

System informacji geograficznej i techniki obrazowania satelitarnego w zastosowaniu do analizy i wizualizacji infrastruktur krytycznych i ich zagrożeń

**Krzysztof Bruniecki, Andrzej Stepnowski, Zbigniew Łubniewski,
Marcin Kulawiak, Bartosz Buszke**



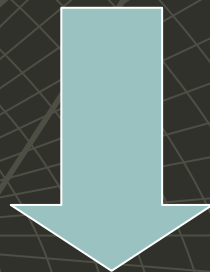
Politechnika Gdańska
Katedra Systemów Geoinformatycznych
ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

1. Wprowadzenie
2. Technologie bezpieczeństwa krajowego i infrastruktury krytyczne
3. Sieciowy System Informacji Przestrzennej do analizy i wizualizacji infrastruktur krytycznych i ich zagrożeń – architektura i dane
4. Moduł analizy danych satelitarnych
5. Przykłady zastosowań systemu
6. Podsumowanie

KONTEKST

Wzrost zagrożenia ze strony międzynarodowych organizacji terrorystycznych

Występowanie, często trudnych do przewidzenia, zdarzeń katastroficznych powodowanych siłami przyrody



Potrzeba ochrony ludności oraz krytycznych infrastruktur Państwa przed zagrożeniami

Infrastruktura

- o Struktura niezależnych sieci i systemów, które umożliwiają ciągły przepływ dóbr i usług istotny dla celów ochrony i bezpieczeństwa ekonomicznego państwa

Krajowe infrastruktury krytyczne

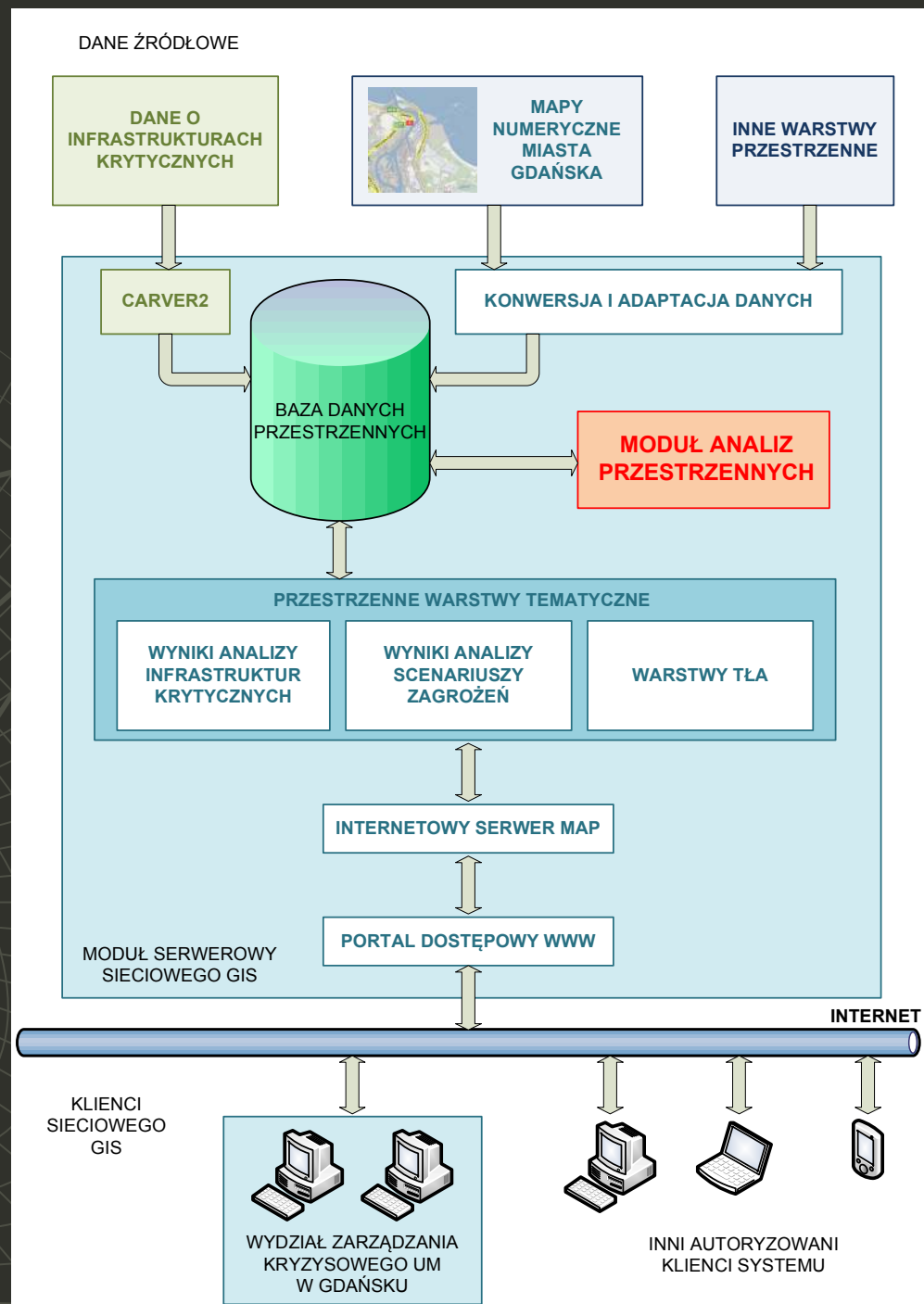
- o Infrastruktury, które uznawane są za tak istotne, że ich niesprawność lub zniszczenie będzie miało paraliżujący wpływ w skali regionalnej lub krajowej bądź poważnie zakłóci postępowanie i czynności dużej liczny osób polegających na infrastrukturach

Ochrona infrastruktury krytycznych na przykładzie USA - wyzwania

- 87 000 zakładów produkujących żywność
- 1 800 federalnych rezerwuarów wodnych
- 1 600 oczyszczalni komunalnych
- 5 800 zarejestrowanych szpitali
- 87 000 jednostek ratunkowych
- 2 miliardy mil kabli telekomunikacyjnych
- 2 800 elektrowni
- 104 komercyjne elektrownie jądrowe
- 300 000 punktów z ropą i gazem ziemnym
- 5 000 lotnisk publicznych
- 120 000 mil głównych linii kolejowych
- 590 000 mostów drogowych
- 2 000 000 mil rurociągów
- 500 publicznych systemów transportu miejskiego
- 26 600 banków i instytucji finansowych
- 66 000 zakładów chemicznych
- 80 000 tam i zapór
- 3 000 federalnych obiektów rządowych
- 460 wieżowców

Sieciowy System informacji geograficznej do analizy i wizualizacji infrastruktur krytycznych i ich zagrożeń

Architektura systemu



Złożoność zagadnienia ochrony infrastruktur krytycznych

Wrażliwość infrastruktury na atak

Wrażliwość na:
atak bombowy
atak chemiczny
wyciek substancji toksycznych
uwalnianie gazów toksycznych
Skutki zdarzenia:
ilość ofiar
ilość osób dotkniętych
straty materialne

Złożone zależności

Obiekty i linie energetyczne
Sieć wodno-kanalizacyjna
Szpitale, szkoły, itp.
Wysokie budynki
Siedziby władz lokalnych
Centra zarządzania kryzysowego

Wybrane sektory
infrastruktur krytycznych

Zapobieganie atakom
Zmniejszenie wrażliwości infrastruktury na atak
Redukcja rozmiaru zniszczeń i kosztów odtworzenia

Strategiczne cele bezpieczeństwa krajowego

Technologia CARVER2

(Criticality, Accessibility, Recoverability, Vulnerability, Espyability, Redundancy)

Służy do analizy infrastruktur krytycznych metodą porównywania odmiennych typów infrastruktury przy zastosowaniu tych samych kryteriów.

The screenshot displays the CARVER2web web application interface. At the top, it features the logo for the NI² Center for Infrastructure Expertise and the title 'CARVER2web™'. Below the title are navigation tabs for 'Form' and 'Map', and a menu with options: 'Table', 'View', 'Database', 'Reports', 'Help', and 'Logout'. The main content area is divided into several sections:

- ADMIN**: A vertical label on the left side of the form.
- Inspector Information**: Fields for 'Inspector: administrator', 'Org: administration', 'Asset ID #: 6', and 'Date: 2006-04-03'.
- Asset Details**: Fields for 'Asset Name: Town of Belchertown', 'Address: City Hall', 'Address2: Jabish Street', 'City / St / Zip: Belchertown MA 00000', 'County:', 'Phone#:', and 'GPS (x,y): -72.3636 42.2769'.
- Owner Information**: Fields for 'Owner: Town of Belchertown', 'Owner Type: Local/Municipal', 'Sector: Government Facility', and 'Sub-sector: Local'.
- Facility Operation**: Radio buttons for 'Full Time' (selected) and 'Part Time'.
- Notes**: A text area containing 'Contact Police Department (911) in the event of an emergency'.
- CRITICALITY**: Section for 'Impact of Loss of Asset' with dropdown menus for 'Users Affected: N/A', 'Economic Loss and Rebuild Cost (\$): N/A', and 'Potential Deaths from Attack: N/A'.
- ACCESSIBILITY**: Section for 'Ease of entry into the asset to cause its damage or destruction' with a 'Remote Site?' radio button (selected 'No') and a 'Select Value: N/A' dropdown.
- RECOVERABILITY**: Section for 'Time needed to replace asset, if possible' with a 'Select Value: N/A' dropdown.
- VULNERABILITY**: Section for 'Susceptibility of asset to damage or destruction' with a 'Choose Option' section (selected 'Structural', 'ChemBio' is unselected) and a 'Select Value: N/A' dropdown.
- ESPYABILITY**: Section for 'Is the asset an "icon" - representing more than a physical structure, i.e. national monument' with a 'Select Value (Notoriety): N/A' dropdown.
- REDUNDANCY**: Section for 'Percentage of "back-up" facilities or equipment that will offset asset loss' with a 'Select Value: 100%' dropdown.
- INTERDEPENDENCY**: Section titled 'Additional CI Sectors Affected by Loss of Asset' with a grid of checkboxes for various sectors: Agriculture & Food, Banking and Finance, Chemicals, Commercial Facilities, Dams, Defense Industrial Base, Emergency Services, Energy, Government Facility, Information Technology, National Monuments and Icons, Nuclear Sector, Postal and Shipping, Public Health, Telecommunications, and Water.

At the bottom of the interface, there are buttons for 'New', 'Save', and 'Delete', along with a 'Go to record number:' field, a 'Go' button, a 'Refresh' button, and a 'Record 3 of 38' indicator with navigation arrows.

Okno formularza kwestionariusza do zbierania danych o infrastrukturach krytycznych na tle głównego ekranu systemu

Web-Based GIS for Gdansk Crit

ANKIETA
na temat wybranych infrastruktur krytycznych
miasta Gdańska i ich zagrożeń

A. Informacje o infrastrukturze

1. Nazwa obiektu:
Pompa ciepła Sobiesz

2. Kod obiektu:
AL-57747

3. Adres obiektu:
ul. Piłsudskiego

4. Rodzaj:
Wodociąg

5. Rodzaj zagrożenia:
Dostępność dostawcy, sieć dostaw, sieć energii elektrycznej, uzdu, eksploatacja, ...

6. Rodzaj:
pompa ciepła

B. Rodzaj zagrożenia

B1. Gazotokacyjne
 B2. Pętno inkubacyjne
 B3. Przewod

C. Ocena zagrożenia w najgorszym przypadku
(kalkulacja potencjalnych strat)

1. Przewidywana liczba osób dotkniętych konsekwencjami zagrożenia do 72h po jego wystąpieniu

Dla zagrożenia B1: 1001 - 1000

Done

Dane przestrzenne przetwarzane w systemie i ich pochodzenie (1)

System integruje i przechowuje w bazie danych dane takie jak:

- dane o wybranych typach infrastruktur krytycznych, w tym wyniki ich analiz wykonywanych przez moduł CARVER2,
- dane z map cyfrowych terenu miasta Gdańska opisujące położenie ulic, budynków, podział administracyjny itp. (łącznie ok. 200 warstw),
- scenariusze zagrożeń w postaci dedykowanych modeli przestrzennych danego zjawiska (np. strefy rażenia ataku bombowego czy przybliżony, szacowany zasięg rozprzestrzeniania się toksycznej substancji).

Dane przestrzenne przetwarzane w systemie i ich pochodzenie (2)

Dane przestrzenne na temat infrastruktur krytycznych oraz innych elementów infrastruktury miejskiej Gdańska pozyskane zostały:

- z zasobów numerycznej mapy miasta będącej w posiadaniu Urzędu Miejskiego w Gdańsku jako wektorowe warstwy danych,
- bezpośrednio od instytucji odpowiedzialnych za danych sektor infrastruktur krytycznych, takich jak np. podmiot dostarczający energię elektryczną (ENERGA) bądź wodę pitną (Saur Neptun Gdańsk).

Zintegrowana wizualizacja warstw infrastruktury miejskiej Gdańska (1)

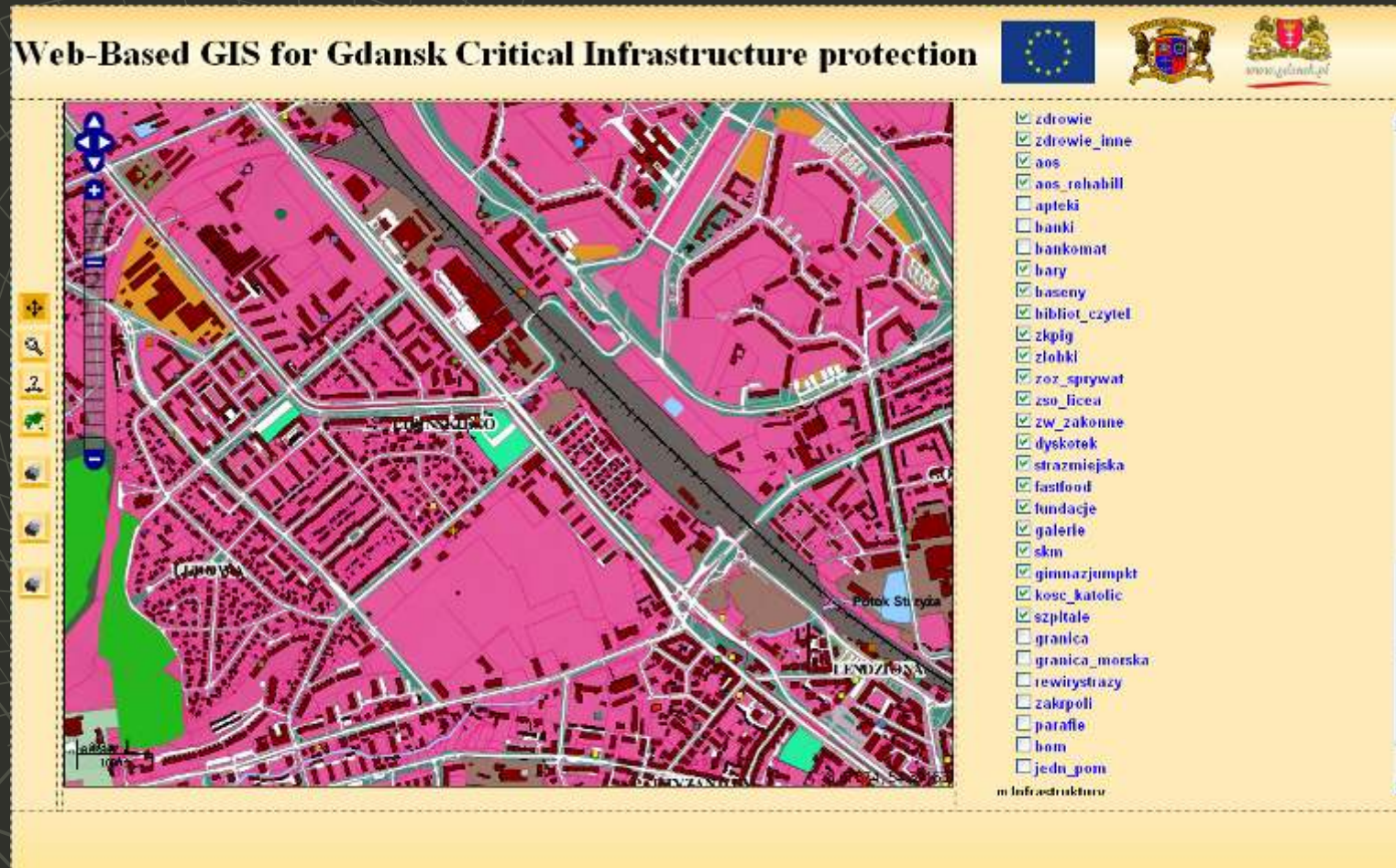
Web-Based GIS for Gdansk Critical Infrastructure protection

The screenshot displays a web-based GIS application interface. At the top, the title "Web-Based GIS for Gdansk Critical Infrastructure protection" is visible, along with logos for the European Union and the City of Gdansk. The main map area shows a detailed view of Gdansk, with various infrastructure layers overlaid on a satellite base map. The layers are color-coded and labeled, including "Europe countries", "Gulf of Gdansk depth bounds", and "Miasto" (City) layers. The "Miasto" layer includes sub-layers such as "dzialki", "ter_kolej", "ter_przem", "ter_komunik_inne", "rezerwaty", "tpk_region", "plaza_region", "lasy", "lasygminy", "laki", "ogr_dz", "parki_nowe", "cmentarze", "m_pam_nar", "zielence", "morze", "wody", "zb_wod", "duky_lesne", and "duky_lesne_osie". The interface also includes a navigation toolbar on the left and a legend on the right with checkboxes and zoom controls for each layer.

Map data ©2009 PPWK, Tele Atlas - Terms of Use
18.85185, 54.41094

Zintegrowana wizualizacja warstw infrastruktury miejskiej Gdańska (2)

Web-Based GIS for Gdansk Critical Infrastructure protection

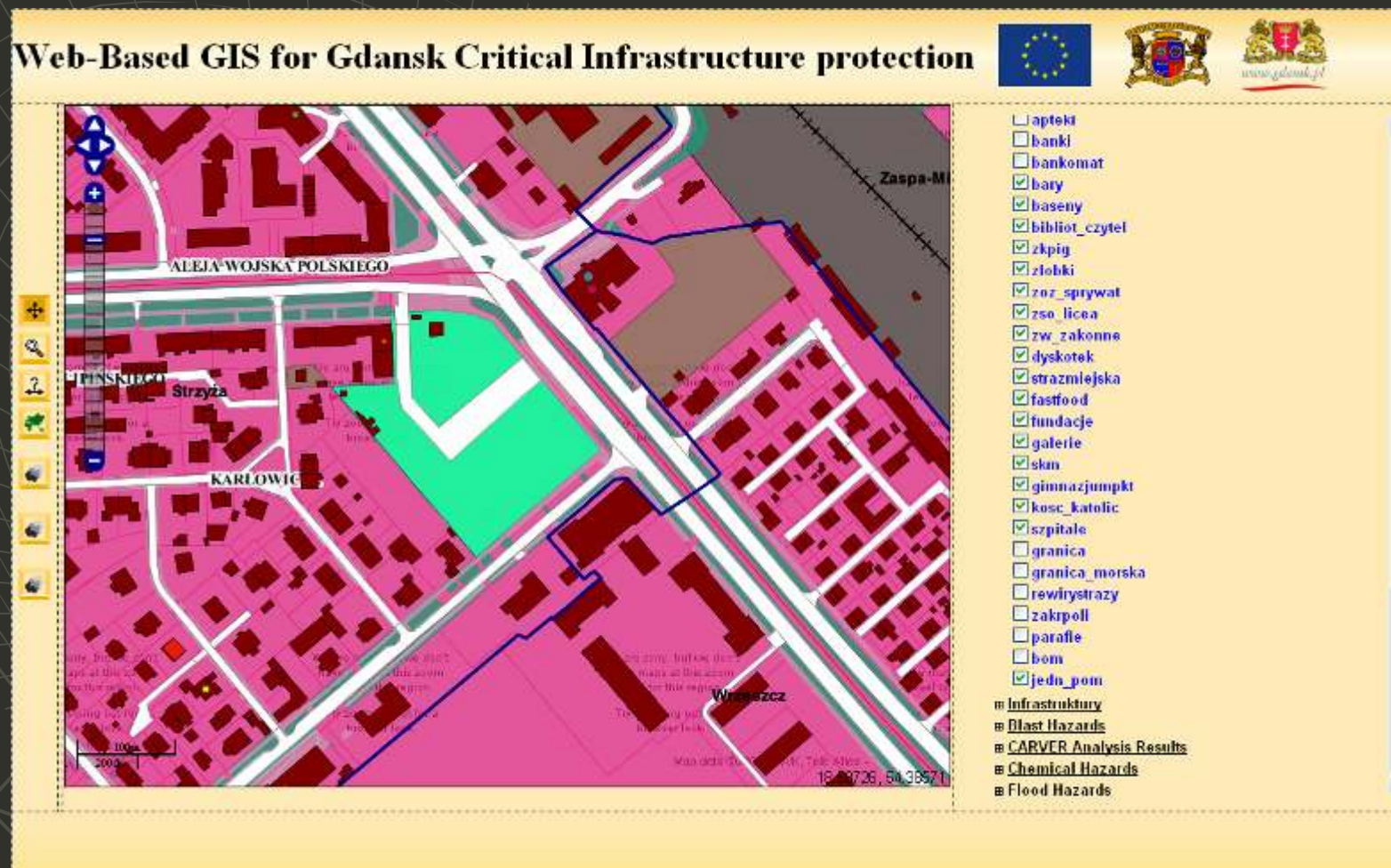


Logos: European Union, City of Gdansk, and Gdansk City Coat of Arms.

- zdrowie
- zdrowie_inne
- aos
- aos_rehabill
- apteki
- banki
- bankomat
- bary
- baseny
- bibliot_czytel
- zkpig
- zlobki
- zoz_sprywat
- zso_fieca
- zw_zakonne
- dyskotek
- strazmiejska
- fastfood
- fundacje
- galerie
- skm
- gimnazjumptk
- kosc_katolic
- szpitale
- granica
- granica_morska
- rewirstrazy
- zakropoli
- parafie
- hom
- jedn_gom

m Infrastruktura

Zintegrowana wizualizacja warstw infrastruktury miejskiej Gdańska (3)



Funkcjonalność systemu

podstawowe narzędzia do nawigacji w widoku mapy

dostęp do atrybutów obiektów przedstawianych na mapie (np. liczba mieszkańców budynku lub określonego obszaru)

- tworzenie zapytań w celu automatycznej selekcji obiektów na podstawie kryteriów przestrzennych lub innych atrybutów
- możliwość udostępniania i wizualizacji na bieżąco warstw zmieniających się w czasie (np.. sensory satelitarne)
- definiowanie parametrów oraz uruchamianie procedur geoprzetwarzania i analiz przestrzennych, w tym opartych na scenariuszach zagrożeń

Moduł danych satelitarnych

- ◆ Pozyskiwanie obrazów
- ◆ Zastosowanie danych z różnych sensorów satelitarnych
- ◆ Automatyczne przetwarzanie danych
- ◆ Wizualizacja danych i półautomatyczna klasyfikacja

Pozyskiwanie obrazów

Bezpośrednio z satelitów EOS (Earth observation satellite)

- NOAA,
- Feng Yun,
- SeaStar
- MetOp
- W przyszłości także NPOESS

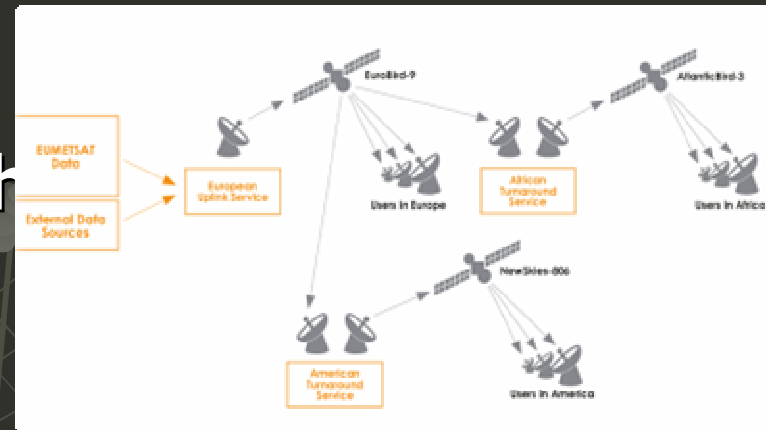
1.5m HRPT-MetOp Ground Station

- Obsługa satelitów o orbitach okołobiegunowych
- Odbiór w paśmie L
- Możliwy odbiór z elewacji $> 1^\circ$
- Instalowana na terenie PG



Pozyskiwanie obrazów (2)

Pośrednio z satelitów telekomunikacyjnych



EUMETCast

- MSG (Meteosat Second Generation)
- Część danych z satelitów o orbitach okołobiegunowych (NOAA, MetOp)
- Inne produkty pochodne
 - ◆ Wiatr
 - ◆ Temperatura
 - ◆ Ozon

Pozyskiwanie obrazów (3)

Pośrednio ze źródeł opartych o sieć Internet

Współpraca z ESRIN (ESA Centre for Earth Observation)

Inne np.:

- „The MODIS Rapid Response System”
 - ◆ <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/>
 - ◆ Sensor MODIS (Aqua / Terra), wybrane produkty
 - True Color,
 - False Color,
 - Zawarta dodatkowa informacja o możliwych zagrożeniach pożarowych
- Współpraca z lokalnymi dostawcami obrazów wysokorozdzielczych jak Satelitarne Centrum Operacji Regionalnych S.A.

Zastosowanie sensorów satelitarnych

Wybór konkretnego rodzaju sensora satelitarnego do danego zagrożenia

Zastosowanie	Platforma satelitarna					
	MSG	MODIS	Landsat	SPOT	Ikonos/ QuickBird/ GeoEye	SAR
Pożary	X	X				
Zadymienie	X	X	X	X		
Zanieczyszczenia atmosferyczne		X				
Powodzie	X	X	X	X	X	X
Opady	X	X				
Skażenie chemiczne		X				
IK				X	X	X
Plamy ropy		X	X	X	X	X

Przetwarzanie danych

- ◆ **Obróbka wstępna**
 - Dodawanie georeferencji zgodnej z standardowymi normami (np.: WGS 84, projekcja EPSG:4326)
 - Obróbka spektrometryczna
 - Korekcja optyczna
- ◆ **Produkty pochodne**
 - SOIL Mapper®
 - PM Mapper®
 - Wykorzystanie SSE (service support environment)
 - Testowanie własnych algorytmów przetwarzania / klasyfikacji
 - ◆ Algorytmy wielo-kanałowe
 - ◆ Algorytmy wielo-sensorowe

Udostępnianie danych

- ◆ Dedykowany serwer WMS (Web Map Service)
 - Technologia .NET
 - Dane niemal czasu rzeczywistego (near real-time)
 - ◆ Wsparcie dla wielordzeniowości
 - ◆ Nacisk na maksymalizację wydajności
- ◆ GeoServer (również WMS)
 - Technologia Open Source
 - Dane o długoterminowej dostępności w systemie
 - ◆ Efektywne cache'owanie
 - ◆ Zwiększony koszt dodania danych do bazy
- ◆ Protokół powiadamiania o zagrożeniach
- ◆ Dowolny klient WMS
 - OpenLayers (Open Source, Ajax, DHTML)

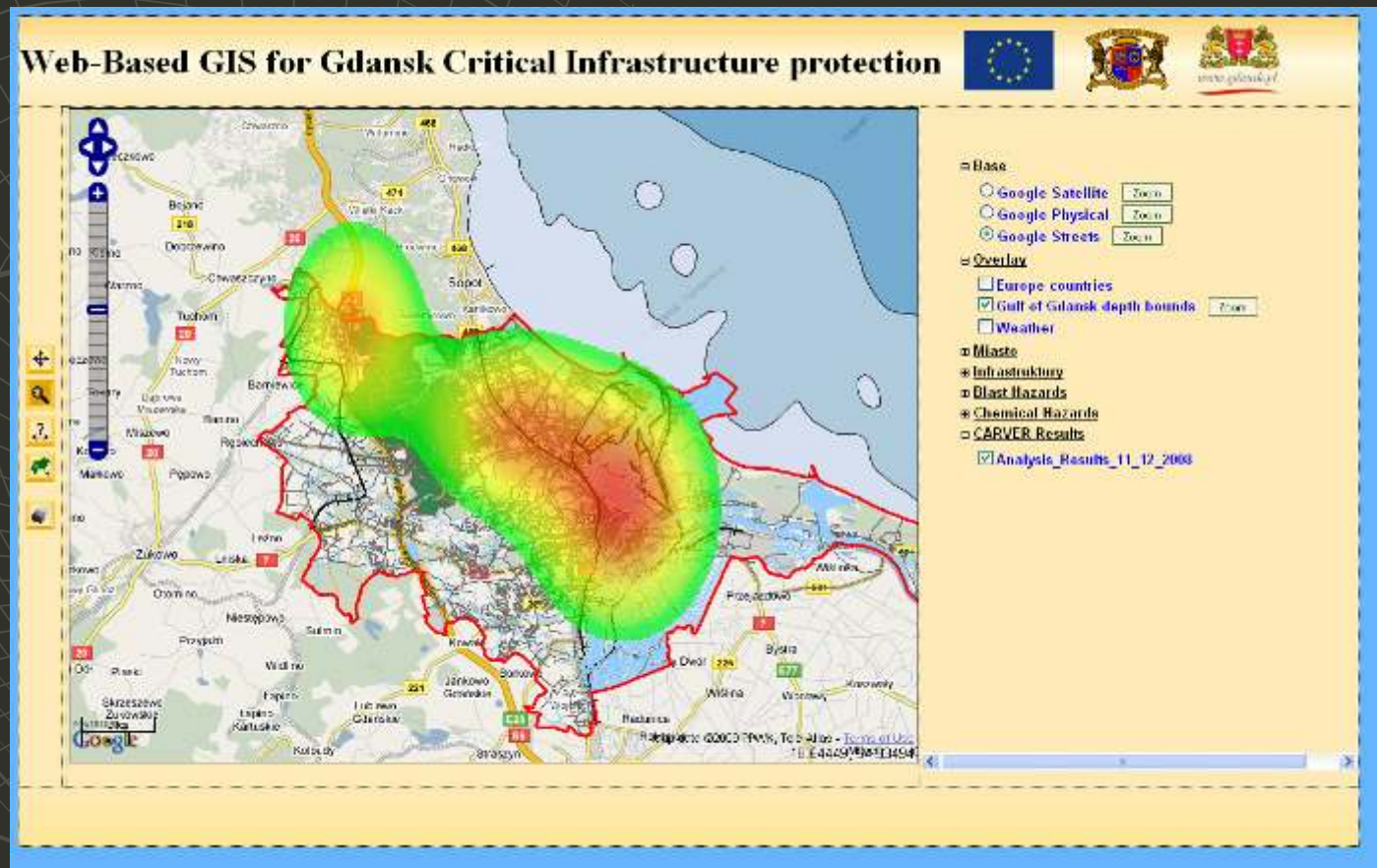
Przykłady zastosowań systemu (1)

Przykładowa punktacja CARVER2 dla wybranych infrastruktur krytycznych na terenie miasta Gdańska

Lp.	Infrastruktura krytyczna	Wynik
1	Rafineria Gdańska	165
2	Port w Gdańsku	138
3	Szpital Wojewódzki	144
4	Straszyn – wodociągi	172
5	Główna rozdzielnia prądu	90
6	Port lotniczy	142
7	Dworzec główny PKP	112

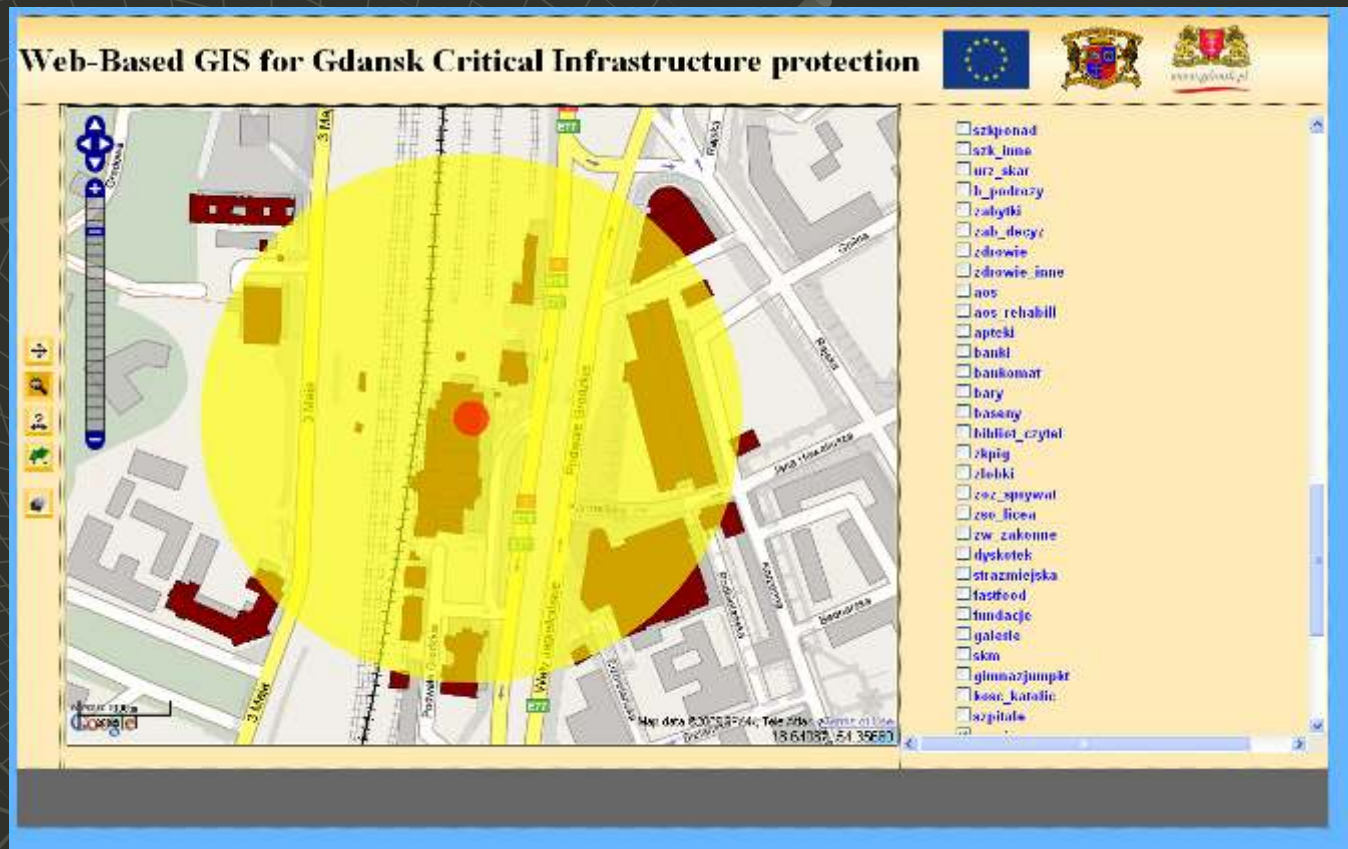
Przykłady zastosowań systemu (2)

Wizualizacja warstwy przedstawiającej interpolowane za pomocą metody ważonej odwrotnej odległości (*Inverse Distance Weighted – IDW*) wyniki analizy infrastruktury krytycznych



Przykłady zastosowań systemu (3)

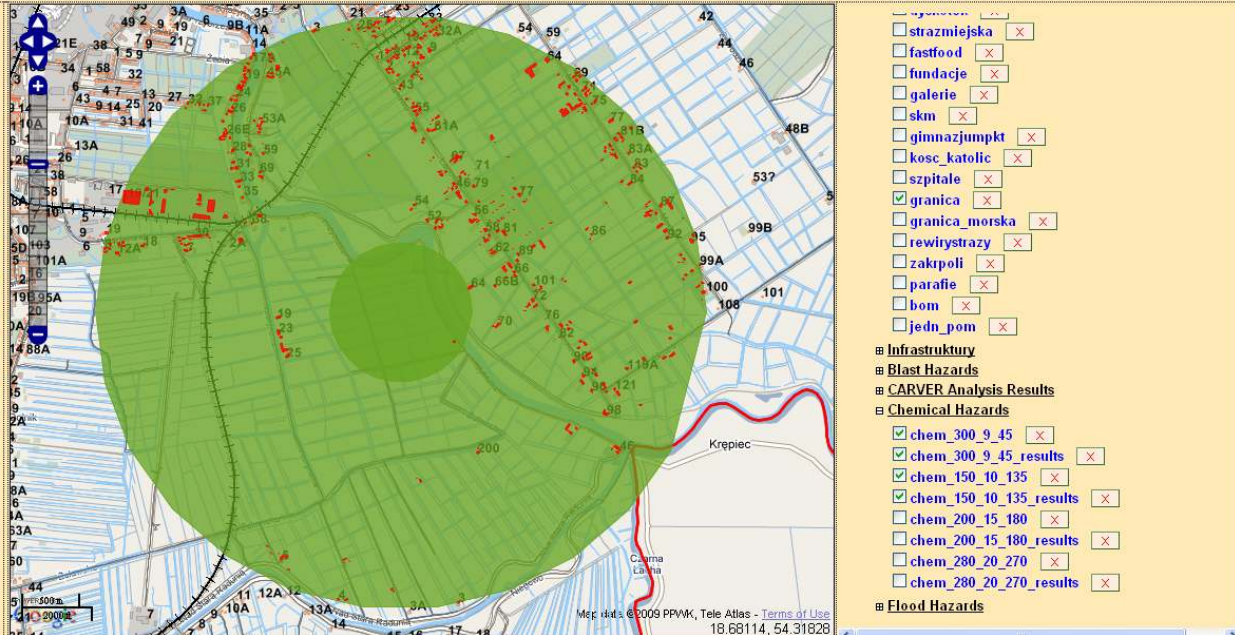
Wizualizacja szacowanych skutków ataku bombowego na główny dworzec kolejowy w Gdańsku na podstawie masy użytego materiału wybuchowego i granicznej wartości ciśnienia. **Czerwone koło** – strefa całkowitego zniszczenia (*structural damage zone*), **żółte koło** – strefa mniejszych zniszczeń (*severe injures zone*)



Przykłady zastosowań systemu (4)

Wizualizacja strefy zagrożenia toksyczną substancją chemiczną, dla której wykryto przedostanie się do atmosfery – według schematu zgodnego z normą NATO ATP-45
Prędkość wiatru: 5 km/h

Web-Based GIS for Gdansk Critical Infrastructure protection



Map showing a hazard zone visualization in Gdansk, Gdansk Critical Infrastructure protection. The map displays a green circular hazard zone centered on a point, with various buildings and infrastructure marked. The legend on the right side of the interface lists various categories and their corresponding symbols:

- strazmiejska
- fastfood
- fundacje
- galerie
- skm
- gimnazjumpt
- kosc_katolic
- szpitale
- granica
- granica_morska
- rewirystrazy
- zakrpoli
- parafie
- bom
- jedn_pom

Infrastructure

Blast Hazards

CARVER Analysis Results

Chemical Hazards

- chem_300_9_45
- chem_300_9_45_results
- chem_150_10_135
- chem_150_10_135_results
- chem_200_15_180
- chem_200_15_180_results
- chem_280_20_270
- chem_280_20_270_results

Flood Hazards

Map data © 2009 PPMK, Tele Atlas - Terms of Use 18.68114, 54.31828

Przykłady zastosowań systemu (5)

Wizualizacja strefy zagrożenia toksyczną substancją chemiczną, dla której wykryto przedostanie się do atmosfery – według schematu zgodnego z normą NATO ATP-45
Prędkość wiatru: 15 km/h

Web-Based GIS for Gdansk Critical Infrastructure protection

The screenshot displays a web-based GIS interface for Gdansk Critical Infrastructure protection. The main map shows a green shaded area representing a toxic chemical hazard zone and a red shaded area representing critical infrastructure. The map includes labels for various locations and infrastructure elements. The right-hand side features a legend with the following categories and items:

- strazmiejska
- fastfood
- fundacje
- galerie
- skm
- gimnazjum
- kosc_katolic
- szpitale
- granica
- granica_morska
- rewirystrazy
- zakropoli
- parafie
- bom
- jedn_pom

Additional categories in the legend include:

- Infrastruktury**
- Blast Hazards**
- CARVER Analysis Results**
- Chemical Hazards**
 - chem_300_9_45
 - chem_300_9_45_results
 - chem_150_10_135
 - chem_150_10_135_results
 - chem_200_15_180
 - chem_200_15_180_results
 - chem_280_20_270
 - chem_280_20_270_results
- Flood Hazards**

The interface also includes a search bar, navigation tools, and logos for the European Union and Gdansk.

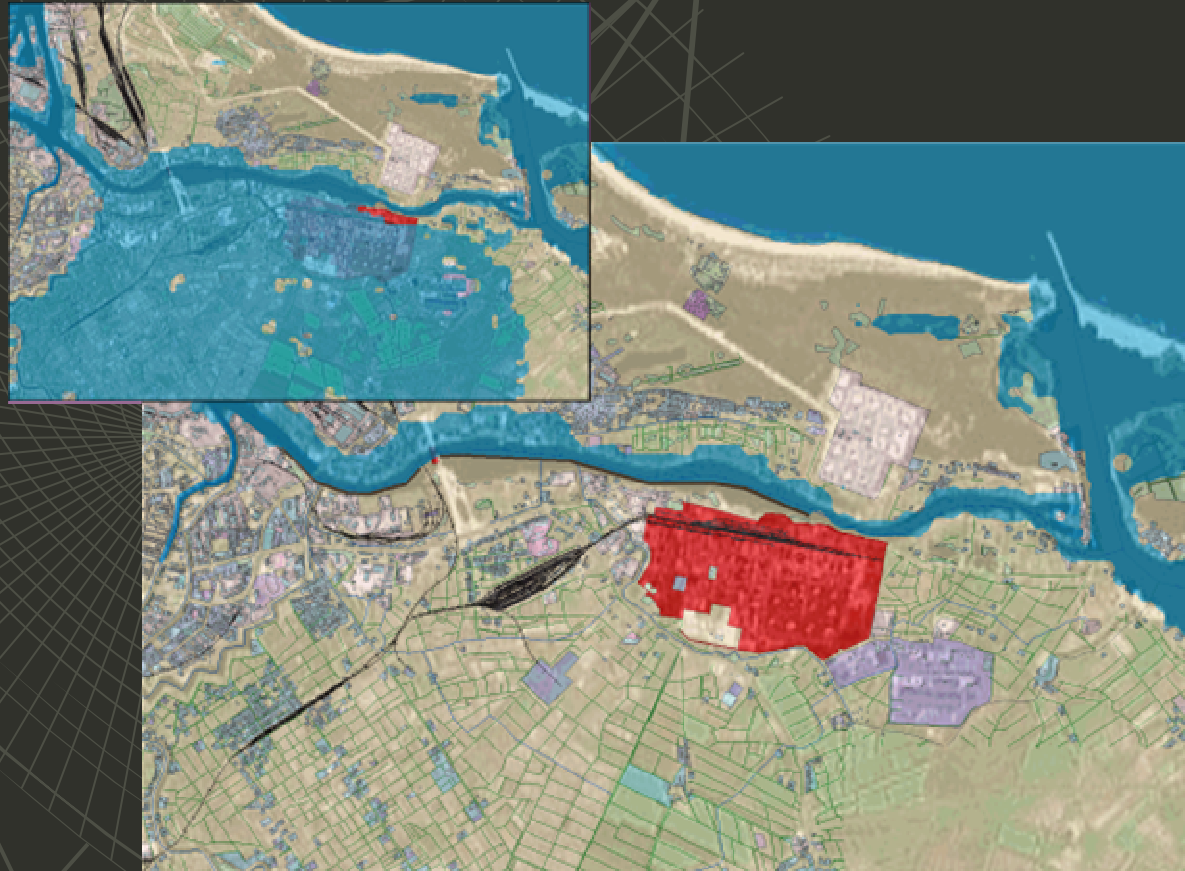
Przykłady zastosowań systemu (6)

Modelowanie zagrożeń powodziowych oraz zalania toksyczną substancją ciekłą Model 1

Dane źródłowe:

- wartość poziomu wody dla wskazanej jednej lokalizacji,
- wysokościowy model terenu (*Digital Elevation Model - DEM*) z uwzględnieniem położenia wałów przeciwpowodziowych

Statyczne zalanie całości obszaru wokół źródłowej lokalizacji, który położony jest niżej niż zakładany poziom wody

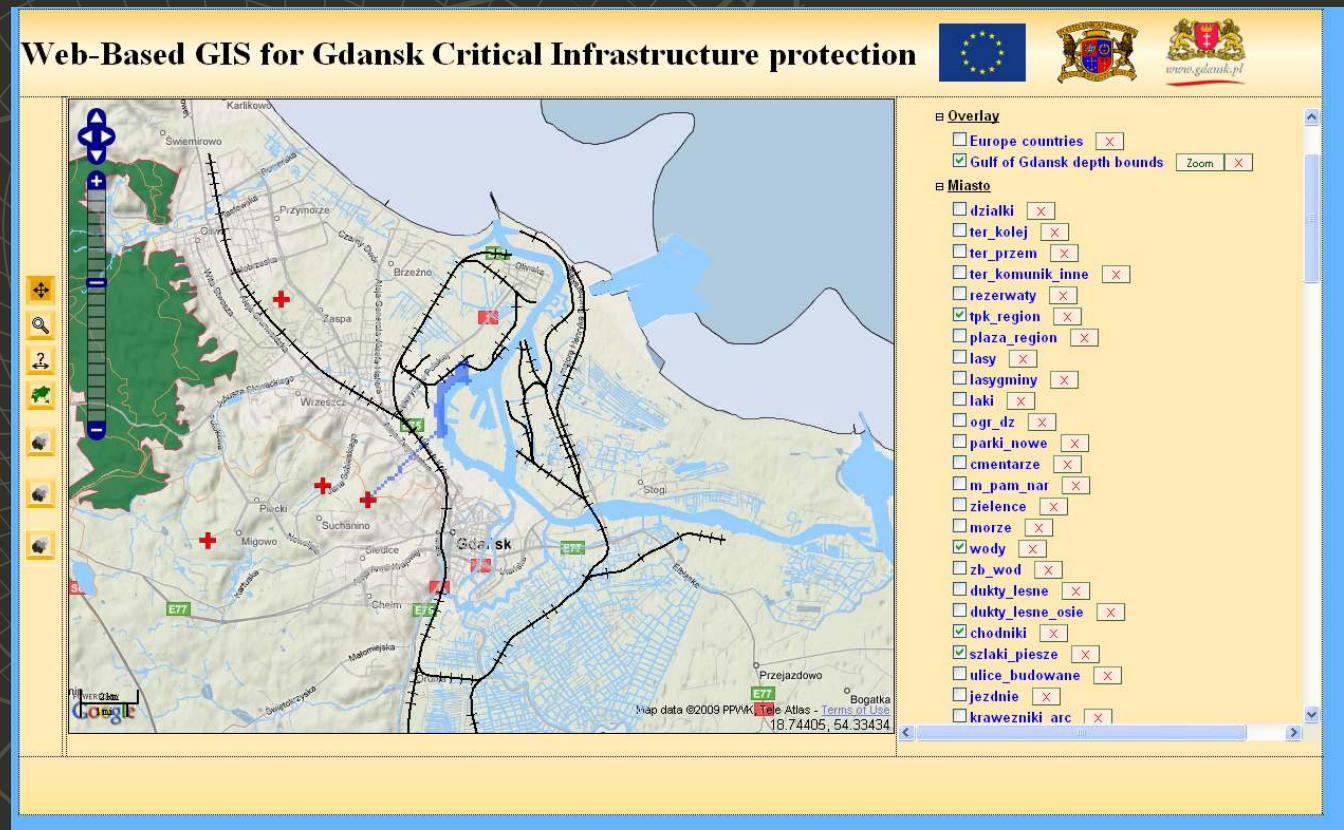


Przykłady zastosowań systemu (7)

Modelowanie zagrożeń powodziowych oraz zalania toksyczną substancją ciekłą Model 2

Dane źródłowe:

- lokalizacja, rozmiar i prędkość wycieku,
 - wysokościowy model terenu (DEM),
 - model absorpcji spływającej substancji przez warstwy gruntu,
 - model prędkości przemieszczania się spływającej substancji.
- Modelowanie ścieżki spływu i nagromadzeń substancji



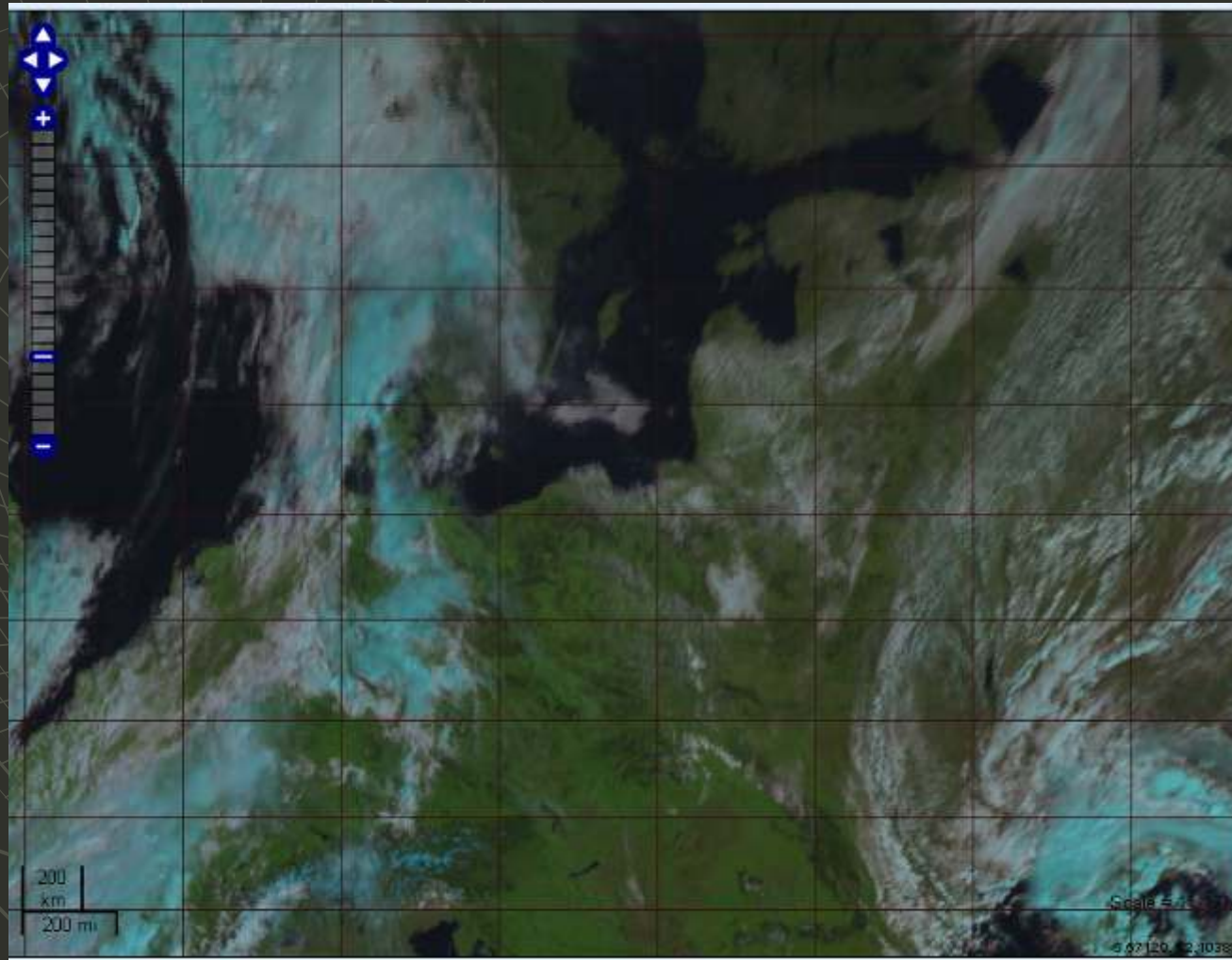
Przykłady zastosowań systemu – moduł satelitarny (8)

Wewnątrz **czerwonego okręgu** Plama ropy naftowej, na podstawie danych z sensora MODIS, widoczna w zobrazeniu True Color.



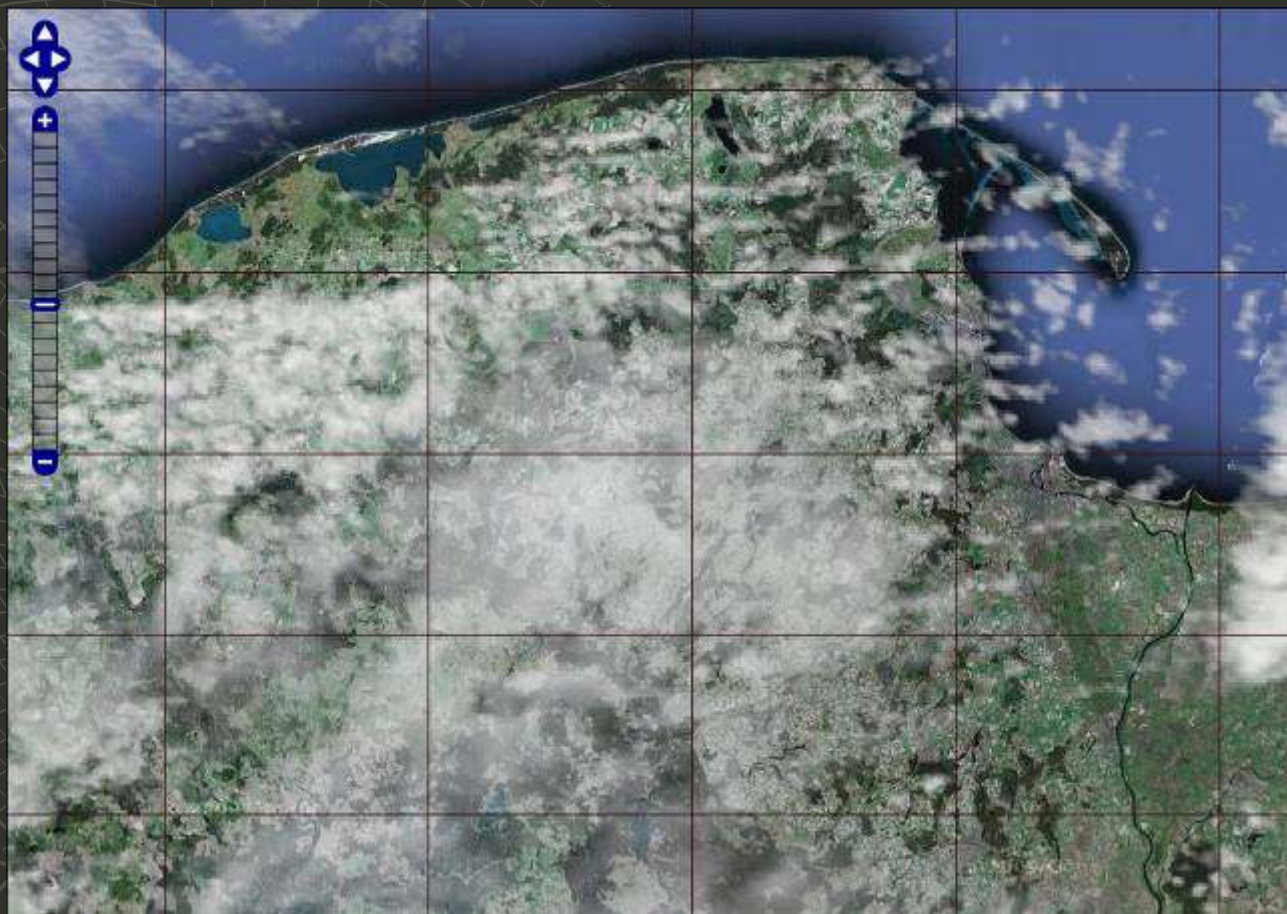
Przykłady zastosowań systemu – moduł satelitarny (9)

- Wielokanałowe zobrazowanie na podstawie danych z satelitów MSG (Meteosat Second Generation)
- Dane „near real-time” z systemu EUMETCast (opóźnienie 0-15 min)



Przykłady zastosowań systemu – moduł satelitarny (10)

- Wielokanałowe zobrazowanie na podstawie danych z satelitów MODIS
- Produkt pochodny o interpretacji pokrywy chmur nałożony na warstwę rastrową pochodzącą z innych satelitów obserwacyjnych



Podsumowanie (1)

- Przedstawione zostały zagadnienia technologii bezpieczeństwa krajowego w kontekście ochrony ludności oraz infrastruktur krytycznych Państwa w obliczu narastających zagrożeń różnego pochodzenia i rodzaju.
- Opisany system został opracowany **Wydziałem Zarządzania Kryzysowego i Ochrony Ludności Urzędu Miejskiego w Gdańsku.**

Podsumowanie (2)

→ System jest zintegrowanym narzędziem dla działów zarządzania kryzysowego aglomeracji miejskich przydatnym w zakresie:

→ **analizy i wizualizacji** infrastruktur krytycznych oraz scenariuszy zagrożeń

→ **zdalnej pracy grupowej** pozwalającej na wymianę informacji pomiędzy odległymi fizycznie centrami decyzyjnymi

→ tworzenia **scenariuszy działań w sytuacjach kryzysowych**

→ Zaprezentowano również możliwość rozszerzenia funkcjonalności systemu o moduł wizualizacji, przetwarzania i analizy, **niemal w czasie rzeczywistym, obrazów pochodzących z sensorów satelitarnych.**