



UNIWERSYTET
PRZYRODNICZY
WE WROCŁAWIU



INSTYTUT GEODEZJI
I GEOINFORMATYKI

INFO
SOLUTIONS

Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

Paweł Bogusławski

Grzegorz Bury, Kamil Smolak, Dominik Teodorczyk, Natalia Wielgocka, Stanisław Biernat

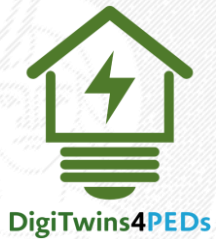
V Akademia Kartografii i Geoinformatyki, Wrocław, 21-22 maja 2026 r.

Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

Nasze badania i prace rozwojowe są finansowane przez NCBR w ramach europejskiego programu Driving Urban Transitions



EUROPEAN PARTNERSHIP



DigiTwins4PEDs: Wykorzystanie miejskich bliźniaków cyfrowych do współtworzenia elastycznych systemów dodatniego bilansu energetycznego dla dzielnic
DUT/2022/18/DigiTwins4PEDs/2024



FlexPED: Zarządzanie danymi i elastycznością energetyczną dla dzielnic o dodatnim bilansie energetycznym
DUT/2024/7/FlexPED/2026

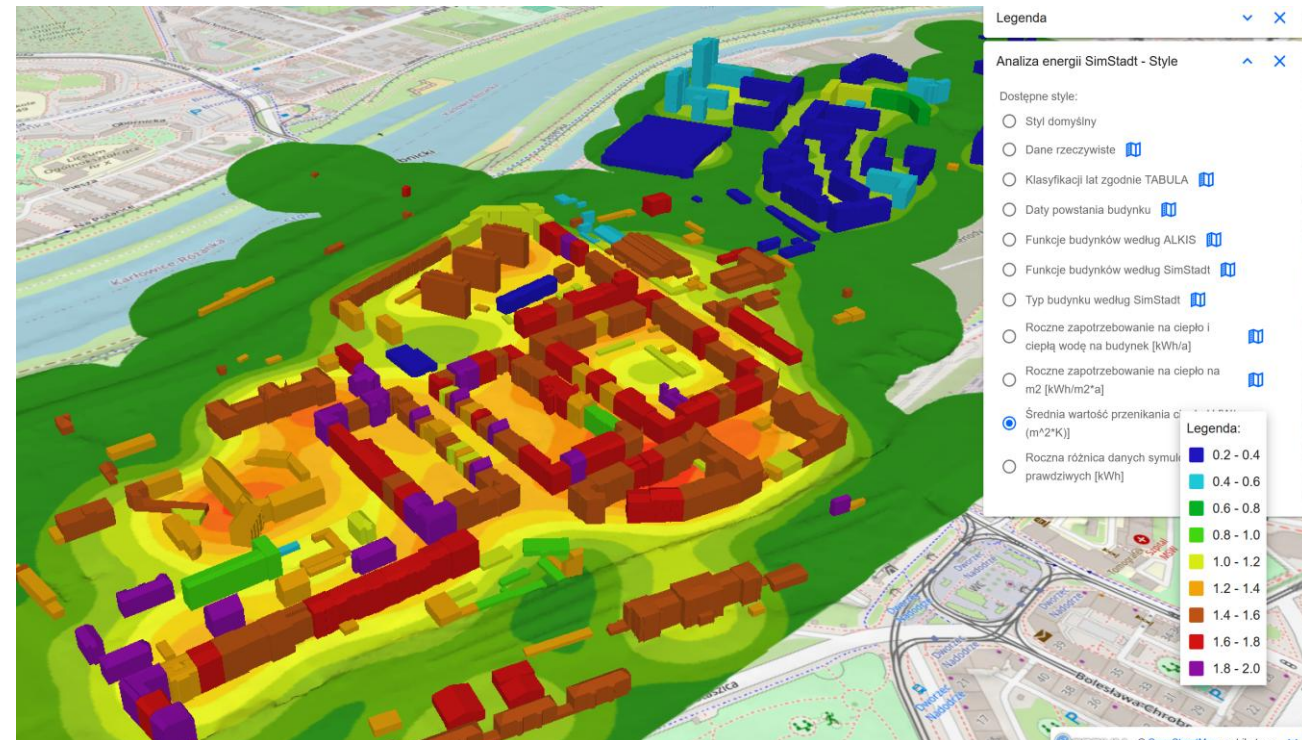
Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich



DigiTwins4PEDs: Wykorzystanie miejskich bliźniaków cyfrowych do współtworzenia elastycznych systemów dodatniego bilansu energetycznego dla dzielnic

- cyfrowe bliźniaki miast
- symulacja zapotrzebowania na energię
- CityGML Energy ADE
- Living Labs i partycypacja społeczna
- portal partycypacyjny 3D

2024-2026 (30 mies.)



<https://digitwins4peds.eu>

Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich



DigiTwins4PEDs



- Wrocław
- Stuttgart
- Rotterdam
- Vienna



UNIwersytet
PRZYRODNICZY
WE WROCLAWIU

INFO
SOLUTIONS



Hochschule
für Technik
Stuttgart



Gemeente
Rotterdam

TU Delft

Stadt
Wien

AIT
AUSTRIAN INSTITUTE
OF TECHNOLOGY



EUROPEAN PARTNERSHIP



Co-funded by
the European Union

URBAN EUROPE

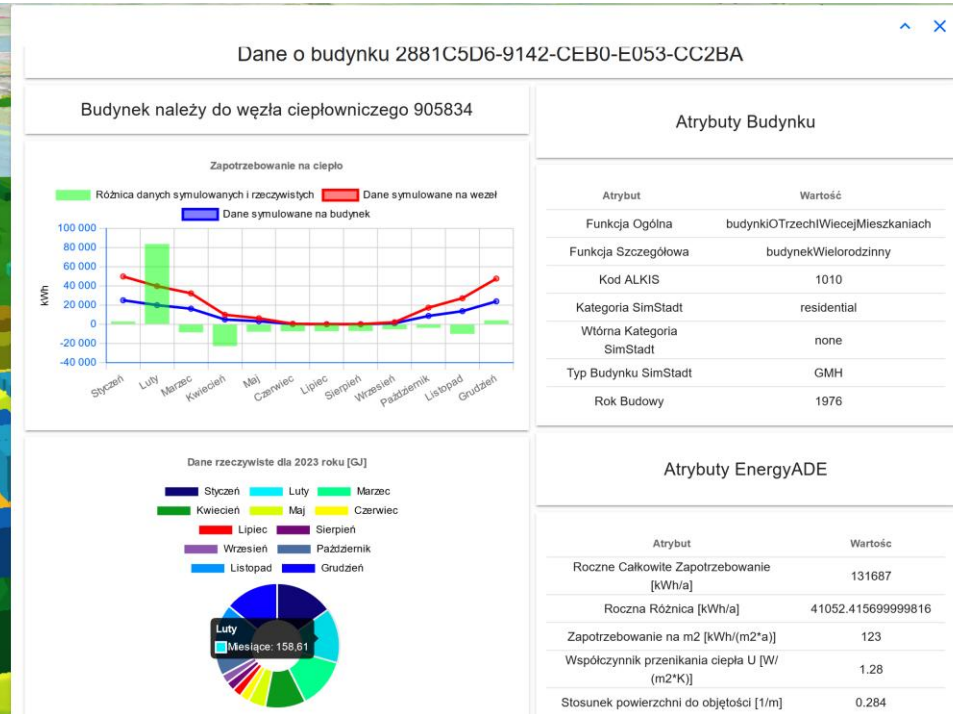
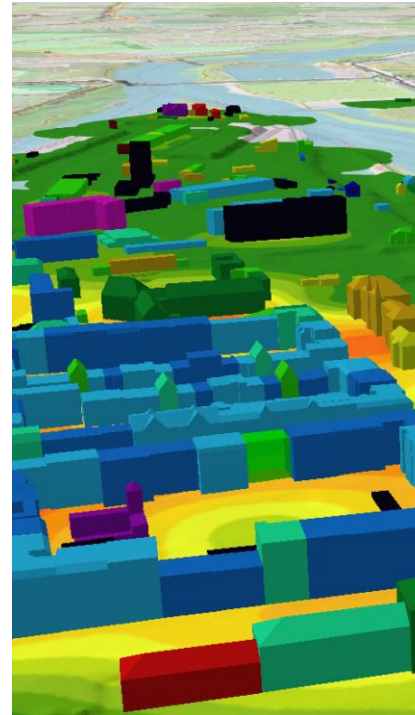
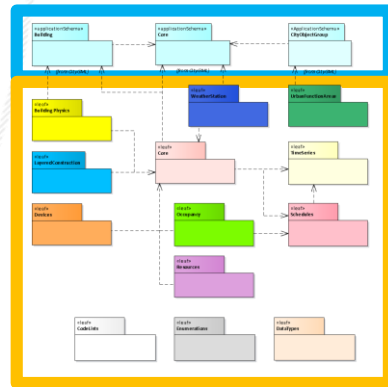
Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich



FlexPED: Zarządzanie danymi i elastycznością energetyczną dla dzielnic o dodatnim bilansie energetycznym

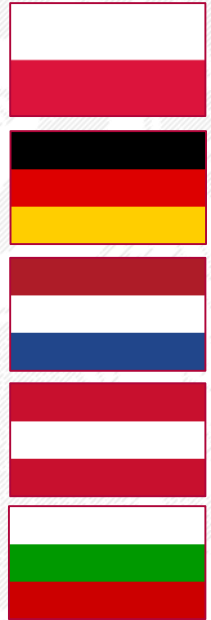
- cyfrowe bliźniaki miast
- symulacje mobilności wspierane AI
- uelastycznianie energetyczne
- zarządzanie danymi
- portal 3D GIS

2026-2028 (36 mies.)



<https://flexped.eu>

Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich



■ Stuttgart

■ Sofia



UNIWERSYTET
PRZYRODNICZY
WE WROCŁAWIU

INFO
SOLUTIONS



HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
STUTTGART



BOSCH

TU Delft

AIT
AUSTRIAN INSTITUTE
OF TECHNOLOGY



SOFIA UNIVERSITY
ST. KLIMENT OHRIDSKI



EUROPEAN PARTNERSHIP



Cyfrowe bliźniaki miast

– interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

Czym jest **cyfrowy bliźniak**?

- Cyfrowy model rzeczywistego obiektu, zjawiska lub procesu (zazwyczaj model przestrzenny 3D)
- Ciągła aktualizacja w celu odzwierciedlenia zmian w rzeczywistym środowisku (zazwyczaj z wykorzystaniem sensorów)
- Wpływa na świat rzeczywisty poprzez zmiany w systemach funkcjonujących w świecie rzeczywistym lub poprzez decyzje podejmowane przez decydentów i interesariuszy

Cyfrowy bliźniak to silnik do analiz i symulacji, które mogą modelować różne scenariusze wykorzystywane w podejmowaniu decyzji.

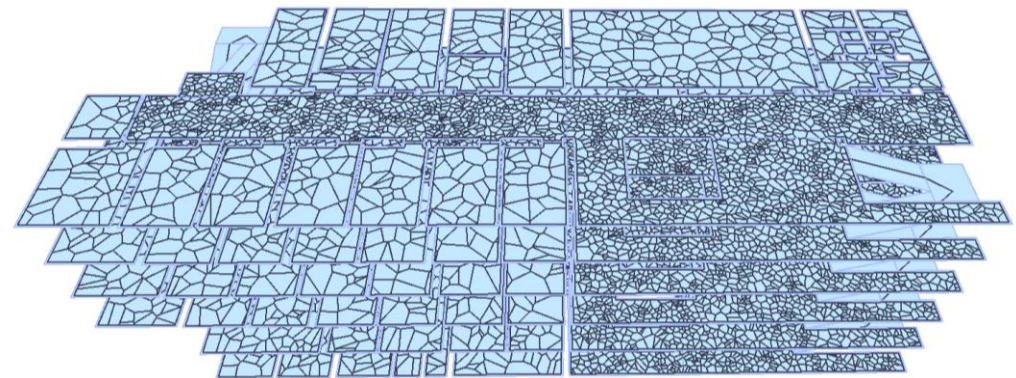
Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

Cyfrowy bliźniak – problemy

Kwestie związane z danymi:

- Dostępność danych źródłowych, np. otwarte zbiory danych
- Bezpieczeństwo danych – dane wrażliwe nie są udostępniane
- Dane są zarządzane przez różnych interesariuszy
- Częstotliwość aktualizacji

Dobry jakościowo **cyfrowy bliźniak** nie jest możliwy bez często aktualizowanych i danych o dobrej jakości.



Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

Cyfrowy bliźniak – interoperacyjne modele

- Jeden zunifikowany model wszystkiego? – trudne do realizacji
- Interoperacyjne modele? – możliwe rozwiązanie
- ALE:

reprezentacja przestrzenna
rozdzielczość/poziom szczegółowości
informacja semantyczna



Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

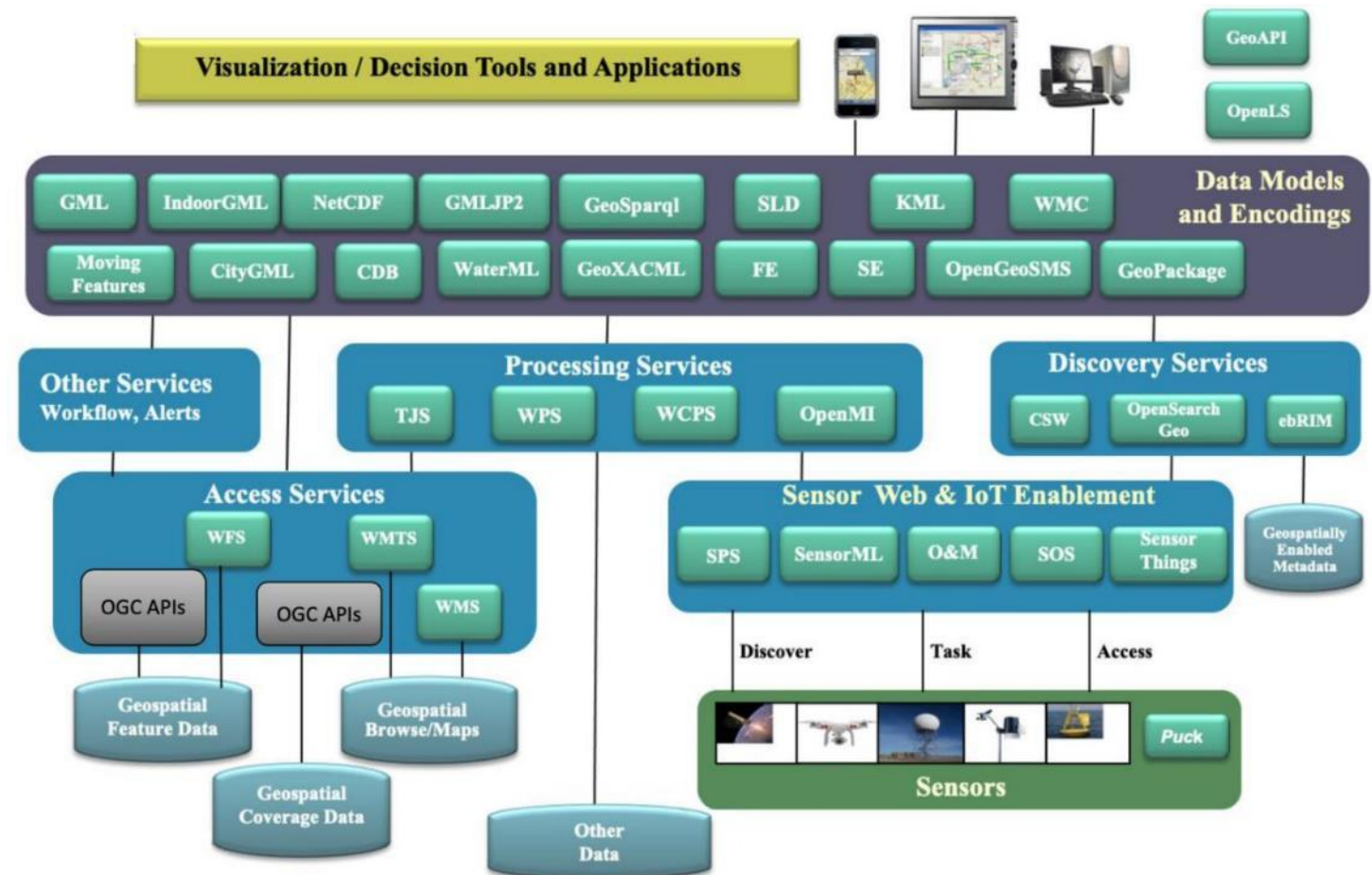
Cyfrowy bliźniak – standardy i usługi

- wymiana informacji

OGC[®]
Making location count.

isprs
information from imagery

ISPRS WG IV/1 Spatial Data
Representation and Interoperability



Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

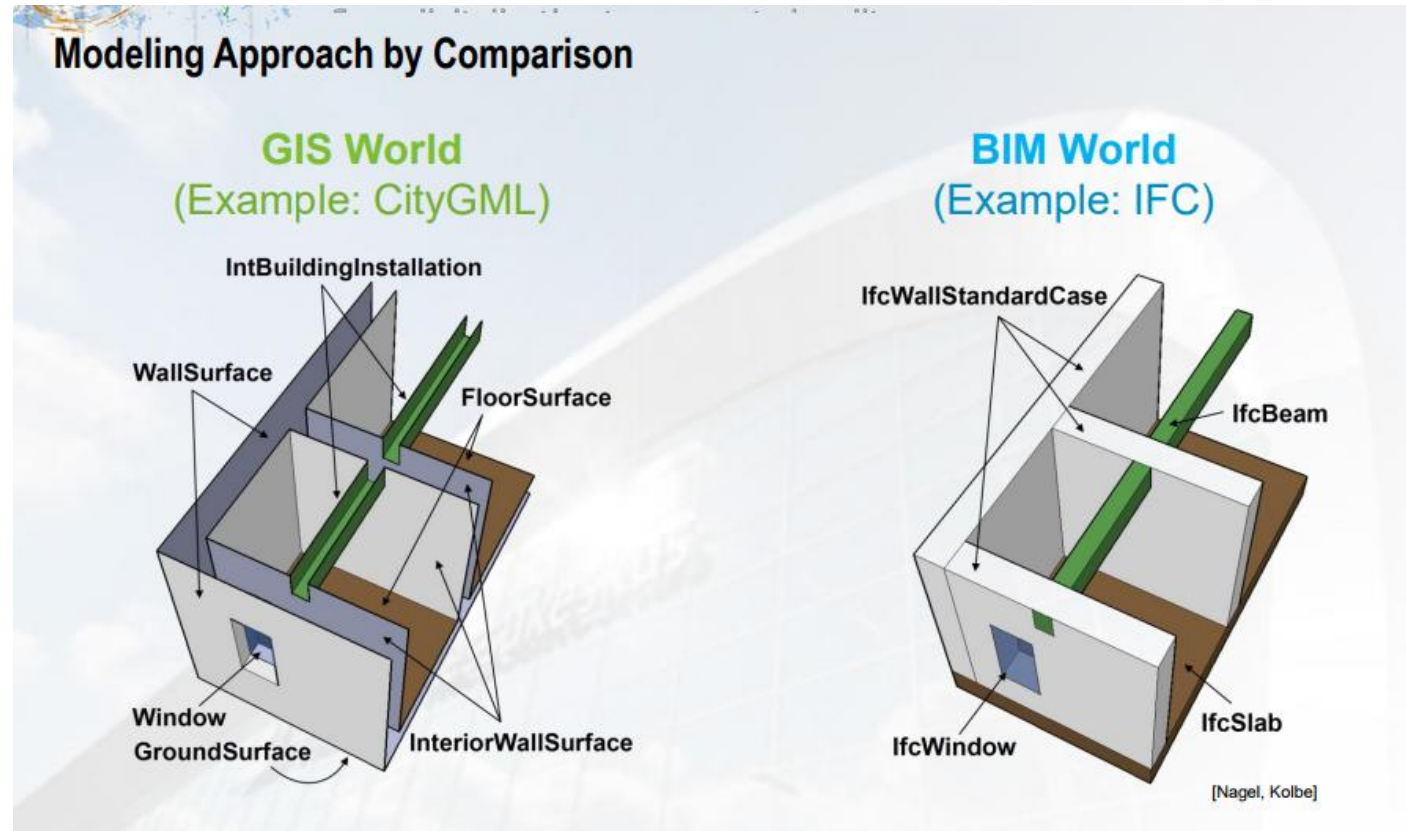
Cyfrowy bliźniak – semantyka

- Wymiana informacji
- Przykład BIM-GIS

IFC -> CityGML (OK!!!)

CityGML -> IFC (OK)

IFC -> CityGML -> IFC (nie OK)



Cyfrowe bliźniaki miast

– interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

Cyfrowy bliźniak – rozdzielczość/poziom szczegółowości

GIS

- świat
- kontynent
- kraj
- region
- województwo
- gmina
- miasto
- dzielnica
- działka
- budynek
- mieszkanie
- pokój

↑
uogólnienie/agregacja

↓
rozdzielczość/szczegółowość



BIM

- budynek
- piętro
- strefa
- pokój
- element
- komponent



FIG Working Week 2017, BIM for surveyors

Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich



Twin-Waters: Narzędzia cyfrowe do zrównoważonego zarządzania zasobami wodnymi: integracja wpływu zmian klimatycznych, użytkowania gruntów i zoptymalizowanych rozwiązań

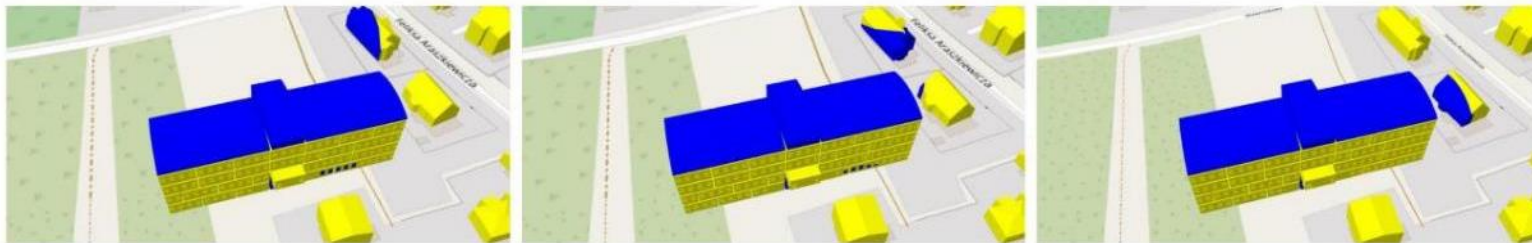


WATER4ALL/I/32/TWIN-WATERS/2024

<https://www.twinwaters.se>

Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

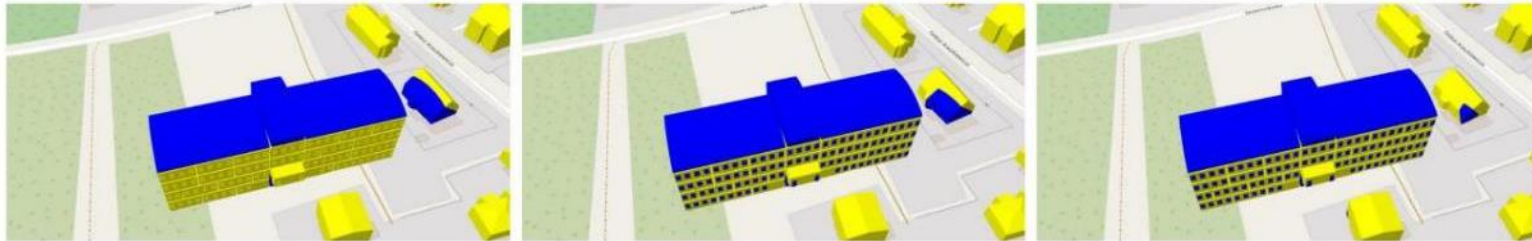
Analiza cienia w mieście



godz. 8:00

godz. 9:00

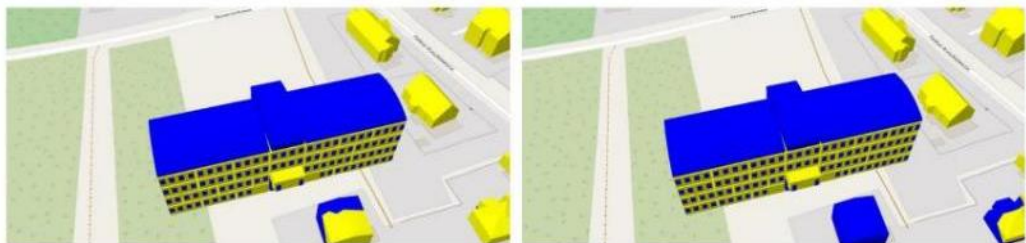
godz. 10:00



godz. 11:00

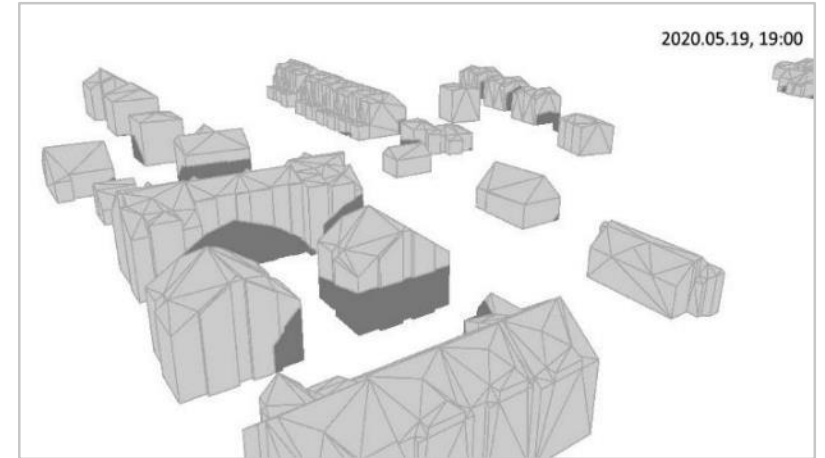
godz. 12:00

godz. 13:00

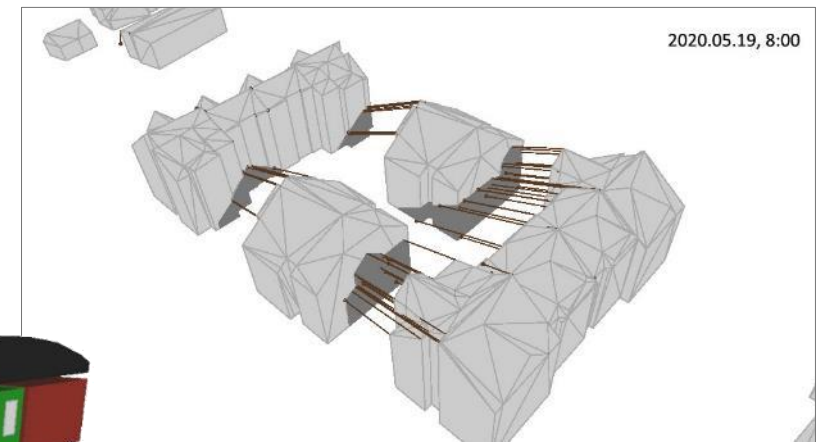


godz. 14:00

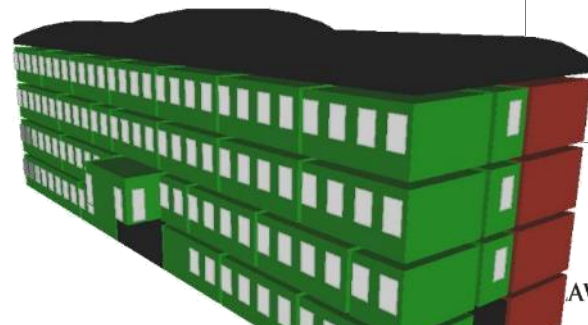
godz. 15:00



2020.05.19, 19:00



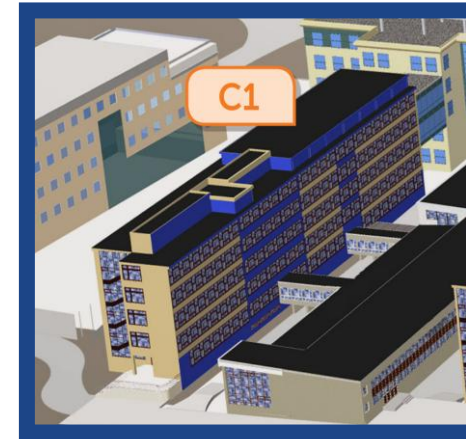
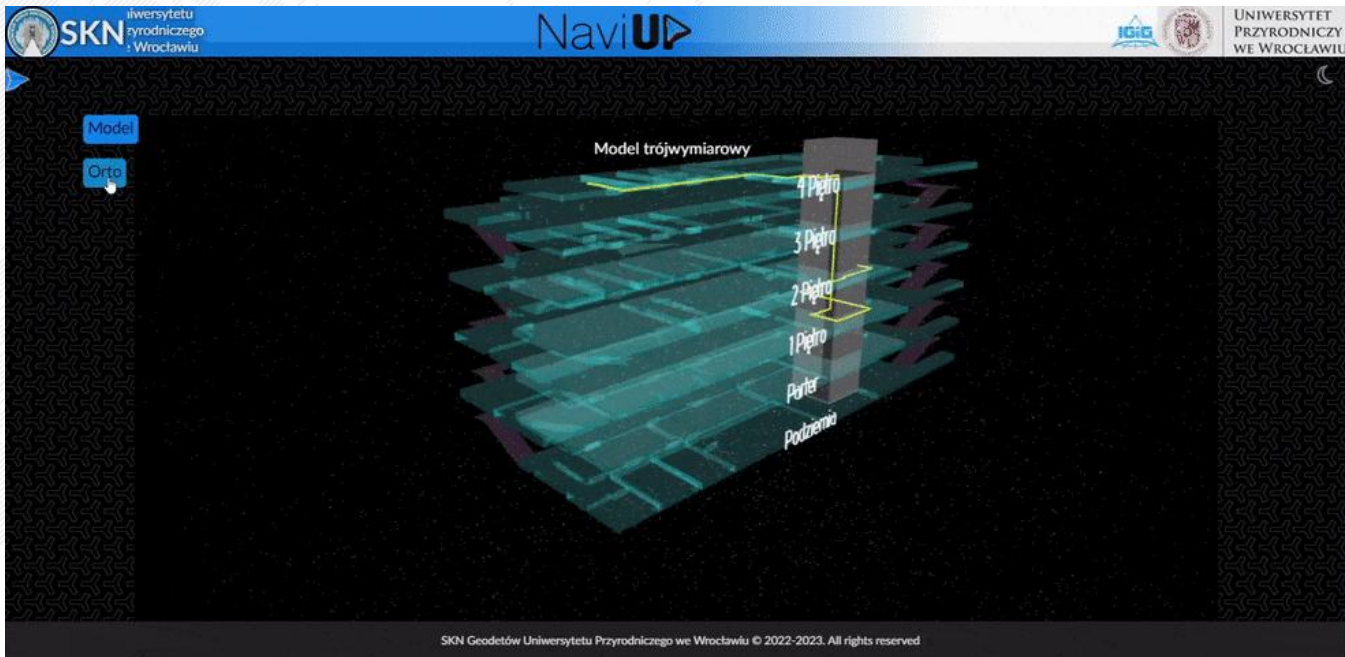
2020.05.19, 8:00



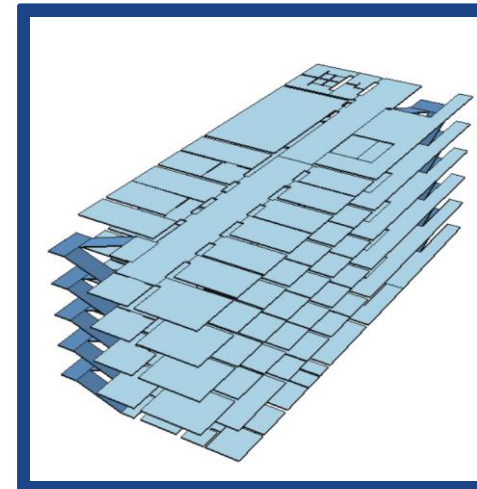
Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

NaviUP nawigacja w budynkach

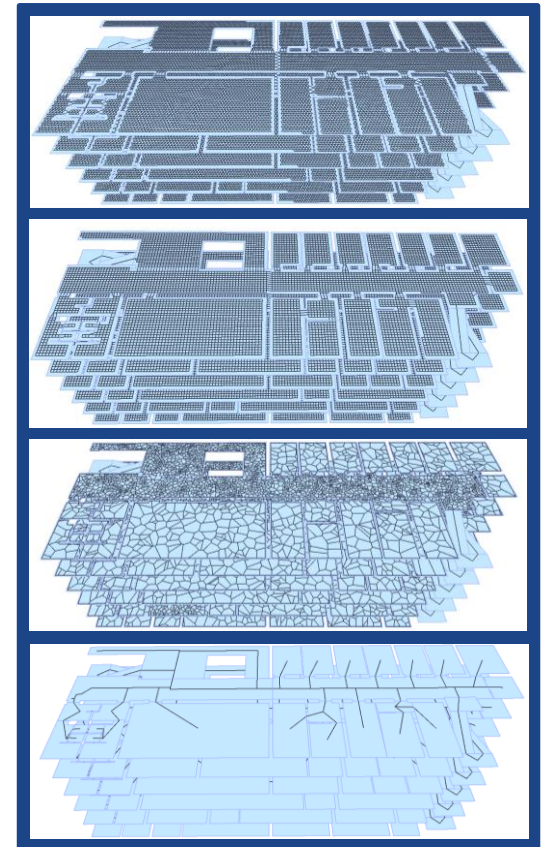
NaviUP



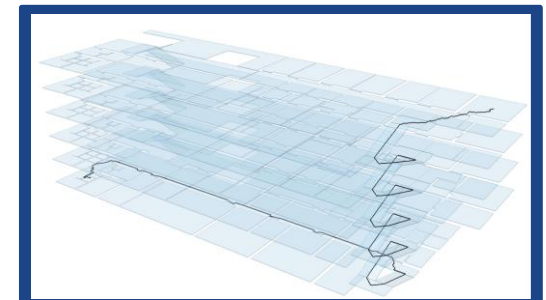
3D Vector Model



Navigable Models

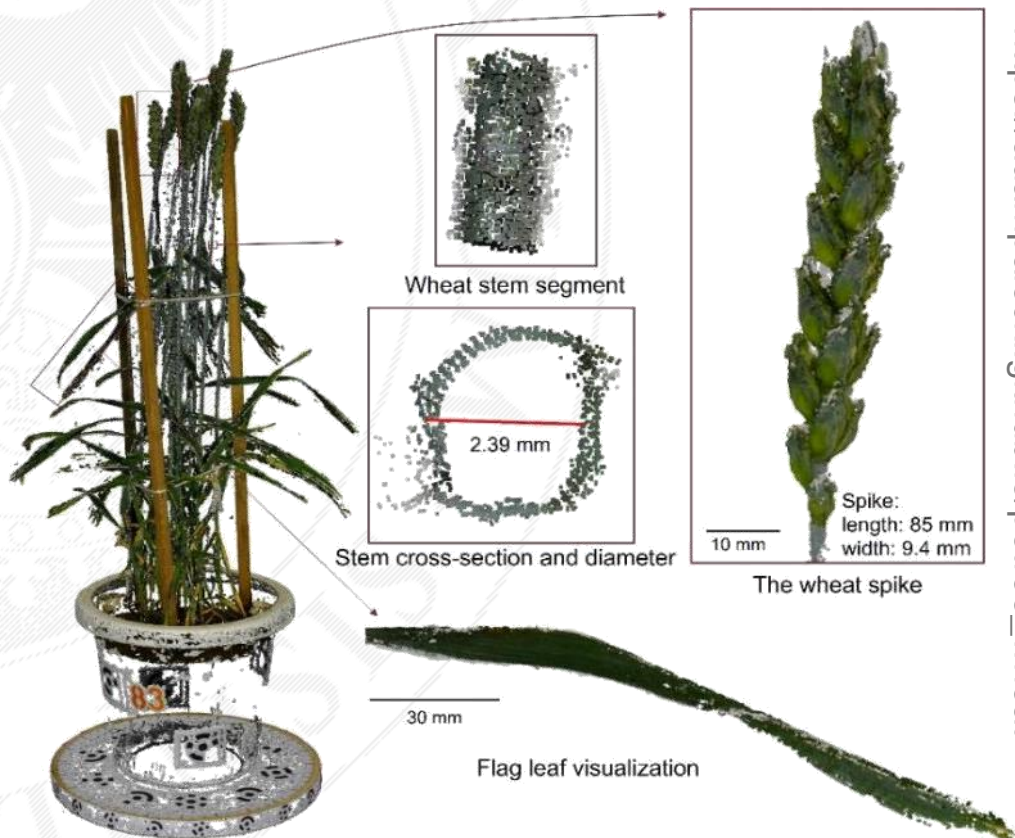


Shortest Paths



Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

- Automatyczna inwentaryzacja sadów z wykorzystaniem danych ze skaningu lotniczego i naziemnego – dr Edyta Hadaś
- Monitorowanie upraw poprzez integrację danych teledetekcyjnych o wysokiej rozdzielczości na potrzeby inteligentnego rolnictwa i zarządzania środowiskiem – Adam Pałęcki (doktorant), dr Grzegorz Józków (opiekun)

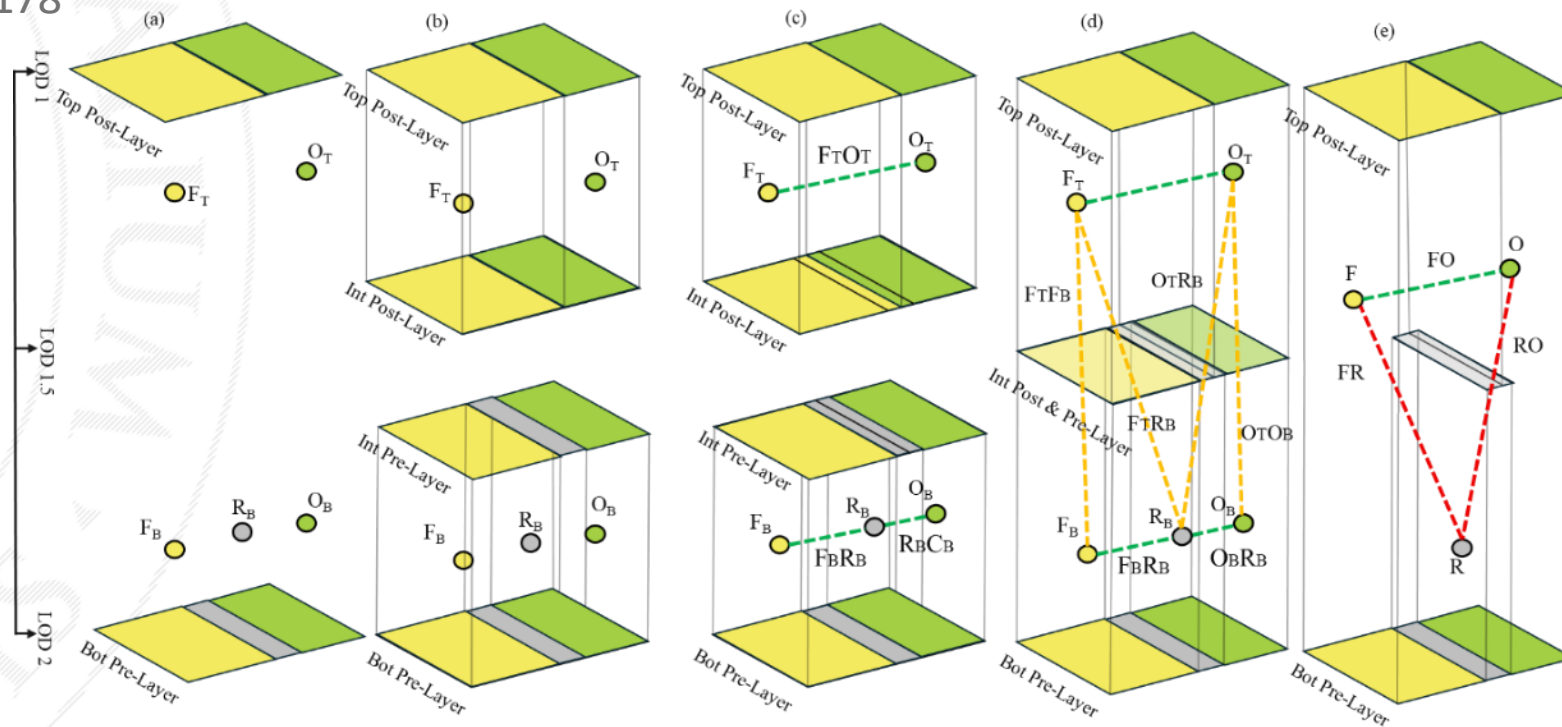
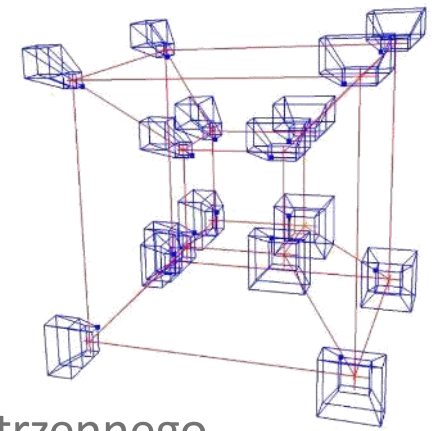


Cyfrowe bliźniaki miast – interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

Integracja 2D+1D

Nowa wielowymiarowa struktura danych do zmiennej-skalowej reprezentacji modelu przestrzennego

2021/41/B/ST10/03178



Gholami, A., Boguslawski, P. Meijers, M., Topological Integration of Multi-scale Datasets and Construction Method Supported by a Primal-Dual Data Structure, Journal of Geo-spatial Information Science (under revision)



Cyfrowe bliźniaki miast

– interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich

Cyfrowy bliźniak – podsumowanie

- Silnik do analiz i symulacji
- Ciągła aktualizacja i inicjowanie zmian w świecie rzeczywistym
- Integracja
 - Zróżnicowane tematycznie modele
 - Problemy z interoperacyjnością: reprezentacja, rozdzielczość/poziom szczegółowości, informacja semantyczna
 - Wykorzystanie cyfrowego bliźniaka w różnych aplikacjach

Dziękuję

Paweł Bogusławski
pawel.boguslawski@upwr.edu.pl

**Cyfrowe bliźniaki miast
– interoperacyjne i skalowalne rozwiązania dla miast europejskich**