

Wykorzystanie systemów GIS w gospodarce odpadami

Zastosowanie systemów wspomagania podejmowania decyzji, opartych na specjalizowanych programach komputerowych, wykorzystujących [systemy informacji geograficznej](#) (GIS), pozwala na efektywne gospodarowanie odpadami z uwzględnieniem aspektów oddziaływania na środowisko naturalne, poszukiwania prawidłowych lokalizacji inwestycji pod względem rozwiązań komunikacyjnych, przyrodniczych czy społecznych. Umożliwia także tworzenie kompleksowych systemów gospodarki odpadami w zakresie wszystkich powstających w regionie strumieni odpadów, a tym samym bilansowanie ich, inwentaryzację danych środowiskowych w systemach regionalnych itd. Kluczowe znaczenie ma tutaj wdrożenie systemów na trzech poziomach: centralnym, regionalnym i wojewódzkim, przy czym niezwykle istotne są standaryzacja oraz odpowiednie zasady transferu danych.

Technologia GIS zaspokaja rosnące zapotrzebowanie jednostek samorządu terytorialnego na zaawansowane rozwiązania w zakresie [analiz przestrzennych](#). Wspomaga ona administrację publiczną w realizacji zadań statutowych, takich jak gospodarka przestrzenna, gospodarka wodno-ściekowa czy gospodarka odpadami. Dane o charakterze przestrzennym stanowią kluczowy element w budowaniu infrastruktury informacji przestrzennej na poziomach gmin, powiatów i województw, dlatego ważne jest, aby dane te były gromadzone w otwartych, udokumentowanych strukturach, przygotowanych do implementacji usług metadanych, stanowiąc jednocześnie łatwe w obsłudze narzędzie usprawniające pracę urzędników. Odnoszące się do tego zasady tworzenia infrastruktury informacji przestrzennej (IIP) w krajach Unii Europejskiej zostały zdefiniowane w treści dyrektywy INSPIRE.

GIS funkcjonuje obok innych systemów informatycznych,

integrując zasoby danych pochodzących niejednokrotnie z wielu wydziałów danej jednostki samorządu terytorialnego i umożliwia ich prezentację przestrzenną. Zasoby danych przestrzennych podlegają ciągłej lub okresowej aktualizacji na podstawie informacji pochodzących z baz dziedzinowych, prowadzonych przez wyodrębnione komórki organizacyjne urzędów.

Zasoby danych przestrzennych

Rozwój technologii GIS oraz doświadczenia w publikacji danych przestrzennych przyczyniły się do dynamicznego rozpowszechnienia usług sieciowych. Ich dostępność ma kluczowe znaczenie w pracy urzędów gmin, powiatów i województw, które na tej podstawie mogą prowadzić rejestry, wymagane przez odpowiednie ustawy i rozporządzenia. Rejestr prowadzi się w postaci bazy, która może stanowić część innych baz danych z zakresu ochrony środowiska, w tym również gospodarki odpadami.

Zarządzanie systemami gospodarki odpadami na poszczególnych szczeblach administracji państwowej wymaga użycia wielu map tematycznych, pozwalających na prowadzenie wielu zaawansowanych analiz. Kluczowym elementem umożliwiającym uzyskanie dostępu do zasobów kartograficznych jest krajowy Geoportal, którego główne zadanie polega na publikacji podstawowych danych przestrzennych.

Zastosowania GIS-u w gospodarce odpadami

Prawo w zakresie gospodarki odpadami funkcjonuje w naszym kraju od lat 90. XX wieku. Już wtedy, w celu redukcji wszystkich strumieni odpadów powstających w regionie, został wprowadzony obowiązek kontrolowanej gospodarki odpadami. Wprowadzane obecnie zmiany ustawowe dodatkowo mają za zadanie wzmocnienie kontroli zarządczych w gminach oraz wprowadzenie pełnego monitoringu i wymiany informacji dotyczących transportu odpadów komunalnych oraz sposobu ich przetworzenia.

Aplikacje oparte na technologii GIS mogą być wykorzystywane w wielu zaawansowanych analizach dotyczących zarządzania

gospodarką odpadami, jako rozszerzenia istniejących narzędzi lub niezależne aplikacje opracowane przy wykorzystaniu np. zintegrowanego pakietu Microsoft Visual Studio oraz biblioteki ArcObjects, opracowanej w technologii COM (Component Object Model). Analizy takie dotyczą najczęściej zagadnień optymalizacji parametrów systemów, tj. wyznaczania:

- współrzędnych lokalizacji poszczególnych elementów – obiektów w systemie,
- współrzędnych węzłów dróg określających przebieg tras przemieszczania się środków transportu (problem komiwojażera, algorytmy Floyda oraz Dijkstry),
- parametrów sterowania procesami elementarnymi (szeregowania i przydziału zadań, sterowania alokacją z uwzględnieniem transportu),
- parametrów procesów technologicznych, mających wpływ na wielkość emisji substancji zanieczyszczających,
- parametrów rozdziału obciążeń (przy wykorzystaniu zachłannego algorytmu aproksymacyjnego, realizującego tzw. problem pokrycia wierzchołkowego w grafie).

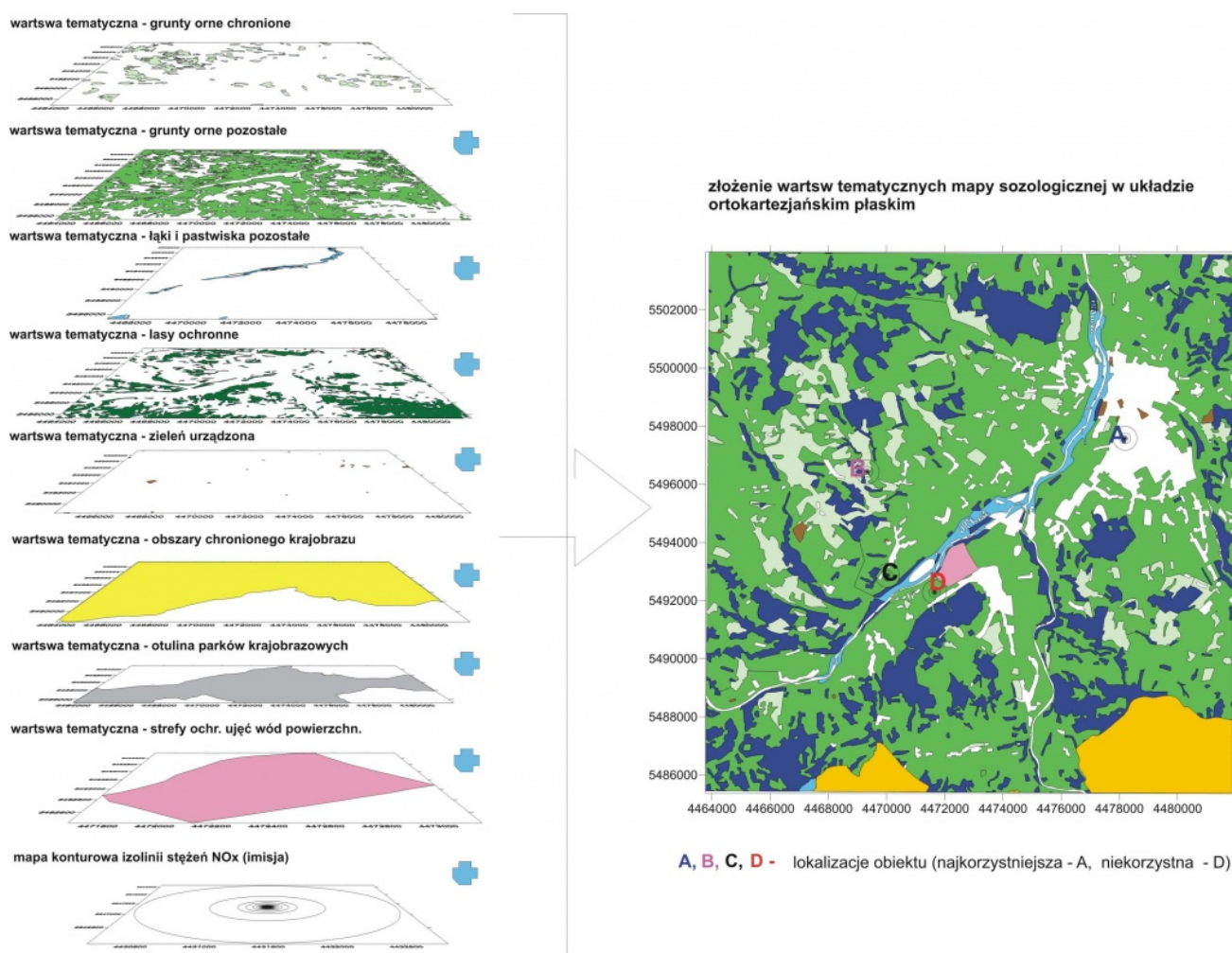
Poniżej przedstawiono przykłady dwóch zastosowań technologii GIS w gospodarce odpadami.

Analiza lokalizacji obiektów przetwarzania i unieszkodliwiania odpadów w systemie gospodarki odpadami

Analiza i ocena optymalnej lokalizacji spalarni odpadów komunalnych została przeprowadzona przy wykorzystaniu mapy sozologicznej w systemie GIS dla jednego z obszarów Polski. Rozpatrzono cztery lokalizacje (A, B, C, D), które ustalono wstępnie na podstawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego oraz mapy sieci uzbrojenia terenu. Rysunek 1. przedstawia wybrane warstwy tematyczne (formy ochrony środowiska przyrodniczego), zgodnie z instrukcją GIS-4, z naniesionymi punktami lokalizacji analizowanego obiektu.

Metodologia wyznaczania optymalnej lokalizacji obiektu polega

na obliczeniu składowych macierzy (tablicy) oznaczających odchylenia stężeń substancji w punktach krytycznych zdyskretyzowanego obszaru obliczeniowego (sieci receptorów) od wartości dopuszczalnych. Otrzymuje się je w wyniku analizy współrzędnych punktów występowania przekroczeń lub wartości maksymalnych tych odchyleń. Analiza odbywa się poprzez superpozycję warstw map tematycznych i map konturowych rozkładów stężeń substancji chemicznych i mapy sozologicznej odwzorowanej w rzeczywistym układzie współrzędnych (środowisko GIS), przedstawionych na rysunku 1.



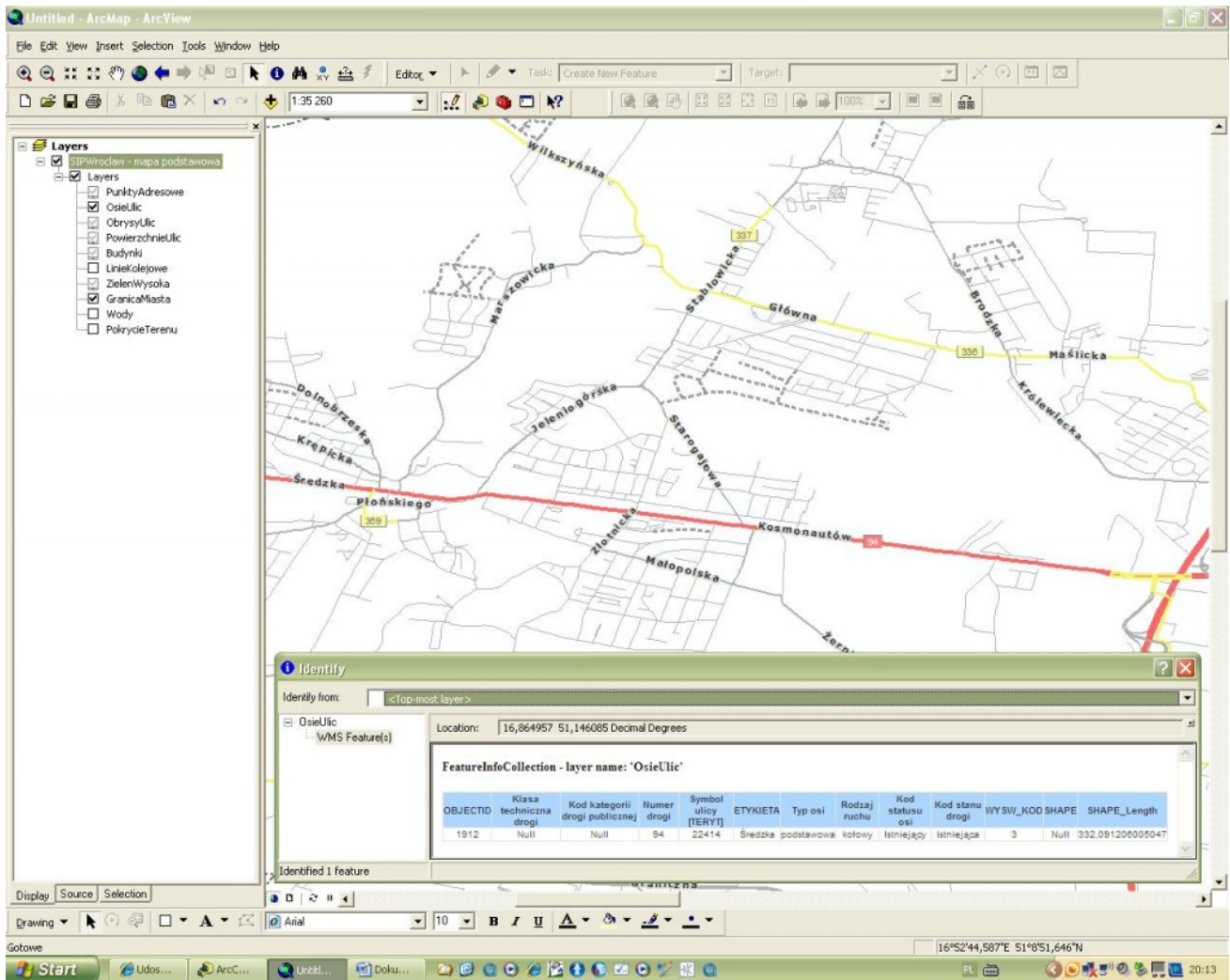
Rys. 1. Złożenie mapy konturowej izolinii stężeń maksymalnych dla dwutlenku azotu na podkładzie wybranych warstw mapy sozologicznej (podobszary), dla lokalizacji A, B, C, D.

Przeprowadzona analiza optymalizacyjna lokalizacji obiektów polegała na symulacji rozkładu zanieczyszczeń w powietrzu

atmosferycznym dla wybranych lokalizacji (A, B, C, D) i pozwoliła ustalić optymalne (pod względem środowiskowym) położenie obiektu. Wyznaczone wskaźniki jakości środowiska dla poszczególnych substancji zanieczyszczających w wybranych punktach lokalizacji obiektu determinują wybór optymalnego rozwiązania, tj. lokalizacji A, charakteryzującej się nieznacznym wpływem na poszczególne komponenty środowiska naturalnego. W przypadku lokalizacji w punkcie A izoliny wyższych niż dopuszczalne stężeń substancji zanieczyszczających przecinają tylko dwa podobszary na warstwach gruntów ornych chronionych i zieleni urządzonej mapy sozologicznej, natomiast najniekorzystniejsza lokalizacja D obejmuje znaczące oddziaływanie obiektu na środowisko z uwagi na przecinanie przez izoliny takich stężeń wielu podobszarów mapy sozologicznej.

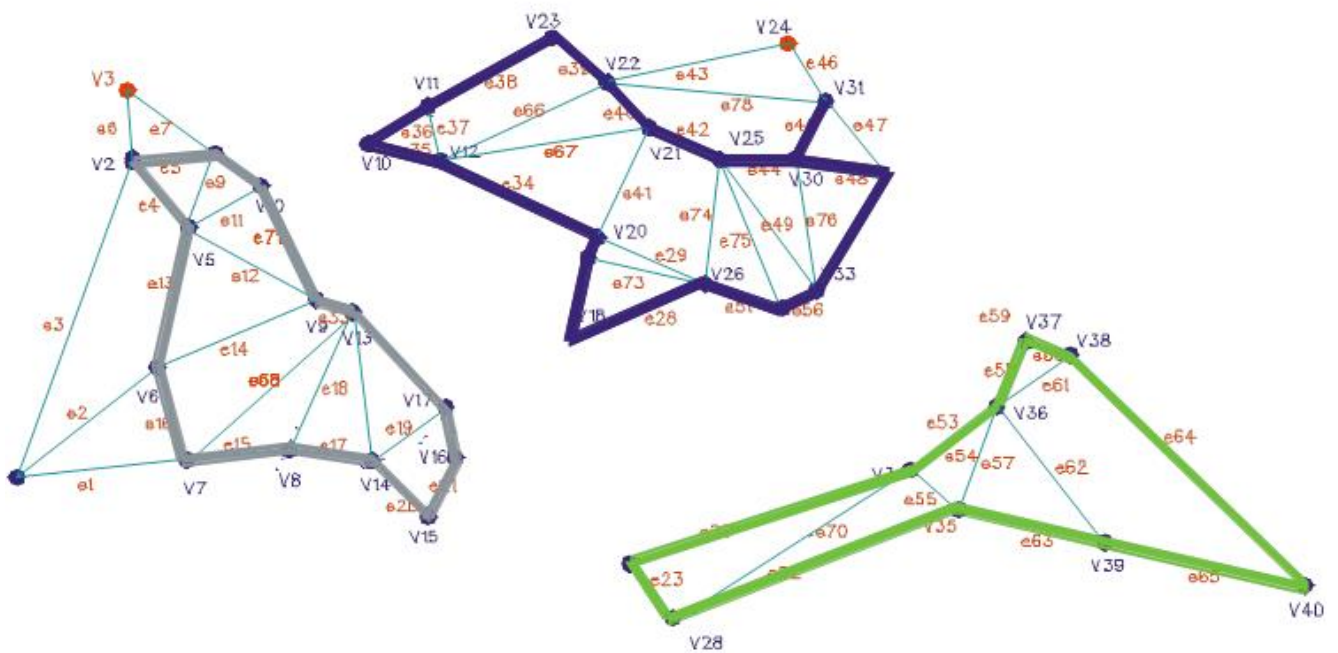
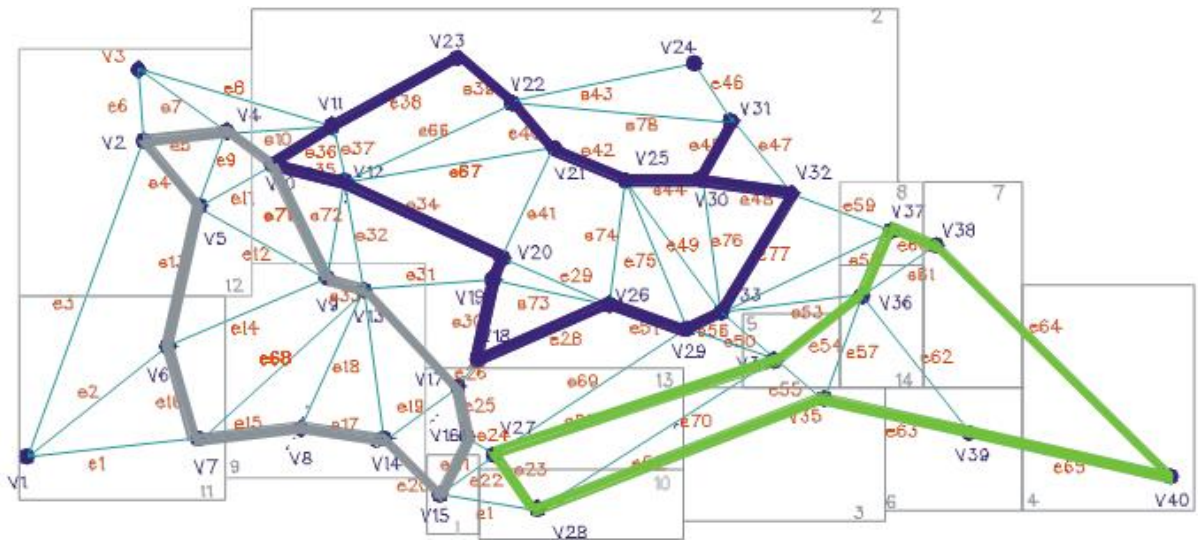
Optymalizacja tras przemieszczania się środków transportu odpadów – rozwiązanie problemu komiwojażera, wykorzystanie planarnych grafów topologicznych oraz sieci geometrycznych

Optymalizacja tras przemieszczania się środków transportu odpadów przeprowadzona została na podkładzie mapy drogowej (rysunek 2.) oraz przy wykorzystaniu znanego problemu komiwojażera, wyznaczającego optymalne cykle Hamiltona w modelu sieci geometrycznej, reprezentującej drogi na analizowanym obszarze objętym systemem gospodarki odpadami.



Rys. 2. Mapa podkładowa sieci dróg na rozpatrywanym obszarze.

W obliczeniach wykorzystano komponenty interfejsów zdefiniowanych w bibliotece ArcObjects środowiska ArcGIS, reprezentujących parametryzowane grafy topologiczne (ITopologyGraph) oraz sieci geometryczne (Geometric networks).



Rys. 3. Optymalne cykle Hamiltona (ścieżki w planarnym grafie topologicznym dla mobilnych jednostek w procesie transportu odpadów) w wybranym wariantcie obliczeniowym. Opracowanie własne.

Rysunek 3. przedstawia optymalne marszruty (cykle Hamiltona) dla trzech pojazdów transportujących odpady. Istotą algorytmu rozwiązującego problem komiwojażera jest ustalenie tras przemieszczania się środków transportu, generujących najmniejsze koszty eksploatacyjne. Modelując opisywany problem za pomocą planarnego grafu topologicznego, można powiedzieć, że komiwojażer (pojazd) musi znaleźć optymalną trasę – marszrutę, odwiedzając punkty zbiorki odpadów dokładnie jeden raz i kończąc w punkcie, z którego wyruszył. Powinien zatem

znaleźć trasę o minimalnym, łącznym koszcie, gdzie łączny koszt jest sumą kosztów poszczególnych krawędzi marszruty w grafie reprezentującym sieć dróg na analizowanym obszarze objętym procesami gospodarowania odpadami.

Podsumowanie

Korzyścią płynącą z wykorzystania technologii GIS w wydziałach ochrony środowiska jednostek samorządu terytorialnego jest znacząca poprawa dostępności danych, które dzięki usługom wielu geoportali w znaczący sposób wspomagają pracę tych jednostek, wynikającą z zadań statutowych. Dodatkowym argumentem, obligującym jednostki samorządu do wdrażania systemów GIS, są przepisy międzynarodowe i krajowe. Dyrektywa INSPIRE reguluje kwestie związane z gromadzeniem i publikowaniem danych przestrzennych. Jej uzupełnieniem, rozwinięciem i przełożeniem na polskie warunki jest ustawa o infrastrukturze informacji przestrzennej, definiująca zakres działań i obowiązków w zakresie tworzenia krajowej infrastruktury informacji przestrzennej.

Przedstawione rozwiązania aplikacji desktopowych stanowią przykład systemu wspomagania komputerowego w planowaniu i zarządzaniu gospodarką odpadami z wykorzystaniem zaawansowanych technologii typu GIS.