

MONITORING OSIADANIA TERENU NA OBSZARZE GMINY GIERAŁTOWICE



RAPORT

Kraków, 29.08.2018

Zleceniodawca:
Gmina Gieraltowice

Autor:
mgr inż. Radosław Murdzek

1

DANE FORMALNE

1.1. Zamawiający: gmina Gieraltowice

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

1.3. Tytuł zadania: Historyczny raport dotyczący pionowych przemieszczeń terenu dla gminy Gieraltowice – za okres: maj 2015 – maj 2019

1.4. Data rozpoczęcia etapu: 21.05.2015 r.

1.5. Data zakończenia etapu: 18.05.2019 r.

1.6. Data wykonania: 29.08.2019 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 okresie 21.05.2015 – 18.05.2019. 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:

- 21.05.2015 - 02.06.2015,
- 02.06.2015 - 26.06.2015,
- 26.06.2015 - 20.07.2015,
- 20.07.2015 - 13.08.2015,
- 13.08.2015 - 25.08.2015,
- 25.08.2015 - 06.09.2015,
- 06.09.2015 - 18.09.2015,
- 18.09.2015 - 30.09.2015,
- 30.09.2015 - 12.10.2015,
- 12.10.2015 - 24.10.2015,
- 24.10.2015 - 05.11.2015,
- 05.11.2015 - 17.11.2015,
- 17.11.2015 - 29.11.2015,
- 29.11.2015 - 11.12.2015,
- 11.12.2015 - 23.12.2015,
- 23.12.2015 - 04.01.2016,
- 04.01.2016 - 28.01.2016,
- 28.01.2016 - 09.02.2016,
- 09.02.2016 - 21.02.2016,
- 21.02.2016 - 04.03.2016,
- 04.03.2016 - 16.03.2016,
- 16.03.2016 - 28.03.2016,
- 28.03.2016 - 09.04.2016,
- 09.04.2016 - 21.04.2016,
- 21.04.2016 - 03.05.2016,
- 03.05.2016 - 15.05.2016,
- 15.05.2016 - 27.05.2016,
- 27.05.2016 - 08.06.2016,
- 08.06.2016 - 02.07.2016,
- 02.07.2016 - 14.07.2016,
- 14.07.2016 - 26.07.2016,
- 26.07.2016 - 07.08.2016,
- 07.08.2016 - 19.08.2016,
- 19.08.2016 - 31.08.2016,
- 31.08.2016 - 12.09.2016,
- 12.09.2016 - 30.09.2016,
- 30.09.2016 - 06.10.2016,
- 06.10.2016 - 18.10.2016,
- 18.10.2016 - 24.10.2016,
- 24.10.2016 - 30.10.2016,
- 30.10.2016 - 05.11.2016,
- 05.11.2016 - 11.11.2016,
- 11.11.2016 - 17.11.2016,
- 17.11.2016 - 23.11.2016,
- 23.11.2016 - 29.11.2016,
- 29.11.2016 - 05.12.2016,
- 05.12.2016 - 11.12.2016,
- 11.12.2016 - 17.12.2016,

- 17.12.2016 - 23.12.2016,
- 23.12.2016 - 29.12.2016,
- 29.12.2016 - 04.01.2017,
- 04.01.2017 - 10.01.2017,
- 10.01.2017 - 16.01.2017,
- 16.01.2017 - 22.01.2017,
- 22.01.2017 - 28.01.2017,
- 28.01.2017 - 03.02.2017,
- 03.02.2017 - 09.02.2017,
- 09.02.2017 - 15.02.2017,
- 15.02.2017 - 21.02.2017,
- 21.02.2017 - 27.02.2017,
- 27.02.2017 - 05.03.2017,
- 05.03.2017 - 11.03.2017,
- 11.03.2017 - 17.03.2017,
- 17.03.2017 - 23.03.2017,
- 23.03.2017 - 29.03.2017,
- 29.03.2017 - 04.04.2017,
- 04.04.2017 - 10.04.2017,
- 10.04.2017 - 16.04.2017,
- 16.04.2017 - 22.04.2017,
- 22.04.2017 - 28.04.2017,
- 28.04.2017 - 04.05.2017,
- 04.05.2017 - 10.05.2017,
- 10.05.2017 - 16.05.2017,
- 16.05.2017 - 22.05.2017,
- 22.05.2017 - 28.05.2017,
- 28.05.2017 - 03.06.2017,
- 03.06.2017 - 09.06.2017,
- 09.06.2017 - 15.06.2017,
- 15.06.2017 - 21.06.2017,
- 21.06.2017 - 27.06.2017,
- 27.06.2017 - 03.07.2017,
- 03.07.2017 - 09.07.2017,
- 09.07.2017 - 15.07.2017,
- 15.07.2017 - 21.07.2017,
- 21.07.2017 - 27.07.2017,
- 27.07.2017 - 02.08.2017,
- 02.08.2017 - 08.08.2017,
- 08.08.2017 - 14.08.2017,
- 14.08.2017 - 20.08.2017,
- 20.08.2017 - 26.08.2017,
- 26.08.2017 - 01.09.2017,
- 01.09.2017 - 07.09.2017,
- 07.09.2017 - 13.09.2017,
- 13.09.2017 - 19.09.2017,
- 19.09.2017 - 25.09.2017,
- 25.09.2017 - 01.10.2017,
- 01.10.2017 - 07.10.2017,
- 07.10.2017 - 13.10.2017,
- 13.10.2017 - 19.10.2017,
- 19.10.2017 - 25.10.2017,
- 25.10.2017 - 31.10.2017,
- 31.10.2017 - 06.11.2017,
- 06.11.2017 - 12.11.2017,
- 12.11.2017 - 18.11.2017,
- 18.11.2017 - 24.11.2017,
- 24.11.2017 - 30.11.2017,
- 30.11.2017 - 06.12.2017,
- 06.12.2017 - 12.12.2017,
- 12.12.2017 - 18.12.2017,
- 18.12.2017 - 24.12.2017,
- 24.12.2017 - 30.12.2017,
- 30.12.2017 - 05.01.2018,
- 05.01.2018 - 11.01.2018,
- 11.01.2018 - 17.01.2018,
- 17.01.2018 - 23.01.2018,
- 23.01.2018 - 29.01.2018,
- 29.01.2018 - 04.02.2018,
- 04.02.2018 - 10.02.2018,
- 10.02.2018 - 16.02.2018,
- 16.02.2018 - 22.02.2018,
- 22.02.2018 - 28.02.2018,
- 28.02.2018 - 06.03.2018,
- 06.03.2018 - 12.03.2018,
- 12.03.2018 - 18.03.2018,
- 18.03.2018 - 24.03.2018,
- 24.03.2018 - 30.03.2018,
- 30.03.2018 - 05.04.2018,
- 05.04.2018 - 11.04.2018,
- 11.04.2018 - 17.04.2018,
- 17.04.2018 - 23.04.2018,
- 23.04.2018 - 29.04.2018,
- 29.04.2018 - 05.05.2018,
- 05.05.2018 - 11.05.2018,
- 11.05.2018 - 17.05.2018,
- 17.05.2018 - 23.05.2018,
- 23.05.2018 - 29.05.2018,
- 29.05.2018 - 04.06.2018,
- 04.06.2018 - 10.06.2018,
- 10.06.2018 - 16.06.2018,
- 16.06.2018 - 22.06.2018,
- 22.06.2018 - 28.06.2018,
- 28.06.2018 - 04.07.2018,
- 04.07.2018 - 10.07.2018,
- 10.07.2018 - 16.07.2018,
- 16.07.2018 - 22.07.2018,
- 22.07.2018 - 28.07.2018,
- 28.07.2018 - 03.08.2018,
- 03.08.2018 - 09.08.2018,

- 09.08.2018 - 15.08.2018,
 - 15.08.2018 - 21.08.2018,
 - 21.08.2018 - 27.08.2018,
 - 27.08.2018 - 02.09.2018,
 - 02.09.2018 - 08.09.2018,
 - 08.09.2018 - 14.09.2018,
 - 14.09.2018 - 20.09.2018,
 - 20.09.2018 - 26.09.2018,
 - 26.09.2018 - 02.10.2018,
 - 02.10.2018 - 08.10.2018,
 - 08.10.2018 - 14.10.2018,
 - 14.10.2018 - 20.10.2018,
 - 20.10.2018 - 26.10.2018,
 - 26.10.2018 - 01.11.2018,
 - 01.11.2018 - 07.11.2018,
 - 07.11.2018 - 13.11.2018,
 - 13.11.2018 - 19.11.2018,
 - 19.11.2018 - 25.11.2018,
 - 25.11.2018 - 01.12.2018,
 - 01.12.2018 - 07.12.2018,
 - 07.12.2018 - 13.12.2018,
 - 13.12.2018 - 19.12.2018,
 - 19.12.2018 - 25.12.2018,
 - 25.12.2018 - 31.12.2018.
- 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,
 - 31.03.2019 - 06.04.2019,
 - 06.04.2019 - 12.04.2019,
 - 12.04.2019 - 18.04.2019,
 - 18.04.2019 - 24.04.2019,
 - 24.04.2019 - 30.04.2019,
 - 30.04.2019 - 06.05.2019,
 - 06.05.2019 - 12.05.2019,
 - 12.05.2019 - 18.05.2019,

Mapy osiadań z tych okresów zsumowano i stworzono mapę osiadań terenu w okresie **21.05.2015 – 18.05.2019** (Ryc. 1).

Dokładność pomiarów zależna jest 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 Gierattowice. 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
21.05.2015 – 18.05.2019	36129	266113	0,45

Powierzchnia obszaru koherentnego (gdzie wartość koherencji > 0,3) wynosi **33,7 km²**,

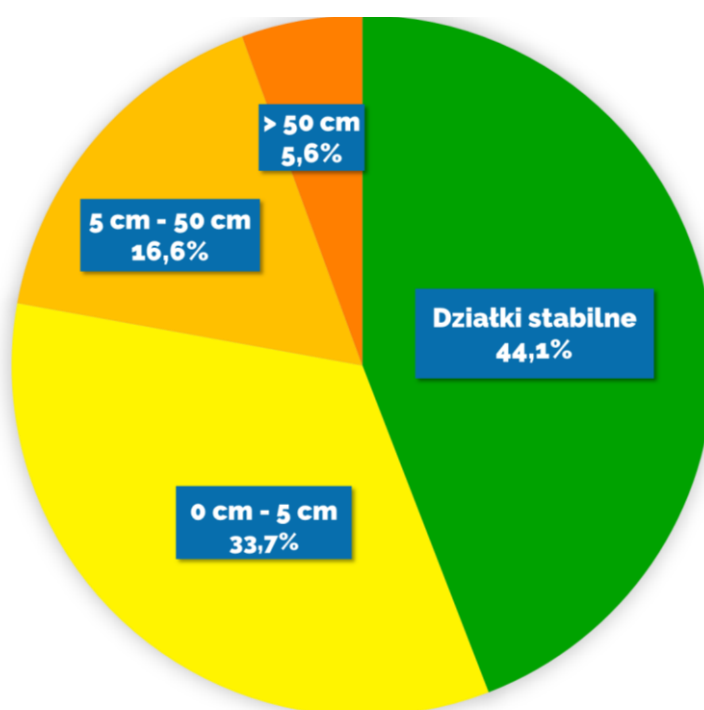
Poza obliczeniem mapy osiadań dla analizowanego okresu, pracami objęta była również **aktualizacja Numerycznego Modelu Terenu**. Model ów, zawierający wysokości punktów terenu, został dostarczony przez Zamawiającego. Dane zostały przekazane Wykonawcy

w postaci pliku tekstowego ASCII, zawierającego współrzędne XYZ punktów w siatce o oczku 20 metrów. Punkty zostały wyinterpolowane na podstawie pomiarów na zdjęciach lotniczych z **16 maja 2015 roku**,

Otrzymany plik tekstowy został połączony oraz przekonwertowany do rastra o rozmiarze piksela 20 m, który to raster przycięto do granic administracyjnych gminy Gieraltowice. Tak przygotowany produkt poddano aktualizacji wysokości poprzez odjęcie od niego mapy osiadań terenu opisanej powyżej. W ten sposób powstał zaktualizowany model terenu na **18 maja 2019 roku**.

3 WYNIKI ANALIZY

Zidentyfikowane zostały obszary, na których między 21.05.2015, a 18.05.2019 powstały niecki obniżeniowe. Ok. **18,2 km²** obszaru gminy Gieraltowice (46,5%) uległo obniżeniu, natomiast **7651 z 13697** (56%) działek ewidencyjnych gminy znalazło się na terenie deformacji (Wykres 1).



Wykres 1 Procentowy udział działek ewidencyjnych objętych obniżeniami terenu.

Najgłębsze niecki obniżeniowe, o głębokości większej niż 100 cm, powstały:

- w miejscowości Przyszowice (centrum niecki w okolicach ul. Gieraltowickiej 16) – niecka o głębokości ok. 150 cm,
- w miejscowości Chudów (centrum niecki ok. 300 m na wschód od ul. Szkolnej 2) – niecka o głębokości ok. 120 cm,

- w miejscowości Chudów (centrum niecki ok. 250 m na północ od ul. Bocznej 9B) – niecka o głębokości ok. 110 cm,

- w miejscowości Gieraltowice (centrum niecki ok. 550 m na południe od ul. Bolesława Prusa 5) – niecka o głębokości ok. 100 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 wartości osiadań terenu odnotowanych w danym punkcie w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019 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 izolinii zapisane są w kolumnie o nazwie „Osład” 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 2015 – wartość numerycznego modelu terenu z maja 2015 roku w obrębie budynku w m n. p. m.,
 - NMT 2019 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 18.05.2019) w obrębie budynku w m n. p. m.,
 - Osład_Sr – średnia wartości osiadania terenu pod obszarem danego budynku w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019 w jednostkach centymetry [cm],
 - Osład_Min – minimalna wartość osiadania terenu pod obszarem danego budynku w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019. w jednostkach centymetry [cm],
 - Osład_Max – maksymalna wartość osiadania terenu pod obszarem danego budynku w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019 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 2015 – wartość numerycznego modelu terenu z maja 2015 roku w punkcie adresowym w m n. p. m.,
 - NMT 2019 - wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 18.05.2019) w punkcie adresowym w m n. p. m.,
 - Osład – wartości osiadania terenu w danym punkcie adresowym w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019 w jednostkach centymetry [cm],

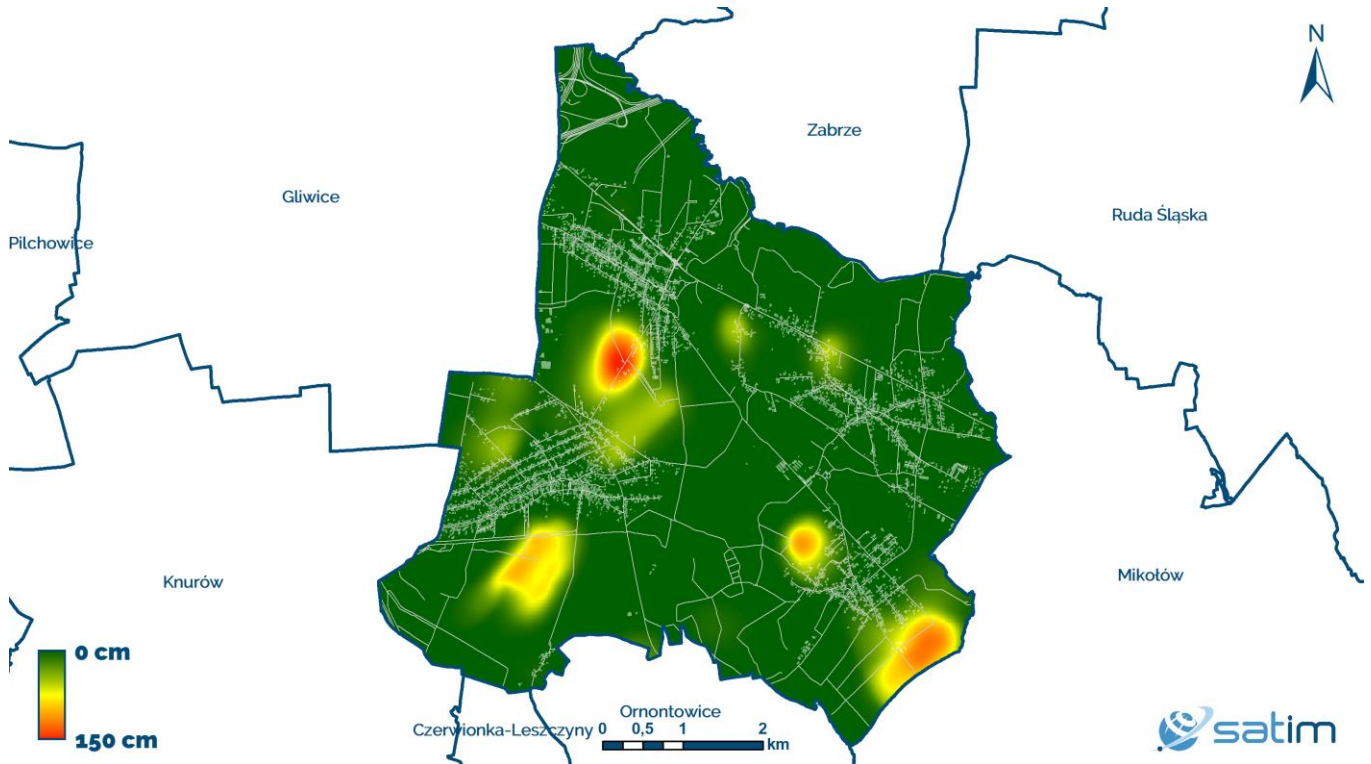
- **wektorowa mapa działek zawierająca przypisane wartości statystyczne osiadania terenu i NMT w formacie .shp.** Do każdej działki dopisane zostały wartości:
 - NMT 2015 – średnia wartość numerycznego modelu terenu z maja 2015 roku na obszarze działki **w m n. p. m.**,
 - NMT 2019 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 18.05.2019) na obszarze działki **w m n. p. m.**,
 - Osiad_Sr – średnia wartości osiadania terenu pod obszarem danej działki w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019 **w jednostkach centymetry [cm]**,
 - Osiad_Min – minimalna wartość osiadania terenu pod obszarem danej działki w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019 **w jednostkach centymetry [cm]**,
 - Osiad_Max – maksymalna wartość osiadania terenu pod obszarem danej działki w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019 **w jednostkach centymetry [cm]**,
- **rastrowy numeryczny model terenu zaktualizowany na 18.05.2019 w formacie .tif.** Wartości każdego piksela oznaczają wysokość terenu **w m n. p. m.**
- **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 2015 – średnia wartość numerycznego modelu terenu z maja 2015 r. **w m n. p. m.**,
 - NMT 2019 – średnia wartość numerycznego modelu terenu po aktualizacji (stan na 18.05.2019) **w m n. p. m.**,
 - Osiad – średnia wartości osiadania terenu w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019 **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

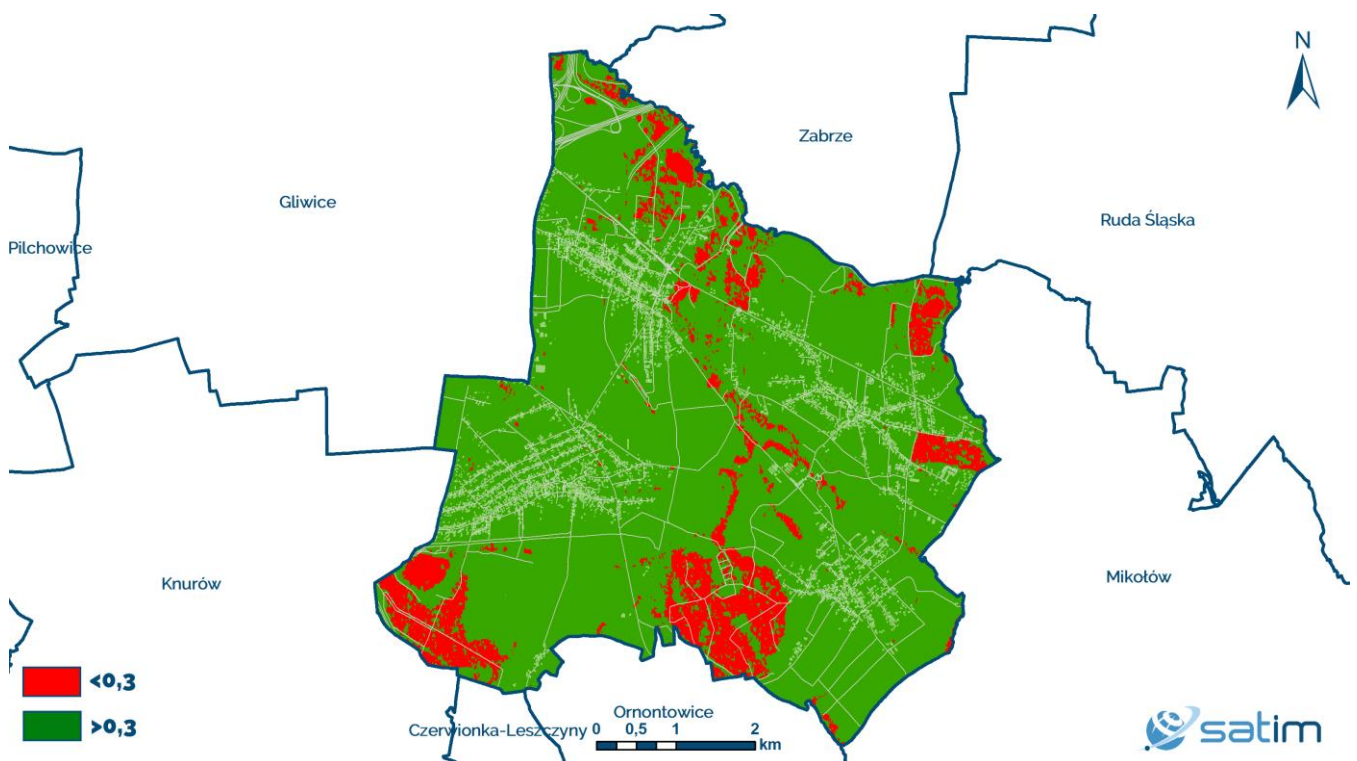
PRODUKTY	
Nazwa	Format
1. Rastrowa mapa osiadania terenu	.tif
2. Mapa koherencji	.tif
3. Izolinie osiadań	.shp
4. Mapa budynków	.shp
5. Mapa punktów adresowych	.shp
6. Mapa działek ewidencyjnych	.shp
7. Mapa NMT po aktualizacji (stan na 18.05.2019)	.tif
8. Wykaz współrzędnych punktów pomiarowych (XYZ)	.csv
9. Wykaz działek i punktów adresowych znajdujących się w obrębie niecki obniżeniowej	.csv
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 (Przyszowice)
- **Ryc. 4** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii (Chudów)
- **Ryc. 5** – Mapa pionowych przemieszczeń terenu z naniesionymi budynkami (Gierattowice)
- **Ryc. 6** – Mapa zagrożonych budynków (Przyszowice)
- **Ryc. 7** – NMT po aktualizacji (stan na 18.05.2019)
- **Ryc. 8** – Wizualizacja budynków na nieckach obniżeniowych – osiadania w formie rastrowej
- **Ryc. 9** – Wizualizacja budynków na nieckach obniżeniowych – osiadania w formie rastrowej (zbliżenie na Przyszowice)
- **Ryc. 10** – Wizualizacja budynków na nieckach obniżeniowych – osiadania w formie izolinii
- **Ryc. 11** – Wizualizacja działek ewidencyjnych objętych osiadaniami terenu
- **Ryc. 12** – Wizualizacja budynków i ulic
- **Ryc. 13** – Wizualizacja osiadań terenu gminy Gierattowice z ortofotomapą w podkładzie



Ryc. 1 – Mapa pionowych przemieszczeń terenu. Maksymalne osiadania terenu jakie wystąpiły w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019 to ok. 150 cm.



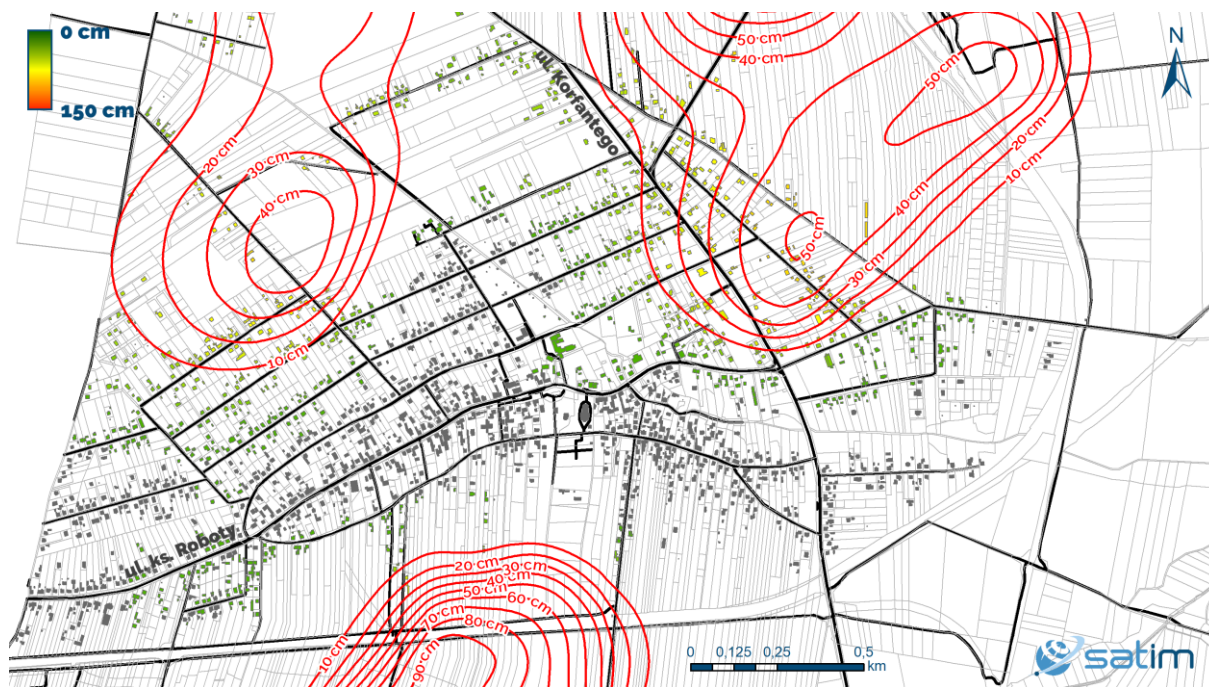
Ryc. 2 – Mapa rozkładu koherencji. Koherencja jest miarą jakości wykonanych obliczeń – im wyższa jej wartość (maksymalnie 1), tym wyższa dokładność wyznaczenia przemieszczeń terenu.



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



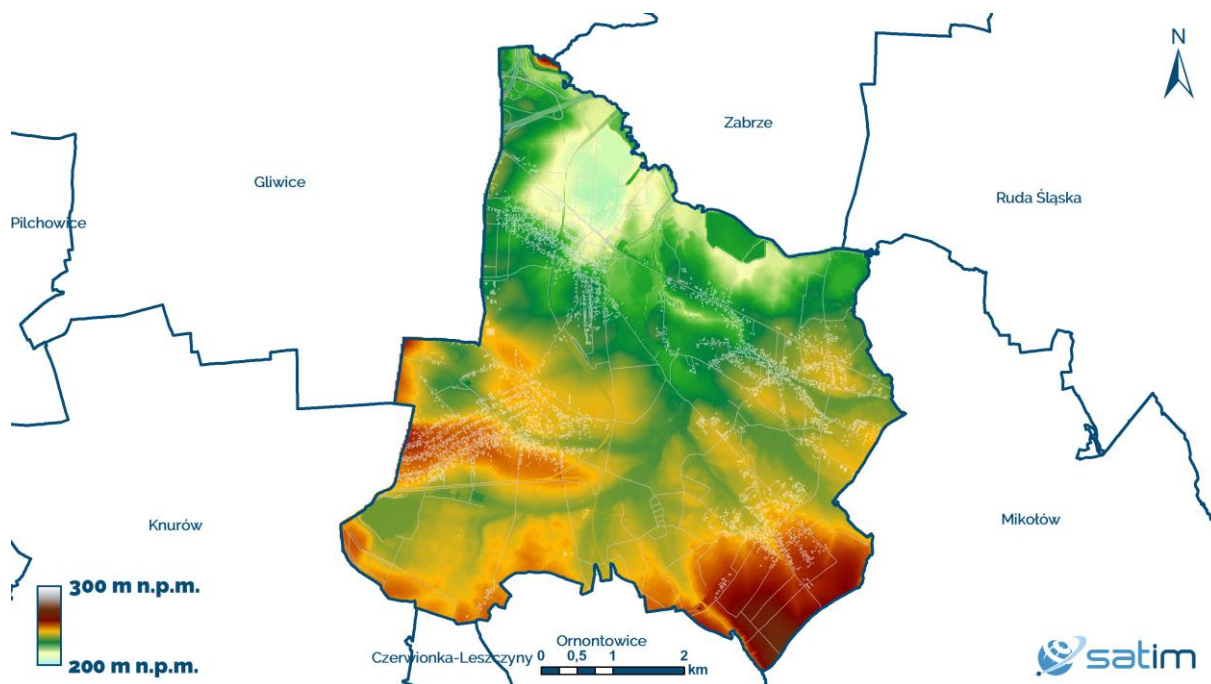
Ryc. 4 - Mapa pionowych przemieszczeń terenu – obniżenia w formie izolinii (Chudów). Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomowego.



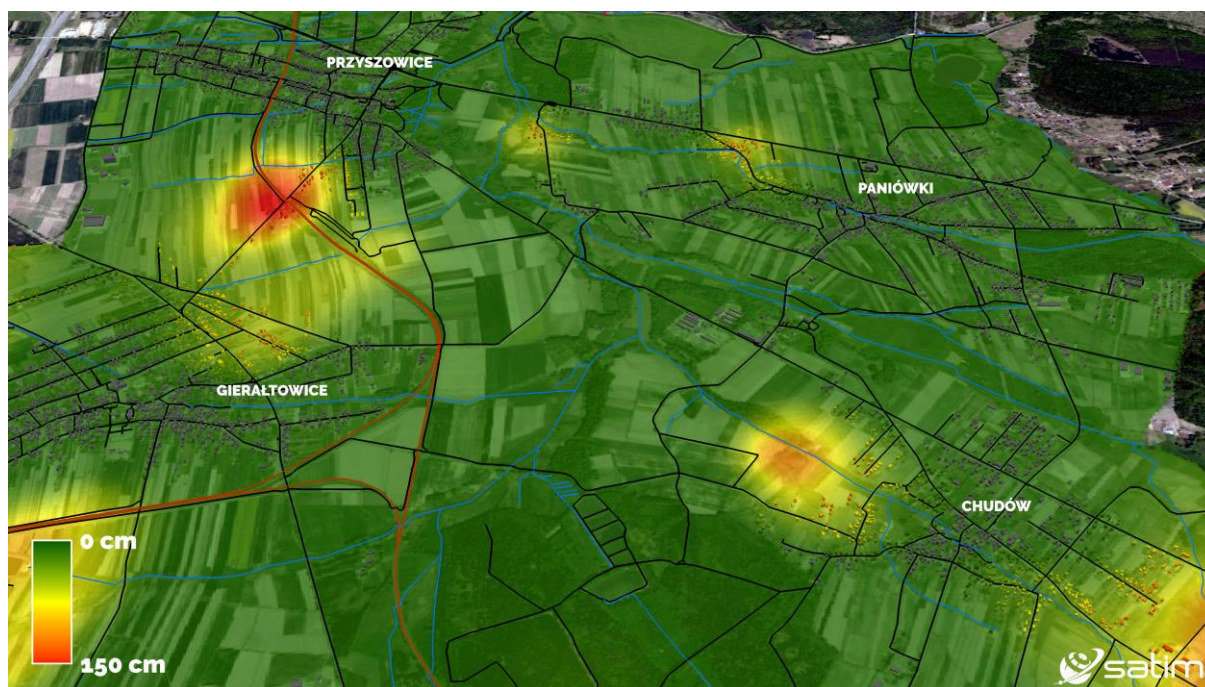
Ryc. 5 - Mapa pionowych przemieszczeń terenu z naniesionymi budynkami (Gierattowice). Izolinie oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomowego. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi.



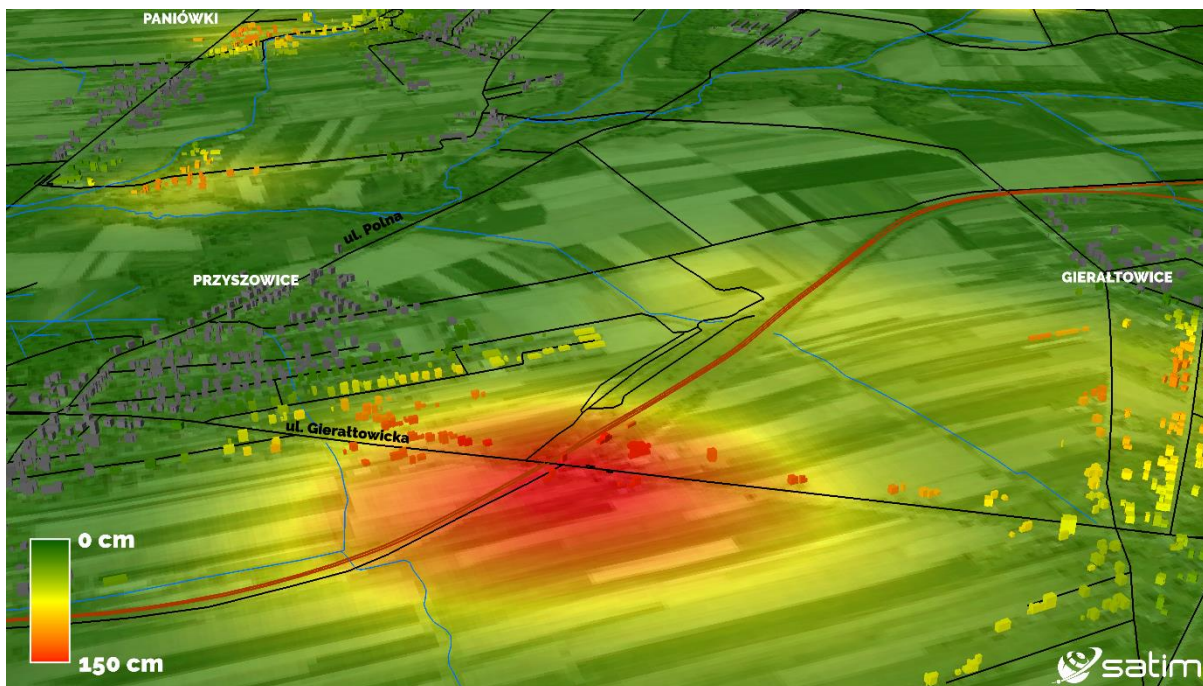
Ryc. 6 - Mapa zagrożonych budynków (Przyszowice). Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019. Liczby przy budynkach oznaczają numery adresowe.



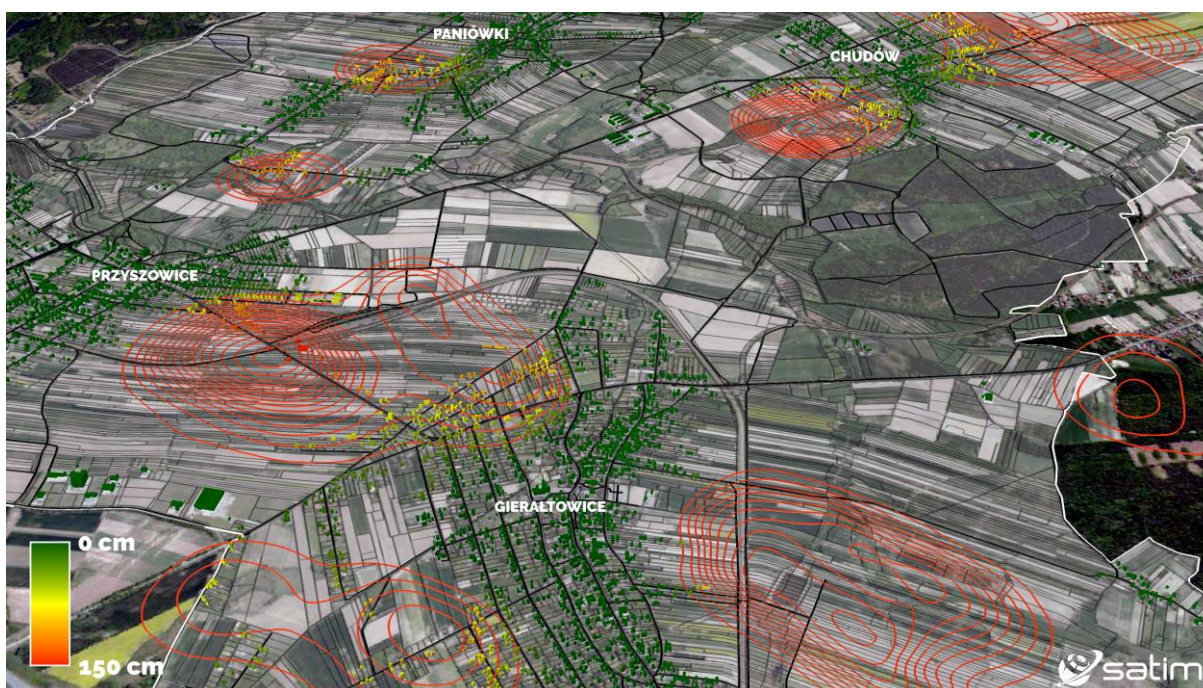
Ryc. 7 – Numeryczny model terenu po aktualizacji (stan na 18.05.2019). Od NMT z maja 2015 roku odjęte zostały wartości osiadań jakie wystąpiły w okresie od maja 2015 do maja 2019.



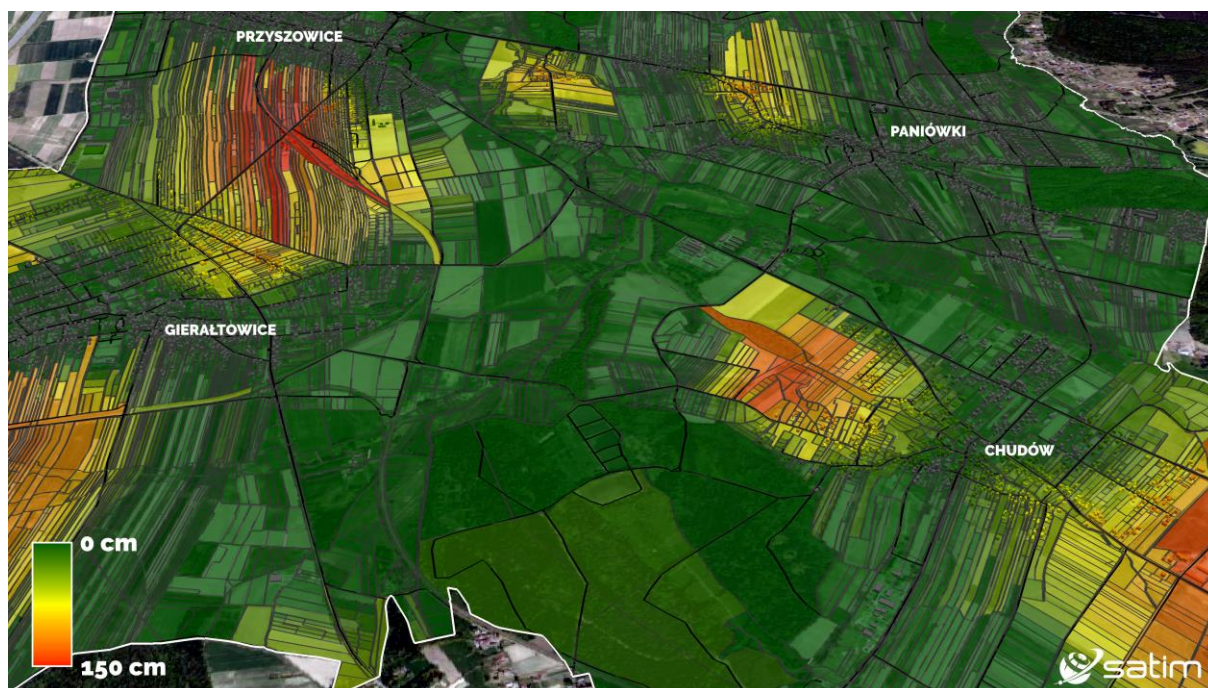
Ryc. 8 – Wizualizacja budynków na nieckach obciążeniowych. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019.



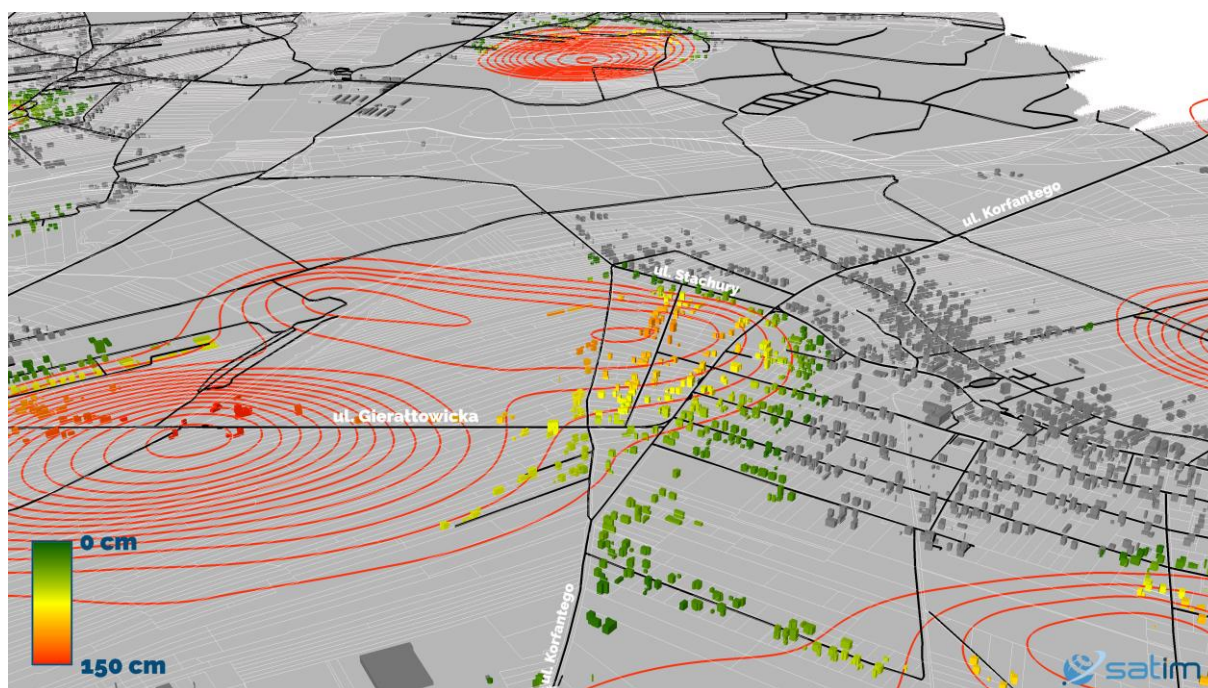
Ryc. 9 – Wizualizacja budynków na nieckach obciążeniowych (zbliżenie na Przystowice). Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019.



Ryc. 10 – Wizualizacja budynków na nieckach obciążeniowych. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomicowego



Ryc. 11 – Wizualizacja działek ewidencyjnych objętych osiadaniem terenu. Kolorami oznaczone zostały działki ze względu na średnią wielkość osiadania terenu w ich obrębie.



Ryc. 12 – Wizualizacja budynków i ulic. Kolorami oznaczone zostały budynki ze względu na wielkość osiadania terenu pod nimi w okresie 21.05.2015 – 18.05.2019. Izolinie osiadań oddalone od siebie o stałą wartość 10 cm cięcia poziomicowego



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