

PROJEKT WINTER: INTEGRACJA TECHNOLOGII GEOPRZESTRZENNEJ NA RZECZ ZRÓWNOWAŻONEJ TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ W REGIONACH WĘGLOWYCH

THE WINTER PROJECT: INTEGRATING GEOSPATIAL TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE ENERGY TRANSITIONS IN COAL REGIONS

Aleksandra Szwaja, Barbara Rogosz, Jacek Szczepiński, Adam Bajcar – “Poltegor-Institut” Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław
Konstantina Pyrgaki, Pavlos Krassakis, Andreas Karavias - CERTH The Centre for Research and Technology, Ateny, Grecja

(pl) DOI: 10.5604/01.3001.0054.5171

W artykule zaprezentowana została interaktywna platforma internetowa służąca do efektywnego zarządzania transformacją w regionach węglowych w okresie przejściowym opracowana w ramach projektu WINTER, finansowanego ze środków Funduszu Badawczego Węgla i Stali. Została ona opracowana w taki sposób aby mogła być z powodzeniem używana przez lokalne władze i interesariuszy z sektora węglowego, jak również w sposób zapewniający możliwość rozszerzenia na inne obszary stojące przed podobnymi wyzwaniami.

Słowa kluczowe: transformacja węglowa, zarządzanie terenami pogórnicznymi, narzędzie internetowe, rekultywacja

The article presents an interactive online platform for effective management of transformation in coal regions in the transition period, created as a part of the WINTER project, financed by the Research Found for Coal and Steel. It has been developed to be successfully used by local authorities and stakeholders in the coal sector, as well as to be extendable to other areas facing similar challenges.

Keywords: transformation, post mining areas management, web tool, reclamation

Wprowadzenie

Trwająca obecnie transformacja energetyczna stanowi poważne wyzwanie dla regionów, które przez dziesiątki lat swoją działalność opierały na paliwach kopalnianych [1], [2]. Co więcej wymusza ona zmiany i konieczność poszukiwania nowych możliwości i rozwiązań [3]. Szybkie ograniczanie produkcji węgla rodzi wiele pytań dotyczących sposobu przeprowadzenia tej transformacji, tak aby była ona sprawiedliwa [4].

Projekt WINTER (Web INTEractive management tool for coal Regions in transition), realizowany w ramach Funduszu Badawczego Węgla i Stali, ma na celu zwiększenie zaangażowania interesariuszy w zarządzanie, rozwój oraz monitoring transformacji energetycznej w regionach odchodzących od wydobycia węgla [5]. Głównym celem projektu jest opracowanie interaktywnej platformy internetowej wspomagającej zarządzanie regionami najbardziej dotkniętymi przez transformację energetyczną. Projekt szczegółowo

bada obszary, które reprezentują zarówno początkowe (Macedonia Zachodnia w Grecji i obszar Konina w Polsce), jak i zaawansowane (region Ruhry w Niemczech) etapy procesu transformacji, aby zapewnić szeroką replikowalność wyników i najlepszych praktyk w innych regionach stojących przed podobnymi wyzwaniami.

Platforma WINTER dostarcza kompleksowych informacji na temat transformacji energetycznej w wybranych regionach, wizualizując zarówno stojące przed nimi wyzwania społeczno-gospodarcze i prawne, jak i pojawiające się szanse rozwojowe [6]. Ponadto przedstawia przykłady najlepszych praktyk w zakresie rekultywacji i alternatywnego użytkowania gruntów, prezentując rzeczywiste przykłady węglowych zakładów wydobywczych. Platforma wykorzystuje także wyniki czasoprzestrzennego monitorowania zmian pokrycia terenu poprzez przetwarzanie danych geoprzestrzennych i obserwacji Ziemi wykorzystując dane open-source. Narzędzie to ilustruje wstępne wyniki scenariuszy dla wdrożenia odnawialnych źródeł energii (np. fotowoltaiki

i farm wiatrowych) w granicach wybranych obszarów poeksploatacyjnych. Ważną funkcjonalnością platformy jest możliwość wizualizacji zmian pokrycia terenu oraz porównania ich za pomocą interaktywnych narzędzi, co ułatwia zrozumienie zachodzących zmian w regionach i ukazuje ich dążenie do energetycznej transformacji.

Wykorzystane przy tworzeniu platformy zbiory danych geoprzestrzennych obejmują dwa okresy:

- od 1990 do 2018 roku, opierający się na otwartych danych Corine Land Cover (CLC) o regionalnym zasięgu przestrzennym. Dane CLC, dostarczane przez europejski program Copernicus [7], zawierają informację na temat ogólnoeuropejskiego pokrycia terenu i typów użytkowania gruntów w 44 kategoriach tematycznych.
- od 2018 do 2021 roku, obejmujący wyniki przetwarzania zdjęć satelitarnych Sentinel-2 za pomocą algorytmów uczenia maszynowego, koncentrujących się na kopalniach Macedonii Zachodniej i Konina. Celem wyników uczenia maszynowego była klasyfikacja i monitorowanie zmian w pokryciu terenu w granicach kopalń. Pokrycie terenu zostało sklasyfikowane w pięciu grupach: „roślinność”, „infrastruktura”, „aktywne obszary górnicze”, „goła ziemia” i „zbiorniki wodne”.

Nawigacja na platformie WINTER

Projekt WINTER obejmuje scentralizowaną platformę zawierającą pięć sekcji, koncentrujących się na: regionie Macedonii Zachodniej (Grecja), regionie Konina (Polska), Zagłębiu Ruhry (Niemcy), analizie mediów i platformie WebGIS (Rys. 1). Struktura ta umożliwia przyjazną dla użytkownika nawigację, uwzględniającą podejście narracyjne. Skutecznie

sekcje 1,2,3 dedykowane są poszczególnym obszarom pilotowym (Region Macedonia Zachodnia, Region Konin, obszar Ruhry) a w ramach każdej z tych sekcji prezentowane są wyniki analiz dotyczących aspektów społeczno-ekonomicznych, ram prawnych, przykładowych działań rekultywacyjnych, danych geoprzestrzennych do monitorowania zmian pokrycia terenu w czasie oraz scenariusze ewentualnych możliwości posadawiania na tych terenach instalacji OZE. Poniższe rysunki przedstawiają przykładowe podsekcje (zakładki) dotyczące ram prawnych i najlepszych praktyk w zakresie rekultywacji. W szczególności użytkownik może uzyskać kompleksowy wgląd w etapy procesu legislacyjnego dotyczącego rekultywacji gruntów w poszczególnych regionach pilotowych (Rys. 2).

Ponadto użytkownik może zapoznać się z podejmowanymi działaniami rekultywacyjnymi zarówno na obszarach pilotowych, jak i w innych kopalniach węglowych (Rys. 3).

Dodatkową funkcją dostępną na platformie jest czasowo-przestrzenne monitorowanie analizowanych obszarów na poziomie regionalnym w latach 1990-2018 oraz na poziomie lokalnym w latach 2018-2021. Użytkownik może obserwować jak one ewoluowały, dzięki zamieszczonym diagramom (Rys. 4) oraz narzędziom interaktywnym takim jak widżet przesuwania, a także analizie opisowej użytkownika poszczególnych terenów.

Ponadto platforma umożliwia zapoznanie się ze scenariuszami określającymi przydatność poszczególnych terenów pogórnich do celów energetycznych i pokrywania ich odnawialnymi źródłami energii. Scenariusze te opracowane są w formie opisowej oraz interaktywnych map. Rysunek 5 przedstawia przykładowe możliwości zagospodarowania terenu Kopalni Adamów pod kątem posadawiania wiatraków i paneli fotowoltaicznych. Na żółto zaznaczone zostały tereny dogodne pod budowę farm fotowoltaicznych, a na niebiesko farm wiatrowych.



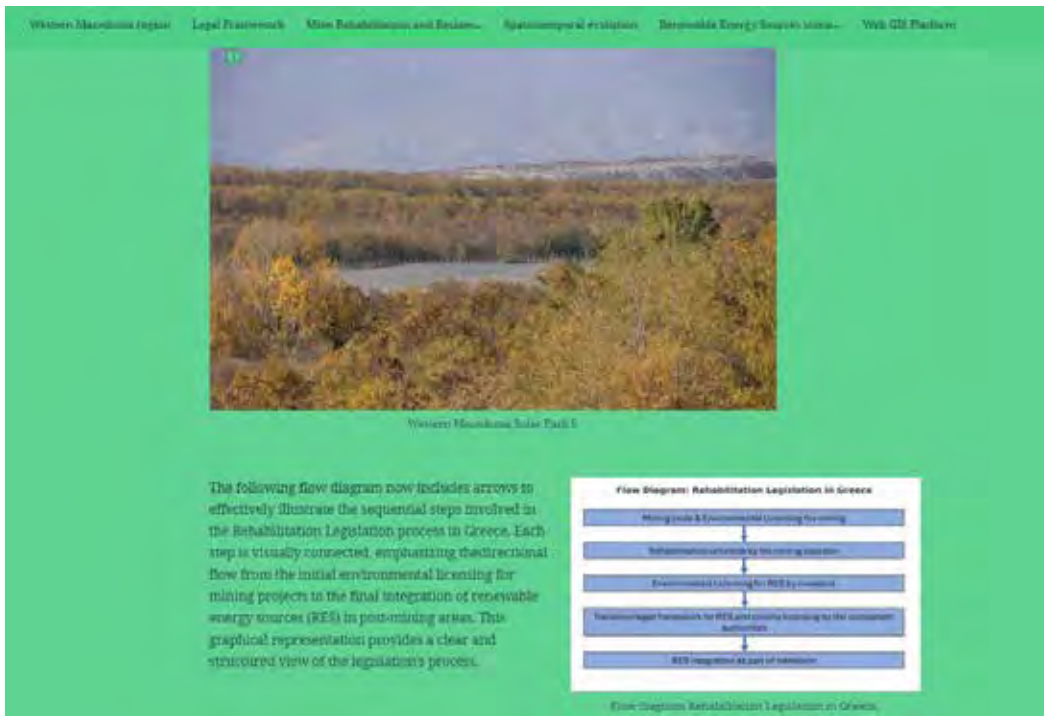
Rys. 1. Strona główna platformy WINTER

Fig 1. Welcome screen of WINTER Platform

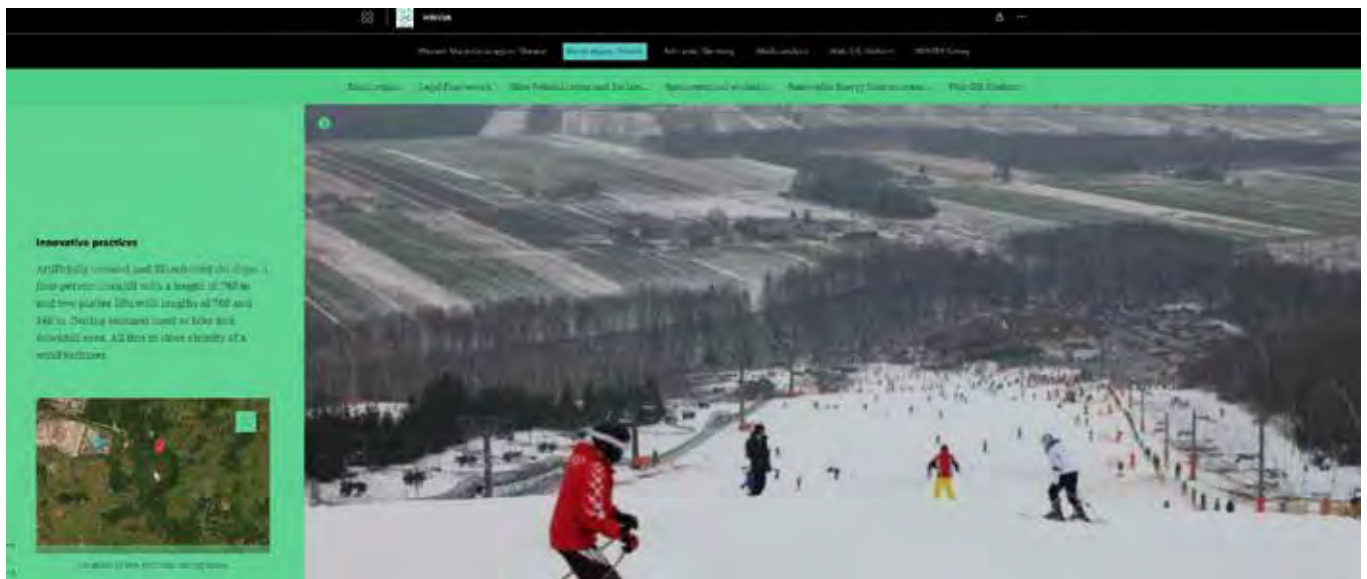
prezentuje wyniki projektu WINTER, wykorzystując perspektywę „top-down”. Ta narracyjna prezentacja nie tylko zwiększa zaangażowanie użytkownika, ale także ułatwia zrozumienie wpływu projektu i jego wniosków dla poszczególnych regionów i obszarów tematycznych które obejmuje.

Sekcja analizy mediów

Sekcja zawiera szczegółową prezentację kluczowych terminów, które pojawiają się w mediach Grecji, Niemiec i Polski w związku z wiadomościami dotyczącymi transformacji



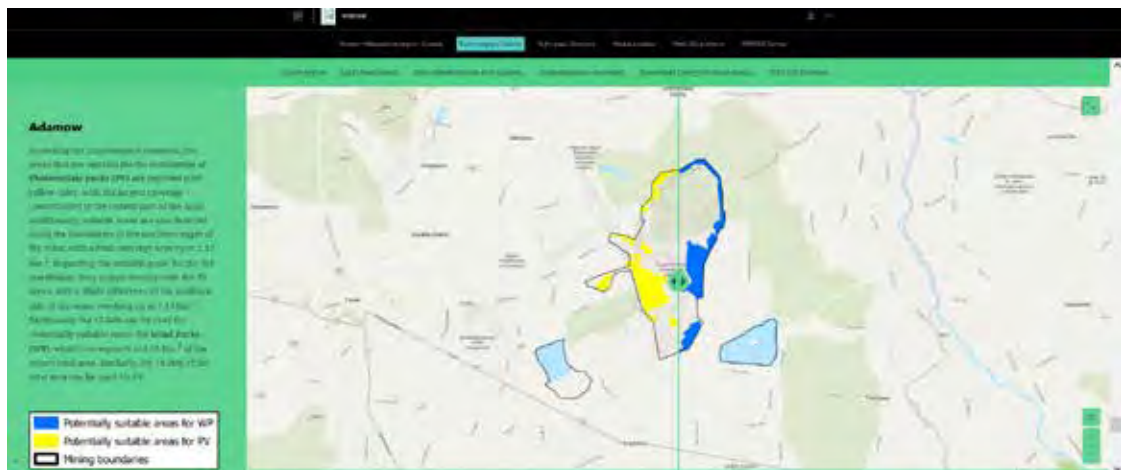
Rys. 2. Zakładka tematyczna dotycząca ram prawnych transformacji energetycznej na przykładzie Grecji
 Fig. 2. Thematic tab related to the legislation framework for energy transition in Greece



Rys. 3. Przykłady rekultywacji w Polsce (Góra Kamięński, Kopalnia Bełchatów)
 Fig. 3. Rehabilitation examples in Poland (Kamięński Hill, Bełchatów Mine)



Rys. 4. Czasowe zmiany pokrycia terenu w kopalni węgla brunatnego Amynteo (2018-2021)
 Fig. 4. Temporal Changes in Land Coverage at Amynteo lignite mine (2018-2021)



Rys. 5. Zrzut ekranu z interaktywnej mapy porównującej dwa scenariusze przydatności terenu Kopalni Adamów pod kątem instalacji OZE
 Fig. 5. Screenshot from an interactive map comparing the two scenarios for the installation of RES on the area of Adamów Mine

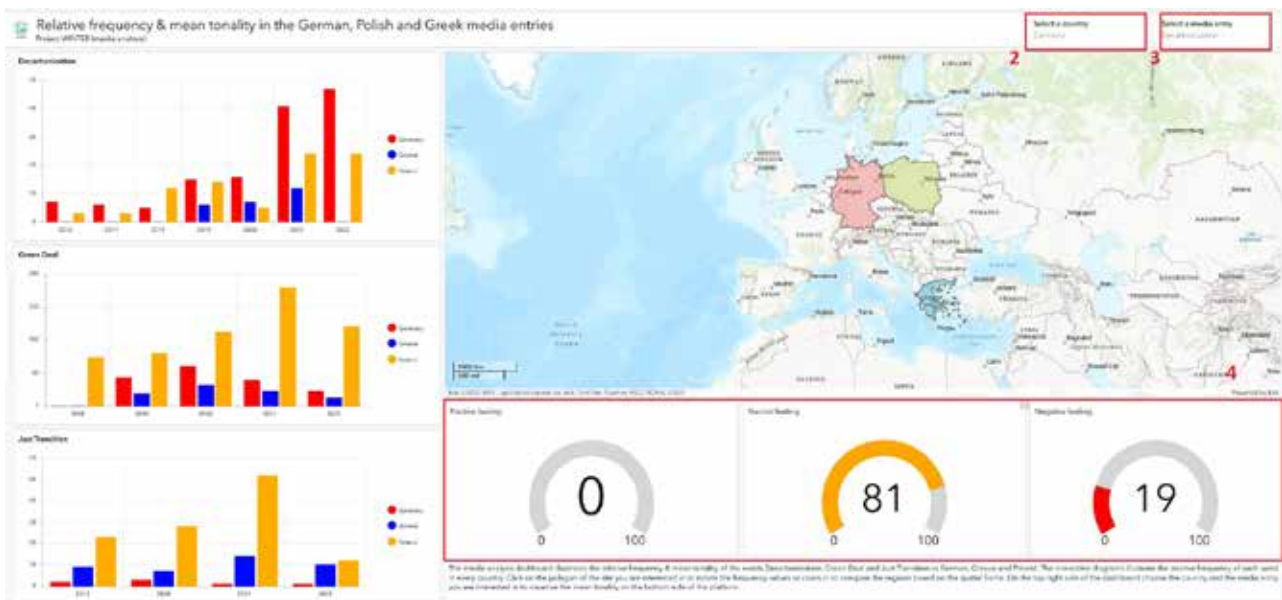


Rys. 6. Zrzut ekranu z Media Dashboard dotyczący analizy rocznej częstotliwości występowania słów (dekarbonizacja, Zielony Ład, sprawiedliwa transformacja) w każdym kraju

Fig. 6. Screenshot from the Media Dashboard regarding the analysis of the annual frequency of occurrence of words (Decarbonization, Green Deal, Just Transition) in each country



Rys. 7. Zrzut ekranu z pulpitu nawigacyjnego mediów związany z analizą rocznej częstotliwości pojawiania się słów, koncentrujący się na Grecji
 Fig. 7. Screenshot from the media dashboard related to the analysis of the annual frequency of words' appearance, focusing on Greece



Rys. 8. Zrzut ekranu z pulpitu nawigacyjnego mediów dotyczący analizy wydźwięku dla każdego ze słów zawartej w raporcie z analizy mediów
Fig. 8. Screenshot from the media dashboard regarding the analysis of the tonality of each word in the media analysis report

energetycznej. Poprzez analizę konkretnych słów zilustrowano nastroje opinii publicznej. Zrozumienie, w jaki sposób media przedstawiają transformację energetyczną i jak wpływają na dyskusje wokół niej, jest szczególnie ważne dla oceny akceptacji społecznej w badanych obszarach. W podsekcji Media Dashboard użytkownik może przeanalizować 3 podstawowe słowa, które kojarzą się z transformacją energetyczną (dekarbonizacja, Zielony Ład, sprawiedliwa transformacja). Pulpit nawigacyjny mediów zawiera interaktywne wykresy po lewej stronie (Rys. 6), które wyświetlają roczną częstotliwość pojawiania się każdego słowa w Grecji, Polsce i Niemczech.

Użytkownik może porównać zarówno sytuację w poszczególnych krajach, jak i szczegółowo skupić się na konkretnym kraju poprzez przybliżenie mapy lub zaznaczając jej wybrany fragment (Rys. 7).

W dolnej części pulpitu nawigacyjnego mediów (Rys. 8) przedstawiono jaki jest wydźwięk przekazów medialnych dla każdego ze słów. Przyjęto że przekazywane informacje mogą mieć wydźwięk pozytywny, neutralny lub negatywny. Użytkownik może wybrać kraj (2) i słowo (3) będące przedmiotem zainteresowania, aby dowiedzieć się jaki charakter mają przekazy medialne (4) dla każdego z terminów.

Aplikacja transformacji energetycznej

Użytkownik platformy może wykorzystać wszystkie wyniki geoprzestrzenne projektu WINTER do przeprowadzenia własnych analiz dotyczących transformacji energetycznej w Zachodniej Macedonii, Koninie i Zagłębiu Ruhry. Sekcja „Web GIS platform” zawiera zestaw geoprzestrzennych i przyjaznych dla użytkownika narzędzi/widżetów, które można wykorzystać do wizualizacji zmian użytkowania gruntów i tworzenia scenariuszy ich przydatności pod kątem odnawialnych źródeł energii (Rys. 9).

Poprzez wykorzystanie ikony „Obszar badań”, użytkownik może szybko i łatwo poruszać się po analizowanych w ramach projektu WINTER obszarach pilotowych. Na rysunku 10 na przykładzie kopalni Amynteo wskazano jak użytkownik może dokonać wyboru interesującego go obszaru (1) aktywacja ikony

„Obszary badań” (2) wybór obszaru kopalni Amynteo. Należy podkreślić, że mapa automatycznie powiększa się do obszaru zainteresowania (3).

Warstwy tematyczne i przestrzenno-czasowe- porównanie zmian pokrycia terenu za pomocą narzędzia „Swipe”

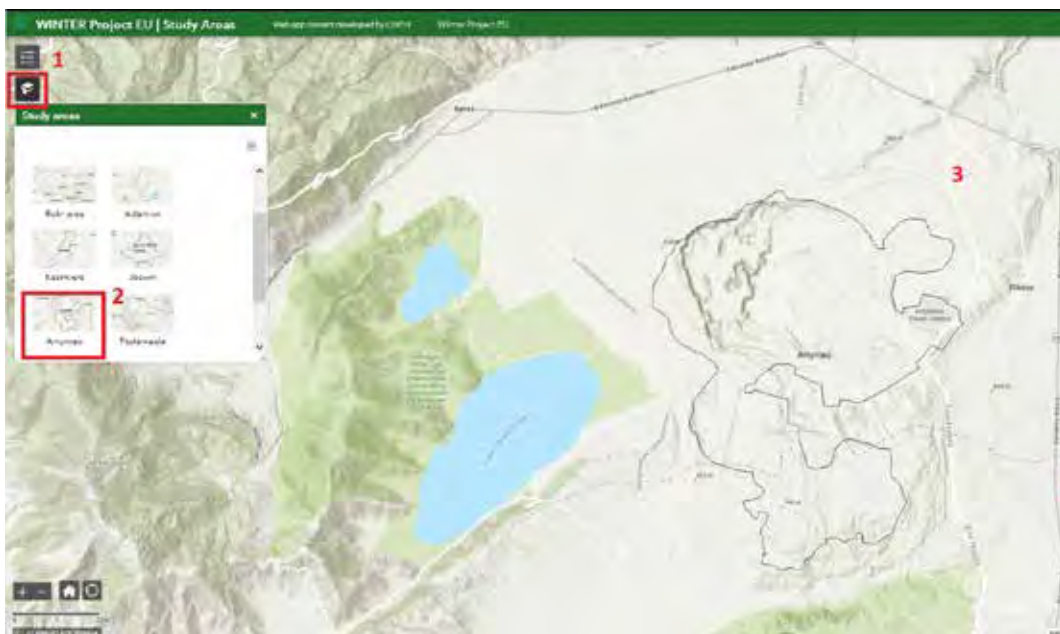
Opracowana w ramach projektu platforma, daje możliwość wizualizacji pokrycia terenu i porównywania go dla różnych okresów czasu. W celu przeanalizowania zmian pokrycia terenu w czasie, na obszarze wspomnianej powyżej przykładowej kopalni Amynteo, użytkownik może aktywować/dezaktywować warstwy pokrycia terenu wybierając ikonę „warstwy” (1) w celu otwarcia zgrupowanych warstw „Pokrycie terenu (Macedonia Zachodnia)” (2) (Rys. 11).

Następnie może on aktywować warstwy pokrycia terenu na okres od 2018 do 2021 roku. W tym konkretnym przykładzie aktywowano pokrycie terenu na lata 2018 (3) i 2021 (4). Platforma została zaprojektowana tak, aby wyświetlać warstwy w kolejności hierarchicznej w oparciu o to, które warstwy są aktywne; dlatego w tym przypadku warstwa 2018 jest wyświetlana jako pierwsza. Użytkownik może łatwo odróżnić każdą kategorię pokrycia terenu za pomocą wyznaczonego koloru (Rys. 12). Aby wyświetlić legendę, należy kliknąć strzałkę znajdującą się po lewej stronie nazwy aktywnej warstwy. Pokrycie terenu jest podzielone na pięć klas: zielony reprezentuje „Roślinność”, niebieski ilustruje „Zbiorniki wodne”, brązowy wskazuje „Gołą ziemię”, czerwony jest używany dla „Infrastruktury”, a fioletowy przedstawia „Aktywny obszar górniczy”.

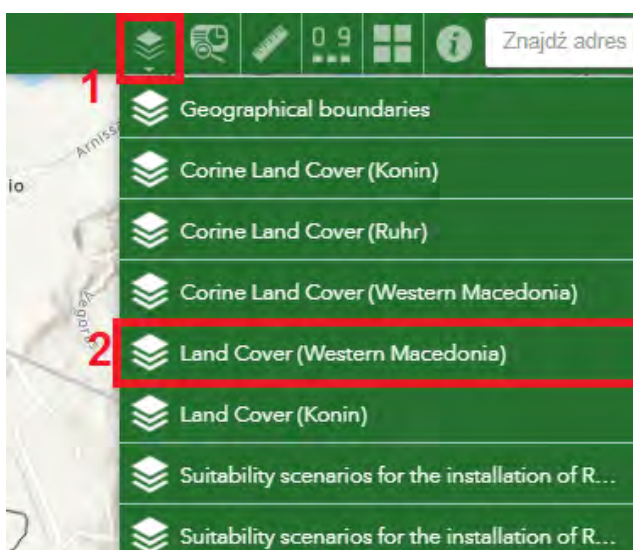
W celu dokonania porównania zmiany w wybranym przedziale czasowym, użytkownik może wybrać ikonę „przesuń widżet” (5), a następnie przesunąć pionowy pasek (6), który pojawia się na mapie (Rys. 13) w prawo lub w lewo. Należy zauważyć, że po lewej stronie paska wyświetlana jest warstwa (użytkowanie gruntów 2018) wybrana w oknie otwartym za pomocą widżetu przesuwania, podczas gdy po prawej stronie znajduje się druga warstwa, która została wybrana do porównania (na przykład 2021). Aplikacja widżetu przesuwania



Rys. 9 Okno główne platformy Winter WebGIS
 Fig. 9 Main window of Winter WebGIS platform.



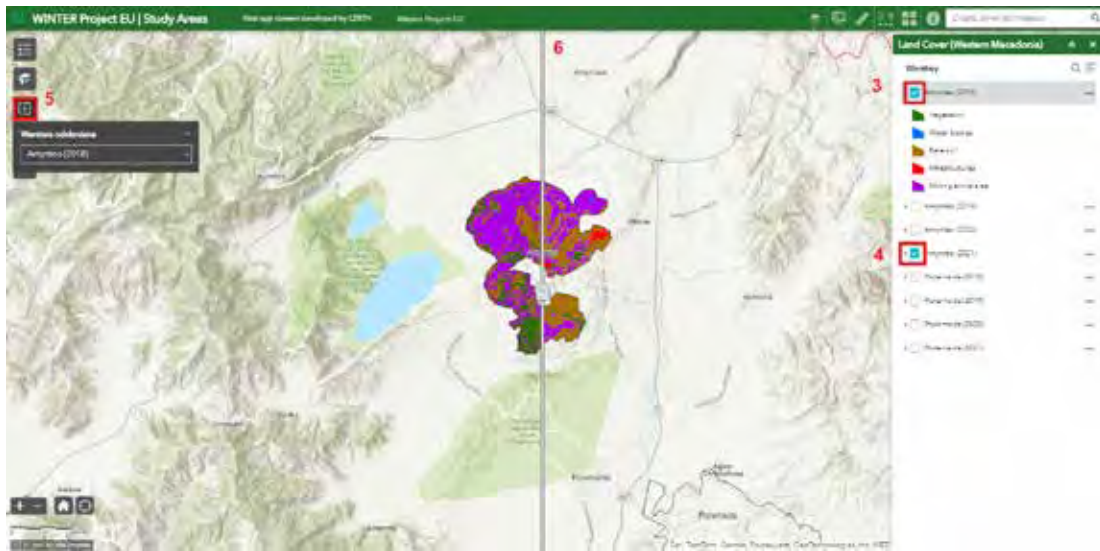
Rys. 10. Zrzut ekranu ikony aktywacji zatytułowanej „Obszary badań”
 Fig. 10. Screenshot of the activation icon titled as “Study areas”



Rys. 11. Aktywacja i wybór warstw tematycznych.
 Fig. 11. Activation and selection of thematic layers.



Rys. 12. Legenda dla pokrycia terenu Amynteo ze względu na aktywowaną warstwę tematyczną
 Fig. 12. Legend related to the land cover categories of Amynteo in terms of the activated thematic layer



Rys. 13. Screenshot wykorzystania widżetu przesuwania
 Fig. 13. Screenshot for the utilization of the swipe widget

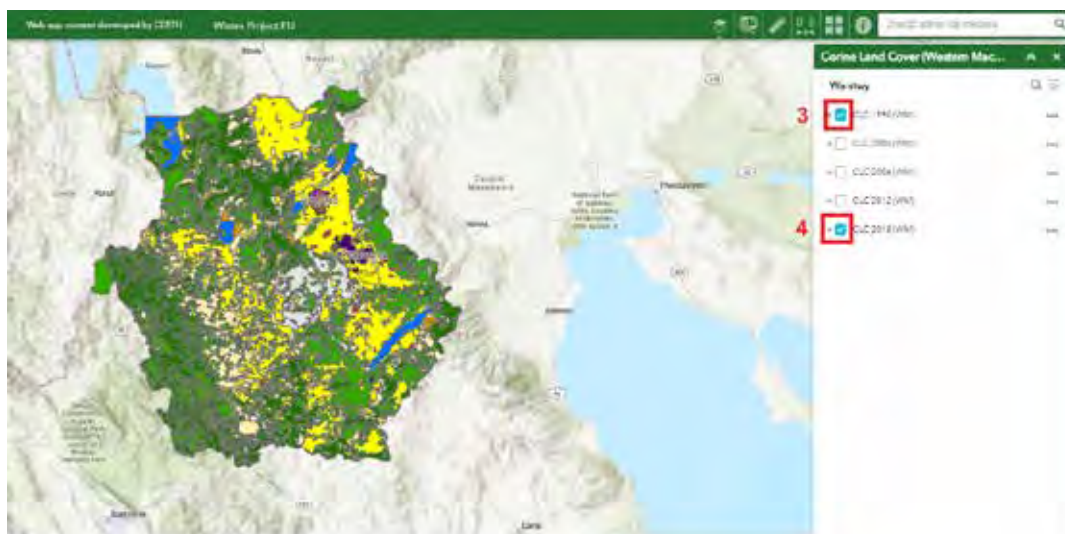


Rys.14. Zrzut ekranu z wyboru grup warstw zainteresowania
 Fig. 14. Screenshot from the selection of group layers of interest

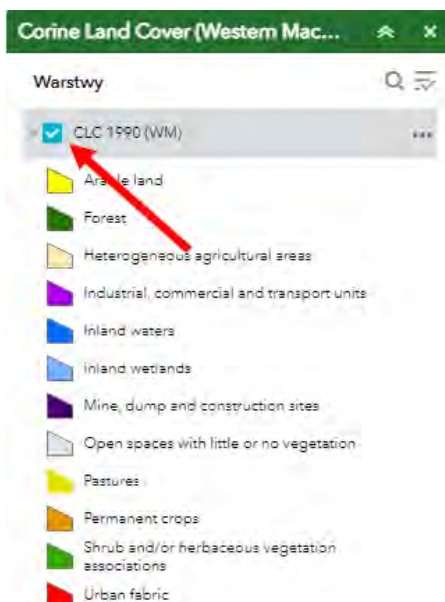
wymaga 2 aktywnych/wybranych warstw tego samego typu, aby mogło nastąpić porównanie.

Jedną z najważniejszych możliwości platformy web-gis jest ilościowe porównanie zmian użytkowania gruntów, które może pomóc w lepszym zrozumieniu ewolucji wybranych regionów pogórnicych i podejmowanych działań w zakresie transformacji energetycznej, a także w identyfikacji trendów z nią związanych. Analizę tę można przeprowadzić za pomocą widżetu „screening”. Na poniższym przykładzie wskazano jak użytkownik może przeanalizować zmiany wykorzystania terenów/pokrycia terenu na określonym obszarze, aktywując ikonę warstw (1) i wybierając warstwę grupy Corine Land Cover (Zachodnia Macedonia) (2) (Rys. 14, 15).

Podobnie jak w poprzedniej aplikacji, warstwa wyświetlana na platformie jest zawsze zgodna z hierarchią aktywnych warstw. Tak więc warstwą, która pojawia się w tym przypadku jest CLC 1990 (WM). Jeśli użytkownik chce zobaczyć, co zawiera każda kategoria pokrycia terenu/użytkowania gruntów, może je wyświetlić, klikając strzałkę i otwierając okno legendy. Na przykład „Grunty orne” są skategoryzowane na żółto, „Lasy” na zielono, „Kopalnie, zwałowiska i place budowy” na

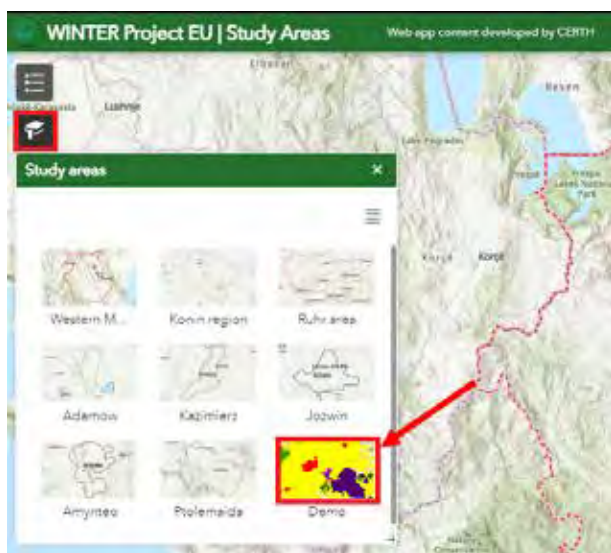


Rys.15. Zrzut ekranu z aktywacji wybranych zestawów danych pokrycia terenu Corine w zachodniej Macedonii
 Fig. 15. Screenshot from the activation of the selected Corine land cover datasets in Western Macedonia



Rys. 16. Legenda zawierająca zestaw danych pokrycia terenu Corine w Zachodniej Macedonii

Fig. 16. Legend related to the Corine land cover datasets in Western Macedonia



Rys. 17. Wybór obszaru demonstracyjnego

Fig. 17. Selection of the Demo area

fioletowo, a „Tkanka miejska” na czerwono (Rys. 16).

Na poniższym przykładzie region „Demo” został wybrany na ikonie „Study areas”(Rys. 17).

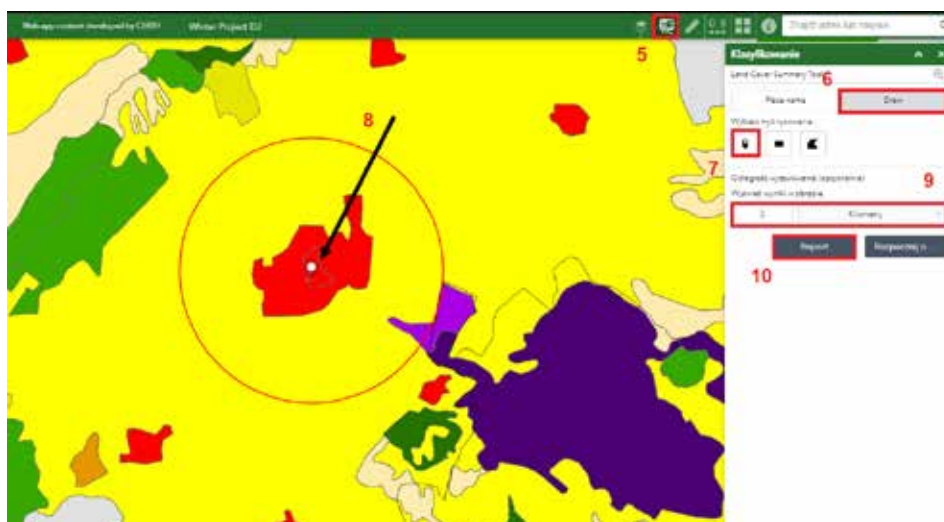
Następnym krokiem jest kliknięcie ikony widżetu „screening” (5) i wybranie pola „Draw” (6) (Rys. 18). W tym momencie użytkownik może wybrać jedną z 3 geometrii wyznaczania obszaru zainteresowania, poprzez narysowanie punktu, prostokąta lub wielokąta. W zaprezentowanym na rysunku 18 przykładzie, punkt został wybrany poprzez kliknięcie ikony (7). Po ustawieniu geometrii rysowania użytkownik może wybrać obszar zainteresowania, klikając lewym przyciskiem myszy (8) w oknie mapy. Następnie można wybrać strefę buforową wokół punktu zainteresowania, wybierając jednostkę miary i rozmiar. W przedstawionym przykładzie jednostką miary jest kilometr, a promień wynosi trzy kilometry (9). Czerwony okrąg zostanie automatycznie utworzony w oknie mapy, aby przedstawić analizowany obszar. Ostatnim krokiem jest naciśnięcie przycisku raportu (10).

Użytkownik może wyświetlić obszar wszystkich typów pokrycia terenu/użytkowania gruntów, które znajdują się w określonym obszarze zainteresowania w kilometrach kwadratowych, klikając ikonę krzyżyka, jak pokazano w krokach 11 i 12. Po zakończeniu analizy użytkownik może wydrukować/zapisać wynik (13). (Rys. 19).

Na podstawie dwóch wygenerowanych tabel (Rys. 20) dla dwóch lat użytkowania wskazanego w przykładzie obszaru zaobserwowano, że teren miejski wzrósł z 4,14 km² do 4,72 km², strefa przemysłowa wzrosła o 2,28 km², podczas gdy grunty orne zmniejszyły się z 23,81 km² do 21,17 km².

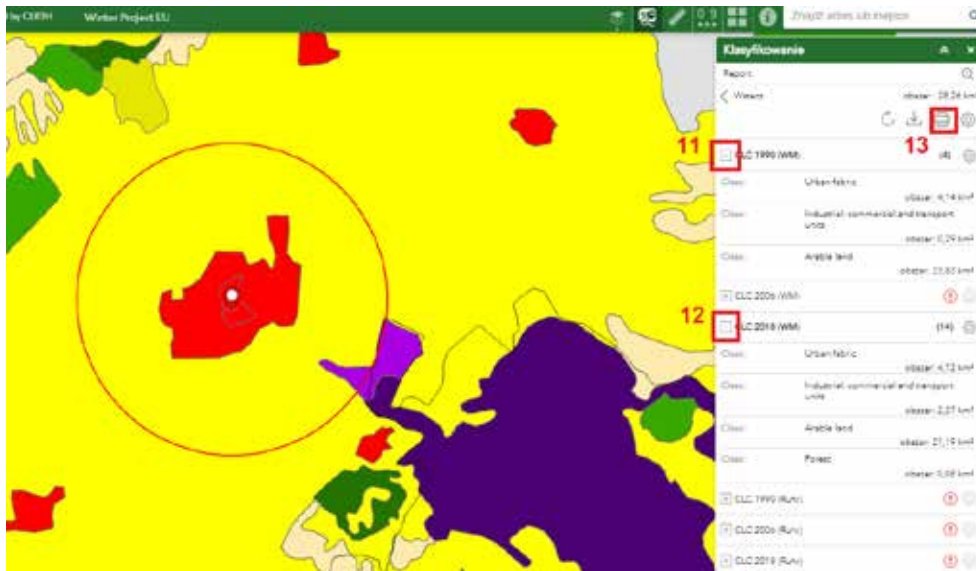
Wykorzystanie narzędzi do identyfikacji obszarów instalacji Odnawialnych Źródeł Energii (OZE)

W ramach projektu WINTER przeprowadzono analizę przydatności obszarów do instalacji Odnawialnych Źródeł Energii (OZE). W analizie wykorzystywane są otwarte dane geoprzestrzenne: wysokość, ukształtowanie terenu, użytkowanie gruntów) oraz ramy prawne/institutionalne każdego kraju. Po wybraniu na przykład „Scenariuszy przydatności do instalacji odnawialnych źródeł energii (Macedonia Zachodnia)”, warstwy (Rys. 21), które odnoszą się do obszaru, na którym zastosowano scenariusze, zostaną wyświetlone jako („Obszar



Rys. 18. Widok aktywacji ustawień narzędzia Screening

Fig. 18. View from the activation of the Screening tool settings



Rys. 19. Wyniki z widżetu „Screening report”
 Fig.19. Results from the Screening report widget.

Summary

Name	Count	Area(km ²)	Length(km)
CLC 1990 (WM)	4	28.26	N/A
CLC 2018 (WM)	14	28.26	N/A

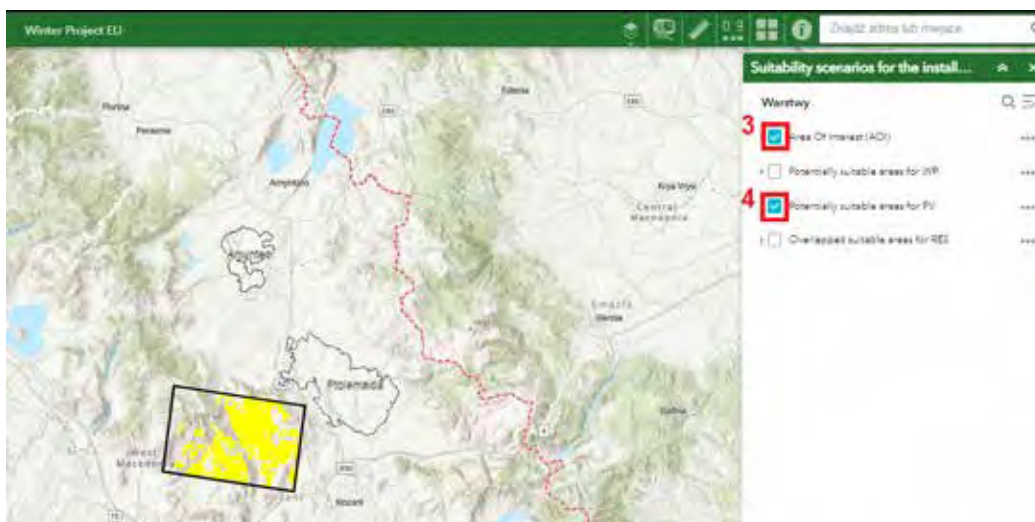
CLC 1990 (WM)

#	Class	Area(km ²)
1	Industrial, commercial and transport units	9.38
2	Urban fabric	4.54
3	Arable land	23.81

CLC 2018 (WM)

#	Class	Area(km ²)
1	Forest	8.09
2	Industrial, commercial and transport units	2.78
3	Urban fabric	4.72
4	Arable land	21.17

Rys. 20. Zrzut ekranu z wyeksportowanych wyników widżetu Screening
 Fig.20. Screenshot from the exported results of Screening widget



Rys. 21. Zrzut ekranu dla scenariusza farmy fotowoltaicznej
 Fig. 21. Screenshot from the activation of the photovoltaic scenario

zainteresowania (AOI)”) dla instalacji farm wiatrowych („WP”), dla instalacji fotowoltaicznych („PV”) oraz warstwa dotycząca obszarów, które spełniają kryteria dla obu typów instalacji OZE („Nakładające się”). W kolejnym kroku użytkownik może aktywować wybrane warstwy. W tym przypadku (Rys.

21) wizualizowane są granice obszaru zainteresowania (3) i warstwa dla scenariusza farmy fotowoltaicznej(4).

Jak pokazano na rysunku 22, obszary, które mogą być odpowiednie na przykład do instalacji PV są zaznaczone na żółto. Użytkownik może również, koncentrując się na swoich

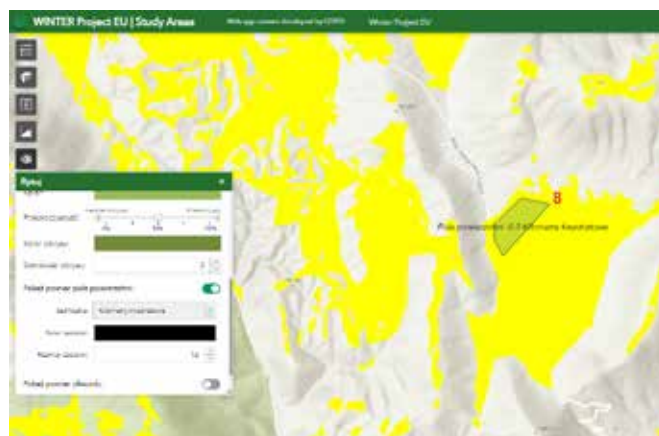


Rys. 22. Ustawienia narzędzia „zaznacz”
Fig. 22. Settings of the „Draw” tool

obszarach zainteresowania w granicach zastosowanego scenariusza OZE, za pomocą narzędzia do planowania (5), tworzyć wielokąty lub inne obszary (6), aby następnie obliczyć wielkość. (Rys. 22, 23) interesującej go powierzchni umożliwić im obliczanie różnych właściwości geometrycznych.

Podsumowanie

Adaptacja obszarów górniczych w erze post-węglowej staje się kluczowym wyzwaniem, które wymaga współpracy wielu interesariuszy oraz zaangażowania społeczności lokalnych. Projekt WINTER, poprzez rozwijaną interaktywną



Rys. 23. Ilustracja obliczenia powierzchni zaznaczonego obszaru zainteresowania

Fig. 23. Illustration of the area calculation of the drawn area of interest

platformę, oferuje kompleksowe narzędzie wspierające proces transformacji. Analiza danych, wizualizacja trendów oraz identyfikacja potencjalnych scenariuszy rozwoju pozwala na efektywne zarządzanie zmianami oraz tworzenie innowacyjnych strategii wykorzystania obszarów poeksploatacyjnych, uwzględniających lokalne potrzeby i cele zrównoważonego rozwoju.



Funded by
the European Union



Research Fund for Coal & Steel



WINTER

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or Research Fund for Coal and Steel. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

Finansowane przez Unię Europejską. Poglądy i opinie wyrażone w artykule są jednak wyłącznie poglądami i opiniami autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy Unii Europejskiej lub Research Fund for Coal and Steel. Ani Unia Europejska, ani organ udzielający dotacji nie mogą być za nie pociągnięte do odpowiedzialności.

Literatura

- [1] Accelerating Just Transitions for the Coal Sector Strategies for rapid, secure and people-centred change (2024) International Energy Agency <https://iea.blob.core.windows.net/assets/4616ca1a-33a1-46be-80a9-e52ed40997a7/AcceleratingJustTransitionsfortheCoalSector-WEOSpecialReport.pdf>
- [2] Strambo C., Aung, M.T. and Atteridge A., (2019). Navigating coal mining closure and societal change: learning from past cases of mining decline. SEI Working Paper. Stockholm Environment Institute, Stockholm
- [3] Bocoum B., Hund K.L., Tadevosya N., McMahon G., Floroiu J. R., Ruxandra M., Minasyan G., Wang Q. Mine closure : A Toolbox for Governments (2021) Washington, D.C., World Bank Group <https://documents1.worldbank.org/curated/en/278831617774355047/pdf/Mine-Closure-A-Toolbox-for-Governments.pdf>
- [4] Pellegrini-Masini, G., Pirmi, A., Maran, S., & Klöckner, C. (2020). Delivering a timely and Just Energy Transition: Which policy research priorities? Environmental Policy and Governance 2020, 1-13 <https://doi.org/10.1002/eet.1892>
- [5] <https://winter-project.eu/>
- [6] <https://winter-project.eu/winter-platform/>
- [7] <https://www.copernicus.eu/en>