

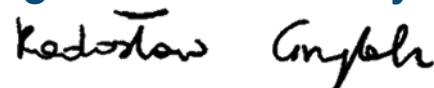
MONITORING OSIADANIA  
TERENU NA OBSZARZE  
GMINY IMIELIN



**RAPORT**  
Kraków, 09.01.2024 r.

**Zleceniodawca:**  
Gmina Imielin

**Autor:**  
mgr inż. Radosław Grzybek



tel. +48 579 520 382

e-mail: [radoslaw.grzybek@satim.pl](mailto:radoslaw.grzybek@satim.pl)

# 1

## DANE FORMALNE

**1.1. Zamawiający:** gmina Imielin

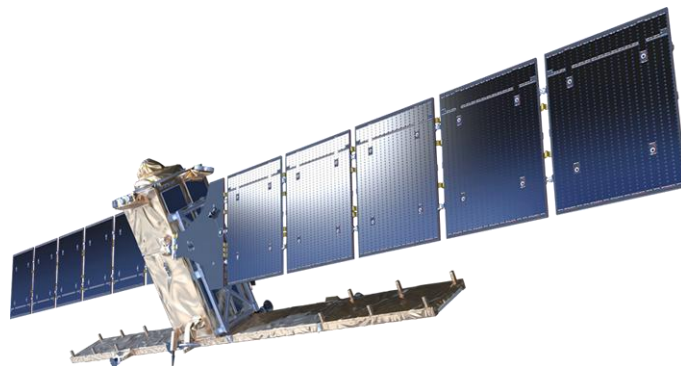
**1.2. Wykonawca:** SATIM Monitoring Satelitarny sp. z o. o.

**1.3. Tytuł zadania:** Bieżący monitoring osiadania terenu dla gminy Imielin – II półrocze 2024 r.

**1.4. Data rozpoczęcia etapu:** 26.06.2024 r.

**1.5. Data zakończenia etapu:** 23.12.2024 r.

**1.6. Data wykonania:** 09.01.2024 r.



## 2 OPIS METODY

Satelitarny monitoring osiadania terenu przeprowadzono przy wykorzystaniu metody DInSAR. Użyto do tego celu obrazy zarejestrowane przez satelitę Sentinel-1A oraz Sentinel-1B w dniach: 26.06.2024, 20.07.2024, 01.08.2024, 13.08.2024, 25.08.2024, 06.09.2024, 18.09.2024, 30.09.2024, 12.10.2024, 24.10.2024, 05.11.2024, 17.11.2024, 29.11.2024, 11.12.2024, 23.11.2024 r.

Parametry obrazów są przedstawione w poniższej tabeli.

**Tab.1.** Parametry wykorzystanych zobrazowań

PARAMETRY ZOBRAZOWAŃ	
Satelita	Sentinel-1A/B
Tryb zobrazowania	StripMap
Polaryzacja fali	VV
Rozdzielczość przestrzenna	5 m x 20 m
Częstotliwość	5.405 GHz
Długość fali	55 mm

W wyniku ich analizy otrzymano mapy pionowych osiadań terenu, jakie wystąpiły w przedziałach czasu:

- 26.06.2024 – 20.07.2024
- 20.07.2024 – 01.08.2024
- 01.08.2024 – 13.08.2024
- 13.08.2024 – 25.08.2024
- 25.08.2024 – 06.09.2024
- 06.09.2024 – 18.09.2024
- 18.09.2024 – 30.09.2024
- 30.09.2024 – 12.10.2024
- 12.10.2024 – 24.10.2024
- 05.11.2024 – 17.11.2024
- 17.11.2024 – 29.11.2024
- 29.11.2024 – 11.12.2024
- 11.12.2024 – 23.12.2024 r.

Mapy osiadań z tych okresów zsumowano i stworzono mapę osiadań terenu w okresie **26.06.2024 – 23.12.2024** Ryc. 1).

Dokładność pomiarów zależy od uzyskanej koherencji pomiędzy analizowanymi obrazami. Koherencja jest miarą jakości wykonanych obliczeń – im wyższa jej wartość (maksymalnie 1), tym wyższa dokładność wyznaczenia przemieszczeń terenu. Na terenach, gdzie koherencja ma wartość większą niż 0,3, dokładność wyników osiadania terenu to **+/- 1 cm**. Poniższa tabela przedstawia podstawowe wartości statystyczne dla obrazu uśrednionej koherencji dla całej gminy Imielin. Obraz uśrednionej koherencji przedstawiony został na Ryc. 2.

**Tab.2** Statystyka uzyskanych wartości obrazów koherencji

Okres analizy	Liczba pikseli o wartości koherencji < 0,3	Liczba pikseli o wartości koherencji > 0,3	Średnia wartość koherencji
26.06.2024 – 23.12.2024	92 255	136 136	0,37

Powierzchnia obszaru koherentnego (gdzie wartość koherencji > 0,3) wynosi **17,1 km<sup>2</sup>**,

Poza obliczeniem mapy osiadań dla analizowanego okresu, pracami objęta była również **aktualizacja Numerycznego Modelu Terenu**. Dotychczasowy model, zawierający wysokości punktów terenu, pozyskano z poprzedniej analizy (aktualność na 01.01.2024 r.). Produkt ten poddano aktualizacji wysokości poprzez dodanie do niego map osiadań terenu z obydwu półroczy 2024 roku (tj. z okresu **01.01.2024 – 23.12.2024**). W ten sposób powstał zaktualizowany model terenu na koniec roku 2024, nazywany dalej jako NMT\_2025 w celu podtrzymania nazewnictwa.

## 3

## WYNIKI ANALIZY

Zidentyfikowany został jeden obszar, na którym powstały niecki osiadań w drugim półroczu 2024 roku.

Obszar ten znajduje się w południowej części gminy Imielin, w bliskiej odległości od torów kolejowych, na terenie zadrzewionym. Koherencja dla tego obszaru była zatem umiarkowanie niska. Zaobserwowano tu jednak osiadanie o wartości około **50 cm**.

## 4

## OPIS PRODUKTÓW

**Wyniki analizy** zapisane zostały w układzie współrzędnych 2000 (Państwowy Układ Współrzędnych Geodezyjnych 2000, PL-2000, strefa 6). Produktami są:

- **rastrowa mapa osiadań terenu w formacie .tif.** Wartości każdego piksela oznaczają wartość osiadań terenu odnotowanych w danym punkcie w czwartym kwartale 2022 roku w jednostkach centymetry [cm],
- **rastrowa mapa średniej koherencji analizowanych obrazów satelitarnych w formacie .tif.** Wartości każdego piksela oznaczają wartość średniej koherencji pomiędzy analizowanymi obrazami.
- **wektorowa mapa izolinii osiadań terenu w formacie .shp.** Wartości osiadań izolacji zapisane są w kolumnie o nazwie „Osiać” w jednostkach centymetry [cm]. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 2 cm cięcia poziomicowego.
- **wektorowa mapa budynków zawierająca przypisane wartości statystyczne osiadania terenu i NMT w formacie .shp.** Do każdego budynku dopisane zostały wartości:
  - NMT 2018 – wartość numerycznego modelu terenu z 2018 roku w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2019 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2019) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2020 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2020) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2021 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2021) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2022 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2022) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2023 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2023) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2024 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2024) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2025 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 23.12.2024) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - Osiać\_Sred – średnia wartości osiadania terenu pod obszarem danego budynku w II półroczu 2024 r. w jednostkach centymetry [cm],
  - Osiać\_Min – minimalna wartość osiadania terenu pod obszarem danego budynku w II półroczu 2024 r. w jednostkach centymetry [cm],
  - Osiać\_Max – maksymalna wartość osiadania terenu pod obszarem danego budynku w II półroczu 2024 r. w jednostkach centymetry [cm],
- **wektorowa mapa punktów adresowych zawierająca przypisane wartości statystyczne osiadania terenu i NMT w formacie .shp.** Do każdego punktu adresowego dopisane zostały wartości:

- NMT 2018 – wartość numerycznego modelu terenu z 2018 roku w punkcie adresowym **w m n. p. m.**,
  - NMT 2019 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2019) w punkcie adresowym **w m n. p. m.**,
  - NMT 2020 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2020) w punkcie adresowym **w m n. p. m.**,
  - NMT 2021 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2021) w punkcie adresowym **w m n. p. m.**,
  - NMT 2022 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2022) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
  - NMT 2023 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2023) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
  - NMT 2024 – wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2024) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
  - NMT 2025 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 23.12.2024) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
  - Osiad – wartości osiadania terenu w danym punkcie adresowym w II półroczu 2024 r. **w jednostkach centymetry [cm]**.
- **wektorowa mapa działek zawierająca przypisane wartości statystyczne osiadania terenu i NMT w formacie .shp.** Do każdej działki dopisane zostały wartości:
    - NMT 2018 – średnia wartość numerycznego modelu terenu z 2018 roku na obszarze działki **w m n. p. m.**,
    - NMT 2019 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (01.01.2019) na obszarze działki **w m n. p. m.**,
    - NMT 2020 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (01.01.2020) na obszarze działki **w m n. p. m.**,
    - NMT 2021 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2021) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
    - NMT 2022 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2022) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
    - NMT 2023 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2023) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
    - NMT 2024 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2024) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
    - NMT 2025 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 23.12.2024) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
    - Osiad\_Sred – średnia wartości osiadania terenu pod obszarem danej działki w II półroczu 2024 r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
    - Osiad\_Min – minimalna wartość osiadania terenu pod obszarem danej działki w II półroczu 2024 r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
    - Osiad\_Max – maksymalna wartość osiadania terenu pod obszarem danej działki w II półroczu 2024 r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
  - **wykaz współrzędnych punktów pomiarowych (XYZ) w formacie .csv** (kompatybilny z programem Microsoft Office Excel). Plik zawiera trzy kolumny: X, Y, Osiad.

Wartości X oraz Y oznaczają współrzędne płaskie w układzie 2000 strefa 6, natomiast „Osiad” oznacza wartości zaobserwowanych osiadań w stosunku do stanu wyjściowego w jednostkach centymetry [cm]. Jako separatora użyto przecinka.

- **wykaz działek i punktów adresowych znajdujących się w obrębie niecki obniżeniowej w formacie .csv** (kompatybilny z programem Microsoft Office Excel). Jako separatora użyto przecinka. Do każdego obiektu dopisane zostały wartości:
  - NMT 2018 – średnia wartość numerycznego modelu terenu z 2018 r. w m n. p. m.,
  - NMT 2019 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2019) w m n. p. m.,
  - NMT 2020 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2020) w m n. p. m.,
  - NMT 2021 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2021) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2022 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2022) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2023 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2023) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2024 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 01.01.2024) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - NMT 2025 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 23.12.2024) w obrębie budynku w m n. p. m.,
  - Osiad – średnia wartości osiadania terenu w II półroczu 2023 r. w jednostkach centymetry [cm],
- **Numeryczny Model Terenu z aktualnością na 23.12.2023 w formacie .tif**
- **Wizualizacje 2D oraz 3D budynków znajdujących się na niecce obniżeniowej z zaznaczoną kolorystyką związaną z osiadaniem terenu w formacie .png.**

**Tab.3.** Zestawienie produktów

PRODUKTY	
Nazwa	Format
1. Rastrowa mapa osiadania terenu	.tif
2. Mapa koherencji	.tif
3. Izolinie osiadań	.shp
4. Mapa budynków	.shp
5. Mapa punktów adresowych	.shp
6. Mapa działek ewidencyjnych	.shp
7. Wykaz współrzędnych punktów pomiarowych (XYZ)	.csv
8. Wykaz działek i punktów adresowych znajdujących się w obrębie niecki obniżeniowej	.csv

---

9. Numeryczny Model Terenu (stan na 10.12.2022) .tif

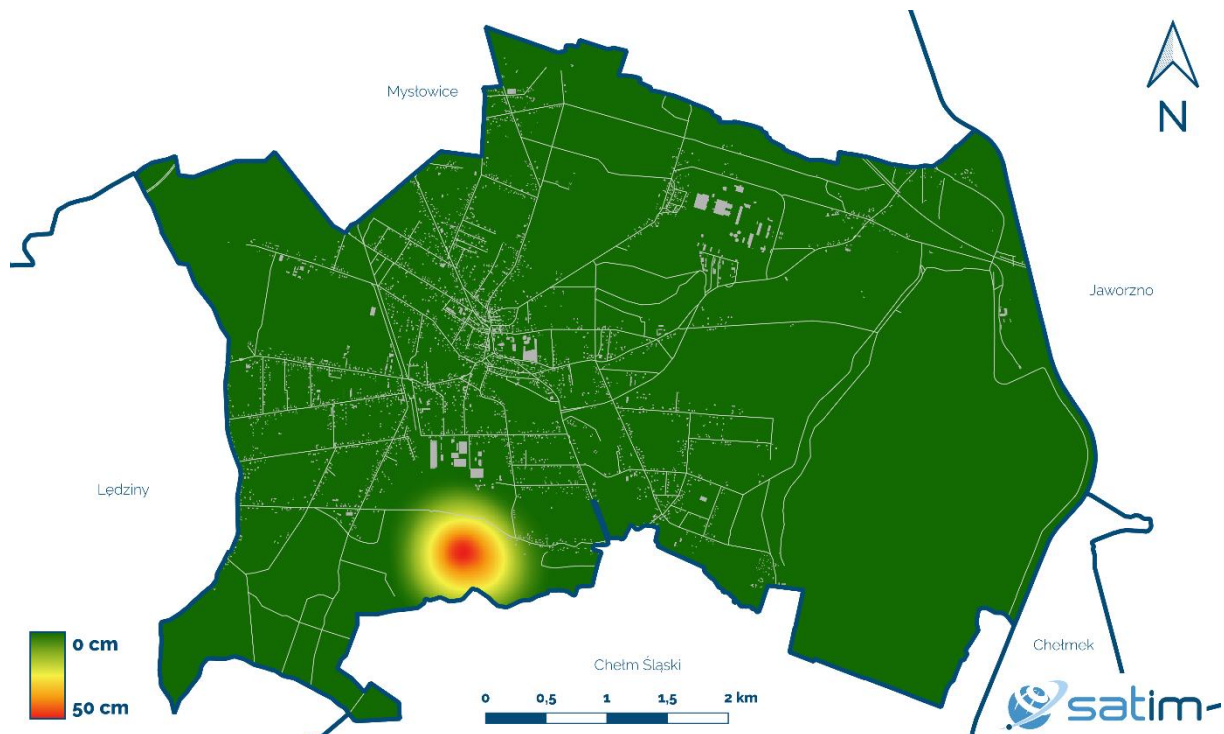
---

10. Wizualizacje 2D oraz 3D budynków .png

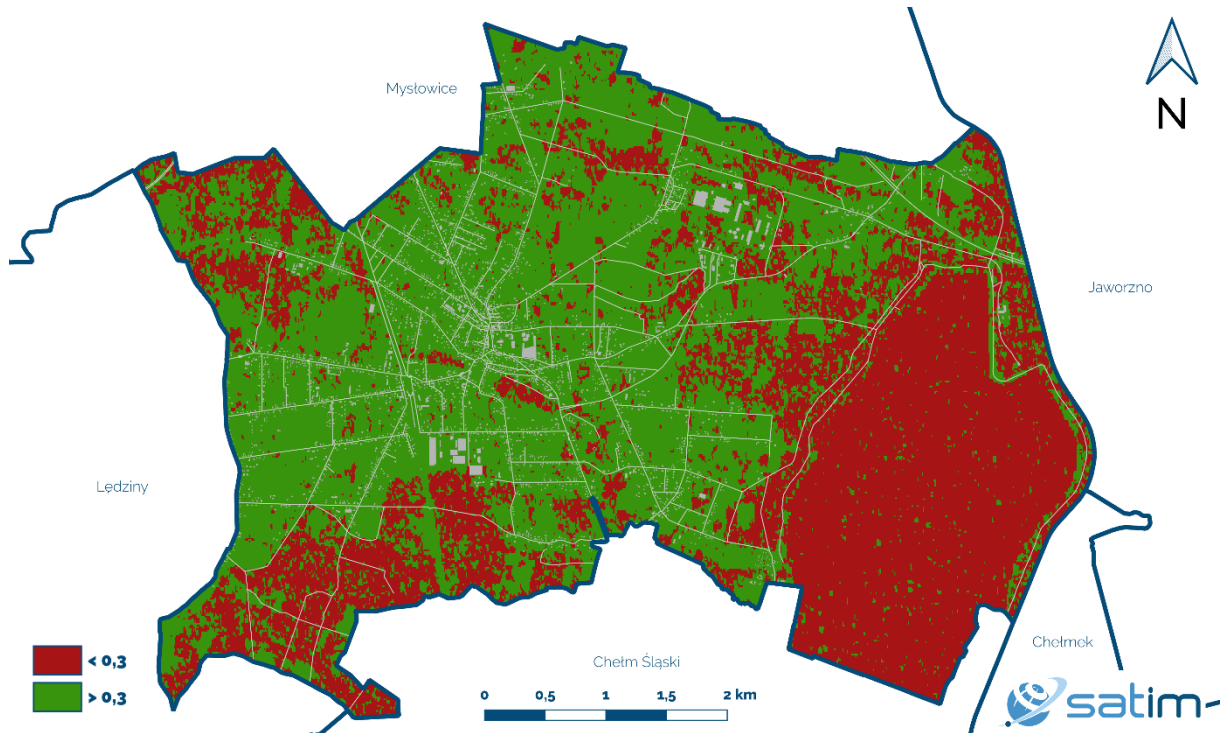
---

Spis Rycin:

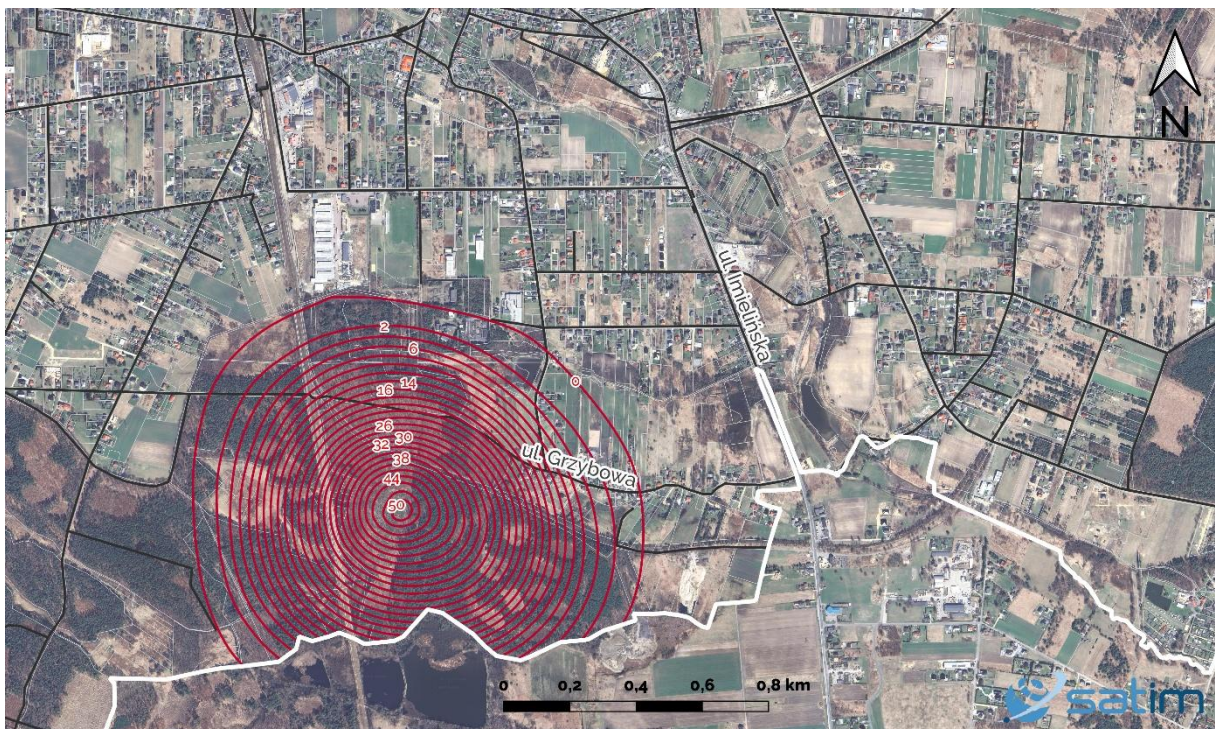
- **Ryc. 1** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie rastrowej
- **Ryc. 2** – Mapa rozkładu koherencji
- **Ryc. 3** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii
- **Ryc. 4** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu z naniesionymi budynkami
- **Ryc. 6** – Mapa działek ewidencyjnych
- **Ryc. 7** – Numeryczny model terenu po aktualizacji (stan na 23.12.2024 r.)
- **Ryc. 8** – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej – osiadania w formie rastrowej
- **Ryc. 9** – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej – osiadania w formie izolinii
- **Ryc. 10** – Wizualizacja działek ewidencyjnych objętych osiadaniami terenu
- **Ryc. 11** – Wizualizacja budynków i ulic
- **Ryc. 12** – Wizualizacja osiadań terenu gminy Imielin z ortofotomapą w podkładzie



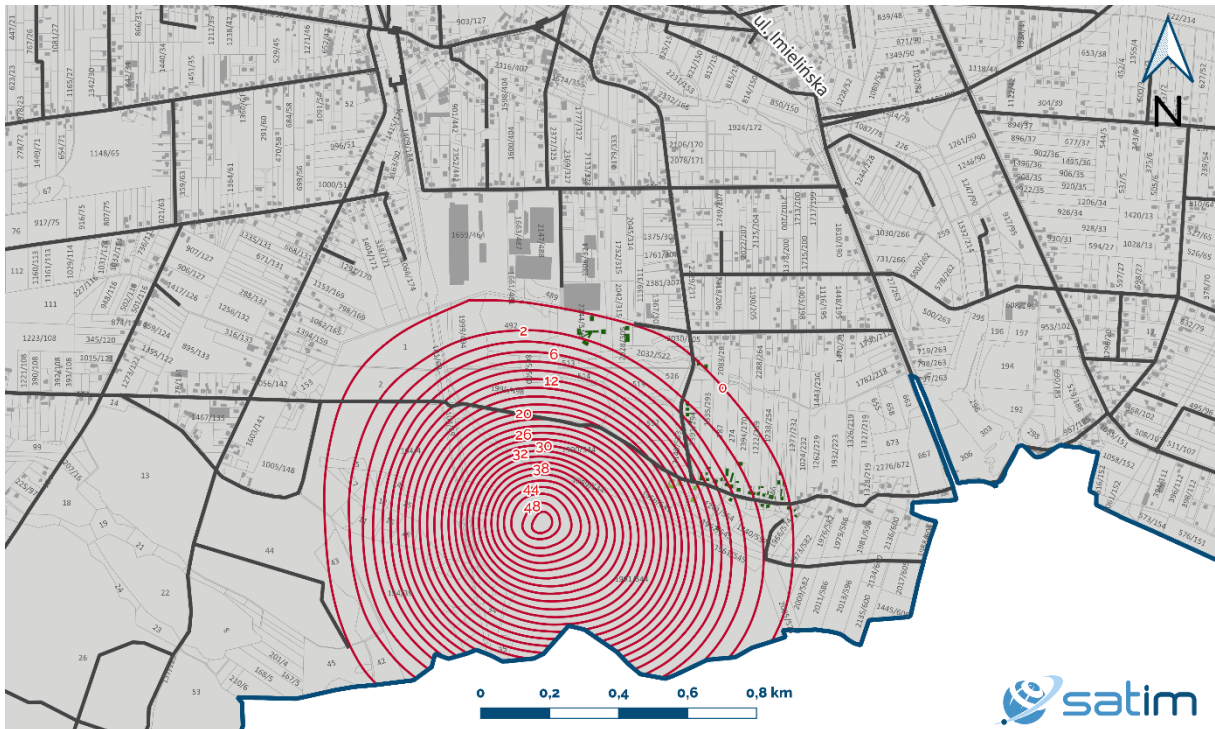
**Ryc. 1** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu. Maksymalne osiadania terenu, jakie wystąpiły w II półroczu 2024 roku to ok. 50 cm.



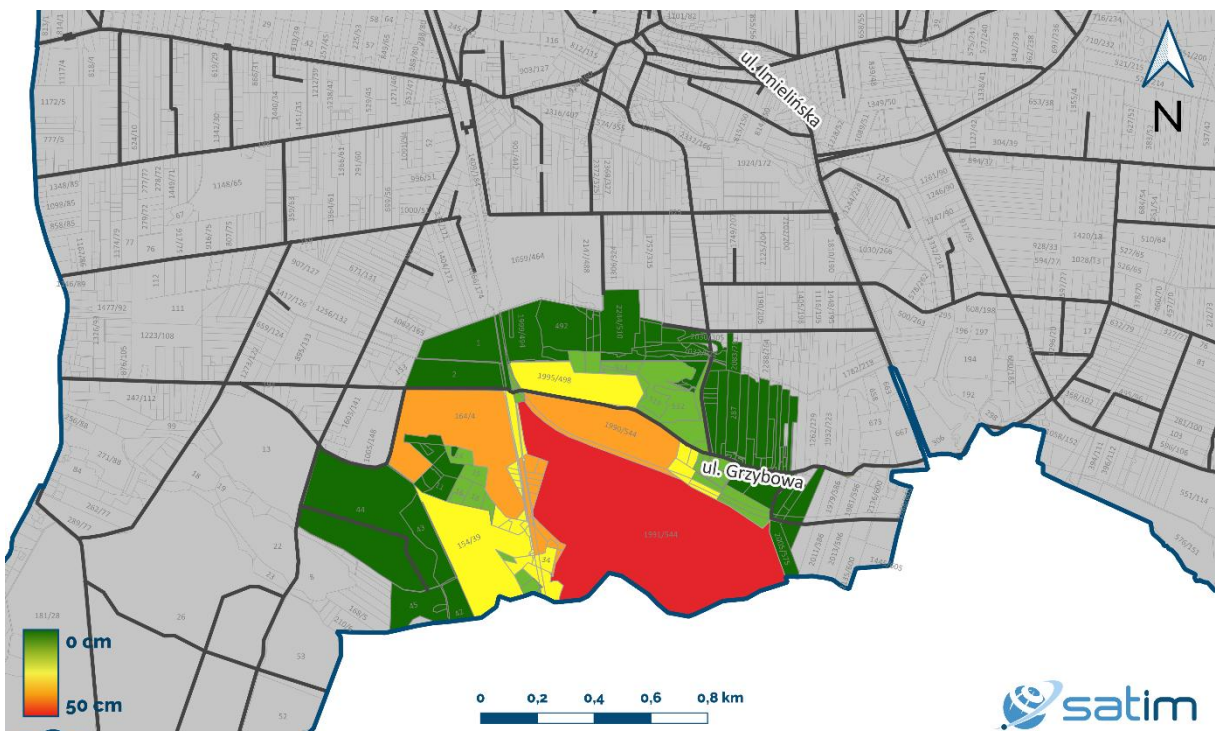
**Ryc. 2** – Mapa rozkładu koherencji. Koherencja jest miarą jakości wykonanych obliczeń – im wyższa jej wartość (maksymalnie 1), tym wyższa dokładność wyznaczenia przemieszczeń terenu.



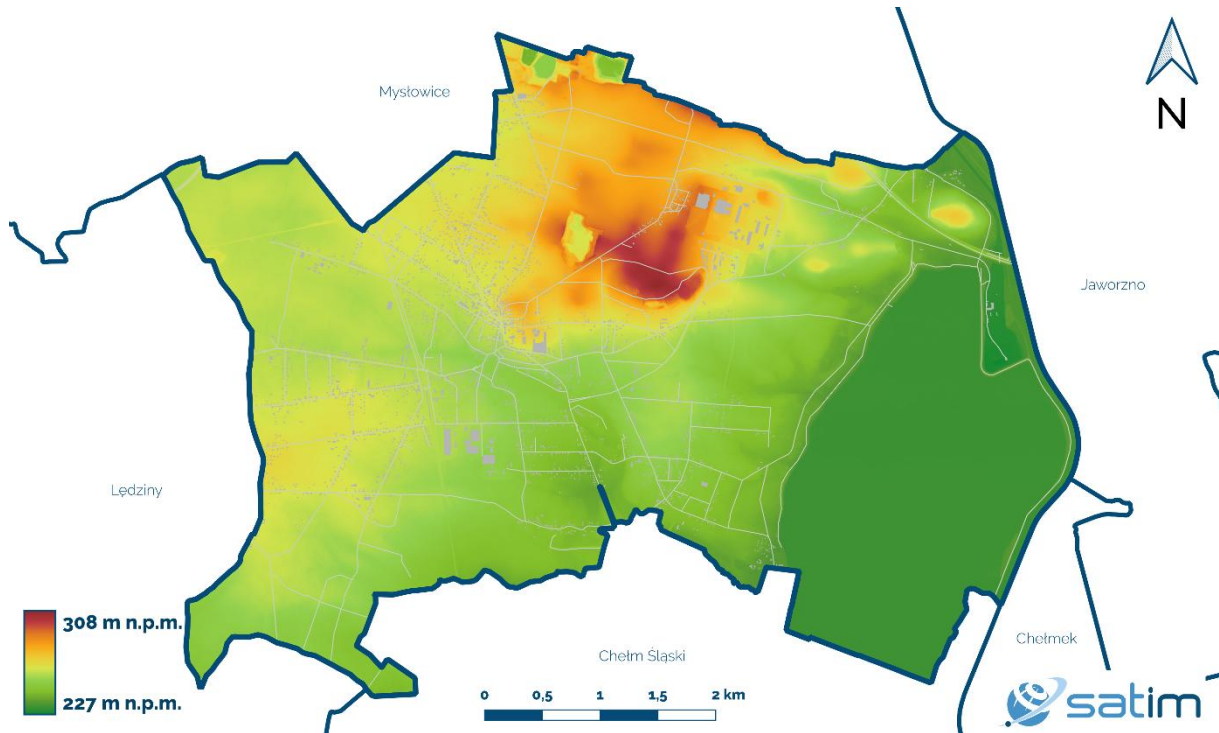
**Ryc. 3** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 2 cm cięcia poziomicowego.



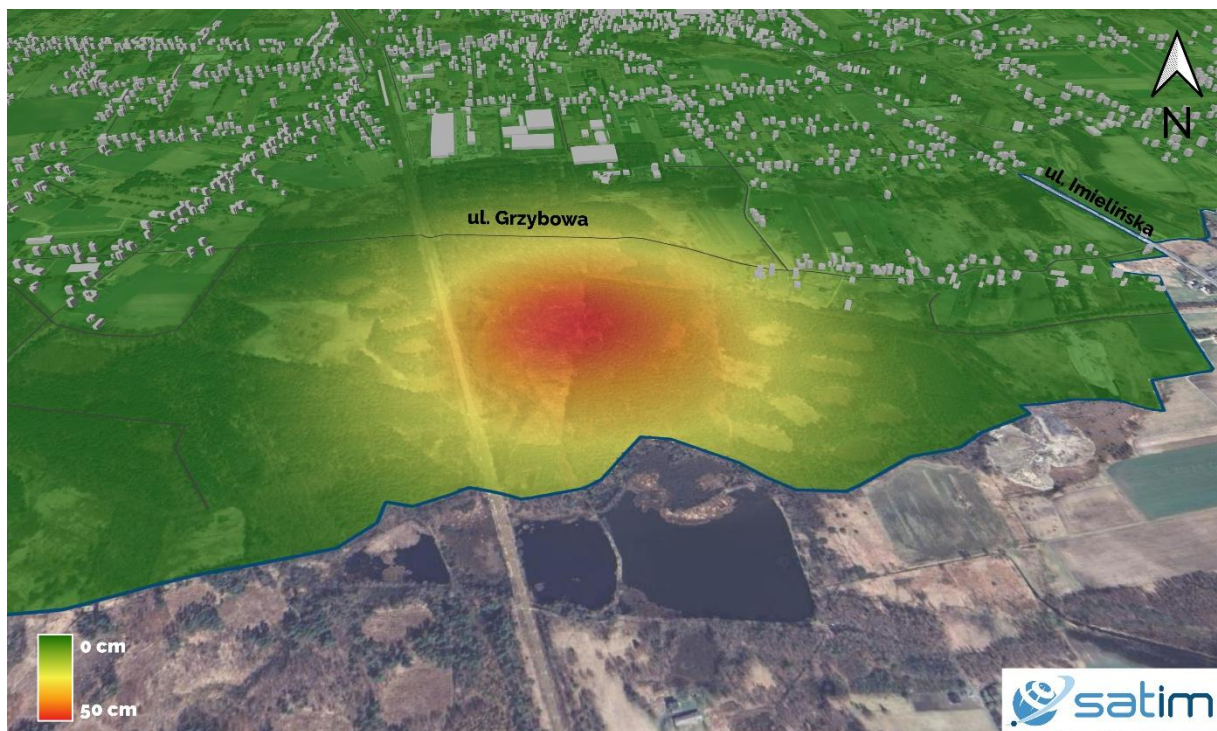
**Ryc. 4** - Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 2 cm cięcia poziomowego.



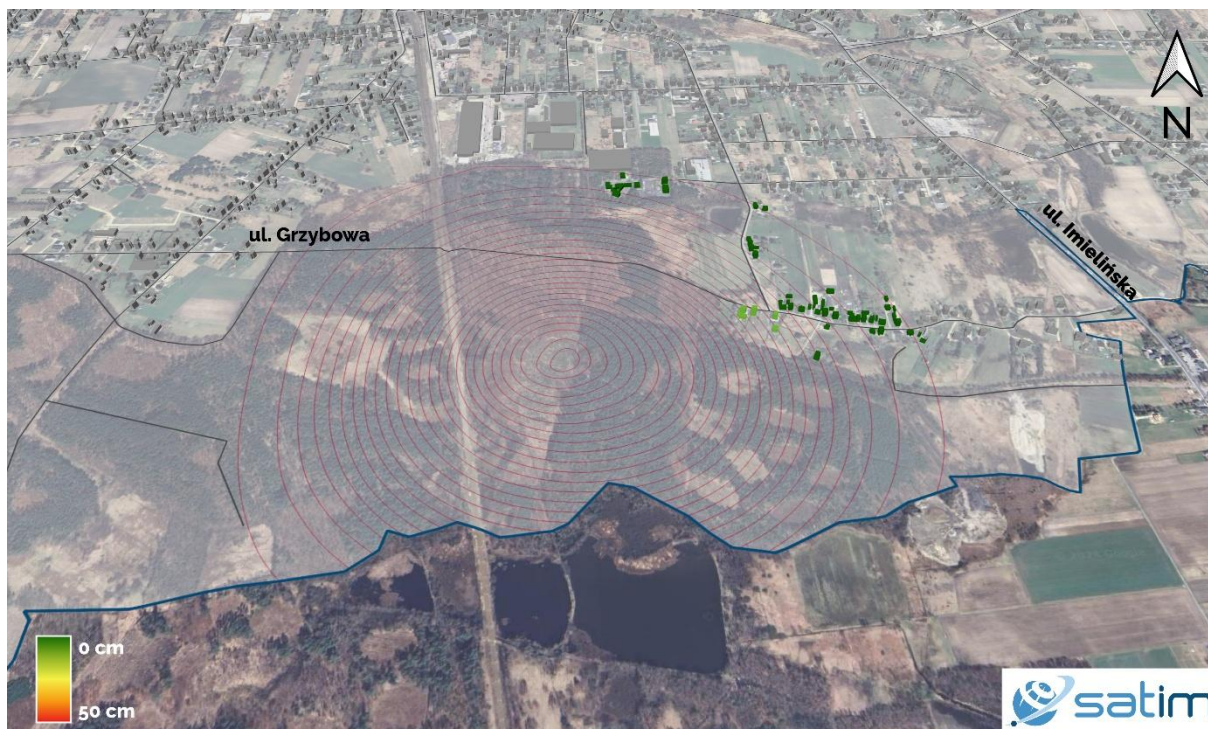
**Ryc. 6** - Mapa działek ewidencyjnych. Kolorami oznaczone zostały działki ze względu na średnią wielkość osiadania terenu w ich obrębie.



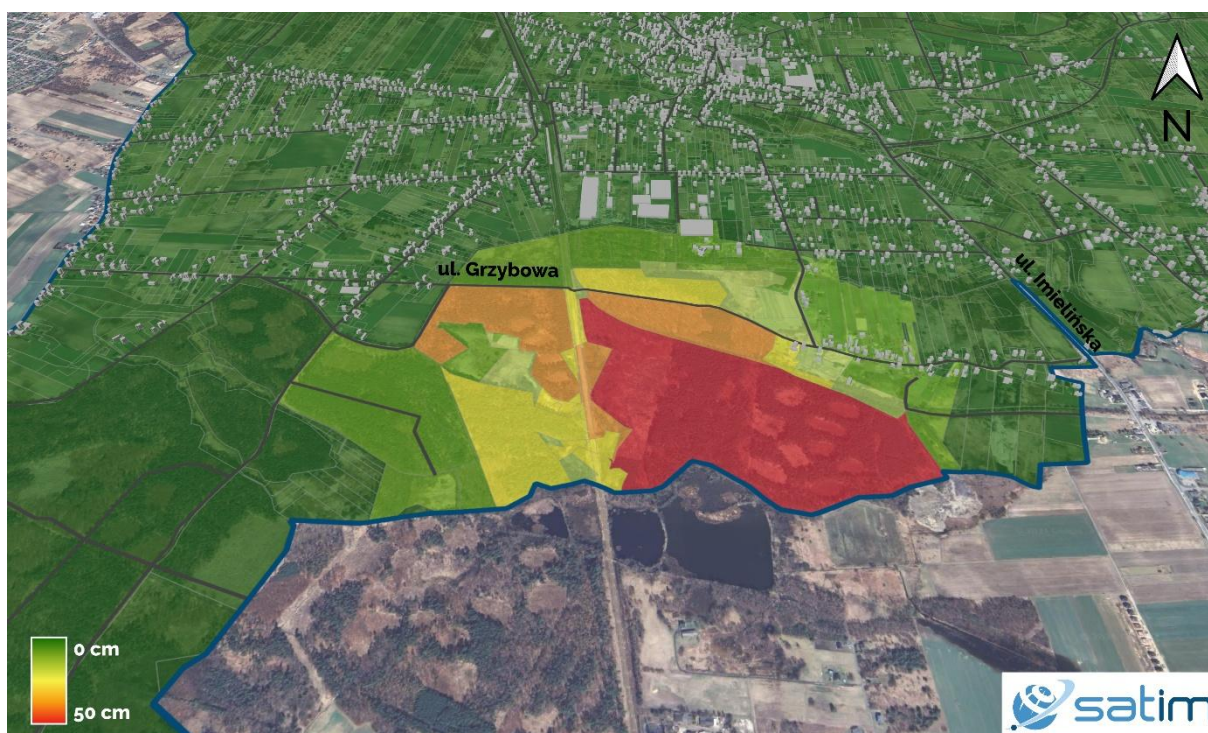
**Ryc. 7** – Numeryczny model terenu po aktualizacji (stan na 23.12.2024); od NMT z 2024 roku odjęte zostały wartości osiadań jakie wystąpiły w okresie od stycznia 2024 do grudnia 2024 r.



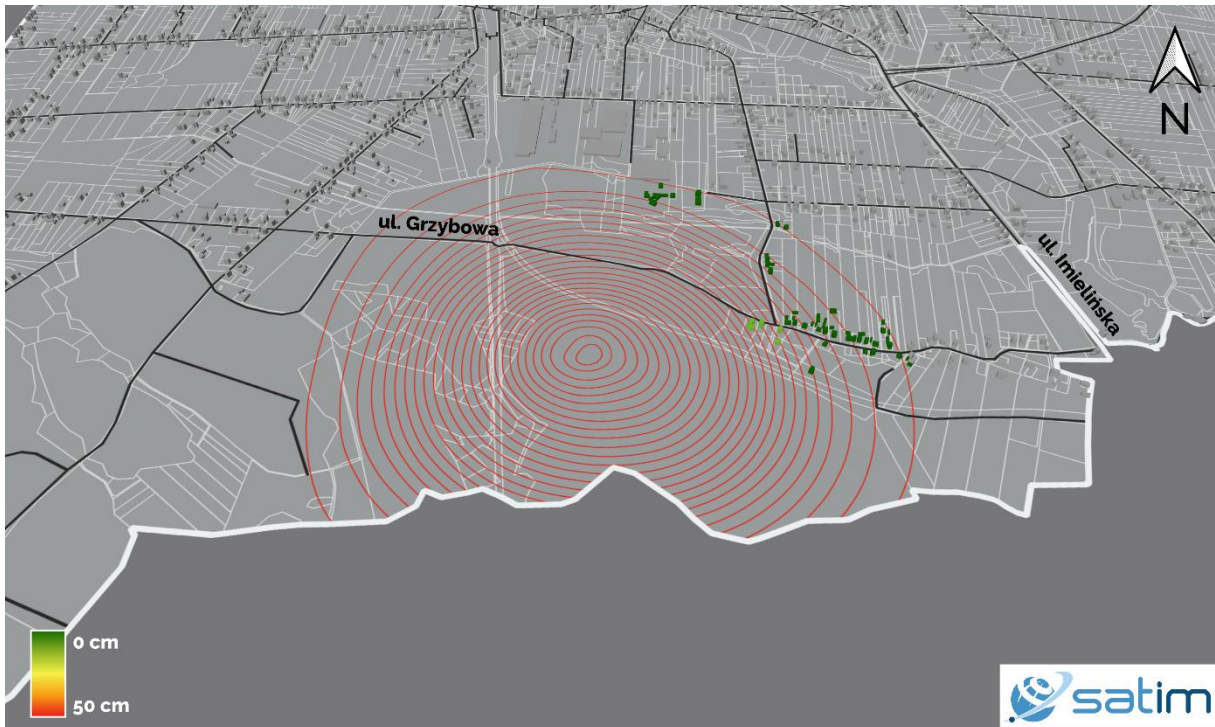
**Ryc. 8** – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w II półroczu 2024 r.



**Ryc. 9** – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w II półroczu 2024 r. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 2 cm cięcia poziomicowego.



**Ryc. 10** – Wizualizacja działek ewidencyjnych objętych osiadaniem terenu. Kolorami oznaczone zostały działki ze względu na średnią wielkość osiadania terenu w ich obrębie.



**Ryc. 11** – Wizualizacja budynków i ulic. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w II półroczu 2024 r. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 2 cm cięcia poziomowego.



**Ryc. 12** – Wizualizacja osiadań terenu gminy Imielin z ortofotomapą w podkładzie.