

**MONITOROWANIE ZAGROŻEŃ GEODYNAMICZNYCH
I HYDROGEOLOGICZNYCH NA TERENACH GÓRNICZYCH I POGÓRNICZYCH
W GÓRNOŚLĄSKIM ZAGŁĘBIU WĘGLOWYM ORAZ ZAGROŻEŃ RADIACYJNYCH**

Zadanie 1.3. Monitorowanie deformacji terenu w obszarach górniczych
i pogórnich Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

RAPORT KWARTALNY 1.3.3.

za okres 01.07.2024 – 30.09.2024

Podstawą sporządzenia Raportu jest rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego (Dz.U. z 2023 r. poz. 1579) oraz umowa nr 17/D/10095/2830/2024/DA z dnia 12.08.2024 r. zawarta pomiędzy Ministerstwem Przemysłu oraz Głównym Instytutem Górnictwa - Państwowym Instytutem Badawczym.

Jarosław Zagórowski
Dyrektor GIG-PIB

dr inż. Zbigniew Lubosik
Z-ca Dyrektora
ds. Geoinżynierii i Bezpieczeństwa
Przemysłowego

dr inż. Bartosz Apanowicz
Kierownik Zadania

Zawartość raportu:

1. Wprowadzenie
2. Charakterystyka monitorowanego obszaru
3. Sieć monitoringowa GZW i zastosowana metodyka badawcza
 - 3.1. Radarowa interferometria satelitarna (InSAR)
 - 3.2. Globalny Nawigacyjny System Satelitarny (GNSS)
4. Interpretacja wyników
 - 4.1. Pionowe przemieszczenia powierzchni
 - 4.1.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB
 - 4.1.2. Wielkoobszarowe przemieszczenia powierzchni wyznaczone metodą SBAS/SBAS+LD
 - 4.2. Poziome przemieszczenia powierzchni
 - 4.2.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB
5. Podsumowanie
6. Literatura

Załączniki:

1. Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS i LD, na obszarach górniczych GZW – III kwartał 2024 r., skala 1 : 100 000
2. Mapa powierzchni wraz z pionowymi przemieszczeniami powierzchni wyznaczonymi metodą InSAR-SBAS, na obszarach pogórnicych GZW – III kwartał 2024 r., skala 1 : 100 000

1. Wprowadzenie

Każda podziemna ingerencja górnicza, mająca na celu wydobywanie surowców naturalnych, ma wpływ na środowisko naturalne. Powoduje powstawanie pustek w górotworze, do których, pod wpływem grawitacji, następuje przemieszczanie się mas skalnych. Efektem tego zjawiska są zniekształcenia powierzchni terenu, zwane deformacjami górniczym, określane przemieszczeniami pionowymi i poziomymi oraz ich pochodnymi (nachylenia, odkształcenia, krzywizny). Mogą występować w formie deformacji ciągłych, to jest niecek obniżeniowych lub liniowych i powierzchniowych deformacji nieciągłych to jest szczelin, stopni i zapadlisk, a także struktur z nich złożonych. Mają one destrukcyjny wpływ na powierzchnię terenu, w tym również, na infrastrukturę budowlaną (rys. 1).



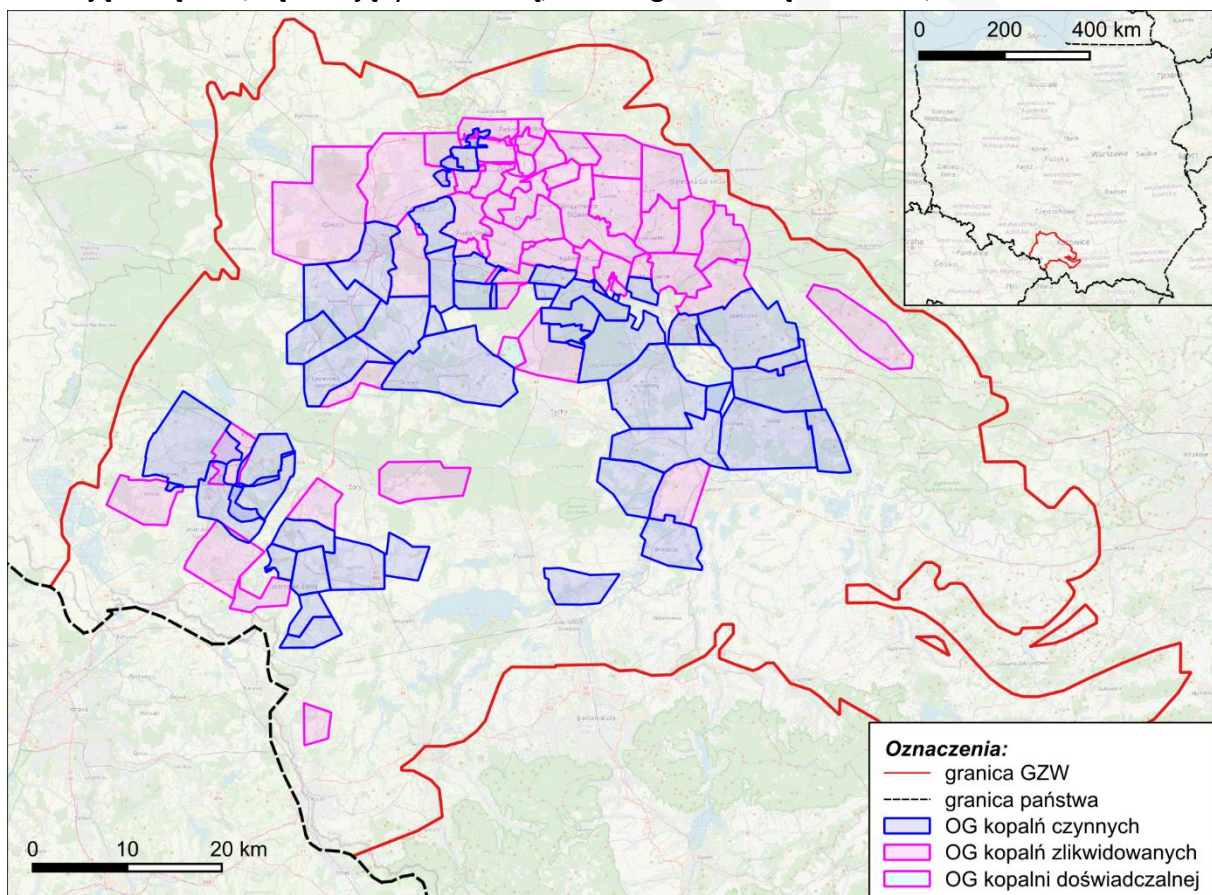
Rys. 1. Przykład deformacji powierzchni oraz zniszczeń w budynku wywołanych podziemną eksploatacją górniczą (Apanowicz 2022).

Działalność górnicza w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) prowadzona jest nieprzerwanie od średniowiecza. Początkowo eksploatowano rudy cynku i ołowiu, a od XVIII w., złożę węgla kamiennego, którego wydobycie w kulminacyjnym momencie, w 1979 r., wyniosło 200 mln Mg/rok. Szacuje się, że na skutek eksploatacji we wszystkich obszarach górniczych GZW, w górotworze powstała pustka o średniej wysokości równej 5,5 m. Dokonana eksploatacja górnicza spowodowała liczne przekształcenia powierzchni terenu, które w niektórych rejonach GZW przekraczają 25 m w ciągu ostatnich 50 lat. Prędkość obniżeń powierzchni dochodziła nawet do 4 cm/dobę, a obecną normą są obniżenia wynoszące 1,0-1,5 m w skali roku. Problem deformacji górniczych cały czas narasta ponieważ eksploatacja pokładów węgla kamiennego odbywa się w coraz trudniejszych warunkach geologiczno-

górnictwych i w górotworze naruszonym poprzednią działalnością. Następuje sumowanie się wpływów górnictwych oraz reaktywacja starych zrobów (Kowalski 2015). Problem występowania ruchów powierzchni nie kończy się wraz z zaprzestaniem wydobycia oraz likwidacją zakładu górnictwego. Badania dynamiki zmian ukształtowania powierzchni dowiodły, że około 80 % deformacji ujawnia się w trakcie eksploatacji, a pozostałe 20 % po jej zakończeniu. Proces ten szacuje się na okres około 2 – 5 lat. Później następuje wieloletni proces występowania deformacji rezydualnych (Kowalski i in. 2000) lub wypiętrzeń powierzchni powstałych na skutek zatapiania zlikwidowanych wyrobisk górnictwych (Milczarek 2011).

2. Charakterystyka monitorowanego obszaru

Górnośląskie Zagłębie Węglowe (GZW) zlokalizowane jest w południowej części Polski, w granicach administracyjnych województwa Śląskiego i Małopolskiego, oraz w północno-wschodniej części Republiki Czeskiej. Po Polskiej stronie zajmuje powierzchnię około 4250 km² (rys. 2). W granicach GZW znajduje się Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia (GZM), składająca się z 41, sąsiadujących ze sobą, miast i gmin i licząca około 2,3 mln mieszkańców.



Rys. 2. Lokalizacja monitorowanego obszaru; granice obszarów górnictwych i terenów pogórnictwych kopalń GZW, stan na 2023 r.

Serię warstw geologicznych do głębokości około 3000 m tworzą utwory karbońskie, podzielone na 3 główne grupy: warstwy łęgowe (pokłady nr 100-499), warstwy siodłowe (pokłady nr 501-510) oraz warstwy brzeżne (pokłady nr 600-900). Grubość poszczególnych

pokładów dochodzi do 22 m. Nad karbonem zalegają warstwy nadkładu. W północnej i wschodniej części GZW nadkład tworzą warstwy triasu, jury oraz kredy, a ich miąższość dochodzi do około 200 m. W południowej i zachodniej części GZW nadkład stanowią głównie warstwy czwartorzędu i trzeciorzędu, których miąższość dochodzi do około 800 m. Górotwór zbudowany jest głównie z iłowców, mułowców oraz piaskowców. Utwory karbońskie zalegają nieregularnie w kształcie siodła i niecek geologicznych, a górotwór poprzecinany jest dużą liczbą uskoku o wysokości zrzutu od nieprzekraczającej 2 m do kilkuset metrów. Nachylenie warstw skalnych jest zmienne i może wynosić od kilku do kilkudziesięciu stopni. Warunki hydrogeologiczne GZW są zróżnicowane i mają związek z rodzajami warstw, z których zbudowany jest nadkład. W północnej części GZW, w rejonach występowania warstw triasu, dopływy wód do wyrobisk górniczych wynoszą 10-25 m³/min. W południowej części GZW, występujące warstwy trzeciorzędu składają się z iłów i iłowców, które stanowią naturalną izolację i powodują dopływy wód w granicach 5 m³/min. Obszary te są predysponowane do powstawania zalewisk na powierzchni (Kowalski 2015).

Obecnie (stan na 2023 r.) w granicach GZW znajduje się 20 obszarów czynnych kopalń (30 ruchów) oraz 46 zlikwidowanych. Eksploatację prowadzi się przede wszystkim systemem ścianowym z zawalem skał stropowych. Wyjątkiem jest eksploatacja prowadzona według specjalnych uwarunkowań z uwagi na ochronę powierzchni. Średnia głębokość działalności górniczej wynosi około 800 m, a wysokość eksploatowanego pokładu nie przekracza z reguły 4 m. Grube pokłady wydobywane są z podziałem na warstwy o wysokości około 2,0 – 3,5 m.

3. Sieć monitoringowa GZW i zastosowana metodyka badawcza

3.1. Radarowa interferometria satelitarna (InSAR)

Metody InSAR są głównym narzędziem wykorzystywanym w zadaniu do monitorowania przemieszczeń powierzchni powstałych na skutek eksploatacji górniczej. Wykorzystywane są obrazowania satelitarne typu SLC pochodzące z satelity Sentinel 1 i udostępniane przez Europejską Agencję Kosmiczną w ramach programu Copernicus. Aktualnie, od 2022 r., satelita wykonuje obrazowania w 12-dniowym interwale czasowym. Obrazowania przetwarzane są jako szereg czasowy, ponad 400 obrazowań, algorytmem krótkich linii bazowych SBAS (Berardino i in. 2002), z dwóch orbit przejścia satelity (wschodzącej nr 175 i opadającej nr 51) (tab. 1). Rezultatem są 2 szeregi czasowe zawierające informacje o przemieszczeniach powierzchni w kierunku wzroku satelity LOS (line of sight). Następnie, w celu wyznaczenia pionowych przemieszczeń powierzchni, dokonywana jest dekompozycja 2D dwóch wektorów LOS w kierunku pionowymi i poziomym wschód-zachód (E-W) (Hanssen 2001). Obliczenia interferogramów oparte są na przetwarzaniu dwuprzebiegowym z wykorzystaniem oprogramowania GMTSAR (Sandwell i in. 2011), a rozwinięcie fazy wykonywane jest 2-kierunkową metodą rozwijania faz zaimplementowaną do aplikacji SNAPHU (Chen i Zebker 2002). Do korekcji fazy w odniesieniu do powierzchni terenu stosowane są dane z SRTM-1 (Farr i in. 2007). W celu usunięcia niedoskonałości w postaci szumów, rozwinięta faza poddawana jest dodatkowej filtracji poprzez dopasowanie

otrzymanych wyników do wielomianowego trendu niskiego rzędu metodą najmniejszych kwadratów i usunięcie niepasujących niedoskonałości. W tym celu wykorzystywany jest algorytm zaimplementowany do oprogramowania GMT (Wessel i in. 2019). W obliczeniach dokonywana jest również korekcja opóźnień atmosferycznych poprzez zastosowanie poprawek GACOS (Yu i in. 2020). Otrzymane rezultaty są walidowane i korygowane w oparciu o pomiary GNSS autorską metodą zależności liniowych (LD) opracowaną w Głównym Instytucie Górnictwa – Państwowym Instytucie Badawczym (Apanowicz 2023).

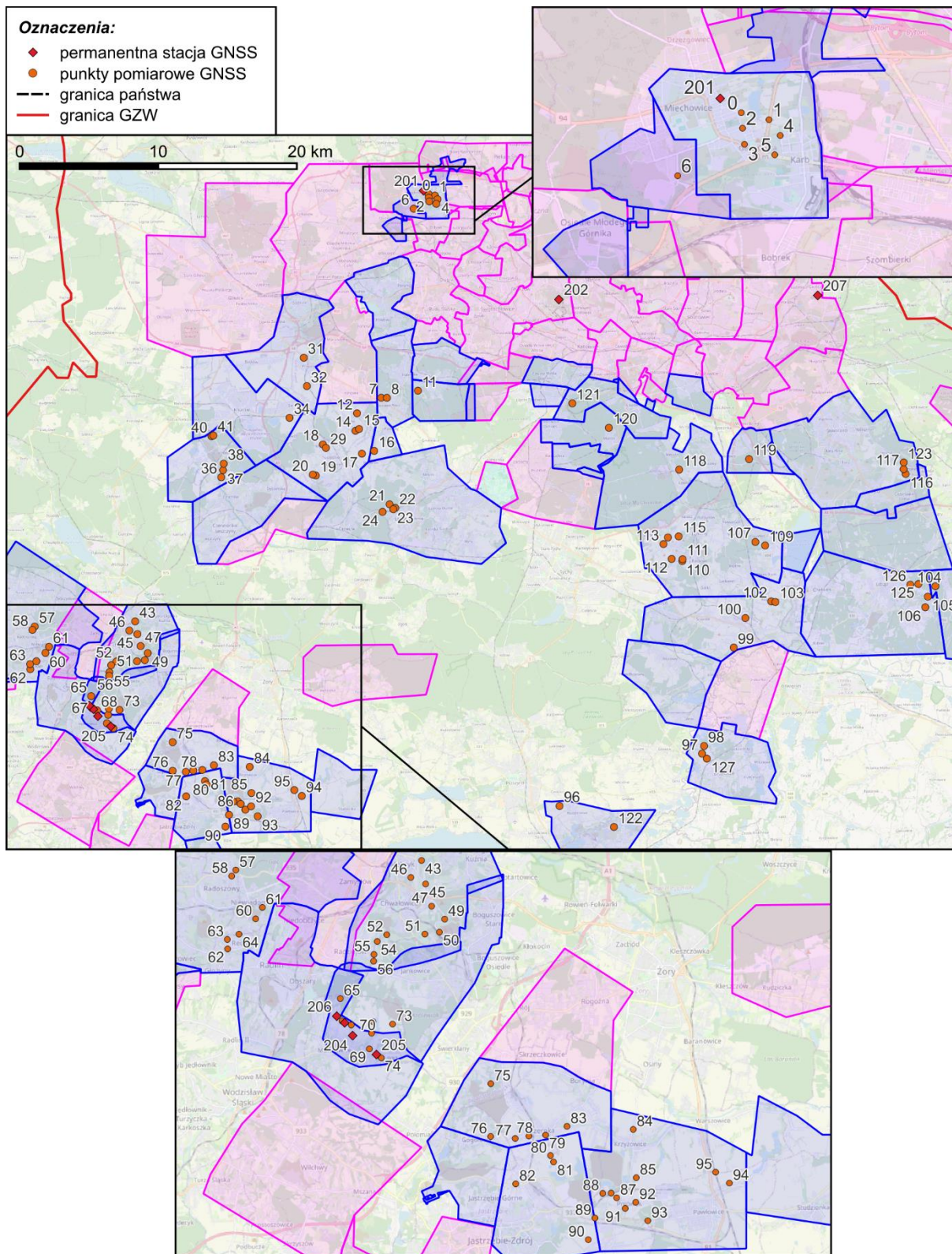
Tabela 1. Podstawowe informacje dotyczące wykorzystanych danych SAR.

| Sensor | Sentinel 1A | |
|---------------------------|-------------|------------|
| Numer orbity/IW | 175/IW2-IW3 | 51/IW2-IW3 |
| Typ orbity | wschodząca | opadająca |
| Liczba zobrazowań | 446 | 429 |
| Przestrzenna linia bazowa | 120 / 250 | 120 / 250 |
| Czasowa linia bazowa | 60 | 60 |
| Liczba interferogramów | 3031 | 2780 |

3.2. Globalny Nawigacyjny System Satelitarny (GNSS)

W GZW zlokalizowana jest sieć punktów GNSS GIG-PIB składająca się z 7 permanentnych stacji GNSS Leica GR50 o numerach 201 - 207 oraz ze 107 punktów pomiarowych. Stacje GNSS umieszczone są na obiektach infrastruktury budowlanej. Wykonują pomiary ciągłe, w czasie rzeczywistym w 1-sekundowym interwale czasowym, metodą statyczną. Surowe dane pomiarowe przesyłane są automatycznie do GIG-PIB z wykorzystaniem łączności sieci telefonii komórkowej GSM. Postprocessing danych jest prowadzony w nawiązaniu do sieci stacji referencyjnych SmartNet Leica Geosystems za pomocą oprogramowania Leica Infinity. Dane przetwarzane są w 12-godzinnym interwale czasowym (Czarnecki 2014).

Na punktach pomiarowych wykonywane są pomiary GNSS metodą RTN, z wykorzystaniem odbiornika GNSS Leica GS18. Na każdym punkcie pomiar wykonywany jest 3-krotnie na minimum 5 epok. Następnie obliczane są średnie współrzędne dla każdego z nich. Lokalizacja punktów pomiarowych została zaprojektowana na podstawie przemieszczeń powierzchni wyznaczonych dla I kwartału 2024 r., w miejscach potencjalnego występowania największych przemieszczeń powierzchni spowodowanych podziemną eksploatacją górnictwem. Liczba i lokalizacja punktów pomiarowych jest zmienna w czasie w zależności od obecnie prowadzonej eksploatacji. Lokalizację punktów sieci GNSS GIG-PIB pokazano na rysunku 3.



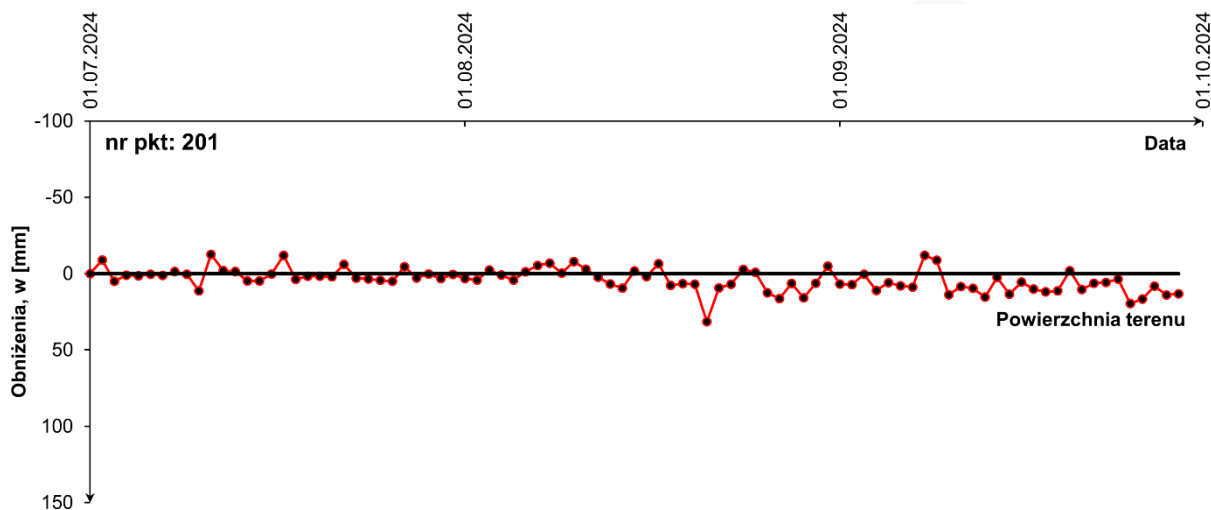
Rys. 3. Lokalizacja punktów sieci GNSS GIG-PIB w granicach GZW przygotowana na potrzeby realizacji zadania.

4. Interpretacja wyników

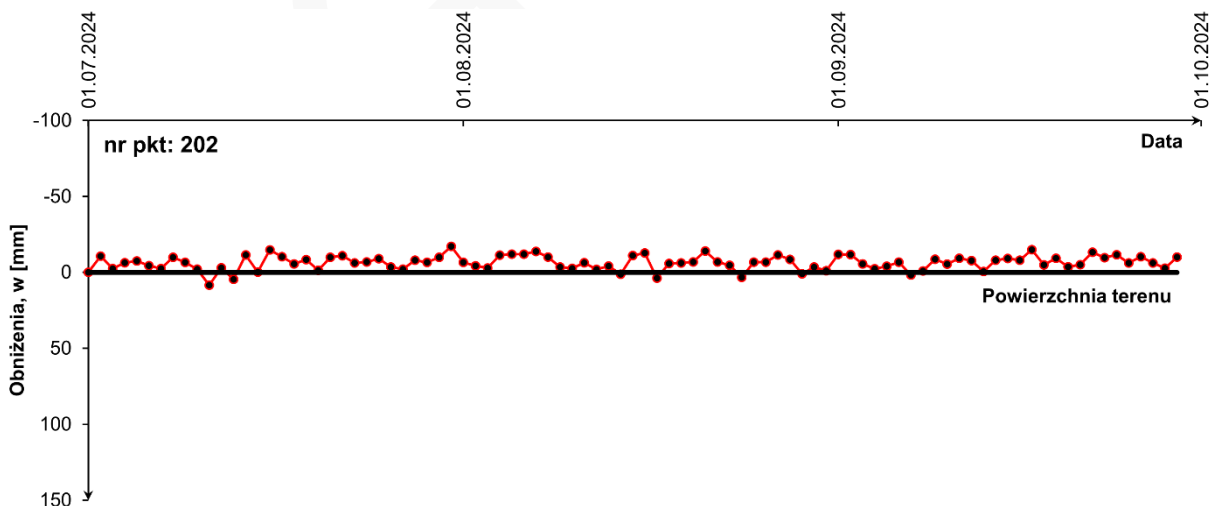
4.1. Pionowe przemieszczenia powierzchni

4.1.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB

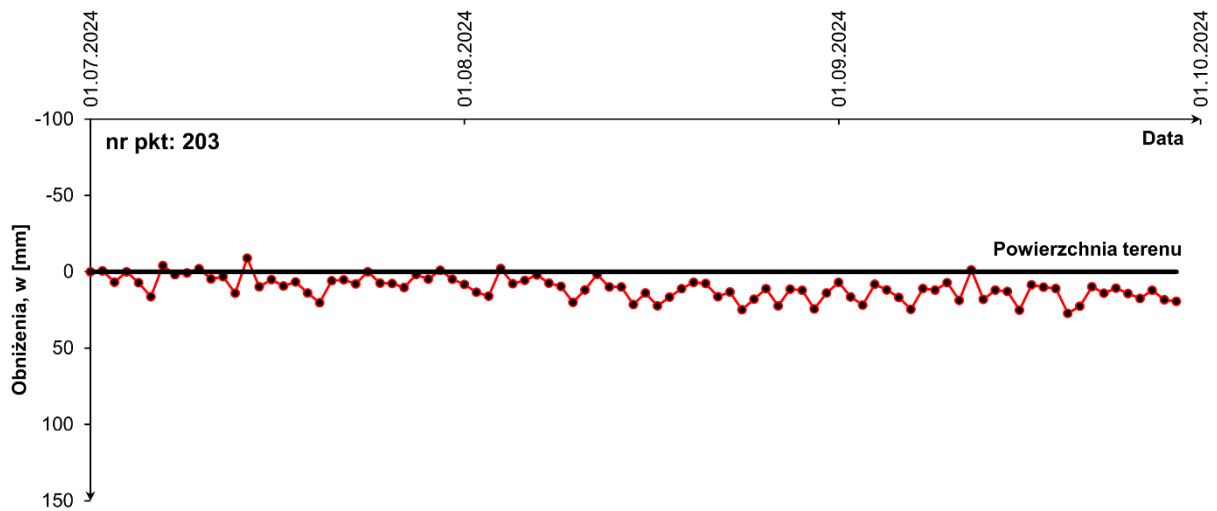
Przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB w okresie od 01.07.2024 do 30.09.2024 z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS przedstawiono na rysunkach 4 - 10.



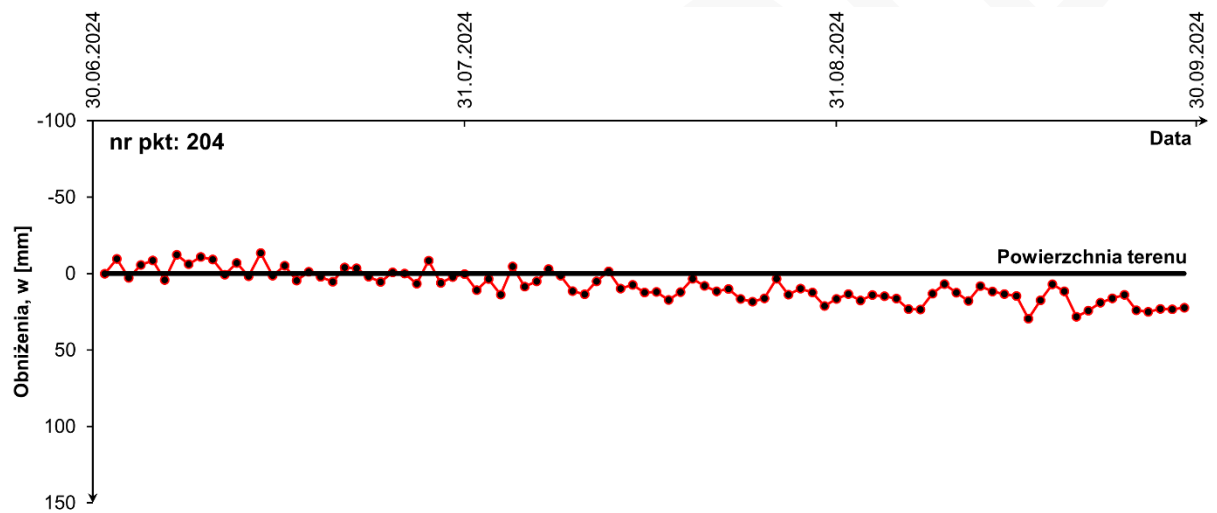
Rys. 4. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 201 w okresie 01.07.2024 – 30.09.2024.



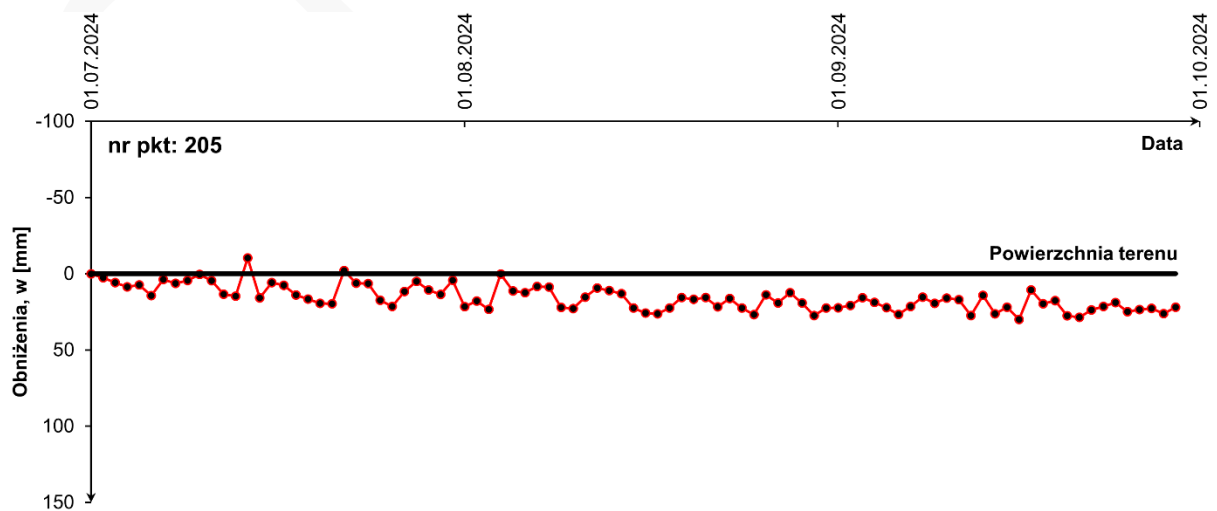
Rys. 5. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 202 w okresie 01.07.2024 – 30.09.2024.



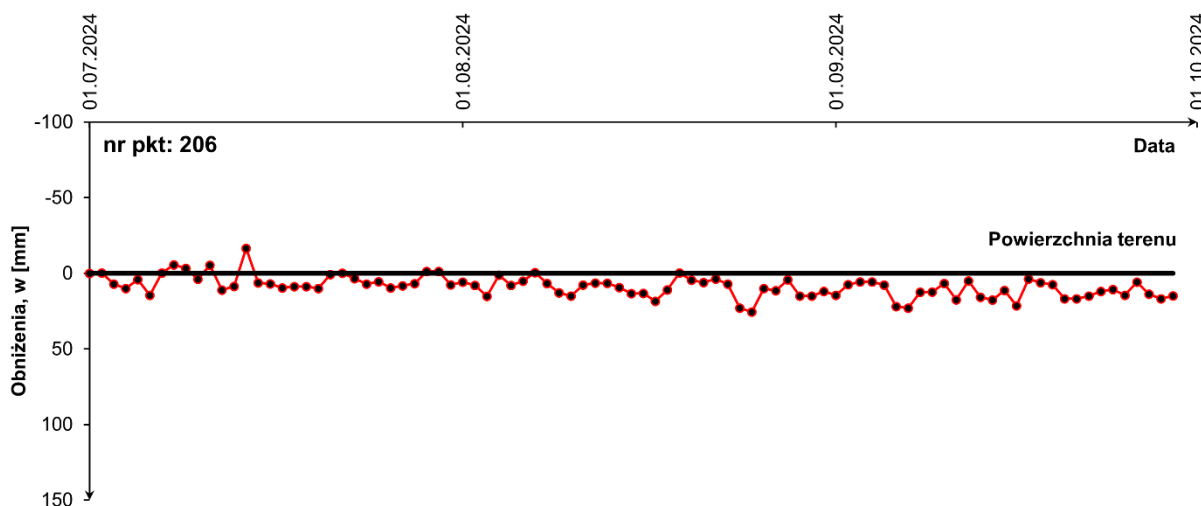
Rys. 6. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 203 w okresie 01.07.2024 – 30.09.2024.



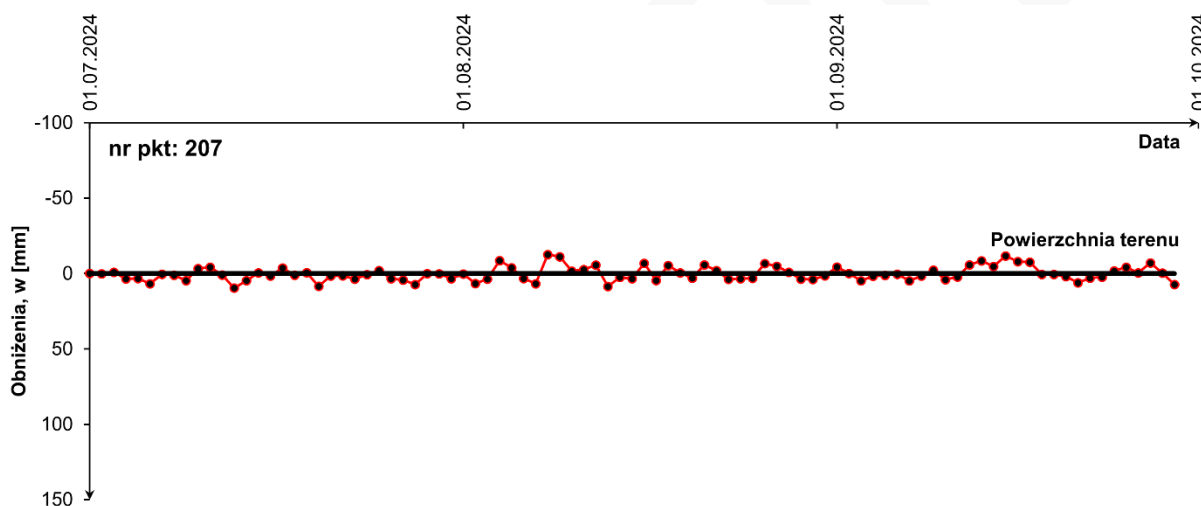
Rys. 7. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 204 w okresie 01.07.2024 – 30.09.2024.



Rys. 8. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 205 w okresie 01.07.2024 – 30.09.2024.



Rys. 9. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 206 w okresie 01.07.2024 – 30.09.2024.



Rys. 10. Skumulowane pionowe przemieszczenia powierzchni w 1-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnej stacji GNSS, na punkcie nr 207 w okresie 01.07.2024 – 30.09.2024.

W III kwartale 2024 r. niewielkie, dochodzące do około 30 mm w skali kwartału, obniżenia zmierzono na punktach nr 203, 204 i 205 (rys. 6, 7 i 8). Przyrost obniżeń rozpoczął się na początku sierpnia (pkt nr 203 i 204) oraz w II połowie lipca (pkt nr 205). Fakt ten może wskazywać na obniżanie się powierzchni z powodu eksploatacji górniczej. Na pozostałych punktach pomiarowych nr 201, 202, 206 i 207 nie zarejestrowano zwiększonej aktywności powierzchni terenu w zakresie ruchów pionowych. Zmierzone skumulowane przemieszczenia dochodziły do ± 15 mm, z pojedynczymi wyjątkami przekraczającymi tą wartość. Z wykresów (rys. 4, 5, 9 i 10) wynika jednak, że zarejestrowane przemieszczenia na przestrzeni całego kwartału oscylowały koło 0 mm. Można zatem stwierdzić, że ww. wahania są pochodną ograniczeń dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej.

Na pozostałych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, o numerach 0 - 127, wykonano dwie kampanie pomiarowe w dniach 25-28 czerwca br. oraz 25-30 września br.

Zakres zmierzonych przemieszczeń mieścił się w przedziale od +33 mm (wypiętrzenie) do -352 mm (obniżenie). Największe obniżenie powierzchni, wynoszące 352 mm, miało miejsce na punkcie nr 117 zlokalizowanym w obszarze górniczym zakładu górniczego Sobieski, w Jaworznie przy ul. Herbskiej. W tym samym rejonie na punkcie nr 116, zlokalizowanym przy ulicy Cezarówka Górna zmierzono obniżenie wynoszące 193 mm. Znaczące obniżenia powierzchni, przekraczające 100 mm wystąpiły również na punktach nr 2, 3, 12, 15, 19, 20, 21, 32, 56, 65, 69, 73, 75, 82, 88, 94, 98, 102, 103, 107, 125 i 126. Punkty te są zlokalizowane w:

- OG kopalni Bobrek-Piekary Ruch Bobrek, w Bytomiu przy ul. Karbowskiej (pkt nr 2) i ul. Frenzla (pkt nr 3),
- OG kopalni Budryk, w gminie Gierałtowice przy ul. Zaburskiej (pkt nr 12) i ul. Jesionowej (pkt nr 15) oraz w gminie Ornontowice przy ul. Granicznej (pkt nr 19) i ul. Nowej (pkt nr 20),
- OG kopalni Bolesław-Śmiały, w gminie Łaziska Górne przy ul. Torowej (pkt nr 21),
- OG kopalni Sośnica, w gminie Gierałtowice przy ul. Gierałtowickiej (pkt nr 32),
- OG kopalni ROW Ruch Chwałowice, w gminie Świerklany przy ul. Trzech Krzyży (pkt nr 56),
- OG kopalni ROW Ruch Marcel, w gminie Markłowice przy ul. Jarzębinowej (pkt nr 65) i ul. Rzemieślniczej (pkt nr 69),
- OG kopalni ROW Ruch Jankowice, w gminie Markłowice przy przedłużeniu ul. Kwiatowej (pkt nr 73),
- OG kopalni Borynia-Zofiówka Ruch Borynia, w gminie Świerklany przy ul. Powstańców (pkt nr 75),
- OG kopalni Borynia-Zofiówka Ruch Zofiówka, w Jastrzębiu-Zdroju przy Drodze Głównej Południowej - DK933 (pkt nr 82),
- OG kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice przy ul. Kruczej (pkt nr 88) i ul. Spacerowej (pkt nr 94),
- OG zakładu górniczego Brzeszcze, w gminie Brzeszcze przy ul. Młyńskiej (pkt nr 98),
- OG kopalni Piast-Ziemowit Ruch Piast, w gminie Chełm Śląski przy ul. Zakole (pkt nr 102) i ul. Karłowicza (pkt nr 103),
- OG kopalni Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit, w gminie Imielin przy ul. Grzybowej (pkt nr 107),
- OG zakładu górniczego Janina, w gminie Libiąż przy ul. Żeromskiego (pkt nr 125) i ul. Myśliwskiej (pkt nr 126).

Na pozostałych punktach pomiarowych zidentyfikowano obniżenia powierzchni nie przekraczające 100 mm lub ogólnie przemieszczenia mieszczące się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej. Wyjątkiem jest 8 punktów pomiarowych o nr 24, 46, 62, 86, 99, 106, 111, 112 na których zmierzono wypiętrzenia powierzchni dochodzące do 33 mm. Punkty te są zlokalizowane w:

- OG kopalni Bolesław-Śmiały, w gminie Orzesze przy ul. Świętego Wawrzyńca (pkt nr 24),

- OG kopalni ROW Ruch Chwałowice, w Rybniku przy ul. Kowalczyka (pkt nr 46),
- OG kopalni ROW Ruch Rydułtowy, w gminie Radlin przy ul. Rydułtowskiej (pkt nr 62),
- OG kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice przy ul. Kruczej (pkt nr 86),
- OG kopalni Piast-Ziemowit Ruch Piast, w gminie Bieruń przy ul. Jagiełły (pkt nr 99),
- OG zakładu górniczego Janina, w gminie Libiąż, przy ul. Astronautów (pkt nr 106),
- OG kopalni Piast-Ziemowit Ruch Ziemowit, w gminie Łęczyny przy ul. Miłosza (pkt nr 111) i ul. Zabytkowej (pkt nr 112).

Należy jednak zauważyć, że zmierzone wypiętrzenia powierzchni oscylują w granicach około 20-30 mm w skali kwartału. Może być to spowodowane obniżeniem dokładności zastosowanej technologii pomiarowej, z uwagi na czynniki zewnętrzne.

Pomiarów wysokościowych nie wykonano na 6 punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, nr 16, 71, 80, 87, 115 i 120, z powodu braku dostępu do punktów. Szczegółowe przemieszczenia zmierzone na każdym punkcie pomiarowym zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Pionowe przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB metodą RTK, w okresie 25-28.06.2024 – 25-30.09.2024 r.

| Data pomiaru | 25-28.06.2024 | 25-30.09.2024 | Przemieszczenia, d [mm] |
|--------------|---------------|---------------|-------------------------|
| Nr | H [m] | H [m] | |
| 0 | 272,393 | 272,353 | -40 |
| 1 | 274,876 | 274,781 | -95 |
| 2 | 275,749 | 275,566 | -183 |
| 3 | 278,168 | 278,054 | -114 |
| 4 | 270,665 | 270,585 | -80 |
| 5 | 279,301 | 279,253 | -48 |
| 6 | 280,790 | 280,772 | -18 |
| 7 | 234,270 | 234,243 | -28 |
| 8 | 238,268 | 238,266 | -2 |
| 11 | 245,751 | 245,753 | 2 |
| 12 | 236,369 | 236,098 | -271 |
| 14 | 252,538 | 252,484 | -53 |
| 15 | 247,486 | 247,330 | -156 |
| 16 | 278,167 | bd* | bd |
| 17 | 286,740 | 286,735 | -4 |
| 18 | 247,308 | 247,311 | 3 |
| 19 | 273,437 | 273,210 | -227 |
| 20 | 272,447 | 272,322 | -125 |
| 21 | 309,396 | 309,194 | -202 |
| 22 | 315,367 | 315,328 | -38 |
| 23 | 320,632 | 320,613 | -19 |
| 24 | 337,426 | 337,453 | 27 |
| 29 | 252,594 | 252,604 | 10 |
| 31 | 213,186 | 213,150 | -35 |
| 32 | 232,881 | 232,709 | -172 |
| 34 | 230,895 | 230,852 | -43 |
| 36 | 234,575 | 234,488 | -87 |

| | | | |
|----|---------|---------|------|
| 37 | 231,854 | 231,776 | -78 |
| 38 | 226,695 | 226,632 | -63 |
| 40 | 234,064 | 233,996 | -68 |
| 41 | 233,128 | 233,087 | -41 |
| 43 | 243,257 | 243,196 | -61 |
| 45 | 251,239 | 251,172 | -67 |
| 46 | 268,106 | 268,139 | 33 |
| 47 | 271,752 | 271,760 | 8 |
| 49 | 272,495 | 272,493 | -2 |
| 50 | 282,942 | 282,902 | -40 |
| 51 | 248,784 | 248,758 | -26 |
| 52 | 238,332 | 238,315 | -17 |
| 54 | 245,015 | 244,973 | -43 |
| 55 | 246,087 | 246,027 | -60 |
| 56 | 245,787 | 245,667 | -120 |
| 57 | 267,426 | 267,414 | -12 |
| 58 | 271,162 | 271,140 | -22 |
| 60 | 288,155 | 288,169 | 14 |
| 61 | 248,749 | 248,757 | 8 |
| 62 | 279,332 | 279,355 | 23 |
| 63 | 295,589 | 295,599 | 10 |
| 64 | 292,711 | 292,644 | -66 |
| 65 | 277,331 | 277,167 | -164 |
| 67 | 272,412 | 272,382 | -30 |
| 68 | 264,679 | 264,659 | -20 |
| 69 | 271,229 | 271,128 | -101 |
| 70 | 250,916 | 250,843 | -73 |
| 71 | 252,177 | bd | bd |
| 73 | 266,988 | 266,869 | -119 |
| 74 | 258,413 | 258,404 | -9 |
| 75 | 256,193 | 256,049 | -145 |
| 76 | 251,843 | 251,858 | 15 |
| 77 | 265,025 | 265,034 | 9 |
| 78 | 265,895 | 265,839 | -56 |
| 79 | 266,059 | 266,050 | -9 |
| 80 | 271,868 | bd | bd |
| 81 | 267,842 | 267,842 | 0 |
| 82 | 279,185 | 279,036 | -150 |
| 83 | 262,962 | 262,926 | -36 |
| 84 | 256,317 | 256,307 | -10 |
| 85 | 264,139 | 264,075 | -64 |
| 86 | 266,986 | 267,011 | 25 |
| 87 | 270,714 | bd | bd |
| 88 | 269,357 | 269,145 | -212 |
| 89 | 256,881 | 256,825 | -57 |
| 90 | 275,440 | 275,411 | -30 |
| 91 | 271,106 | 271,078 | -28 |
| 92 | 273,910 | 273,852 | -58 |
| 93 | 254,104 | 254,043 | -61 |
| 94 | 257,138 | 256,908 | -230 |
| 95 | 268,810 | 268,717 | -93 |

| | | | |
|-----|---------|---------|------|
| 96 | 251,842 | 251,822 | -20 |
| 97 | 237,758 | 237,718 | -40 |
| 98 | 234,725 | 234,610 | -115 |
| 99 | 231,302 | 231,324 | 22 |
| 100 | 240,334 | 240,345 | 11 |
| 102 | 241,671 | 241,430 | -241 |
| 103 | 240,508 | 240,366 | -142 |
| 104 | 243,537 | 243,439 | -98 |
| 105 | 246,635 | 246,630 | -5 |
| 106 | 259,475 | 259,513 | 38 |
| 107 | 246,238 | 246,057 | -181 |
| 109 | 245,32 | 245,304 | -16 |
| 110 | 267,384 | 267,382 | -2 |
| 111 | 269,415 | 269,431 | 16 |
| 112 | 297,690 | 297,710 | 21 |
| 113 | 249,888 | 249,898 | 10 |
| 114 | 251,435 | 251,416 | -19 |
| 115 | 261,013 | bd | bd |
| 116 | 308,420 | 308,227 | -193 |
| 117 | 300,215 | 299,863 | -352 |
| 118 | 254,961 | 254,965 | 4 |
| 119 | 254,079 | 254,086 | 7 |
| 120 | 323,212 | bd | bd |
| 121 | 291,562 | 291,510 | -52 |
| 122 | 236,544 | 236,550 | 6 |
| 123 | 295,494 | 295,429 | -66 |
| 125 | 274,371 | 274,163 | -208 |
| 126 | 291,757 | 291,571 | -186 |
| 127 | 240,672 | 240,667 | -6 |

* – brak danych

4.1.2. Wielkoobszarowe przemieszczenia powierzchni wyznaczone metodą SBAS/SBAS+LD

Obszary górnicze

Globalne przemieszczenia powierzchni, występujące na obszarach górniczych, wyznaczone z przetwarzania obrazów satelitarnych metodą SBAS oraz SBAS+LD, przedstawiono na załączniku mapowym nr 1 do niniejszego raportu. Zidentyfikowano 29 niecek obniżeniowych o wymiarach od 560 do 2500 m w kierunku północ-południe (N-S) i od 550 do 2580 m w kierunku wschód-zachód (E-W). Powierzchniowo największa niecka powstała na obszarze górniczych kopalni ROW Ruch Marcel i Ruch Jankowice. Jej wymiary wyniosły 2300 m (N-S) i 2450 m (E-W). Z przedstawionej mapy (zał. 1) wynika, że są to deformacje powierzchni składające się z 2 lub 3 mniejszych niecek obniżeniowych zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie. W związku z tym, deformacje te są rezultatem eksploatacji więcej niż jednej parceli eksploatacyjnej. Przemieszczenia pionowe w zidentyfikowanych nieckach obniżeniowych mieściły się w zakresie od 0,05 m do 0,48 m. Największe, wynoszące 0,48 m, miało miejsce w obszarze górniczym kopalni ROW Ruch

Jankowice, w Markłowicach, około 1200 m na północ od ul. Wyzwolenia. Szczegółowe informacje o zidentyfikowanych nieckach obniżeniowych przedstawiono w tabeli 3. Ze względu na brak pomiarów referencyjnych oraz lokalnie występujący wysoki stopień zaszumienia rezultatów uzyskanych z przetwarzania zobrażeń satelitarnych metodą SBAS, nie było możliwe określenie wielkości przemieszczeń powierzchni w miejscu występowania 11 niecek obniżeniowych.

Tabela 3. Szczegółowe informacje o zidentyfikowanych nieckach obniżeniowych w III kwartale 2024 r.

| L.p. | Lokalizacja | Kopalnia | Wymiary w kierunku N-S / E-W [m] | Obniżenie maksymalne, w_{max} [m] | Metoda identyfikacji |
|------|--|--|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| 1 | Bytom, rejon ul. Celnej | Z. G. Eko-Plus | 880 / 970 | 0,05 | InSAR-SBAS |
| 2 | Bytom, rejon ul. Warszawskiej | Bobrek-Piekary, Ruch Bobrek | 1250 / 1500 | 0,27 | InSAR-SBAS+LD |
| 3 | Paniówki, Chudów, rejon ul. Szkolnej, Topolowej i Zaburskiej | Budryk | 1600 / 2400 | bd* | InSAR-SBAS |
| 4 | Przysowice, rejon ul. Gierałtowskiej | Sośnica | 2000 / 2000 | 0,41 | InSAR-SBAS+LD |
| 5 | Gierałtówice, na południe od ul. Ks. W. Roboty | Szczygłowiec-Knurów, Ruch Knurów | 1650 / 1700 | bd | InSAR-SBAS |
| 6 | Knurów, na wschód od ul. Gliwickiej i Zwycięstwa | Szczygłowiec-Knurów, Ruch Szczygłowiec | 1600 / 1600 | 0,24 | InSAR-SBAS+LD |
| 7 | Knurów, między ul. Zwycięstwa i Ligonzy | Szczygłowiec-Knurów, Ruch Szczygłowiec | 1350 / 1660 | bd | InSAR-SBAS |
| 8 | Czerwionka-Leszczyny, na wschód od ul. Ks. J. Pojdy | Szczygłowiec-Knurów, Ruch Szczygłowiec | 2200 / 2100 | bd | InSAR-SBAS |
| 9 | Chudów, rejon ul. Szkolnej | Budryk | 1600 / 1700 | 0,22 | InSAR-SBAS+LD |
| 10 | Ornontowice, rejon ul. Granicznej | Budryk | 880 / 830 | 0,28 | InSAR-SBAS+LD |
| 11 | Borowa Wieś, rejon ul. Piaskowej | Ruda, Ruch Bielszowice | 750 / 920 | bd | InSAR-SBAS |
| 12 | Bujaków, na wschód od ul. Szkolnej | Bolesław-Śmiały | 800 / 1400 | bd | InSAR-SBAS |
| 13 | Rybnik, rejon ul. Świerklańskiej | ROW, Ruch Chwałowice | 560 / 550 | 0,20 | InSAR-SBAS+LD |
| 14 | Rybnik, rejon ul. Trzech Krzyży i Dygasińskiego | ROW, Ruch Chwałowice | 1050 / 900 | 0,18 | InSAR-SBAS+LD |
| 15 | Markłowice, na północ od ul. Wyzwolenia | ROW, Ruch Marcel i Jankowice | 2300 / 2450 | 0,48 | InSAR-SBAS+LD |
| 16 | Rybnik, na północ od ul. Raciborskiej, rejon | ROW, Ruch Rydułtowy | 940 / 1170 | 0,05 | InSAR-SBAS |

| | | | | | |
|----|--|--|-------------|------|---------------|
| | ul. Frontowej, Staromiejskiej | | | | |
| 17 | Marklowice, rejon ul. Jarzębinowej | ROW, Ruch Marcel i Jankowice | 880 / 780 | 0,32 | InSAR-SBAS+LD |
| 18 | Świerklany, rejon ul. Powstańców, Stawowej, Gogołowskiej | Borynia-Zofiówka, Ruch Borynia | 1750 / 1500 | 0,34 | InSAR-SBAS+LD |
| 19 | Jastrzębie-Zdrój, rejon ul. Rybnickiej i Stodoły | Borynia-Zofiówka, Ruch Zofiówka | 860 / 670 | bd | InSAR-SBAS |
| 20 | Pawłowice, rejon ul. Orlej i Kruczej | Pniówek | 1000 / 1050 | 0,12 | InSAR-SBAS+LD |
| 21 | Pawłowice, rejon ul. Wyzwolenia, Szybowej i DK81 | Pniówek | 2500 / 1650 | 0,29 | InSAR-SBAS+LD |
| 22 | Pszczyna, na południe od ul. Spokojnej | P. G. Silesia | 1900 / 1780 | bd | InSAR-SBAS |
| 23 | Brzeszcze, rejon ul. Młyńskiej | Z. G. Brzeszcze | 750 / 600 | 0,31 | InSAR-SBAS+LD |
| 24 | Chełm Śląski, rejon ul. Chełmskiej i Górnośląskiej | Piast-Ziemowit, Ruch Piast | 1380 / 1080 | 0,44 | InSAR-SBAS+LD |
| 25 | Libiąż, rejon ul. Jaworowej | Z. G. Janina | 1920 / 2580 | 0,31 | InSAR-SBAS+LD |
| 26 | Imielin, na południe od ul. Grzybowej | Piast-Ziemowit, Ruch Ziemowit | 1020 / 1500 | bd | InSAR-SBAS |
| 27 | Jaworzno, rejon ul. Herbowej, Cezarówka Górna | Z. G. Sobieski | 1200 / 1140 | 0,27 | InSAR-SBAS+LD |
| 28 | Mysłowice, rejon ul. Długiej | Z. G. Sobieski | 1400 / 930 | bd | InSAR-SBAS |
| 29 | Katowice, na południe od ul. 73 Pułku Piechoty | Murcki-Staszic, Ruch Murcki i Ruch Staszic | 1650 / 2050 | bd | InSAR-SBAS |

* - brak danych

Analiza otrzymanych rezultatów wykazała występowanie wypiętrzeń powierzchni w obszarze górniczym kopalni Jas-Mos. Wypiętrzenia dochodziły do 45 mm i zlokalizowane były na północ od Drogi Głównej Południowej DW933 w Jastrzębiu-Zdroju. W miejscu występowania zidentyfikowanych wypiętrzeń zlokalizowana jest hałda górnicza, co wskazuje, że mogą być one spowodowane nadsypywaniem hałdy materiałem pochodzących z kopalni.

Ponadto, na obszarach górniczych GZW, zidentyfikowano również wielkopowierzchniowe (o zasięgu kilku kilometrów) wahania gruntu przekraczające ± 15 mm (lokalnie przekraczające nawet ± 50 mm). Ich charakterystyka, rozkład powierzchniowy oraz miejsce występowania (głównie obszary zalesione lub pola uprawne) wskazują na podwyższoną dekorelację sygnału, a w rezultacie, na obniżenie dokładności pomiarowej w tych miejscach, a nie na rzeczywiste ruchy powierzchni terenu. Nie można ich zatem klasyfikować jako

przemieszczenia powierzchni spowodowane eksploatacją górnictw. W pozostałych rejonach obszarów górniczych GZW nie zidentyfikowano ruchów powierzchni gruntu, a zarejestrowane przemieszczenia mieściły się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej.

Tereny pogórnice

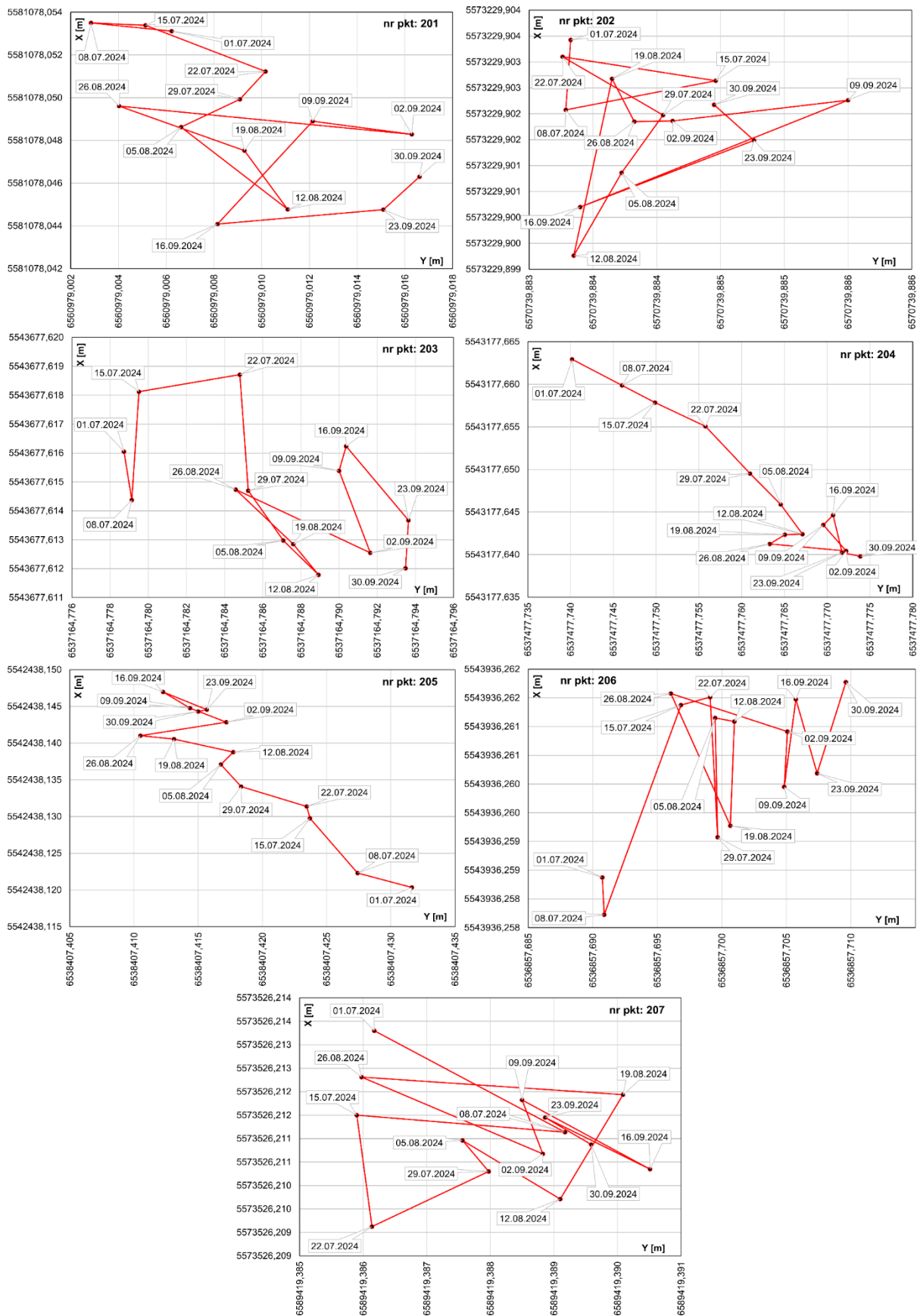
Globalne przemieszczenia powierzchni, występujące na terenach pogórnich, wyznaczone z przetwarzania obrazów satelitarnych metodą SBAS, przedstawiono na załączniku mapowym nr 2 do niniejszego raportu. Analiza otrzymanych rezultatów wykazała formowanie się dwóch niecek obniżeniowych. Pierwsza w nich zlokalizowana jest na terenie pogórnim kopalni Boże-Dary w centralnej części GZW, w kompleksie leśnym pomiędzy ul. Katowicką w Tychach oraz dzielnicą Podlesie w Katowicach. Zasięg niecki wynosi od około 1000-1500 m w kierunku północ-południe (N-S) i wschód-zachód (E-W), a jego precyzyjne określenie jest niemożliwe ze względu sąsiadujące, z miejscem występowania niecki, szumy sygnału. Przemieszczenia pionowe w niecce dochodzą do 74 mm. Druga z nich zlokalizowana jest w zachodniej części terenu pogórnego kopalni Rydułtowy-Anna, w rejonie ul. 3-Maja w miejscowości Syrynia. Jej zasięg wynosi około 1700 m (N-S) i 1650 m (E-W). Obniżenie maksymalne w niecce dochodzi do 62 mm.

Na terenach pogórnich GZW, zidentyfikowano również wielkopowierzchniowe (o zasięgu kilku kilometrów) wahania gruntu przekraczające ± 15 mm (lokalnie przekraczające nawet ± 50 mm). Ich charakterystyka, rozkład powierzchniowy oraz miejsce występowania (głównie obszary zalesione lub pola uprawne) wskazują na podwyższoną dekorrelację sygnału, a w rezultacie, na obniżenie dokładności pomiarowej w tych miejscach, a nie na rzeczywiste ruchy powierzchni terenu będące pochodzenia górnictwa. W pozostałych rejonach terenów pogórnich GZW nie zidentyfikowano ruchów powierzchni gruntu, a zarejestrowane przemieszczenia mieściły się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej.

4.2. Poziome przemieszczenia powierzchni

4.2.1. Przemieszczenia powierzchni na punktach sieci GNSS GIG-PIB

Przemieszczenia powierzchni zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB w okresie od 01.07.2024 do 30.09.2024 z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS przedstawiono na rysunku 11.



Rys. 11. Skumulowane poziome przemieszczenia powierzchni w 7-dniowym interwale czasowym, zmierzone metodą statyczną z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS, na punktach 201-207 w okresie 01.07.2024 – 30.09.2024.

Największe przemieszczenia poziome, wypadkowe w skali kwartału, wyniosło 41 mm w kierunku azymutu równego 124° i zostało zarejestrowane na punkcie nr 204. Ulegał on stopniowemu dziennemu przemieszczeniu dochodzącemu do 7 mm (do 9 mm w skali tygodnia) w kierunku południowo-wschodnim. Poziome przemieszczenia powierzchni zarejestrowany również na punktach nr 201, 203, 205 oraz 206. W skali kwartału wyniosły one, odpowiednio, 12 mm, 15 mm, 29 mm oraz 19 mm w kierunku azymutów równych, odpowiednio, 123°, 105°, 325° oraz 80°. Dzielne przemieszczenia zarejestrowane na tych punktach dochodziły do 9 mm. Na pozostałych punktach pomiarowych o nr 202 i 207 również zarejestrowano przemieszczenia poziome, jednak nie przekroczyły one 4 mm w skali kwartału co mieści się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej. Można zatem uznać, że w rejonach lokalizacji punktów pomiarowych nr 202 i 207 nie wystąpiły przemieszczenia poziome powierzchni w III kwartale 2024 r. Poziome przemieszczenia powierzchni wraz z ich azymutem, zarejestrowane na poszczególnych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Poziome przemieszczenia powierzchni, wypadkowe w skali kwartału, oraz ich azymut, zarejestrowane na poszczególnych punktach sieci GNSS GIG-PIB, z wykorzystaniem permanentnych stacji GNSS, w III kwartale 2024 r.

| Nr pkt | Przemieszczenie poziome, u [mm] | Azymut przemieszczenia [°] |
|--------|---------------------------------|----------------------------|
| 201 | 12 | 123 |
| 202 | 2 | 138 |
| 203 | 15 | 105 |
| 204 | 41 | 124 |
| 205 | 29 | 325 |
| 206 | 19 | 80 |
| 207 | 4 | 125 |

Na pozostałych punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, o numerach 0 - 127, wykonano dwie kampanie pomiarowe w dniach 25-28 czerwca br. oraz 25-30 września br. Zakres zmierzonych przemieszczeń mieścił się w przedziale od 2 mm do 168 mm. Największe przemieszczenia poziome, wynoszące 168 mm w kierunku azymutu równemu 298° i 198°, miały miejsce na punktach nr 12 i 69 zlokalizowanych w obszarze górniczym kopalni Budryk, w gminie Gierałtówice przy ul. Zabrskiej (pkt nr 12) oraz w obszarze górniczym kopalni ROW Ruch Marcel i Jankowice, w gminie Markłowice przy ul. Rzemieślniczej (pkt nr 69). Znaczące przemieszczenia poziome, przekraczające 100 mm, wystąpiły również na punktach nr 14, 21, 65, 95 i 102. Punkty te zlokalizowane są:

- OG kopalni Budryk, w gminie Gierałtówice przy ul. Nowej (pkt nr 14),
- OG kopalni Bolesław-Śmiały, w gminie Łaziska Górne przy ul. Torowej (pkt nr 21),
- OG kopalni ROW Ruch Marcel, w gminie Markłowice przy ul. Jarzębinowej (pkt nr 65),
- OG kopalni Pniówek, w gminie Pawłowice przy ul. Szybowej (pkt nr 95),
- OG kopalni Piast-Ziemowit Ruch Piast, w gminie Chełm Śląski przy ul. Zakole (pkt nr 102).

Na pozostałych punktach pomiarowych zidentyfikowano poziome przemieszczenia powierzchni nie przekraczające 100 mm lub ogólnie mieszące się w granicach dokładnościowych zastosowanej technologii pomiarowej, to jest 10 mm.

Pomiarów sytuacyjnych nie wykonano na 6 punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB, nr 16, 71, 80, 87, 115 i 120, z powodu braku dostępu do punktów. Szczegółowy wykaz przemieszczeń poziomych, wraz z ich azymutem, zmierzonych na każdym punkcie pomiarowym zamieszczono w tabeli 5.

Tabela 5. Poziome przemieszczenia powierzchni, wraz z azymutem, zmierzone na punktach pomiarowych sieci GNSS GIG-PIB metodą RTK, w okresie 25-28.06.2024 – 25-30.09.2024 r.

| Data pomiaru | 25-28.06.2024 | | 25-30.09.2024 | | Przemieszczenia poziome, u [mm] | Azymut przemieszczenia [°] |
|--------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------------------------|----------------------------|
| | Nr | X [m] | Y [m] | X [m] | | |
| 0 | 5580839,415 | 6561331,785 | 5580839,383 | 6561331,780 | 32 | 188 |
| 1 | 5580721,842 | 6561797,291 | 5580721,829 | 6561797,266 | 28 | 242 |
| 2 | 5580578,882 | 6561353,184 | 5580578,890 | 6561353,205 | 22 | 69 |
| 3 | 5580308,301 | 6561386,206 | 5580308,315 | 6561386,215 | 17 | 34 |
| 4 | 5580456,320 | 6561985,946 | 5580456,365 | 6561985,936 | 46 | 348 |
| 5 | 5580132,603 | 6561893,606 | 5580132,627 | 6561893,584 | 33 | 318 |
| 6 | 5579781,120 | 6560264,213 | 5579781,131 | 6560264,191 | 25 | 297 |
| 7 | 5566144,711 | 6557922,771 | 5566144,727 | 6557922,777 | 16 | 21 |
| 8 | 5566135,938 | 6558330,638 | 5566135,957 | 6558330,633 | 19 | 347 |
| 11 | 5566651,390 | 6560572,394 | 5566651,402 | 6560572,392 | 12 | 354 |
| 12 | 5565022,194 | 6556179,100 | 5565022,273 | 6556178,952 | 168 | 298 |
| 14 | 5563758,978 | 6556061,912 | 5563758,988 | 6556061,959 | 48 | 77 |
| 15 | 5563892,955 | 6556325,582 | 5563892,853 | 6556325,478 | 145 | 226 |
| 16 | 5562310,269 | 6557416,879 | bd* | bd | bd | bd |
| 17 | 5562110,201 | 6556526,214 | 5562110,227 | 6556526,209 | 27 | 349 |
| 18 | 5562776,022 | 6553718,021 | 5562776,015 | 6553718,039 | 19 | 111 |
| 19 | 5560533,029 | 6553205,666 | 5560533,047 | 6553205,658 | 20 | 339 |
| 20 | 5560599,630 | 6552982,056 | 5560599,609 | 6552982,099 | 48 | 116 |
| 21 | 5558454,161 | 6558530,442 | 5558454,295 | 6558530,493 | 144 | 21 |
| 22 | 5558199,262 | 6558936,795 | 5558199,262 | 6558936,783 | 12 | 90 |
| 23 | 5558103,767 | 6558793,688 | 5558103,772 | 6558793,680 | 10 | 306 |
| 24 | 5557911,455 | 6558020,131 | 5557911,441 | 6558020,126 | 15 | 198 |
| 29 | 5562530,954 | 6553930,771 | 5562530,958 | 6553930,787 | 17 | 74 |
| 31 | 5569031,221 | 6552335,586 | 5569031,217 | 6552335,567 | 19 | 258 |
| 32 | 5566983,465 | 6552557,443 | 5566983,424 | 6552557,532 | 98 | 115 |
| 34 | 5564697,580 | 6551307,327 | 5564697,552 | 6551307,326 | 28 | 181 |
| 36 | 5560414,252 | 6546381,193 | 5560414,276 | 6546381,185 | 26 | 343 |
| 37 | 5560924,956 | 6546510,451 | 5560924,974 | 6546510,436 | 23 | 320 |
| 38 | 5561387,207 | 6546556,716 | 5561387,234 | 6546556,725 | 29 | 18 |
| 40 | 5563367,148 | 6545681,665 | 5563367,130 | 6545681,644 | 28 | 229 |
| 41 | 5563421,266 | 6545809,210 | 5563421,275 | 6545809,200 | 13 | 313 |
| 43 | 5550014,686 | 6540167,449 | 5550014,638 | 6540167,450 | 48 | 179 |
| 45 | 5549096,688 | 6540327,407 | 5549096,743 | 6540327,371 | 66 | 326 |
| 46 | 5549352,279 | 6539750,477 | 5549352,290 | 6539750,488 | 16 | 46 |
| 47 | 5548229,899 | 6540562,792 | 5548229,907 | 6540562,796 | 10 | 27 |
| 49 | 5547724,452 | 6541073,420 | 5547724,424 | 6541073,335 | 90 | 251 |

| | | | | | | |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|-----|
| 50 | 5547219,193 | 6540865,780 | 5547219,220 | 6540865,764 | 31 | 329 |
| 51 | 5547140,832 | 6540298,289 | 5547140,852 | 6540298,324 | 41 | 60 |
| 52 | 5547117,969 | 6538809,480 | 5547117,972 | 6538809,478 | 3 | 315 |
| 54 | 5546852,640 | 6538437,324 | 5546852,639 | 6538437,340 | 16 | 95 |
| 55 | 5546345,780 | 6538309,689 | 5546345,714 | 6538309,662 | 71 | 202 |
| 56 | 5546084,231 | 6538295,450 | 5546084,210 | 6538295,421 | 36 | 233 |
| 57 | 5549642,110 | 6532913,899 | 5549642,105 | 6532913,873 | 27 | 258 |
| 58 | 5549403,894 | 6532753,995 | 5549403,915 | 6532753,979 | 27 | 323 |
| 60 | 5547737,976 | 6533690,934 | 5547737,971 | 6533690,913 | 22 | 259 |
| 61 | 5548180,827 | 6533950,537 | 5548180,823 | 6533950,537 | 3 | 191 |
| 62 | 5546562,277 | 6532596,835 | 5546562,284 | 6532596,843 | 11 | 54 |
| 63 | 5546931,450 | 6532585,243 | 5546931,439 | 6532585,236 | 13 | 211 |
| 64 | 5547137,181 | 6533040,252 | 5547137,179 | 6533040,258 | 6 | 107 |
| 65 | 5544624,597 | 6536994,934 | 5544624,557 | 6536995,068 | 140 | 106 |
| 67 | 5543753,048 | 6537059,237 | 5543753,118 | 6537059,292 | 89 | 38 |
| 68 | 5543593,356 | 6537421,514 | 5543593,347 | 6537421,508 | 11 | 212 |
| 69 | 5542660,207 | 6538132,656 | 5542660,047 | 6538132,603 | 168 | 198 |
| 70 | 5543271,117 | 6538218,464 | 5543271,037 | 6538218,448 | 81 | 192 |
| 71 | 5543726,977 | 6538271,458 | bd | bd | bd | bd |
| 73 | 5543627,206 | 6539036,659 | 5543627,238 | 6539036,637 | 39 | 325 |
| 74 | 5542309,075 | 6538595,604 | 5542309,056 | 6538595,626 | 29 | 132 |
| 75 | 5541301,308 | 6542872,374 | 5541301,273 | 6542872,381 | 36 | 169 |
| 76 | 5539239,947 | 6542867,746 | 5539239,950 | 6542867,761 | 15 | 78 |
| 77 | 5539162,601 | 6543826,451 | 5539162,610 | 6543826,439 | 14 | 306 |
| 78 | 5539258,403 | 6544359,036 | 5539258,416 | 6544359,042 | 15 | 24 |
| 79 | 5539297,933 | 6545013,097 | 5539297,934 | 6545013,103 | 6 | 77 |
| 80 | 5538496,912 | 6545204,067 | bd | bd | bd | bd |
| 81 | 5538248,171 | 6545322,449 | 5538248,148 | 6545322,445 | 23 | 190 |
| 82 | 5537390,689 | 6543845,198 | 5537390,645 | 6543845,249 | 67 | 131 |
| 83 | 5539634,602 | 6545846,590 | 5539634,581 | 6545846,574 | 27 | 217 |
| 84 | 5539518,641 | 6548433,672 | 5539518,622 | 6548433,679 | 20 | 161 |
| 85 | 5537632,092 | 6548554,088 | 5537632,093 | 6548554,127 | 38 | 89 |
| 86 | 5537029,636 | 6547572,644 | 5537029,614 | 6547572,641 | 22 | 186 |
| 87 | 5536847,516 | 6547786,448 | bd | bd | bd | bd |
| 88 | 5537019,953 | 6547242,613 | 5537020,021 | 6547242,601 | 69 | 351 |
| 89 | 5536057,921 | 6546939,155 | 5536057,978 | 6546939,141 | 59 | 346 |
| 90 | 5535213,813 | 6546679,283 | 5535213,799 | 6546679,288 | 16 | 159 |
| 91 | 5536432,207 | 6548122,098 | 5536432,207 | 6548122,107 | 9 | 86 |
| 92 | 5536671,803 | 6548533,893 | 5536671,803 | 6548533,912 | 19 | 92 |
| 93 | 5535953,072 | 6549004,715 | 5535953,082 | 6549004,718 | 11 | 13 |
| 94 | 5537421,393 | 6552189,366 | 5537421,320 | 6552189,370 | 73 | 177 |
| 95 | 5537846,952 | 6551653,481 | 5537846,824 | 6551653,399 | 152 | 213 |
| 96 | 5536695,945 | 6570789,489 | 5536695,912 | 6570789,501 | 35 | 159 |
| 97 | 5540476,889 | 6581072,991 | 5540476,876 | 6581072,995 | 14 | 163 |
| 98 | 5541024,918 | 6581213,892 | 5541024,924 | 6581213,868 | 25 | 285 |
| 99 | 5548123,711 | 6583357,932 | 5548123,704 | 6583357,916 | 18 | 246 |
| 100 | 5550258,238 | 6584200,305 | 5550258,242 | 6584200,293 | 13 | 285 |
| 102 | 5551458,411 | 6586068,170 | 5551458,311 | 6586068,255 | 131 | 139 |
| 103 | 5551410,007 | 6586361,142 | 5551409,962 | 6586361,117 | 51 | 209 |
| 104 | 5552549,815 | 6597916,485 | 5552549,783 | 6597916,502 | 36 | 153 |
| 105 | 5551798,874 | 6597364,679 | 5551798,905 | 6597364,678 | 31 | 358 |

| | | | | | | |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|----|-----|
| 106 | 5551035,325 | 6597183,428 | 5551035,363 | 6597183,420 | 39 | 348 |
| 107 | 5555739,024 | 6584920,692 | 5555739,054 | 6584920,709 | 35 | 30 |
| 109 | 5555487,327 | 6585623,341 | 5555487,340 | 6585623,338 | 13 | 345 |
| 110 | 5554361,977 | 6579646,633 | 5554361,967 | 6579646,641 | 13 | 140 |
| 111 | 5554503,067 | 6579667,903 | 5554503,074 | 6579667,908 | 9 | 38 |
| 112 | 5554519,282 | 6578878,908 | 5554519,294 | 6578878,914 | 13 | 28 |
| 113 | 5555589,443 | 6578287,321 | 5555589,450 | 6578287,319 | 8 | 347 |
| 114 | 5556068,017 | 6578610,873 | 5556068,032 | 6578610,872 | 15 | 356 |
| 115 | 5556141,471 | 6579386,091 | bd | bd | bd | bd |
| 116 | 5560651,277 | 6595763,630 | 5560651,315 | 6595763,644 | 40 | 20 |
| 117 | 5560993,398 | 6595620,620 | 5560993,409 | 6595620,678 | 60 | 80 |
| 118 | 5560960,948 | 6579423,194 | 5560960,899 | 6579423,196 | 49 | 178 |
| 119 | 5561719,293 | 6584463,020 | 5561719,294 | 6584463,018 | 2 | 304 |
| 120 | 5563977,227 | 6574352,084 | bd | bd | bd | bd |
| 121 | 5565739,817 | 6571714,095 | 5565739,815 | 6571714,075 | 20 | 266 |
| 122 | 5535186,920 | 6574715,917 | 5535186,917 | 6574715,921 | 5 | 129 |
| 123 | 5561474,892 | 6595624,881 | 5561474,853 | 6595624,867 | 42 | 200 |
| 125 | 5552709,333 | 6596685,939 | 5552709,376 | 6596685,919 | 47 | 335 |
| 126 | 5552663,711 | 6596099,229 | 5552663,716 | 6596099,250 | 21 | 76 |
| 127 | 5540113,165 | 6581420,093 | 5540113,156 | 6581420,077 | 18 | 240 |

* – brak danych

5. Podsumowanie

Na podstawie przedstawionych w raporcie wyników oraz ich interpretacji można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Na obszarach górniczych GZW, w III kwartale 2024 r., zidentyfikowano 29 obszarów, na których wystąpiły deformacje górnicze w postaci niecek obniżeniowych. Ich rozmiar mieścił się w zakresie od 560 m do 2500 m w kierunku północ-południe oraz od 550 m do 2580 m w kierunku wschód-zachód.
2. Na obszarach górniczych GZW, w III kwartale 2024 r., zidentyfikowano 1 obszar, na którym wystąpiły deformacje górnicze w postaci wypiętrzeń powierzchni.
3. Największe zidentyfikowane obniżenie powierzchni, na obszarach górniczych GZW, wyniosło 0,48 m i miało miejsce w miejscowości Markłowice, około 1200 m na północ od ul. Wyzwolenia.
4. Największe zidentyfikowane przemieszczenie poziome powierzchni, na obszarach górniczych GZW, wyniosło 0,17 m w kierunku azymutu równemu 298° oraz 198° i miało miejsce, odpowiednio, w miejscowości Gierałtowiec w rejonie ul. Zabrskiej oraz w miejscowości Markłowice, w rejonie ul. Rzemieślniczej.
5. Zidentyfikowane wypiętrzenie powierzchni, na obszarach górniczych GZW, wyniosło 0,05 m i miało miejsce w Jastrzębiu-Zdroju, na północ od Drogi Głównej Południowej DW933.
6. Na terenach pogórniczych GZW, w III kwartale 2024 r., zidentyfikowano 2 obszary, na których wystąpiły deformacje górnicze w postaci niecek obniżeniowych. Ich rozmiar

mieścił się w zakresie od 1000 m do 1700 m w kierunku północ-południe oraz od 1000 m do 1650 m w kierunku wschód zachód.

7. Największe zidentyfikowane obniżenie powierzchni, na terenach pogórnich GZW, wyniosło 0,07 m i miało miejsce w kompleksie leśnym pomiędzy ul. Katowicką w Tychach oraz dzielnicą Podlesie w Katowicach.
8. Na terenach pogórnich GZW, w III kwartale 2024 r., nie zidentyfikowano deformacji górniczych w postaci wypiętrzeń powierzchni.

Dokładność pomiarów:

- metoda SBAS – $\pm 1,5$ cm; metoda SBAS+LD – ± 10 cm;
- pomiary GNSS – pionowo: $\pm 1,5$ cm, poziomo: ± 1 cm;
- zasięg niecek obniżeniowych – ± 120 m.

Zasady korzystania z Raportów GIG-PIB

Zawartość Raportu, jego forma, treści, sposób wyrażenia, stanowi utwór w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 2022 roku, poz. 2509, t.j.) i podlega ochronie przewidzianej w tej ustawie.

Wykorzystanie danych zawartych w Raporcie w zakresie innym niż realizacja zadań publicznych oraz ich ewentualne dalsze przetwarzanie wymaga uzyskania zgody/odrębnej licencji Ministra Przemysłu/uprawnionego podmiotu.

Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy nie ponosi odpowiedzialności za:

- Błędną interpretację i/lub przetwarzanie bazy danych,
- Wykorzystanie danych niezgodne z ich przeznaczeniem,
- Wykorzystanie danych niezgodne z ich standardem i szczegółowością.
- Dokonywanie modyfikacji danych, ich opracowanie czy łączenie z innymi utworami.

6. Literatura

1. Apanowicz B. 2022. *Use of InSAR in Linear Discontinuous Ground Deformation Generation Analysis: Case Study of a Mine in Poland*. Journal of Sustainable Mining, 21(1), 4.
2. Apanowicz B. 2023. *Analiza obniżen powierzchni na terenach górniczych i pogórnich w aspekcie zasięgu i czasu z wykorzystaniem interferometrii satelitarnej*. Rozprawa doktorska, GIG – PIB, Katowice.
3. Berardino P., Fornaro G., Lanari R., Sansosti E. 2002. *A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms*. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 40, 2375–2383.
4. Czarnecki K. 2014. *Geodezja współczesna*. Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa.
5. Chen C., Zebker H. 2002. *Phase unwrapping for large SAR interferograms: Statistical segmentation and generalized network models*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 40(8), 1709-1719.
6. Farr T., Rosen P., Caro E., Crippen R., Duren R., Hensley S., Kobrick M., Paller M., Rodriguez E., Roth L., Seal D., Shaffer S., Shimada J., Umland J., Werner M., Oskin M., Burbank D., Alsdorf D. 2007. *The shuttle radar topography mission*. Reviews of Geophysics 45, 1-33.
7. Hanssen R. 2001. *Satellite Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis*. Rozprawa doktorska, Remote Sensing and Digital Image Processing, Springer, Holandia.
8. Kowalski A. (red). 2000. *Eksploracja górnicza a ochrona powierzchni. Doświadczenia z wałbrzyskich kopalń*. Wydawnictwo GIG-PIB, Katowice.
9. Kowalski A. 2015. *Deformacje powierzchni w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym*. Wydawnictwo GIG-PIB, Katowice.

10. Massonnet D., Feigl K. L. 1998. *Radar interferometry and its application to changes in the earth's surface*. Reviews of Geophysics, 36, 441-500.
11. Milczarek W. 2011. *Analiza zmian powierzchni górotworu po zakończeniu eksploatacji górniczej w wybranym rejonie dawnego Wałbrzyskiego Zagłębia*. Rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, Wrocław.
12. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 24 lipca 2023 r. w sprawie nadania Głównemu Instytutowi Górnictwa statusu państwowego instytutu badawczego (Dz. U. 2023 poz. 1579).
13. Sandwell D., Mellors R., Tong X., Wei M., Wessel P. 2011. *Open radar interferometry software for mapping surface deformation*. EOS, Transactions American Geophysical Union, 92(28), 233-240.
14. Wessel P., Luis J., Uieda L., Scharroo R., Wobbe F., Smith W., Tian D. 2019. *The Generic Mapping Tools version 6*. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 20, 5556-5564.
15. Yu C., Li Z., Penna N.T. 2020. *Triggered afterslip on the southern Hikurangi subduction interface following the 2016 Kaikoura earthquake from InSAR time series with atmospheric corrections*. Remote Sensing of Environment, 251, 112097.