

MONITORING OSIADANIA  
TERENU NA OBSZARZE  
GMINY IMIELIN



**RAPORT**  
Kraków, 13.08.2019

**Zleceniodawca:**  
Gmina Imielin

# 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 – I kwartał 2019 r.

**1.4. Data rozpoczęcia etapu:** 31.12.2018 r.

**1.5. Data zakończenia etapu:** 31.03.2019 r.

**1.6. Data wykonania:** 13.08.2019 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 31.12.2018, 06.01.2019, 12.01.2019, 18.01.2019, 24.01.2019, 30.01.2019, 05.02.2019, 11.02.2019, 17.02.2019, 23.02.2019, 01.03.2019, 07.03.2019, 13.03.2019, 19.03.2019, 25.03.2019, 31.03.2019. 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:

- 31.12.2018 - 06.01.2019,
- 06.01.2019 - 12.01.2019,
- 12.01.2019 - 18.01.2019,
- 18.01.2019 - 24.01.2019,
- 24.01.2019 - 30.01.2019,
- 30.01.2019 - 05.02.2019,
- 05.02.2019 - 11.02.2019,
- 11.02.2019 - 17.02.2019,
- 17.02.2019 - 23.02.2019,
- 23.02.2019 - 01.03.2019,
- 01.03.2019 - 07.03.2019,
- 07.03.2019 - 13.03.2019,
- 13.03.2019 - 19.03.2019,
- 19.03.2019 - 25.03.2019,
- 25.03.2019 - 31.03.2019.

Mapy osiadań z tych okresów zsumowano i stworzono mapę osiadań terenu w okresie **31.12.2018 – 31.03.2019** (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           | Ilość pikseli o wartości koherencji < 0,3 | Ilość pikseli o wartości koherencji > 0,3 | Średnia wartość koherencji |
|-------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|
| 31.12.2018 – 31.03.2019 | 76411                                     | 141635                                    | 0,39                       |

Powierzchnia obszaru koherentnego (gdzie wartość koherencji > 0,3) wynosi **17,9 km<sup>2</sup>**,

## 3 WYNIKI ANALIZY

Zidentyfikowany został obszar, na którym powstała niecka osiadań w pierwszym kwartale 2019 roku. Obszar ten znajduje się w południowej części gminy Imielin wzdłuż **ulicy Grzybowej**. Osiadania terenu w analizowanym okresie przekroczyły **140 cm**.

Obszar objęty pionowymi przemieszczeniami terenu zajmował łączną powierzchnię ok. 12,9 ha.

## 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 pierwszym kwartale 2019 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 „Osiad” w jednostkach centymetry [cm]. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 10 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 1.01.2019) w obrębie budynku **w m n. p. m.**,
  - Osiad\_Sred – średnia wartości osiadania terenu pod obszarem danego budynku w I kwartale 2019 r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
  - Osiad\_Min – minimalna wartość osiadania terenu pod obszarem danego budynku w I kwartale 2019 r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
  - Osiad\_Max – maksymalna wartość osiadania terenu pod obszarem danego budynku w I kwartale 2019 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 1.01.2019) w punkcie adresowym **w m n. p. m.**,
  - Osiad – wartości osiadania terenu w danym punkcie adresowym w I kwartale 2019 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 (stan na 1.01.2019) na obszarze działki **w m n. p. m.**,
  - Osiad\_Sred – średnia wartości osiadania terenu pod obszarem danej działki w I kwartale 2019r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
  - Osiad\_Min – minimalna wartość osiadania terenu pod obszarem danej działki w I kwartale 2019r. **w jednostkach centymetry [cm]**,
  - Osiad\_Max – maksymalna wartość osiadania terenu pod obszarem danej działki w I kwartale 2019r. **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 1.01.2019) w m n. p. m.,
- Osiad – średnia wartości osiadania terenu w I kwartale 2019 r. w jednostkach centymetry [cm],

- **wizualizacje 2D oraz 3D budynków znajdujących się na niecce obniżeniowej z zaznaczoną kolorystyką związaną z osiadaniami terenu w formacie .png.**

**Tab.3.** Zestawienie produktów

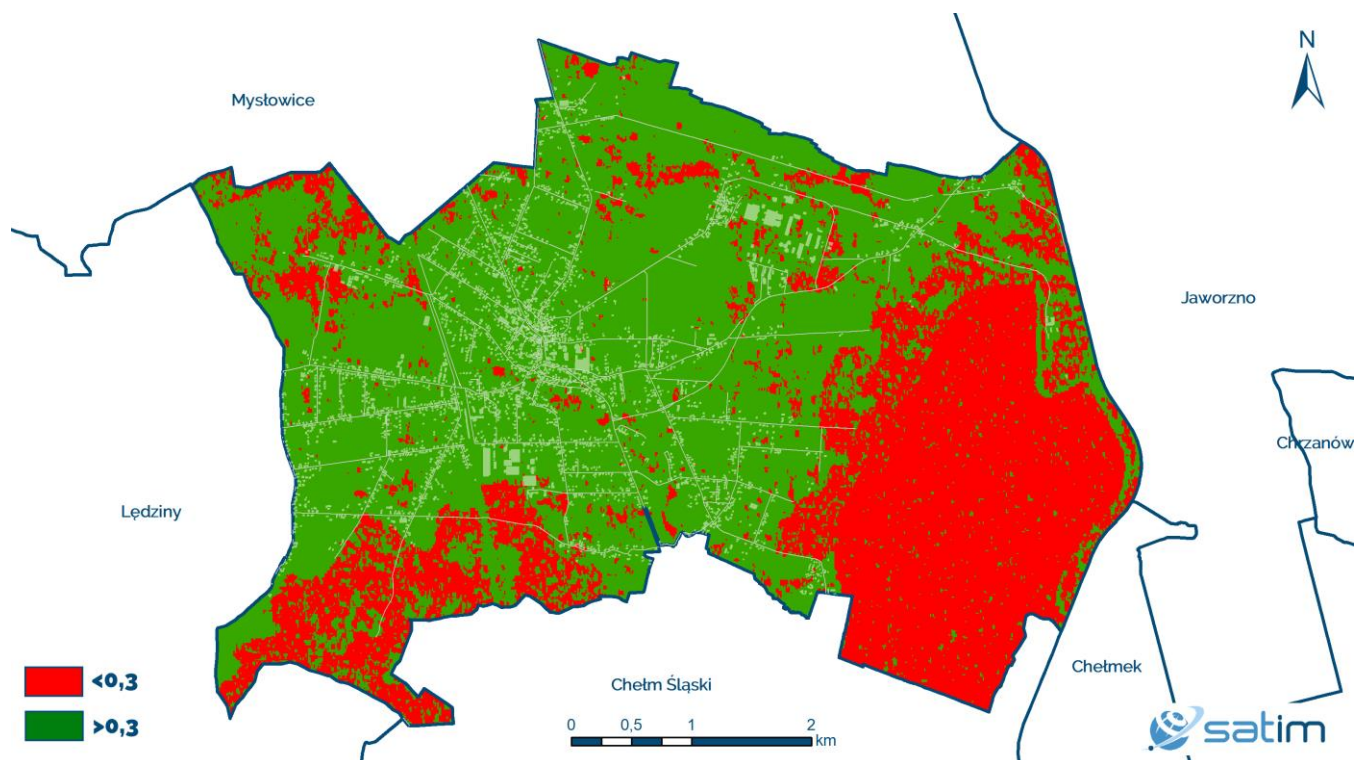
| PRODUKTY                                                                             |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Nazwa                                                                                | Format |
| 1. Rastrowa 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. Wizualizacje 2D oraz 3D budynków                                                  | .png   |

#### Spis Rycin:

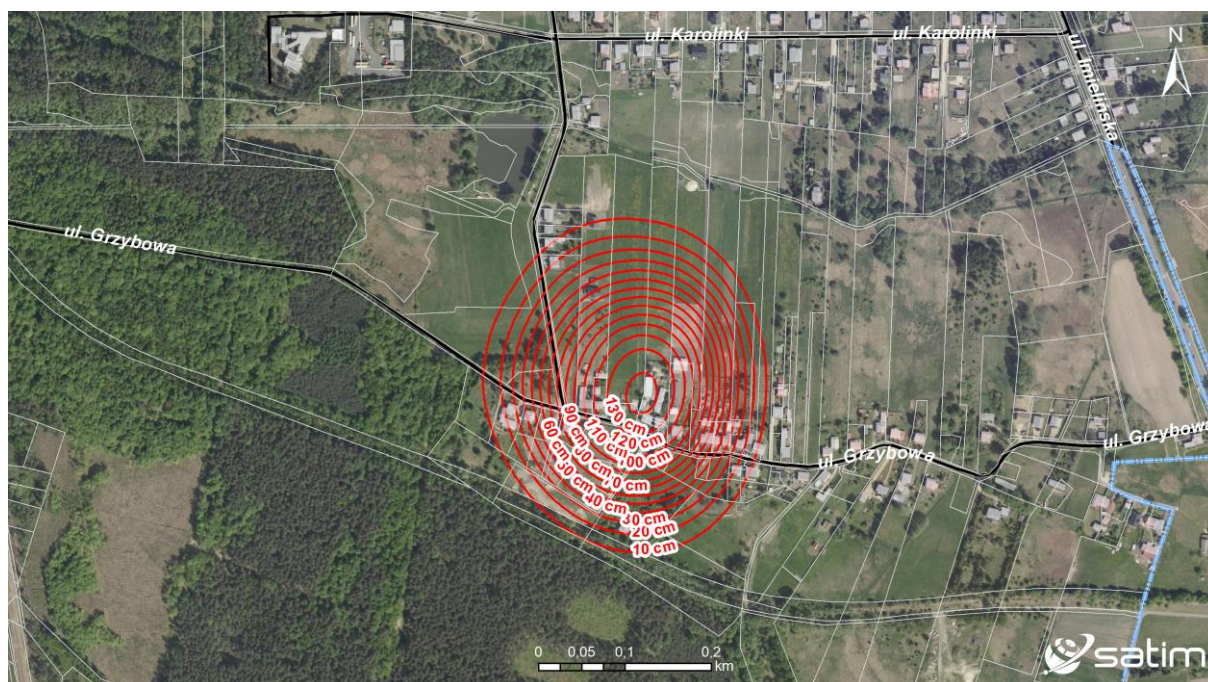
- **Ryc. 1** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie rastrowej
- **Ryc. 2** – Mapa rozkładu koherencji
- **Ryc. 3** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii
- **Ryc. 4** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu z naniesionymi budynkami
- **Ryc. 5** – Mapa zagrożonych budynków
- **Ryc. 6** – Mapa działek ewidencyjnych
- **Ryc. 7** – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej – osiadania w formie rastrowej
- **Ryc. 8** – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej – osiadania w formie izolinii
- **Ryc. 9** – Wizualizacja działek ewidencyjnych objętych osiadaniami terenu
- **Ryc. 10** – Wizualizacja budynków i ulic
- **Ryc. 11** – Wizualizacja osiadań terenu gminy Imielin z ortofotomapą w podkładzie



**Ryc. 1** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu. Maksymalne osiadania terenu jakie wystąpiły w I kwartale 2019 roku to ok. 140 cm.



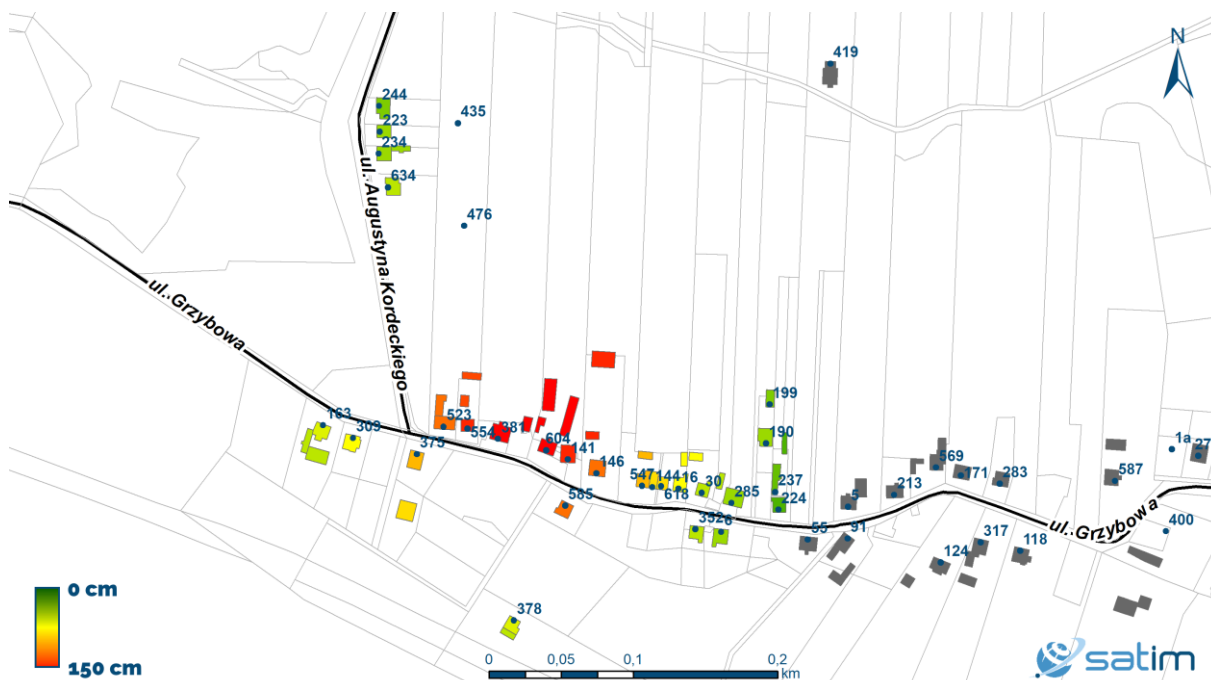
**Ryc. 2** – Mapa rozkładu koherencji. Koherencja jest miarą jakości wykonanych obliczeń – im wyższa jej wartość (maksymalnie 1), tym wyższa dokładność wyznaczenia przemieszczeń terenu.



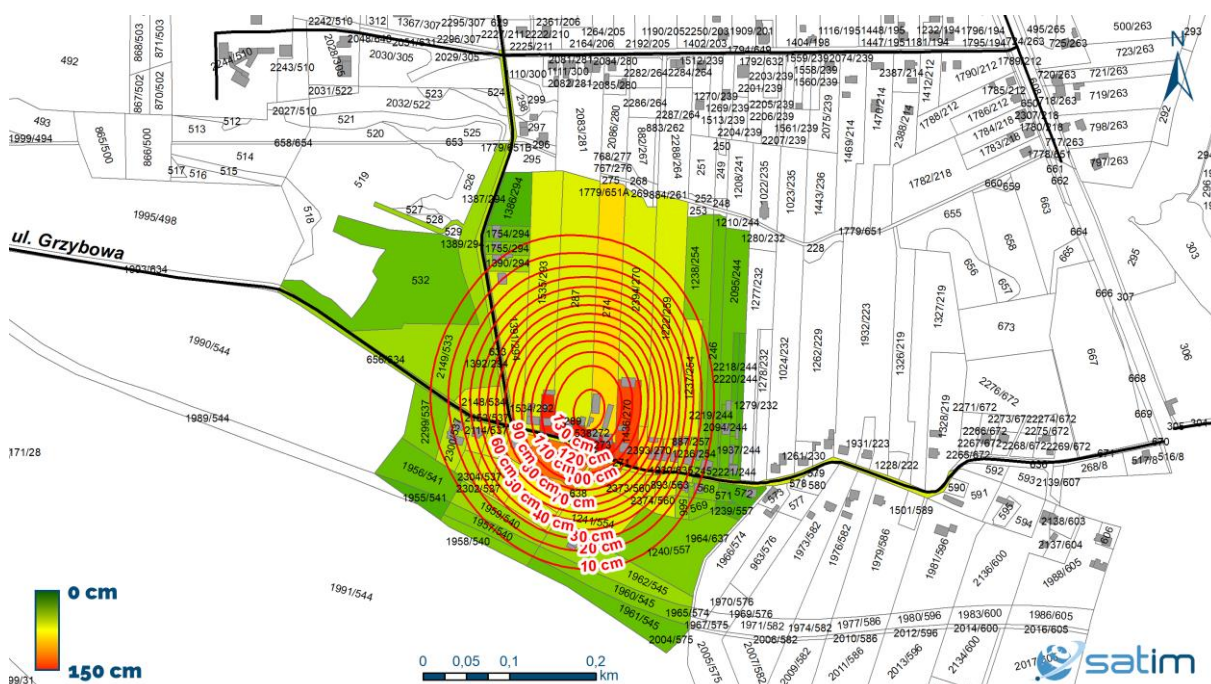
**Ryc. 3** - Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomowego.



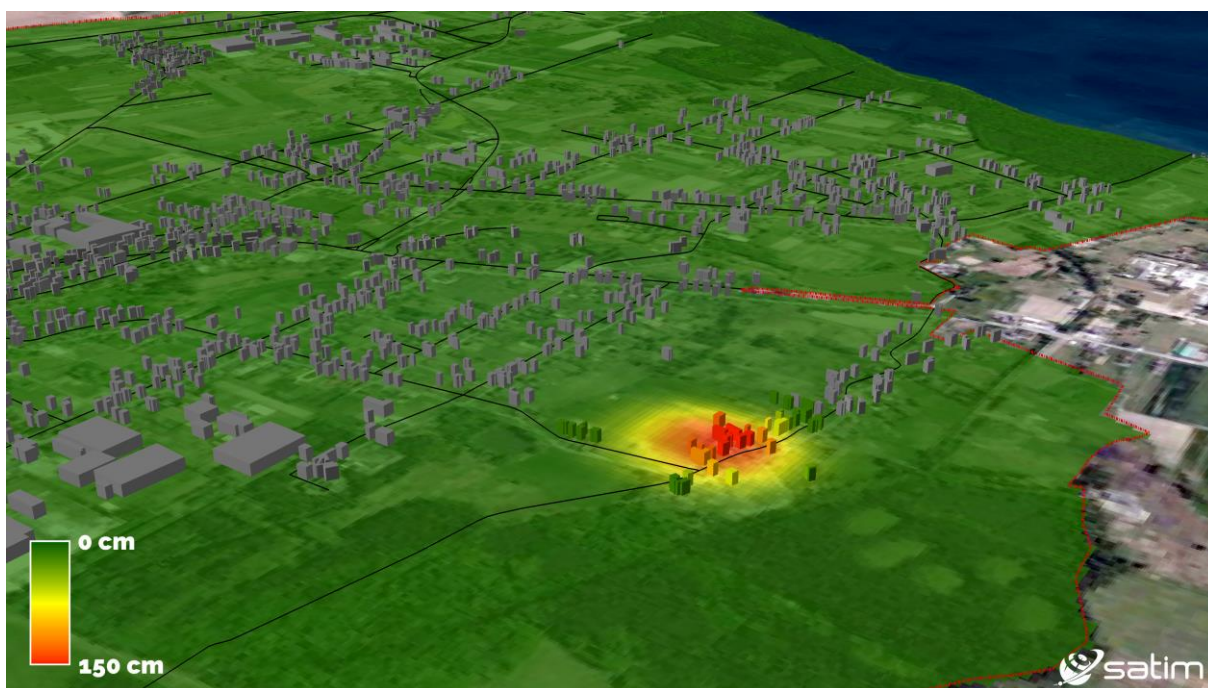
**Ryc. 4** - Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii. Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomowego. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi.



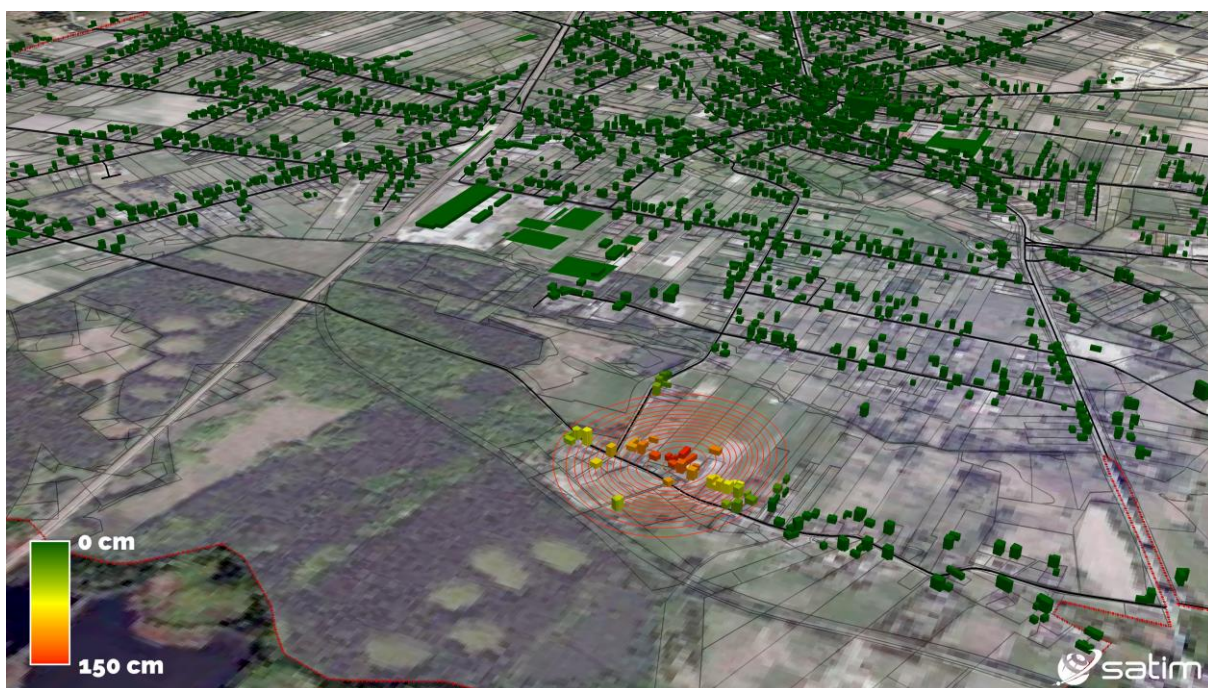
**Ryc. 5** - Mapa zagrożonych budynków. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w I kwartale 2019 r. Liczby przy budynkach oznaczają numery adresowe.



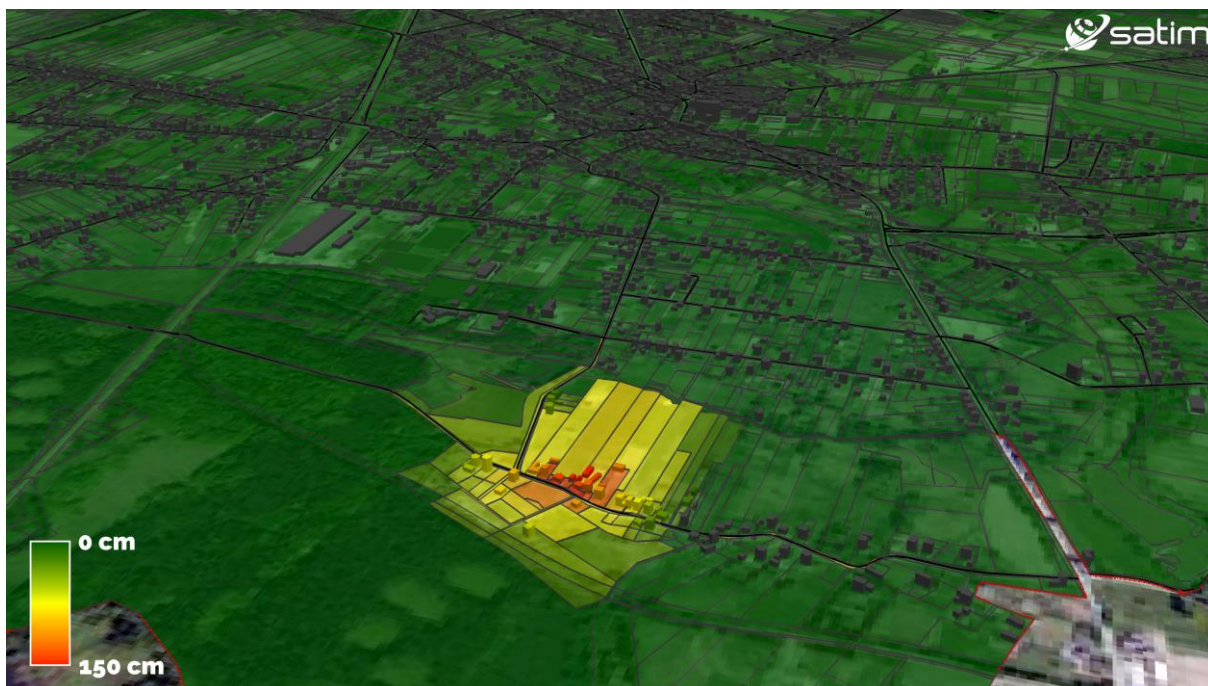
**Ryc. 6** - Mapa działek ewidencyjnych. Kolorami oznaczone zostały działki ze względu na średnią wielkość osiadania terenu w ich obrębie. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomowego



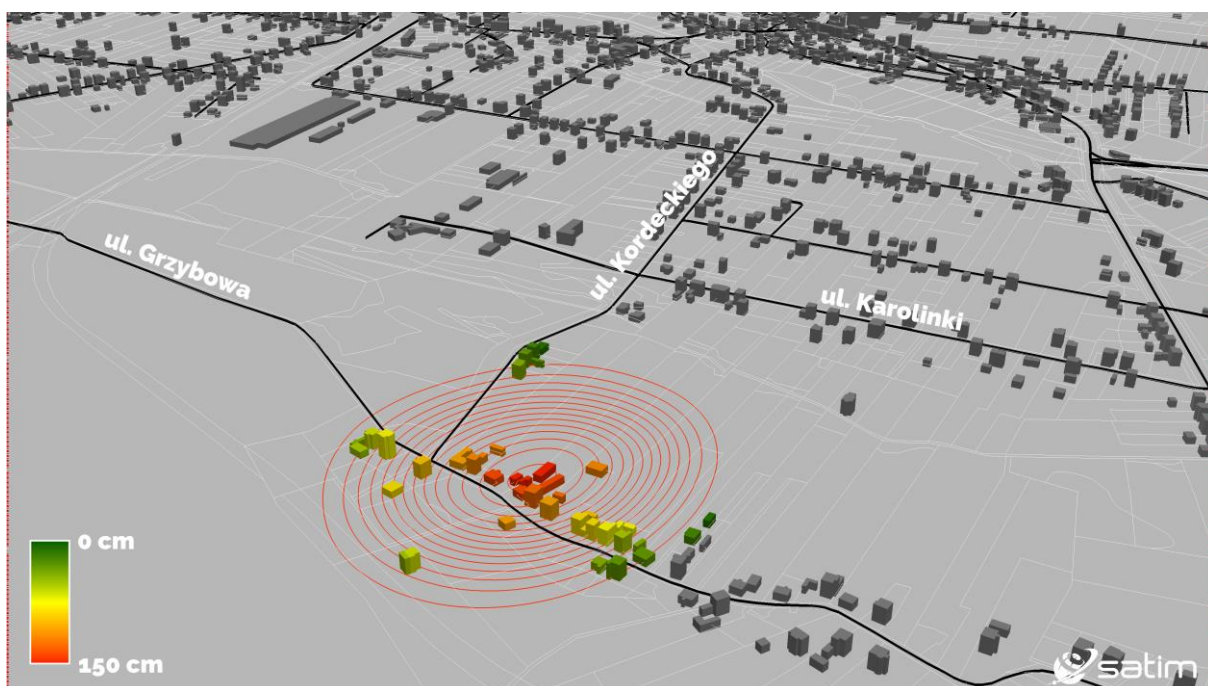
**Ryc. 7** – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w I kwartale 2019r.



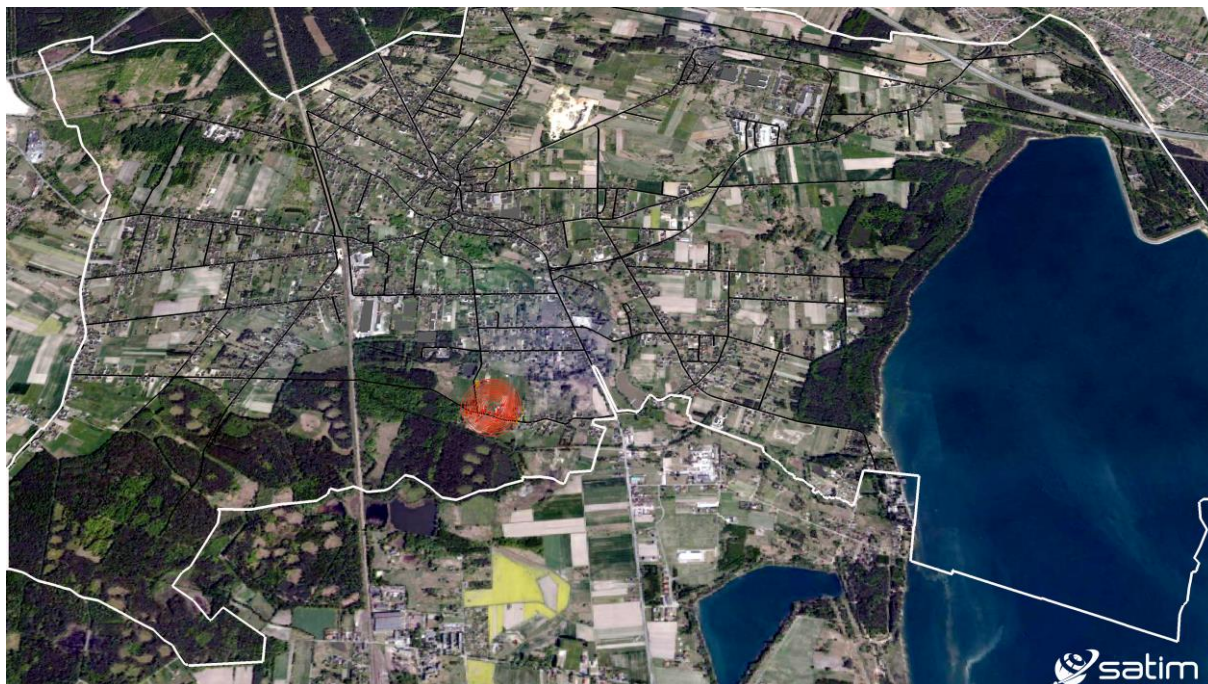
**Ryc. 8** – Wizualizacja budynków na niecce obniżeniowej. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w I kwartale 2019r. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomicowego



**Ryc. 9** – Wizualizacja działek ewidencyjnych objętych osiadaniem terenu. Kolorami oznaczone zostały działki ze względu na średnią wielkość osiadania terenu w ich obrębie.



**Ryc. 10** – Wizualizacja budynków i ulic. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w I kwartale 2019r. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomowego



**Ryc. 11** – Wizualizacja osiadań terenu gminy Imielin z ortofotomapą w podkładzie