

# Monitoring deformacji powierzchni terenu z wykorzystaniem InSAR i GIS 3D

**Natalia Wielgocka<sup>1</sup>, Stanisław Biernat<sup>2</sup>, Dominik Teodorczyk<sup>1</sup>, Marek Trojanowicz<sup>1</sup>**

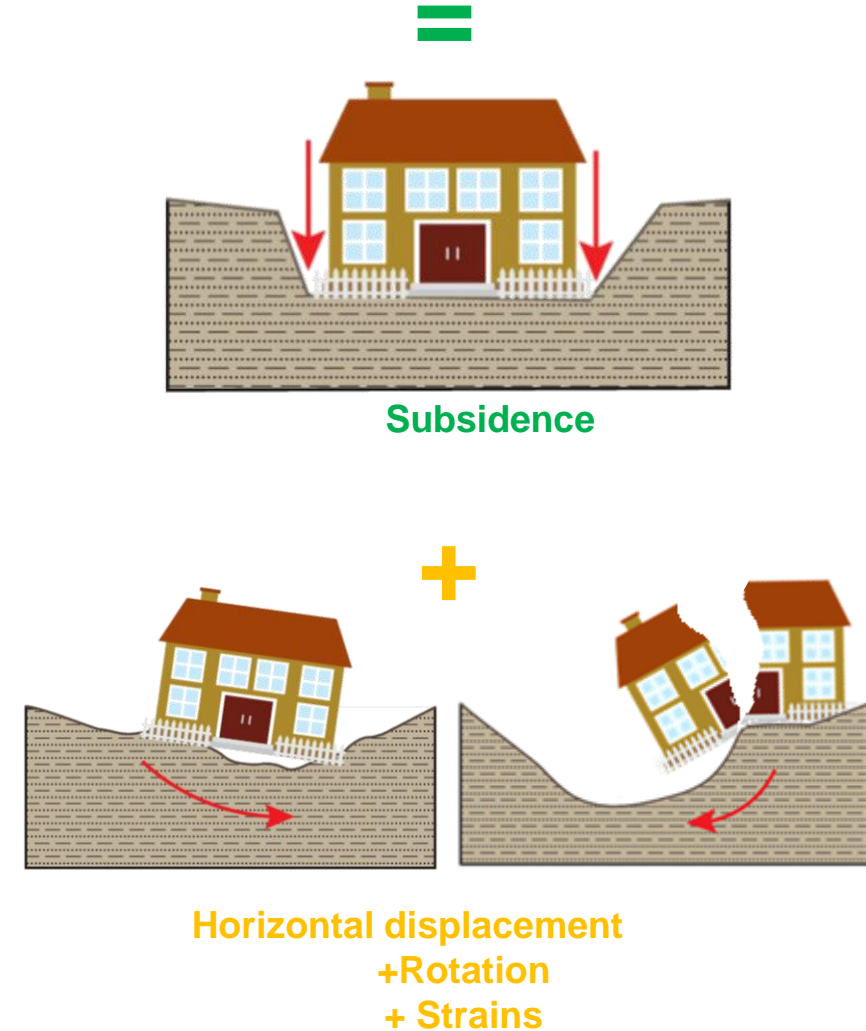
<sup>1</sup>*Instytut Geodezji i Geoinformatyki, UPWr*

<sup>2</sup>*Info Solutions*


# Deformacje powierzchni terenu





## DEFORMATIONS





# Typowe skutki deformacji


1  **Fałdowania i spękania nawierzchni dróg**

2  **Uszkodzenia obiektów budowlanych**  
Pęknięcia ścian i odkształcenia konstrukcji

3  **Przemieszczenia skarp i nasypów**  
Osuwanie gruntu i utrata stabilności

4  **Awarie sieci uzbrojenia terenu**

5  **Zmiany stosunków wodnych**  
Zaleganie wód i lokalne podtopienia

6  **Kosztowne naprawy interwencyjne**



# Mniej typowe..., czyli wpływ na dane geodezyjne



## Deformacje terenu zmieniają położenie obiektów infrastruktury

Bazy BDSOG, GESUT czy BDOT500 szybko się dezaktualizują.



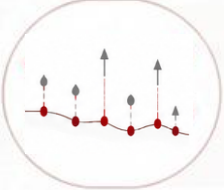
## Szczegóły terenowe pomierzone w oparciu o osnowę są nieaktualne

Nieaktualne położenie osnowy (poziomej, wysokościowej) to nieaktualne położenie obiektów, już w momencie zasilenia baz.



## Nowy pomiar osnowy nie aktualizuje baz danych

Dane w bazach GESUT BDOT500 nie są zgodne z nową osnową.



## Lokalny charakter deformacji

Zróżnicowane przemieszczenia, powodują, że szczegóły terenowe i osnowa przemieszczają się w różnym stopniu.



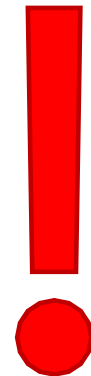
## Rozbieżności między pomiarami GNSS a klasycznymi na osnowę

Konieczność transformacji wyników do spójnego układu

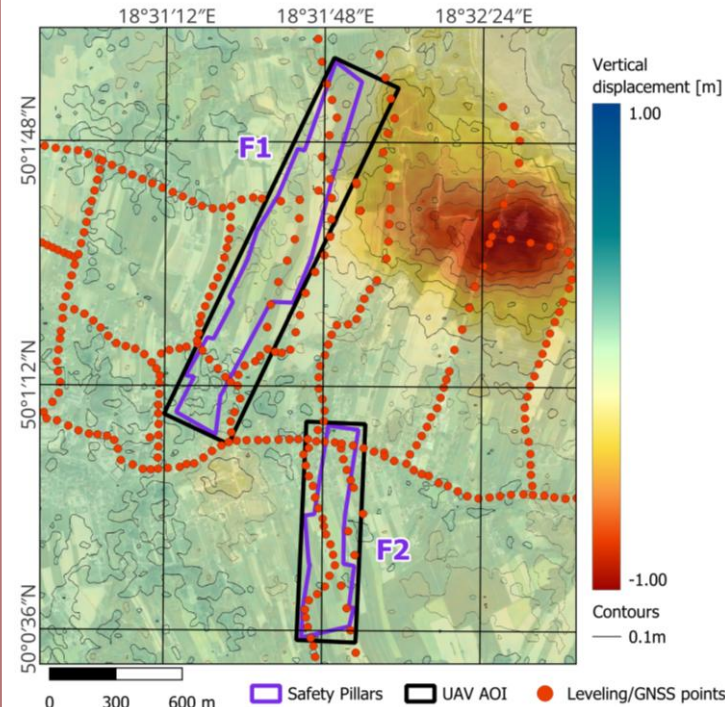
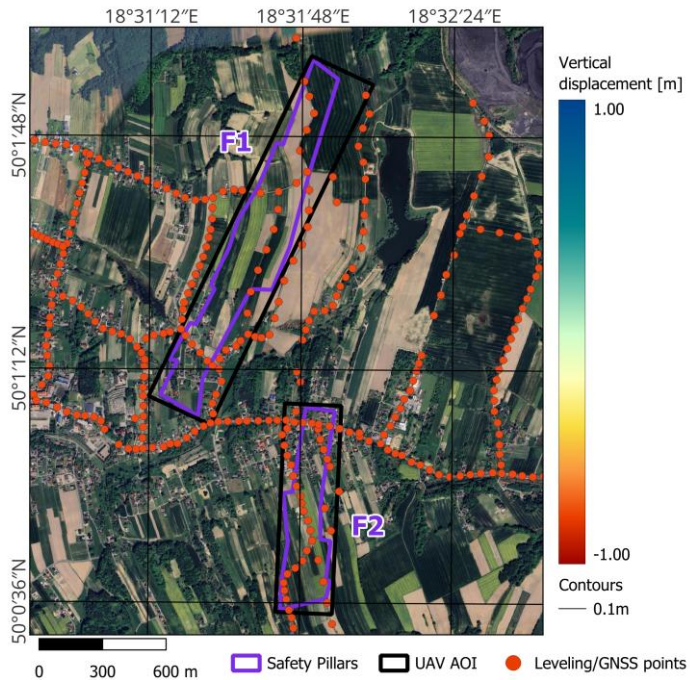
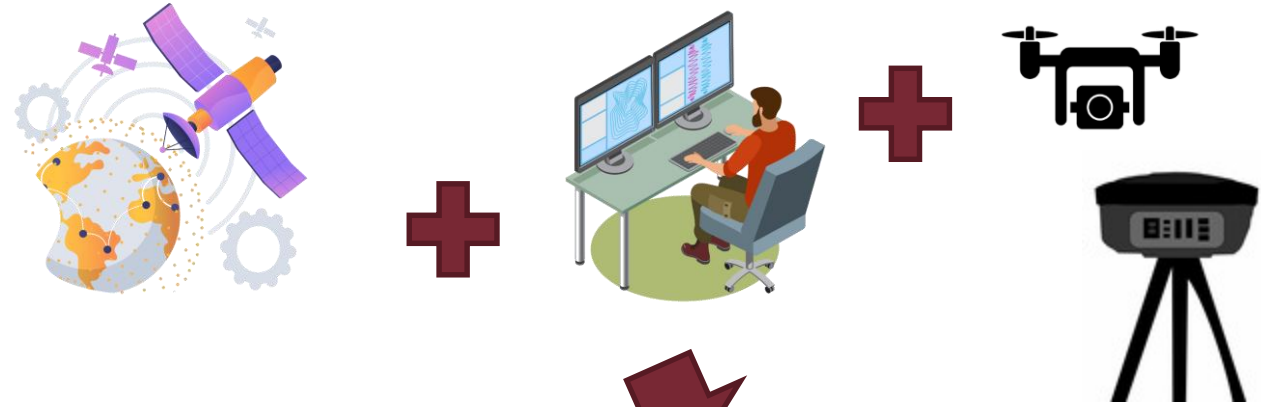
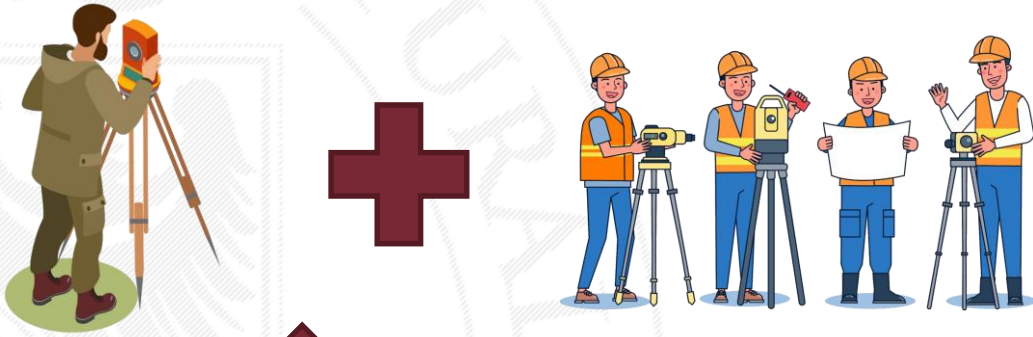


## Skutki dla inwestycji

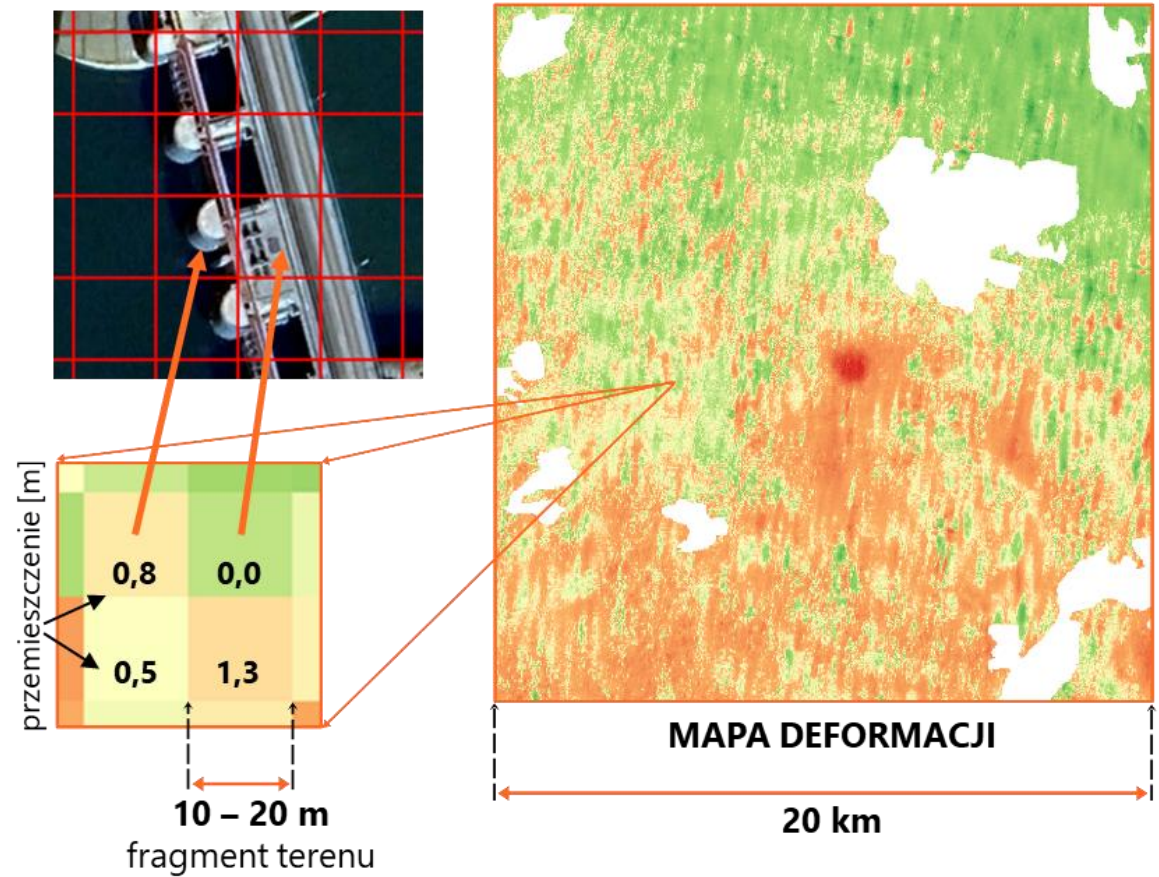
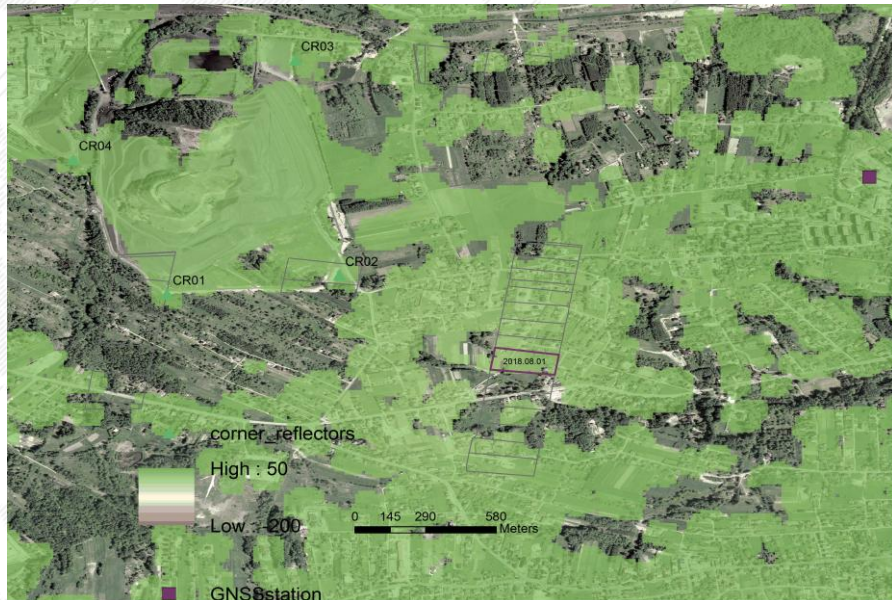
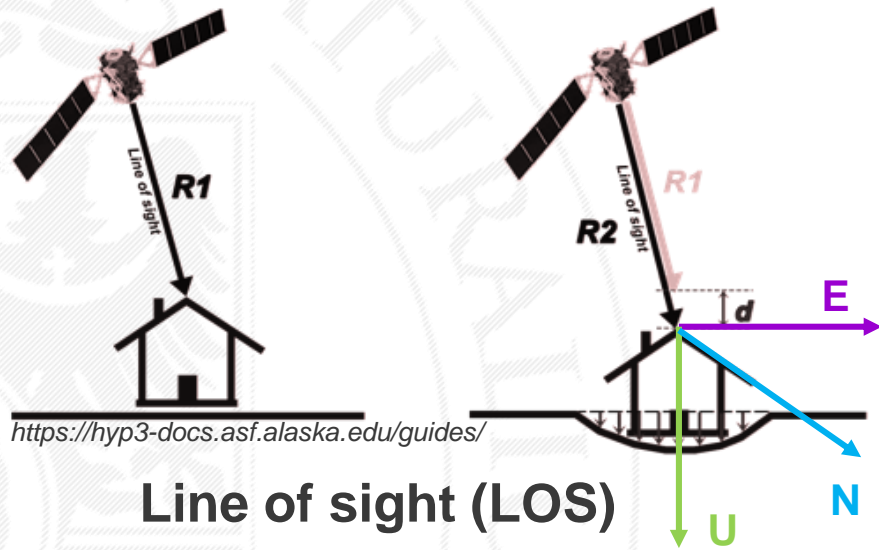
Brak aktualnych, wiarygodnych danych utrudnia prowadzenie geodezyjnej obsługi inwestycji.



# Satelity i drony – dlaczego nie (tylko) klasycznie?



# Satelitarna interferometria radarowa (InSAR)



## ROZDZIELCZOŚĆ PRZESTRZENNA

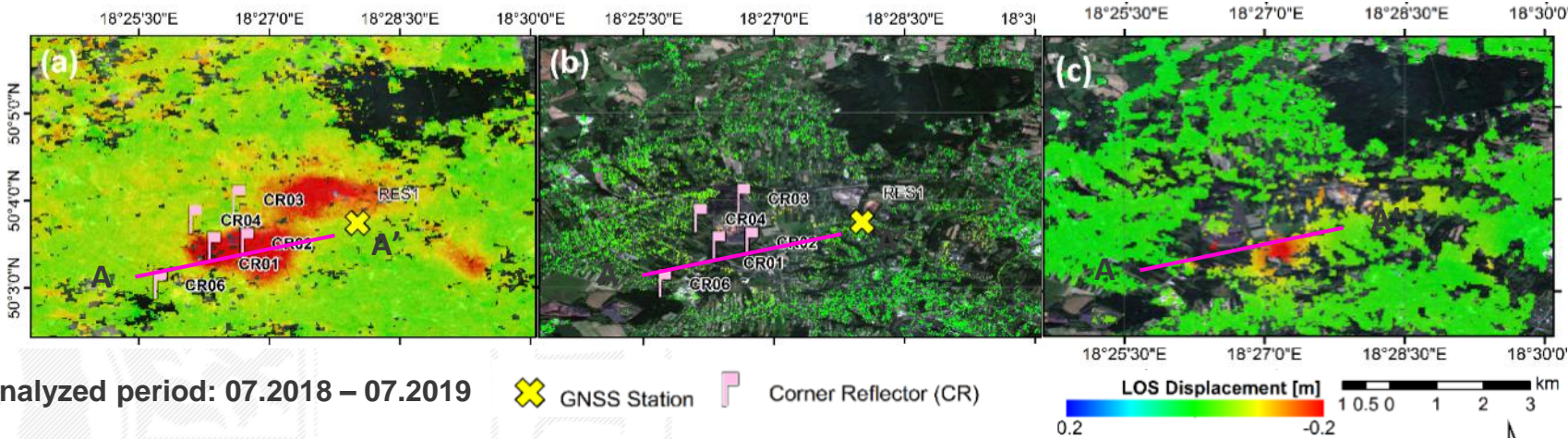
minimalny obszar, dla którego wyznaczana jest wartość przemieszczenia

# Podstawowe metody przetwarzania – zalety i ograniczenia





## DInSAR

## PSI

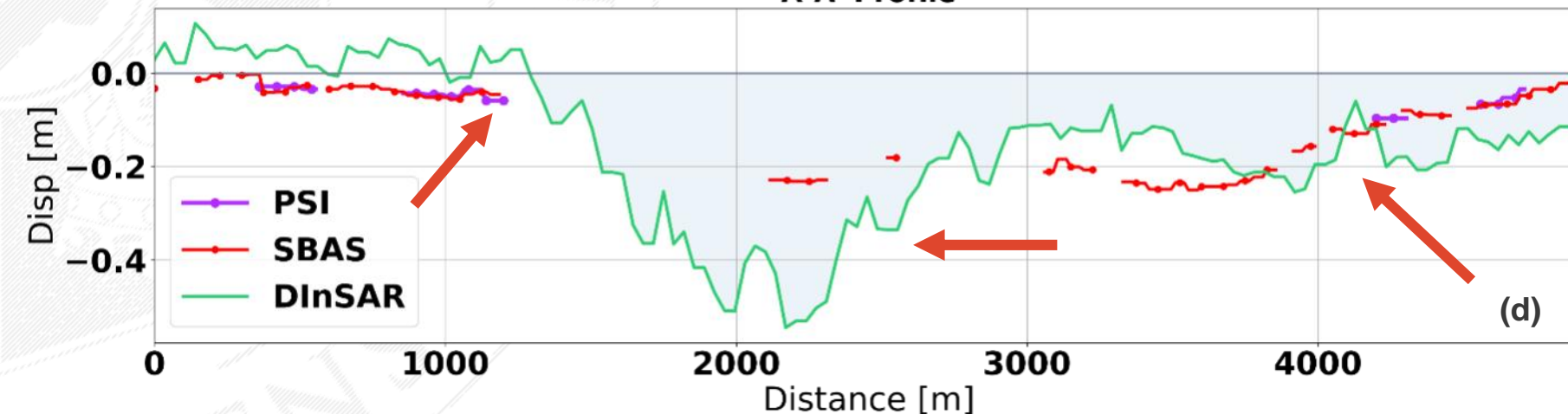
## SBAS



## Sentinel-1:

-  Rozdzielczość czasowa: 6-12 dni,
-  Rozdzielczość przestrzenna: 10-20 m,
-  Zasięg globalny
-  Pasmo: c-band

## A-A' Profile



| Technika | RMSE [m] |       |
|----------|----------|-------|
|          | dE       | dU    |
| DInSAR   | 0.026    | 0.035 |
| SBAS     | 0.022    | 0.029 |
| PSI      | 0.005    | 0.007 |

Deformacje LOS wyznaczone techniką DInSAR (a), PSI (b), SBAS (c) oraz ich przekrój (d) – orbita wstępująca 175

# W jaki sposób te dane wykorzystać?



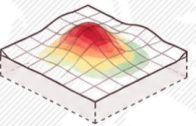
## Ciągły monitoring to szybkie reagowanie

szybkie wykrywanie zmian, monitoring wpływu deformacji na awarie



## Identyfikacja obszarów zagrożonych awariami

Wskazywanie miejsc wymagających uwagi i działań zapobiegawczych



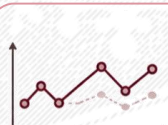
## Pełny obraz sytuacji w terenie

Dane powierzchniowe, nie tylko punktowe



## Wsparcie planowania remontów i inwestycji

Wczesne wykrywanie możliwości awarii i uszkodzeń obiektów



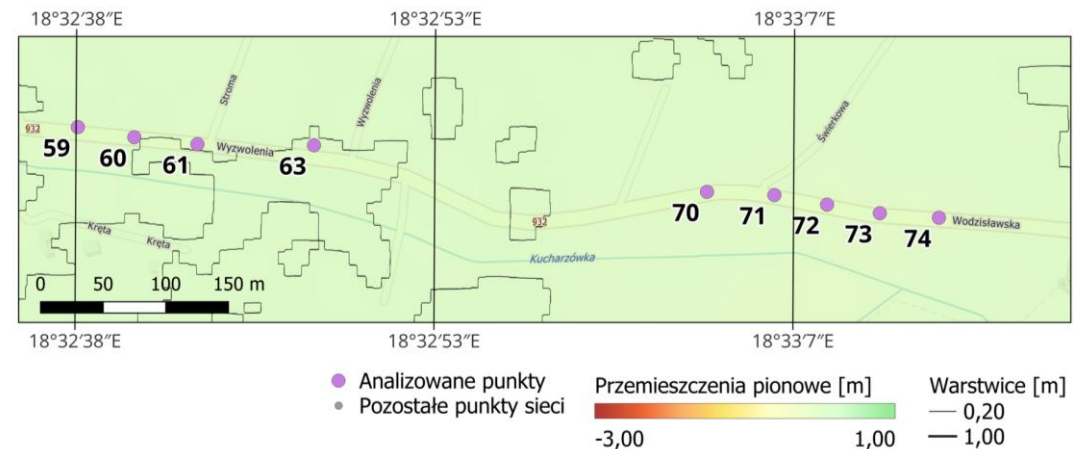
## Historyczna analiza zmian na danym obszarze

Analiza trendów zmian, wspieranie prognozowania i oceny ryzyka



## Kontrola aktualności osnowy i baz danych

Spójne, aktualne dane geodezyjne, bieżąca kontrola aktualności



# Platforma GIS 3D i jej możliwości

Warstwy

9

Szukaj

Podziel ekran

▼  Warstwy podkładowe

OpenStreetMap

Ortofotomapa

Teren

Teren 2023

Teren 2024

Budynki LoD1

▶  Analizy przemieszczeń

▶  Osnowa Szczegółowa

▶  Warstwy geologiczne



Obrót w lewo



# Platforma GIS 3D i jej możliwości

Profil wysokościowy

Teren

Pokrycie terenu

Odległość między punktami 10 m

← COFNIJ

✕ ANULUJ

✓ ZAKOŃCZ

✎ RYSUJ PROFIL

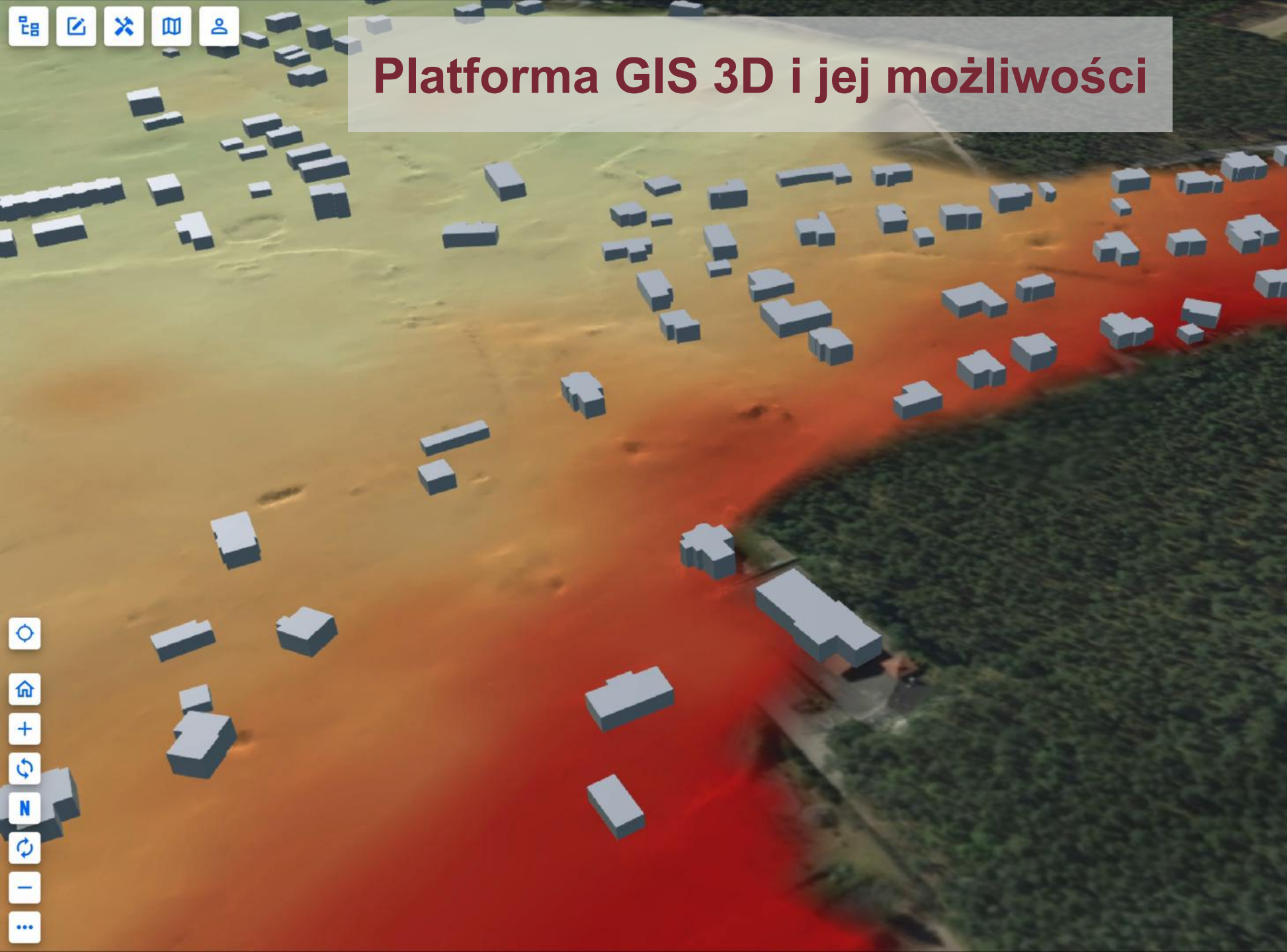
Warstwy

Szukaj

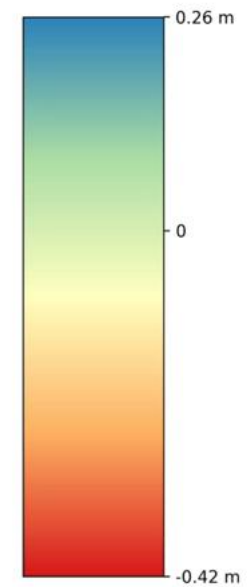
Podziel ekran

- ▶  Warstwy podkładowe
- ▼  Analizy przemieszczeń
  - Przemieszczenia 2023 3D
  - Przemieszczenia 2023
  - Przemieszczenia 2024 3D
  - Przemieszczenia 2024
  - Przemieszczenia 3D
  - Przemieszczenia dwuletnie
- ▶  Osnowa Szczegółowa
- ▶  Warstwy geologiczne

# Platforma GIS 3D i jej możliwości



Legenda 11



Warstwy

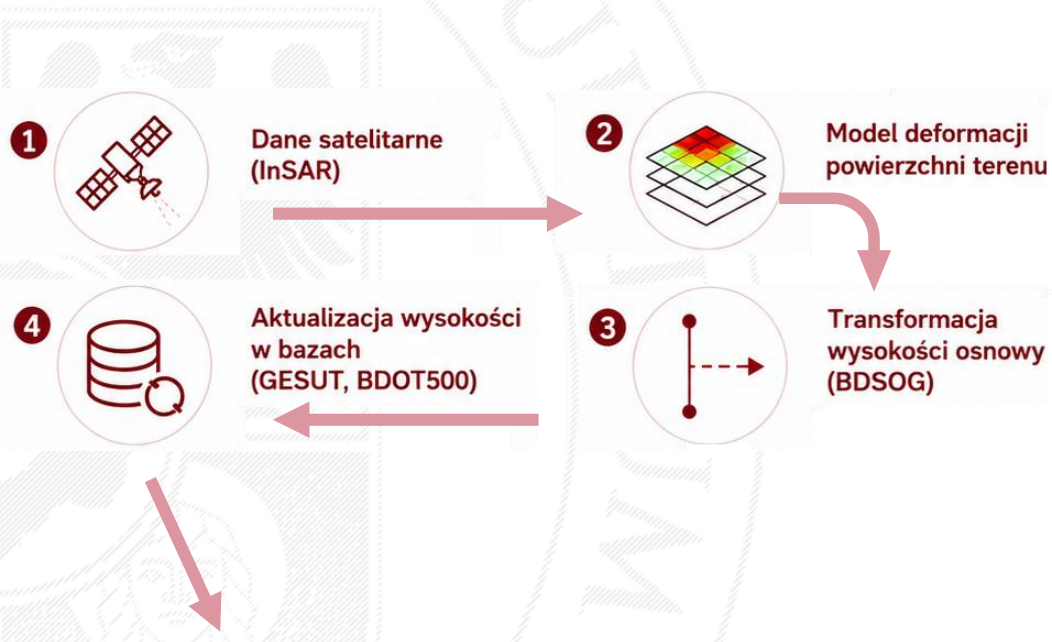
Szukaj

Podziel ekran

- Warstwy podkładowe
- Analizy przemieszczeń
  - Przemieszczenia 2023 3D
  - Przemieszczenia 2023
  - Przemieszczenia 2024 3D
  - Przemieszczenia 2024

# Oparty o InSAR system monitorowania deformacji pionowych

Wykorzystanie danych InSAR do aktualizacji baz danych w zakresie wysokości:



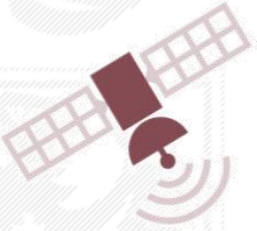
- Budowa powierzchniowego modelu deformacji z danych InSAR (nawet kilka razy do roku),
- Aktualizacja (transformacja) osnowy wysokościowej oraz wysokości w innych bazach danych,
- Okresowy, klasyczny pomiar osnowy wysokościowej w celu weryfikacji i oceny działania systemu.

## Rezultaty:

- Monitoring deformacji z wysoką częstotliwością,
- Aktualne bazy BDSOG, GESUT, BDOT,
- System może być wykorzystywany przez inne służby zarządzające infrastrukturą do przewidywania awarii, planowania napraw i optymalnego zarządzania.



# Podsumowanie prezentacji



Deformacje są mierzalne satelitarne (InSAR)



InSAR umożliwia analizę danych wstecz, w czasie rzeczywistym, predykcję



Stanowi narzędzie prewencji



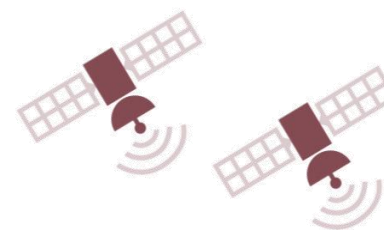
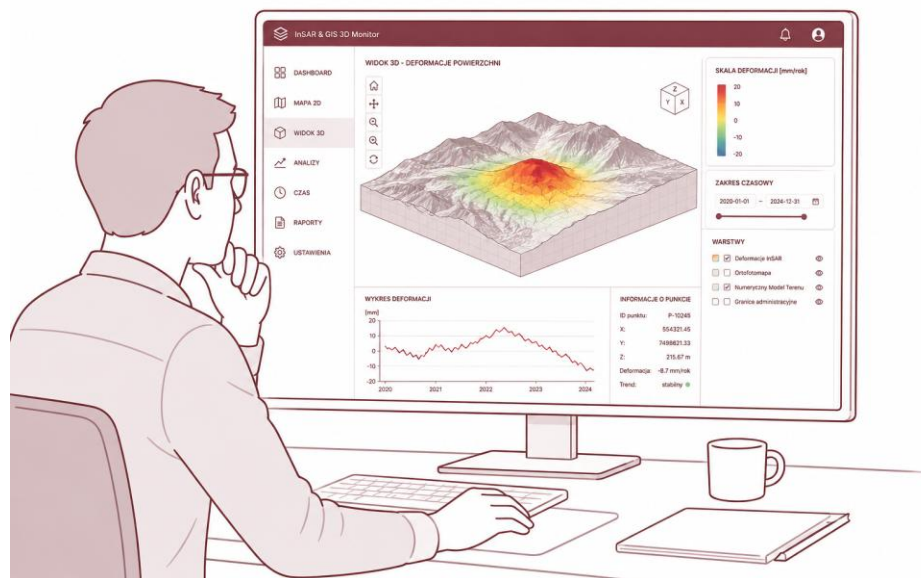
Raporty, wizualizacje, narzędzia analityczne



Udostępnienie platformy 3D z danymi i wynikami dla użytkownika



**Platforma pilotażowa  
Rozszerzenie platformy na cały kraj**



# Dziękujemy za uwagę!



## Monitoring deformacji powierzchni terenu z wykorzystaniem InSAR i GIS 3D

**Kontakt:** Dr inż. Natalia Wielgocka: [natalia.wielgocka@upwr.edu.pl](mailto:natalia.wielgocka@upwr.edu.pl)

Dr inż. Stanisław Biernat: [stanislaw.biernat@info-solutions.pl](mailto:stanislaw.biernat@info-solutions.pl)

Mgr inż. Dominik Teodorczyk: [dominik.teodorczyk@upwr.edu.pl](mailto:dominik.teodorczyk@upwr.edu.pl)

Dr hab. inż. Marek Trojanowicz, prof. UPWr: [marek.trojanowicz@upwr.edu.pl](mailto:marek.trojanowicz@upwr.edu.pl)