Zleceniodawca: *Gmina Miejska Kraków – Urząd Miasta Krakowa*
pl. Wszystkich Świętych 3-4, 31-004 Kraków

Wykonawca: *PRZEDSIĘBIORSTWO GEOLOGICZNE S.A.*
30-079 Kraków, al. Kijowska 16a

Rok założenia 1951

SPRAWOZDANIE

z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2019 na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego

Miejscowość: ***Kraków***
Gmina: ***Kraków***
Powiat: ***krakowski***
Województwo: ***małopolskie***

Opracowali:

.....
mgr inż. Jarosław Kos
nr upr. geol. MŚ VI-0402, V-1614

……
mgr inż. Mateusz Foryś
nr upr. geol. XI-0166

……..
mgr inż. Grzegorz Wierny

Kraków, listopad 2019

Spis treści

1. Wstęp 3

2. Charakterystyka terenu badań 4

2.1. Lokalizacja i sposób użytkowania terenu 4

2.2. Morfologia i hydrografia 5

3. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne 6

3.1. Budowa geologiczna 6

3.2. Warunki hydrogeologiczne 8

4. Metodyka oraz wyniki pomiarów monitoringu wgłębnego i powierzchniowego 9

4.1. Pomiary w inklinometrach 9

4.1.1. Metodyka pomiarów inklinometrycznych 9

4.1.2. Wyniki pomiarów inklinometrycznych 10

4.2. Pomiary w piezometrach 13

4.3. Pomiary reperów geodezyjnych 16

5. Wnioski i uwagi końcowe 18

Spis załączników

1.A Mapa topograficzna w skali 1 : 25 000

1.B Mapa topograficzna z zaznaczonym obszarem osuwiska

2. Mapa dokumentacyjna w skali 1 : 500

3. Wyniki pomiarów w inklinometrach

4. Wyniki pomiarów reperów geodezyjnych

5. Wyniki pomiarów w piezometrach

1. Wstęp

Gmina Miejska Kraków z siedzibą w Krakowie, pl. Wszystkich Świętych 3-4, 31-004 Kraków, zleciła Przedsiębiorstwu Geologicznemu S.A. w Krakowie, al. Kijowska 16a, 30-079 Kraków, wykonanie serii pomiarów w istniejącej sieci monitoringu wgłębnego i powierzchniowego, zlokalizowanej w Krakowie, w dzielnicy VII - Zwierzyniec, na terenie Wzgórza Bronisławy w rejonie ulicy Jana Sawickiego.

Sieć monitoringu składa się z 3 otworów inklinometrycznych, 3 piezometrycznych z zainstalowanymi limnimetrami oraz 10 reperów geodezyjnych. Została ona założona przez Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A. w Krakowie w 2013 roku.

Do opracowania niniejszego Sprawozdania wykorzystano następujące materiały archiwalne:

- *Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla realizacji przedsięwzięcia pn. „Wykonanie badań i prac geologicznych w okolicach Wzgórza św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego w Krakowie”* - Jaskólski Z., Kos J., Boratyn. J., Foryś M., Bartosz L., Bakaj M., 2013. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1: 50 000, arkusz Kraków (973)* - Rutkowski J., 1989. Instytut Geologiczny, Warszawa.
- *Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1: 50 000, arkusz Kraków* - Rutkowski J., 1993a. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- *Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1: 50 000, arkusz Kraków* - Rutkowski J., 1993b. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- *Budowa geologiczna regionu Krakowa* – Rutkowski J., 1989a. Przegląd Geologiczny, 37:6.
- *Rola obszaru krakowskiego w sedymentacji osadów górnej jury Wyżyny Krakowsko–Częstochowskiej* – Matyszkiewicz J., 2001. *Przegląd Geologiczny* nr 49.
- *Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych na Wzgórzu św. Bronisławy, w rejonie ulicy Sawickiego,* 2014. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.

- *Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2017 na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego*. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- *Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych w roku 2018 na Wzgórzu św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego*. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.

Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych na Wzgórzu św. Bronisławy, w rejonie ulicy Sawickiego jest opracowaniem wynikowym z wykonanych prac monitoringowych, polegających na pomiarach w istniejącej sieci monitoringu znajdującej się na północnych stokach Wzgórza Świętej Bronisławy w Krakowie.

2. Charakterystyka terenu badań

2.1. Lokalizacja i sposób użytkowania terenu

Obszar, na którym przeprowadzono prace monitoringowe znajduje się w województwie małopolskim, na terenie miasta Krakowa i dotyczy północnych stoków Wzgórza Świętej Bronisławy, w rejonie ulicy Jana Sawickiego.

Wzgórze Św. Bronisławy położone jest w VII dzielnicy miasta Krakowa – Zwierzyniec, pomiędzy ulicami Królowej Jadwigi i Księcia Józefa - jego północną granicę stanowi linia zabudowań przy ulicach dochodzących do ul. Królowej Jadwigi, a w części południowej – do ul. Księcia Józefa. Na wysokości osiedla Przegorzały przechodzi w stronę północną do granicy z Lasem Wolskim. Wzgórze Św. Bronisławy to bardzo ważny krajobrazowo, przyrodniczo oraz historycznie obszar miasta. Charakterystyczną dla tego obszaru budowlą jest Kopiec Kościuszki, zlokalizowany na szczycie Wzgórza.

Osuwisko, na terenie którego prowadzony jest monitoring, rozwinęło się na północnych stokach Wzgórza Św. Bronisławy, poniżej Kopca Kościuszki i obejmuje swoim zasięgiem drogi w obrębie ulic Jana Sawickiego i doktora Owcy-Orwicza. Teren pokrywają lasy, krzewiaste zarośla, łąki, pastwiska oraz nieużytki. Bezpośrednio w rejonie osuwiska istnieje zabudowa mieszkalna, fortyfikacje oraz elementy infrastruktury przesyłowej – linie energetyczne, telefoniczne, wodociągi, kanalizacja oraz gazociąg. Teren objęty ruchami osuwiskowymi stanowi własność Gminy miejskiej Kraków oraz osób prywatnych.

Ogólną lokalizację terenu przedstawiono na mapie topograficznej w skali

1: 25 000, zamieszczonej w załączniku 1.A, a obszar osuwiska, według karty rejestracyjnej osuwiska z 2015 roku – na mapie topograficznej w skali 1: 5 000, znajdującej się w załączniku 1B. Zasięg osuwiska wraz z lokalizacją punktów sieci monitoringowej, przedstawiono natomiast na mapie dokumentacyjnej w skali 1: 500, stanowiącej załącznik 2.

2.2. Morfologia i hydrografia

Omawiany teren pod względem geograficznym zaliczany jest do Wzgórz Zrębów Bramy Krakowskiej. Wzgórze Św. Bronisławy stanowi część zrębu Lasu Wolskiego. Jest to wysoki i silnie przeobrażony zrąb tektoniczny, którego stoki północne schodzą do doliny rzeki Rudawy, natomiast południowe do doliny Wisły.

Wzgórze przecina uskok o kierunku północ-południe (tzw. Przełęcz Przegorzalska) oraz rozcięte jest dolinami, powstałymi na skutek pogłębiania obniżeń na linii spękań tektonicznych. Najniższy punkt Wzgórza znajduje się na wysokości około 206,0 m n.p.m., a najwyższy, czyli wierzchołek Kopca Kościuszki na rzędnej 329,0 m n.p.m. Samo Wzgórze posiada wysokość równą 297,8 m n.p.m.

Pod względem hydrograficznym badany teren leży w zlewni rzeki Rudawy, która jest lewobrzeżnym dopływem Wisły. W bezpośrednim terenie osuwiska nie płyną cieki powierzchniowe, jednak w obrębie koluwium zaobserwowano przejawy wód powierzchniowych i gruntowych w postaci wysięków i podmokłości. W centralnej części omawianego osuwiska znajduje się niewielka, okresowa podmokłość pojawiająca się w tzw. „mokrych" okresach po wzmożonych opadach atmosferycznych.

Na badanym terenie, na stoku o ekspozycji północno-wschodniej w obrębie Wzgórza Św. Bronisławy, znajduje się rozległe osuwisko. Zajmuje ono powierzchnię około 8,07 ha, osiągając wysokość 95 m i nachylone jest pod kątem 11,1^{o}. Jego najwyżej położony punkt znajduje się na wysokości 295 m n.p.m. Powstała nisza osuwiskowa osiąga wysokość powyżej 10 m i jest nachylona pod kątem 45^{o}. Powyżej niszy obserwuje się szczeliny oraz nisze wtórne. Stwierdzona miąższość koluwium wynosi od 9,2 m w górnej części osuwiska do 37,8 m w jego dolnej części, w okolicy ulicy Sawickiego.

Osuwisko w części zachodniej sięga najwyżej, a od wysokości 280 m n.p.m. występują szczeliny i spękania gruntu na powierzchni terenu. W dolnej części obszaru zalesionego znajdują się wyraźne ślady procesów grawitacyjnych, zniekształceń powierzchni terenu, zagłębień bezodpływowych itp.

Poniżej skarpy głównej, w części wschodniej znajduje się zagłębienie bezodpływowe. Podobne zagłębienie znajduje się też w części zachodniej, ale usytuowane jest niżej. Być może są one związane także z procesami krasowymi.

Szkody powstałe przez osuwisko widoczne w gruncie to zniekształcenia powierzchni w postaci skarp, progów, szczelin, zagłębień na obszarze zalesionym i wokół domów, a także zniekształcenia powierzchni terenu zalesionego oraz działek przydomowych. W południowo-zachodniej części osuwiska obserwuje się wyraźnie poprzechylane drzewa.

W trakcie prowadzenia prac monitoringowych, od czasu wykonania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej do chwili obecnej, nie zaobserwowano nowych objawów ruchów osuwiskowych w terenie, takich jak: oberwania, spękania, czy świeże szczeliny.

3. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

3.1. Budowa geologiczna

Obszar opracowania, Wzgórze św. Bronisławy, położony jest w obrębie zrębu tektonicznego Lasu Wolskiego. Jest to największy i najwyżej podniesiony element zrębowy na terenie Krakowa, który powstał w efekcie zaburzeń uskokowych podczas ruchów tektonicznych w miocenie.

Ogólnie, obszar północno-wschodnich stoków Wzgórza Świętej Bronisławy tworzy mozaika utworów geologicznych różnego wieku. Znaczną część obszaru tworzą plejstoceńskie lessy górne, jednak bardzo wyraźnie zaznaczają się tutaj także wkładki holoceńskich namułów, piasków i żwirów den dolinnych. Najistotniejszą rolę w budowie podłoża odgrywa kompleks wapieni górnojurajskich, pod którymi zalegają utwory karbonu. Miąższość kompleksu wapieni w rejonie Wzgórza wynosi około 200 m. Na budujących zrąb utworach górnej jury zalegają miejscami, w postaci niewielkich płatów, osady kredy i miocenu. Natomiast praktycznie w całości pokrywa go czwartorzęd, za wyjątkiem miejsc, gdzie na powierzchni występują wychodnie wapieni górnej jury. Wapienie wykształcone są tutaj w postaci dwóch głównych typów litologicznych:

- **Wapienie skaliste i wapienie ławicowe z krzemieniami, wapienie płytowe** – to osady pochodzące z jury. Wapienie płytowe reprezentują okres dolnej jury, a ich miąższość wynosi około 80 m. Jurę górną reprezentują wapienie skaliste oraz ławicowe o miąższości dochodzącej do 300 m. Wapienie skaliste są

twardą skałą zwięzłą, barwy jasnej, o przełomie nierównym, pozbawioną w zasadzie uławicenia i krzemieni. Występują one jako wapienie masywne oraz wapienie gruzłowate. Przechodzą w sposób ciągły ku górze i na boki w wapienie ławicowe.

- **Wapienie ławicowe** są skałami barwy białej, szarej lub kremowej, o przełomie nierównym lub zadziorowatym, znacznej twardości i zwięzłości. Miąższość ławic wynosi od kilkudziesięciu centymetrów do 2,5 m. Zawierają krzemienie, ułożone przeważnie równolegle do powierzchni uławicenia, o średnicach od kilku do kilkunastu centymetrów. Barwa krzemieni jest ciemna, przełom muszlowy, mają zwykle kilkumetrową białą korę.

Wapienie uławicone i skaliste występują na tych samych poziomach stratygraficznych. Przejścia między nimi obserwowane są zarówno w profilu pionowym, jak i poziomo. Ze względu na większą odporność na procesy denudacyjne, wapienie skaliste zaznaczają się zazwyczaj wyraźnie w rzeźbie, tworząc na stokach wzgórz zrębowych formy skałkowe.

Wapienie występujące bezpośrednio na badanym terenie mają barwę beżowo-białą, szarą i żółto-szarą, są spękane, zwietrzałe i występują najczęściej w postaci fragmentów o wielkości od 5 do 30 cm (rzadziej do 60 cm). Powierzchnie nieciągłości są chropowate i często przebarwione na kolor rdzawy. Na powierzchni okruchów widoczne są ślady krasowienia w postaci wżerów i lapiazów. Głębokość występowania nienaruszonego podłoża skalnego wynosi od 9,2 m p.p.t. w górnej części osuwiska, po 37,8 m p.p.t. w dolnej jego części.

Powyżej podłoża skalnego występuje zwietrzelina wapienia w postaci przebarwionych, drobnych okruchów skalnych z dużym udziałem materiału ilastego. Całość nawierconej zwietrzeliny znajduje się w obrębie koluwium osuwiskowego.

Bezpośrednio na wapieniach, zalega nieciągła warstwa iłów mioceńskich (baden). Są to zarówno iły, jak i iły z pyłem, występujące głównie w stanie zwartym, rzadziej - twardoplastycznym. Miejscami w ich obrębie obecne są okruchy wapienia. Całość iłów występujących na terenie osuwiska stanowi jego koluwium. Miąższość utworów ilastych wynosi od 0,9 do 13,8 m.

Na terenie objętym rozpoznaniem i w jego sąsiedztwie powierzchniową warstwę tworzą utwory lessowe. Są to lessy dwudzielne: ich niższa część – less starszy, to osady barwy brunatno-rdzawej o miąższości kilku metrów. W stropie tych lessów występuje brunatna gleba kopalna i lessy kopalne. Less młodszy, górny, to typowy less eoliczny

barwy żółtej, nieuwarstwiony. W rejonie badań jest on przeważnie wapnisty, osiąga miąższość do około 10 m. Osady lessowe występują tu w postaci pyłów z iłem, pyłów z iłem i piaskiem, pyłów piaszczystych oraz iłów z pyłem i iłów z pyłem i piaskiem. Miejscami utwory te zawierają domieszki żwiru i okruchów zwietrzałego wapienia. Występują w stanach od miękkoplastycznego po zwarty. Miąższość pokrywy lessowej wynosi od 2,8 do 13,6 m p.p.t. Całość nawierconych gruntów pylastych objęta jest ruchami osuwiskowymi.

3.2. Warunki hydrogeologiczne

Omawiany teren znajduje się w obszarze zlewni rzeki Rudawa, będącej lewobrzeżnym dopływem Wisły.

Na większości obszaru występuje niski poziom wód gruntowych. W podłożu występuje także grawitacyjna woda gruntowa w postaci sączeń o zmiennej intensywności na różnych głębokościach, szczególnie w okresach wzmożonych i długotrwałych opadów oraz roztopów.

Wody podziemne występują tu w obrębie dwóch pięter wodonośnych: czwartorzędowego oraz jurajskiego.

Piętro czwartorzędowe o zwierciadle swobodnym. Charakteryzuje się małą zasobnością oraz dużymi wahaniami poziomu. Woda w utworach lessowych występuje lokalnie w postaci sączeń i nie ma znaczenia użytkowego.

Piętro jurajskie – poziom górnojurajski. Jest związany ze spękanymi i częściowo skrasowiałymi wapieniami pociętymi uskokami. Na układ ciśnień piezometrycznych w wapieniach górnej jury wpływają strefy zasilania – Wzgórze Lasu Wolskiego i strefy drenażu – którymi są bliskie cieki powierzchniowe: Wisła i Rudawa. W wapieniach jury spotyka się wody o zwierciadle swobodnym i naporowym. Wykazują one kontakt z wodami czwartorzędowymi. Wody jurajskie należą do zbiornika zrębu Sowińca.

Sporadycznie występuje tu także czwartorzędowa woda wsiąkowa, w postaci sączeń w utworach spoistych. Ilość i intensywność tych sączeń jest ściśle uzależniona od warunków hydrometeorologicznych i w trakcie wzmożonych i długotrwałych opadów lub wiosennych roztopów może znacznie wzrosnąć, a w czasie suszy – maleć.

4. Metodyka oraz wyniki pomiarów monitoringu wgłębnego i powierzchniowego

4.1. Pomiary w inklinometrach

4.1.1. Metodyka pomiarów inklinometrycznych

Monitoring inklinometryczny przeprowadzono w 3 istniejących kolumnach pomiarowych, zainstalowanych w 2013 roku, w górnej, środkowej i dolnej części osuwiska. Inklinometry I-1/OK i I-2/OK zostały wykonane do głębokości 30 m w aktywnej części osuwiska, z czego pierwszy z nich wykonano w górnej części osuwiska, a drugi w jego środkowej partii. Ostatni inklinometr oznaczony symbolem I-3/OK wykonano do głębokości 39,5 m p.p.t. w dolnej, nieaktywnej części osuwiska, tuż powyżej ulicy Jana Sawickiego. Szczegółowa lokalizacja inklinometrów została zaznaczona na mapie dokumentacyjnej w skali 1: 500, stanowiącej załącznik 2.

Pomiary wykonywane były sondą inklinometryczną RST Digital Inklinometr w przygotowanych otworach pomiarowych uzbrojonych rurami inklinometrycznymi amerykańskiej firmy SLOPE INDICATOR o ø 70 mm. Zestaw ten umożliwia pomiar nachylenia kolumny w dowolnym punkcie na całej długości otworu z dokładnością 10^{-7} m.

Przemieszczenia utworów koluwialnych mogą następować w różnych kierunkach. Aby wyniki kolejnych serii pomiarowych były porównywalne, orientacja sondy jest stała, gdyż przesuwa się ona w rowkach wyciętych w kolumnie. Podczas montażu kolumny zostały zorientowane w taki sposób, że jedna para rowków (A_0–A_{180}) została skierowana zgodnie z kierunkiem (upadem), druga (B_0–B_{180}) zgodnie z rozciągłością (biegiem) zbocza.

Pomiar odniesienia, określany także jako „zerowy" wykonano 10.02.2013 r. Służyło to ustaleniu początkowego kształtu i orientacji poszczególnych otworów pomiarowych. Do tej pozycji początkowej odnoszone były wyniki wszystkich następnych sesji pomiarowych.

Zasada pomiaru polega na dokonaniu i zarejestrowaniu odczytów nachylenia sondy w stosunku do pionu. Jednostkowy odcinek pomiarowy przyjęto 0,5 m. Wyniki obliczeń przyrostów przemieszczeń (*incremental displacement*) na jednostkowych odcinkach pomiarowych oraz przemieszczeń kumulacyjnych (*cumulativ displacement*) w całych otworach przedstawiono w załączniku nr 3.

Przemieszczenia poziome *z*-tego odcinka o długości 0,5 m - Δu_{zy} , oblicza się ze

wzoru:

$$\Delta u_{zy} = 500 \text{ mm x } (\sin \Theta_{zy} - \sin \Theta_{zo})$$

gdzie:

Θ_{zy} – kąt nachylenia sondy zmierzony na *z*-tym odcinku w *y* pomiarze,

Θ_{zo} – kąt nachylenia sondy zmierzony na *z*-tym odcinku w pomiarze zerowym.

Sumowanie Δu_{zy} od dołu, tj. od dna otworu do jego szczytu pozwala na obliczenie przemieszczenia kumulacyjnego $\Sigma\Delta u_{zy}$. Dla przykładu, obliczenie $\Sigma\Delta u_{zy}$ odcinka o numerze ***k***- tym (liczone od dołu otworu) polega na sumowaniu przemieszczeń Δu_{zy} odcinków od pierwszego (najgłębszego) do ***k***-tego. Przemieszczenie kumulacyjne całego otworu oblicza się sumując Δu_{zy} - kolejno dla wszystkich odcinków, czyli:

$$\Sigma\Delta u_{zy} = \Sigma [500 \text{ mm x } (\sin \Theta_{zy} - \sin \Theta_{zo})]$$

4.1.2. Wyniki pomiarów inklinometrycznych

Monitoring inklinometryczny prowadzony był od lutego 2013 r., w trzech kolumnach pomiarowych, założonych w obrębie osuwiska przy ul. Sawickiego w Krakowie. Serie pomiarowe wykonywane były w następujących dniach:

- 10 luty 2013 r. – pomiar „zerowy" (bazowy),
- 25 marca 2013 r. – seria pierwsza,
- 17 kwietnia 2013 r. – seria druga,
- 15 września 2014 r. – seria trzecia,
- 1 sierpnia 2017 r. – seria czwarta;
- 2 listopad 2018 r. – seria piąta.
- 30 września 2019r. – seria szósta.

W załączniku 3 przedstawiono obliczenia dla poszczególnych punktów pomiarowych w oparciu o program *Inclinalysis v. 2.47* kanadyjskiej firmy RST Instruments Ltd.

Wykresy przedstawiają sumę przyrostów przemieszczeń – przemieszczenie kumulacyjne (*cumulative displacement*) w wyżej wspomnianym czasowym przedziale pomiarowym oraz przyrost przemieszczeń (*incremental displacement*) w poszczególnych otworach.

Skala przemieszczenia jest zmienna dla wykresów poszczególnych otworów. Pomiary obejmują odczyty dla osi AA' (zgodnej z kierunkiem przemieszczenia) i osi BB' (kierunek prostopadły do ruchu utworów koluwialnych).

W okresie prowadzenia pomiarów, od lutego 2013 r. do września 2019 r., zaobserwowano zmienne przemieszczenia w otworach inklinometrycznych, co świadczy o postępujących na tym terenie ruchach osuwiskowych. Analizę wyników pomiarów uzyskanych dla poszczególnych otworów zamieszczono poniżej.

Otwór inklinometryczny I-1/OK

Otwór pomiarowy I-1/OK znajduje się w górnej części osuwiska, w bliskim sąsiedztwie skarpy głównej. Pierwsza seria pomiarowa, z marca 2013, przeprowadzona w tym inklinometrze, nie wykazała przemieszczeń w stosunku do serii „zerowej" (bazowej) w wielkości powyżej błędu pomiarowego. Pomiar z kwietnia ujawnił większe przemieszczenia, rzędu 4 mm na głębokości 7 m. Głębokość tą potwierdziły pomiary wykonane we wrześniu 2014 roku. Na głębokości 26 m p.p.t. zaobserwowano także niewielkie różnice w pomiarach 2 i 3 serii. Jednak ich wielkość była znikoma. W sierpniu 2017 roku zaobserwowano największe zmiany do głębokości 10 m p.p.t. Przyrosty przemieszczeń dobrze widoczne są na głębokościach około 5, 7 i 10 m p.p.t. Przemieszczenia te wynoszą maksymalnie 10,5 mm, co stanowi wartości przekraczające maksymalny błąd pomiarowy. W roku 2018 widoczny jest dalszy niewielki przyrost na tych głębokościach oraz niewielkie zmiany poniżej 10 m głębokości te jednak nie przekraczają błędu pomiarowego określonego w tych przedziałach na ±0.91 mm. Maksymalne przemieszczenie skumulowane występuje na 3,5 m p.p.t. i osiąga wartość 9,7 mm.

W 2019 r. (sesja pomiarowa z 30 września 2019 r.) brak jest widocznych przyrostów przemieszczeń poniżej 3 metra głębokości, które przekraczały by wielkości błędu pomiarowego urządzenia określanego na ±0.98 mm. Maksymalne przemieszczenie odnotowane od początku pomiarów (11 luty 2013 r.) występuje na gł. 3.5 m p.p.t. i osiąga obecnie wartość około 12 mm.

Otwór inklinometryczny I-2/OK

Przemieszczenia gruntu w otworze I-2/OK, znajdującym się w centralnej części osuwiska, w większości są mniejsze od błędu pomiarowego, jedynie w przedziale 26-28 m p.p.t., we wszystkich wykonanych seriach pomiarowych, zaobserwowano większe przyrosty przemieszczeń przy czym największe przemieszczenia skumulowane występują na głębokości 26,5 m i osiągają maksymalnie wartość 5 mm. Pozostałe zmiany nie przekraczają błędu pomiarowego dla tego przedziału ±1.2 mm.

W 2019 r. przyrosty przemieszczenia występujące w tym przedziale w stosunku do roku poprzedniego praktycznie już nie wystąpiły. Maksymalny błąd określono tu na ±1.24 mm. Największe przemieszczenie skumulowane od początku pomiarów występuje na gł. 26.5 m p.p.t. i osiąga wartość 5,4 mm.

Otwór inklinometryczny I-3/OK

Otwór inklinometryczny I-3/OK znajduje się w dolnej części osuwiska, w rejonie ulicy Jana Sawickiego. Wielkości przemieszczeń odnotowywane w tym otworze w pierwszej i drugiej serii pomiarowej były bliskie granicy błędu pomiarowego i maksymalnie osiągały 1,5 mm. W pomiarze z sierpnia 2014 roku widać wyraźny wzrost przemieszczeń, z czego największe na głębokości około 10-11 m p.p.t. i można je było określić na około 3 mm w płaszczyźnie AA' oraz 6 mm wzdłuż poprzecznej osi BB'. Niewielki przyrost przemieszczeń o wartości około 1 mm wystąpił również na głębokości około 34-36 m p.p.t., lecz mieścił się w granicy błędu pomiarowego. W cyklu pomiarowym wykonanym w sierpniu 2017 roku zaobserwowano zmiany w pobliżu głębokości 10 m w płaszczyźnie AA' wynoszące 5 mm oraz na głębokościach 33-37 m o wartościach rzędu 2-3 mm. Natomiast największe przemieszczenia widoczne są w osi BB' na głębokościach około: 5,5 m, 10-11 m oraz 15 m, które wynosiły odpowiednio około 5 mm, 9 mm, 4,5 mm.

W cyklu pomiarowym z roku 2018 zmiany występują w podobnych interwałach głębokościowych na około 5,5 m, 10,0 m i 33,5 m. Maksymalne przemieszczenie skumulowane występuje na 10,0 m p.p.t. i osiąga wartość 12,1 mm, przy obliczonej wielkości błędu pomiarowego ±1.84 mm.

W obecnym cyklu pomiarowym (2019 r.) zmiany występują jedynie w interwałach głębokościowych około 10.0 m i 33.5 m ale i tu nie przekraczają maksymalnego błędu pomiarowego szacowanego na ±1.88 mm.

Podsumowanie:

Wszystkie serie pomiarowe wykazują przemieszczenia, przy czym w zależności od otworu obserwuje się je na różnych głębokościach. W otworze inklinometrycznym I-1/OK w latach 2013-2017, przemieszczenia zaobserwowano na głębokościach 5, 7, 10 i 26 m p.p.t, jednak obecnie największe wartości (około 12 mm) występują do głębokości 3,5 m, co obecnie świadczy o dominacji spełzywania powierzchniowego w rejonie skarpy głównej. Przemieszczenia gruntu w otworze I-2/OK, zaobserwowano na znacznych głębokościach rzędu 26-28 m, przy czym nie są one znaczące i wynoszą

do 5 mm. Wskazuje to, iż w centralnej części osuwiska przemieszczenia następują po płaszczyźnie poślizgu rozwiniętej w stropie jury. Wielkości przemieszczeń odnotowywane w inklinometrze I-3/OK w pierwszej i drugiej serii pomiarowej były bliskie granicy błędu pomiarowego, jednak od połowy 2014 roku zaobserwowano wyraźny wzrost przemieszczeń, z czego największe na głębokościach około 10-11 m p.p.t. i 33-37 m p.p.t., a od 2017 roku także na głębokościach 5,5 m i 15 m. Obecnie maksymalne przemieszczenie skumulowane występuje na 10,0 m p.p.t. i osiąga wielkość ponad 12 mm. Pomiary te wskazują, iż w tym rejonie przemieszczenia występują na różnych głębokościach, co świadczy o niestabilności obszaru w rejonie ulicy Sawickiego u podnóża strefy okresowo aktywnej.

Na podstawie przeprowadzonych badań należy uznać, że dynamika przemieszczeń obserwowana w badaniach inklinometrycznych jest niewielka, a obliczane wartości w większości mieszczą się w granicach błędu pomiarowego. Zaleca się dalsze pomiary kontrolne w cyklu rocznym.

4.2. Pomiary w piezometrach

Na terenie badanego osuwiska, znajdującego się na północnych stokach Wzgórza Św. Bronisławy znajdują się trzy piezometry o symbolach P-1/OK, P-2/OK oraz P-3/OK, które zostały zainstalowane w 2013 roku w otworach o średnicy ∅ 132 milimetry, gdzie zapuszczono kolumny rur piezometrycznych o średnicy ∅ 80 milimetrów, wykonane z PCV. Piezometry te mają następujące konstrukcje:

- rura podfiltrowa z zamkniętym dnem.
- część czynna filtra - rura perforowana (perforacja 5%) owinięta jeden raz siatką nylonową o oczku 1x1 mm. Całość owinięta jest drutem nierdzewnym o skoku spirali - 100 mm.
- rura nadfiltrowa.
- obsypka ze żwiru o granulacji 2-5 mm, wypełniająca przestrzeń pomiędzy ścianą otworu, a kolumną filtrową do wysokości górnej części czynnej filtra. Powyżej obsypki wymieniona przestrzeń wypełniona jest iłem.
- stalowa rura zabezpieczająca oraz głowica z zamknięciem.

W tabeli 1 zestawiono długości piezometrów, w których wykonywane były pomiary oraz ich poszczególnych elementów.

Tabela 1

Nr piezometru	**P-1/OK**	**P-2/OK**	**P-3/OK**
Długość rury nadfiltrowej [m]	1,0	2,0	2,0
Długość części czynnej filtra [m]	18,3	21,5	21,0
Długość R rury podfiltrowej [m]	1,0	2,0	1,5
Długość całości piezometru	**20,3**	**25,5**	**24,5**

Lokalizacje otworów piezometrycznych zostały przedstawione na mapie dokumentacyjnej w skali 1: 500, stanowiącej załącznik 2.

Obserwacji występowania zwierciadła wody we wspomnianych piezometrach dokonano przy użyciu świstawki hydrogeologicznej służącej do pomiaru głębokości lustra wody.

Pomiarów dokonano opuszczając do studni sondę na przewodzie elektrycznym. W chwili dotknięcia lustra wody przez sondę w obudowie urządzenia zaczyna migotać dioda LED i brzęczeć buzzer. Po usłyszeniu gwizdu powietrza wypartego przez wodę ze świstawki, podniesiono świstawkę kilkanaście centymetrów do góry i energicznie, kilkakrotnie opuszczono w celu ustalenia dokładnego punktu zetknięcia się jej ze zwierciadłem wody. Odczytu głębokości do zwierciadła wody dokonano na taśmie. Po zapisie wyniku pomiaru, zwinięto przewód na bęben. W celu uzyskania ciągłej rejestracji danych o zmianach poziomu wody gruntowej w czasie, podczas instalacji rur piezometrycznych, zainstalowano w nich również limnimetry. Wyniki pomiarów od dnia 19.11.2019 do 23.10.2019 zawieraj załącznik 5.

W tabeli 2 zestawiono głębokości występowania zwierciadła wody w wybranych dniach pomiarowych od początku prowadzenia monitoringu piezometrycznego. Pomiaru dokonano za pomocą świstawki hydrogeologicznej.

Tabela 2

Data pomiaru	**Nr piezometru**		
	P-1/OK	**P-2/OK**	**P-3/OK**
	Głębokość występowania zwierciadła wody [m p.p.t.]		
18.02.2013	18,40	4,61	15,90
17.03.2013	18,40	4,47	15,90
15.04.2013	15,94	4,02	15,90

15.09.2014	19,35	4,55	16,20
01.08.2017	-	5,45	15,63
09.08.2017	-	5,45	15,65
19.11.2018	-	5,73	15,92
23.10.2019	-	5,77	15,57

W lutym i marcu 2013 roku głębokość zwierciadła wody gruntowej nie podlegała istotnym zmianom. Pomiary przeprowadzone w kwietniu tego samego roku wskazywały na wyraźne podniesienie się zwierciadła wody, które wynikało ze zmian warunków atmosferycznych, m.in. z wyjątkowo późno występujących wiosennych roztopów. Roztopy powodują bowiem wzmożoną infiltrację wody i powstawanie dodatkowych sączeń w utworach gliniasto-zwietrzelinowych. Pomiar przeprowadzony we wrześniu 2014 roku wskazuje natomiast na obniżenie się zwierciadła wody, w stosunku do pomiarów z roku poprzedniego, co wynika przede wszystkim z mniejszej ilości opadów atmosferycznych. W roku 2017 obserwuje się obniżenia zwierciadła wody w otworach P-1/OK oraz P-2/OK oraz minimalny wzrost zwierciadła wody w otworze P-3/OK.

W trakcie okresu pomiarowego w roku 2018 od dnia 23.05.2018 do 19.11.2018 (załącznik 5) w piezometrze P-1/OK nie zostało stwierdzone zwierciadło wody - piezometr suchy. W piezometrze P-2/OK obserwuje się spadek zwierciadła wody od 4,9 m w maju 2018r. do 6,1m w październiku 2018r., a następnie jego podnoszenie do głębokości 5,7m p.p.t. zaobserwowane ostatnim rejestrowanym pomiarem w listopadzie 2018r. Pomiary prowadzone w okresie letnim wykazują wyższe wartości niż w okresie jesiennym. Wahania takie są zjawiskiem naturalnym. W piezometrze P-3/OK przez cały okres pomiarowy zwierciadło wody oscyluje w granicach 15,8-16,0m p.p.t.

W trakcie pomiaru w roku 2019 w dniu 23.10.2019 (załącznik 5) w piezometrze P-1/OK nie zostało stwierdzone zwierciadło wody - piezometr suchy. W piezometrze P-2/OK obserwuje się zwierciadła wody na poziomie 5,77 m p.p.t. co jest wzrostem mieszczącym się w granicach błędu pomiarowego, względem pomiaru w dniu 19.11.2018. A w piezometrze P-3/OK na poziomie 15,57 m p.p.t, jest to spadek o 0,4 m w stosunku do pomiaru z 19.11.2018. . Pomiary w maju 2019 zanotowały podniesienie się poziomu zwierciadła wody do około 0,9 m p.p.t w piezometrze P-2/OK. Spowodowane to było intensywnymi opadami, jakie wystąpiły w tym okresie. Następnie poziom wody spadał i ustabilizował się na około 5,8 m p.p.t. W okresie tym zaobserwowano również wodę w piezometrze P-1/OK, który przez pozostałą część roku pozostaje suchy. Poziom zwierciadła wody podniósł się wtedy do 10,1 m p.p.t, pod

koniec maja, by następnie systematycznie spadać. W połowie lipca osiągnął początkową głębokość – piezometr suchy. Pomiary prowadzone w okresie letnim wykazują wyższe wartości niż w okresie jesiennym. Wahania takie są zjawiskiem naturalnym. W piezometrze P-3/OK przez cały okres pomiarowy zwierciadło wody oscyluje w granicach 15,5-15,9 m p.p.t.

4.3. Pomiary reperów geodezyjnych

W celu szczegółowego rozpoznania rozmieszczenia, prędkości i stopnia przemieszczeń na badanym terenie, w 2013 roku, w ramach opracowania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej dla realizacji przedsięwzięcia pn. „Wykonanie badań i prac geologicznych w okolicach Wzgórza św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego w Krakowie", wykonano sieć monitoringu powierzchniowego składającą się z 10 reperów geodezyjnych rozmieszczonych na całej powierzchni osuwiska. Repery te wykonano poprzez umieszczenie w gruncie kotwy aluminiowej o długości 150 cm wykonanej z nierdzewnego stopu aluminium 48 x 48 x 3 mm, zaostrzone z jednej strony. Po wbiciu kotwy w grunt założono na nią głowicę niwelacyjną o średnicy ϕ 115 lub ϕ 60mm.

Pierwotne współrzędne geodezyjne wszystkich zainstalowanych reperów w Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych 2000 zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Nr repera	Współrzędna X [PUWG 2000]	Współrzędna Y [PUWG 2000]	Rzędna terenu [m n.p.m.]
W1	5547284.422	7420544.268	286.088
W2	5547284.265	7420639.611	272.803
W3	5547292.263	7420766.606	249.932
W4	5547317.556	7420704.330	251.861
W5	5547305.410	7420824.942	248.261
W6	5547354.590	7420854.792	235.881
W7	5547367.597	7420792.087	236.008
W8	5547333.441	7420626.661	261.812
W9	5547377.518	7420657.733	251.081
W10	5547500.695	7420837.305	263.623

Repery te oznaczono symbolami od W1 do W10 i wykonano dla nich pomiar zerowy (będący pomiarem odniesienia) 15 stycznia 2013 roku oraz cztery kolejne cykle

pomiarowe w dniach:

- 15 marca 2013 r. – pomiar pierwszy,
- 17 kwietnia 2013 r. – pomiar drugi,
- 15 września 2014 r. – pomiar trzeci,
- 1 sierpnia 2017 r. – pomiar czwarty,
- 2 listopada 2018 r. – pomiar piąty,
- 30 września 2019 r. – pomiar szósty.

Na potrzeby niniejszego sprawozdania wykonano kolejną – szóstą serię pomiarową 30 października 2019 roku.

Rozmieszczenie punktów geodezyjnej siatki monitoringowej przedstawiono na mapie dokumentacyjnej w skali 1:500, zamieszczonej w załączniku 2. Wyniki pomiarów przesunięć reperów geodezyjnych znajdują się natomiast w załączniku 4.

Na podstawie pierwszych dwóch serii pomiarowych przeprowadzonych 15 marca i 17 kwietnia 2013 roku, zaobserwowano nieznaczne przemieszczenia powierzchniowe, których wartości wzdłuż osi dX wynosiły odpowiednio od -6 do 7 mm oraz -10 mm do 10 mm, w reperach W5, W6 i W10, natomiast wzdłuż osi dY przemieszczenia wynosiły od -11 mm do 13 mm w pierwszej serii pomiarowej i od -15 mm do 18 mm w drugiej serii, odpowiednio w reperach W7 i W8. Przemieszczenia zarejestrowane w pionie wzdłuż osi dH wynosiły odpowiednio w pierwszej i drugiej serii pomiarowej 0-2 mm oraz 0-3 mm. Świadczy to o występowaniu największych przemieszczeń w reperach znajdujących się w centralnej części osuwiska oraz po jej wschodniej stronie, przy czym jedynie repery W7 i W8 znajdują się w obrębie strefy aktywnej, a pozostałe w obrębie strefy nieaktywnej, z czego, reper W10 zlokalizowany jest w rejonie ulicy Jana Sawickiego i budynków mieszkalnych.

III seria pomiarowa z 15 września 2014 roku, wykonana została po 19 miesiącach od serii „zerowej" z 15 stycznia 2013 r. Wykazała ona przemieszczenia wzdłuż osi dX w granicach od -28 mm do 31 mm w reperach po zachodniej stronie części aktywnej osuwiska (W1, W8 i W9). Wzdłuż osi dY przemieszczenia wahały się między -46 mm a 16 mm w reperach W1, W3 i W5, z czego jedynie reper W1 znajduje się w strefie aktywnej osuwiska. W stosunku do serii bazowej przemieszczenia wzdłuż osi dH były niewielkie i we wszystkich reperach wynosiły od 1 mm do 3 mm.

Na podstawie czwartej serii pomiarowej przeprowadzonej 1 sierpnia 2017 roku, po upływie blisko 3 lat od ostatniego pomiaru, na całym badanym obszarze osuwiska

intensywność przemieszczeń wyraźnie zmalała, natomiast wzrosła w rejonie przy granicy strefy okresowo aktywnej i nieaktywnej znajdującej się po wschodniej stronie strefy okresowo aktywnej. Największe ruchy w płaszczyźnie poziomej, wzdłuż osi dX, zaobserwowano w reperach W6 i W7, gdzie wynoszą odpowiednio 32 mm i -37 mm. Dodatkowo, w reperze W6, wzdłuż osi dY przemieszczenie wyniosło 32 mm, natomiast w pozostałych reperach, przemieszczenia poziome wzdłuż obydwu osi mieściły się odpowiednio w granicach od -5 mm do 6 mm i od -7 mm do 6 mm. Natomiast zaobserwowane przemieszczenia w pionie (dH) są bardziej zróżnicowane niż dotychczas i wynoszą od -5 mm do 6 mm, z czego największe zmiany obserwowane są w reperach W1 i W6. W sierpniu 2017 r. nie zostały wykonane pomiary w reperze W10 z powodu jego zniszczenia, spowodowanego prawdopodobnie pracami ziemnymi wykonanymi w jego rejonie.

W piątej serii pomiarowej z 2 listopada 2018 roku największe przemieszczenia nadal obserwowane są w reperach W6 i W7, gdzie w płaszczyźnie dX przemieszczenia są rzędu -42 mm do 18 mm, natomiast w płaszczyźnie dY od -8 mm w reperach W4 i W5 do 23 mm reperze W6. Od ostatniego pomiaru, płaszczyźnie dH, przemieszczenia nie uległy dużym zmianom i wahały się od -3 mm do 5 mm. Reper oznaczony jako W10 został zniszczony, a ze względu na jego lokalizację wskazane jest jego odtworzenie.

Na postawie szóstej serii pomiarowej z 30 września 2019 roku można stwierdzić ruch pionowy punktów W3, W4, W6, W8 i W9 zlokalizowanych na powierzchni całej strefy osuwiskowej, wartość przesunięć w płaszczyźnie dH wynosi od 3 do 6 mm oraz ruchy poziome dla punktów W1, W6, W7 i W9 położonych na obszarze dolnej części strefy osuwiskowej. Dla punktu W1 wartość przesunięcia w płaszczyznach dX oraz dY wynoszą odpowiednio 19 oraz -28 mm. Dla punktu W6 wartości te osiągają odpowiednio 44 oraz 22 mm. Pomiary w punkcie W7 wykazały przesunięcie dX równe -47 mm, a także przesunięcie dY równe 15 mm. Ostatni punkt którego wartości różnią się znacznie to punkt W9 w którym przesunięcie dX wynosi -13 mm a dY 17 mm. Wartości dla punktów W2, W5 nie znacznie się różnią od poprzednich pomiarów.

5. Wnioski i uwagi końcowe

Na potrzeby niniejszego opracowania w październiki 2019 roku przeprowadzono szóstą pomiarową monitoringu powierzchniowego i wgłębnego na terenie osuwiska, znajdującego się na północnych stokach Wzgórza Świętej

Bronisławy, w okolicach ulicy Jana Sawickiego w Krakowie.

Pomiary wykonano w 3 piezometrach wyposażonych w limnimetry oraz w 3 inklinometrach zlokalizowanych w górnej, środkowej i dolnej części osuwiska, a także w 9 reperach geodezyjnych, znajdujących się na całym jego terenie.

Wyniki pomiarów monitoringu piezometrycznego, wykonanych w październiku 2019 roku, wskazują na utrzymanie się zwierciadła wód podziemnych na stałym w stosunku do badań w latach wcześniejszych. Wyjątek stanowią tu wyniki zarejestrowane w maju które znacznie odbiegają od stałej wartości, zwierciadło uległo wtedy znacznemu podniesieniu, co spowodowane było silnymi opadami atmosferycznymi występującymi w tym okresie. Po ustąpieniu opadów zwierciadło systematycznie opadało, by osiągnąć wartość z przed wystąpienia opadów.

Generalnie należy uznać, że dynamika przemieszczeń obserwowana w badaniach inklinometrycznych jest stosunkowo niewielka. Na uwagę zasługuje znaczna ilość opadów jaka miała miejsce w maju 2019 roku, która nie wpłynęła na uruchomienie procesów osuwiskowych. Niemniej ze względu na możliwość uruchomienia procesów osuwiskowych zaleca się wykonywanie dalszych pomiarów.

Na podstawie pomiarów reperów geodezyjnych, można stwierdzić, że w obrębie osuwiska wystąpiły przemieszczenia w stosunku do serii bazowej. Przy czym przemieszczenia te były zmienne w czasie wykonywania badań. W ciągu ostatnich dwóch pomiarów największe wartości przemieszczeń, zarejestrowano w punktach pomiarowych W6 i W7, które zlokalizowane są w centralnej i zachodniej części osuwiska przy granicy strefy okresowo aktywnej i nieaktywnej. Może to wskazywać na odnowienie ruchów w części dotychczas uznanej za nieaktywną. Pomiary w 2019 r potwierdzają powyższe wnioski, gdyż wciąż obserwuje się największe przemieszczania w punktach pomiarowych W6 oraz W7. Dodatkowo zauważono przyrost przemieszczeń w punktach W1 oraz W9, położonych w dolnej części strefy osuwiskowej.

Na podstawie wykonanych badań monitoringowych, można stwierdzić, że w obrębie całego osuwiska dochodzi do przemieszczeń gruntów. Stwierdzone przemieszczenia w obrębie sieci monitoringu powierzchniowego świadczą o procesach spełzywania wierzchniej części gruntów, których skala ze względu na znaczne spadki terenu uzależniona jest od warunków atmosferycznych. Pomiędzy seriami pomiarowymi zauważa się przemieszczenia w poziomie w obrębie reperów geodezyjnych, które wynikają z sezonowych zmian warunków atmosferycznych. Ruchy w obrębie elementów monitoringu wgłębnego są zauważalne, przy czym ich dynamika

nie jest znaczna. Ruchy masowe będą się nasilić w okresach występowania intensywnych, długotrwałych opadów atmosferycznych i wiosennych roztopów, ze względu na wzmożoną infiltrację wody w grunty występujące na zboczu, która doprowadzi do dodatkowego obciążenia stoku oraz dalszego uplastycznienia gruntów koluwialnych. Przemieszczenia te należy monitorować i na bieżąco dokonywać ich analizy.

W związku z powyższymi ruchami, dla oceny dynamiki i skali przemieszczeń zarówno sieci monitoringu powierzchniowego jak również wgłębnego zaleca się prowadzenie monitoringu jeden raz w roku. Pozwoli to na szczegółową interpretację dynamiki zmian przemieszczeń na obszarze osuwiskowym.

ZAŁĄCZNIKI GRAFICZNE

Załącznik 1A - 1B

Mapa topograficzna (skala 1:25 000) i mapa topograficzna z obszarem osuwiska (skala 1:500)

Załącznik 2

Mapa dokumentacyjna

Załącznik 3

Wyniki pomiarów w inklinometrach

Załącznik 4.1 – 4.4

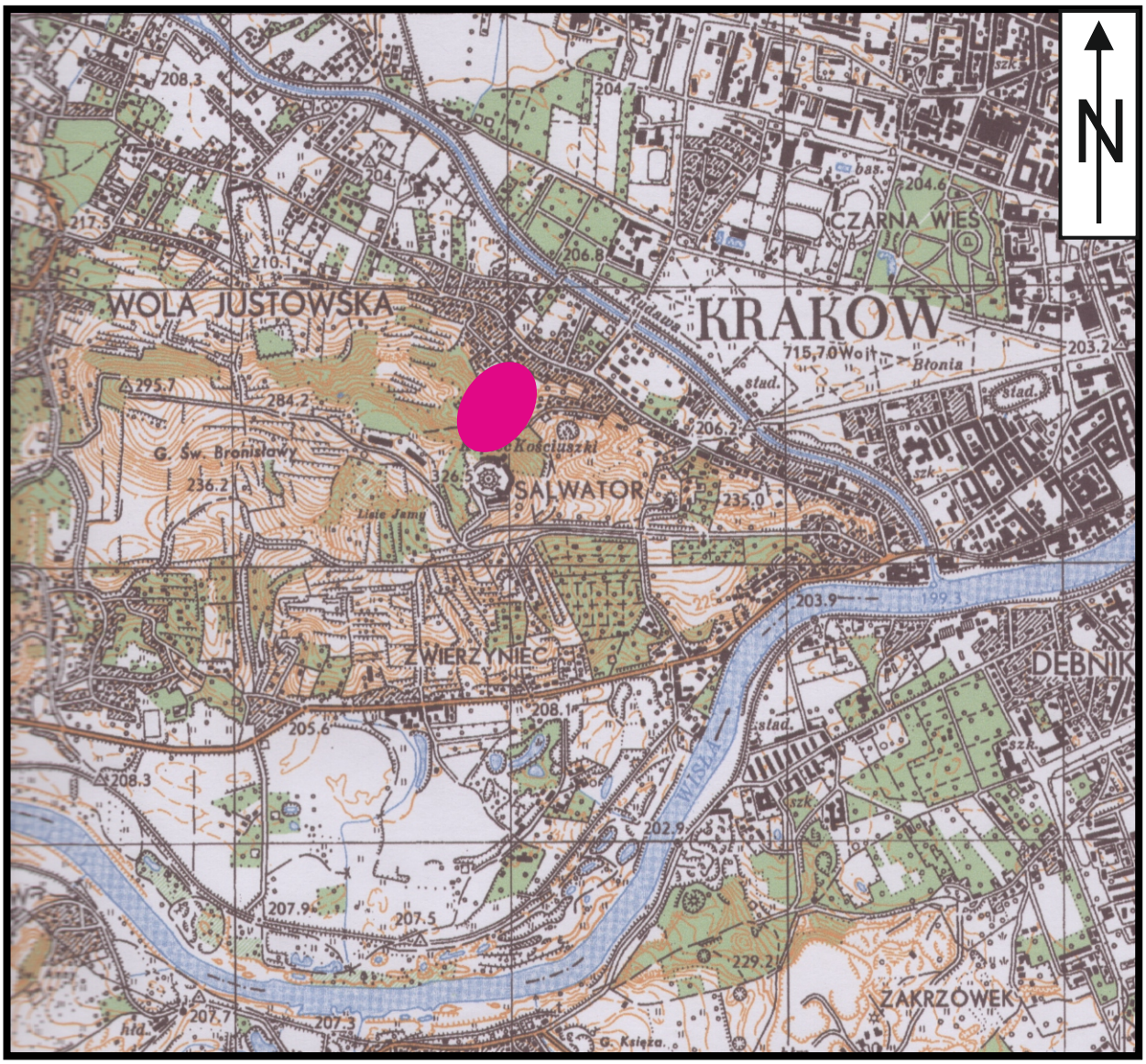
Wyniki pomiarów geodezyjnych

Załącznik 5

Wyniki pomiarów w piezometrach

Mapa topograficzna

Skala 1 : 25 000



Skala liniowa

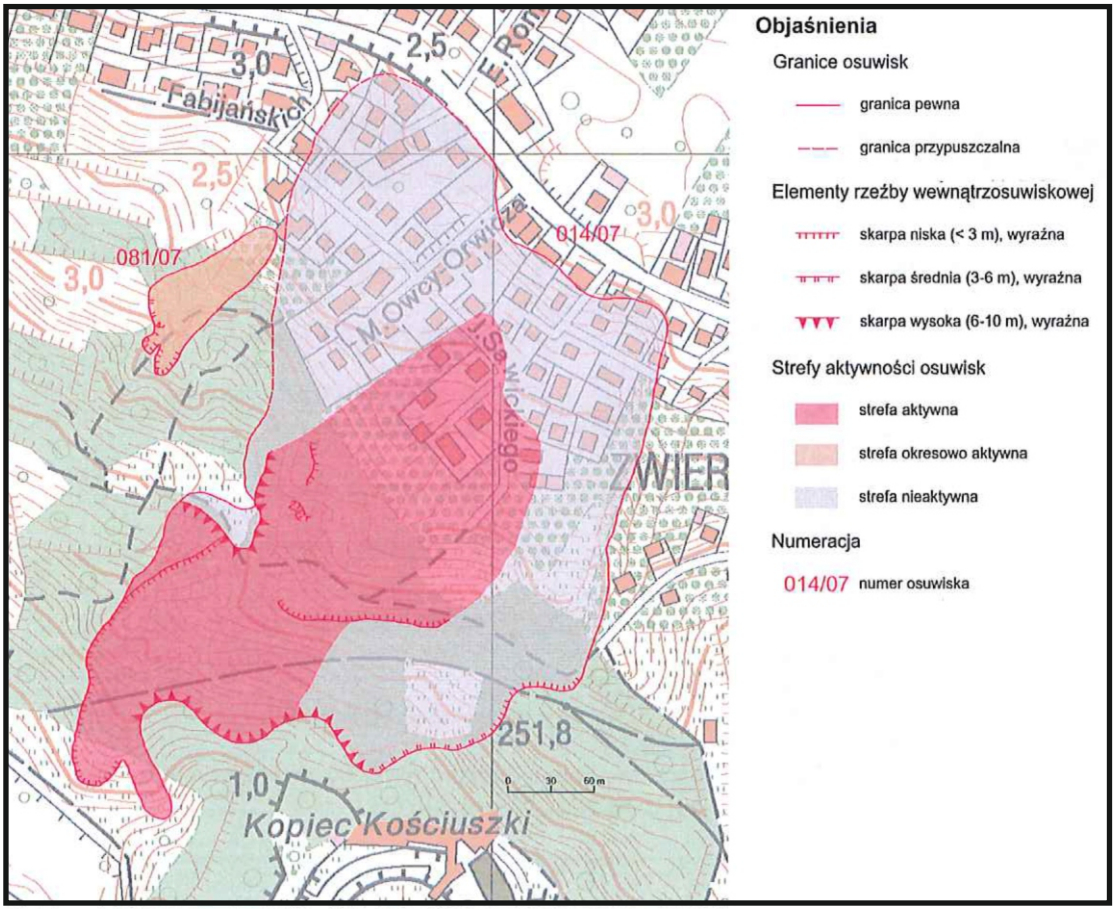
0 250 500 750 1000 m

Objaśnienia:

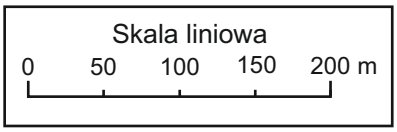
- Teren wykonanych pomiarów monitoringowych

Załącznik 1.A

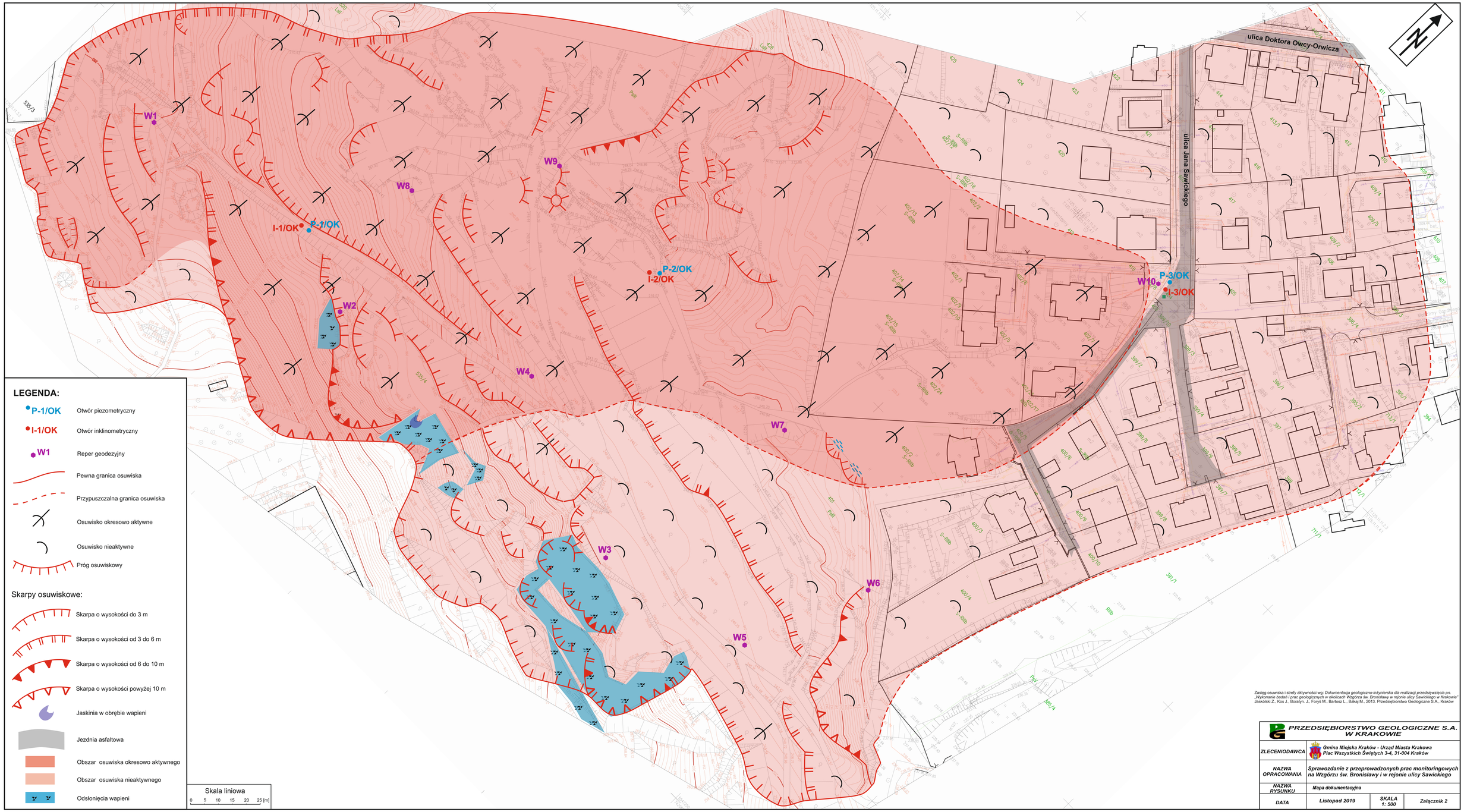
Mapa topograficzna
z obszarem osuwiska
Skala: 1 : 5 000



Wójcik A., Kamieniarz S., 2015. Karta dokumentacyjna osuwiska wraz z opinią.
Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, Kraków.



Załącznik 1.B


ulica Doktora Owcy-Orwicza
ulica Jana Sawickiego
W1
W2
W3
W4
W5
W6
W7
W8
W9
W10
I-1/OK
P-1/OK
I-2/OK
P-2/OK
I-3/OK
P-3/OK
N
LEGENDA:
P-1/OK Otwór piezometryczny
I-1/OK Otwór inklinometryczny
W1 Reper geodezyjny
Pewna granica osuwiska
Przypuszczalna granica osuwiska
Osuwisko okresowo aktywne
Osuwisko nieaktywne
Próg osuwiskowy
Skarpy osuwiskowe:
Skarpa o wysokości do 3 m
Skarpa o wysokości od 3 do 6 m
Skarpa o wysokości od 6 do 10 m
Skarpa o wysokości powyżej 10 m
Jaskinia w obrębie wapieni
Jezdnia asfaltowa
Obszar osuwiska okresowo aktywnego
Obszar osuwiska nieaktywnego
Odsłonięcia wapieni
Skala liniowa
0 5 10 15 20 25 [m]
Zasięg osuwiska i strefy aktywności wg: Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla realizacji przedsięwzięcia pn. „Wykonanie badań i prac geologicznych w okolicach Wzgórza św. Bronisławy w rejonie ulicy Sawickiego w Krakowie" Jaskólski Z., Kos J., Boratyn. J., Foryś M., Bartosz L., Bakaj M., 2013. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków
PRZEDSIĘBIORSTWO GEOLOGICZNE S.A. W KRAKOWIE
ZLECENIODAWCA
Gmina Miejska Kraków - Urząd Miasta Krakowa
Plac Wszystkich Świętych 3-4, 31-004 Kraków
NAZWA OPRACOWANIA
Sprawozdanie z przeprowadzonych prac monitoringowych na Wzgórzu św. Bronisławy i w rejonie ulicy Sawickiego
NAZWA RYSUNKU
Mapa dokumentacyjna
DATA
Listopad 2019
SKALA 1: 500
Załącznik 2

Objaśnienia do wykresów pomiarów inklinometrycznych

CUMULATIVE DISPLACEMENT - Przemieszczenie kumulacyjne
Borehole - Numer otworu wiertniczego
Project - Projekt
Location - Lokalizacja
Northing - Szerokość geograficzna północna
Easting - Długość geograficzna wschodnia
Collar - Rzędna terenu [m n.p.m.]
Spiral Correction - Korekta spiralna
Collar Elevation - Wysokość kryzy
Borehole Total Depth - Głebokość otworu wiertniczego
Base Reading - Data pomiaru “zerowego”
Applied Azimuth - Zastosowany azymut

INKLINOMETR I-1/OK

Otwór S-1

RST Instruments Ltd.

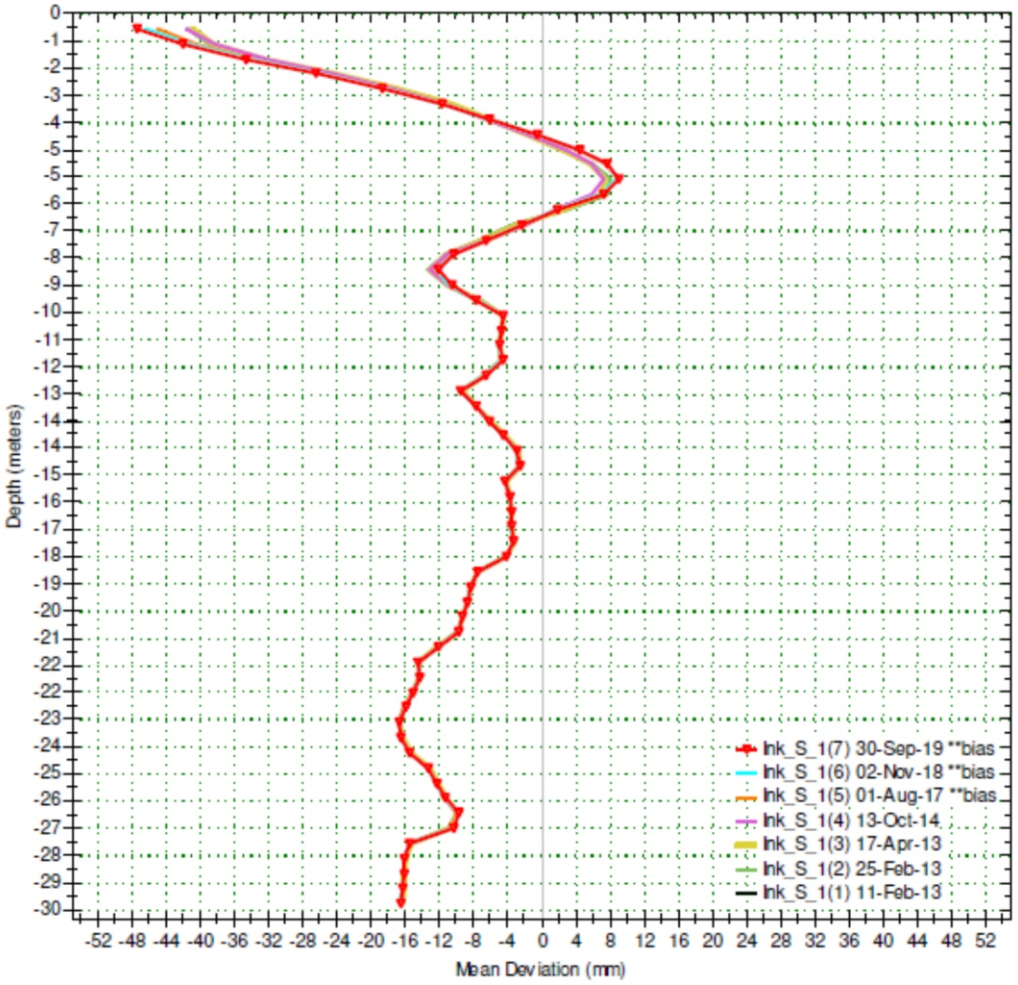
MEAN DEVIATION

Inclinalysis v. 2.48.7

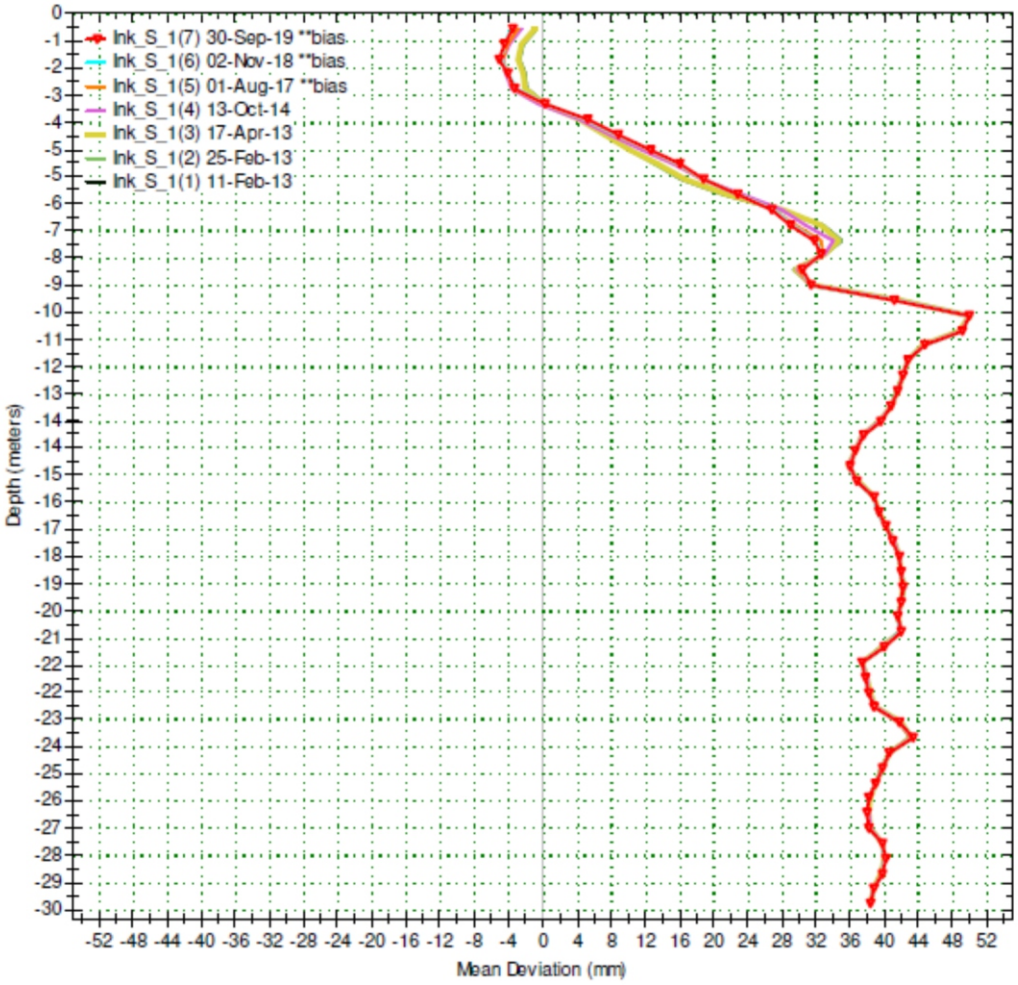
Borehole : Ink_S_1
Project : W_św _Bronisław y
Location : Kraków , ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'23.6"
Easting : 19o53'28.1"
Collar : 283 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Base Reading : 2013 Feb 11 13:01
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



INKLINOMETR I-1/OK

Otwór S-1

RST Instruments Ltd.

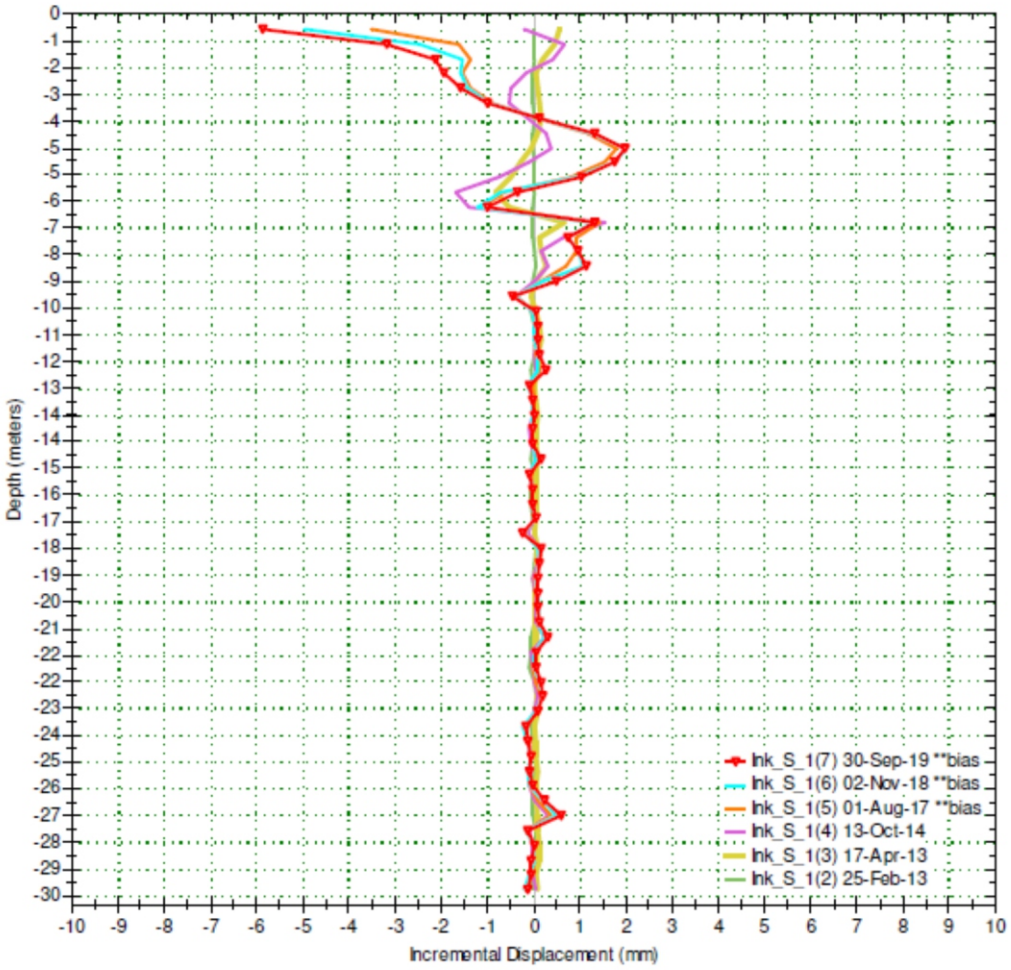
INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.48.7

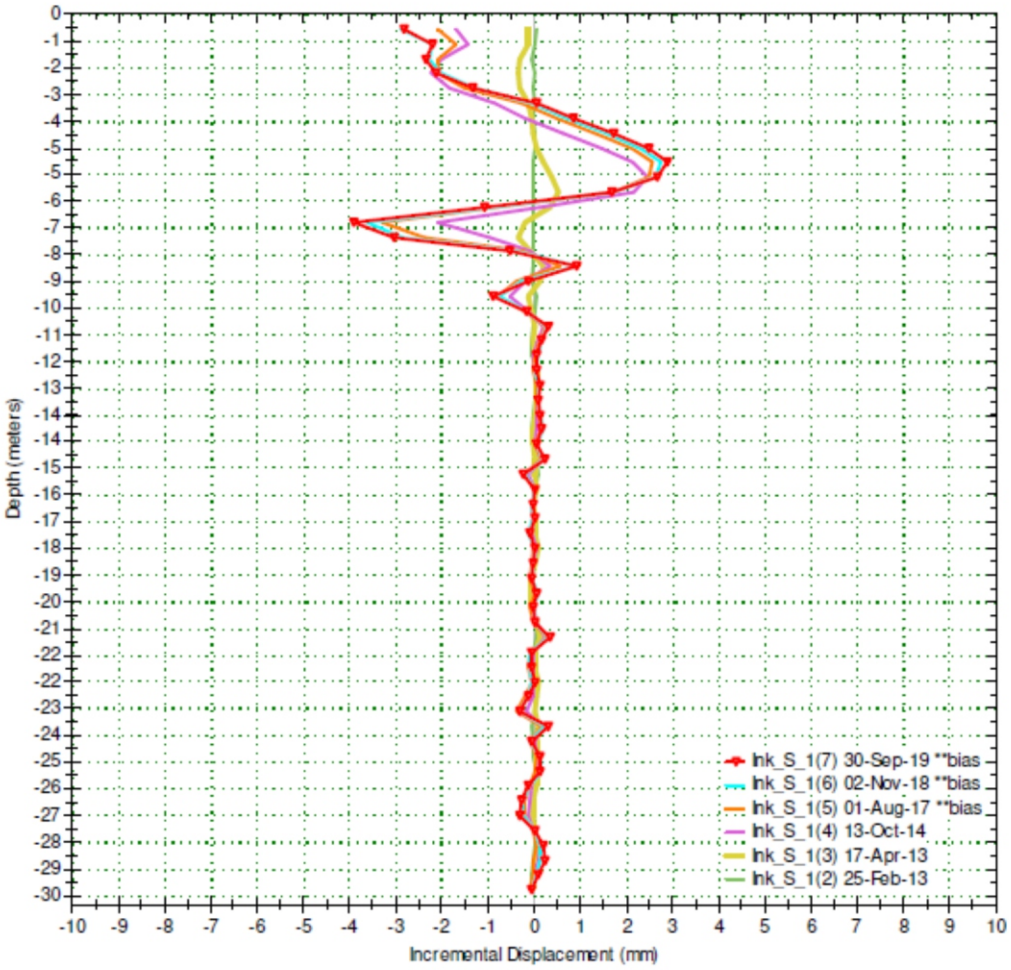
Borehole : Ink_S_1
Project : W_św _Bronisław y
Location : Kraków, ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'23.6"
Easting : 19o53'28.1"
Collar : 283 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Base Reading : 2013 Feb 11 13:01
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



INKLINOMETR I-1/OK

Otwór S-1

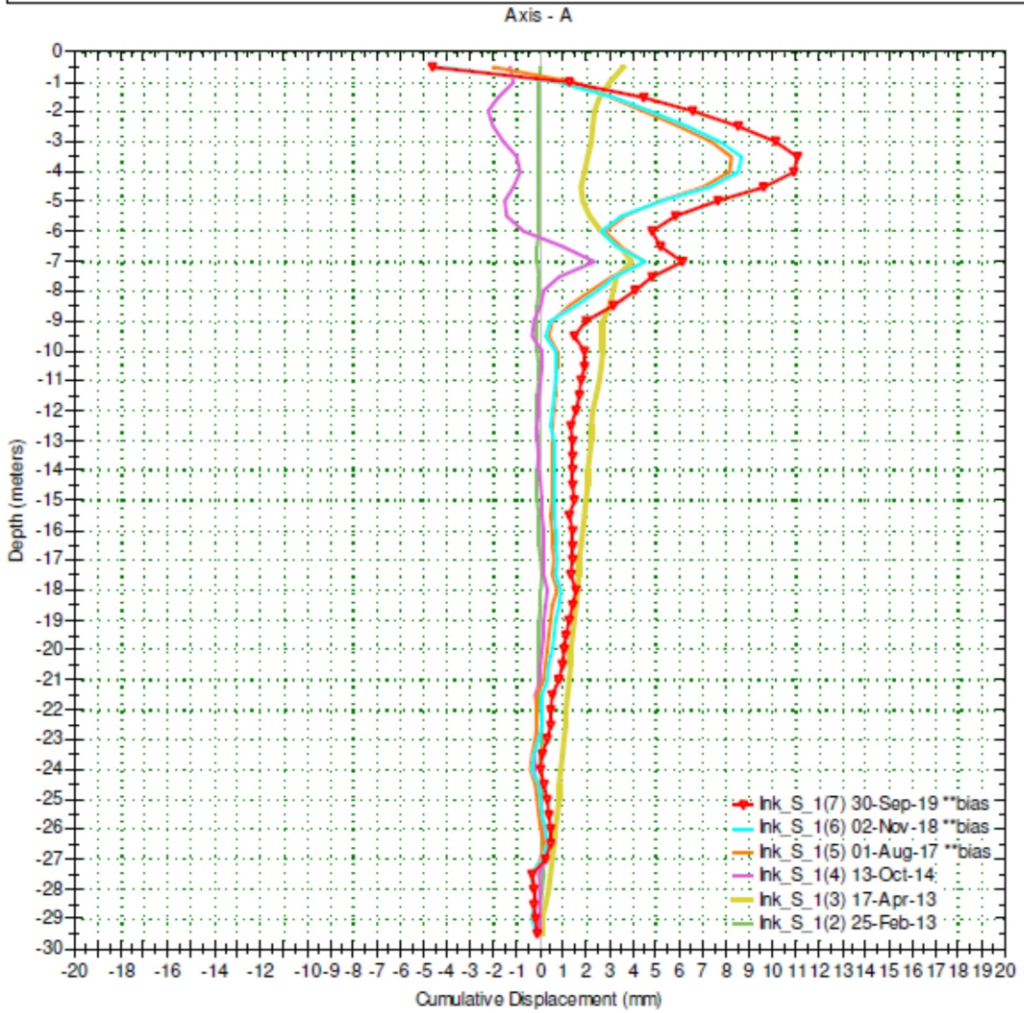
RST Instruments Ltd.

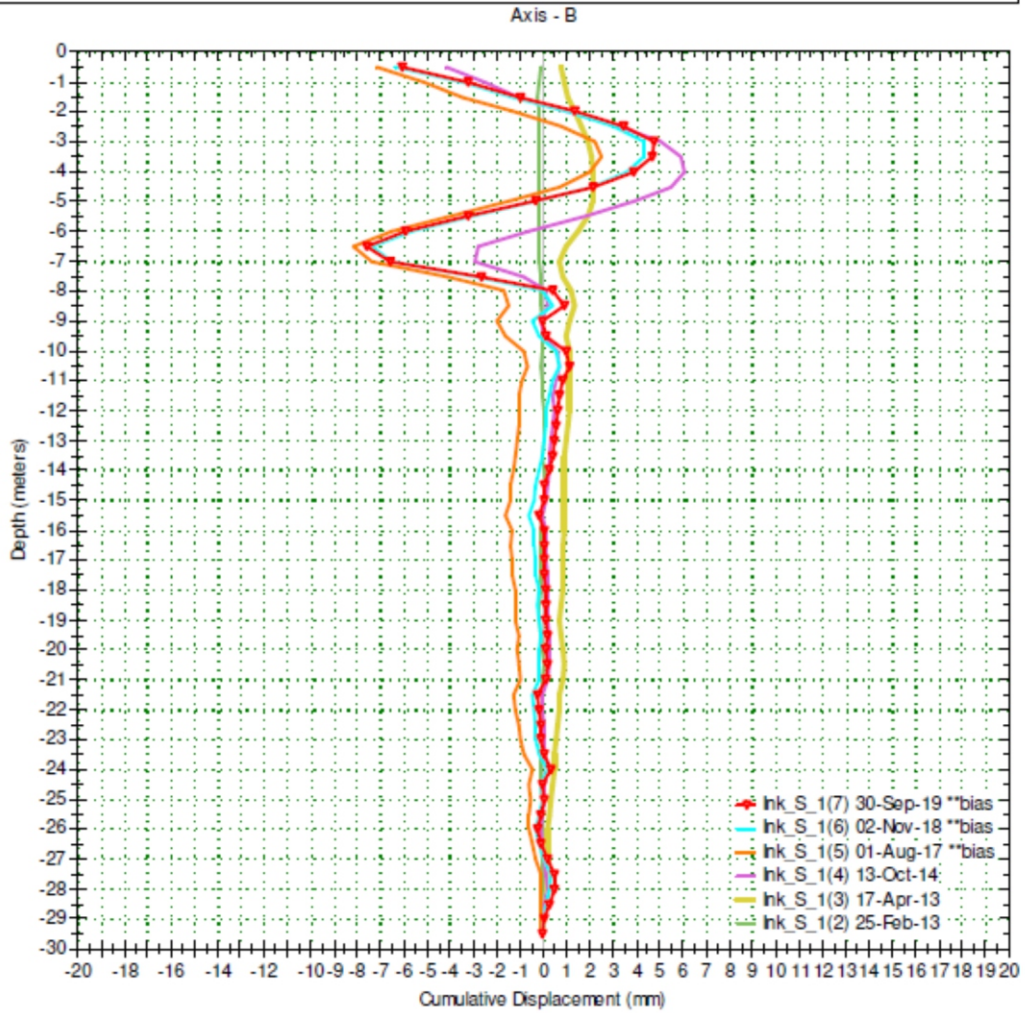
CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.48.7

Borehole : Ink_S_1
Project : W_św _Bronisław y
Location : Kraków, ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'23.6"
Easting : 19o53'28.1"
Collar : 283 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Base Reading : 2013 Feb 11 13:01
Applied Azimuth : 0.0 degrees





INKLINOMETR I-1/OK

Otwór S-1

RST Instruments Ltd.

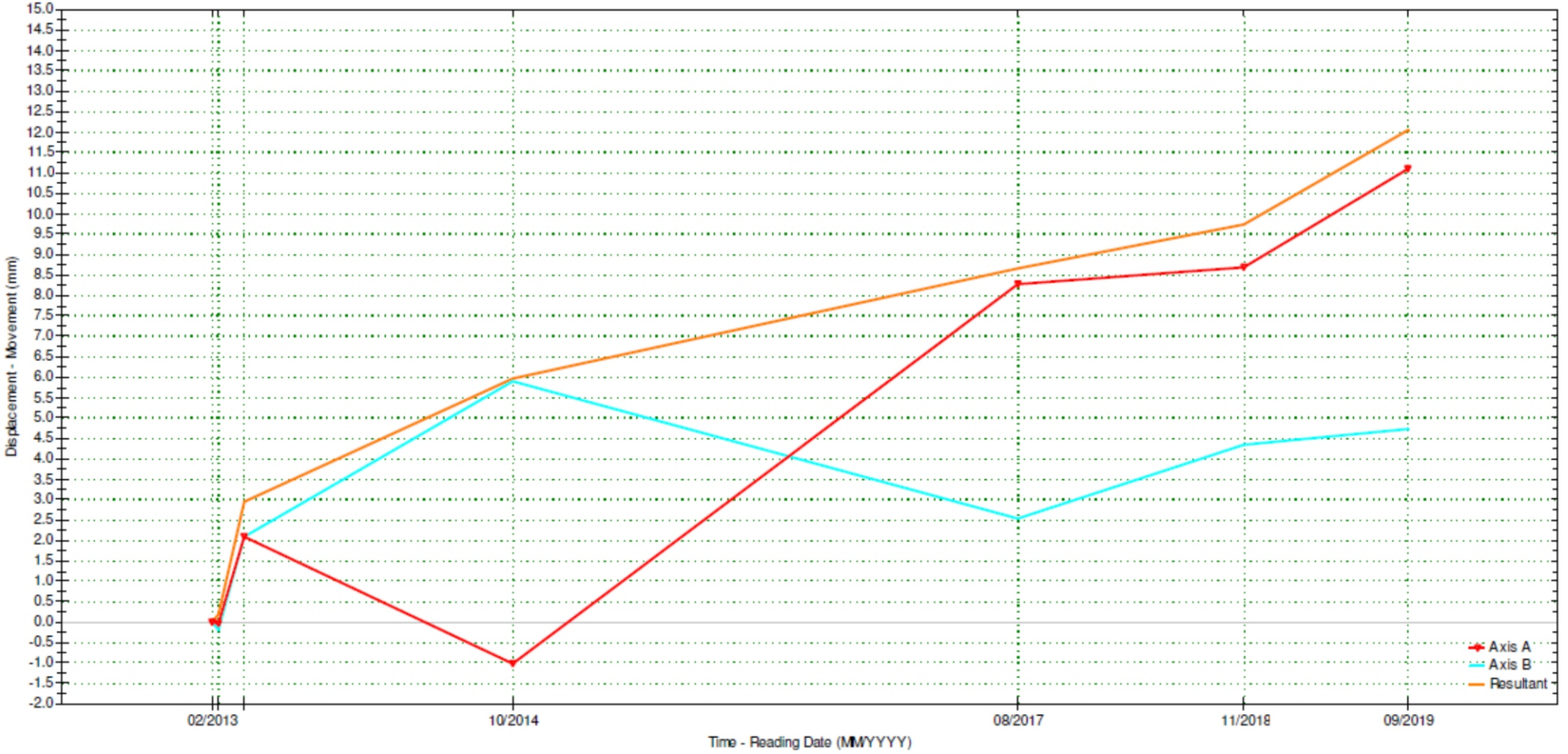
Borehole : Ink_S_1
Project : W_św _Bronisław y
Location : Kraków, ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'23.6"
Easting : 19o53'28.1"
Collar : 283 m n.p.m.
Collar Elev : 0.00 meters

TIME PLOT
Displacement vs. Time

Inclinalysis v. 2.48.7

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 3.5 - 29.5 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Latest Reading : 2019 Sep 30 10:25
Initial Reading : 2013 Feb 11 13:01
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Time Plot : 3.5 - 29.5 meters



INKLINOMETR I-1/OK

Otwór S-1

RST Instruments Ltd.

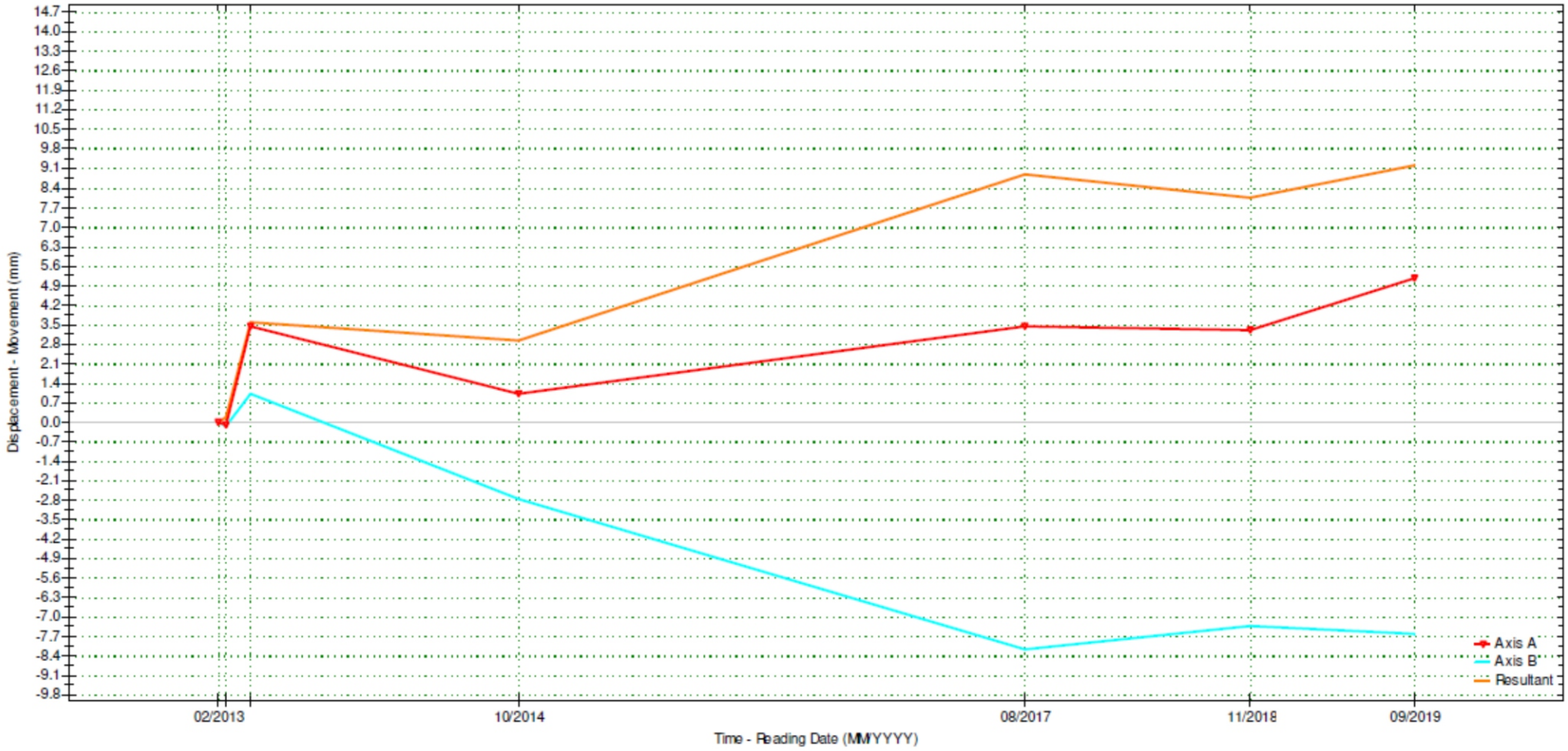
Borehole : Ink_S_1
Project : W_św _Bronisław y
Location : Kraków, ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'23.6"
Easting : 19o53'28.1"
Collar : 283 m n.p.m.
Collar Elev : 0.00 meters

TIME PLOT
Displacement vs. Time

Inclinalysis v. 2.48.7

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 6.5 - 29.5 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 20
Latest Reading : 2019 Sep 30 10:25
Initial Reading : 2013 Feb 11 13:01
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Time Plot : 6.5 - 29.5 meters



INKLINOMETR I-2/OK

Otwór S-2

RST Instruments Ltd.

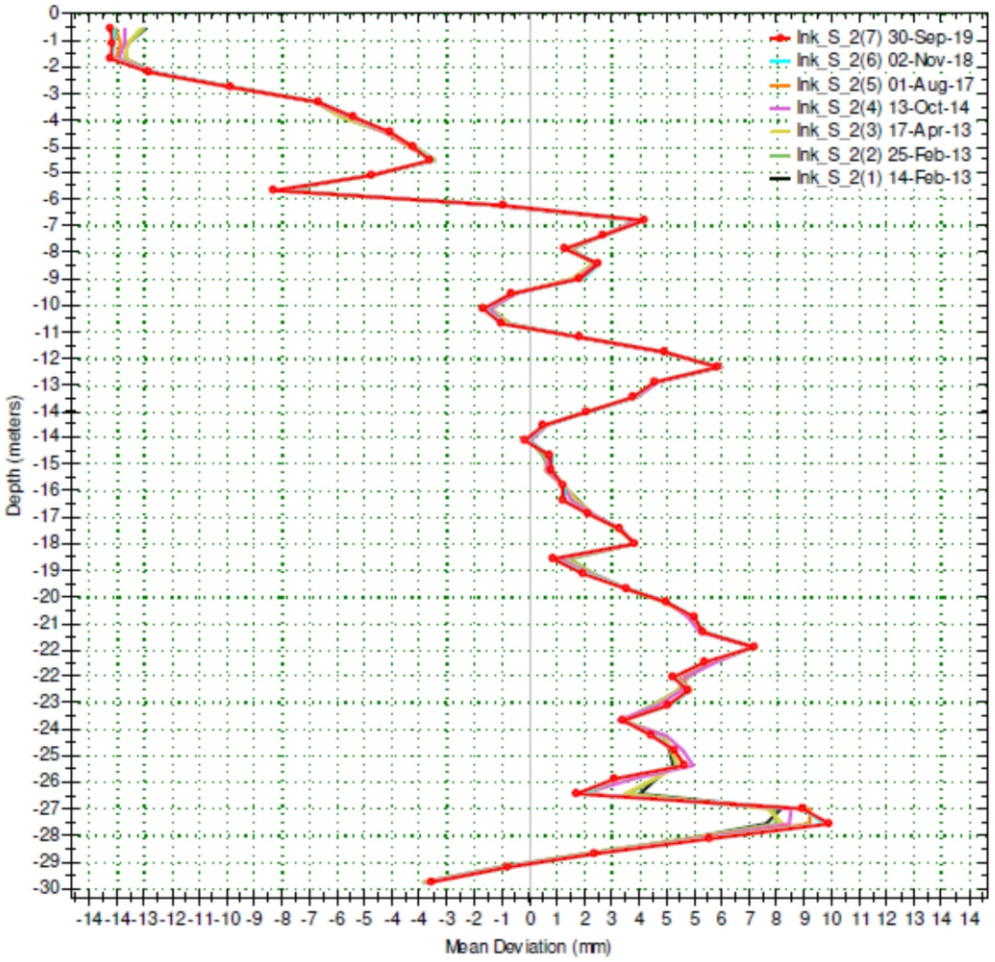
MEAN DEVIATION

Inclinalysis v. 2.48.7

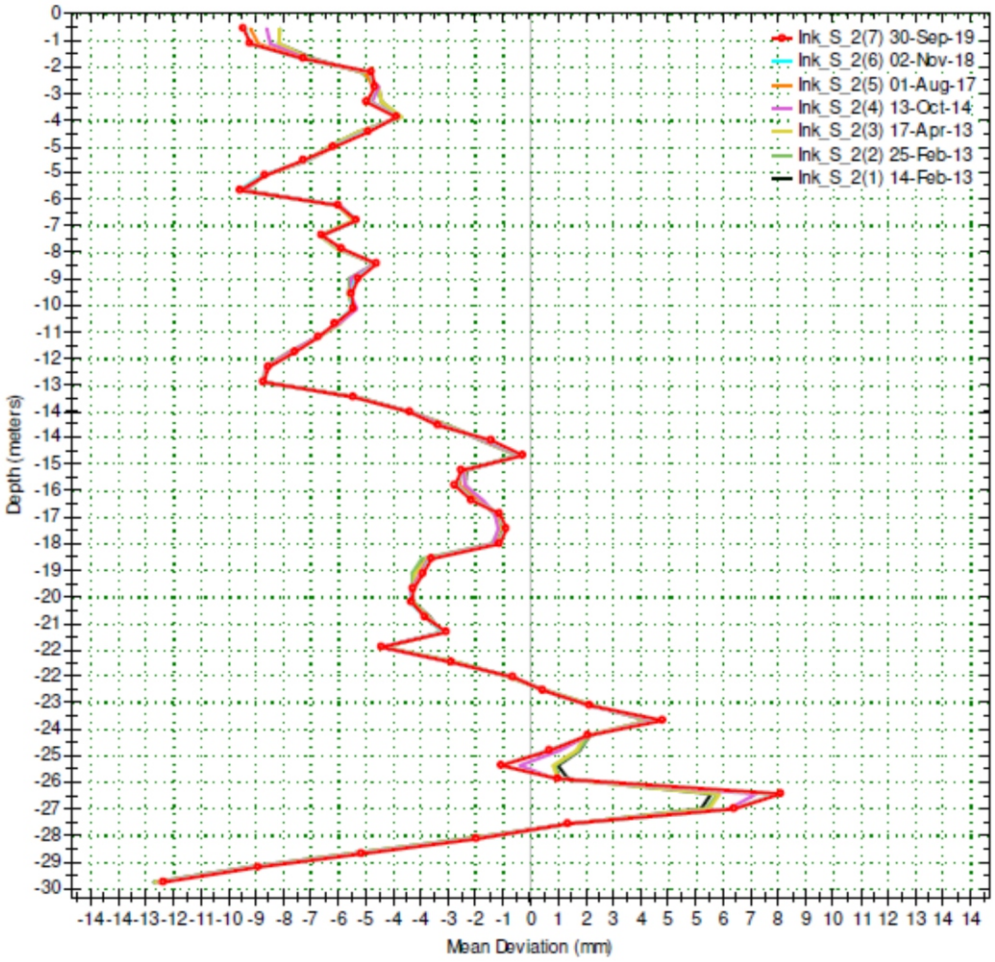
Borehole : Ink_S_2
Project : W_św _Bronisław y
Location : Kraków, ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'25.5"
Easting : 19o53'34.1"
Collar : 258 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 50
Base Reading : 2013 Feb 14 11:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



INKLINOMETR I-2/OK

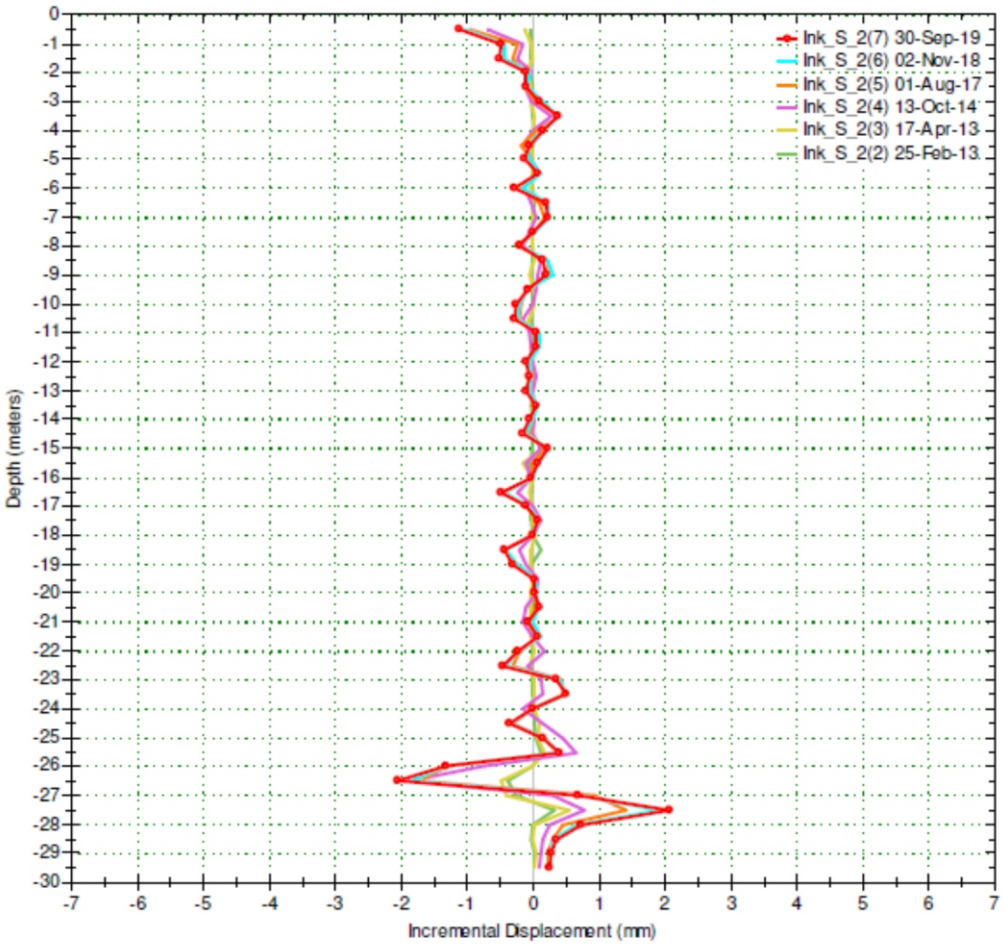
Otwór S-2

RST Instruments Ltd. | INCREMENTAL DISPLACEMENT | Inclinalysis v. 2.48.7

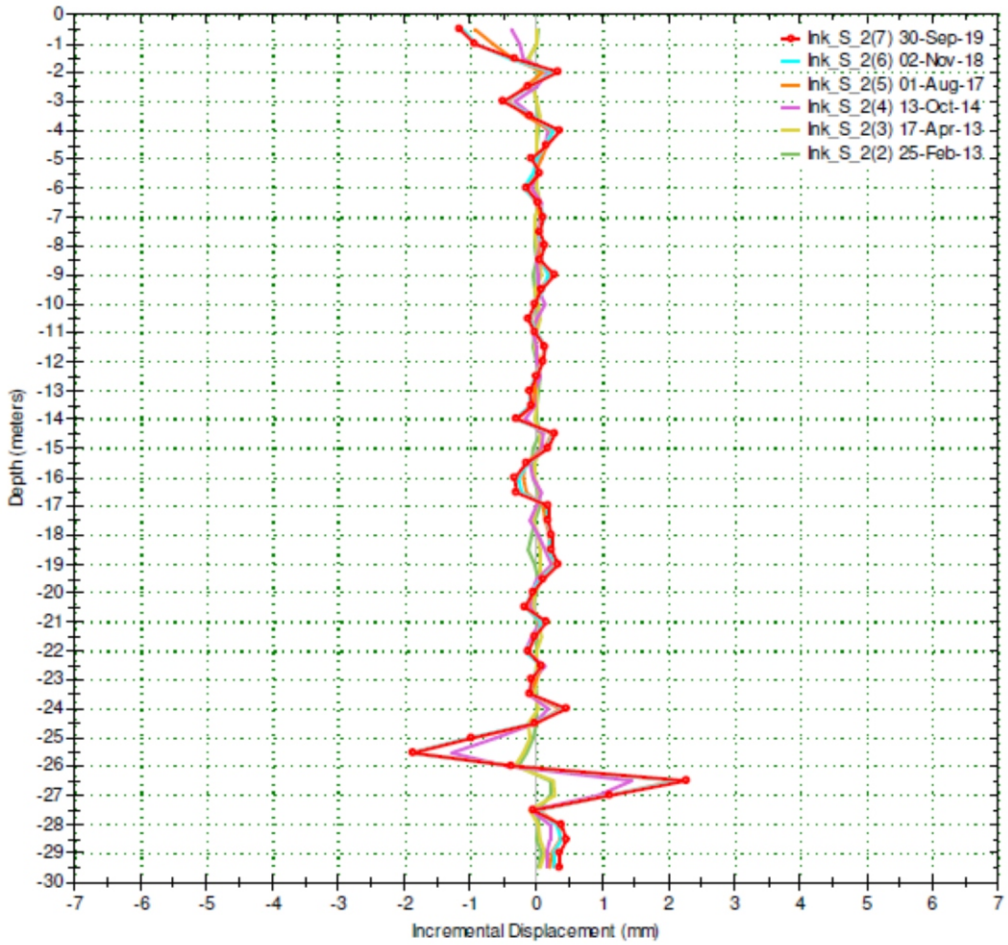
Borehole : Ink_S_2
Project : W_św _Bronisław y
Location : Kraków, ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'25.5"
Easting : 19o53'34.1"
Collar : 258 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 50
Base Reading : 2013 Feb 14 11:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



INKLINOMETR I-2/OK

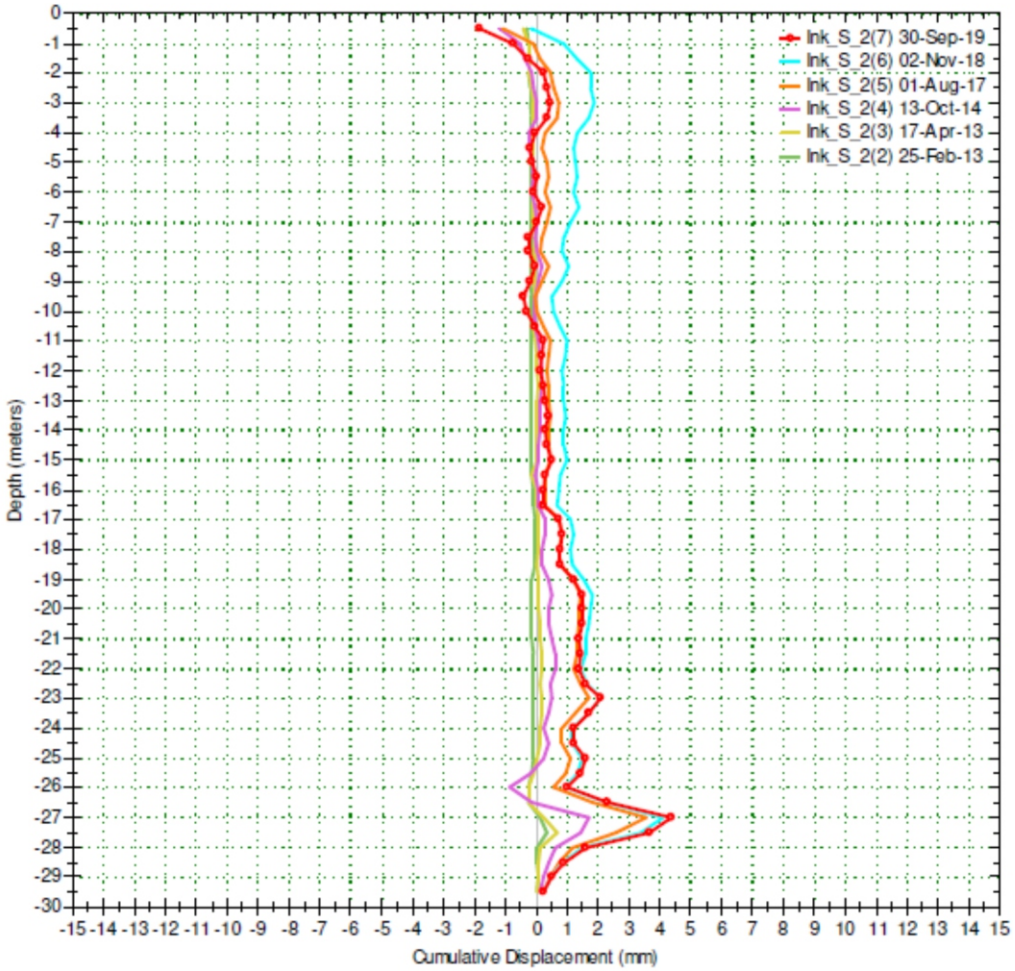
Otwór S-2

RST Instruments Ltd. | CUMULATIVE DISPLACEMENT | Inclinalysis v. 2.48.7

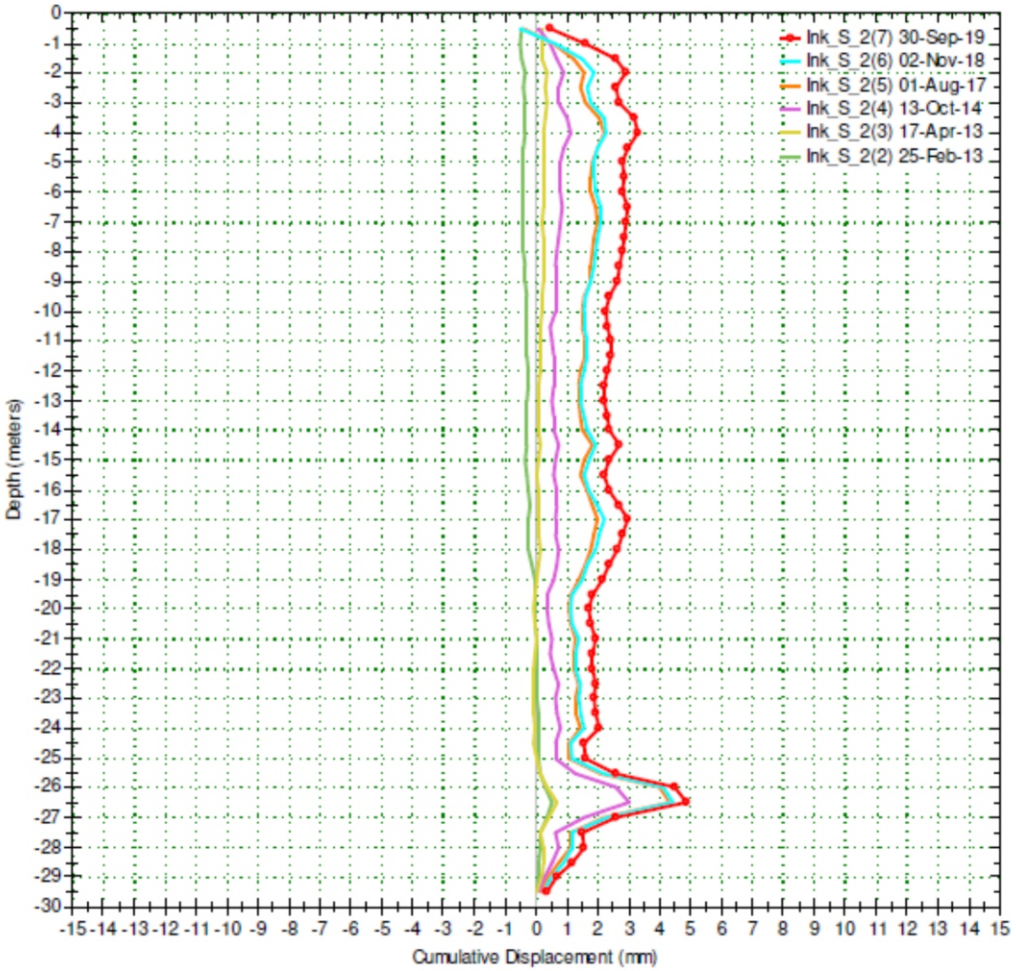
Borehole : Ink_S_2
Project : W_św _Bronisław y
Location : Kraków , ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'25.5"
Easting : 19o53'34.1"
Collar : 258 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 50
Base Reading : 2013 Feb 14 11:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



INKLINOMETR I-2/OK

Otwór S-2

RST Instruments Ltd.

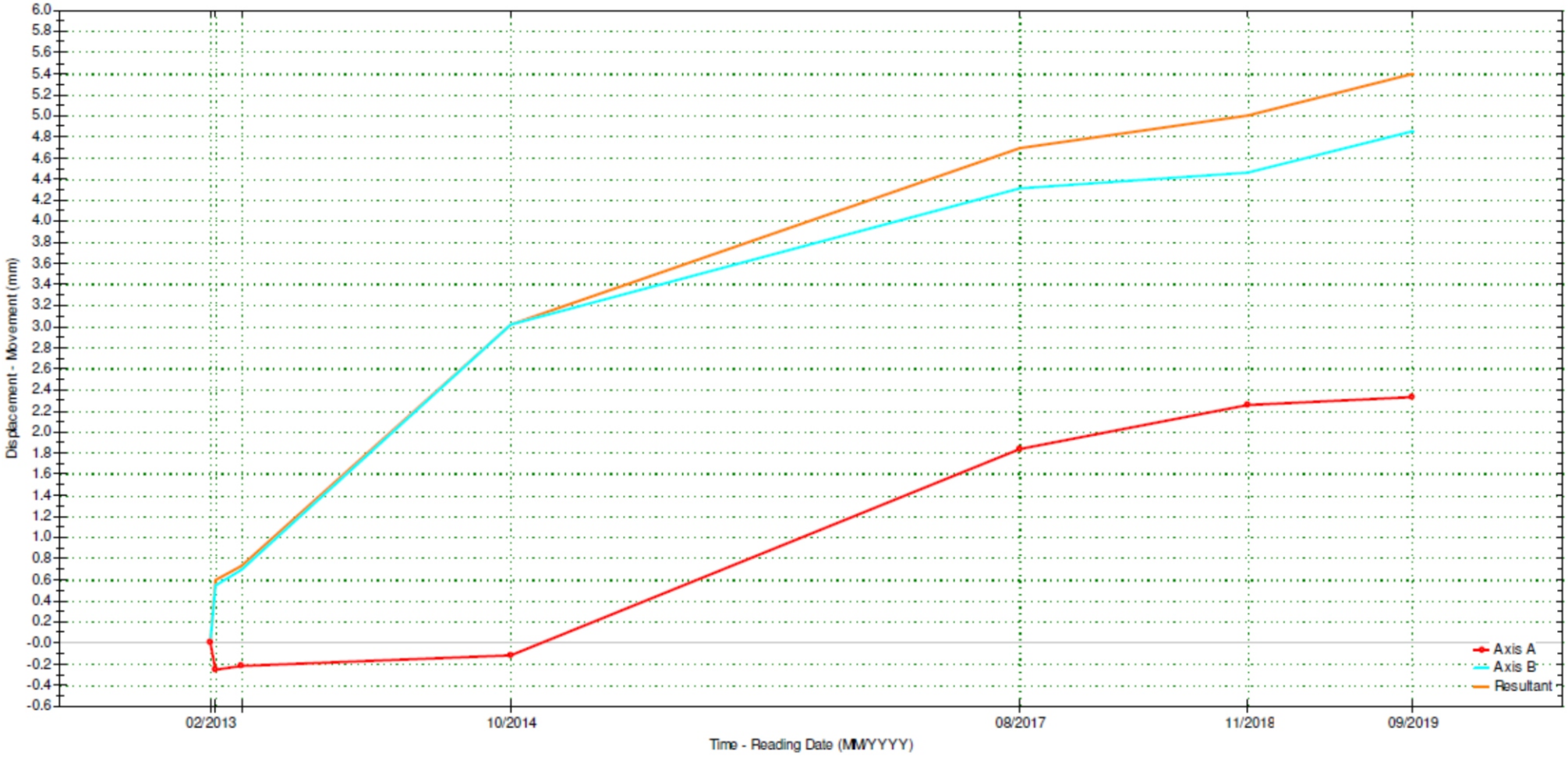
Borehole : Ink_S_2
Project : W_św _Bronisław y
Location : Kraków , ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'25.5"
Easting : 19o53'34.1"
Collar : 258 m n.p.m.
Collar Elev : 0.00 meters

TIME PLOT
Displacement vs. Time

Inclinalysis v. 2.48.7

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 26.5 - 29.5 meters
Reading Depth : 29.5 meters
A+ Groove Azimuth : 50
Latest Reading : 2019 Sep 30 11:18
Initial Reading : 2013 Feb 14 11:55
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Time Plot : 26.5 - 29.5 meters



INKLINOMETR I-3/OK

Otwór S-3

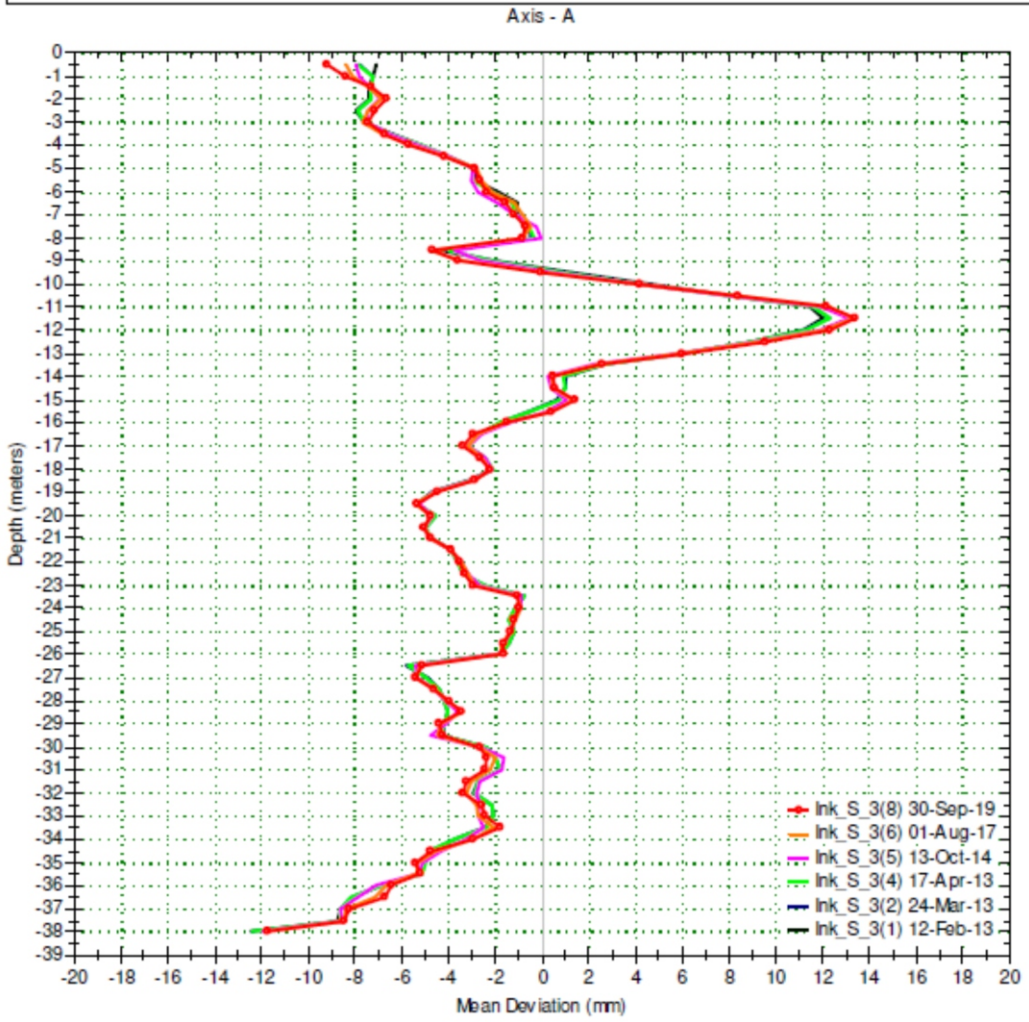
RST Instruments Ltd.

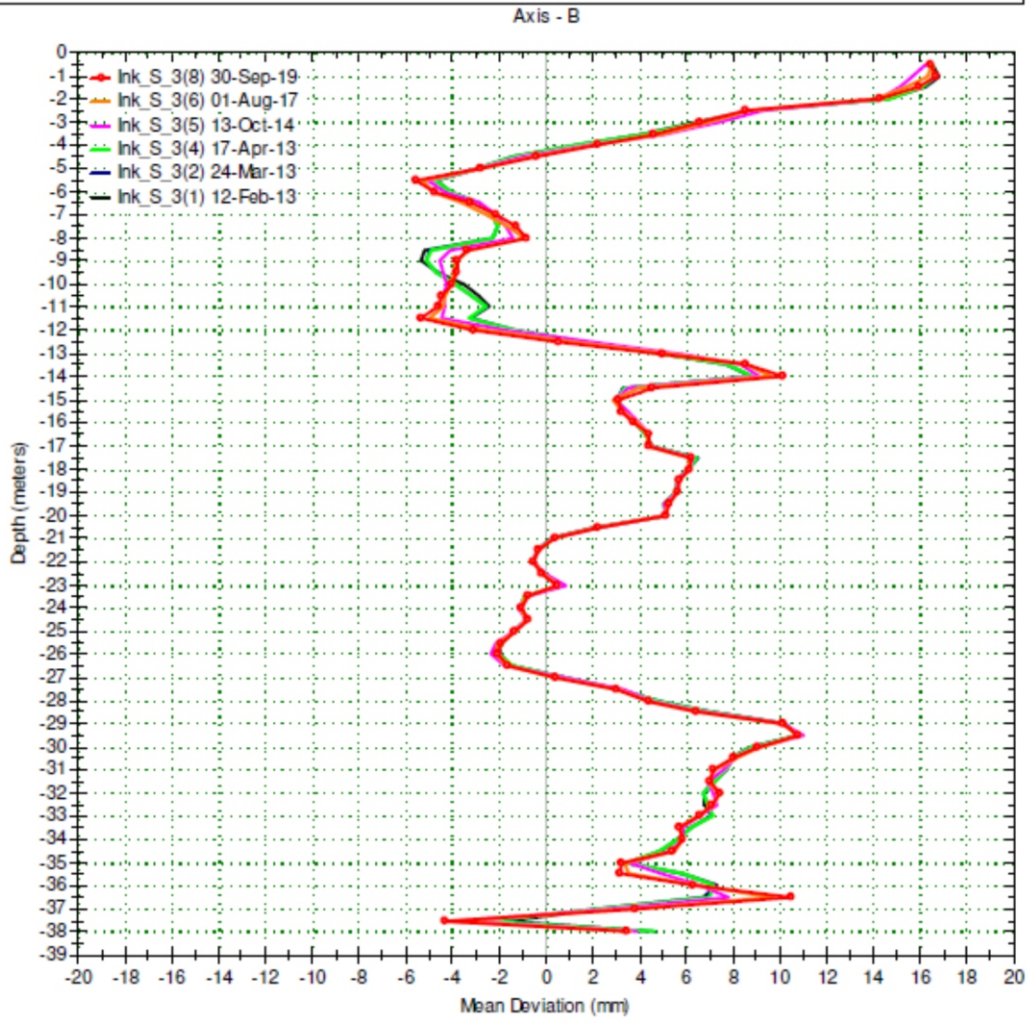
MEAN DEVIATION

Inclinalysis v. 2.48.7

Borehole : Ink_S_3
Project : W_św_Bronisławy
Location : Kraków, ul. Sawickiego
Northing : 50o03'30.4"
Easting : 19o53'40.1"
Collar : 221 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Base Reading : 2013 Feb 12 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees





INKLINOMETR I-3/OK

Otwór S-3

RST Instruments Ltd.

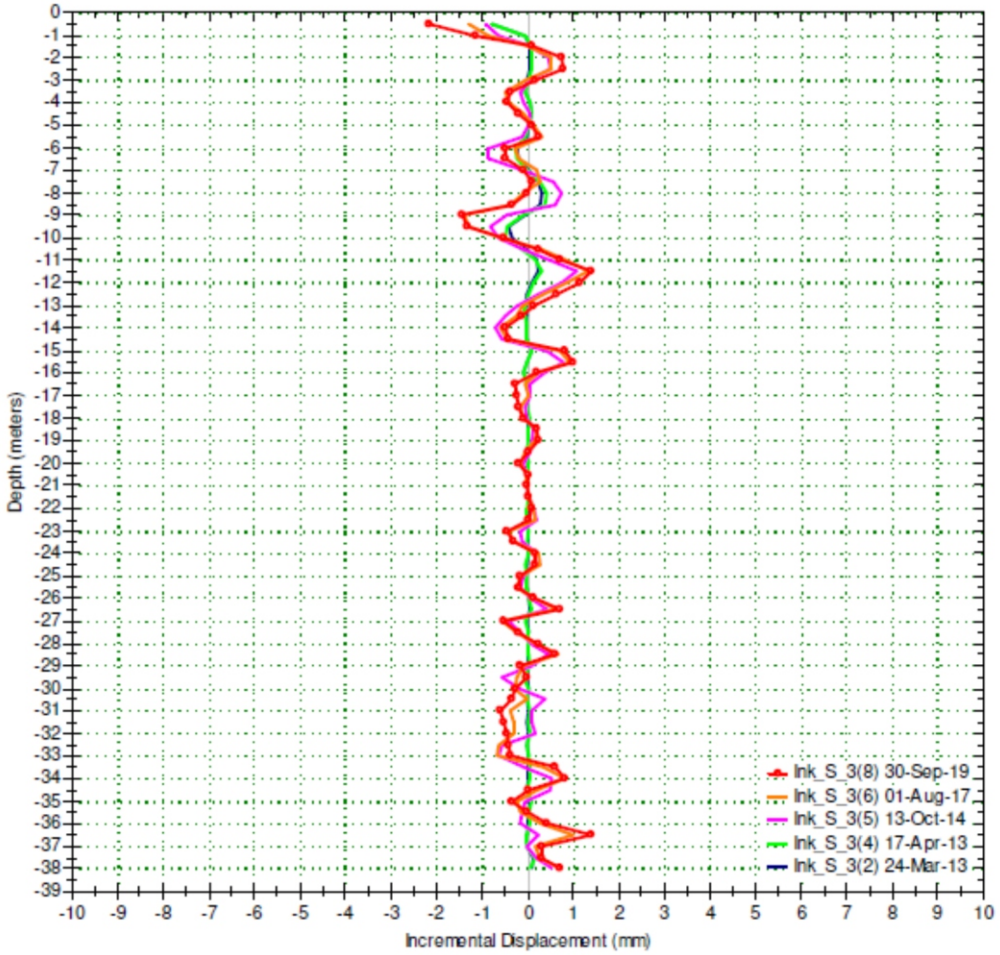
INCREMENTAL DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.48.7

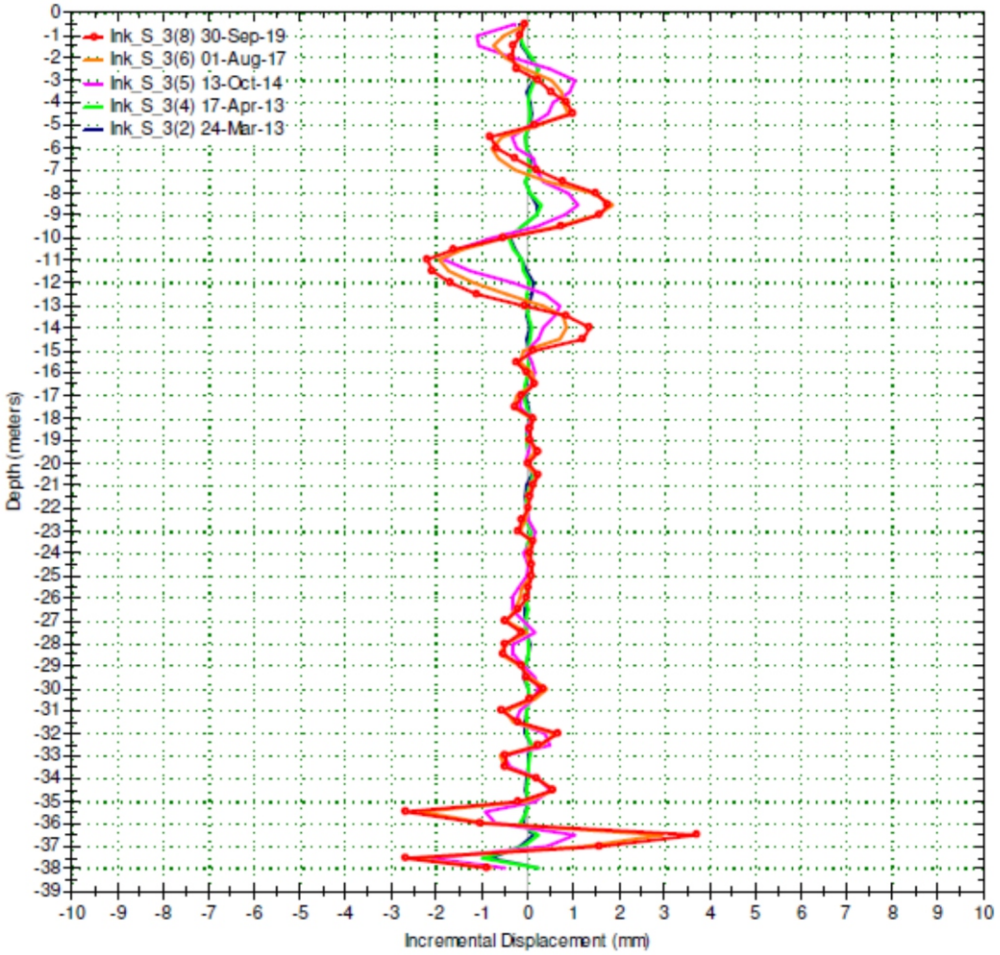
Borehole : Ink_S_3
Project : W_św_Bronisławy
Location : Kraków, ul. Sawickiego
Northing : 50o03'30.4"
Easting : 19o53'40.1"
Collar : 221 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Base Reading : 2013 Feb 12 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Axis - A



Axis - B



INKLINOMETR I-3/OK

Otwór S-3

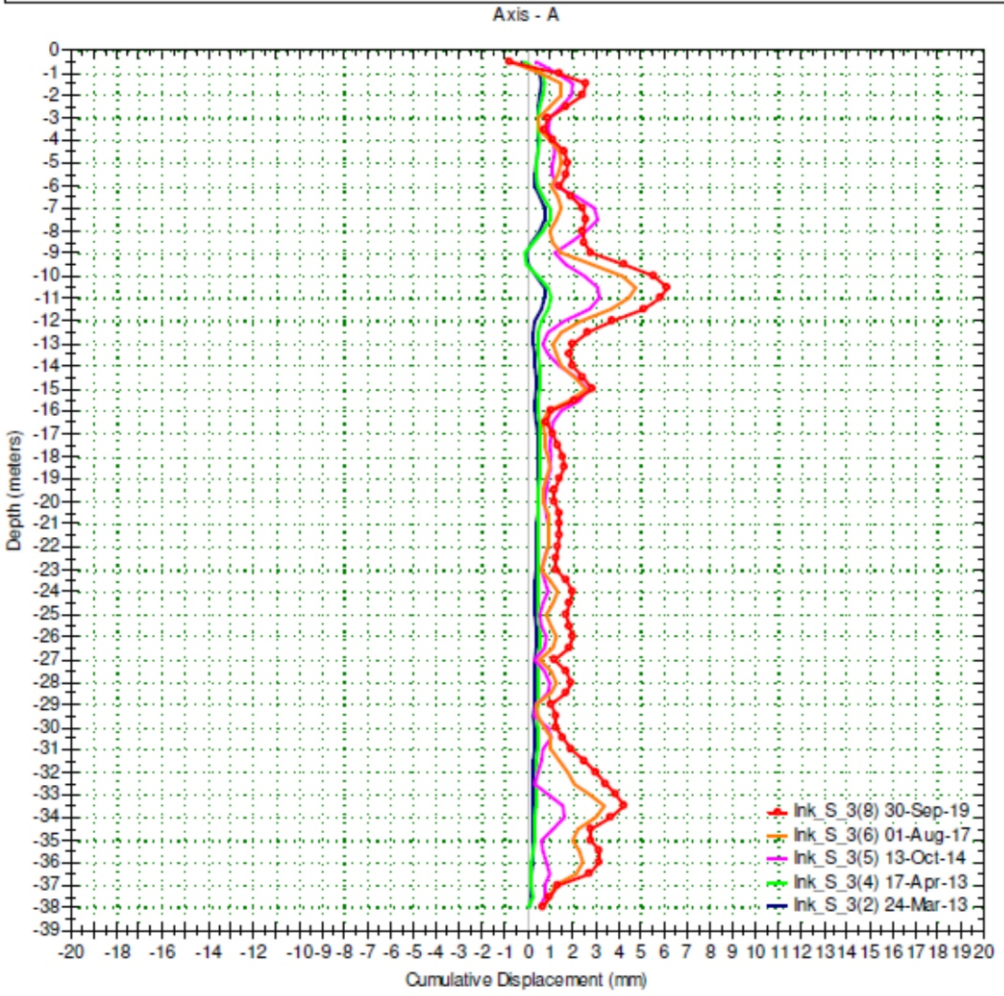
RST Instruments Ltd.

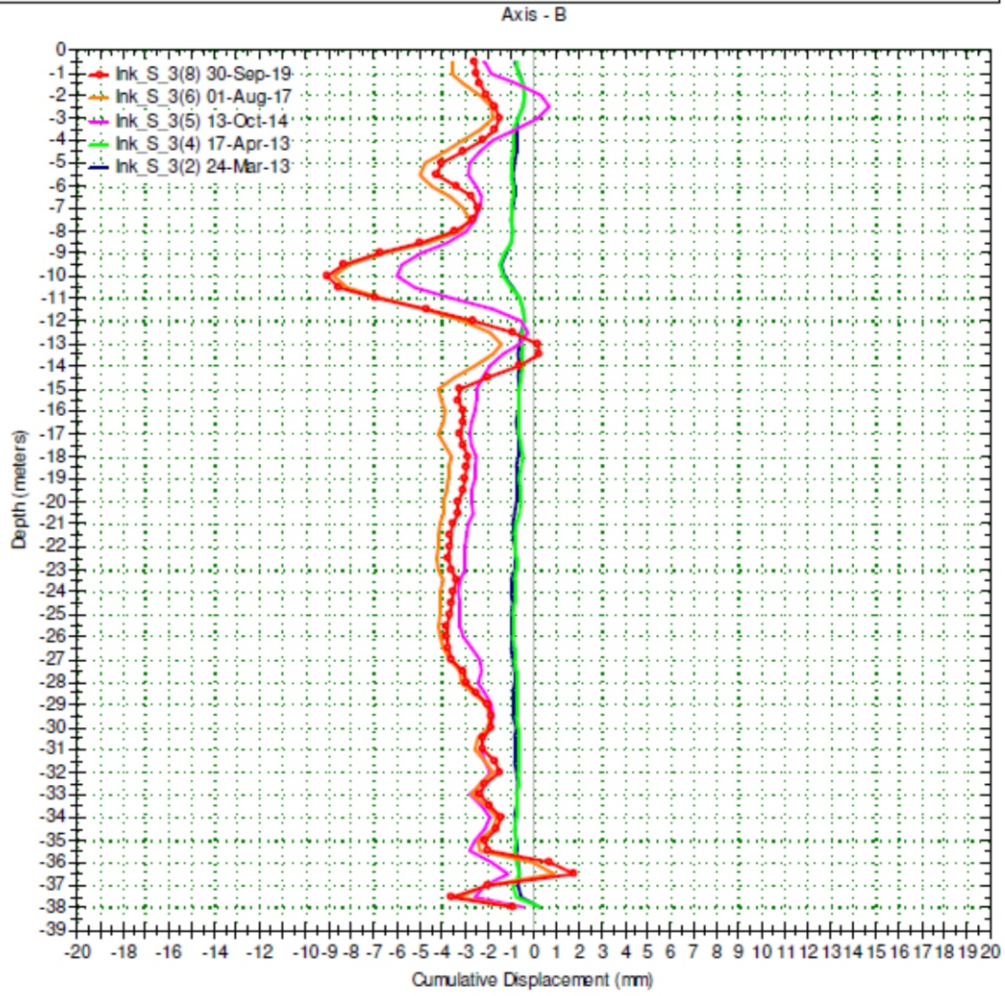
CUMULATIVE DISPLACEMENT

Inclinalysis v. 2.48.7

Borehole : Ink_S_3
Project : W_św _Bronisław y
Location : Kraków, ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'30.4"
Easting : 19o53'40.1"
Collar : 221 m n.p.m.

Spiral Correction : N/A
Collar Elevation : 0.00 meters
Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Base Reading : 2013 Feb 12 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees





INKLINOMETR I-3/OK

Otwór S-3

RST Instruments Ltd.

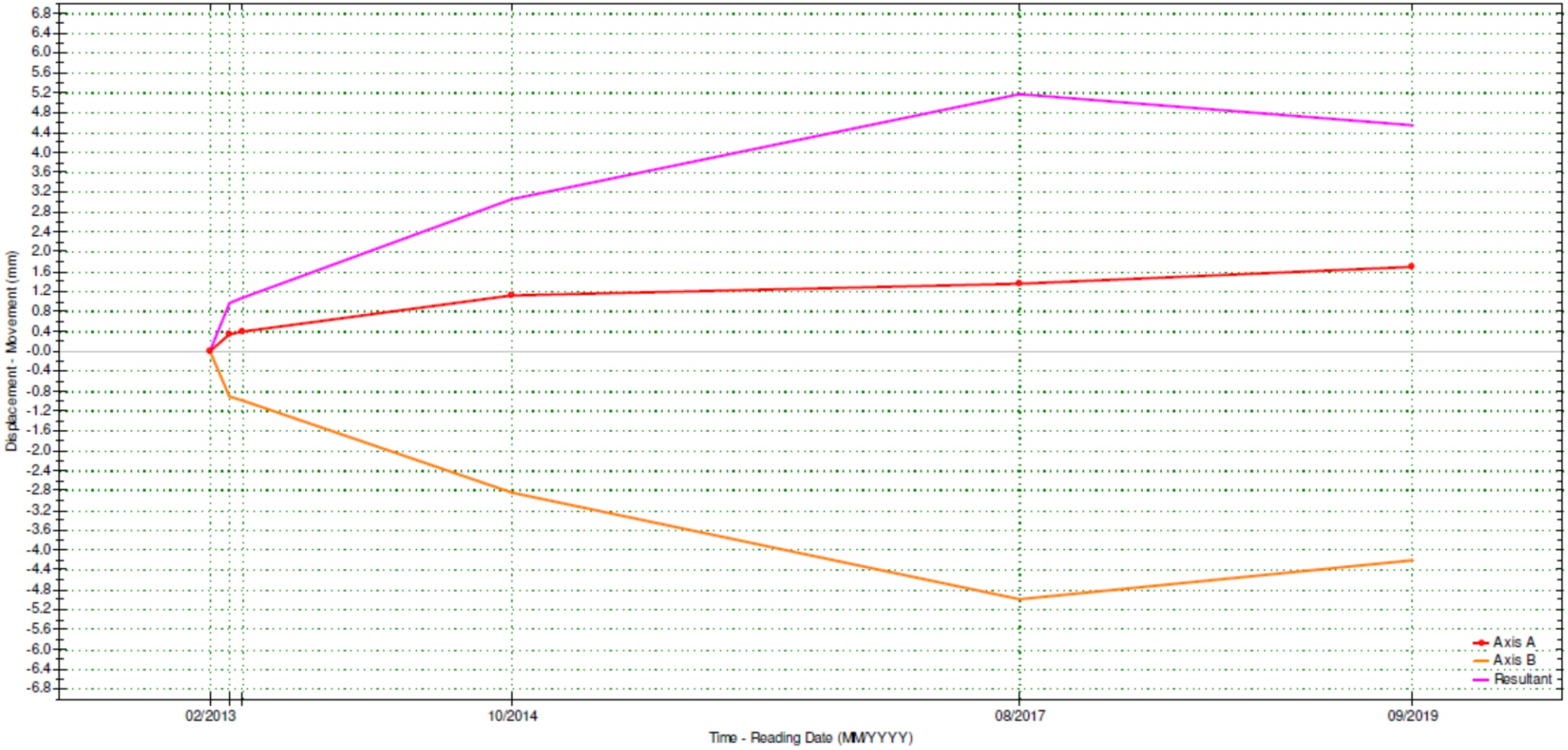
Borehole : Ink_S_3
Project : W_św_Bronisławy
Location : Kraków, ul. Sawickiego
Northing : 50o03'30.4"
Easting : 19o53'40.1"
Collar : 221 m n.p.m.
Collar Elev : 0.00 meters

TIME PLOT
Displacement vs. Time

Inclinalysis v. 2.48.7

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 5.5 - 38.0 meters
Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Latest Reading : 2019 Sep 30 09:33
Initial Reading : 2013 Feb 12 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Time Plot : 5.5 - 38.0 meters



INKLINOMETR I-3/OK

Otwór S-3

RST Instruments Ltd.

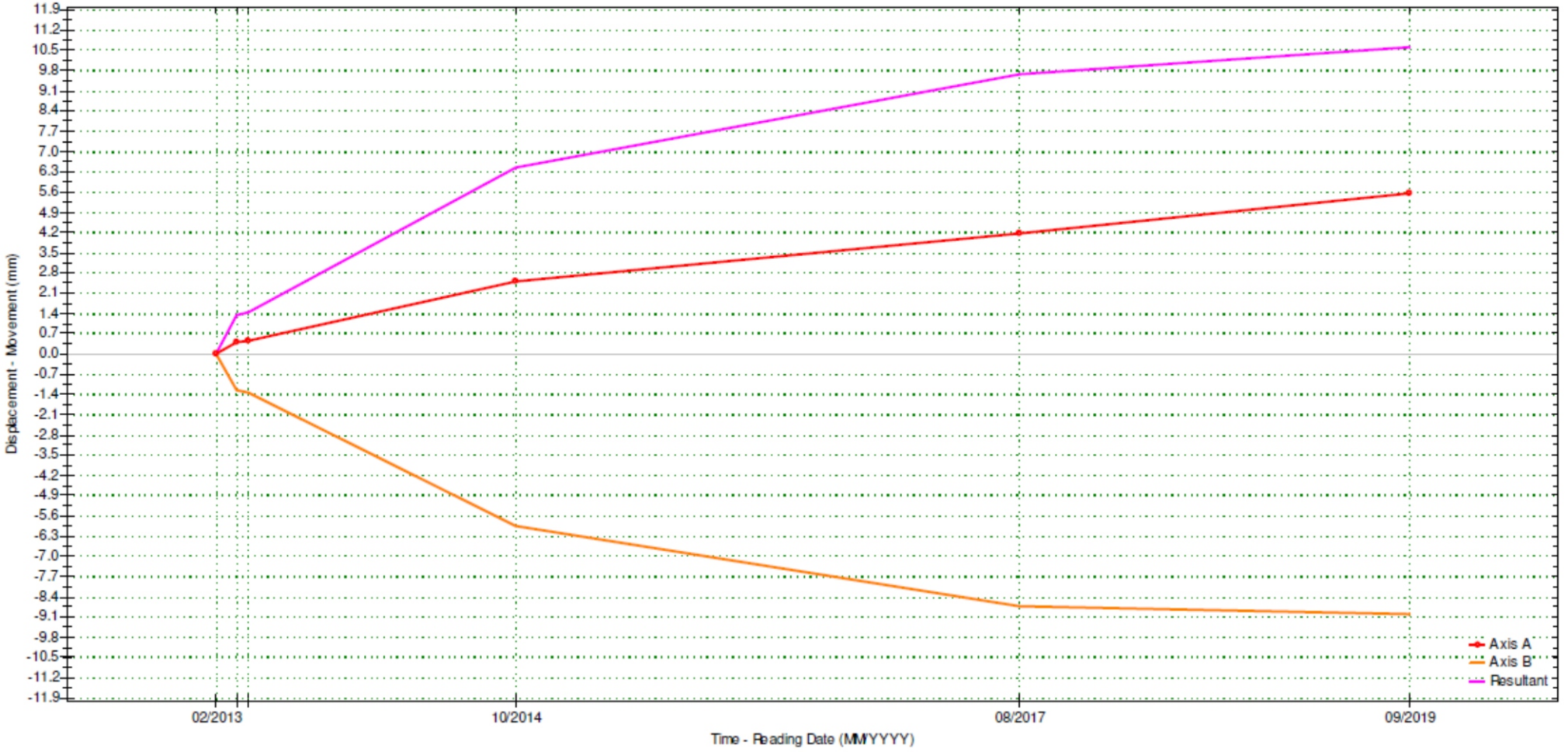
Borehole : Ink_S_3
Project : W_św_Bronisław y
Location : Kraków, ul. Saw ickiego
Northing : 50o03'30.4"
Easting : 19o53'40.1"
Collar : 221 m n.p.m.
Collar Elev : 0.00 meters

TIME PLOT
Displacement vs. Time

Inclinalysis v. 2.48.7

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 10.0 - 38.0 meters
Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Latest Reading : 2019 Sep 30 09:33
Initial Reading : 2013 Feb 12 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Time Plot : 10.0 - 38.0 meters



INKLINOMETR I-3/OK

Otwór S-3

RST Instruments Ltd.

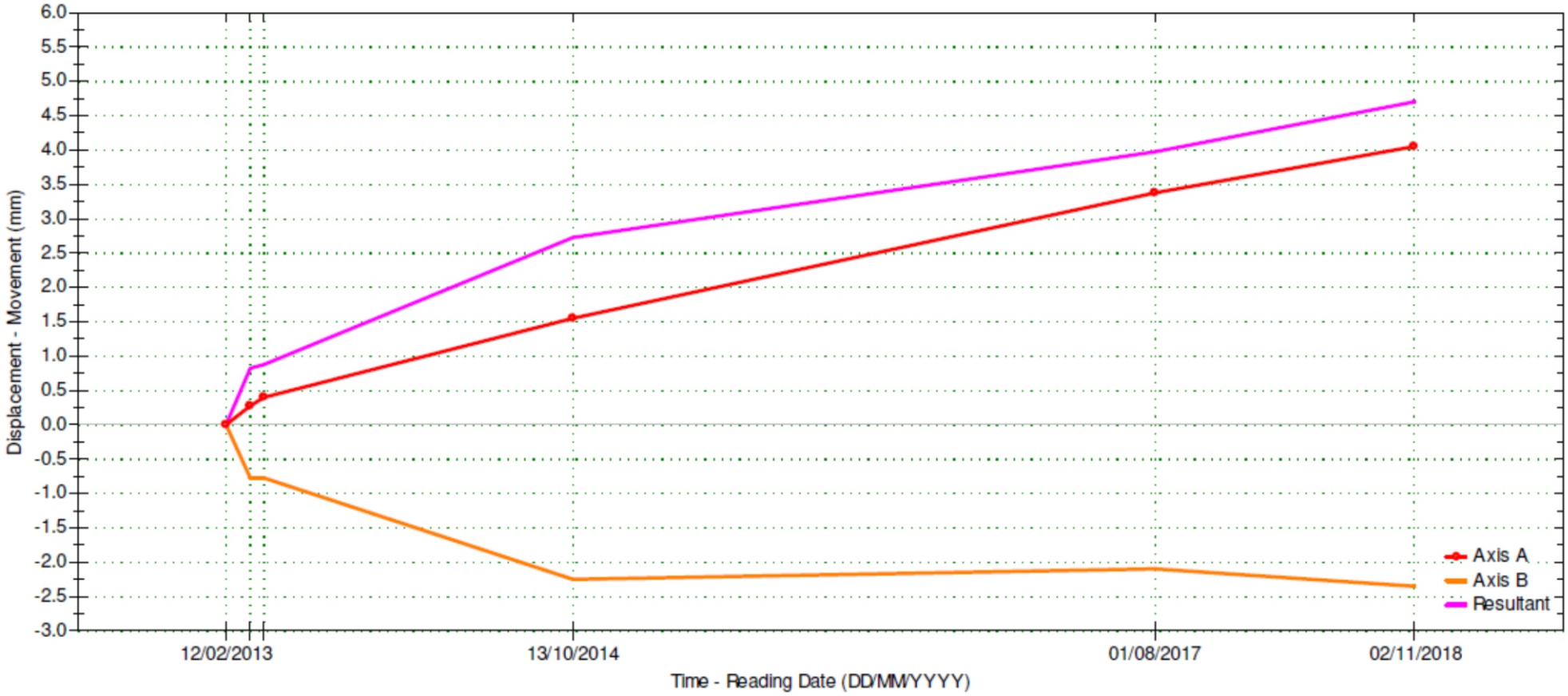
TIME PLOT
Displacement vs. Time

Inclinalysis v. 2.48.7

Borehole : Ink_S_3
Project : W_św_Bronisławy
Location : Kraków , ul. Sawickiego
Northing : 50o03'30.4"
Easting : 19o53'40.1"
Collar : 221 m n.p.m.
Collar Elev : 0.00 meters

Spiral Correction : N/A
Movement Depth : 33.5 - 38.0 meters
Reading Depth : 38.0 meters
A+ Groove Azimuth : 45
Latest Reading : 2018 Nov 02 09:48
Initial Reading : 2013 Feb 12 13:12
Applied Azimuth : 0.0 degrees

Time Plot : 33.5 - 38.0 meters



LOKALIZACJA ROBOTY

Województwo : *małopolskie*
Powiat/Miasto: *m. Kraków*
Gmina : *Krowodrza*
Obręb** :* ***11

NAZWA OBIEKTU: *Wzgórze Bronisławy*

SPRAWOZDANIE TECHNICZNE

- Z PRAC GEODEZYJNYCH ZWIĄZANYCH Z WYKONANIEM:
pomiaru w ramach szóstej serii punktów obserwacyjnych

1. WYKONAWCA:

mgr inż. Maciej Kondyjowski
geodeta uprawniony – nr upr. 19074 – zakres 1, 2

2. CEL I RODZAJ ROBOTY:

monitoring geodezyjny stref osuwiskowych

3. OPIS WYKONYWANYCH PRAC

- PRACE POLOWE:

- *w dniu 30 września 2019r. przeprowadzono VI serię pomiarów tachimetrem elektronicznym „Trimble S3", zapewniającym dokładność pomiaru pojedynczego kierunku 6cc i długości 2 mm + 2 mm/km,*
- *wykonano niwelację precyzyjną punktów obserwacyjnych niwelatorem elektronicznym Leica DNA 10 w nawiązaniu do reperu państwowego Rp 2051 zlokalizowanego w murze przy ul. Hoffmana,*

- PRACE KAMERALNE:

- *opracowano wyniki pomiarów, współrzędne XYH punktów uzyskano poprzez obliczenie danych obserwacyjnych za pomocą programu C-GEO,*
- *opracowano tabelaryczne zestawienie współrzędnych XYZ obserwowanych punktów oraz różnice pomiędzy serią 6 a serią 0.*
- *wnioski: na podstawie interpretacji pomiarów można stwierdzić ruch pionowy punktów W3, W4, W6, W8 i W9 zlokalizowanych na powierzchni całej strefy osuwiskowej oraz ruchy poziome dla punktów W1, W6, W7 i W9 położonych na obszarze dolnej części strefy osuwiskowej. Wartości dla punktów W2, W5 nie znacznie się różnią od poprzednich pomiarów. Nie pomierzono punktu W10 z powodu zniszczenia najprawdopodobniej przez prace ziemne na sąsiedniej działce.*

Kraków, dn. 30.09.2019r.

mgr inż. Maciej Kondyjowski
geodeta uprawniony - nr upr. 19074
tel. 504 085 798

Wykaz współrzędnych X Y H obserowanych punktów

seria 0 - 15.01.2013				seria 1 - 15.03.2013				seria 2 - 17.04. 2013				seria 3 - 15.09.2014				seria 4 - 1.08. 2017				seria 5- 2.11. 2018				seria 6- 30.09. 2019			
Nr punktu	X	Y	H	Nr punktu	X	Y	H	Nr punktu	X	Y	H	Nr punktu	X	Y	H	Nr punktu	X	Y	H	Nr punktu	X	Y	H	Nr punktu	X	Y	H
w1	5547284.422	7420544.268	286.088	w1	5547284.423	7420544.265	286.088	w1	5547284.425	7420544.263	286.088	w1	5547284.453	7420544.222	286.090	w1	5547284.422	7420544.261	286.083	w1	5547284.427	7420544.273	286.085	w1	5547284.441	7420544.240	286.089
w2	5547284.265	7420639.611	272.803	w2	5547284.265	7420639.606	272.803	w2	5547284.263	7420639.603	272.803	w2	5547284.254	7420639.619	272.806	w2	5547284.265	7420639.607	272.801	w2	5547284.270	7420639.616	272.800	w2	5547284.258	7420639.610	272.805
w3	5547292.263	7420766.606	249.932	w3	5547292.264	7420766.605	249.933	w3	5547292.264	7420766.603	249.933	w3	5547292.262	7420766.622	249.935	w3	5547292.269	7420766.604	249.935	w3	5547292.268	7420766.611	249.935	w3	5547292.260	7420766.609	249.936
w4	5547317.556	7420704.330	251.861	w4	5547317.558	7420704.324	251.862	w4	5547317.557	7420704.322	251.862	w4	5547317.570	7420704.336	251.864	w4	5547317.557	7420704.326	251.863	w4	5547317.561	7420704.335	251.864	w4	5547317.561	7420704.326	251.864
w5	5547305.410	7420824.942	248.261	w5	5547305.404	7420824.943	248.261	w5	5547305.400	7420824.943	248.261	w5	5547305.426	7420824.901	248.264	w5	5547305.414	7420824.942	248.262	w5	5547305.415	7420824.947	248.263	w5	5547305.404	7420824.941	248.262
w6	5547350.979	7420843.038	235.881	w6	5547350.986	7420843.029	235.882	w6	5547350.989	7420843.025	235.883	w6	5547350.976	7420843.039	235.883	w6	5547351.011	7420843.070	235.887	w6	5547350.984	7420843.043	235.886	w6	5547351.023	7420843.060	235.885
w7	5547369.511	7420781.739	236.008	w7	5547369.510	7420781.728	236.010	w7	5547369.507	7420781.724	236.011	w7	5547369.500	7420781.728	236.009	w7	5547369.474	7420781.745	236.010	w7	5547369.516	7420781.744	236.011	w7	5547369.464	7420781.754	236.009
w8	5547333.441	7420626.661	261.812	w8	5547333.447	7420626.674	261.813	w8	5547333.449	7420626.679	261.813	w8	5547333.413	7420626.649	261.814	w8	5547333.436	7420626.656	261.812	w8	5547333.446	7420626.666	261.814	w8	5547333.436	7420626.668	261.816
w9	5547377.518	7420657.733	251.081	w9	5547377.516	7420657.729	251.082	w9	5547377.514	7420657.728	251.083	w9	5547377.492	7420657.745	251.083	w9	5547377.515	7420657.726	251.083	w9	5547377.523	7420657.738	251.083	w9	5547377.505	7420657.750	251.087
w10	5547500.690	7420837.305	263.623	w10	5547500.697	7420837.306	263.623	w10	5547500.700	7420837.307	263.623	w10	5547500.701	7420837.308	263.624	w10	-	-	-	w10	-	-	-	w10	-	-	-

mgr inż. Maciej Kondyjowski
geodeta uprawniony - nr upr. 19074
tel. 504 085 798

Wykaz różnic współrzędnych płaskich X, Y obserwowanych punktów pomiędzy pomiarem "kolejnym" a "zerowym"

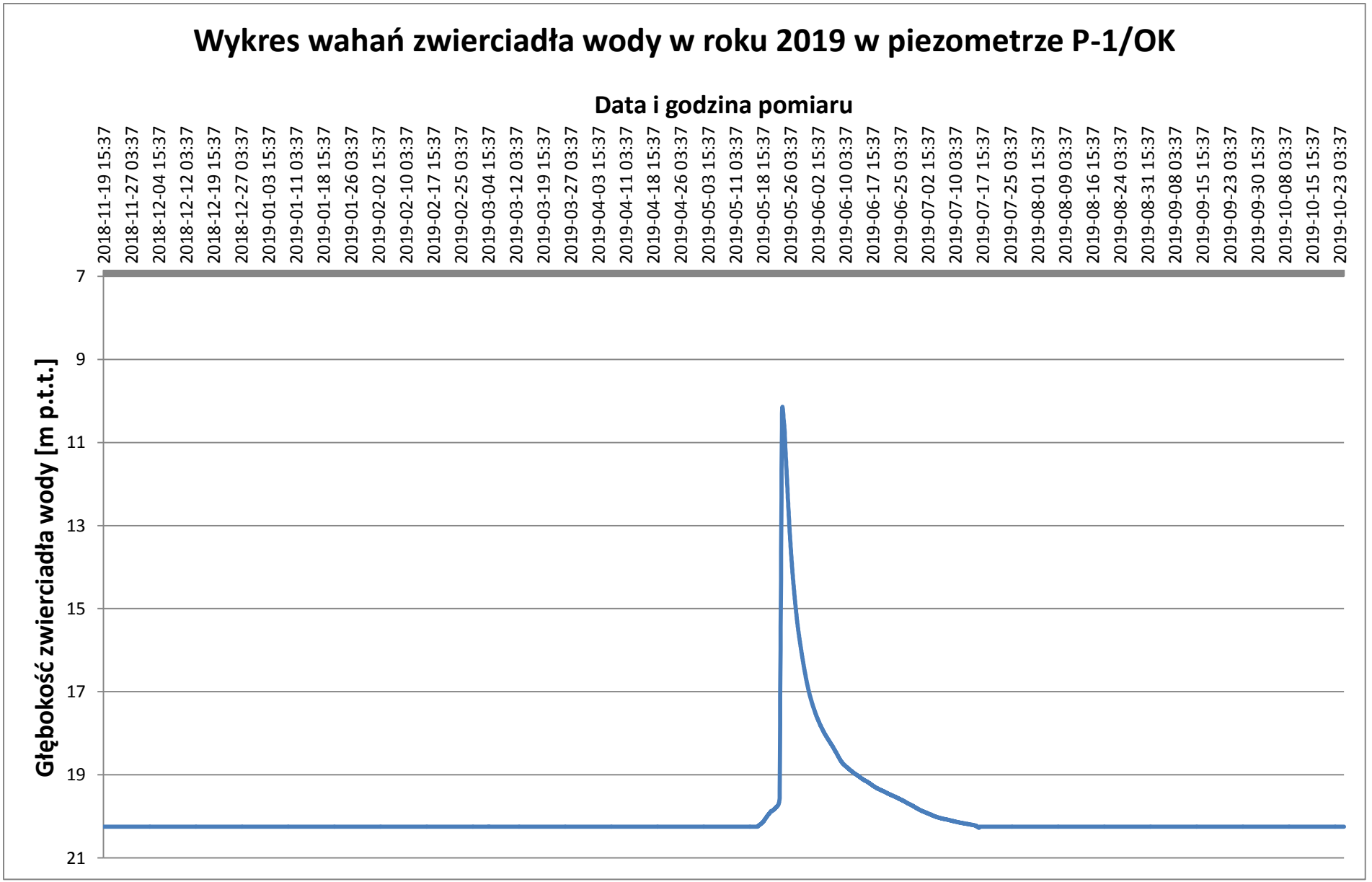
seria I - 15 marzec 2013			seria II - 17 kwiecień 2013			seria III - 15 wrzesień 2014			seria IV - 1 sierpień 2017			seria V - 2 listopad 2018			seria VI - 30 wrzesień 2019		
Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]	Nr punktu	Dx [mm]	Dy [mm]
w1	1	-3	w1	3	-5	w1	31	-46	w1	0	-7	w1	5	-5	w1	19	-28
w2	0	-5	w2	-2	-8	w2	-11	8	w2	0	-4	w2	-3	-6	w2	-7	-1
w3	1	-1	w3	1	-3	w3	-1	16	w3	6	-2	w3	3	5	w3	-3	3
w4	2	-6	w4	1	-8	w4	14	6	w4	1	-4	w4	4	-8	w4	5	-4
w5	-6	1	w5	-10	1	w5	16	-41	w5	4	0	w5	-2	-8	w5	-6	-1
w6	7	-9	w6	10	-13	w6	-3	1	w6	32	32	w6	18	23	w6	44	22
w7	-1	-11	w7	-4	-15	w7	-11	-11	w7	-37	6	w7	-42	-5	w7	-47	15
w8	6	13	w8	8	18	w8	-28	-12	w8	-5	-5	w8	-2	0	w8	-5	7
w9	-2	-4	w9	-4	-5	w9	-26	12	w9	-3	-7	w9	-9	-5	w9	-13	17
w10	7	1	w10	10	2	w10	11	3	w10			w10			w10		

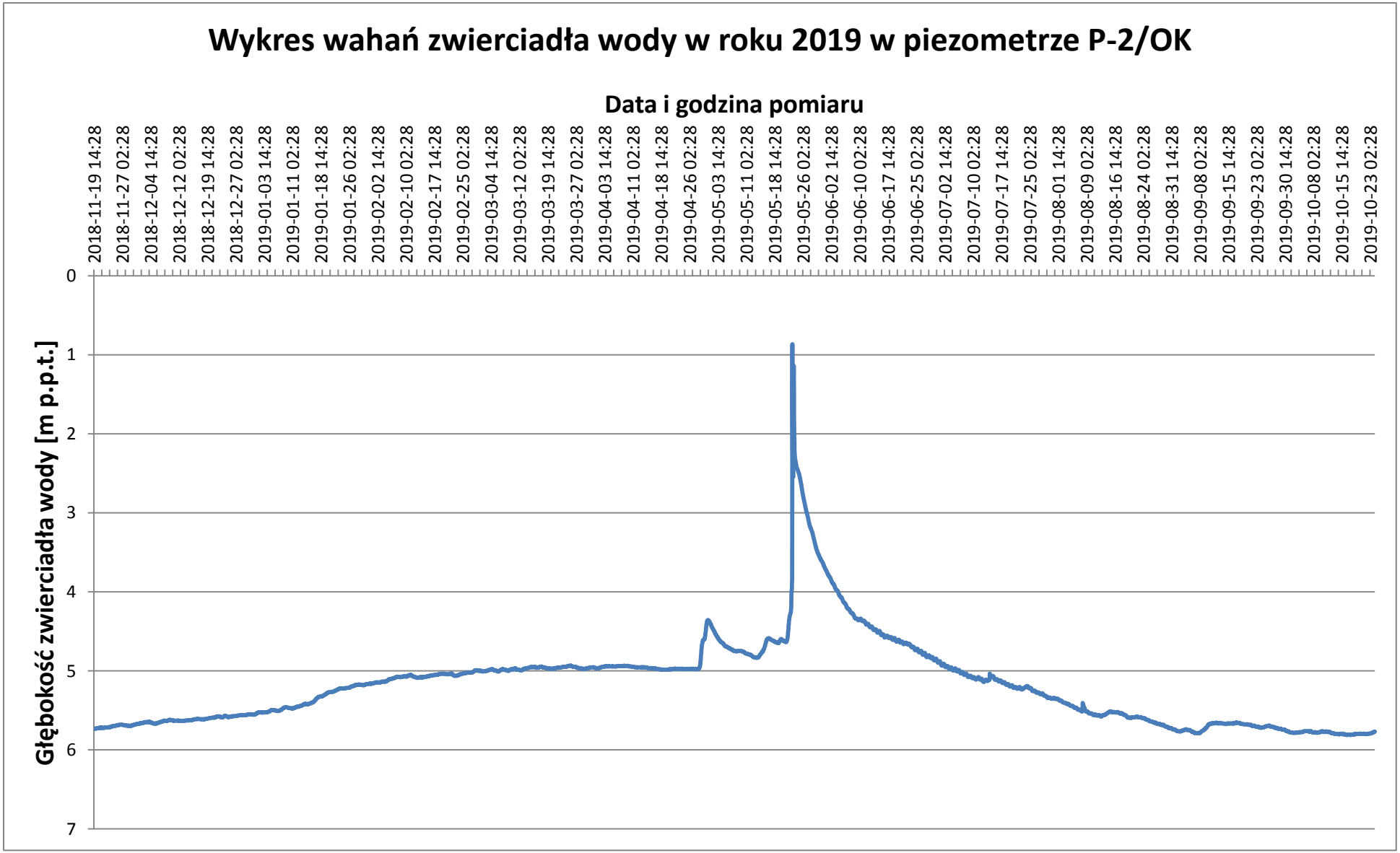
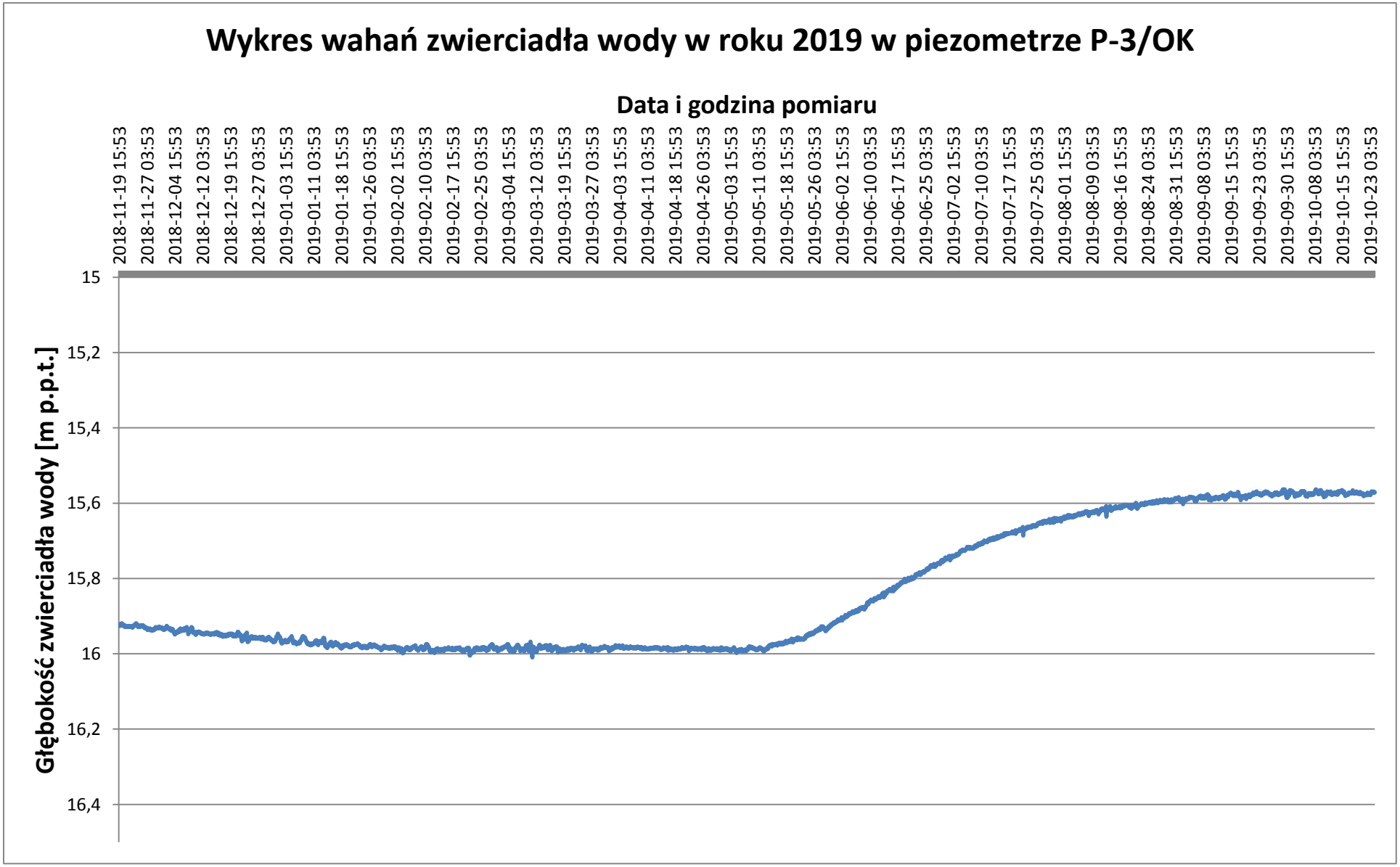
mgr inż. Maciej Kondyjowski
geodeta uprawniony - nr upr. 19074
tel. 504 085 798

Wykaz różnic wysokości obserwowanych punktów pomiędzy pomiarem "kolejnym" a "zerowym"

seria I 15 marzec 2013		seria II 17 kwiecień 2013		seria III 15 wrzesień 2014		seria IV 1 sierpień 2017		seria V 2 listopad 2018		seria VI - 30 wrzesień 2019	
Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]	Nr punktu	Dh [mm]
w1	0	w1	0	w1	2	w1	-5	w1	-3	w1	1
w2	0	w2	0	w2	3	w2	-2	w2	-3	w2	2
w3	1	w3	1	w3	3	w3	3	w3	3	w3	4
w4	1	w4	1	w4	3	w4	2	w4	3	w4	3
w5	0	w5	0	w5	3	w5	1	w5	2	w5	1
w6	1	w6	2	w6	2	w6	6	w6	5	w6	4
w7	2	w7	3	w7	1	w7	2	w7	3	w7	1
w8	1	w8	1	w8	2	w8	0	w8	2	w8	4
w9	1	w9	2	w9	2	w9	2	w9	2	w9	6
w10	0	w10	0	w10	1	w10	-	w10	-	w10	-

mgr inż. Maciej Kondyjowski
geodeta uprawniony - nr upr. 19074
tel. 504 085 798


Wykres wahań zwierciadła wody w roku 2019 w piezometrze P-1/OK
Data i godzina pomiaru
2018-11-19 15:37
2018-11-27 03:37
2018-12-04 15:37
2018-12-12 03:37
2018-12-19 15:37
2018-12-27 03:37
2019-01-03 15:37
2019-01-11 03:37
2019-01-18 15:37
2019-01-26 03:37
2019-02-02 15:37
2019-02-10 03:37
2019-02-17 15:37
2019-02-25 03:37
2019-03-04 15:37
2019-03-12 03:37
2019-03-19 15:37
2019-03-27 03:37
2019-04-03 15:37
2019-04-11 03:37
2019-04-18 15:37
2019-04-26 03:37
2019-05-03 15:37
2019-05-11 03:37
2019-05-18 15:37
2019-05-26 03:37
2019-06-02 15:37
2019-06-10 03:37
2019-06-17 15:37
2019-06-25 03:37
2019-07-02 15:37
2019-07-10 03:37
2019-07-17 15:37
2019-07-25 03:37
2019-08-01 15:37
2019-08-09 03:37
2019-08-16 15:37
2019-08-24 03:37
2019-08-31 15:37
2019-09-08 03:37
2019-09-15 15:37
2019-09-23 03:37
2019-09-30 15:37
2019-10-08 03:37
2019-10-15 15:37
2019-10-23 03:37
Głębokość zwierciadła wody [m p.t.t.]
7
9
11
13
15
17
19
21


Wykres wahań zwierciadła wody w roku 2019 w piezometrze P-2/OK
Data i godzina pomiaru
2018-11-19 14:28
2018-11-27 02:28
2018-12-04 14:28
2018-12-12 02:28
2018-12-19 14:28
2018-12-27 02:28
2019-01-03 14:28
2019-01-11 02:28
2019-01-18 14:28
2019-01-26 02:28
2019-02-02 14:28
2019-02-10 02:28
2019-02-17 14:28
2019-02-25 02:28
2019-03-04 14:28
2019-03-12 02:28
2019-03-19 14:28
2019-03-27 02:28
2019-04-03 14:28
2019-04-11 02:28
2019-04-18 14:28
2019-04-26 02:28
2019-05-03 14:28
2019-05-11 02:28
2019-05-18 14:28
2019-05-26 02:28
2019-06-02 14:28
2019-06-10 02:28
2019-06-17 14:28
2019-06-25 02:28
2019-07-02 14:28
2019-07-10 02:28
2019-07-17 14:28
2019-07-25 02:28
2019-08-01 14:28
2019-08-09 02:28
2019-08-16 14:28
2019-08-24 02:28
2019-08-31 14:28
2019-09-08 02:28
2019-09-15 14:28
2019-09-23 02:28
2019-09-30 14:28
2019-10-08 02:28
2019-10-15 14:28
2019-10-23 02:28
Głębokość zwierciadła wody [m p.p.t.]
0
1
2
3
4
5
6
7

Wykres wahań zwierciadła wody w roku 2019 w piezometrze P-3/OK