

MONITORING POWIERZCHNIOWY OSUWISK ZBIORCZY

dla powiatu krakowskiego

WYKONANY METODĄ
INTERFEROMETRII RADAROWEJ



RAPORT

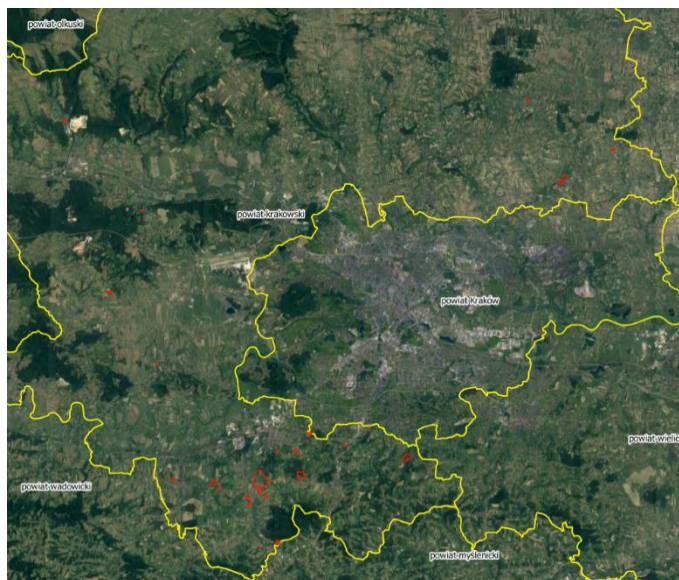
Kraków, 01.02.2022

Zleceniodawca:
Starostwo Powiatowe
w Krakowie

1

OBSZAR BADAŃ

Powiat krakowski znajduje się w województwie małopolskim. Obszar badań obejmował **26 osuwisk** o łącznej powierzchni **ok. 2 km²**. Rzędne terenu objętego ruchami masowymi w najniższym jego punkcie wynoszą 225 m n.p.m.. (Skawina), zaś najwyżżej położony punkt badanego obszaru wznosi się na wysokość około 400 m n.p.m. we wsi Mogilany. Zasięg współrzędnych geograficznych analizowanego obszaru to: 49°54'17"N - 50°11'58"N oraz 19°37'33"E - 20°08'47"E. Monitorowane osuwiska zostały przedstawione na rysunku poglądowym obok.



Spośród 26 osuwisk, **17** zostało zidentyfikowanych w jako **aktywne ciągle**, **3** jako **aktywne okresowo**, a **6** jako **nieaktywne**. Zasięg osuwiska oraz podział na strefy aktywności przedstawiony na mapach w niniejszym raporcie pochodzi z Kart Osuwisk dla powiatu krakowskiego sporządzonych przez Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Wspomagano się również informacjami z bazy danych Systemu Osłony Przeciwosuwiskowej (SOPO) Państwowego Instytutu Geologicznego. Warto tutaj zaznaczyć, iż w Kartach Osuwisk aktywność była w niektórych przypadkach **zróżnicowana** (osuwiska nr: **13, 29, 31, 35, 38, 39 oraz 44**), to znaczy na jedno osuwisko przypadały dwie lub trzy klasy aktywności (np. aktywne ciągle, nieaktywne). Wynika to ze zróżnicowanej geometrii dla danego terenu. Jednak przy aktualizacji aktywności, konieczne było **ujednolicenie** aktywności w tych przypadkach. Wykonano to przy wykorzystaniu danych SOPO, a także obserwując lokalizacje punktów PS.

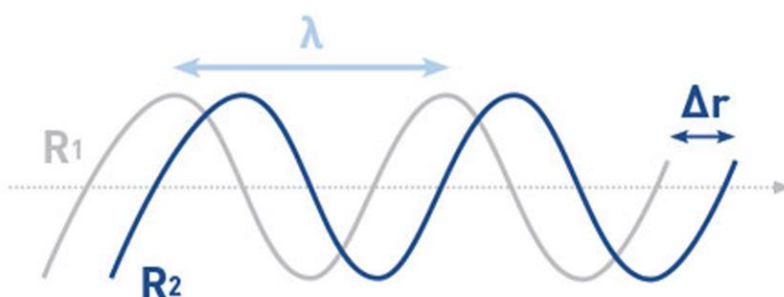
Badany obszar został poddany satelitarnemu monitoringowi powierzchniowemu dla okresu **7-letniego** (lata **2014-2021**). Analiza została wykonana na podstawie analizy 365 zobrażeń satelitarnych pochodzących z satelitów Sentinel-1, metodą interferometrii radarowej, techniką IPTA.

2 METODYKA BADAŃ

Satelitarna interferometria radarowa InSAR (ang. Interferometric Synthetic Aperture Radar) jest metodą teledetekcyjną, której istotą jest obliczenie przesunięcia fazy ech radarowych, zarejestrowanych na dwóch niezależnych obrazach typu SAR, dla tego samego terenu i w danym interwale czasowym. Obrazowanie SAR jest systemem aktywnym, czyli posiadającym własne źródło promieniowania elektromagnetycznego. Dzięki temu możliwe jest rejestrowanie obrazów SAR zarówno w dzień, jak i w nocy, bez względu na warunki pogodowe. Danymi źródłowymi w tej technice są zobrażenia radarowe SAR o wysokiej rozdzielczości przestrzennej i czasowej, obejmujące swym zasięgiem obszar nawet setek kilometrów kwadratowych. Poruszający się po orbicie satelita posiada antenę nadawczo-odbiorczą, która rejestruje amplitudę i fazę powracającej fali radarowej. Faza jest określoną częścią cyklu fali sinusoidalnej, dającą informację o zmiennej odległości rejestrowanego punktu od anteny.

Znając wartości fazy fal dla dwóch zobrażeń, możliwe jest obliczenie ich różnicy

i na jej podstawie wyliczenie przesunięcia fazowego danego obiektu pomiędzy tymi zobrażeniami (Δr). Przesunięcie fazowe może zostać następnie przeliczone na wartość przemieszczeń terenu.



Rys. 1 Wizualizacja przesunięcia fazowego fali

Jedną z najbardziej powszechnych zastosowań technik InSAR jest satelitarna interferometria różnicowa DInSAR (ang. Differential InSAR). Wykorzystuje ona dwa obrazy SAR do obliczenia interferogramu, czyli obrazu przesunięć fazowych. Następnie, przy użyciu numerycznego modelu terenu, odejmowana jest składowa topograficzna i obliczony jest interferogram różnicowy, który przedstawia przemieszczenia powierzchni terenu, objętego obrazami SAR. Wadą pomiarów DInSAR jest brak informacji o lokalnych deformacjach pojedynczych obiektów infrastruktury.

Drugą metodą stosowaną w zleconym badaniu jest technika IPTA (ang. Interferometric Point Target Analysis), która wykorzystuje zestaw obrazów SAR, między którymi obliczana jest wartość przesunięcia fazy dla każdego piksela. W ten sposób powstają interferogramy różnicowe. Analiza IPTA wykonywana jest jedynie dla stabilnych punktów koherentnych, czyli takich, które charakteryzują się niezmiennością sposobu odbicia fal w czasie. Przede

wszystkim są to punkty na terenach zabudowanych (głównie na elementach budynków), a ich gęstość sięga kilku tysięcy punktów na każdy km². Metoda ta pozwala na obliczenie przemieszczeń dla pojedynczych obiektów, również, gdy jest to tylko lokalna deformacja. Analizy IPTA prowadzi się dla długich okresów czasowych, np. całego roku. Można wykorzystać kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt obrazów SAR, zarejestrowanych cyklicznie co kilka, kilkanaście dni (w zależności od rodzaju satelity). W ten sposób możliwe jest określenie wartości przemieszczeń dla wybranego okresu oraz prędkości tych deformacji. Wynikiem analiz IPTA jest zbiór przestrzenny punktów pomiarowych, dla których obliczone zostały wartości prędkości przemieszczenia obiektów (zazwyczaj w jednostce mm/rok) wzdłuż linii padania sygnału radarowego LOS (ang. Line Of Sight).

Głównym parametrem opisującym możliwość, dokładność i przede wszystkim gęstość stabilnych punktów pomiarowych PS dla analizy techniką IPTA jest wartość koherencji dla danego obszaru. Koherencja jest miarą spójności dwóch obrazów SAR. Na jej wartość wpływają przede wszystkim dwa czynniki: dekorelacja czasowa (związana głównie ze zmianą zagospodarowania lub wilgotności terenu między dwoma zobrazowaniami) oraz wpływ pokrycia terenu (analiza na obszarach leśnych, bagiennych oraz wodnych jest praktycznie niemożliwa, natomiast na terenach zabudowanych - najskuteczniejsza).

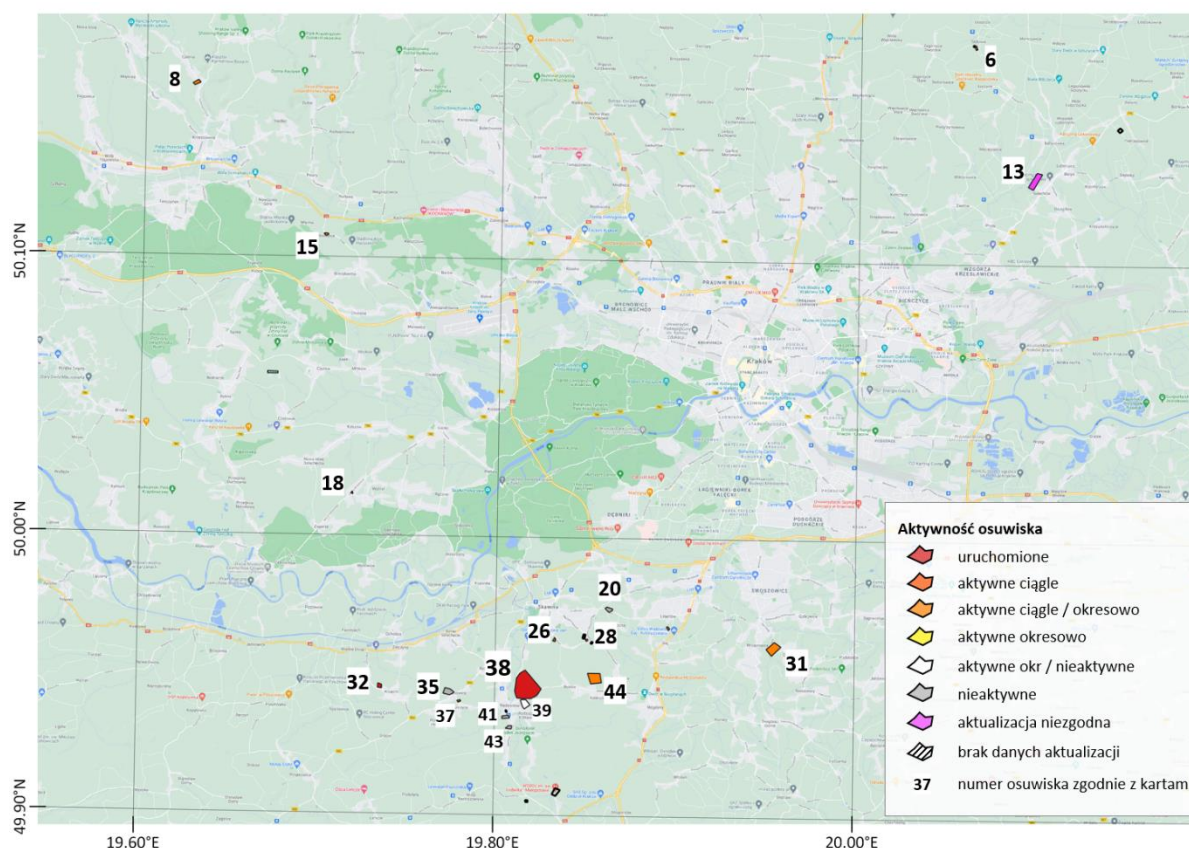
Techniki InSAR wykorzystywane są od wczesnych lat 90-tych XX wieku (Pratti C., et al., 1994; Hanssen R., 1999; Ferretti A., et al., 2007). Algorytmy obliczeń były i są udoskonalane przez wybitnych naukowców z całego świata. Początkiem XXI wieku powstały pierwsze analizy PS (Ferretti A., et al., 2000, 2001). Opublikowano również wiele artykułów naukowych, w których skupiono się na porównaniu techniki PS z naziemnymi metodami geodezyjnymi (Wei-Chia Hung, et al., 2011; Crosetto M. et al., 2009). Potwierdziły one milimetrową dokładność w skali roku dla technik wykorzystujących punkty PS. W niniejszym badaniu przyjęto dokładność wyznaczenia wartości przemieszczeń pionowych metodą IPTA za równą ± 2 mm w skali roku.

Zarówno wszystkie analizy obrazów SAR zostały przeprowadzone przez doświadczonych pracowników firmy SATIM, posiadających wyższe wykształcenie w dziedzinie geologii, geodezji, teledetekcji oraz informatyki.

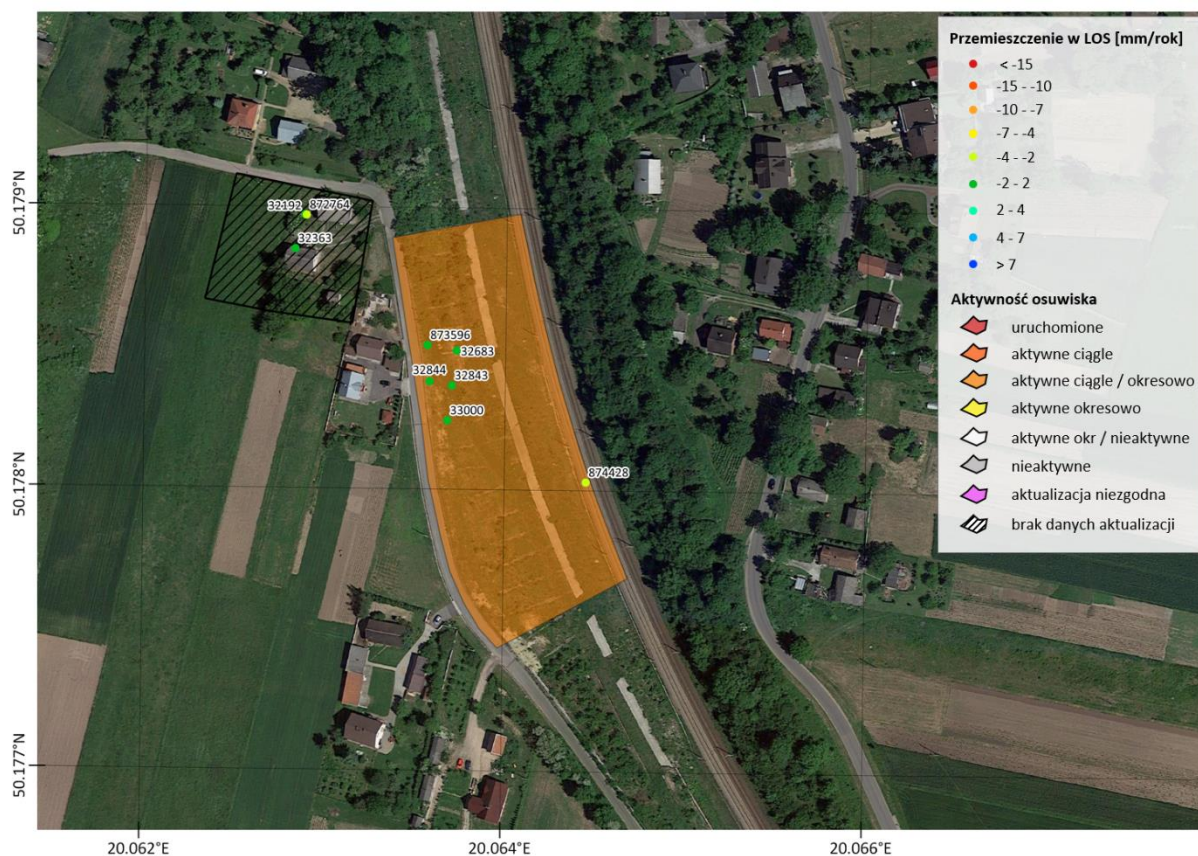
3

MAPY PUNKTÓW POMIAROWYCH

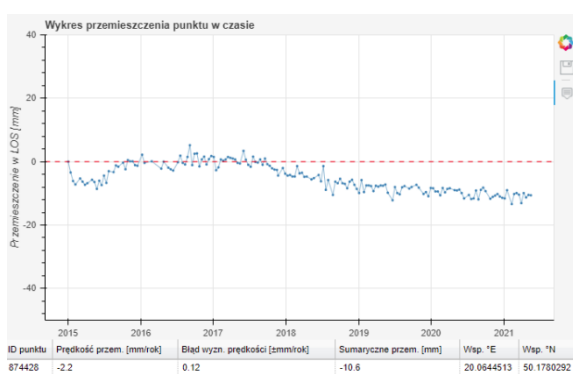
Przedstawiona mapa (Rys. 2) przedstawia lokalizację monitorowanych osuwisk wraz z ich numerami zgodnymi z Kartami Osuwisk dla powiatu krakowskiego sporządzonych przez Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Poniżej zostały zobrazowane poszczególne osuwiska wraz z punktami pomiarowymi oraz wykresami przemieszczeń w LOS dla niektórych punktów.



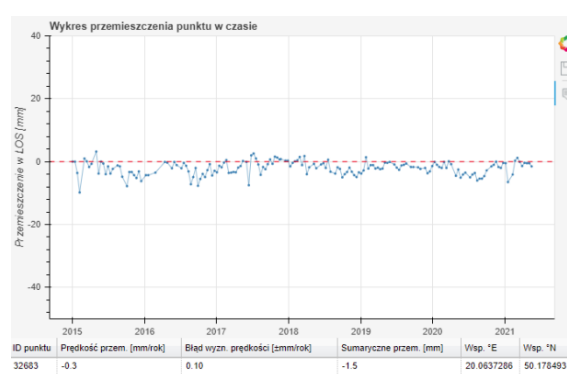
Rys. 2 Mapa monitorowanych osuwisk wraz z ich numeracją zgodną z Kartami Osuwisk



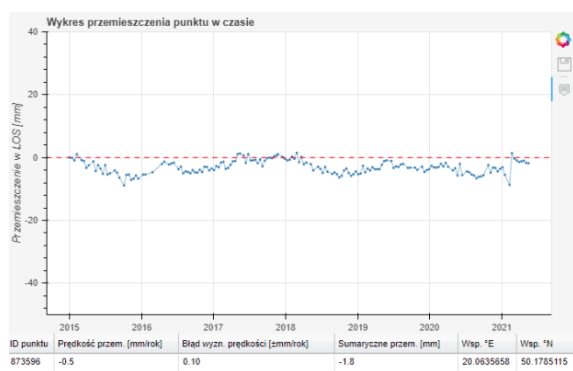
Rys. 3 Mapa osuwiska nr 6 z punktami PS dla orbity ascending



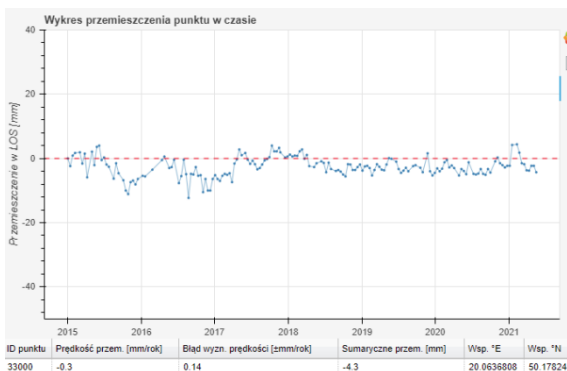
874428



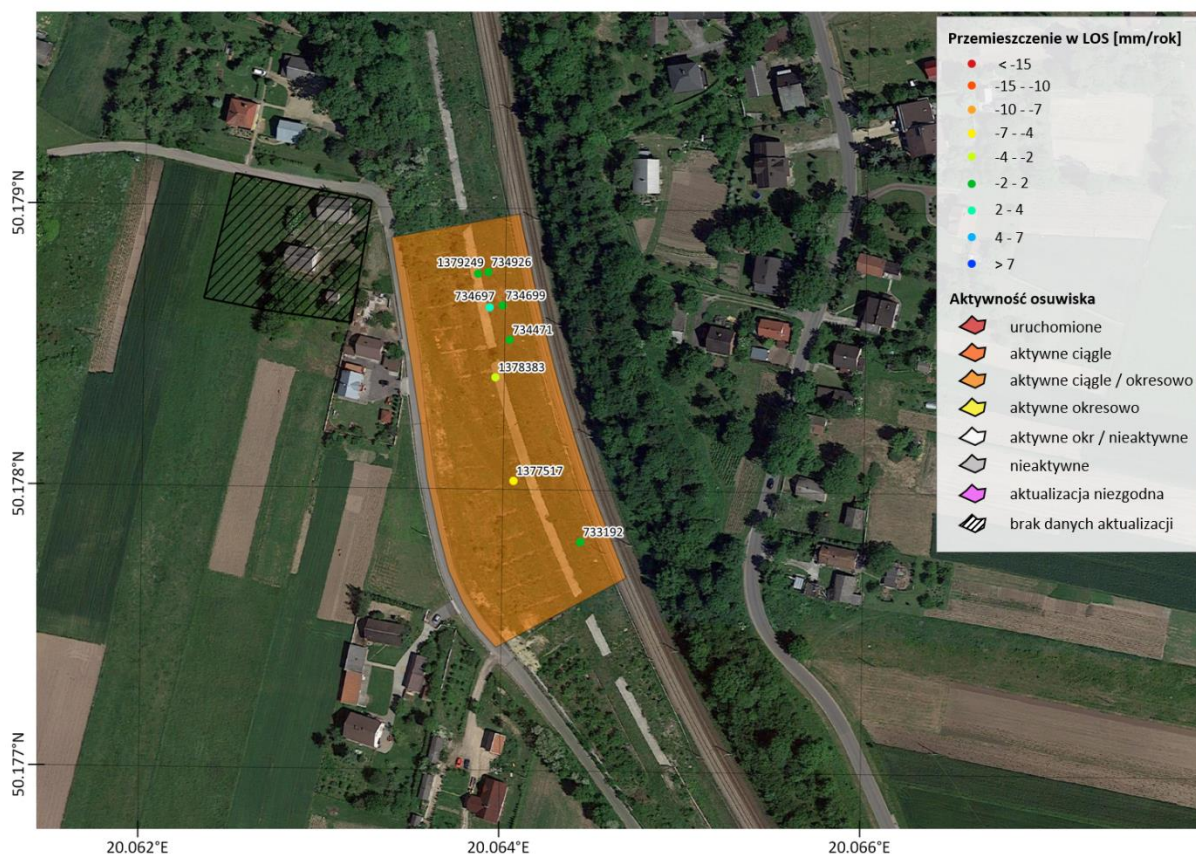
32683



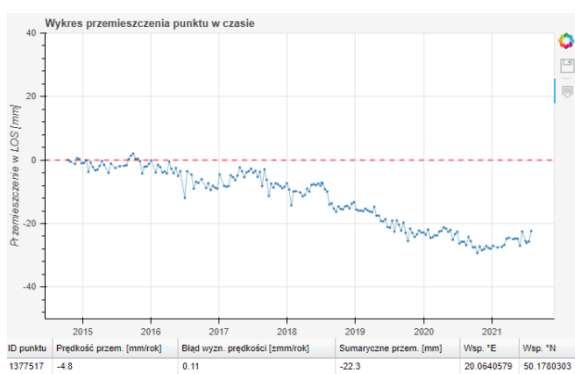
873596



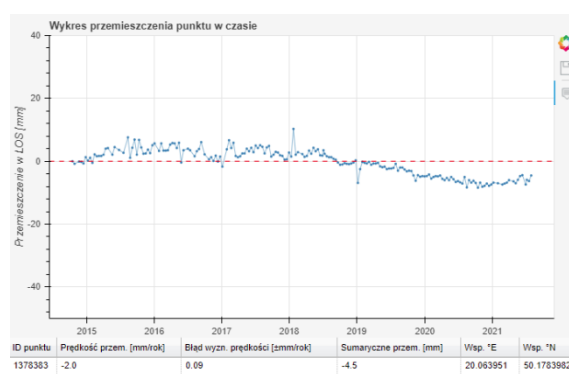
33000



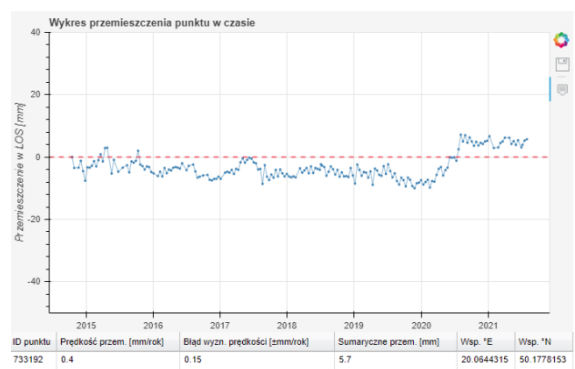
Rys. 4 Mapa osuwiska nr 6 z punktami PS dla orbity descending



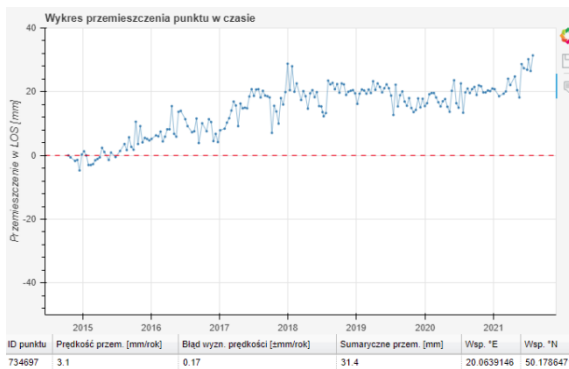
1377517



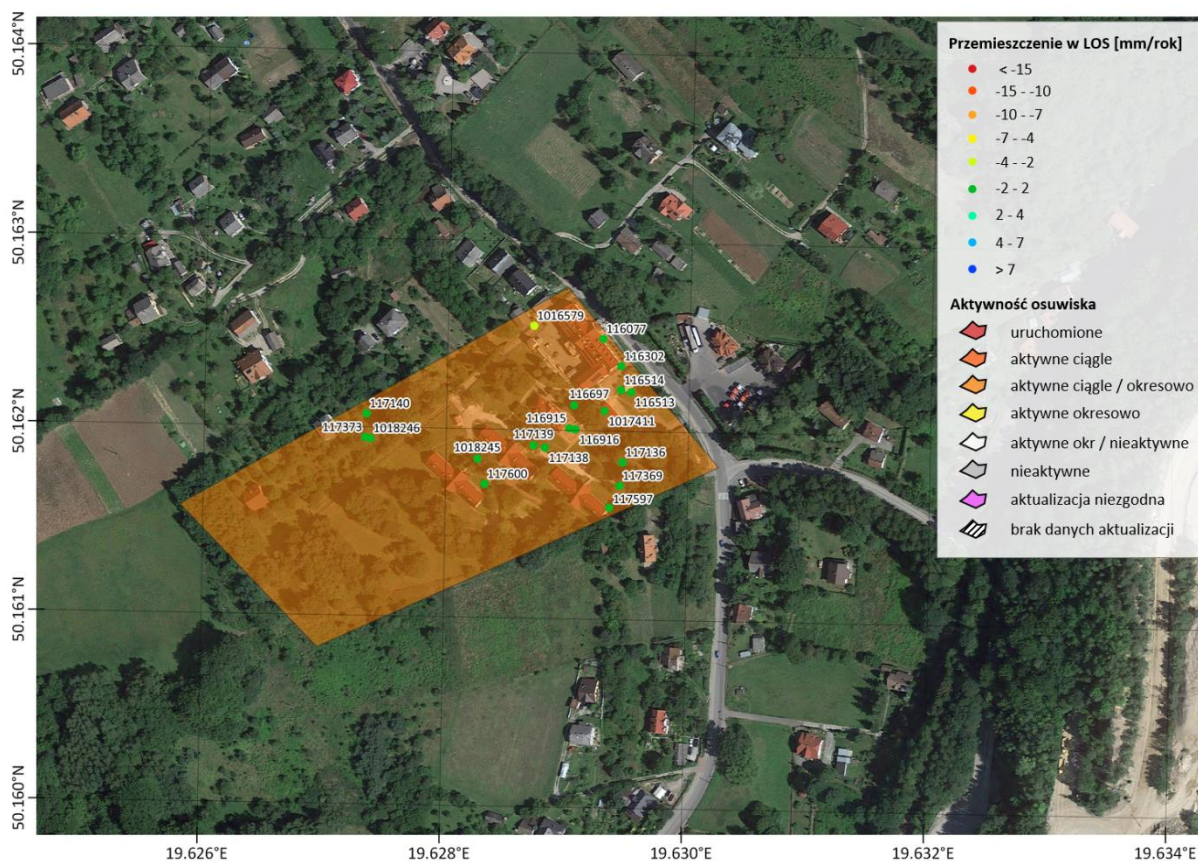
1378383



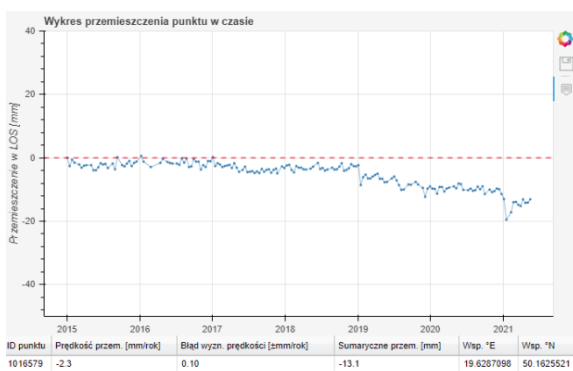
733192



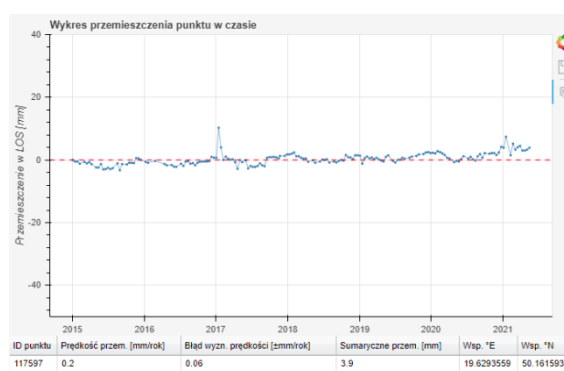
734697



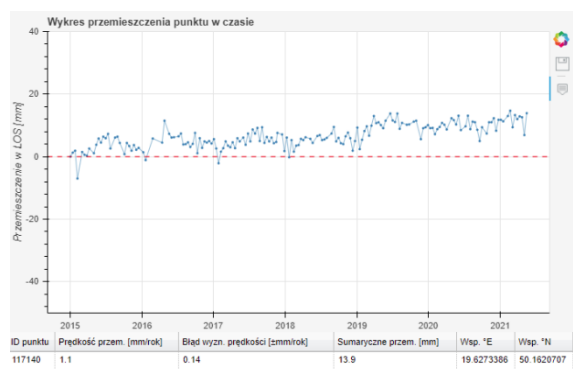
Rys. 5 Mapa osuwiska nr 8 z punktami PS dla orbity ascending



1016579



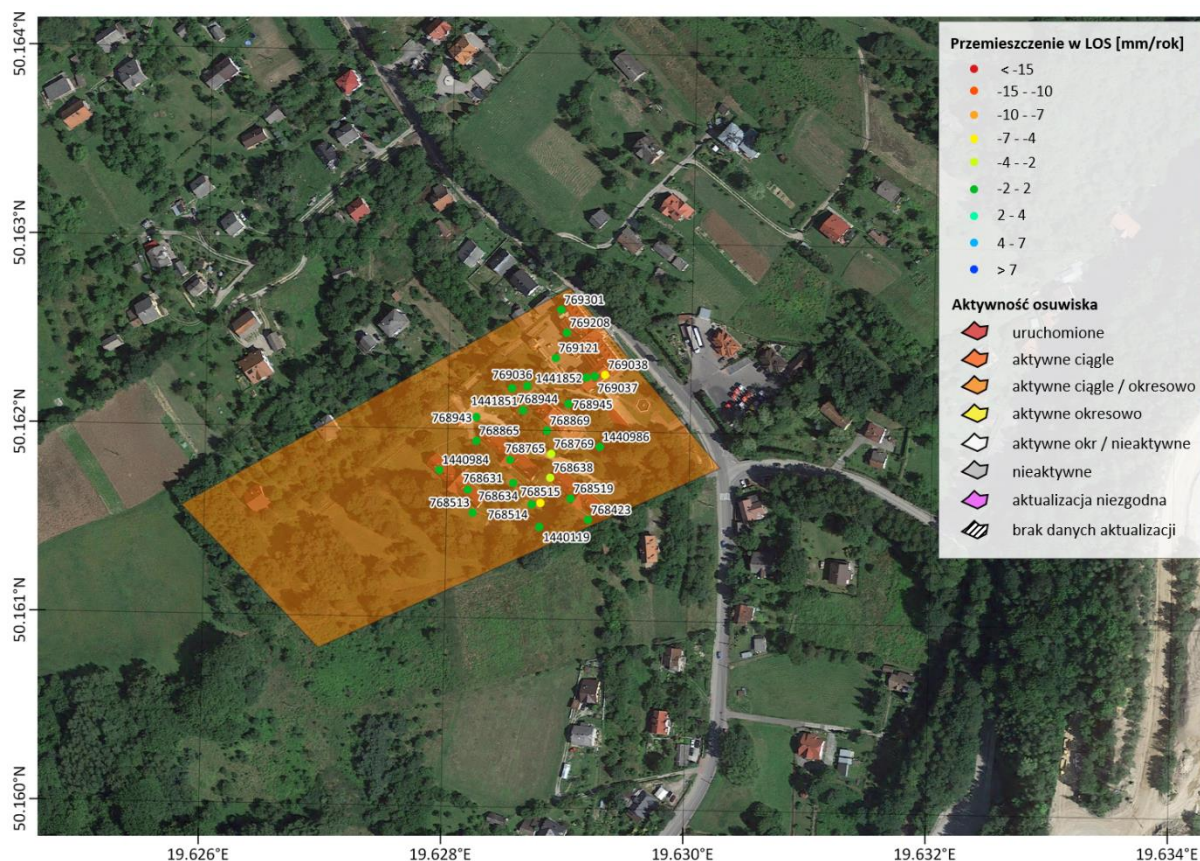
117597



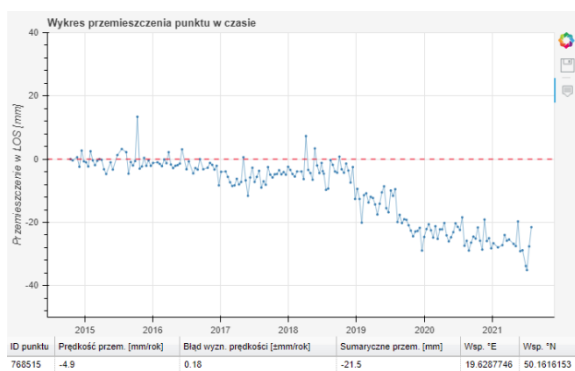
117140



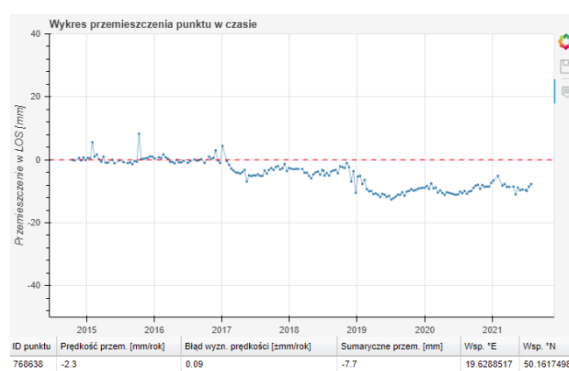
116302



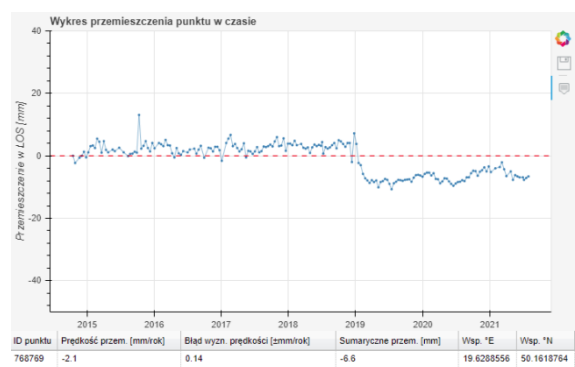
Rys. 6 Mapa osuwiska nr 8 z punktami PS dla orbity descending



768515



768638



768769



1441851

ID punktu	Predkosc przem. [mm/rok]	Błąd wyzn. predyki [mm/rok]	Sumaryczne przem. [mm]	Wsp. "E"	Wsp. "N"
972667	-7.5	0.19	-37.1	20.0960653	50.1284405

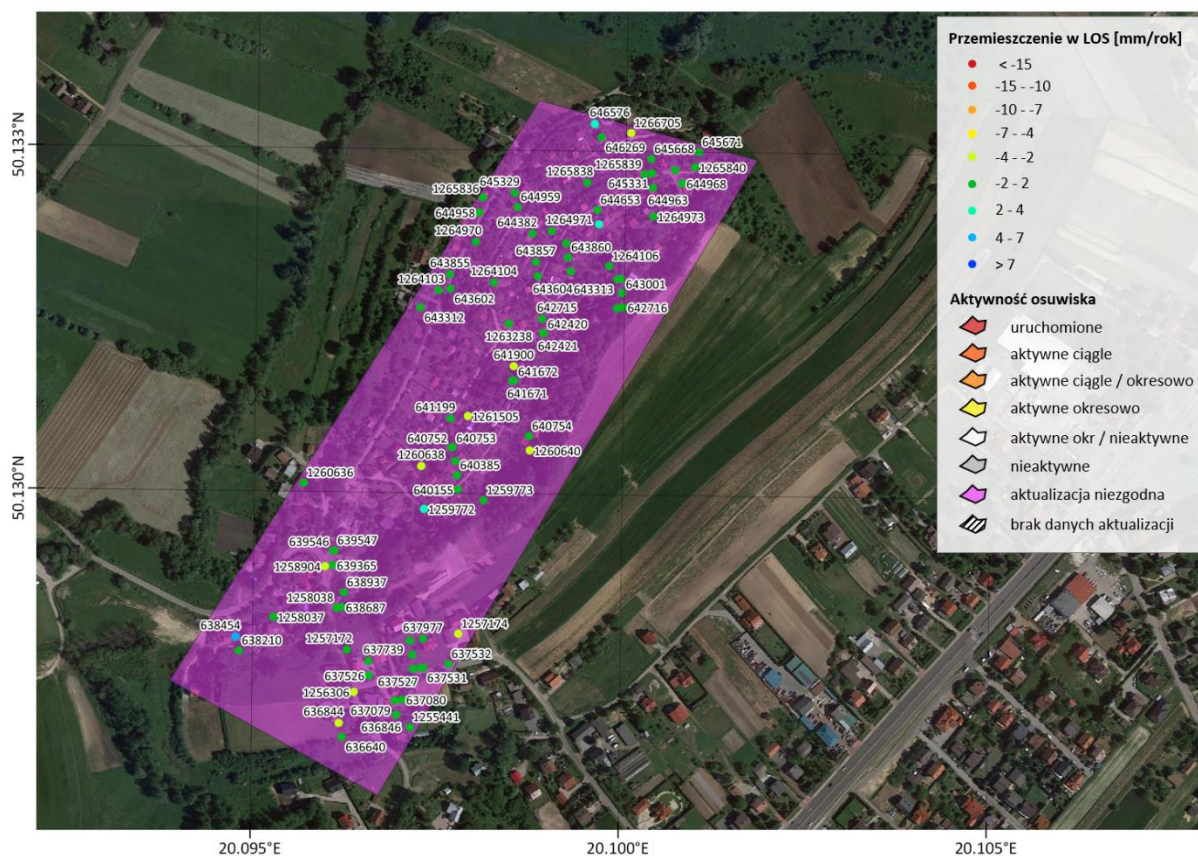
ID punktu	Prędkość prism [mm/rok]	Błąd wyzn. prędkości [mm/rok]	Sumaryczne prism [mm]	Wsp. "E"	Wsp. "N"
972668	-5.4	0.15	-30.1	20.0953926	50.129518

ID punktu	Predkosc'przem. [mm/rok]	Blad'wyzn. predkosc'i [zmm/rok]	Sumaryczne'przem. [mm]	Wsp. 'E	Wsp. 'N
969333	-8.2	0.12	-40.1	20.090154	56.1307396

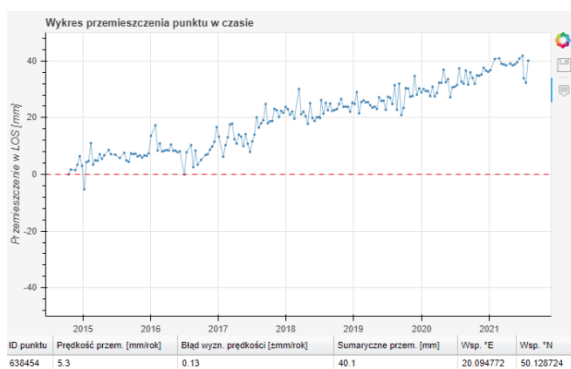
Wykres przemieszczenia punktu w czasie

ID punktu	Prędkość przem. [mm/rok]	Błąd wyzn. prędkości [mm/rok]	Sumaryczne przem. [mm]	Wsp. 'E	Wsp. 'N
90 184	4.1	0.17	21.4	20 0945295	50 128220

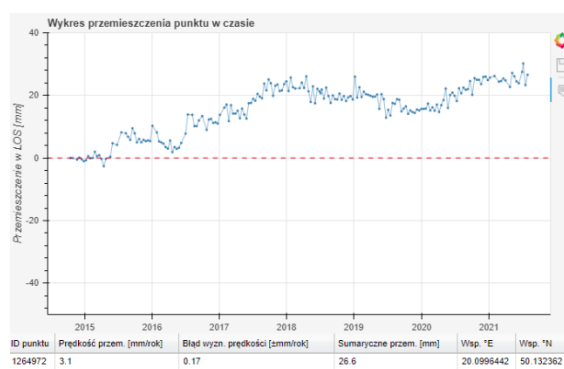
e-mail: kontakt@satim.pl



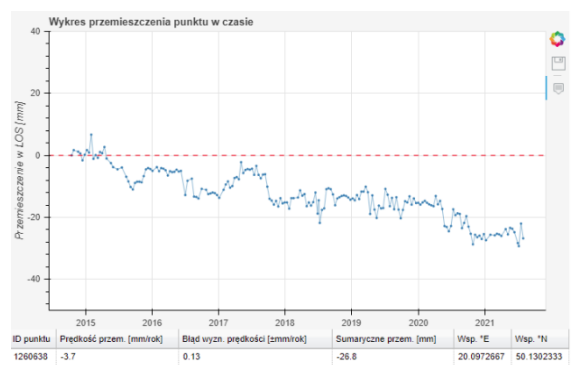
Rys. 8 Mapa osuwiska nr 13 z punktami PS dla orbity descending



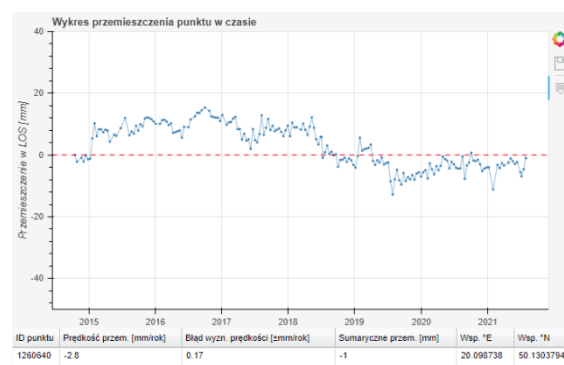
638454



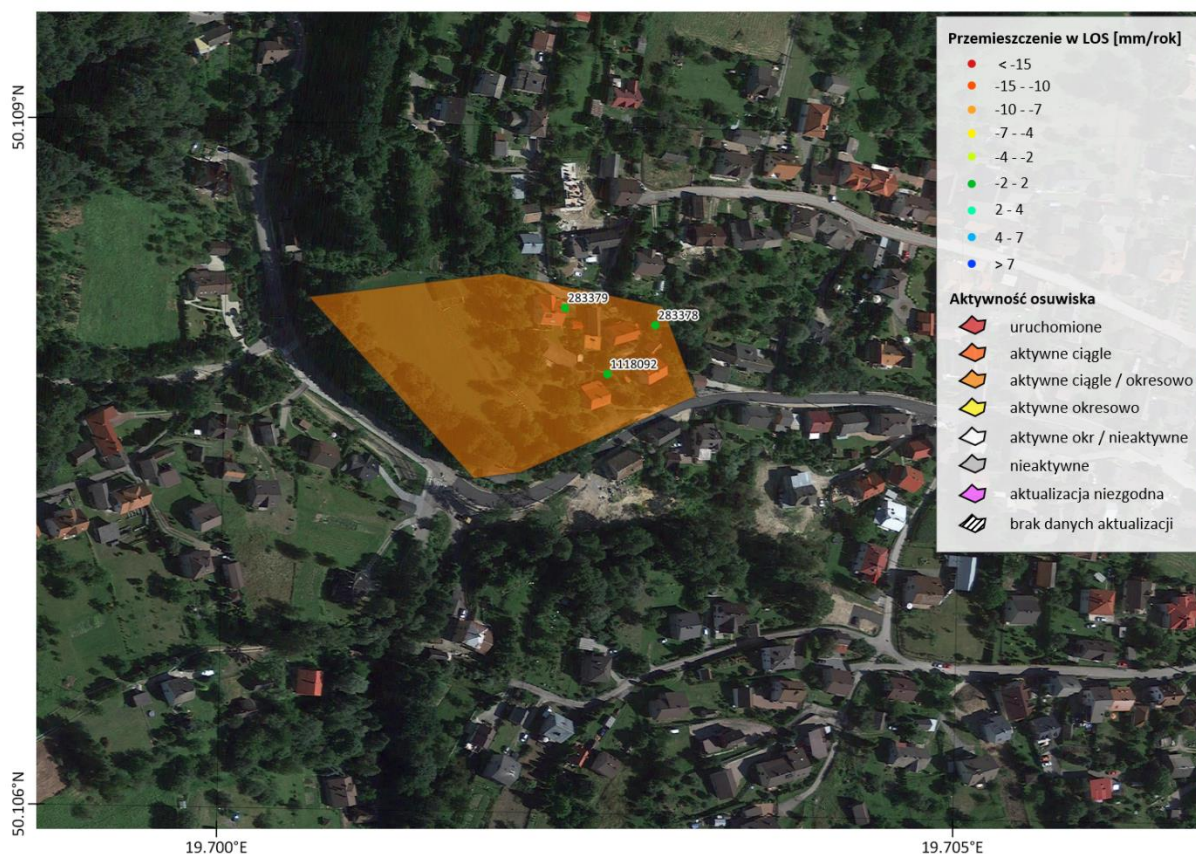
1264972



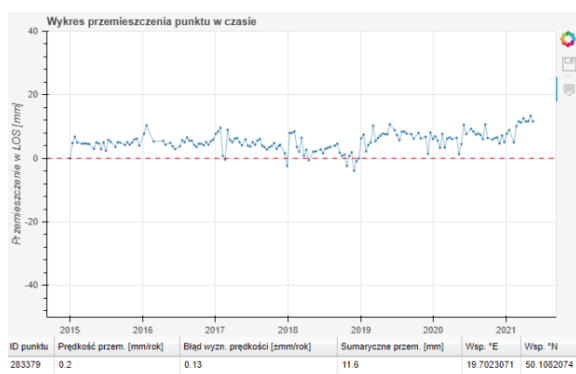
1260638



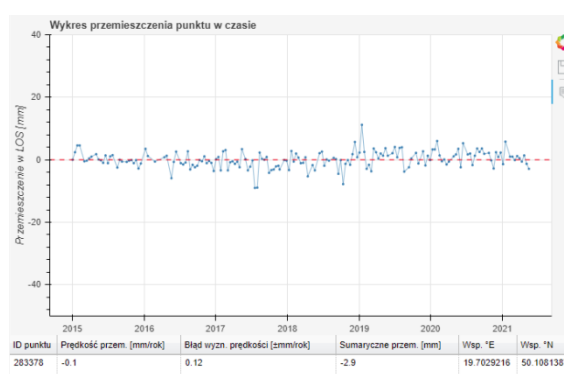
1260640



Rys. 9 Mapa osuwisk nr 15 z punktami PS dla orbity ascending



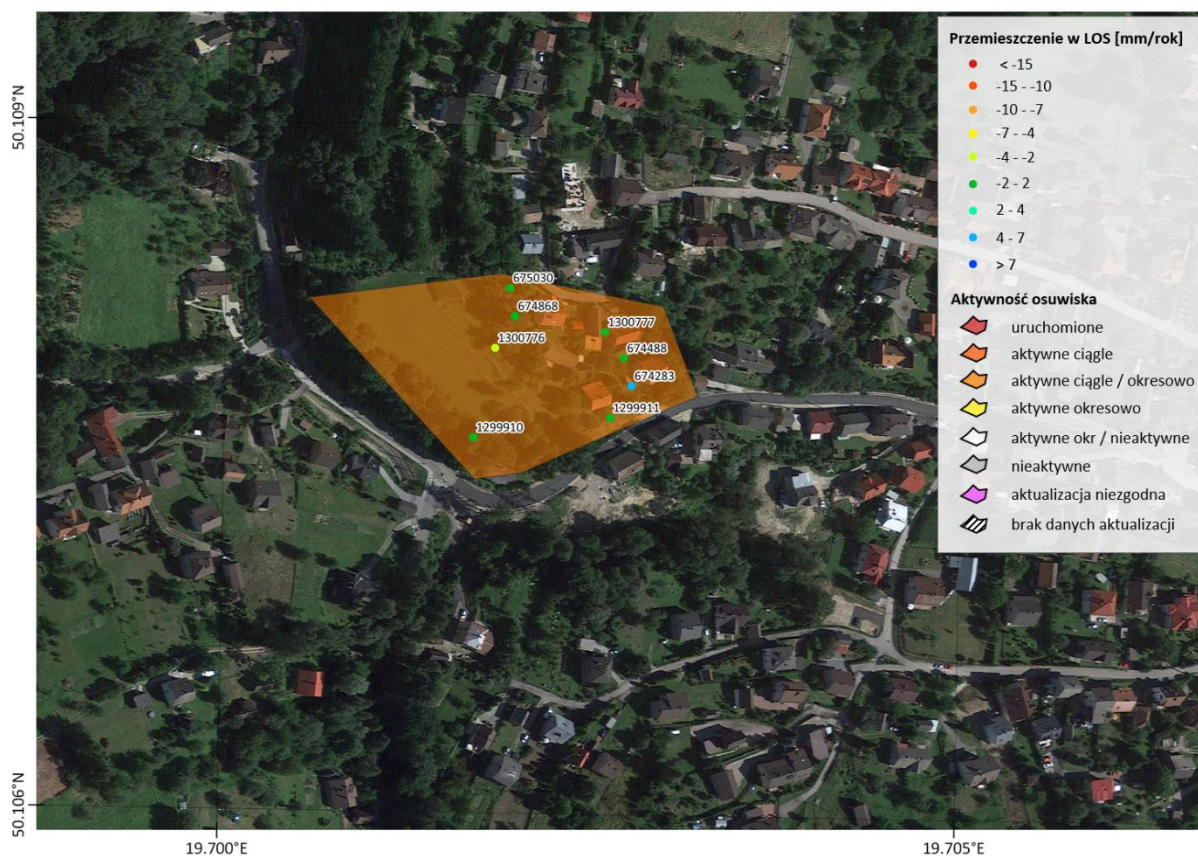
283379



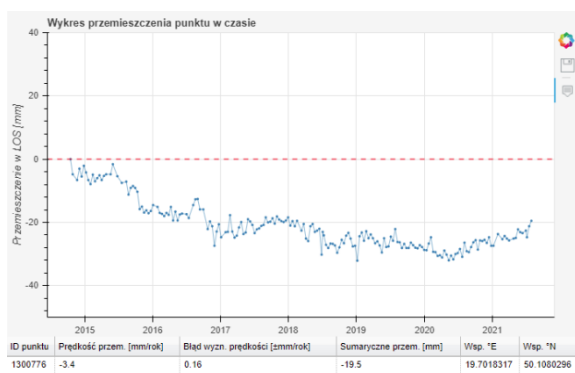
283378



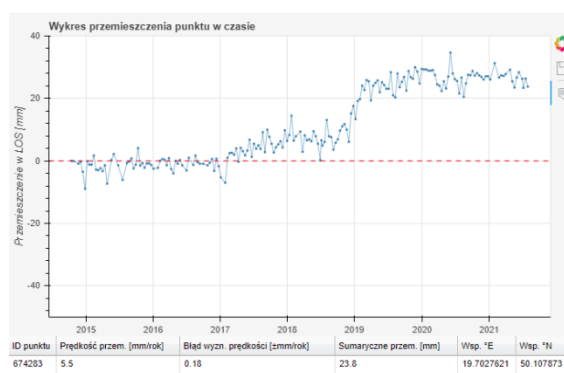
1118092



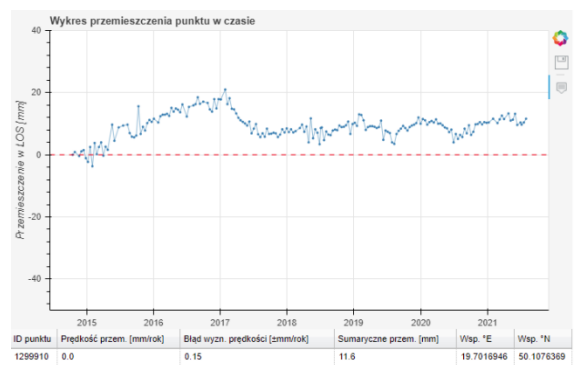
Rys. 10 Mapa osuwiska nr 15 z punktami PS dla orbity descending



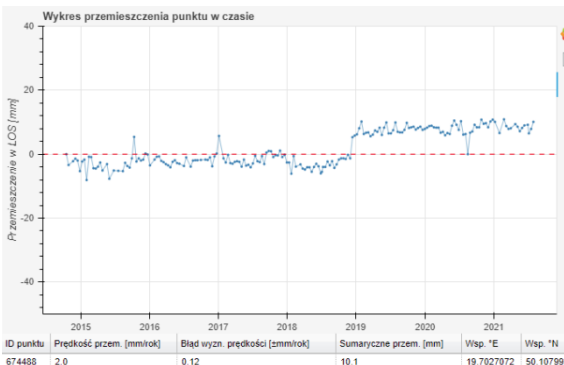
1300776



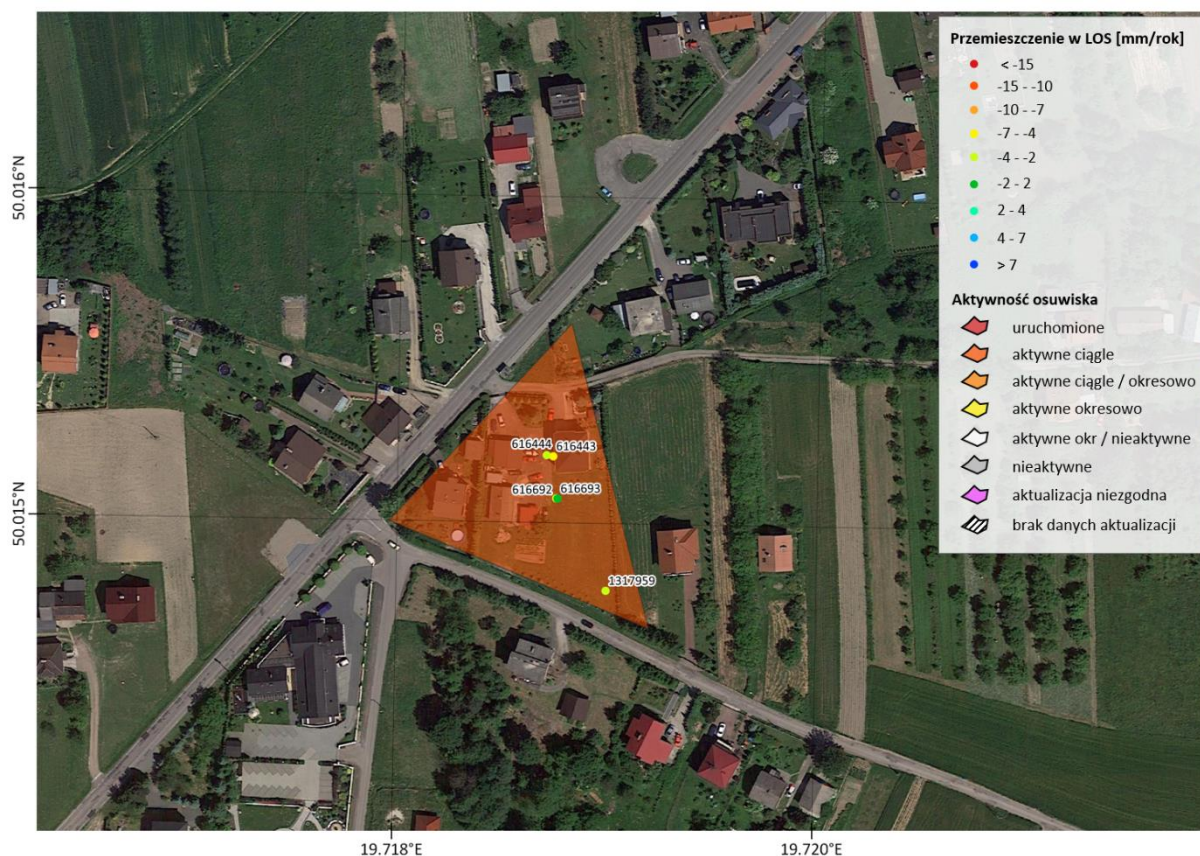
674283



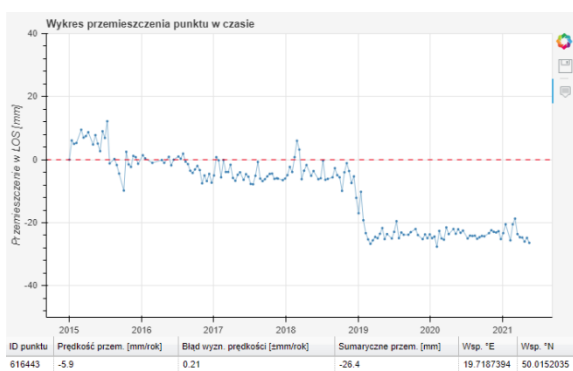
1299910



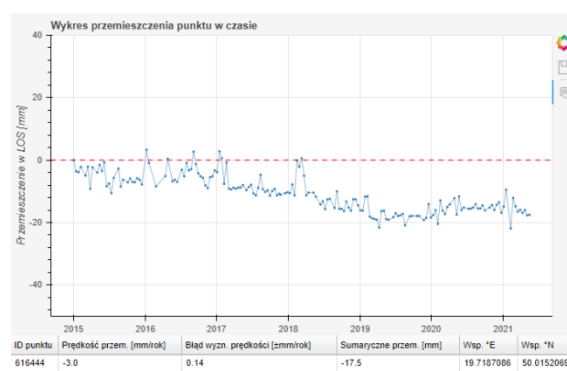
674488



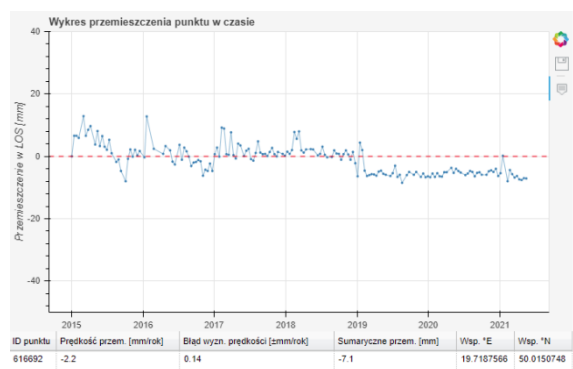
Rys. 11 Mapa osuwiska nr 18 z punktami PS dla orbity ascending



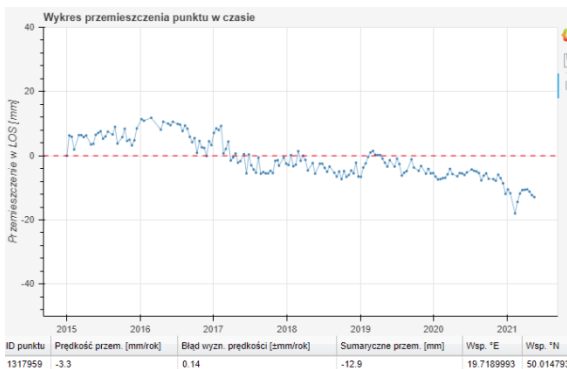
616443



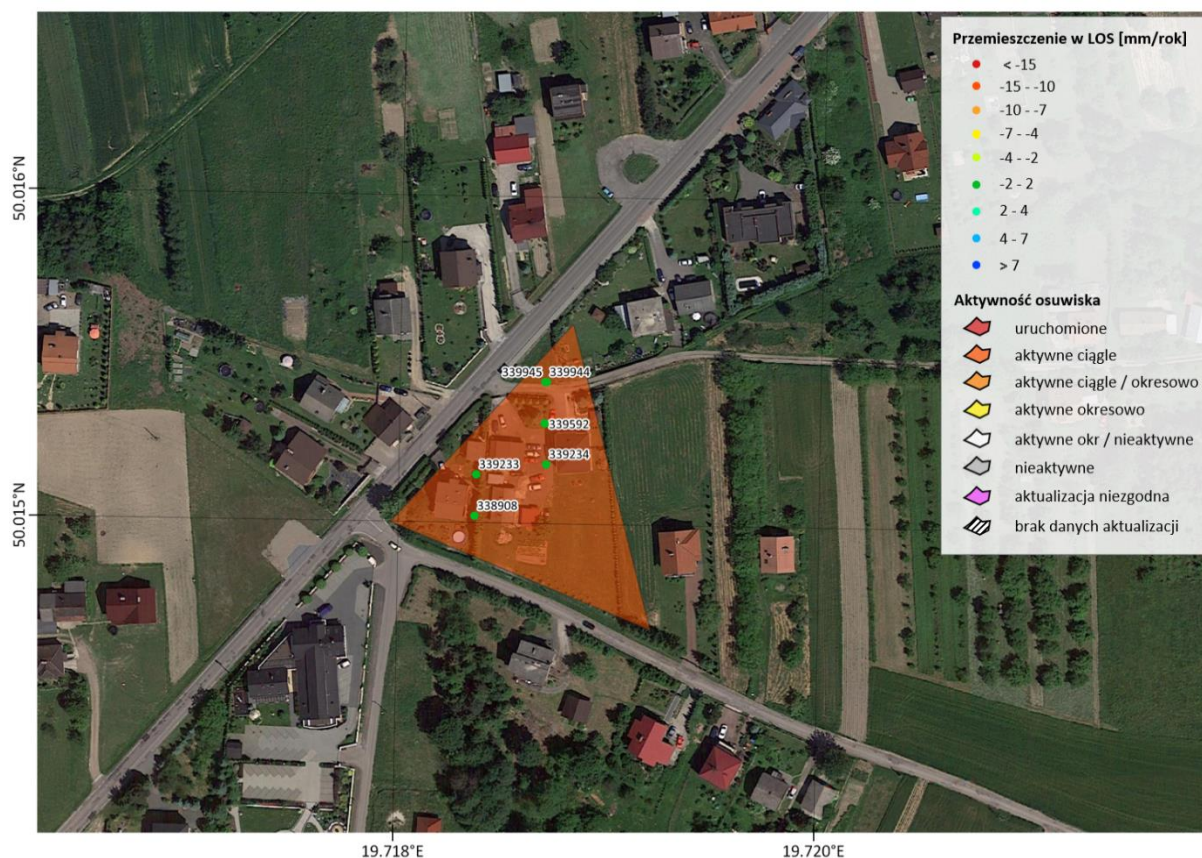
616444



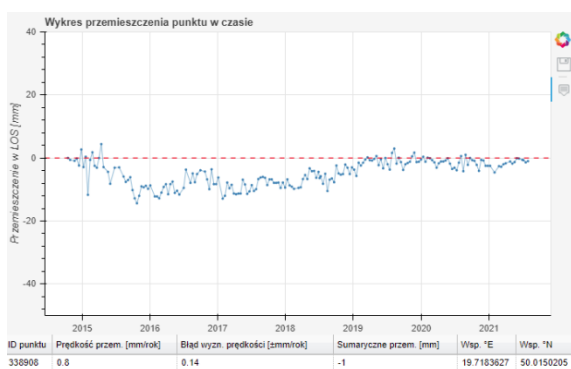
616692



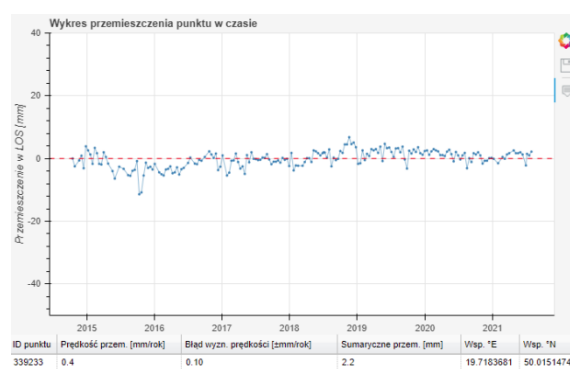
1317959



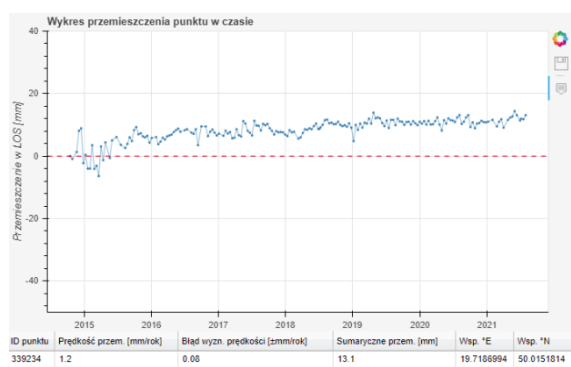
Rys. 12 Mapa osuwiska nr 18 z punktami PS dla orbity descending



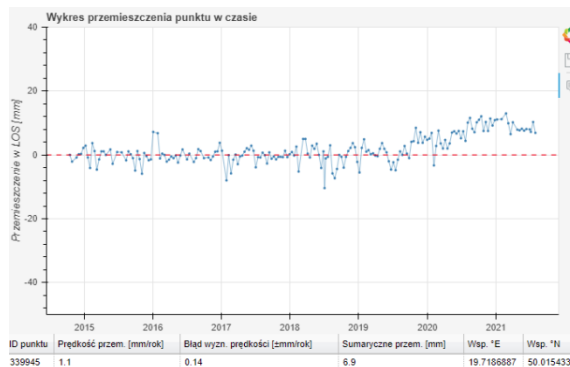
338908



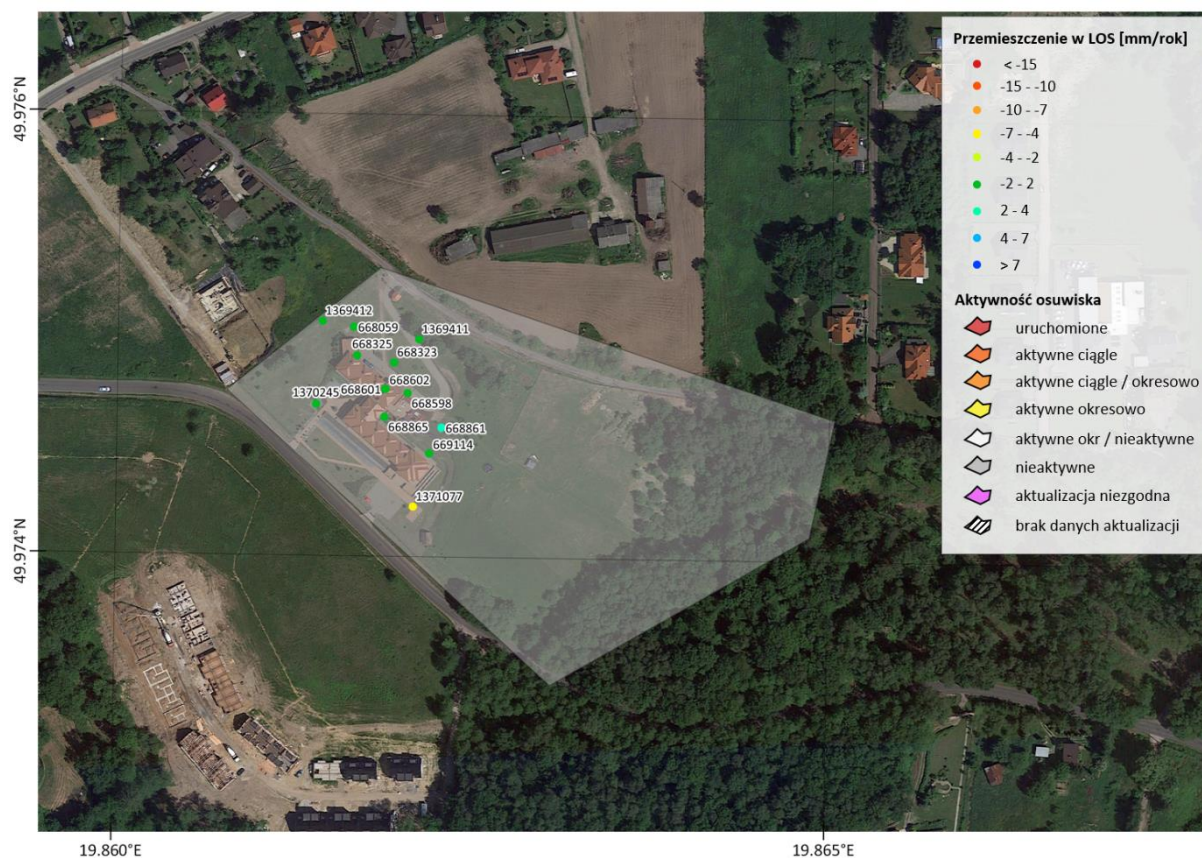
339233



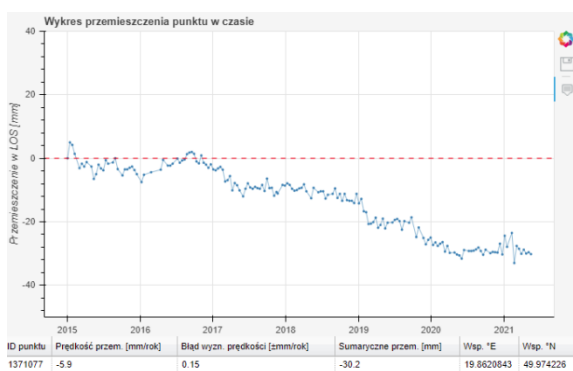
339234



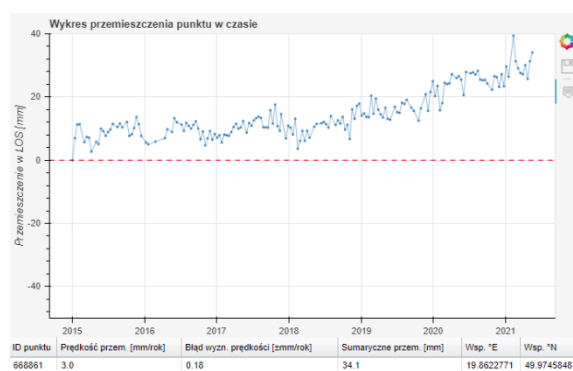
339945



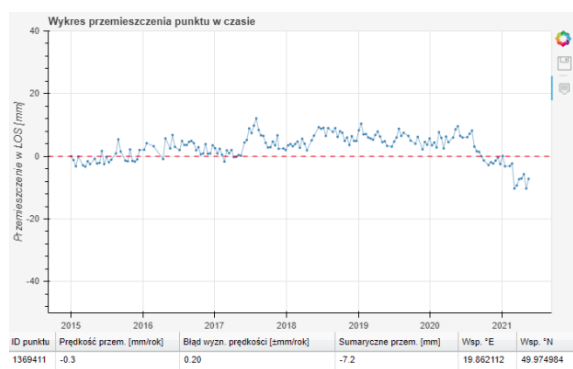
Rys. 13 Mapa osuwisk nr 20 z punktami PS dla orbity ascending



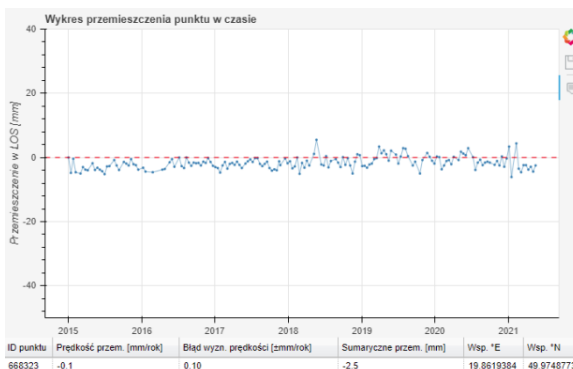
1371077



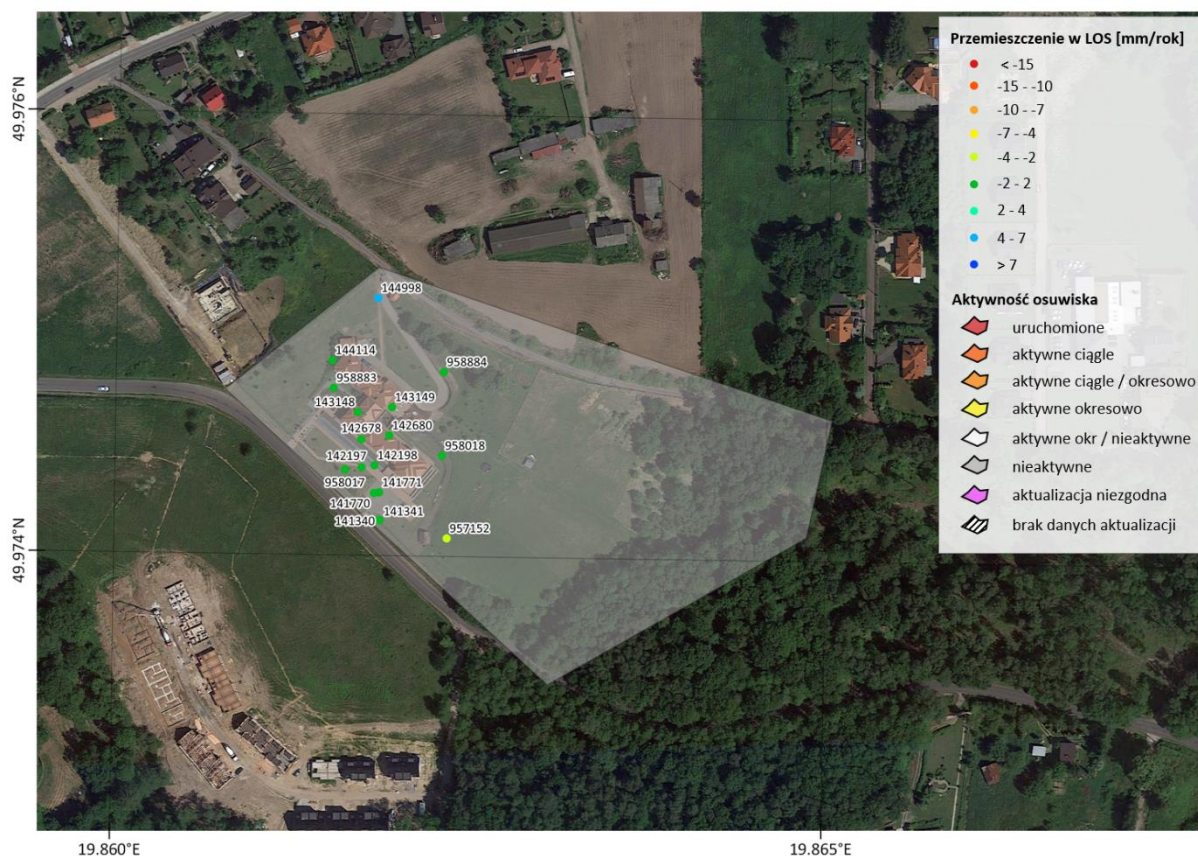
668861



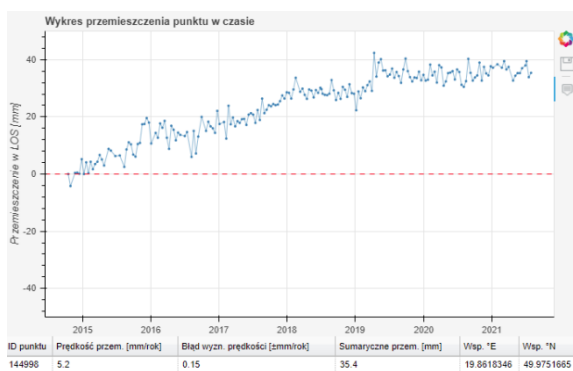
1369411



668323



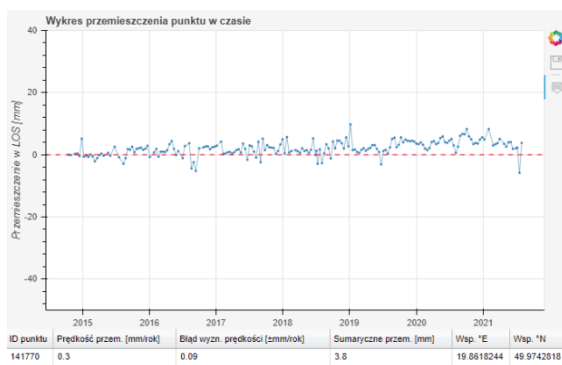
Rys. 14 Mapa osuwiska nr 20 z punktami PS dla orbity descending



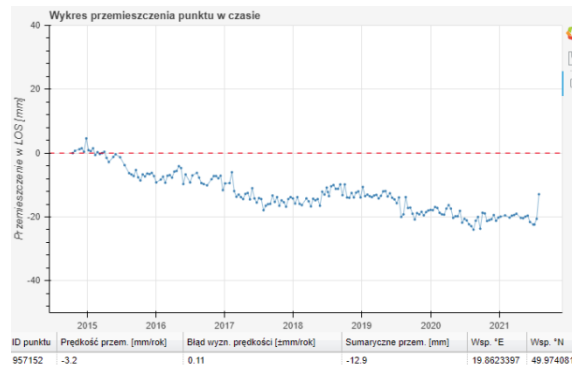
144998



142680



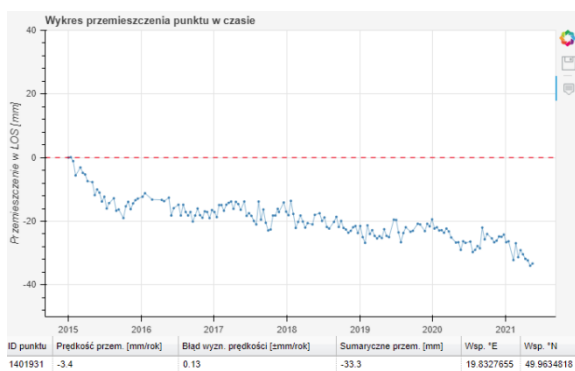
141770



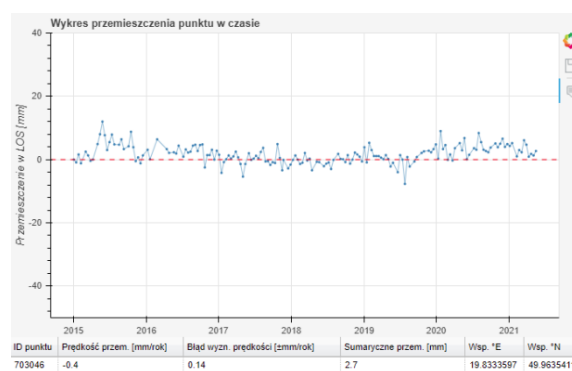
957152



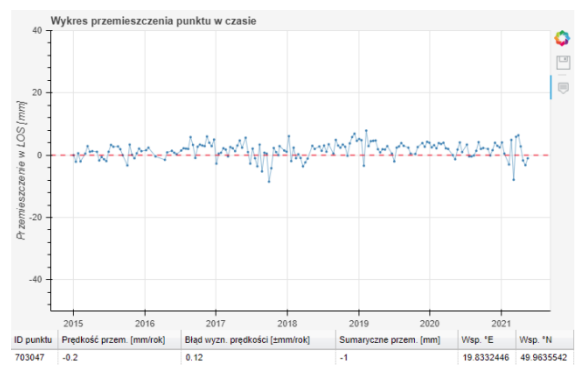
Rys. 15 Mapa osuwiska nr 26 z punktami PS dla orbity ascending



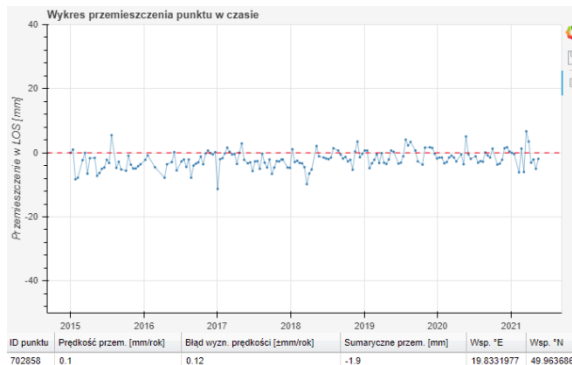
1401931



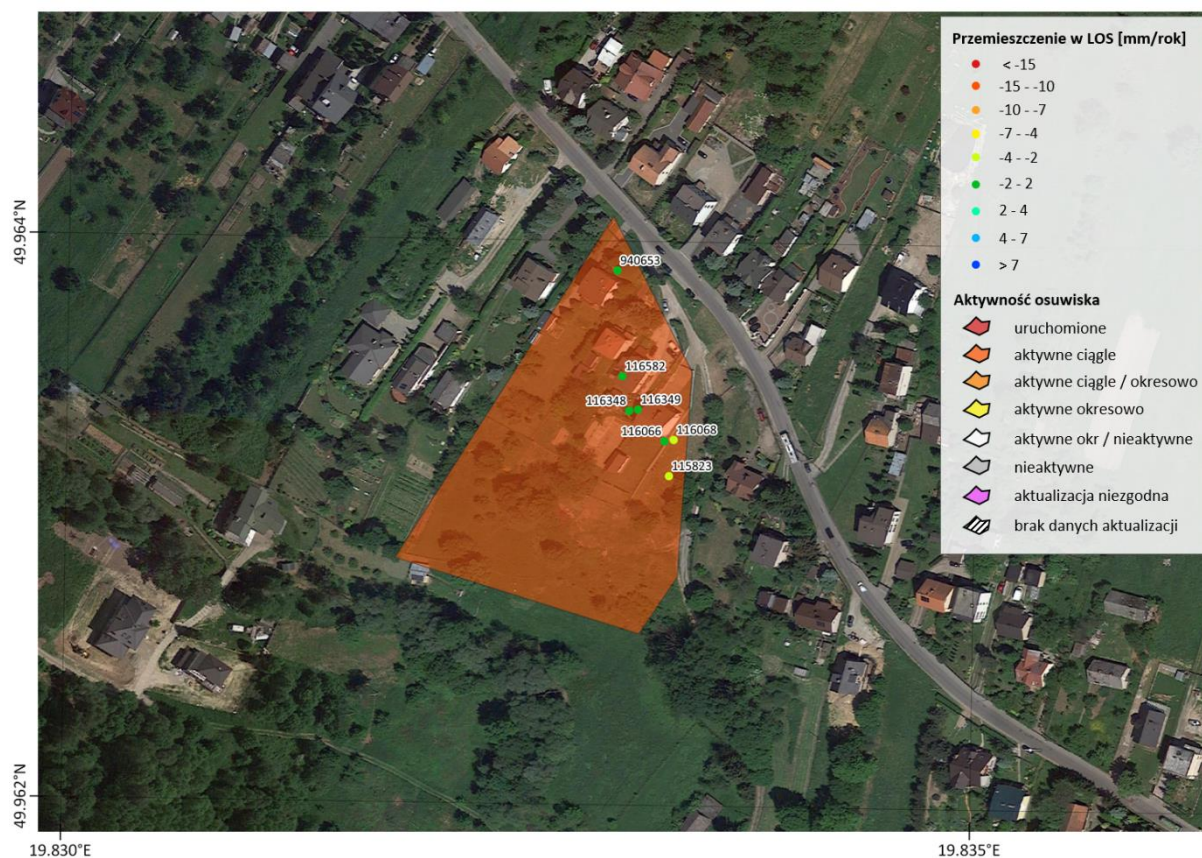
703046



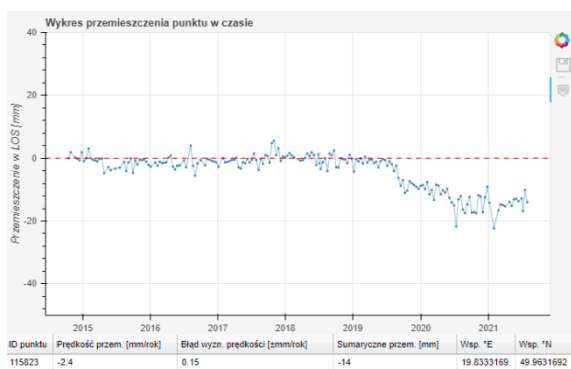
703047



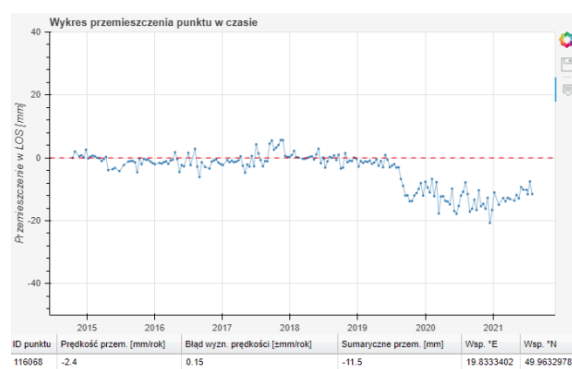
702858



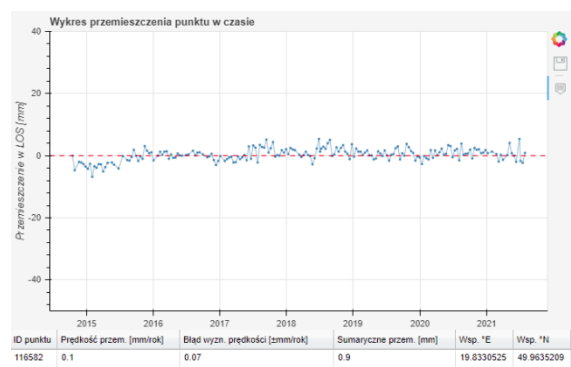
Rys. 16 Mapa osuwiska nr 26 z punktami PS dla orbity descending



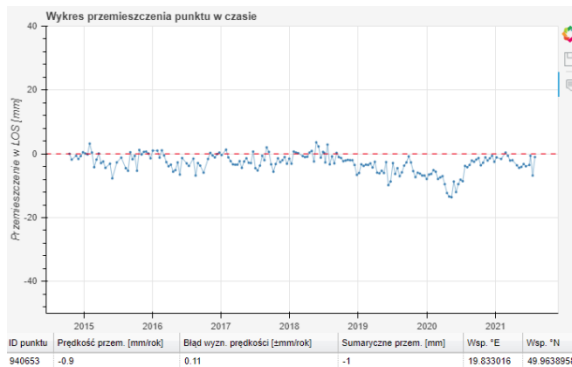
115823



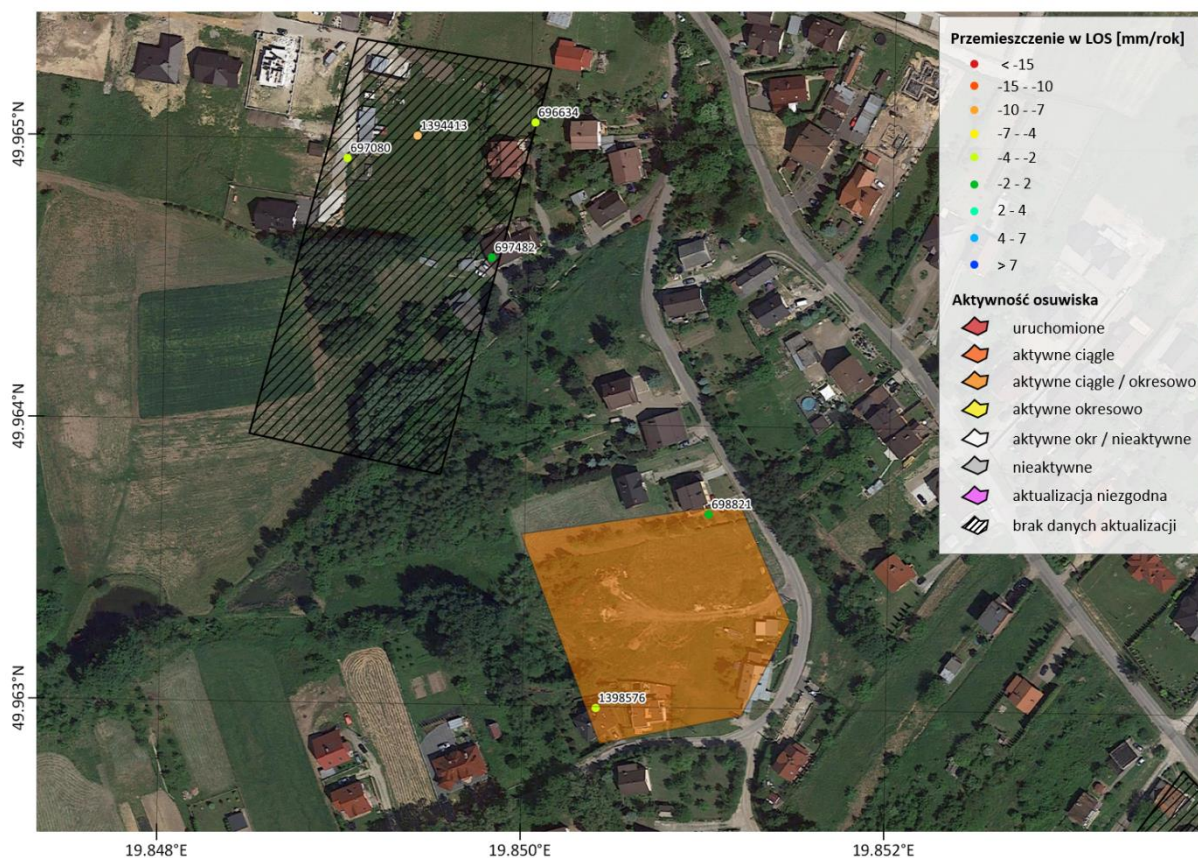
116068



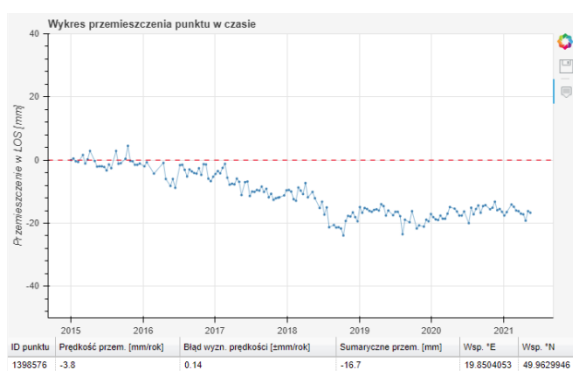
116582



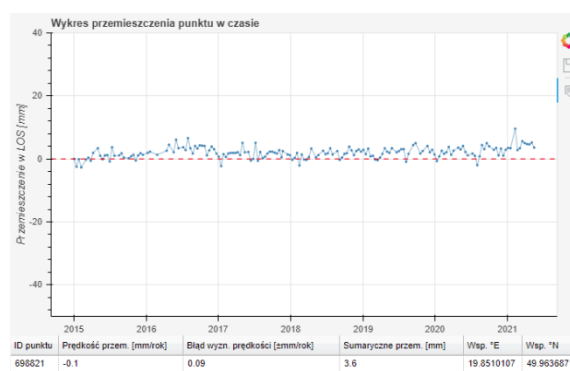
940653



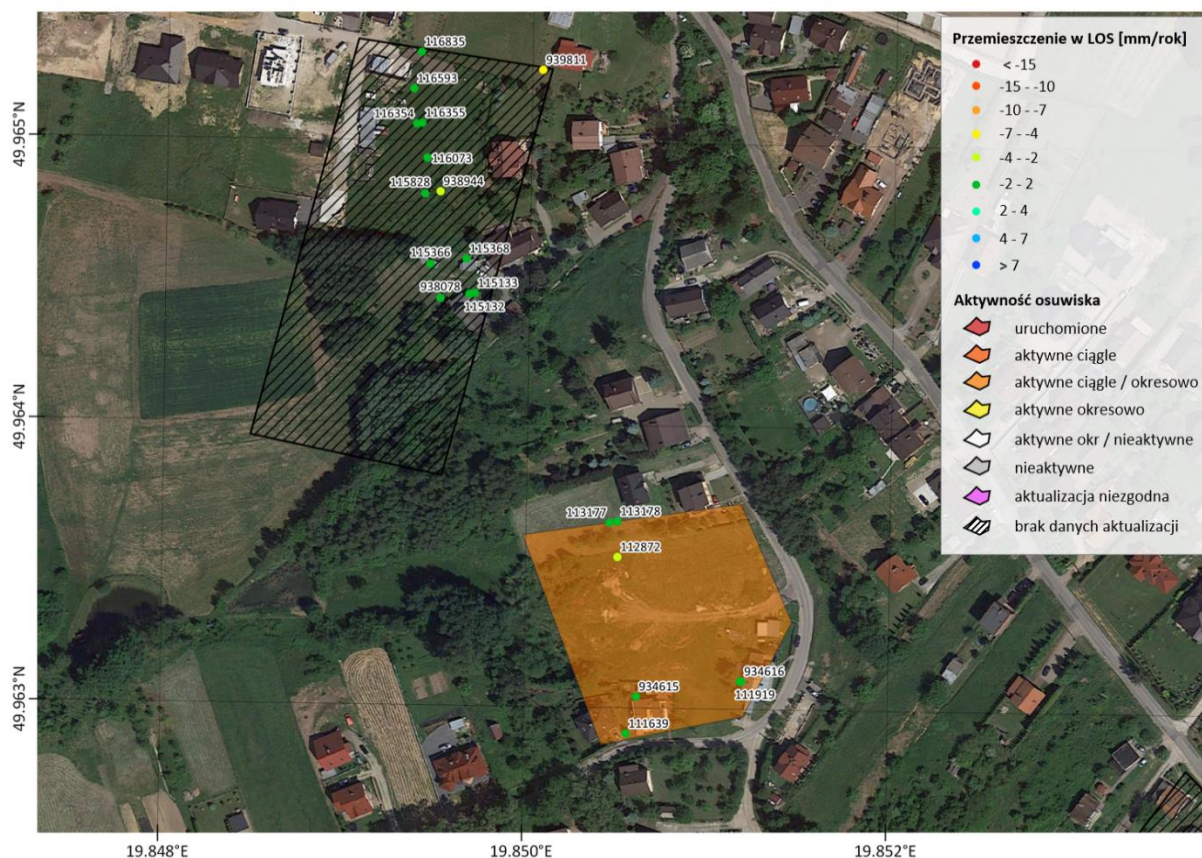
Rys. 17 Mapa osuwiska nr 28 z punktami PS dla orbity ascending



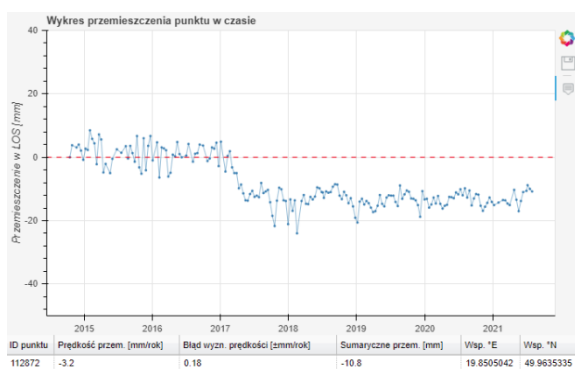
1398576



698821



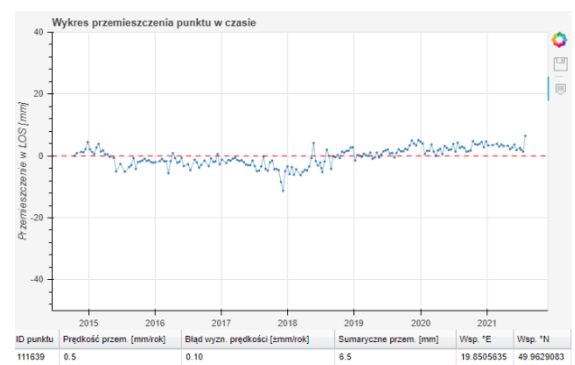
Rys. 18 Mapa osuwiska nr 28 z punktami PS dla orbity descending



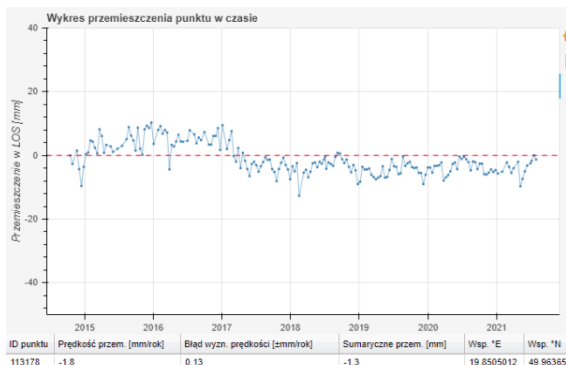
112872



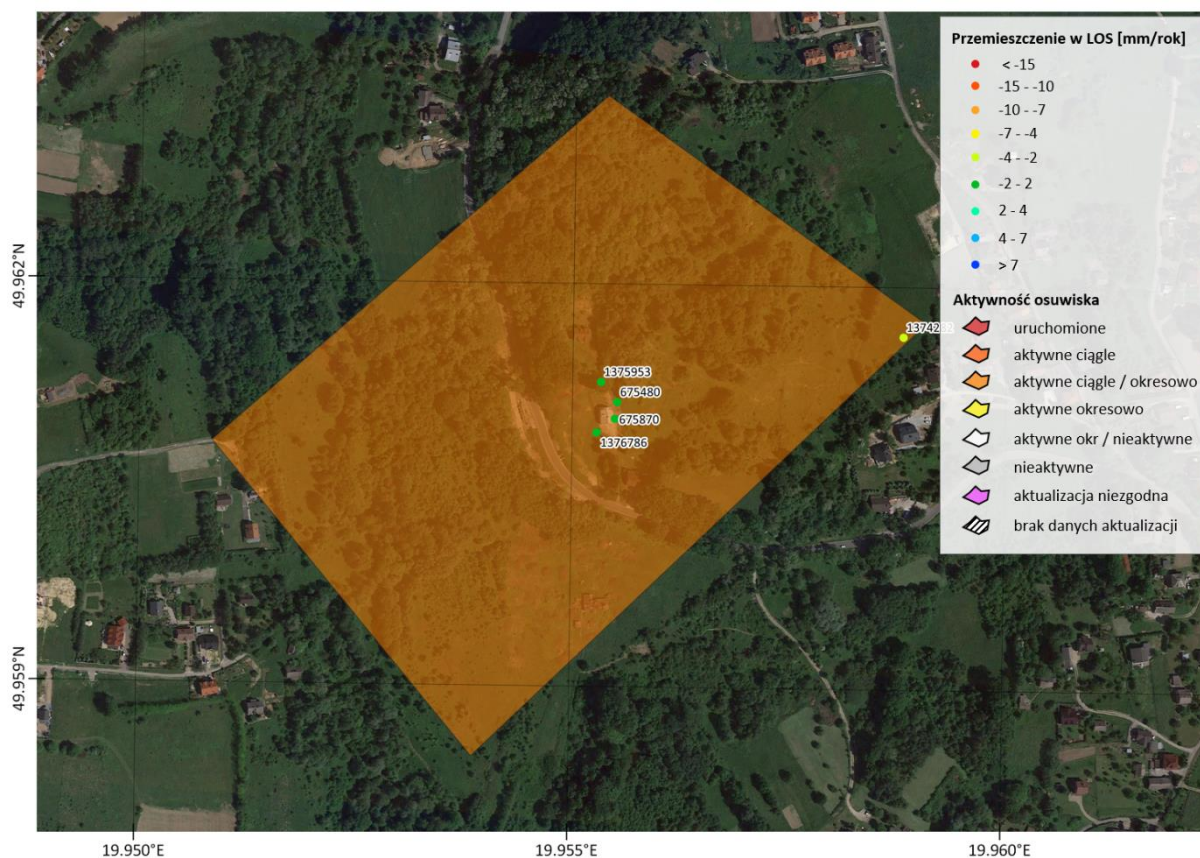
934616



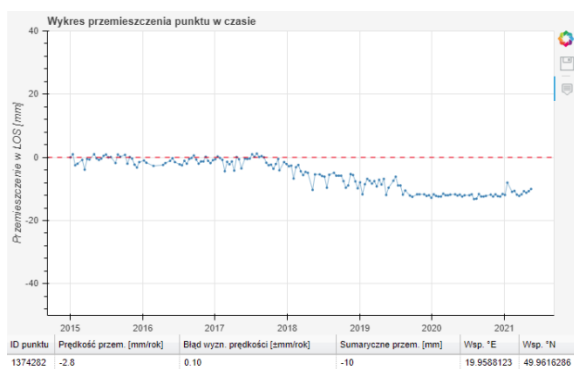
111639



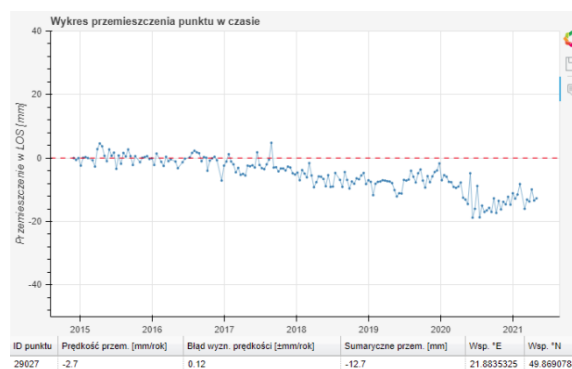
113178



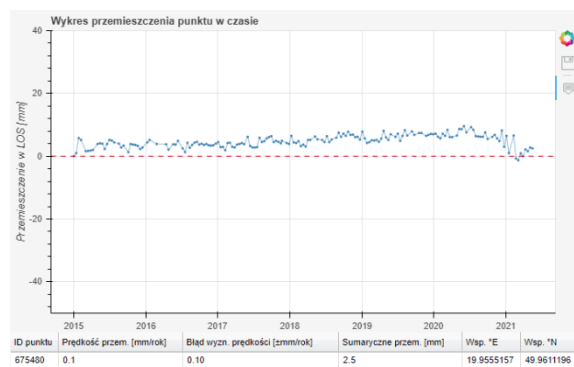
Rys. 19 Mapa osuwiska nr 31 z punktami PS dla orbity ascending



1374282



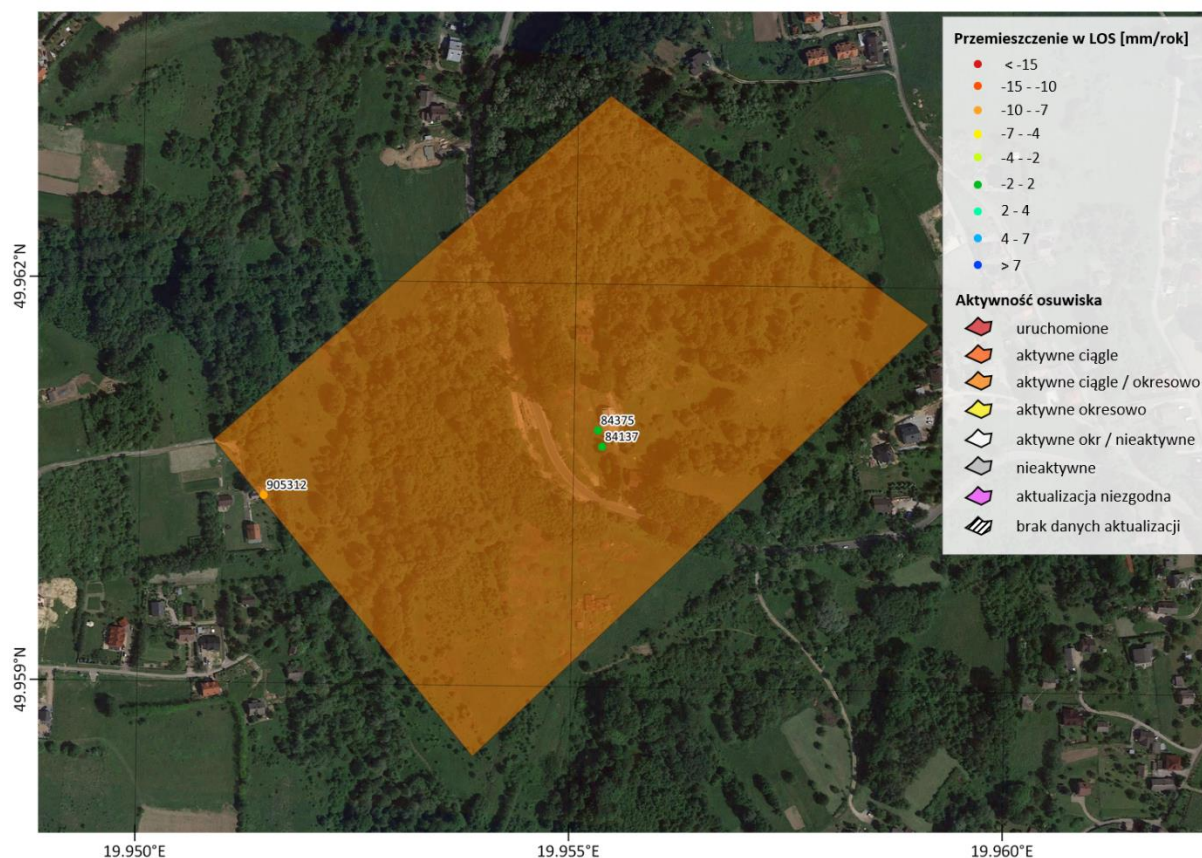
1376786



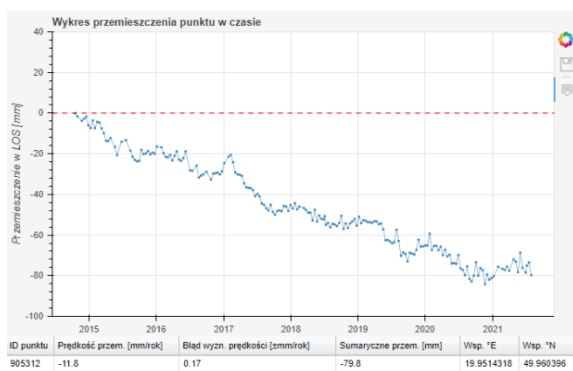
675480



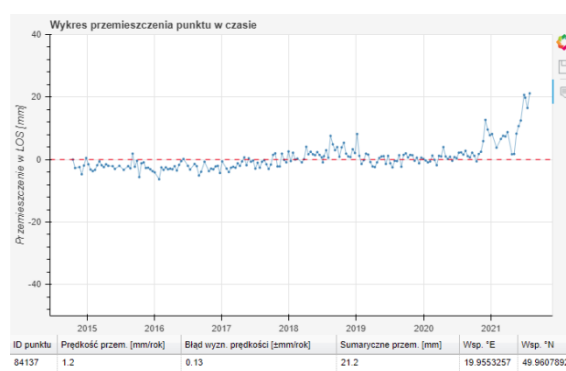
1375953



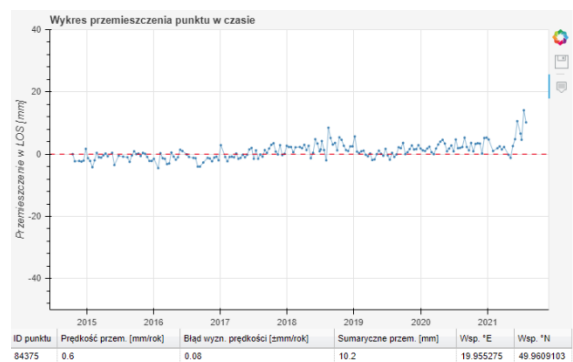
Rys. 20 Mapa osuwiska nr 31 z punktami PS dla orbity descending



905312



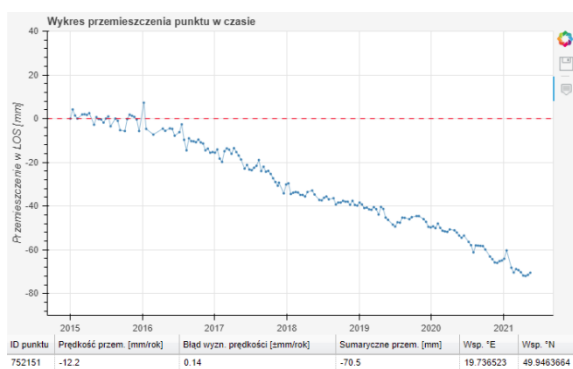
84137



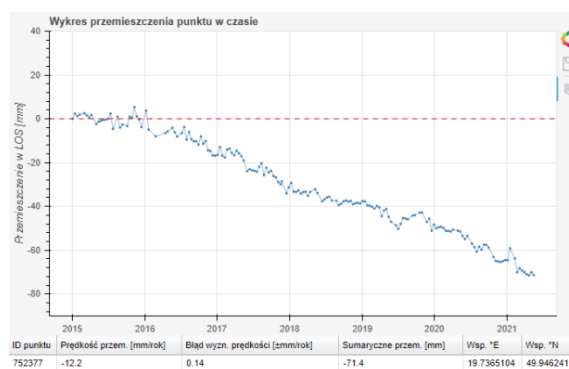
84375



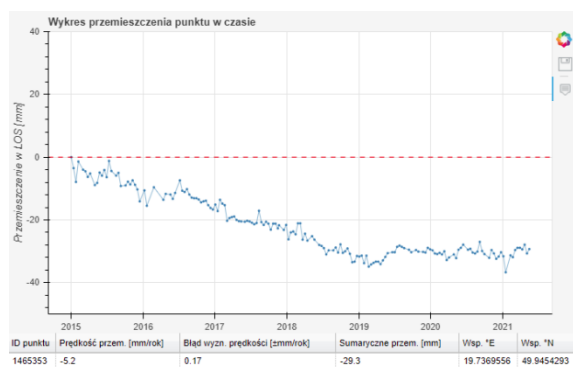
Rys. 21 Mapa osuwiska nr 32 z punktami PS dla orbity ascending



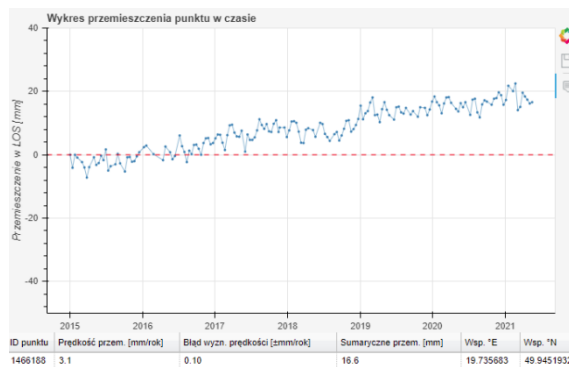
752151



752377



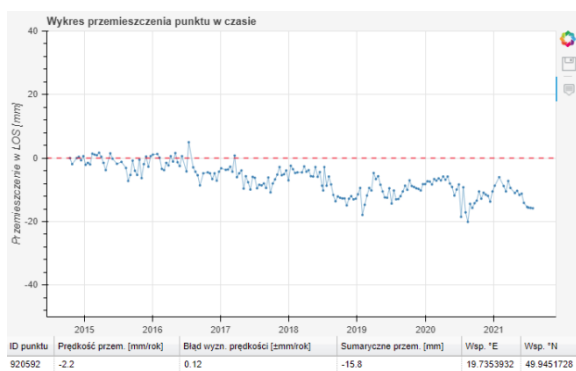
1465353



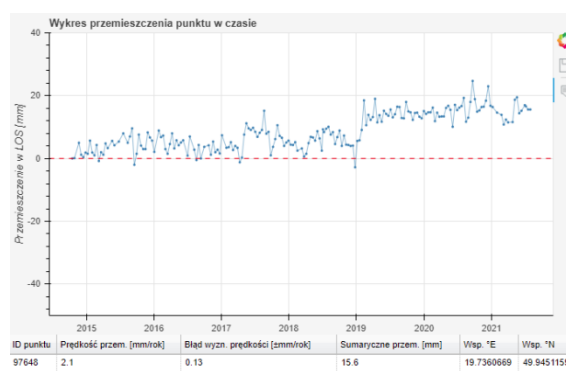
1466188



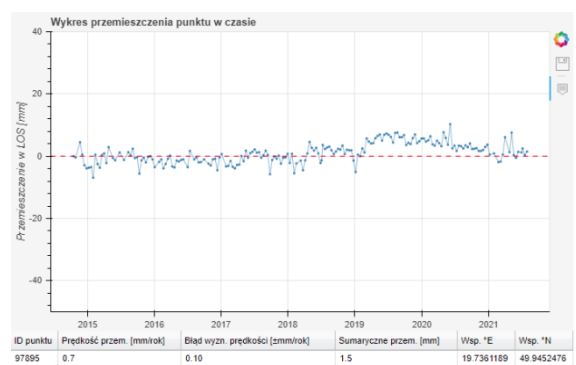
Rys. 22 Mapa osuwiska nr 32 z punktami PS dla orbity descending



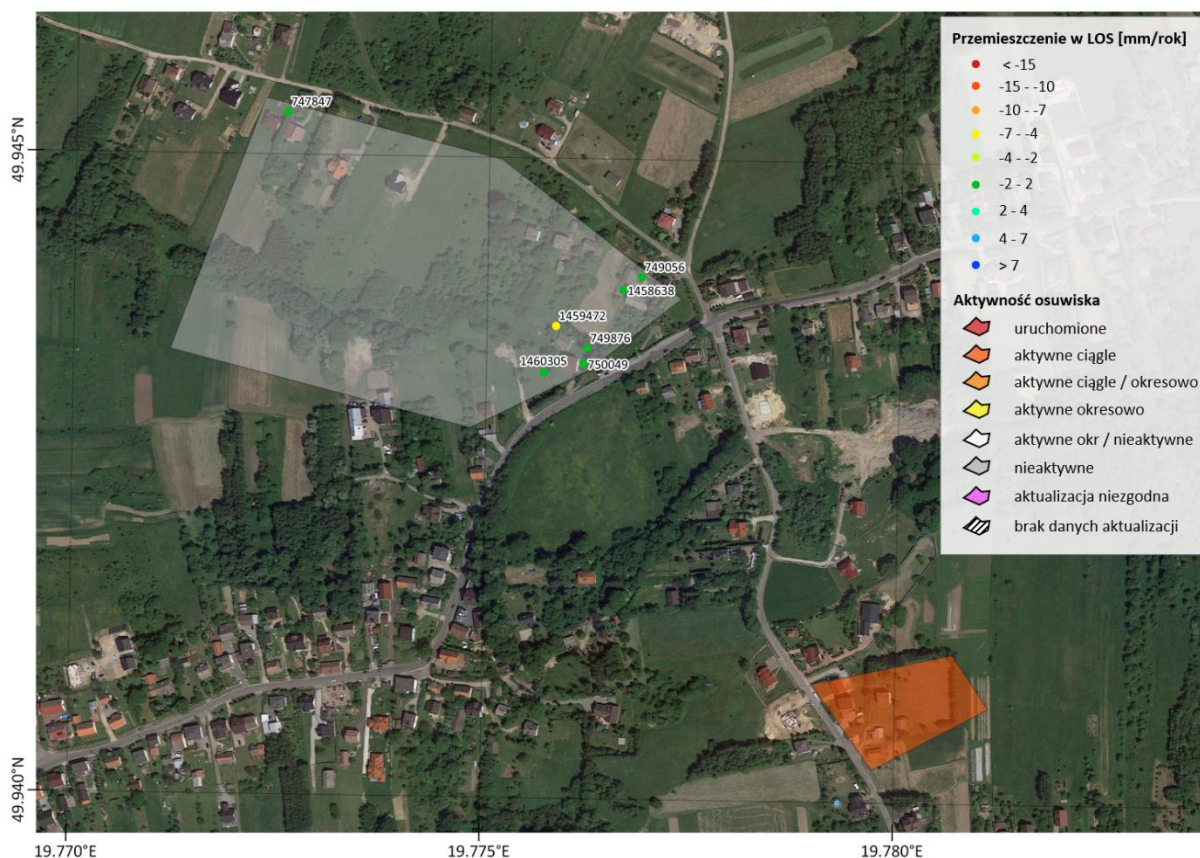
920592



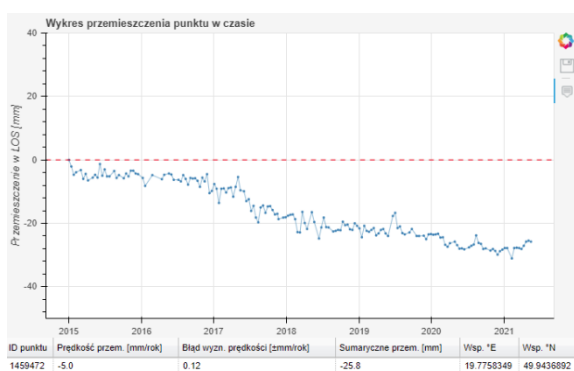
97648



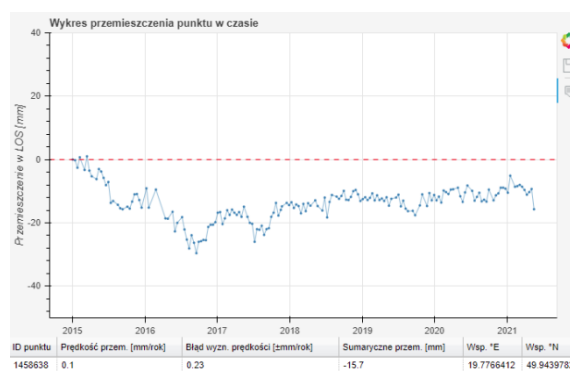
97895



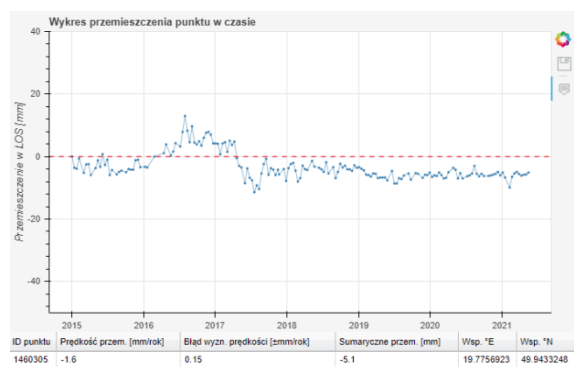
Rys. 23 Mapa osuwiska nr (od góry) 35 oraz 37 z punktami PS dla orbity ascending



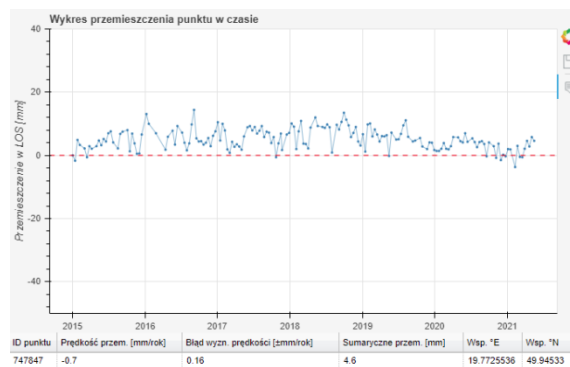
1459472



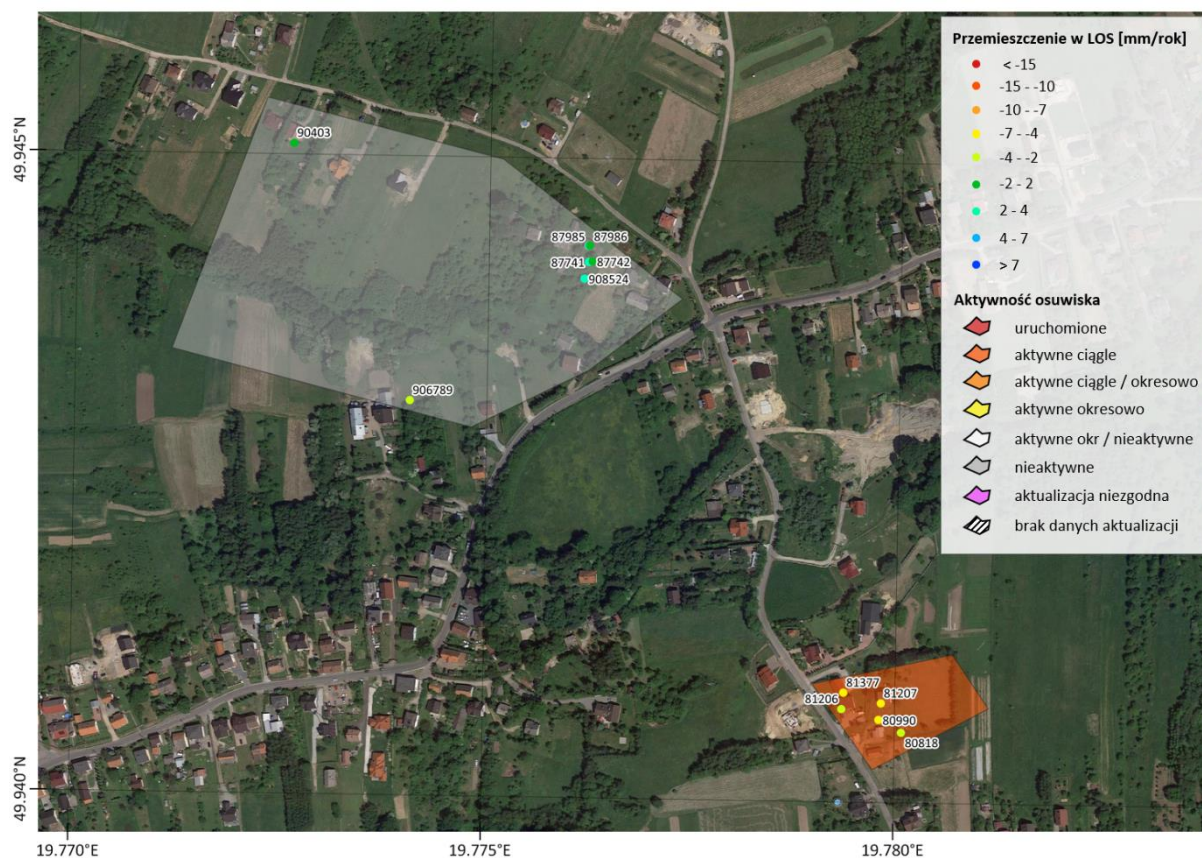
1458638



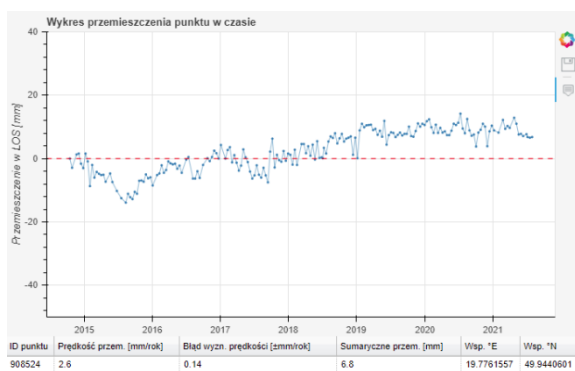
1460305



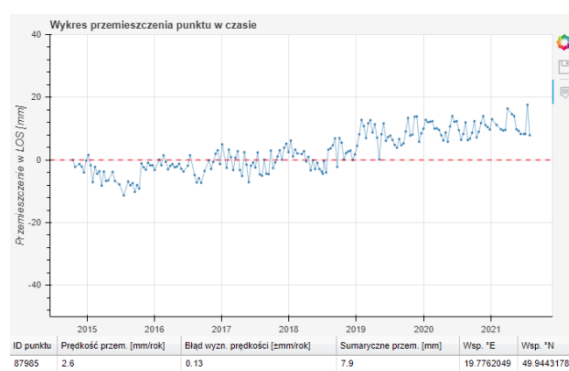
747847



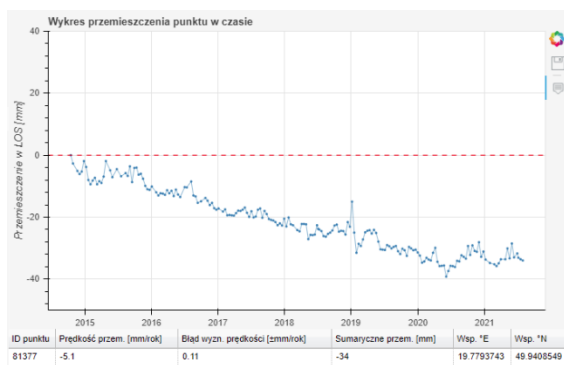
Rys. 24 Mapa osuwiska nr (od góry) 35 oraz 37 z punktami PS dla orbity descending



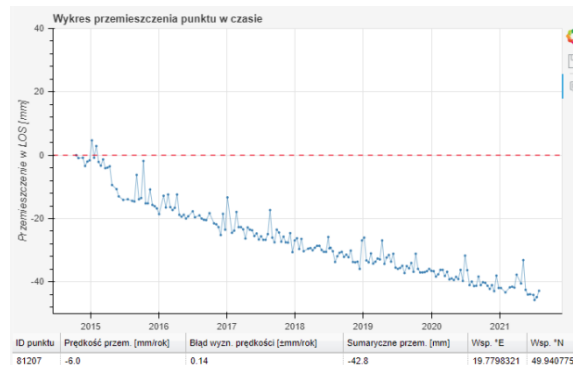
908524



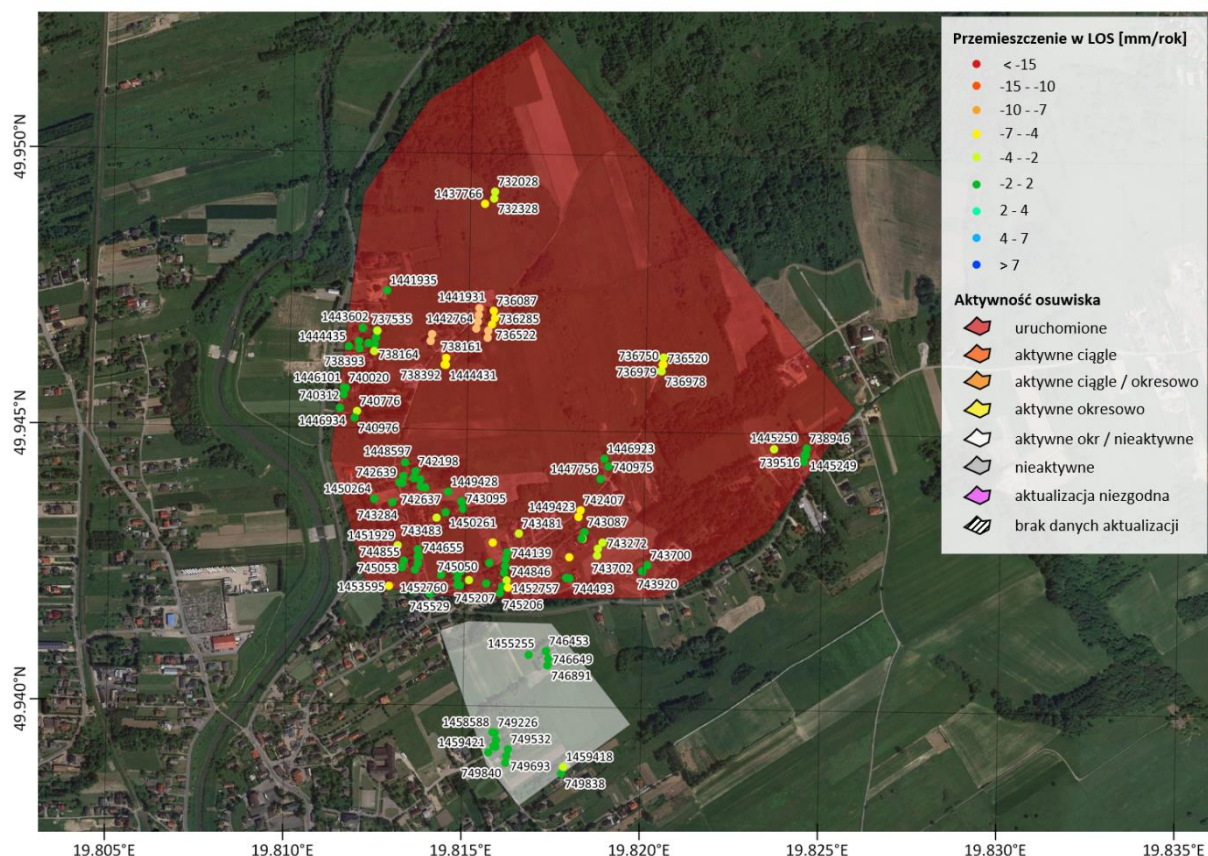
87985



81377



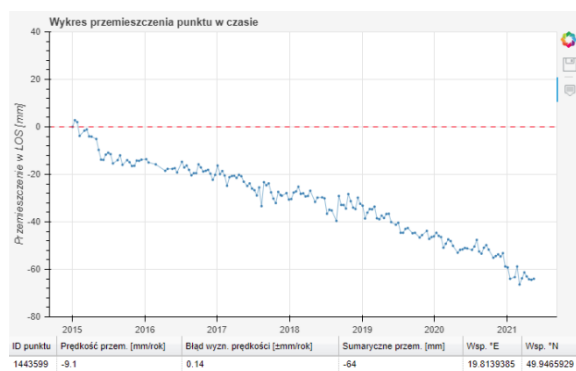
81207



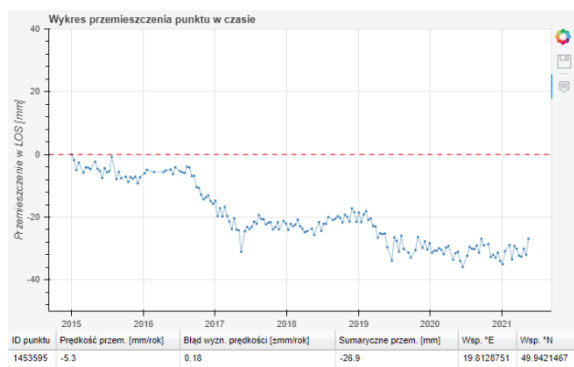
Rys. 25 Mapa osuwiska nr (od góry) 38 oraz 39 z punktami PS dla orbity ascending



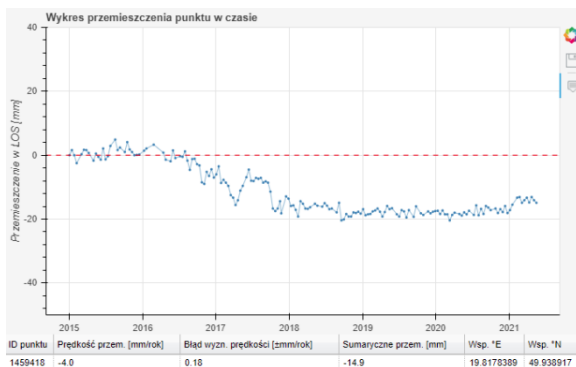
736287



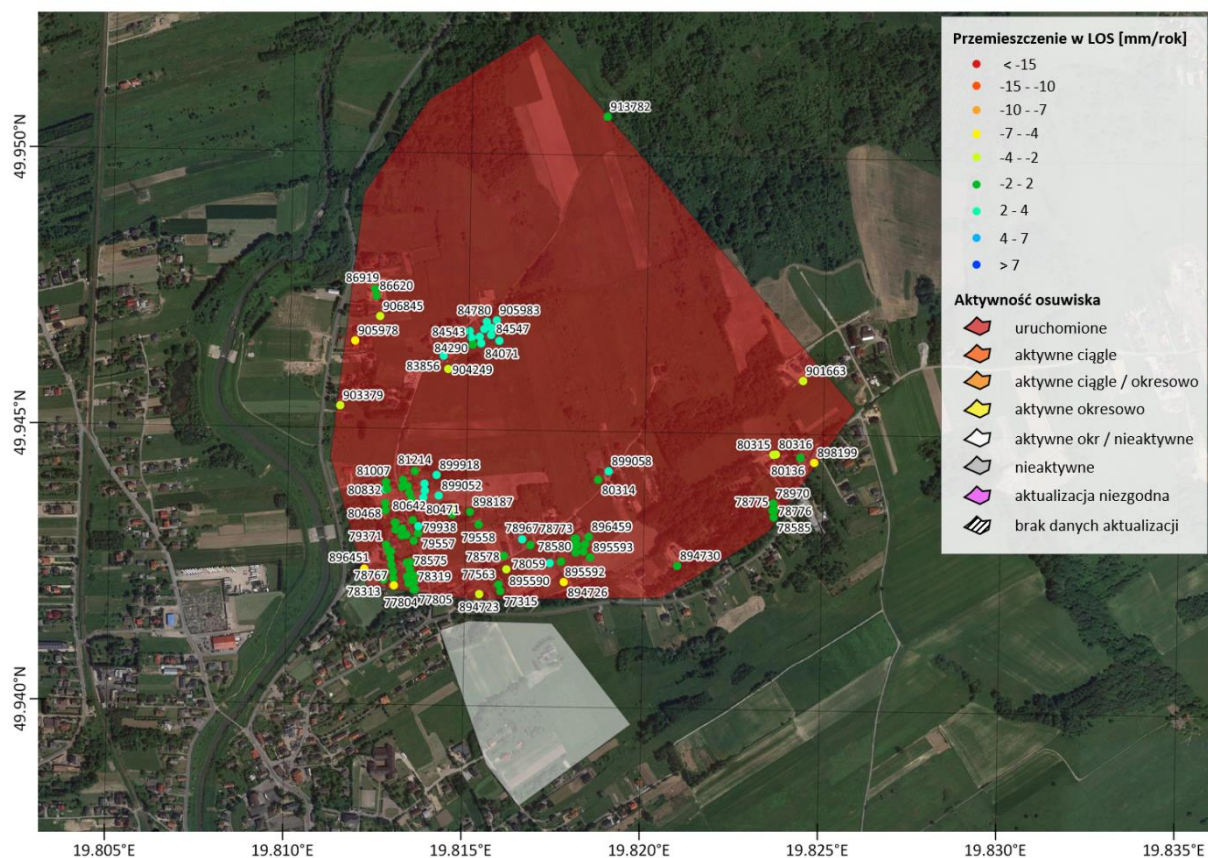
1443599



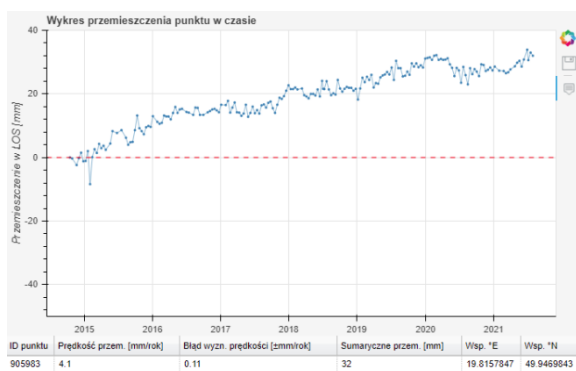
1453595



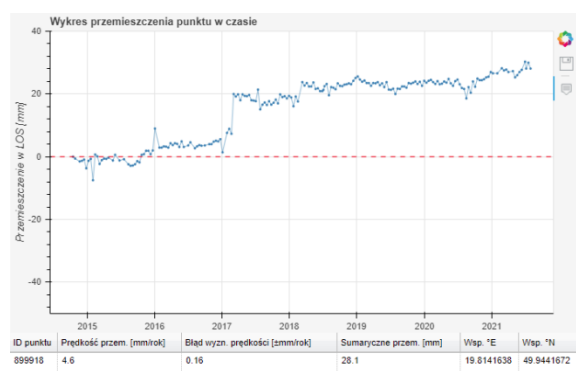
1459418



Rys. 26 Mapa osuwiska nr (od góry) 38 oraz 39 z punktami PS dla orbity descending



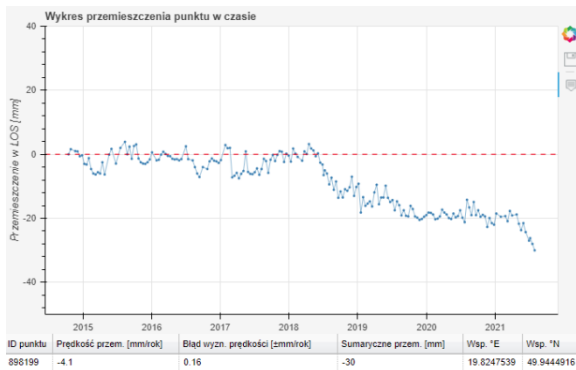
905983



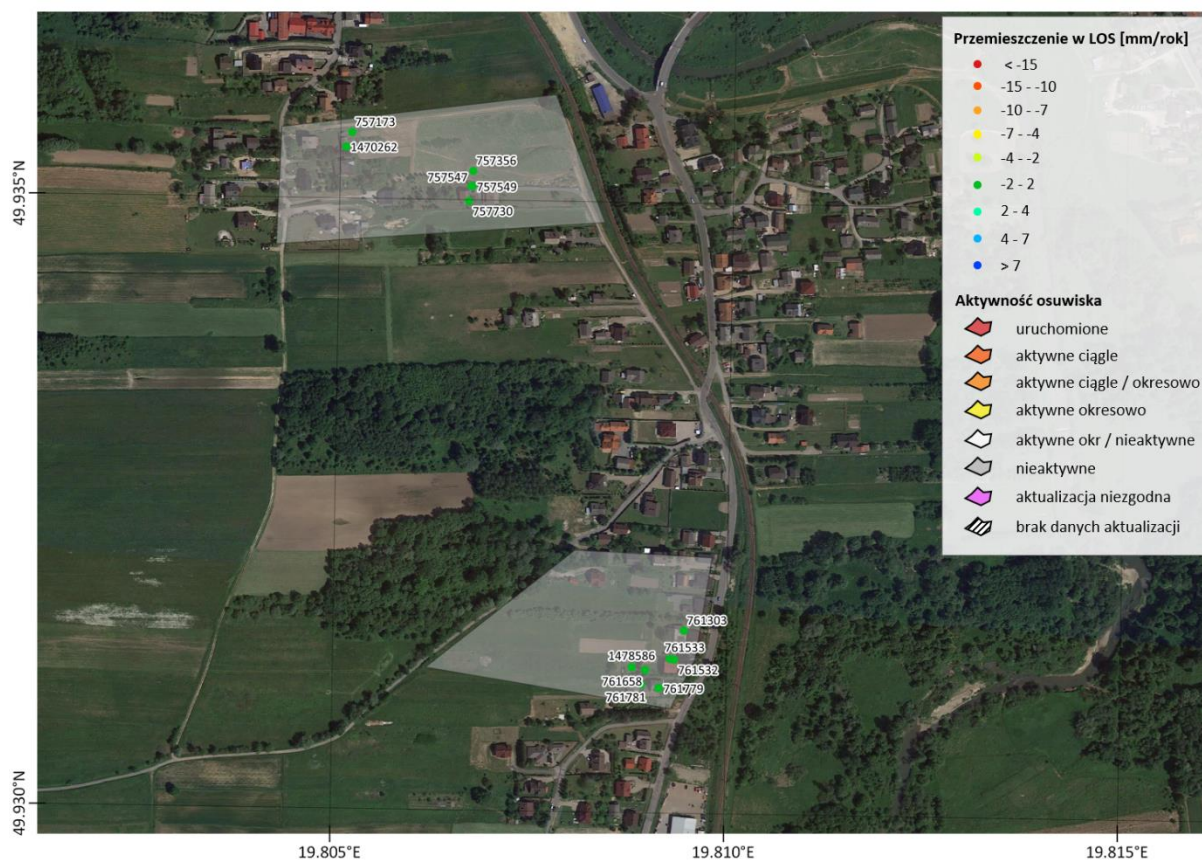
899918



899052



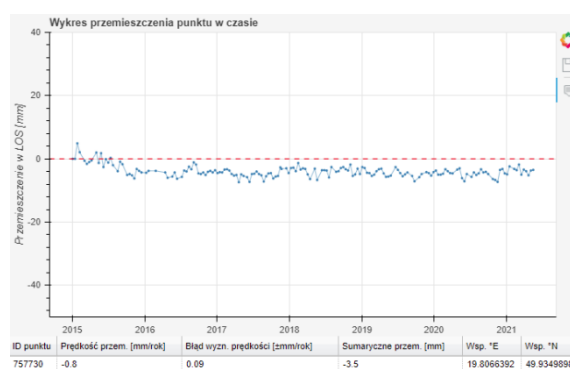
898199



Rys. 27 Mapa osuwiska nr (od góry) 41 oraz 43 z punktami PS dla orbity ascending



757173



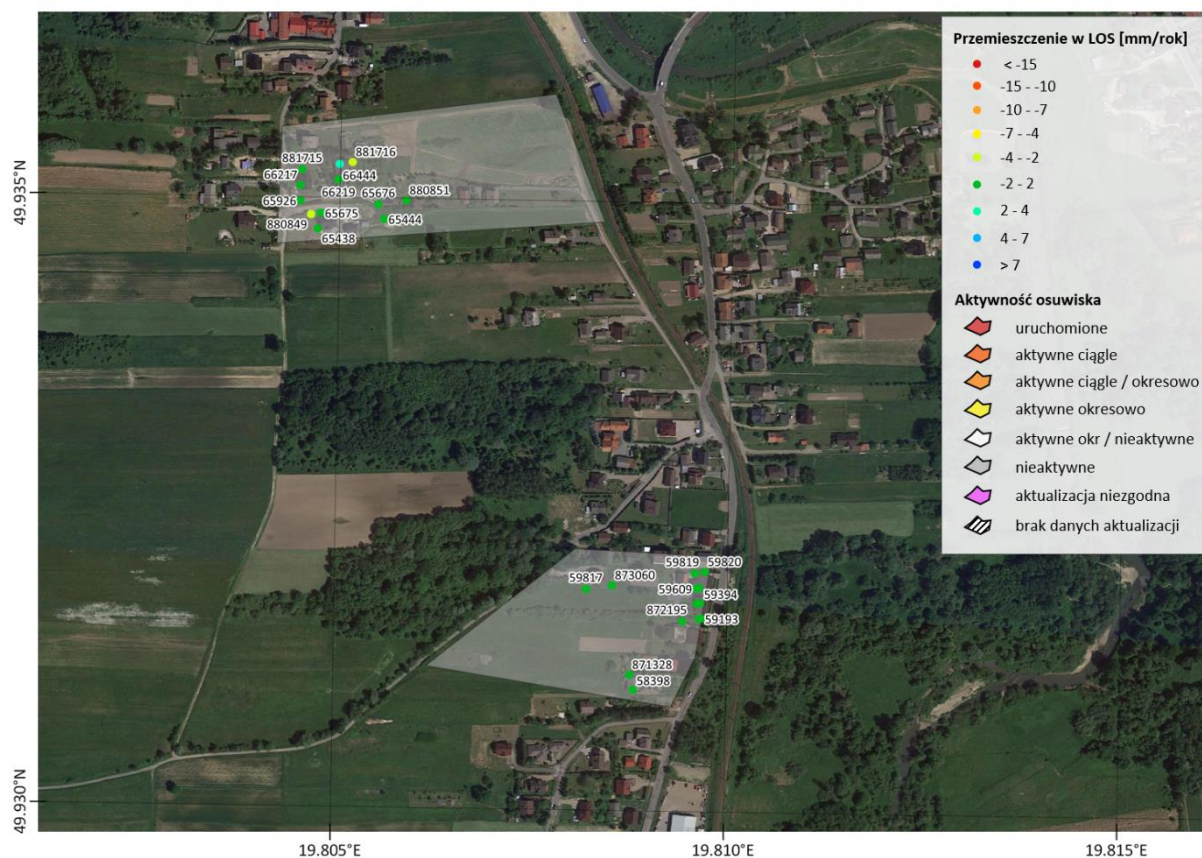
757730



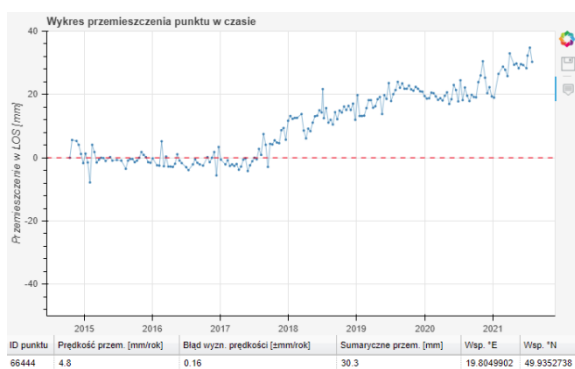
1478586



761303



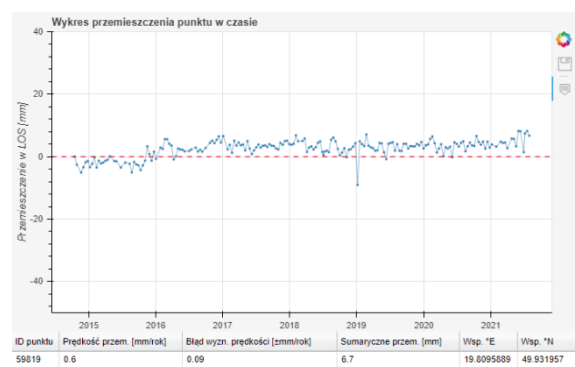
Rys. 28 Mapa osuwiska nr (od góry) 41 oraz 43 z punktami PS dla orbity descending



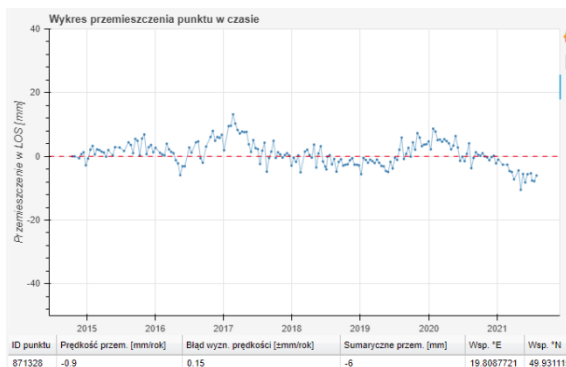
66444



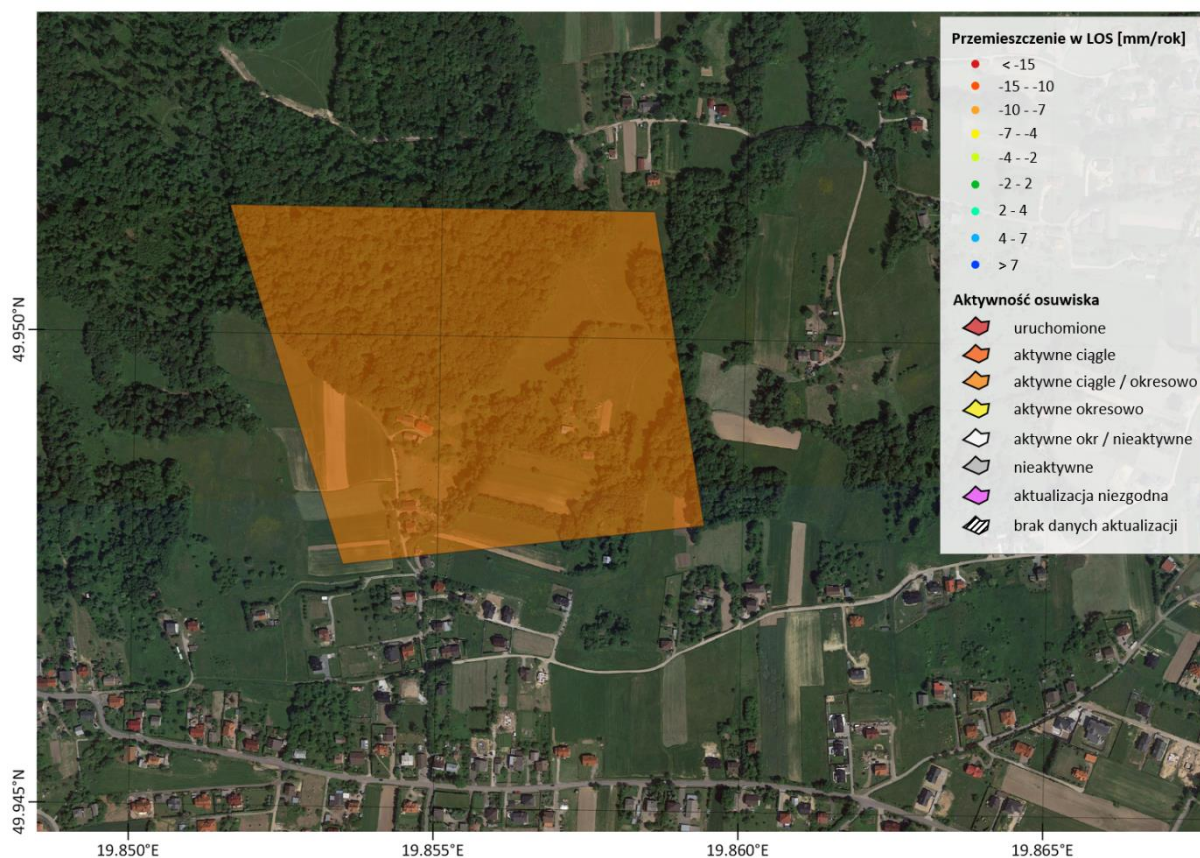
881716



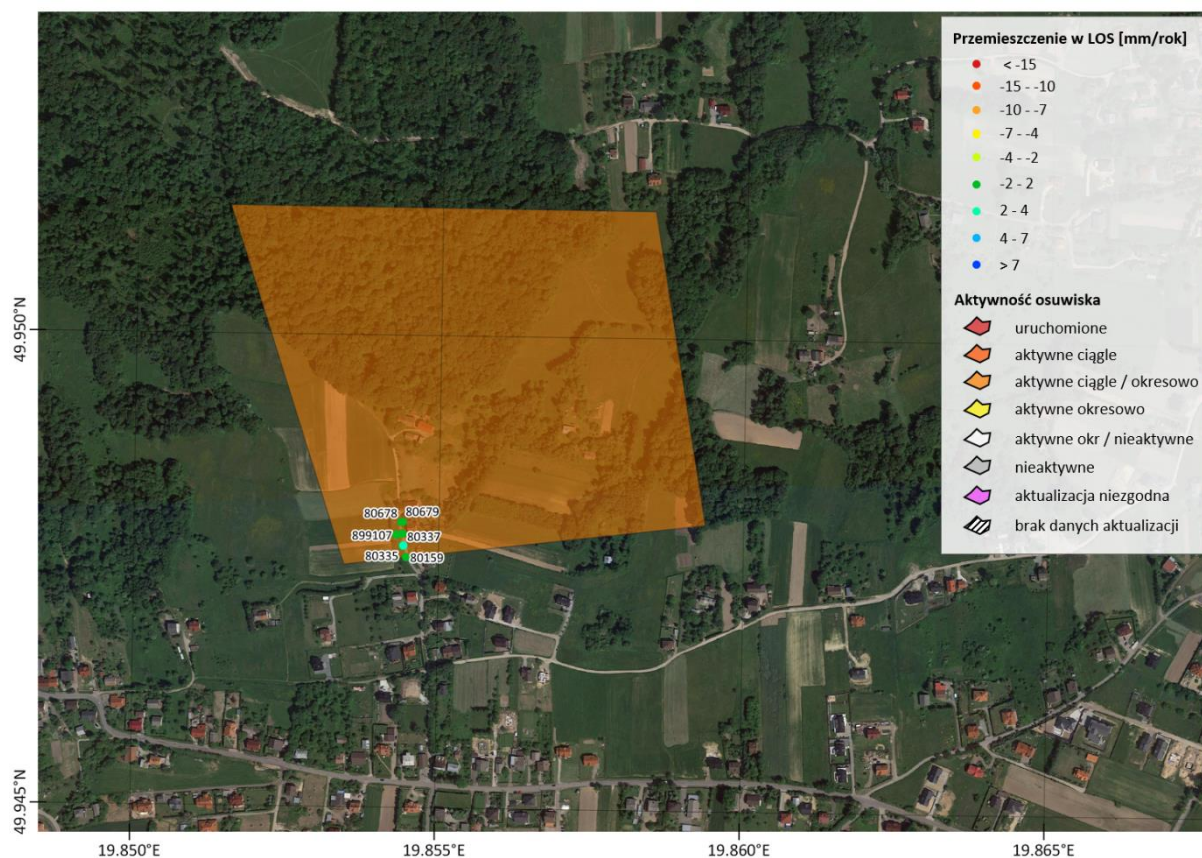
59819



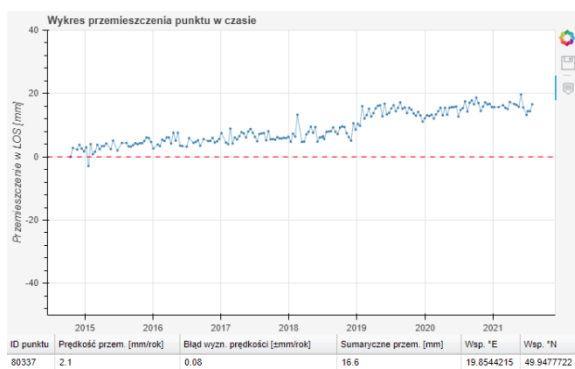
871328



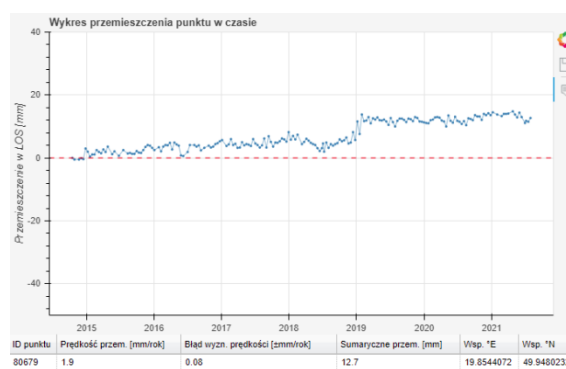
Rys. 29 Mapa osuwiska nr 44 z punktami PS dla orbity ascending



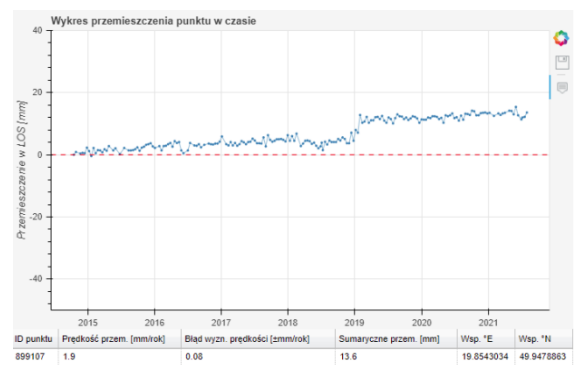
Rys. 30 Mapa osuwiska nr 44 z punktami PS dla orbity descending



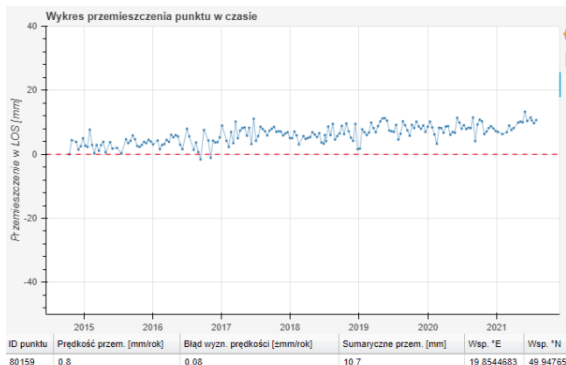
80337



80679



899107



80159

6

PODSUMOWANIE I OCENA WYNIKÓW

Podczas wykonywania niniejszego monitoringu dla obszarów 26 osuwisk na terenie powiatu krakowskiego, obliczono przemieszczenia dla **346 punktów** PS dla orbity ascending i **380 punktów** dla orbity descending.

Spośród 26 osuwisk konieczne było wyselekcjonowanie osuwisk, spełniających warunki odpowiedniej geometrii, aby analiza była w pełni funkcjonalna. Warunki te zostały spełnione dla **17 obszarów osuwiskowych (65 % całości)**.

Dla **8 osuwisk (35 %)** monitoring został prawidłowo wykonany dla obu orbit. Dla 7 z nich aktualizacja dała ten sam wynik (czyli tę samą klasę aktywności). Aktualizacja sprzeczna wystąpiła jedynie dla osuwiska o numerze 13.

Spis osuwisk i jego aktywności wraz z szacunkowymi prędkościami przemieszczeń został przedstawiony w tabeli poniżej.

Tab. 1. Spis aktywności monitorowanych osuwisk

Numer osuwiska	Prędkość (orbita asc.) [mm/rok]	Prędkość (orbita desc.) [mm/rok]	Szacowana prędkość osuwiska [mm/rok]	Aktywność wg Kart Osuwisk	Aktywność zaktualizowana	Intensywność ruchu
6	-2,75	-1,09	2,31	aktywne ciągle	aktywne ciągle / okresowo	pomijalne
8	-4,01	-1,80	4,14	aktywne ciągle	aktywne ciągle / okresowo	pomijalne
13	4,04	-6,76	8,30	aktywne ciągle	aktywne ciągle LUB aktywne ciągle / okresowo	ekstremalnie powolne LUB pomijalne
15	2,68	-	6,45	aktywne ciągle	aktywne ciągle / okresowo	pomijalne
18	-	-4,05	9,99	aktywne ciągle	aktywne ciągle	ekstremalnie powolne
20	2,73	-2,21	6,38	nieaktywne	nieaktywne	pomijalne
26	-1,94	-	10,71	aktywne ciągle	aktywne ciągle	ekstremalnie powolne
28	-2,22	-	3,55	aktywne ciągle	aktywne ciągle / okresowo	pomijalne
31	-	-1,36	2,25	aktywne ciągle	aktywne ciągle / okresowo	pomijalne

32	-	-11,82	21,23	nieaktywne	uruchomione	bardzo powolne
35	2,66	-2,79	5,88	nieaktywne	nieaktywne	pomijalne
37	-5,55	-	9,41	aktywne ciągle	aktywne ciągle	ekstremalnie powolne
38	-5,54	-8,99	11,16	nieaktywne	uruchomione	bardzo powolne LUB ekstremalnie powolne
39	-	1,64	2,61	aktywne okresowo	aktywne okresowo / nieaktywne	pomijalne
41	-2,13	-0,83	1,92	nieaktywne	nieaktywne	pomijalne
43	0,76	0,74	0,92	nieaktywne	nieaktywne	pomijalne
44	2,00	-	2,44	aktywne ciągle	aktywne ciągle / okresowo	pomijalne
5	-	-	-	aktywne ciągle	-	-
7	-	-	-	aktywne ciągle	-	-
12	-	-	-	aktywne ciągle	-	-
27	-	-	-	aktywne ciągle	-	-
29	-	-	-	aktywne ciągle	-	-
40	-	-	-	Aktywne okresowo	-	-
42	-	-	-	aktywne okresowo	-	-
48				aktywne ciągle		
49				aktywne ciągle		

Spośród **17 osuwisk**, dla których przeprowadzono skuteczny monitoring.:

- dla **7 obszarów** zaktualizowana aktywność nie różni się od tej zdefiniowanej w Kartach Osuwisk,
- dla **9 obszarów** nastąpiła aktualizacja różniąca się od tej z Kart Osuwisk,
- dla **1 obszaru** aktualizacja dała sprzeczny wynik.

Spośród **9 osuwisk**, dla których zaktualizowana aktywność różniła się od aktywności z Kart Osuwisk, dla **2 obszarów** osuwisko zdefiniowano w wyniku monitoringu jako osuwiska uruchomione. Są to obszary nr **32 oraz 38**.

W kwestii intensywności ruchów osuwiskowych, spośród monitorowanych 17 osuwisk:

- dla **11 obszarów** zdefiniowano prędkości przemieszczeń jako **pomijalne**,
- dla **3 obszarów** zdefiniowano prędkości przemieszczeń jako **ekstremalnie powolne**,
- dla **1 obszaru** zdefiniowano prędkości przemieszczeń jako **bardzo powolne** (jest to osuwisko nr 32)

Ponadto dla 2 osuwisk (tj. 13 oraz 38) uzyskano sprzeczne klasy intensywności ruchów. Sprzeczność ta w obu przypadkach nie jest jednak skrajna, tzn. różnią się o jedną klasę – odpowiednio osuwisko ekstremalnie powolne LUB pomijalne oraz bardzo powolne LUB ekstremalnie powolne.

Szczegółowe prędkości przemieszczeń dla każdego punktu pomiarowego analizowanego na każdym zobrazeniu satelitarnym można zobaczyć w załączonym pliku XLSX oraz pliku SHP.

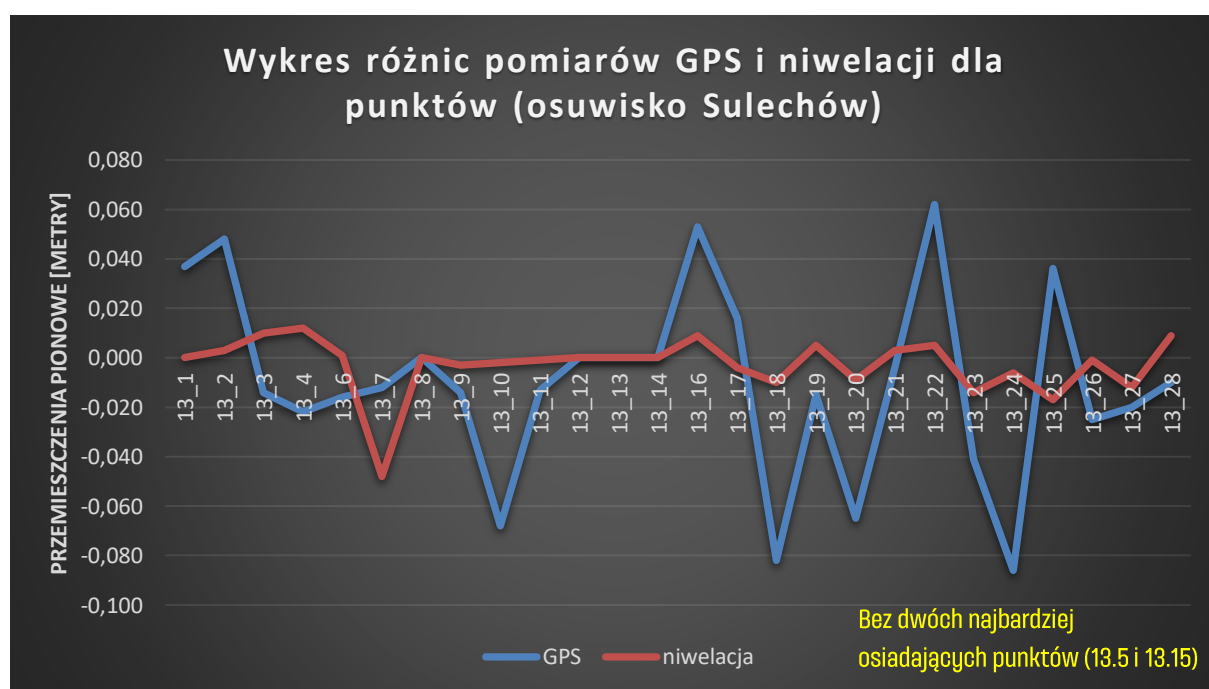
7

PORÓWNANIE WYNIKÓW DO POMIARÓW GEODEZYJNYCH

Walidacja odnosiła się do raportów monitoringu na osuwiskach w **Czernej, Sulechowie i Radziszowie**, na podstawie **pomiarów geodezyjnych**. Wyniki pomiarów zostały zaczerpnięte z raportów sporządzanych na zlecenie starostwa.

Pomiary były przeprowadzane w formie mniej więcej copółtrocznego monitoringu dwoma metodami: przy wykorzystaniu **odbiorników GNSS** oraz metodą **niwelacji technicznej**.

Dla pomiarów naziemnych prowadzonych **metodą GNSS**, błędy obserwacji to **2 cm** dla współrzędnych poziomych XY oraz **4 cm** dla wysokości. Wartości tych dokładności mogą być jeszcze mniej korzystne, gdyż porównując odpowiadające sobie okresy danych (07.2016-10.2020), różnice w przemieszczeniach pionowych pomiędzy wynikami z GPS oraz niwelacji często przekraczają nawet wspomniane wartości dokładnościowe 4 cm (np. dla analizowanego osuwiska nr 13 w Sulechowie różnice te przewyższyły wartość 4 cm dla 9 z 28 punktów, tj 32 %).



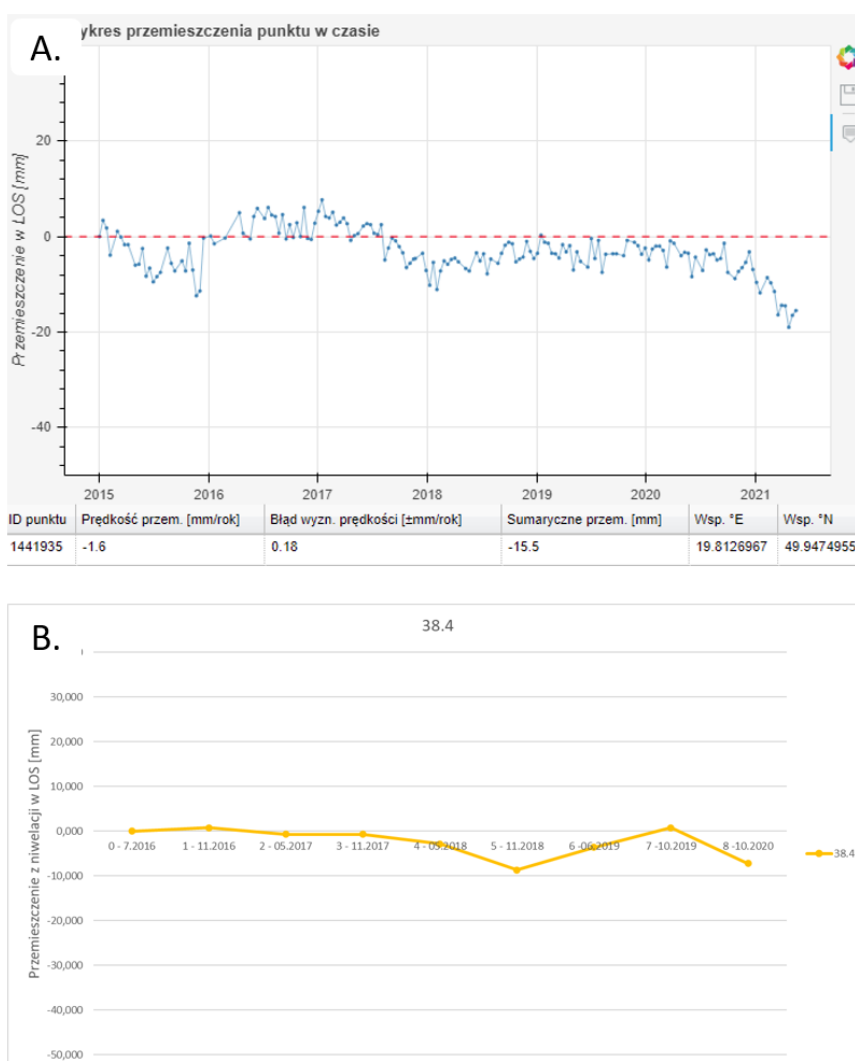
Rys. 31 Porównanie przemieszczeń pionowych (os pionowa) dla poszczególnych punktów (os pozioma) na obszarze osuwiska nr 13 w Sulechowie

Walidacja wyników z metody IPTA jest bardzo trudna do uzyskania poprzez naziemne pomiary technikami GNSS ze względu na ich mniejszą czułość w porównaniu do metod interferometrycznych. Tam, gdzie kończy się dokładność metod GNSS, tam zaczynają się obserwacje przemieszczeń metodą interferometryczną IPTA.

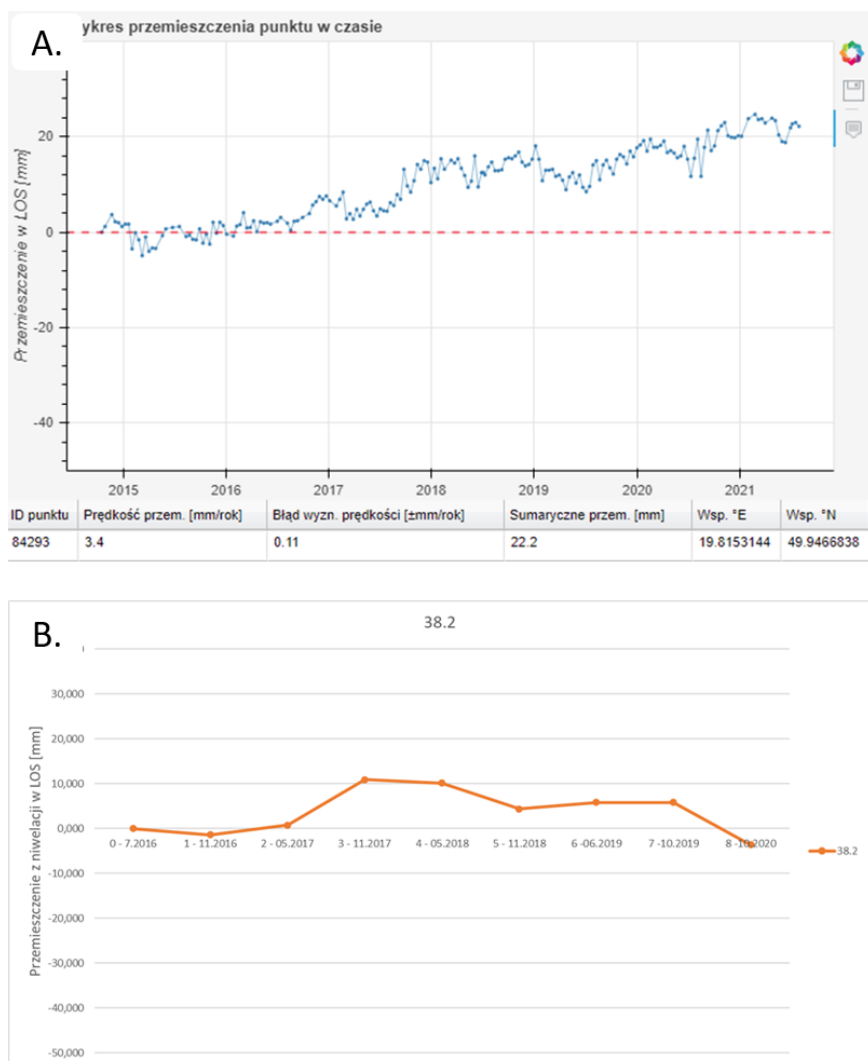
Metody te można zatem uznać za komplementarne ze sobą, uzupełniające się. Metod GPS można używać do monitorowania ruchów szybkich, natomiast metod interferometrycznych można używać do monitoringu, również groźnych, ruchów bardzo powolnych.

Idea walidacji wyników z wykorzystaniem **pomiarów niwelacyjnych** jako odniesienia jest natomiast wątpliwa ze względów geometrycznych. Dla aktywnych osuwisk ruch poziomy jest równie (a wręcz często bardziej) istotny aniżeli ruch pionowy.

Stąd ciężko porównywać niwelację do przemieszczeń w linii satelity (LOS). I choć czasem możemy zauważyć **podobny trend** dla odpowiadających sobie punktów w terenie (Rys. 32 oraz Rys. 33), to analiza taka **nie będzie wiarygodna**.



Rys. 32 Porównanie przemieszczeń w LOS dla metody IPTA (A.) oraz niwelacji (B.) dla odpowiadających sobie punktów w terenie (osuwisko nr 13 w Sulechowie)



Rys. 33 Porównanie przemieszczeń w LOS dla metody IPTA (A.) oraz niwelacji (B.) dla odpowiadających sobie punktów w terenie (osuwisko nr 38 w Radziszowie)