potrzebnym do
zobrazowania rozległego obszaru leśnego. Na przykład satelity należące do kon-
stelacja *EarthScanner* są w stanie zarejestrować do 40 000 km² w trakcie jedno-
go przelotu nad danym obszarem. Możliwość skorzystania z danych archiwalnych
dodatkowo umożliwia analizę trendów pokrywy leśnej, a to umożliwia podejmowanie
przez administrację decyzji o długofalowych skutkach. Pomiary współ-

¹⁰ Źródło: Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych.

¹¹ Źródło: dane Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych.

¹² UP42, DATA STORIES Tackling deforestation in India: Why you need satellite data.
Dostęp: [https://up42.com/blog/tackling-deforestation-in-india-why-you-need-satellite-
-data](https://up42.com/blog/tackling-deforestation-in-india-why-you-need-satellite-data).

czynnika odbicia roślinności są wykorzystywane do uzyskiwania wskaźników wegetacji podkreślających specyficzne cechy roślinności, takie jak zawartość wody w koronie i zieloność. Oferują one wysoką rozdzielczość czasową z regularnymi rewizytami na tych samych obszarach, co przyspiesza wykrywanie wylesiania. Mapowanie granic lasu przy użyciu technik pobierania próbek naziemnych jest kosztowne i czasochłonne, nie wspominając o tym, że na niektórych obszarach jest niemożliwe. Co więcej, może przynieść niedokładne wyniki. Znacznie więc lepszą alternatywą jest wykorzystanie obserwacji satelitarnych. W szczególności wyodrębnianie zasięgów lasów z map użytkowania gruntów (LULC) generowanych na podstawie zdjęć satelitarnych. Algorytmy przetwarzania szybko generują mapy LULC w odpowiedniej skali. Na przykład, stosując model klasyfikacji gruntów oparty na głębokim uczeniu AI do cotygodniowych zdjęć Sentinel-2, Impact Observatory stworzyło 10-klasową mapę LULC planety – w mniej niż tydzień. Innym doskonałym narzędziem jest segmentacja obrazu linii terenu. Określa ona główne klasy pokrycia terenu, strefy zarządzania roślinnością i naturalne cechy powierzchni ziemi za pomocą kilku wielokątów GeoJSON o określonym rozmiarze. Na przykład, korzystając z ogólnodostępnych multispektralnych zdjęć satelitarnych Sentinel-2 o rozdzielczości 10 metrów, każdy segment wieloboku linii terenu ma od 8 do 10 hektarów. Oznacza to, że pojedyncza klasa może być wyznaczona przez kilka sąsiednich wielokątów. Wyjściowe linie są zatem pomocne jako dane wyjściowe dla procesów klasyfikacji cech.

W Brazylii natomiast, przeprowadzone badania ze skutków stosowania zobrażenia satelitarnego potwierdziły spadek wylesiania w ostatnich pięciu latach o 101 073 km². Porównanie roku 2022 do 2023 wskazuje na spadek deforestacji o 60% (59 511 km²), a z tego również około 60% przypisywane jest monitorowaniu satelitarnemu i zwiększonemu egzekwowaniu prawa¹³. Należy mieć jednak na uwadze, że WWF przedstawia dane dotyczące wylesiania w inny sposób¹⁴. Opierając się na szacunkach Counterfactual 1 652 216 km² lasów zostało uratowanych w latach 2000-2015 w regionie Amazonii z powodu obecności satelitów (43 481 km² rocznie). Oznacza to także średnią zredukowaną emisję 24 Pg CO₂ do atmosfery w badanym przez okresie, w przedziale 22,2-25,5 Pg CO₂ (badanie przeprowadzone w oparciu o indywidualne mapy gęstości węgla)¹⁵.

¹³ R.A. Butler, Brazil's satellite monitoring reduced Amazon deforestation by 60,000 sq km in 5 years. Dostęp: <https://news.mongabay.com/2013/05/brazils-satellite-monitoring-reduced-amazon-deforestation-by-60000-sq-km-in-5-years/>.

¹⁴ World Wide Fund for Nature, Deforestation in the Amazon remains at high levels, with a rate of 11,568 km² in 2022. Dostęp: <https://www.wwf.org.br/?84261/Deforestation-in-the-Amazon-remains-at-high-levels-with-a-rate-of-11568-km2-in-2022>.

¹⁵ K. Mullan, T. Biggs, J. Caviglia-Harris, J.R. Ribeiro, T.O. Santiago, E. Sills, and T. A. P. West, Estimating the Value of NearReal-Time Satellite Information for Monitoring Deforestation in the Brazilian Amazon. Dostęp: https://media.rff.org/documents/WP_22-22.pdf.

Jednym z wielu projektów, który można przytoczyć jako przykład, jest Projekt Manoa REDD+ realizowany jako partnerstwo pomiędzy Biofíllica i Grupo Triângulo, a zlokalizowany na farmie Manoa, w mieście Cujubim, w stanie Rondônia, na obszarze 74 038,7 hektarów. Zarządzający tym obszarem są pionierami w zakresie zrównoważonej gospodarki leśnej i jednym z niewielu obszarów leśnych pozostających na terenach prywatnych w regionie, stale zagrożonych inwazją i kradzieżą drewna. Manoa ma ogromne znaczenie dla łączności krajobrazowej, ponieważ znajduje się w pobliżu jednostek ochrony przyrody i zapewnia schronienie kilku gatunkom. Zastosowanie obserwacji satelitarnej w tym projekcie ma potencjał korzyści dla klimatu, poprzez uniknięcie emisji ekwiwalentu CO₂ na poziomie 279 290 ton rocznie lub 8 378 697 ton CO₂ w ciągu 30 lat trwania projektu. Odpowiada to 22 118 hektarom wylesień, których udało się uniknąć.

Oprócz tego, należy podkreślić także znaczące korzyści dla społeczności polegające na własnej infrastrukturze gospodarki leśnej o niskim wpływie na środowisko. Korzyści dla lokalnej społeczności i innych zainteresowanych stron będą koncentrować się na szkoleniu członków lokalnych stowarzyszeń i pracowników gospodarstw rolnych w kwestiach takich jak systemy rolno-leśne, rolnictwo niskoemisyjne, zrównoważona gospodarka leśna, edukacja środowiskowa i stowarzyszeniowa, ze szczególnym uwzględnieniem młodych odbiorców w regionie i małych lokalnych producentów. Kolejną korzyścią będzie wsparcie w tworzeniu wykwalifikowanej siły roboczej do działania w certyfikowanym łańcuchu gospodarki leśnej i nieдрzewnej, poszukując regionalnego zasięgu dla docelowej publiczności. Projekt ten przynosi także korzyści dla bioróżnorodności poprzez utrzymanie pokrycia lasów, zapobieganie wylesianiu około 23 000 hektarów w ciągu 30 lat trwania projektu, ochronę 177 gatunków flory i ponad 360 zidentyfikowanych gatunków fauny. Spośród tych gatunków 12 to ssaki, a 9 to ptaki zagrożone, a także utrzymanie korytarzy ekologicznych z jednostkami ochrony stanu Rondônia i zmniejszenie tym samym negatywnego wpływu degradacji regionu¹⁶.

Mając więc powyższe na uwadze, można by przyrównać powyższe dane do przestępstw związanych z nieuprawnionym korzystaniem z lasów w Polsce. Użycie satelitów do tego celu mogłoby mieć zatem efekt prewencyjny i doprowadzić do zmniejszenia szkód tym spowodowanych ze średnio 5 847 800 zł nawet o 60%. Oprócz społecznych korzyści płynących ze ścigania przestępstw, rozwój zasad zrównoważonego rozwoju, np. w obszarze zarządzania łańcuchem dostaw poszczególnych przedsiębiorstw może być istotnie wspomagany przez możliwości historycznej i bieżącej analizy ryzyka wylesiania oraz śledzeniu postępów w realizacji zobowiązań w zakresie zrównoważonego rozwoju przez dostawców znajdujących się w łańcuchu dostaw.

16 Orbify Review – Manoa REDD+ Project ORBIFY REVIEW. Dostęp: <https://orbify.com/blog/orbify-review-june-2023>.

System oparty na wykorzystaniu danych satelitarnych w ściganiu niektórych przestępstw może doprowadzić do zwiększenia efektywności egzekwowania przepisów prawa. Oprócz przychodów z kar dla budżetu państwa z tytułu nielegalnego składowania **(odpadów od 2 mln do 2 mld zł)** można osiągnąć znaczne korzyści na polu prewencji ogólnej przestępczości na skutek wzmocnienia nieuchronności kary. Takie korzyści można by osiągnąć w szczególności w zakresie nielegalnej wycinki drzew lub kradzieży drewna.

16. MONITORING ZANIECZYSZCZENIA RZEK/WÓD

Monitorowanie jakości wody ma fundamentalne znaczenie dla zrównoważonej gospodarki wodnej. Dostarcza niezbędnych danych i informacji, które charakteryzują fizyczny, chemiczny i/lub biologiczny stan zasobów wodnych. Dane i informacje dotyczące jakości wody mają kluczowe znaczenie dla oceny trendów i zmian jakości wody w światowych zasobach słodkowodnych oraz identyfikacji pojawiających się problemów związanych z jakością wody. Wspierają one również rozwój opartych na nauce i dowodach polityk i środków zarządzania, które poprawiają jakość wody i gospodarkę ściekową, zmniejszają i kontrolują zanieczyszczenie wody z określonych źródeł, stanowią podstawę przepisów i ich wdrażania oraz reagują na sytuacje kryzysowe związane z jakością wody. Ponadto monitorowanie jakości wody ma zasadnicze znaczenie dla wdrażania i oceny postępów w realizacji celów zrównoważonego rozwoju (SDG) Agendy ONZ 2030 związanych z wodą i ekosystemami słodkowodnymi.

Dotychczasowy sposób pozyskiwania danych dotyczących jakości wody jest ograniczony, niewiarygodny i niesystematyczny zarówno na poziomie dorzecza, krajowym i globalnym. Możliwości monitorowania jakości wody są ograniczone, szczególnie w krajach rozwijających się, ze względu na brak sieci monitorowania, technicznych zasobów ludzkich i finansowych oraz wiedzy naukowej. Ponadto monitorowanie różnych nowych zanieczyszczeń, takich jak nowe zanieczyszczenia, które występują w ściekach i systemach słodkowodnych, staje się coraz bardziej złożone i wymaga coraz większych zasobów. Ze względu na ograniczoną liczbę stacji monitorujących wzdłuż rzek, trudno jest śledzić konkretne lokalizacje obszarów o wysokim zanieczyszczeniu wzdłuż całej rzeki za pomocą tradycyjnych pomiarów *in situ*.

Postęp technologiczny i dane satelitarne w monitorowaniu jakości wód

Zaawansowane techniki monitorowania jakości wody i innowacyjne technologie, takie jak teledetekcja, satelitarna obserwacja Ziemi i inteligentne czujniki są pomocne w tworzeniu wiarygodnych, ciągłych i systematycznych danych na temat jakości zasobów wodnych w szerokiej skali przestrzennej i czasowej¹. Dane uzyski-

¹ UNESCO, Monitoring water quality from Space through satellite Earth Observation.

wane z obrazowania satelitarnego te mogą być wykorzystywane do wykrywania zmian w składzie chemicznym wody, takich jak obecność zanieczyszczeń lub substancji skażających. Satelity mogą być również wykorzystywane do wykrywania zagrożeń biologicznych, takich jak toksyny i wycieki ropy. Satelity mogą wykrywać zmiany w rozmiarze, kształcie i kolorze zbiorników wodnych spowodowane zanieczyszczeniem. W przeciwieństwie do próbek wody pobieranych na miejscu, dane satelitarne umożliwiają synoptyczne spojrzenie na cały bieg rzeki. Pozwalają również śledzić krytyczne zmiany długo po tym, jak woda odpłynie. Dzięki wysokiej rozdzielczości przestrzennej i czasowej można również analizować mniejsze dopływy i zbiorniki wodne². Co jest istotne i niemożliwe do uzyskania tradycyjnymi metodami, to to, że techniki satelitarne mogą być wykorzystywane do wykrywania zmian jakości wody i przepływu wody w czasie rzeczywistym. Informacje te mogą być wykorzystywane do podejmowania decyzji dotyczących gospodarki wodnej, takich jak podejmowanie działań w celu zmniejszenia zanieczyszczenia lub ograniczenia zużycia wody, umożliwiając szybsze i dokładniejsze reagowanie na potencjalne zagrożenia. Dane satelitarne mogą być wykorzystywane przez rządy i analityków na całym świecie do tworzenia systemów wczesnego ostrzegania przed tego typu zdarzeniami. Ze względu na zmiany klimatyczne i trudne warunki pogodowe powodujące susze i intensywne upały, ekstremalne sytuacje, takie jak niski poziom wody i wysokie temperatury wody, występują coraz częściej w rzekach.

Korzystając ze zdjęć satelitarnych, można wykrywać zmiany jakości wody w czasie rzeczywistym, co pozwala zidentyfikować potencjalne źródła zanieczyszczenia. Łącząc te dane z innymi informacjami środowiskowymi, takimi jak temperatura wody i skład gleby, możliwe jest wskazanie dokładnej lokalizacji zanieczyszczenia i podjąć kroki zapobiegające jego rozprzestrzenianiu się. Satelity mogą być również wykorzystywane do monitorowania poziomu wody w rzekach i jeziorach, co może pomóc w identyfikacji obszarów, w których może wystąpić zanieczyszczenie wody. Dane te mogą być wykorzystywane do podejmowania decyzji dotyczących gospodarki wodnej, takich jak uwalnianie wody ze zbiorników lub wprowadzanie środków oszczędzania wody. Satelity mogą być również wykorzystywane do wykrywania obecności zanieczyszczeń w wodzie, takich jak metale ciężkie lub spływy rolnicze. Dane te mogą być wykorzystywane do opracowywania nowych technologii uzdatniania wody, a także do wdrażania nowych przepisów mających na celu ochronę źródeł wody. Satelity obserwacyjne Ziemi zwiększają możliwości monitorowania długoterminowych zmian koryt rzecznych na dużą skalę w odległych

Dostęp: <https://en.unesco.org/waterquality-IIWQ/activities-projects/monitoring-water-quality-wastewater>.

² Planet, Early Warning Systems: Monitoring The Oder River With EOMAP. Dostęp: <https://www.planet.com/pulse/early-warning-systems-monitoring-the-oder-river-with-eomap/>.

obszarach, w których nie ma pomiarów in situ lub są one ograniczone, a także w regionach, w których udostępnianie danych in situ jest ograniczone politycznie³.

Największe znaczenie wykorzystania danych satelitarnych polega na prewencji zdarzeń szkodowych. Monitorowanie stanu ekosystemów wodnych, pozwala na identyfikację potencjalnych problemów, zanim staną się one poważne. Dane te mogą być wykorzystywane do opracowywania nowych strategii ochrony, nie tylko więc na działaniu doraźnym i zarządzaniu kryzysowym, lecz na wprowadzaniu zrównoważonego zarządzania jakością wód.

Mając na uwadze obszar europejski, najlepszym narzędziem do wyżej wymienionych celów mogą być zdjęcia satelitarne Sentinel-2 o wysokiej rozdzielczości czasowo-przestrzennej, które już teraz umożliwiają rutynowe monitorowanie i śledzenie rozkładów przestrzennych jakości wody w rzekach. Do tego celu konieczne jest ich połączenie z algorytmami wyszukiwania. Prowadzone badania co do potencjału wykorzystania obrazowania za pomocą satelitów Sentinel-2 na obszarach największych rzek (w tym azjatyckich) ujawniły możliwość skutecznego śledzenia konkretnych obszarów o wysokim zanieczyszczeniu wzdłuż rzek za pomocą zdjęć satelitarnych Sentinel-2. Ich wykorzystanie stałoby się pomocne w precyzyjnej kontroli jakości wody w rzekach, w szczególności w obliczu zmian klimatycznych wpływających na coraz częstsze pojawianie się zanieczyszczeń zarówno chemicznych, jak i biologicznych. Jak wynika z badań, dane te pozwalają lepiej ukierunkować pobieranie próbek w terenie i bardziej efektywniej wykorzystywać ograniczone zasoby poprzez wizualizację i zapewnienie dodatkowego kontekstu⁴.

Podstawowym krokiem w wykrywaniu zanieczyszczeń za pomocą teledetekcji satelitarnej jest modelowanie odwrotne, które służy do kalibracji parametrów modelu i zwiększenia podobieństwa między modelem a rzeczywistym symulowanym systemem. Wartości współczynnika odbicia mierzone w stacjach jakości wody są pobierane z obrazów satelitarnych skorygowanych pod kątem atmosfery w celu ich analizy. Jednak różne zewnętrzne czynniki środowiskowe, hydrologiczne i meteorologiczne wpływają na wyniki oceny, a wyniki uzyskane przy różnych parametrach mogą się różnić. Przegląd literatury przedmiotu pokazuje, że zanieczyszczenia nie punktowe spowodowane spływem wód opadowych mogą być również monitorowane za pomocą zdjęć satelitarnych. Aby poprawić dokładność satelitarnych prognoz jakości wody, można zwiększyć rozdzielczość czasową pomiarów terenowych, a tym samym lepiej uwzględnić wpływ sezonowości. Następnie można ulepszyć moduł korekcji atmosferycznej, wykorzystując dostępne produkty dotyczące zawartości wody w atmosferze. Ponadto, ponieważ falowa-

³ Wu, Q., Ke, L., Wang, J. et al. Satellites reveal hotspots of global river extent change. Nat Commun 14, 1587 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37061-3>.

⁴ Schaeffer in., 2019.

nie powierzchni wody wpływa na współczynnik odbicia, podczas porównywania scen jakości wody należy wziąć pod uwagę prędkość i kierunek wiatru⁵.

Satelity często umożliwiają pomiar parametrów hydrologicznych z większą rozdzielczością przestrzenną i zasięgiem, większą częstotliwością czasową i mniejszym opóźnieniem, a wszystko to przy niższych kosztach⁶.

Opis przypadku 1:

Straty spowodowane zanieczyszczeniem Odry w roku 2022

Jak wynika z raportów Najwyższej Izby Kontroli już 2015 roku, ujawnione zostały zanieczyszczenia rzeki Odry. Zwrócono wówczas uwagę na brak jasnej polityki pod względem wymagań prawnych, oraz procedur, które polegałyby na ostrzeganiu o pogarszającej się jakości wody w rzekach. Jak wynika z powyższego, zawiódł więc głównie system monitoringu. Dopiero w lipcu 2022 roku, rozpoczęto sprawdzanie parametrów wody. Główny Inspektorat Środowiska rozpoczął badanie poziomu natlenienia, pH oraz przewodności. Z kolei, osobne badania prowadził Państwowy Instytut Weterynaryjny, odnośnie możliwych przyczyn śnięcia ryb (wykluczono wówczas metale ciężkie, w tym rtęć, ołów czy arsen, nie podano wówczas rzeczywistych przyczyn katastrofy)⁷.

Dla potrzeb badania ex post przyczyn katastrofy na Odrze użyto zdjęć satelitarnych, które wykazało między innymi profile chlorofilu w różnych odcinkach wód Odry, a także badania toksykologiczne, anatomopatologiczne i histopatologiczne martwych ryb. Analizy chlorofilu oparte na zdjęciach satelitarnych Sentinel-2 wykazały podwyższone stężenia chlorofilu w Kanale Gliwickim, Jeziorze Turawskim (na wschód od Opola) oraz jeziorach Paczkowskim, Otmuchowskim i Nyskim na zachód od Nysy (w pobliżu granicy z Czechami) =⁸.

⁵ L. Agnoli, E. Urquhart, N. Georgantzis, B. Schaeffer, R. Simmons, B. Hoque, M. Beth Neely, C. Neil, J. Oliver, A. Tyler, Perspectives on user engagement of satellite Earth observation for water quality management, Technological Forecasting and Social Change, Volume 189, 2023; C. Murray, A. Larson, J. Goodwill, Y. Wang; D. Cardace, A. S. Akanda, Water Quality Observations from Space: A Review of Critical Issues and Challenges. Environments 2022, 9, 125. <https://doi.org/10.3390/environments9100125>.

⁶ Y. Kuwayama, Satellite Data Can Inform Water Policy. Dostęp: <https://www.resources.org/archives/satellite-data-can-inform-water-policy/>.

⁷ Uniwersytet Wrocławski, Uniwersyteccy naukowcy o skażeniu Odry. Dostęp: <https://uwr.edu.pl/uniwersyteccy-naukowcy-o-skazeniu-odry/>.

⁸ J. Sobieraj, D. Metelski, Insights into Toxic *Prymnesium parvum* Blooms as a Cause of the Ecological Disaster on the Odra River. Toxins. 2023; 15(6):403. <https://doi.org/10.3390/toxins15060403>.

Satelita Sentinel-2 posiada czujnik optyczny, który może być wykorzystywany do określania koloru wody i wnioskowania, jakie substancje nadające kolor znajdują się w wodzie. Pigmenty nadające kolor, takie jak chlorofil w algach, zmieniają padające światło słoneczne, a czujnik na pokładzie satelity może wykryć tę zmianę w świetle. Oznacza to, że można wykryć również nietypowe wysokie stężenia glonów. We wstępnej analizie przeanalizowano trzy wybrane okresy czasu. Wykres przedstawia 15 profili stężeń chlorofilu w Odrze od lipca do sierpnia. Żółty kolor oznacza szczególnie wysokie stężenia chlorofilu. Z analizy danych satelitarnych widać, że w drugiej połowie lipca stężenia w całym biegu rzeki były nadal na średnim poziomie, podczas gdy w górnym biegu wokół miejscowości Opole (Polska) były już wyższe (19-20 lipca 2022 r.). Na początku sierpnia (3-4 sierpnia 2022 r.) nastąpił nagły wzrost stężenia chlorofilu na poziomie Wrocławia (Polska). Wyraźnie też widać, że zakwit rozprzestrzenił się bardzo szybko, obejmując prawie całą Odrę w ciągu jednego tygodnia (10-11 sierpnia 2022 r.). W ciągu kolejnych dwóch tygodni stężenie chlorofilu ponownie spadło, a pod koniec sierpnia (25-26 sierpnia 2022 r.) osiągnęło średni poziom z początku lipca⁹.

Jak wynika z powyższego, dane satelitarne mają obecnie duże znaczenie w procesie weryfikacji przyczyn katastrofy. Zostały one jednak użyte dopiero po jej wystąpieniu, podczas gdy najlepsze efekty uzyskane byłyby w sytuacji długoterminowego korzystania z takich danych w połączeniu z monitoringiem ekologicznym wód i próbek wody. Z możliwości wykorzystania danych oferowanych przez Sentinel – 2 wynika jednoznacznie, że jest wysoce prawdopodobne uzyskanie wartości prewencyjnych, które potrafią zapobiec tego rodzaju wydarzeniom poprzez monitorowanie stanu zanieczyszczenia i natychmiastowego reagowania na nie. Jak wynika z Raportu, efektem zanieczyszczenia wody w Odrze był masowy rozwój *Prymnesium parvum* (tzw. złota alga), wydzielanie przez nie toksyn oraz deficyty tlenu prowadzące min do masowego śnięcia ryb. Badania wskazały na dodatni związek liczby komórek *P. parvum* z ilością toksyn.

⁹ Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, Raport kończący prace zespołu ds. sytuacji na Odrze. Dostęp: <https://ios.edu.pl/wp-content/uploads/2022/12/raport-konczacy-prace-zespołu-ds-sytuacji-w-odrze-2.pdf>; Urząd Marszałkowski Województwa Zachodniopomorskiego, Raport Odrzański – wnioski i rekomendacje dla zanieczyszczonej rzeki. „Korzystajmy z Odry, ale nie wykorzystujmy”. <https://www.wzp.pl/biuro-prasowe/biuro-prasowe/aktualnosci/raport-odrzanski-wnioski-i-rekomendacje-dla-zanieczyszczonej-rzeki-korzystajmy-z-odry-ale-nie>.

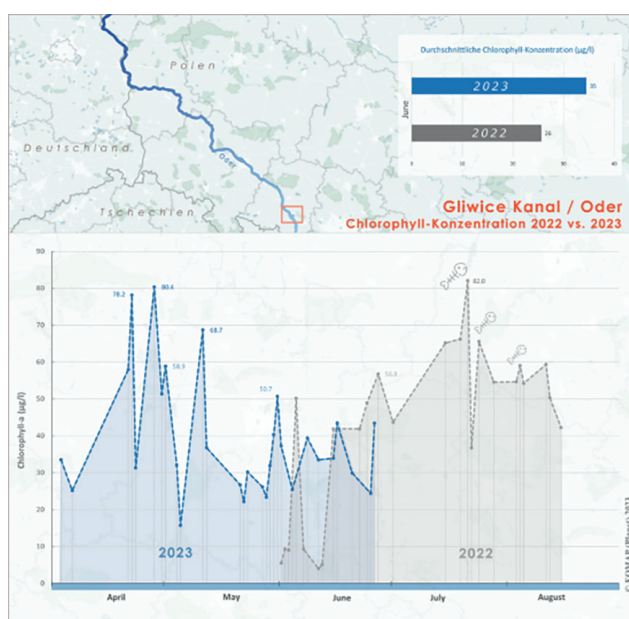
Metodyka szacowania korzyści z wykorzystania danych satelitarnych

Mając na uwadze obecne zdolności techniczne w stałym monitorowaniu jakości wody w rzekach w zestawieniu z przyczynami katastrofy ekologicznej w Odrze (wystąpienie „złotej algi” nie byłoby możliwe bez ww. zanieczyszczeń), można uznać, że zdarzeniu można by w dużej mierze zapobiec przez stałe monitorowanie jakości wody za pomocą danych satelitarnych w połączeniu z monitoringiem *in situ*. W konsekwencji można przyjąć, że możliwe jest uniknięcie strat z tym powiązanych. O ile szkody ekologiczne są w dużej mierze niewymierne (np. odtworzenie gatunków ryb i mięczaków), a w tym koszty oczyszczenia rzeki Odry nie zostały na dzień opracowania niniejszego Raportu oszacowane, wyliczenie potencjalnych korzyści /oszczędności wynikających z wykorzystania satelitów do monitoringu stanu jakości wód można jedynie oprzeć na wysokości strat materialnych, w postaci tonażu śniętych ryb, której to straty można by uniknąć poprzez odpowiednio wczesną i stałą interwencję w sytuacji podnoszenia się monitorowanych wskaźników zanieczyszczenia.

- Mając powyższe na uwadze, wg Raportu straty objęły 116 ton ryb, wg innych źródeł aż 250 ton.
- Przy średniej cenie ryb w Polsce w roku 2022, szacowanej na 20 zł/1 kg (od 10 do 40 zł), **strata tylko w tym zakresie wyniosła od 2, 32 mln zł, do około 5 mln zł.**

Równie istotną korzyścią jest wpływ korzystania z danych satelitarnych w długoterminowym zarządzaniu jakością wody w rzekach, tym bardziej biorąc pod uwagę zmiany klimatyczne wpływające na ryzyko wystąpienia np. alg złotych oraz postępującą industrializację wykorzystującą rzeki do celów przemysłowych. I tak, np. odpowiedzialne organy mogłyby na przykład wskazać, gdzie i kiedy należy unikać zasolonych ścieków przemysłowych, aby zapobiec rozwojowi toksycznych złotych alg¹⁰.

¹⁰ Planet, Early Warning Systems: Monitoring The Oder River With EOMAP. Dostęp: <https://www.planet.com/pulse/early-warning-systems-monitoring-the-oder-river-with-eomap/>.



Rysunek 25: Stężenie chlorofilu w rzece Odrze w latach 2022 – 2023¹¹.

Podsumowując jednak ten aspekt wykorzystania danych satelitarnych należy podkreślić jego nie tylko ekonomiczne, lecz także społeczne konsekwencje. Jak bowiem wynika jednoznacznie z raportów ONZ: „na całym świecie ponad 3 mld ludzi jest zagrożonych chorobami, ponieważ jakość wody w ich rzekach, jeziorach i wodach gruntowych jest nieznana z powodu braku danych”.

System oparty na wykorzystaniu danych satelitarnych jest podstawowym narzędziem długoterminowego zarządzania jakością wód. Ma on potencjał zapobiegania katastrofom ekologicznym, a więc korzyści mogą być zarówno finansowe, jak i społeczne. Na przykładzie katastrofy ekologicznej na Odrze możliwe było tylko w jednym roku zapobiec stratom w rybach, które można oszacować na kwotę od 2, 3 mln zł do około 5 mln zł.

¹¹ Wasserqualität an Flüssen sichern (2023). Dostęp: <https://www.eomap.com/oder-wasserqualitaet-fischsterben/>.

