

Komunikat naukowy

## **SeKoZ - Ewaluacja usług ekosystemowych zieleni miejskiej w geoportalu przestrzennych zasobów pokrycia terenu oraz warunków glebowo-geologicznych**

SekoZ - System for evaluation of ecosystem services of urban greenery in the geoportal of geodata of land coverage, soil and geological conditions

**Joanna Bac-Bronowicz<sup>1</sup>, Stanisław Biernat<sup>2</sup>, Piotr Grzempowski<sup>3</sup> Anna  
Uciechowska-Grakowicz<sup>4</sup>**

<sup>1,3,4</sup> Politechnika Wroclawska

<sup>2</sup> SHH Sp. z o.o.

### ***Abstract***

*The aim of the project is to develop an IT system “System for evaluation of ecosystem services of urban greenery” (SekoZ). In the process of developing the SekoZ system, GIS 3D technology is used, which will enable automatic modelling of objects in urban 3D space, and high-resolution modeling of meteorological parameters and air quality parameters will be applied. The goal is achieved as a result of the following industrial research in the field of automation of quantitative inventory of tree stands and other plant structures in urban space based on LIDAR technology and analytical procedures in three-dimensional space: studies of the impact of urban greenery on air quality, air temperature and rainwater retention. Within the scope of tasks related to development works, the spatial valorisation of the city will be carried out depending on the value of quantitative indicators of ecosystem services; a software prototype has been developed that automates urban greenery inventory.*

**Słowa kluczowe: geoportal 3D, zieleń miejska, ewaluacja usług ekosystemowych, geoinformatyka, modelowanie przestrzeni**

**Keywords: geoportal 3D, urban green areas, evaluation of ecosystem services, geoinformatics, urban space modeling**

## Wprowadzenie

Przedstawione badania są częścią realizacji projektu POIR.04.01.04-00-0023/18 w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój. Celem projektu jest opracowanie innowacyjnego systemu informatycznego przeznaczonego do ewaluacji usług ekosystemowych zieleni miejskiej „SekoZ”, wykorzystując technologię GIS 3D oraz standard OGC CityGML (Kolbe et al., 2005). SekoZ to wieloparametryczny i wielorozdzielczy model, na który składają się m. in. tereny zabudowane, zielen, warunki geologiczno-inżynierskie, ukształtowanie terenu, pokrycie terenu itp. (Bac-Bronowicz, Olszewski 2010).

### Ogólne założenia projektu i wstępne wyniki

Modele uzyskane za pomocą automatycznej inwentaryzacji zasobów przestrzennych zostały przygotowane w celu wyodrębnienia terenów z roślinnością oraz wskazania potencjalnych terenów, które można przeznaczyć pod tereny zielone (Bac-Bronowicz et al., 2021). Jednym z materiałów wyjściowych do budowy modelu, były klasy użytkowania z ewidencji gruntów. Wykorzystano ten podział ze względu na możliwość weryfikacji pokrycia terenu w odniesieniu do najdokładniejszych danych geometrycznych. Dokonano weryfikacji danych, o zieleni miejskiej, na podstawie: ortofotomapy, numerycznej mapy leśnej, bazy danych obiektów topograficznych BDOT10k – fragmenty terenu w czasie weryfikacji przedstawiono na rysunku 1. Równolegle prowadzono weryfikację danych wykorzystując numeryczny model terenu (NMT) i dane pomiarowe z LIDAR (ang. Light Detection and Ranging). Fragment uzyskanych wyników dla Poznania przedstawiono na rysunku 2. Jednym z kluczowych parametrów do wyznaczenia jest tzw. indeks powierzchni liściowej LAI (Leaf Area Index). Na wybranych obszarach do inwentaryzacji użyto zdjęć satelitarnych, ale także map dotyczących stref ochrony wody itp. Wynikiem prac w projekcie jest ocena możliwości wpływu zieleni miejskiej na m. in. redukcję zanieczyszczeń powietrza. Jako wstęp do badania wykorzystano dostępną inwentaryzację emisji zanieczyszczeń powietrza pochodzących ze źródeł sektora komunalno-bytowego na terenie miasta Poznania. Inwentaryzacja obejmowała głównie małe kotłownie oraz paleniska domowe wprowadzające pyły i gazy do powietrza w sposób zorganizowany na małych wysokościach i z niską prędkością wylotową. Jednym z ważnych elementów projektu SekoZ będzie m. in. narzędzie umożliwiające definiowanie scenariuszy kierunków gospodarki terenami zielonymi – z możliwością definiowania rodzaju, parametrów i atrybutów scenariusza - przykładowo założenie parku lub usunięcie terenu zieleni ze zmianą użytkowania terenu na zdefiniowanym obszarze.

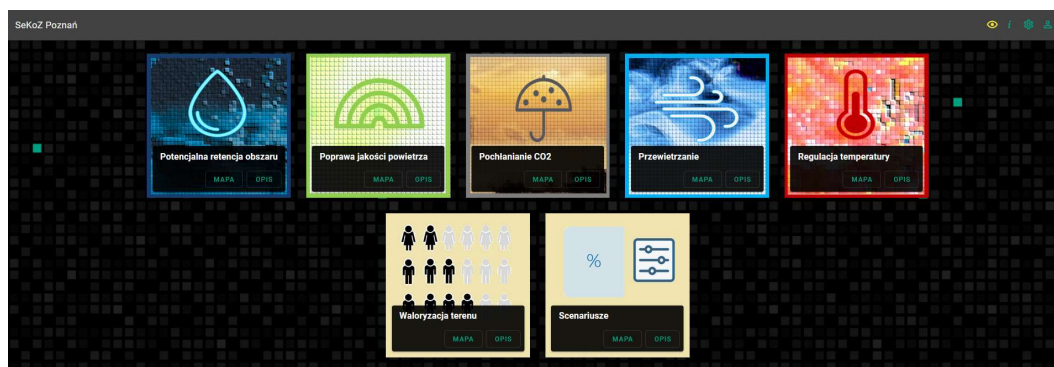


**Rys.1.** Model terenów zielonych opracowany na podstawie zweryfikowanych danych ewidencji gruntów i budynków



**Rys.2.** Model terenów zielonych opracowany na podstawie danych z NMT i LIDAR

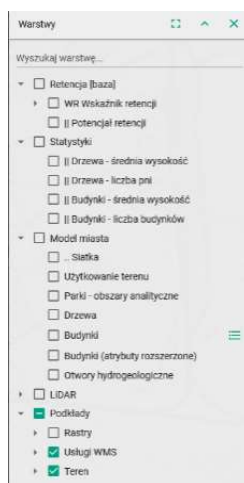
Zbiory tworzące warstwy informacyjne i analityczne system SekoZ zostały odpowiednio przygotowane oraz zoptymalizowane w związku z wykorzystaniem zbiorów danych różnej rozdzielczości, dokładności i aktualności. W zależności od profilu konkretnej usługi ekosystemowej - zbiory danych, wraz ze słownikami wchodzi w skład nowo tworzonej kompozycji kartograficznej – modelu 3D, dotyczącego konkretnej usługi ekosystemowej. Plansze wejściowe pokazano na rysunku 3.



**Rys. 3.** Pięć usług ekosystemowych w SekoZ - definiowanie profili tematycznych

Ze względu na dużą ilość warstw informacyjnych systemu (zarówno źródłowe jak i wynikowe) dla pięciu usług ekosystemowych w systemie zaprojektowano funkcjonalność definiowania profili tematycznych, które z jednej strony pozwalają prezentować informacje dedykowane dla poszczególnych pięciu usług ekosystemowych, a z drugiej pozwalają na ograniczenie zakresu informacyjnego dostępnego w konkretnym profilu.

W Systemie zaprojektowano mechanizmy budowania wielopoziomowego drzewa warstw składającego się z kategorii, podkategorii i konkretnych warstw, zdefiniowanych w Systemie (Rys.4). Struktury warstw mogą być definiowane osobno w panelu administracyjnym dla każdego profilu tematycznego i pozwalają na elastyczną konfigurację informacji w Systemie.



**Rys.4.** Wielopoziomowe drzewa warstw w Systemie



System Sekoz od samego początku został opracowany jako aplikacja webowa typu klient-serwer oraz konsument usług OGC (WMS i WMTS), prezentujący dane z otoczenia i z założenia komunikujący się z innymi informatycznymi systemami zewnętrznymi. W zakresie komponentów należy wyróżnić następujące składowe: zewnętrzne sieciowe usługi geoinformacyjne OGC, usługi katalogowe, system modelowania wysokorozdzielczego oraz warstwę prezentacji, czyli geoportal prezentujący wyniki działania systemu eksperckiego.

Przetwarzanie dużej ilości zbiorów danych na obszarze całego miasta – dla Poznania 262 km<sup>2</sup>, wymaga optymalizacji podejścia do poszczególnych faz przygotowania algorytmów projektu. Dobór parametrów obliczeniowych przekłada się nie tylko na dokładność oraz czas obliczeń wynikowych parametrów usług ekosystemowych, ale także ma znaczny wpływ na jakość interakcji użytkownika Systemu z modelem 3D. Dlatego też zastosowano dwie metody optymalizacyjne:

- optymalizacja doboru parametrów siatki obliczeniowej,
- optymalizacja obliczania indeksu liściowego LAI.

Pierwszym elementem podlegającym optymalizacji w działaniu systemu był dobór wielkości siatki obliczeniowej. Dobór i testy wydajności Systemu przeprowadzono na siatkach o różnych oczkach – tj. : 200×200 m / 100×100 m / 50×50 m / 25×25 m. Przygotowanie do obliczeń w siatce 100×100 m przedstawiono na rysunku 5.



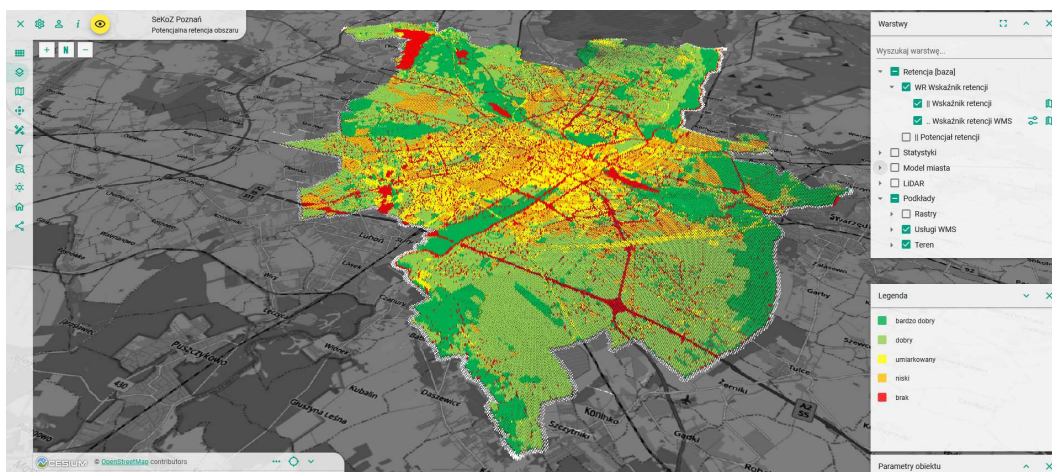
Rys. 5. Siatka testowa o wymiarach pola podstawowego 100×100 m

Dobór do testów siatek z oczkami o podanych wymiarach był podyktowany trzema aspektami:

- analiza dostępności i rozdzielczości zbiorów wsadowych do procedur obliczeniowych,
- dobór kilku przebiegów obliczeniowych dla wynikowych parametrów poszczególnych usług ekosystemowych wymaga zunifikowania siatki obliczeniowej dla wszystkich przebiegów,
- ogólna wydajność systemu jak i czas przeprowadzanych obliczeń.

Do obliczeń końcowych dla miasta Poznania przyjęto po testach siatkę o oczku  $50 \times 50$  m (liczność oczek siatki obliczeniowej dla obszaru miasta Poznania wynosi 237 048). Obszarem szczegółowych badań są dwa pola testowe w obrębie miasta Poznania, zróżnicowane ze względu na użytkowanie terenu. W obszarze obiektu pierwszego przeważają formy pochodzenia lodowcowego w postaci wysoczyzny morenowej płaskiej oraz formy pochodzenia wodnolodowcowego w postaci równin sandrowych. W obiekcie drugim przeważają formy pochodzenia rzeczno-wodnolodowcowego w postaci den dolin rzecznych, jezior oraz dolin wód roztopowych. Wzdłuż osi rzeki Warty do form pochodzenia rzeczno-wodnolodowcowego przylegają równiny erozyjne wód roztopowych. W południowo-wschodniej części obszaru występują wysoczyzny morenowe płaskie, natomiast w północno – zachodniej części obiektu wysoczyzny morenowe faliste.

Przykładem możliwości wykorzystania Systemu jest ocena odpływu wód opadowych. Na podstawie automatycznej inwentaryzacji geodanych poddanych integracji, takich jak: budowa glebowa, geomorfologiczna i geologiczna warstwy powierzchniowej wierzchniej, klas użytkowania terenu oraz innych dostępnych danych, związanych z pokryciem terenu oraz warunkami glebowo-geologicznymi, wykonane zostały analizy przepuszczalności gruntów. Po przyjęciu odpowiednich założeń z literatury (Pazdro 1983), przypisano klasy przepuszczalności do poszczególnych gatunków gleb. Bazę danych cyfrowej mapy glebowo-rolniczej, w tablicy atrybutów, uzupełniono dodatkowym opisem. Wprowadzono kompleksy glebowo-rolnicze gruntów ornych i użytków zielonych oprócz użytkowania (jako bonitacji), a także zmiany użytkowania gruntów między latami 70-tymi a obecnymi. W wyniku złożenia gatunków w profilu glebowym określono sekwencje następstw występowania klas przepuszczalności, które zostały pogrupowane na 7 kompleksów wynikowej przepuszczalności, czyli wydzielono na 7 typów obszarów podobnych ze względu na możliwości odpływu wody uwzględniających retencję. W terenach miejskich zredukowano ilość klas do pięciu (Rys. 6).



**Rys.6.** Model wskaźnika retencji opracowany w Systemie

Dla wydzielenia klas gruntu ze względu na infiltrację posłużono się następującymi założeniami (Markovič at al. 2014, Pitt at al. 2003):

- prędkość infiltracji jest najmniejszą z 3 wartości: prędkości wchłaniania wody przez powierzchnię gruntu, prędkości przepływu przez strefę aeracji, drenażu przez warstwę zalegającą poniżej,
- decydujący wpływ na prędkość przepływu wody w gruncie ma współczynnik filtracji,
- w przypadku występowania płytko pod powierzchnią warstwy o małej przepuszczalności powstaje odpływ podpowierzchniowy (hypodermiczny), co utrudnia zasilanie wód podziemnych, woda sływa do wód powierzchniowych.

Ostatecznie wydzielono następujące klasy przepuszczalności najczęściej występujące na terenie miasta Poznania:

1. Na powierzchni występuje grunt słabo przepuszczalny (iły, gliny),
2. Na powierzchni grunt średnio przepuszczalny (piaski gliniaste, pyły), poniżej grunt słabo przepuszczalny (może powstawać odpływ podpowierzchniowy),
3. Grunty średnio przepuszczalne,
4. Grunty średnio przepuszczalne drenowane przez położone poniżej grunty lepiej przepuszczalne (żwir, piaski luźne),
5. Grunty bardzo dobrze przepuszczalne,
6. Grunty Organiczne (torf, mursz),
7. Grunty organicznej w górnej warstwie gleby, poniżej występują grunty średnio przepuszczalne.

Warunki geomorfologiczne wykorzystane zostały w projekcie jako materiały pomocnicze do klasyfikacji obszaru ze względu na ukształtowanie powierzchni terenu oraz ukształtowanie przypowierzchniowych warstw geologicznych. Stanowiły również materiał weryfikacyjny do ustalenia kierunków spływów powierzchniowych w powiązaniu z numerycznym modelem terenu oraz warunkami geologicznymi. Dane uzyskane z mapy glebowo-rolniczej, DEM oraz dane dotyczące pokrycia/użytkowania terenu umożliwiają określenie potencjału spływu powierzchniowego dla danego obszaru, i oszacowanie elementów bilansu hydrologicznego, np. metodą SCS-CN (USDA 1986). W ramach tworzenia systemu SekoZ wykonywane są prace dotyczące oceny warunków retencji do głębokości 5 m. Do opracowania warunków geologiczno – inżynierskich posłużono się mapami w formie wektorowej. Mapy pochodzą z zasobu Systemu Informacji Przestrzennej miasta Poznania. Dane pozyskane z Centralnego Banku Danych Hydrogeologicznych - Banku HYDRO. Bank HYDRO jest bazą danych hydrogeologicznych, w której gromadzone są dane dokumentacyjne o odwiertach, ujęciach i źródłach wód podziemnych zwykłych, mineralnych i termalnych z obszaru Polski. Zakres informacji wykorzystany w projekcie dotyczy podstawowych danych wiertniczych i litostratygraficznych oraz opisujących przepuszczalność gruntów. Wykorzystano przede wszystkim informacje zawarte w tabelach obiekt hydrogeologiczny, profil geologiczny oraz poziom wodonośny. Warunki hydrogeologiczne posłużą do budowy modelu jakościowego retencji i warunków spływu wód opadowych. Dane pozyskano w postaci plików w formacie \*.csv, a następnie przetworzono do postaci bazodanowej w środowisku open source Postgres/Postgis. Współrzędne płaskie dla obiektu hydrogeologicznego zostały określone w układzie współrzędnych prostokątnych 92, natomiast współrzędna wysokościowa została określona na podstawie NMT (dane w układzie PL-KRON86-NH) uzyskanego z Miejskiego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjno – Kartograficznej w Poznaniu. Dane dotyczące otworów hydrogeologicznych oraz litologii zapisano w relacji 1: N. Punkt reprezentujący otwór zapisany jest w typie POINTZM – umożliwiającym analizy przestrzenne w przestrzeni 3D. Poprzez wykorzystanie funkcji rozszerzenia do analiz przestrzennych Postgis możliwe są analizy przestrzenne 3D modelu geologicznego dostosowanego do potrzeb projektowanego systemu. Na podstawie danych z banku hydro możliwe jest określenie warunków przepuszczalności gruntów na zadanej głębokości poprzez sformułowanie poleceń i funkcji w języku SQL. Na etapie przygotowania i klasyfikacji danych wykonano analizę danych na głębokościach 1, 2, 3, 4 i 5 m. W celu wykonania prezentacji graficznej wygenerowano diagramy Woronoja oraz przedstawiono możliwy model przestrzenny uproszczonych warunków geologicznych i hydrogeologicznych. Dane te są weryfikowane i integrowane z mapami geologiczno – inżynierskimi oraz warunkami glebowo-rolniczymi.



## Podsumowanie

Celem projektu jest opracowanie innowacyjnego systemu informatycznego przeznaczonego do ewaluacji usług ekosystemowych zieleni miejskiej „SekoZ”, wykorzystując technologie GIS 3D oraz standard OGC CityGML. SekoZ to wieloparametryczny i wielorozdzielczy model, na który składają się m. in. tereny zabudowane, zielen, warunki geologiczno-inżynierskie, ukształtowanie terenu, pokrycie terenu itp.

### Finansowanie

Badania powstały w ramach projektu POIR.04.01.04-00-0023/18 w Programie Operacyjnym Inteligentny Rozwój, realizowanego przez Politechnikę Wrocławską SHH Sp. z o.o. i ATMOTERM S.A.

## Literatura (References)

- Kolbe, T. H., Gröger, G., Plümer, L. (2005): CityGML – Interoperable Access to 3D City Models, In: van Oosterom, Peter, Zlatanova, Sisi, Fendel, E.M. (Hrsg.): Geo-information for Disaster Management. Proc. of Copyright © 2006 Open Geospatial Consortium, Inc. All Rights Reserved. OGC 06-057 the 1st International Symposium on Geo-information for Disaster Management, Delft, The Netherlands, March 21-23. Delft. 1
- Bac-Bronowicz J., Olszewski R. (2010). Możliwości zasilania wielorozdzielczej bazy danych topograficznych z wybranych publicznych rejestrów georeferencyjnych. Roczniki Geomatyki, Vol. VIII No. 1 (37), Warszawa. 2
- Bac-Bronowicz J., Biernat S., Przybyła T. 2021. Inwentaryzacja przestrzennych zasobów zieleni wysokiej do ewaluacji usług ekosystemowych zieleni miejskiej. 25. Szkoła Kartograficzna - Program webinarium (uni.wroc.pl)
- Pazdro, Z. 1983. Hydrogeologia Ogólna. Warszawa: Wydawnictwo Geologiczne.
- Markovič, G., Zeleňáková, M., Káposztásová, D., Hudáková, G. 2014. Rainwater infiltration in the urban areas. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 181(May), 313–320.
- Pitt, R. E., Chen, S.-E., Clark, S., Lantrip, J., Ong, C. K., Voorhees, J. 2003. Infiltration Through Compacted Urban Soils and Effects on Biofiltration Design. Journal of Water Management Modeling. <https://doi.org/10.14796/jwmm.r215-12>
- USDA. 1986. Urban Hydrology for Small Watersheds. Soil Conservation Service, (Technical Release 55 (TR-55)), 164. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Urban+Hydrology+for+Small+watersheds#1>

### **Streszczenie**

*Celem projektu jest opracowanie systemu informatycznego "System oceny usług ekosystemowych zieleni miejskiej" (SekoZ). W procesie rozwoju systemu SekoZ wykorzystywana jest technologia GIS 3D, która umożliwi automatyczne modelowanie obiektów w miejskiej przestrzeni 3D oraz zastosowane zostanie modelowanie w wysokiej rozdzielczości parametrów meteorologicznych i parametrów jakości powietrza. Cel osiągnięty jest w wyniku następujących badań przemysłowych w zakresie automatyzacji inwentaryzacji ilościowej drzewostanów i innych struktur roślinnych w przestrzeni miejskiej w oparciu o technologię LIDAR oraz procedury analityczne w przestrzeni trójwymiarowej: badania wpływu zieleni miejskiej na jakość powietrza, temperaturę powietrza i retencję wody deszczowej. W ramach zadań związanych z pracami rozwojowymi realizowana będzie waloryzacja przestrzenna miasta w zależności od wartości wskaźników ilościowych usług ekosystemowych; opracowano prototyp oprogramowania, który automatyzuje inwentaryzację zieleni miejskiej.*

#### Dane autorów / Authors details:

dr hab. inż. Joanna Bac-Bronowicz, prof. uczelni

ORCID 0000-0001-9038-1131

joanna.bac-bronowicz@pwr.edu.pl

dr inż. Stanisław Biernat

stanislaw.biernat@shh.pl

dr inż. Piotr Grzempowski

ORCID 0000-0003-0162-8759

piotr.grzempowski@pwr.edu.pl

dr inż. Anna Uciechowska-Grakowicz

ORCID 0000-0003-1447-0487

anna.uciechowska-grakowicz@pwr.edu.pl

---

Przesłano / Received	15.07.2020
Zaakceptowano / Accepted	22.09.2020
Opublikowano / Published	28.09.2020



© Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

