



Politechnika Świętokrzyska

WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA, GEOMATYKI I ENERGETYKI

**BADANIE ZMIAN POŁOŻENIA STACJI
REFERENCYJNYCH I ICH WPŁYWU NA
DOKŁADNOŚĆ OSNOWY GEODEZYJNEJ
DLA WYZNACZANIA DEFORMACJI
NA OBSZARZE KADZIELNI W KIELCACH**

Karol Krawczyk

Grybów 2022



www.tu.kielce.pl

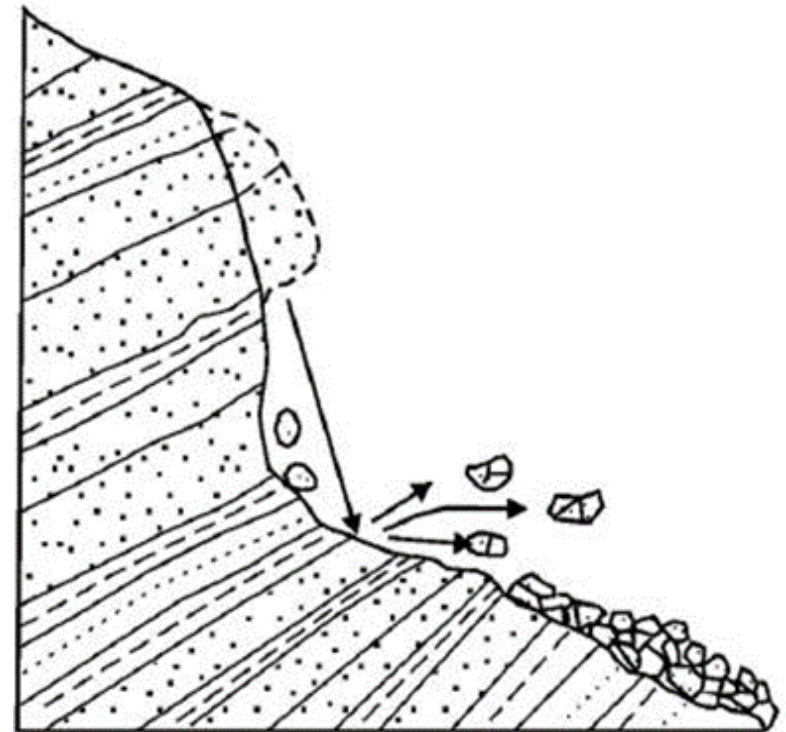


Obiekt Kadzielnia





Ruchy osuwiskowe w Kadzielni



Obrywanie części mas skalnych

Do przeprowadzenia **MONITORINGU OSUWISKA**

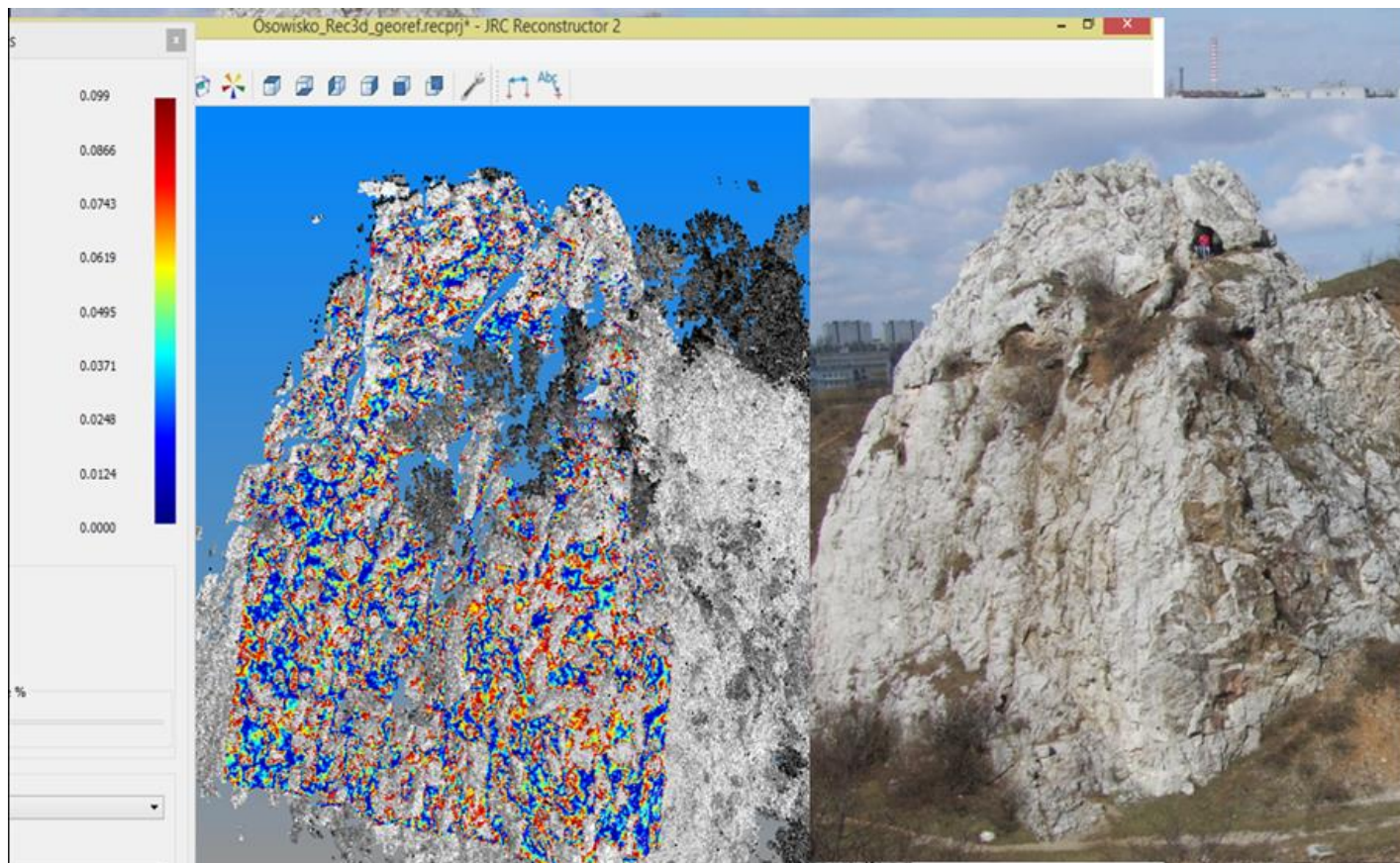
w Kadzielni wybrano następujące metody:

- **techniki satelitarne GNSS - pomiar statyczny (dla wyznaczenia współrzędnych osnowy pomiarowej);**
- skaning powierzchni osuwiska za pomocą tachimetru skanującego;
- skaning laserowy powierzchni osuwiska za pomocą skanera laserowego;
- fotogrametryczna – zdjęcia uzyskane przy użyciu BSP.





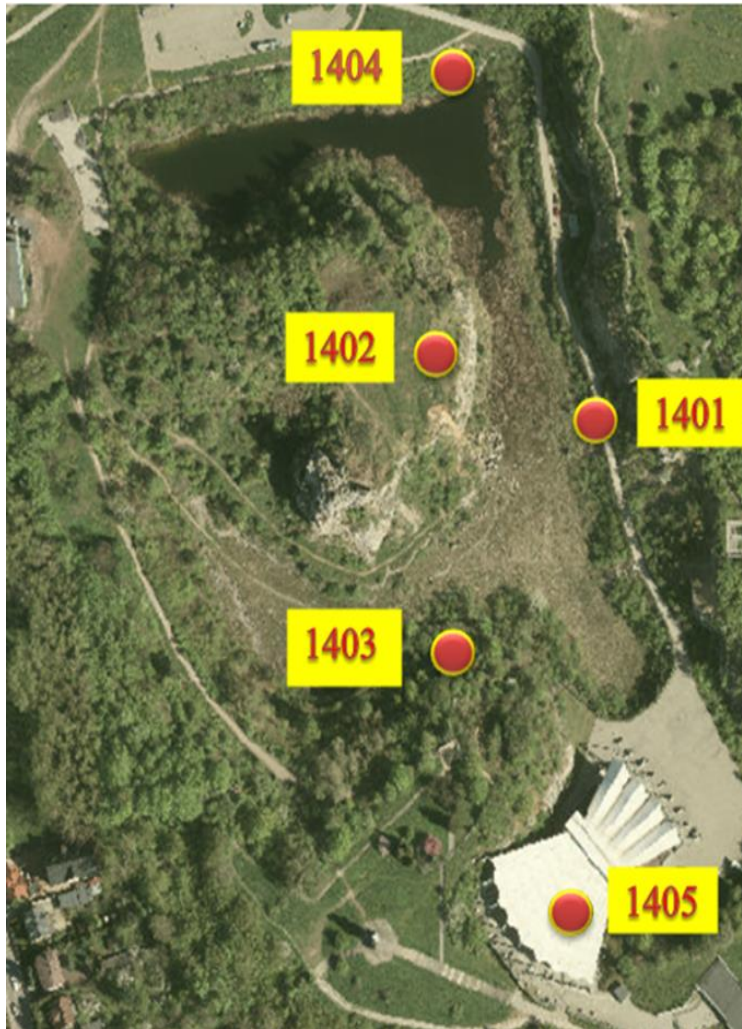
Porównanie typu shape to shape



Porównanie wyników pomiędzy cyklami pomiarowymi jest możliwe dzięki użyciu statycznych obserwacji GNSS punktów geodezyjnej osnowy zapewniających odpowiednią dokładność oraz stabilność.



Osnowy geodezyjna





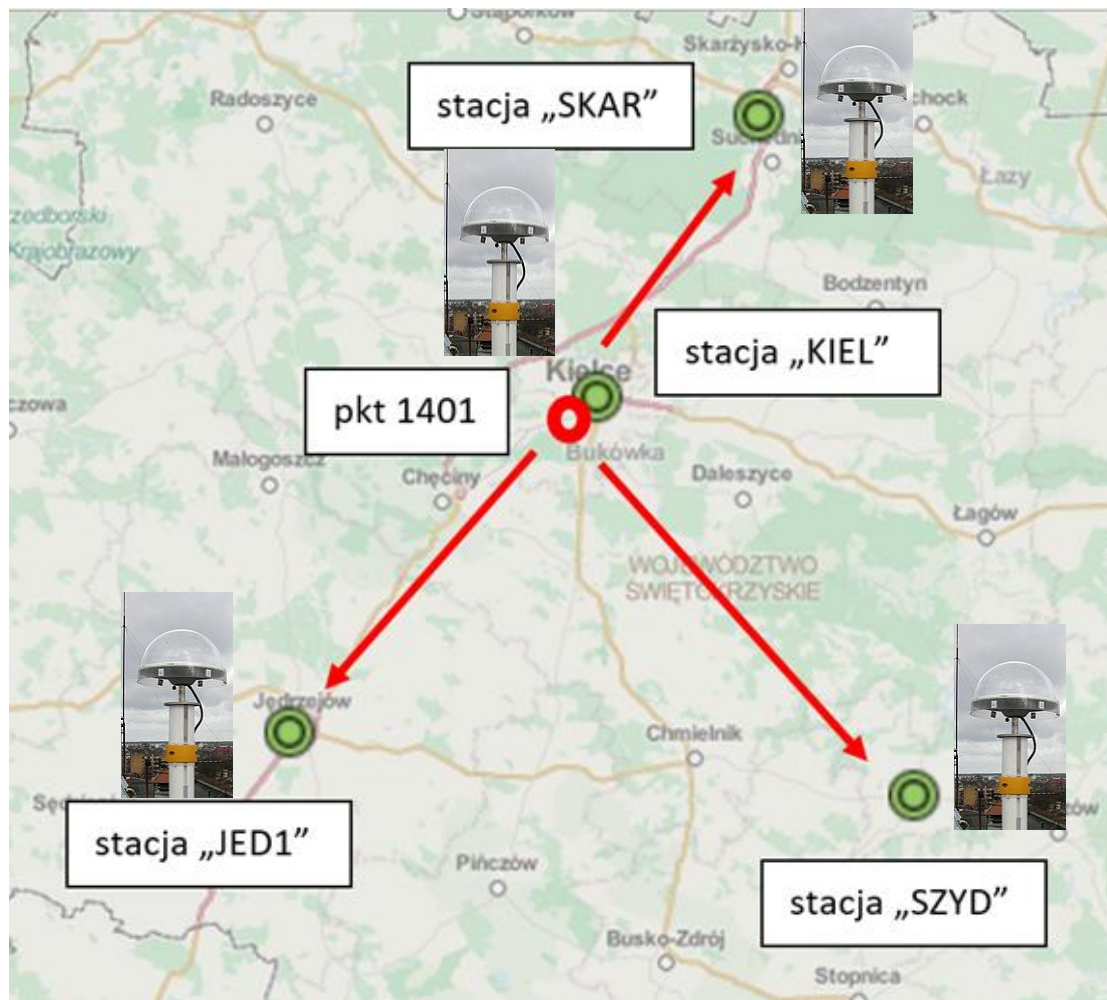
DYLEMAT DEFORMACJE CZY BŁĄD OBSERWACJI?

Jakie wartości zmian należy uznać za deformację, a jakie są wynikiem popełnienia nieuniknionych błędów obserwacji?

- Podstawowym sposobem rozwiązania tego problemu jest wyznaczenie na podstawie niezależnych pomiarów błędu obserwacyjnego
- **Przeprowadzenie badania stałości osnowy, w wyniku którego może nastąpić ewentualna korekta współrzędnych punktów osnowy**



BADANIE STAŁOŚCI OSNOWY



Stacje referencyjne dla wyznaczenia położenia punktu osnowy „1401”



BADANIE STAŁOŚCI OSNOWY

Zastosowanie techniki satelitarnej do badania stałości osnowy wymaga:

- wyznaczenia błędu określenia współrzędnych pojedynczego punktu,
- wyznaczenia stabilności stacji referencyjnych
- określenia na tej podstawie kryterium dokładnościowego, którego przekroczenie wskazuje na zaistnienie przemieszczenia punktów osnowy,
- w oparciu o kryterium – wyznaczenie prawdopodobnych wielkości przemieszczenia punktu osnowy.



OKREŚLENIE BŁĘDÓW ŚREDNICH WYZNACZENIA POZYCJI METODĄ STATYCZNĄ GNSS

Dokładność określania współrzędnych punktów osnowy oraz ich zmian za pomocą obserwacji satelitarnych można określić m.in.:

- z danych, pobieranych np. z raportów w ramach sieci stacji referencyjnych
- przez kilkakrotne (wielokrotne) wykonywanie obserwacji w tych samych punktach i porównanie wyników;
- przez obserwację symulowanych zmian położenia punktu.



OKREŚLENIE BŁĘDÓW ŚREDNICH WYZNACZENIA POZYCJI PKT OSNOWY

Obserwacje punktów osnowy geodezyjnej, założonej dla pomiaru osuwiska w Kadzielni prowadzono metodą statyczną (czas sesji: $1 \div 1,5$ h), przy wykorzystaniu odbiorników firmy SOKKIA oraz STONEX.

Rok	Wartość błędu w mm			
	m_x	m_y	m_p	m_H
2014	5	13	14	20
2014	11	4	12	19
2014	3	9	10	21
2015	2	2	3	17
2016	3	9	10	21
2019	9	4	10	11
średnia	5,5	6,8	9,8	18,2



OKREŚLENIE BŁĘDÓW ŚREDNICH WYZNACZENIA POZYCJI

Z wyznaczonych współrzędnych punktów osnowy (zastabilizowanych w sposób zapewniający ich stałość) w Kadzielni (5-krotnie w latach 2014-2019) otrzymano przeciętne błędy współrzędnych:

$$m_x = (3,2 \div 7,8) \text{ mm},$$

$$m_y = (3,1 \div 6,0) \text{ mm},$$

$$m_H = (12,7 \div 13,4) \text{ mm}.$$



Określenie zmienności pozycji stacji referencyjnych SmartNet użytych jako pkt odniesienia osnowy



Dane pochodzą z Centrum Infrastruktury Badawczej Danych GNSS współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR)”.

Centrum przedstawia informacje o bieżącym położeniu polskich stacji referencyjnych GNSS udostępniających obserwacje. Codziennie ok. godz. 17 wyznaczane są aktualne współrzędne wyrażone w obowiązującej realizacji ITRS (Międzynarodowy Ziemi System Odniesienia) - ITRF2014.

Współrzędne są następnie transformowane do układu ETRF2000 i porównywane ze współrzędnymi podawanymi w serwisach czasu rzeczywistego.



Stabilność (odchylenie standardowe) stacji Jędrzejów w 2021 roku

Stacja: JED1

SmartNet Poland



Raport za okres od 2021/01/01 do 2021/12/31

Stabilność pozioma: 1.3 mm

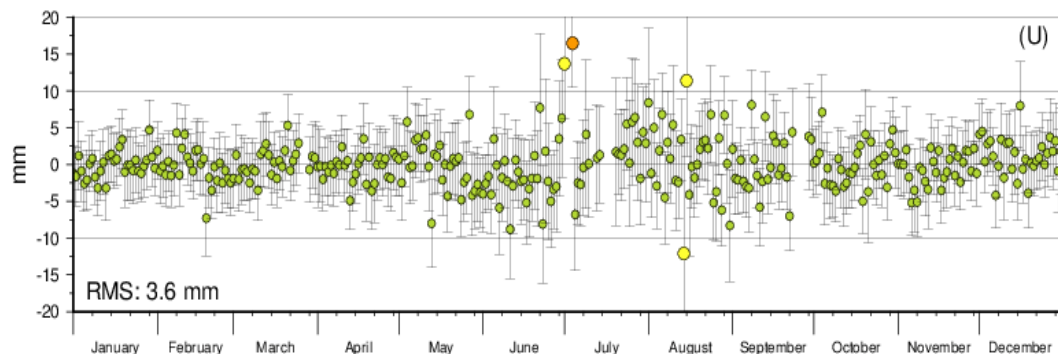
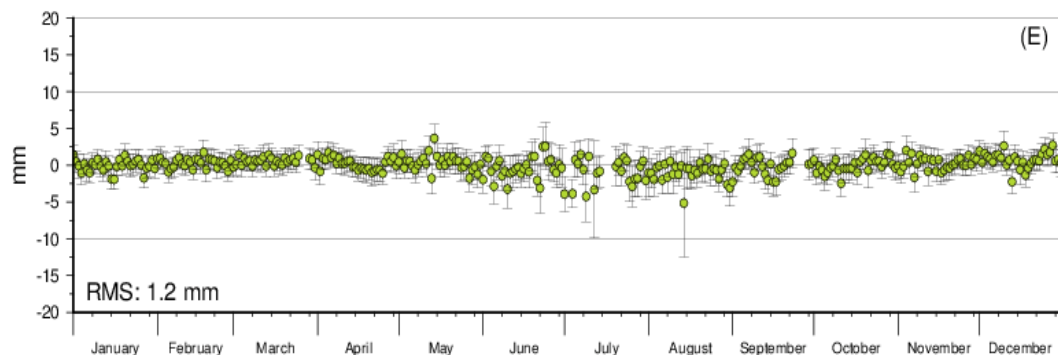
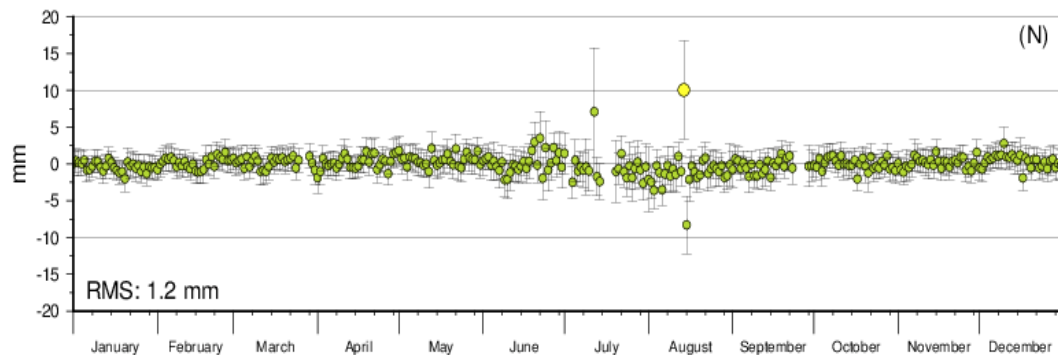
Stabilność pionowa: 3.6 mm

Liczba rozwiązań: 349

Współrzędne średnie:

ITRF2014 3801962.322 m
1405374.276 m
4908368.317 m

ETRF2000 3801962.945 m
1405373.797 m
4908367.962 m





Stabilność stacji Kielce w 2021 roku

Stacja: KIEL

SmartNet Poland



Raport za okres od 2021/01/01 do 2021/12/31

Stabilność pozioma: 3.7 mm

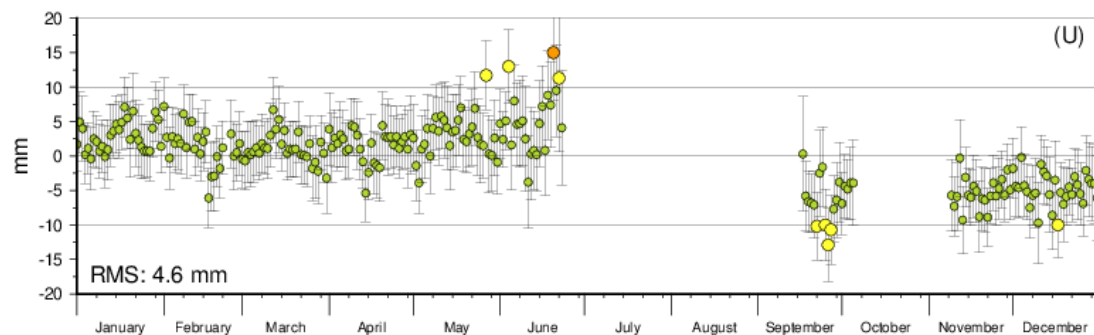
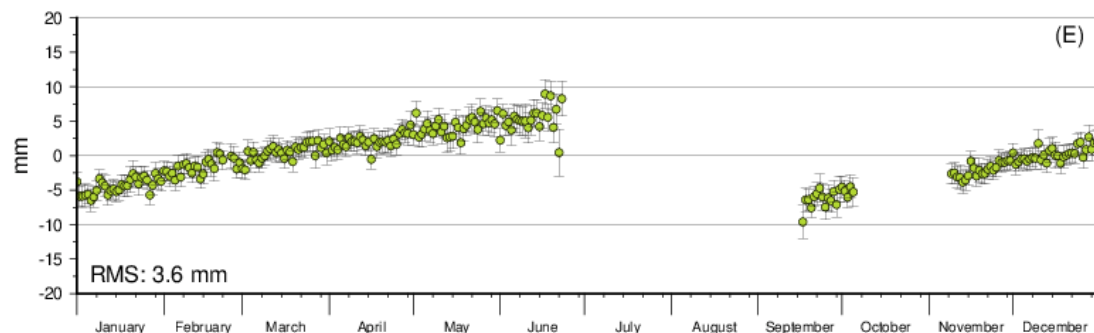
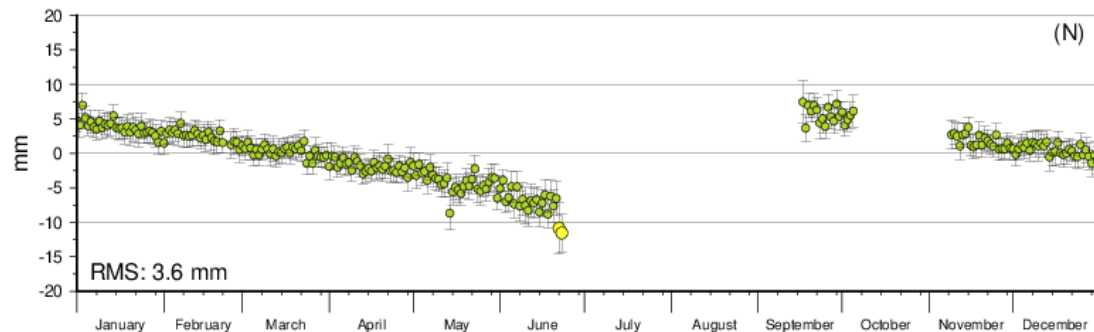
Stabilność pionowa: 4.6 mm

Liczba rozwiązań: 244

Współrzędne średnie:

3773807.084 m
ITRF2014 1421380.879 m
4925396.375 m

3773807.711 m
ETRF2000 1421380.403 m
4925396.023 m





Stabilność stacji Skarżysko w 2021 roku

Stacja: SKAR

SmartNet Poland



Raport za okres od 2021/01/01 do 2021/12/31

Stabilność pozioma: 1.2 mm

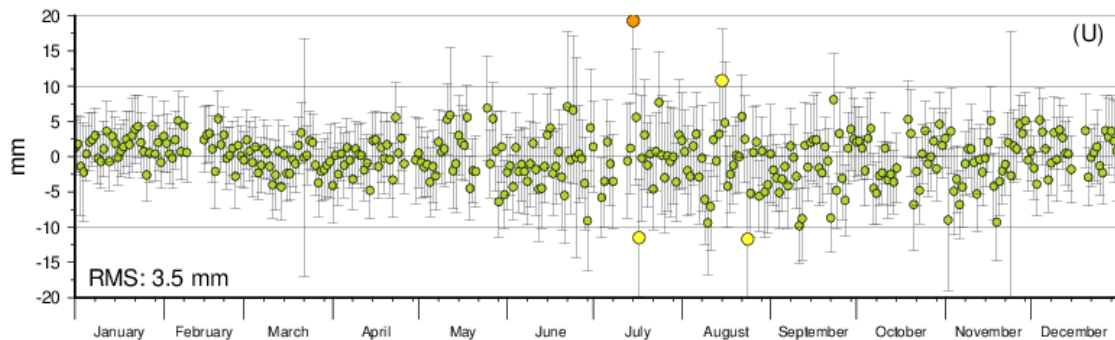
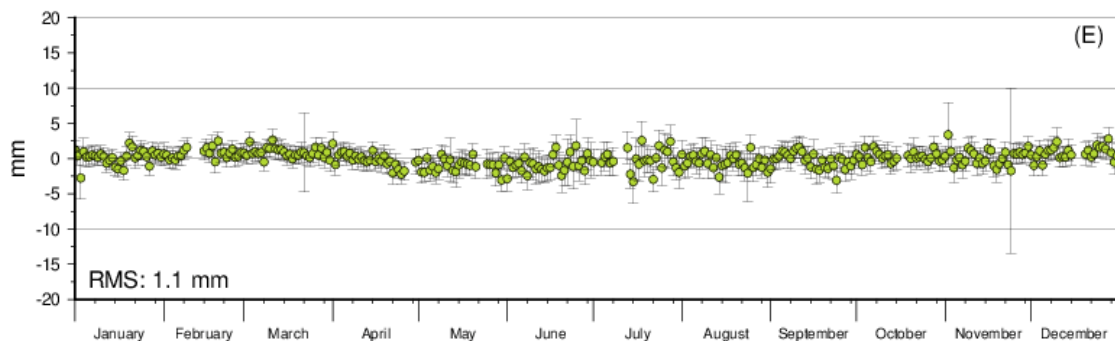
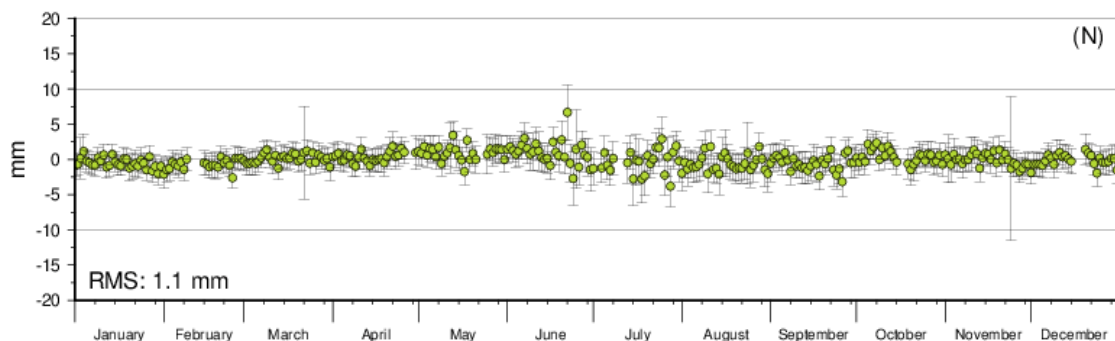
Stabilność pionowa: 3.5 mm

Liczba rozwiązań: 341

Współrzędne średnie:

ITRF2014 3752697.864 m
1427300.679 m
4939645.756 m

ETRF2000 3752698.491 m
1427300.206 m
4939645.405 m





Stabilność stacji Szydłów w 2021 roku

Stacja: SZYD

SmartNet Poland



Raport za okres od 2021/01/01 do 2021/12/31

Stabilność pozioma: 1.1 mm

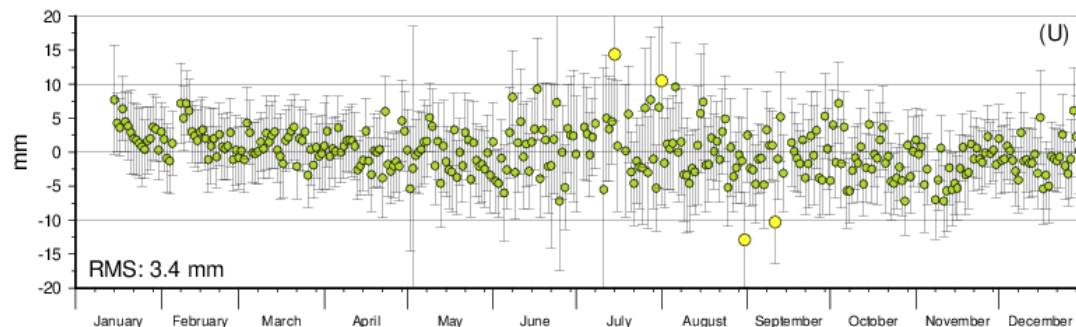
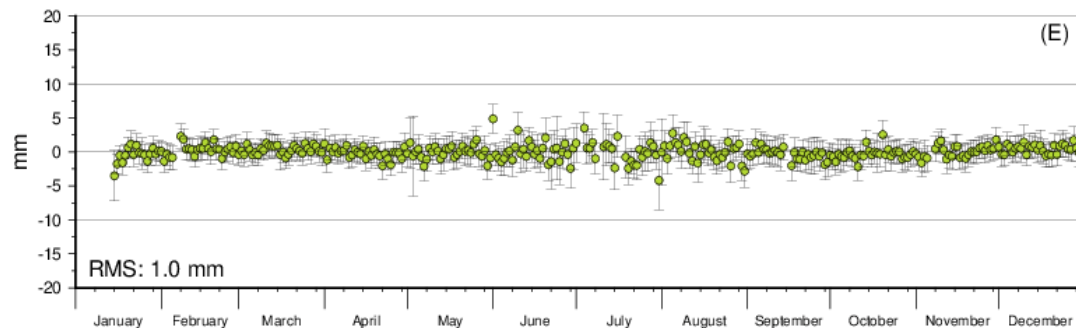
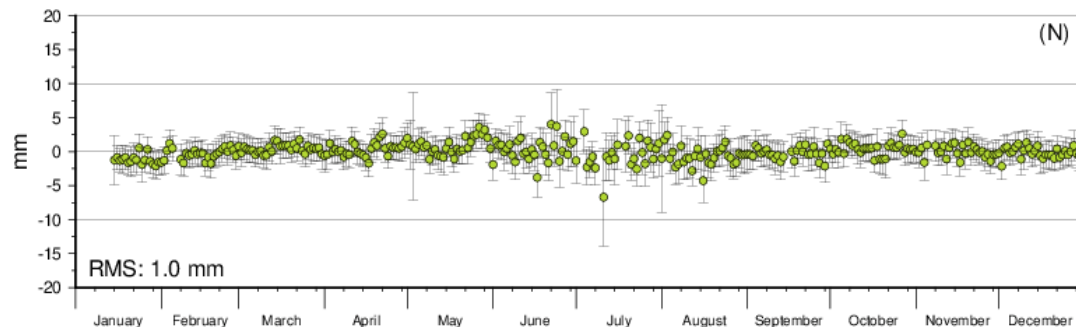
Stabilność pionowa: 3.4 mm

Liczba rozwiązań: 339

Współrzędne średnie:

ITRF2014 3787819.476 m
1454177.547 m
4905108.548 m

ETRF2000 3787820.105 m
1454177.070 m
4905108.195 m





Zestawienie stabilności (odchyleń standardowych) stacji referencyjnych SmartNet w 2021



mm	dx dy	dz
SKARŻYSKO	1,1	3,4
SZYDLÓW	1,2	3,5
JĘDRZEJÓW	1,3	3,6
KIELCE	3,7	4,6
średnia	1,8	3,8

*"Dane pochodzą z Centrum Infrastruktury Badawczej Danych
GNSS współfinansowanego ze środków EFRR"*

Dr inż. Andrzej Araszkiewicz

www.tu.kielce.pl



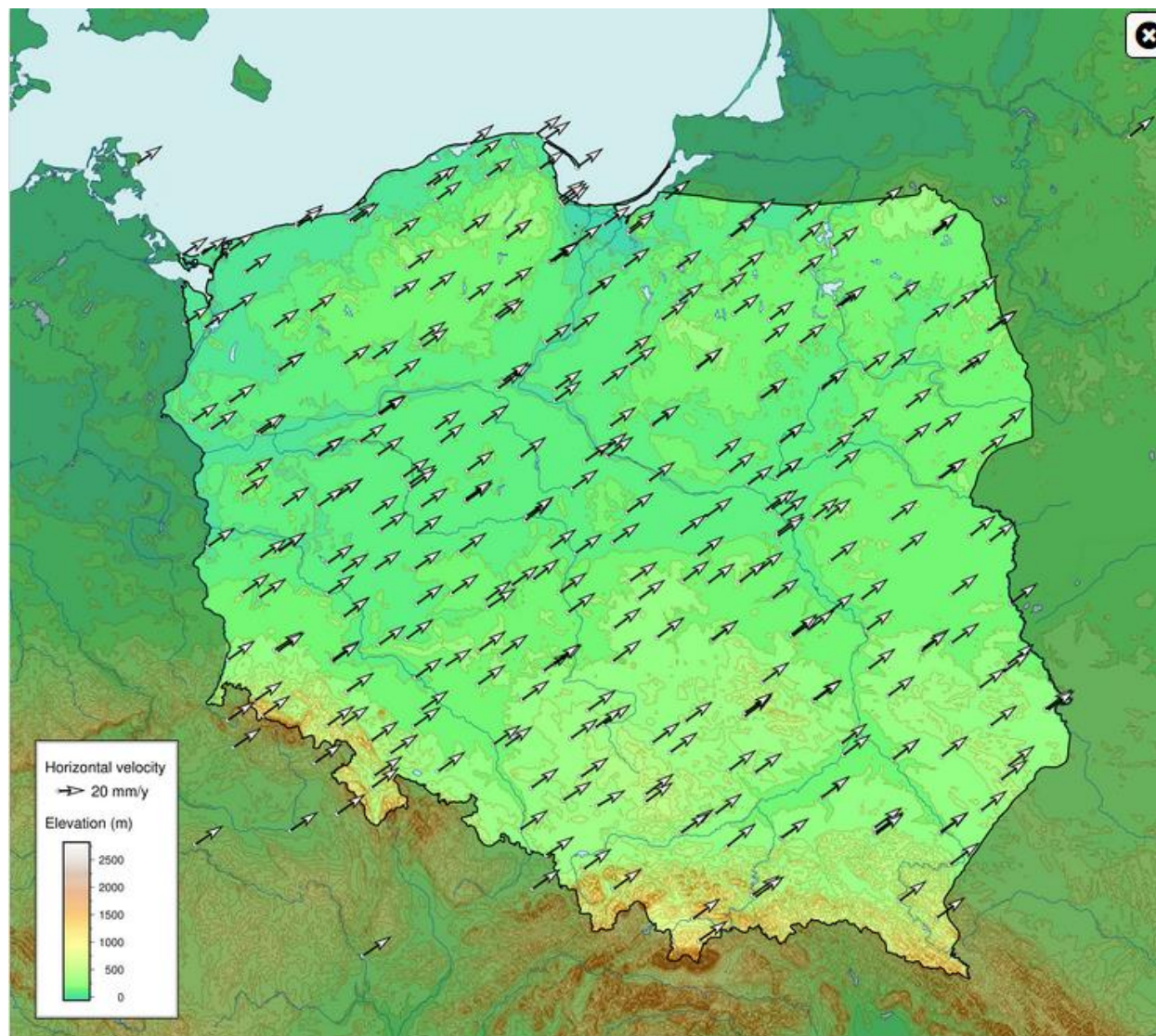
Prędkości

Prezentowane modele prędkości opracowano na podstawie skumulowanego rozwiązania z okresu od **01.01.2014r.** do **30.10.2021r.** Do wyznaczenia prędkości wykorzystano stacje, które w analizowanym okresie posiadały co najmniej 3-letni okres obserwacyjny.

Wyniki analiz przedstawiono na poniższych mapach. Dwa kartodiagramy prezentują tzw. 'prędkości poziome' w układach ITRF14 oraz ETRF2000.

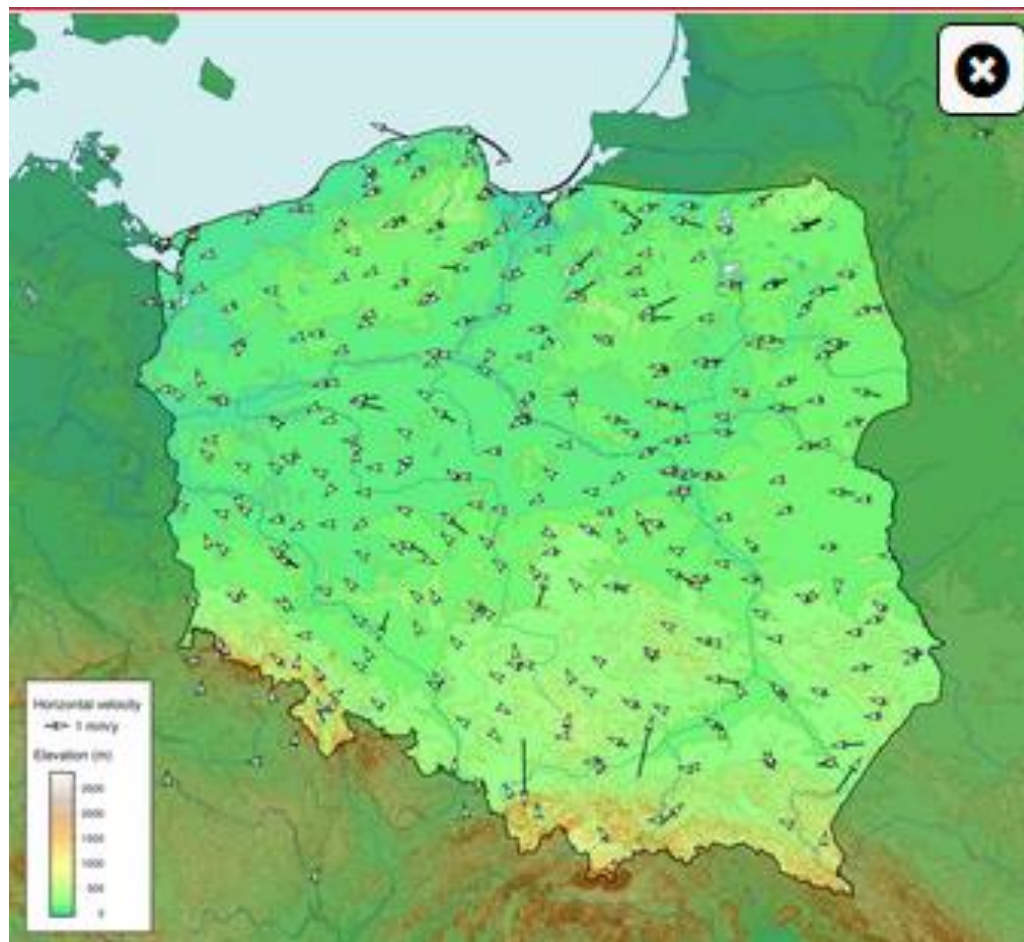
Kolejne dwie mapy to wizualizacja ruchów pionowych za pomocą kartodiagramu

Prędkości Poziome ITRF2014



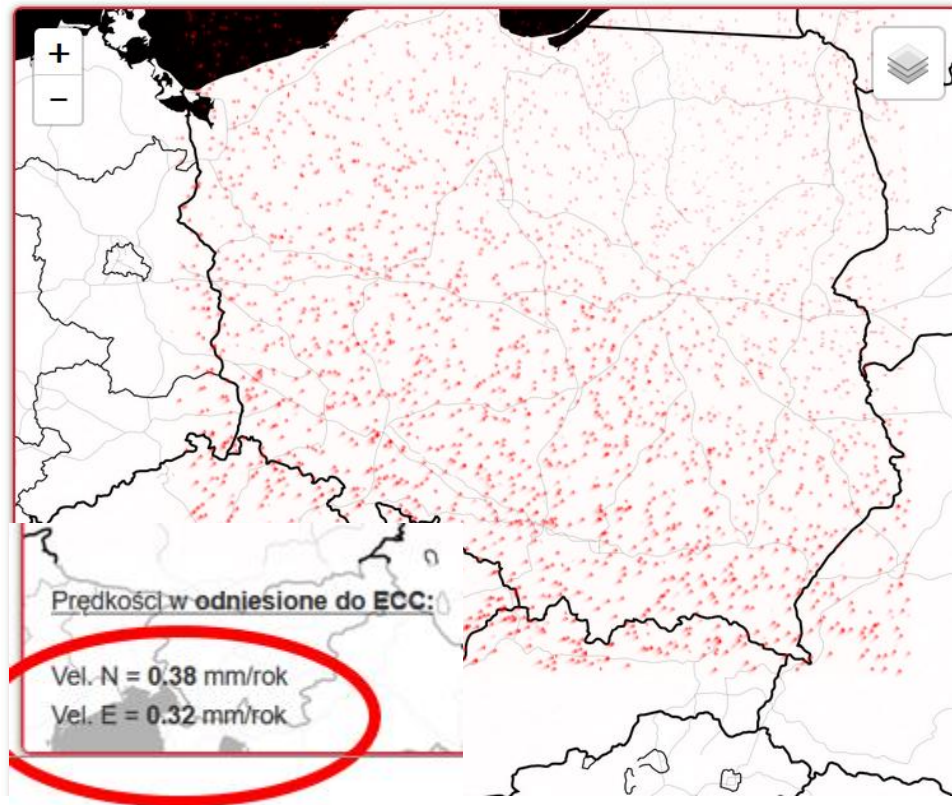
Pierwszy, to pierwotny układ ITRF2014, wykazujący jednorodny ruch całego obszaru w kierunku północno-wschodnim (1. ITRF2014).

Prędkości poziome ETRF2000



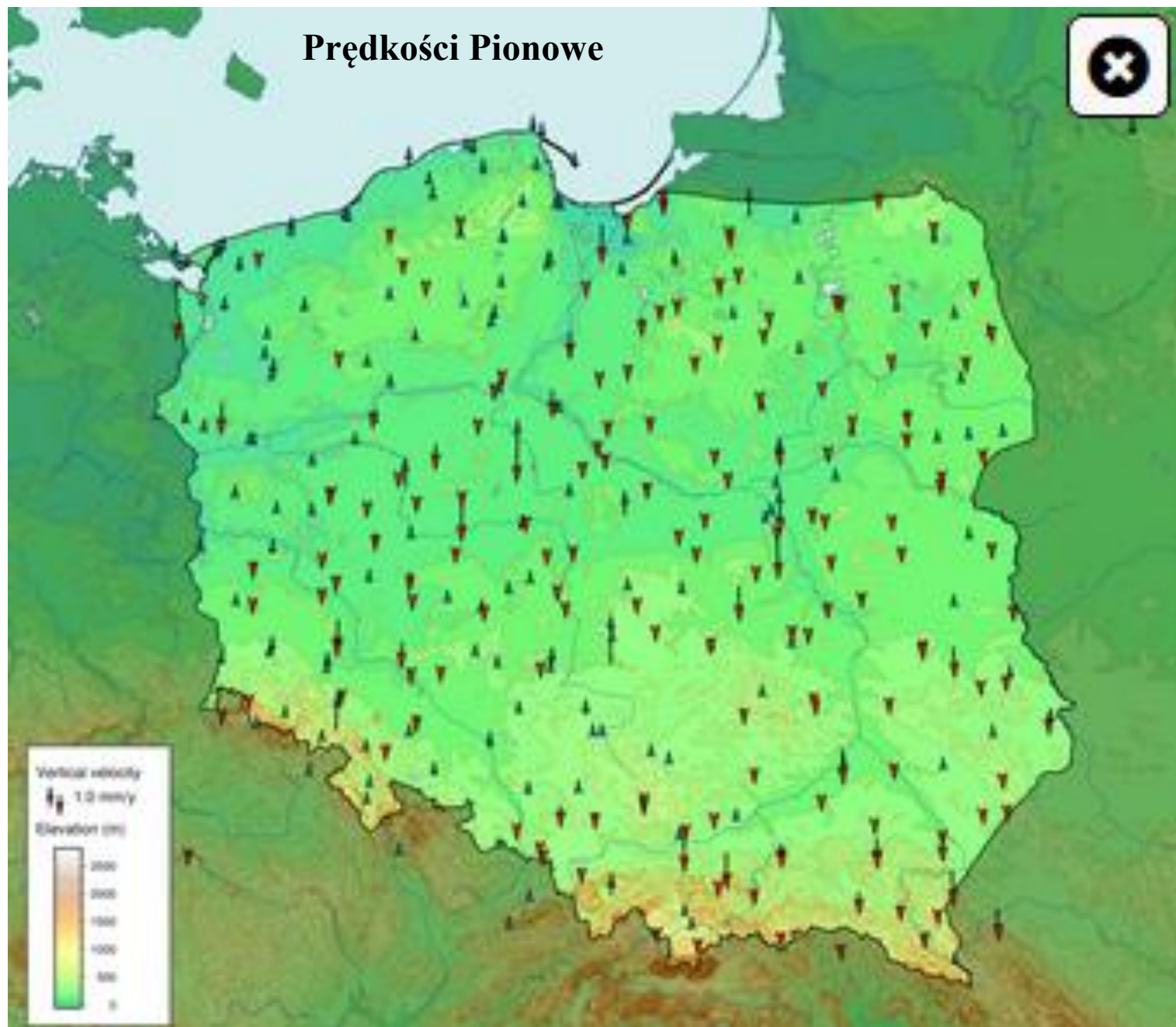
Drugi model prezentuje prędkości zredukowane o ruch płyty euroazjatyckiej zgodnie z modelem ITRF2014 (2. res_ITRF2014).

Prędkości poziome w regionie Świętokrzyskim



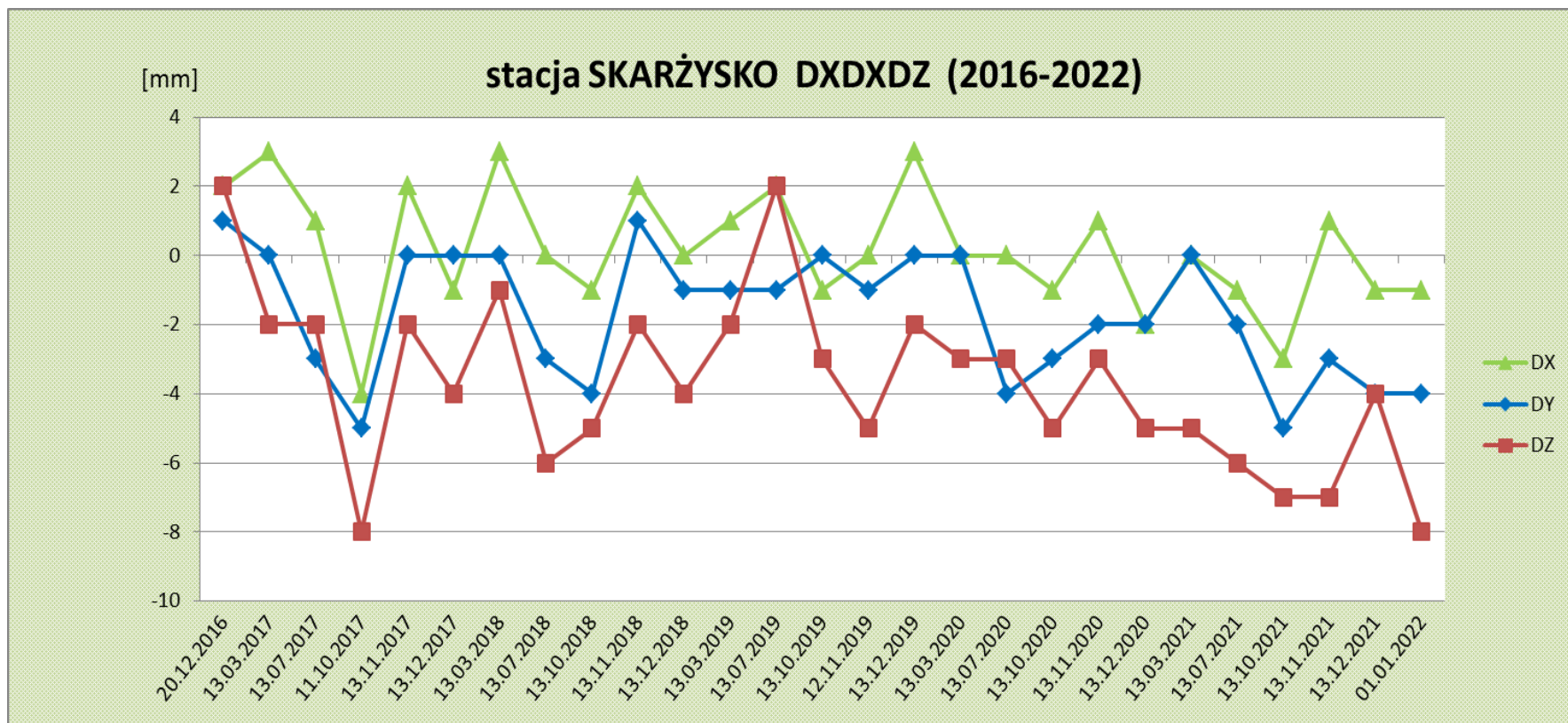
Model prezentuje wygładzone prędkości odniesione do stabilnej części regionu Polski - platformy wschodnioeuropejskiej (**3. ECC smoothed**). Dzięki zastosowaniu filtra dolnoprzepustowego wyeliminowano anomalie prędkości o charakterze lokalnym i uzyskano obraz prędkości o znamionach tektonicznych.

Prędkości Pionowe



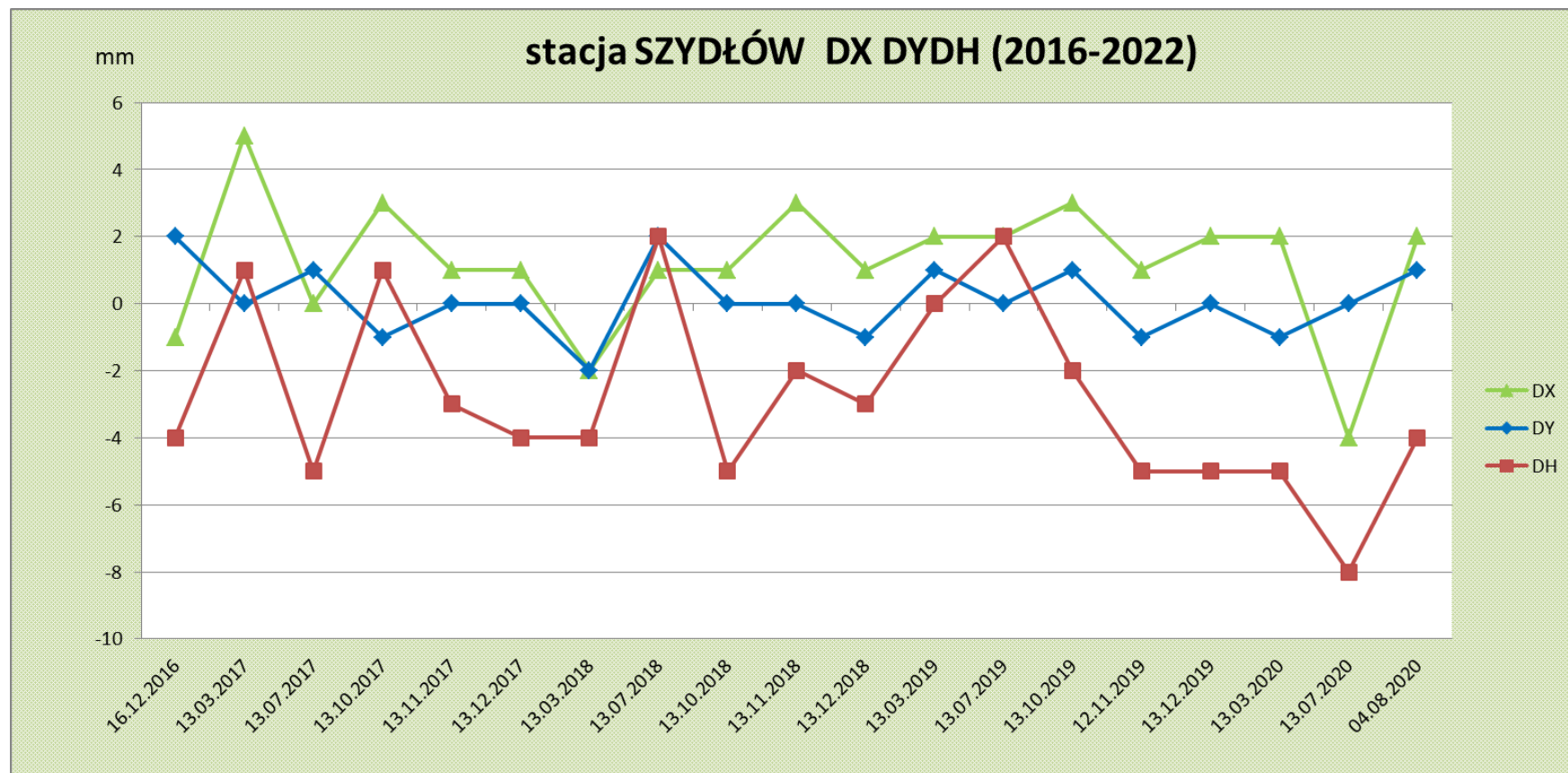


Porównanie Współrzędnych w układzie ETRF2000 stacji odniesienia (SmartNet) użytych do osnowy w Kadzielni ze współrzędnymi podawanymi w serwisach czasu rzeczywistego



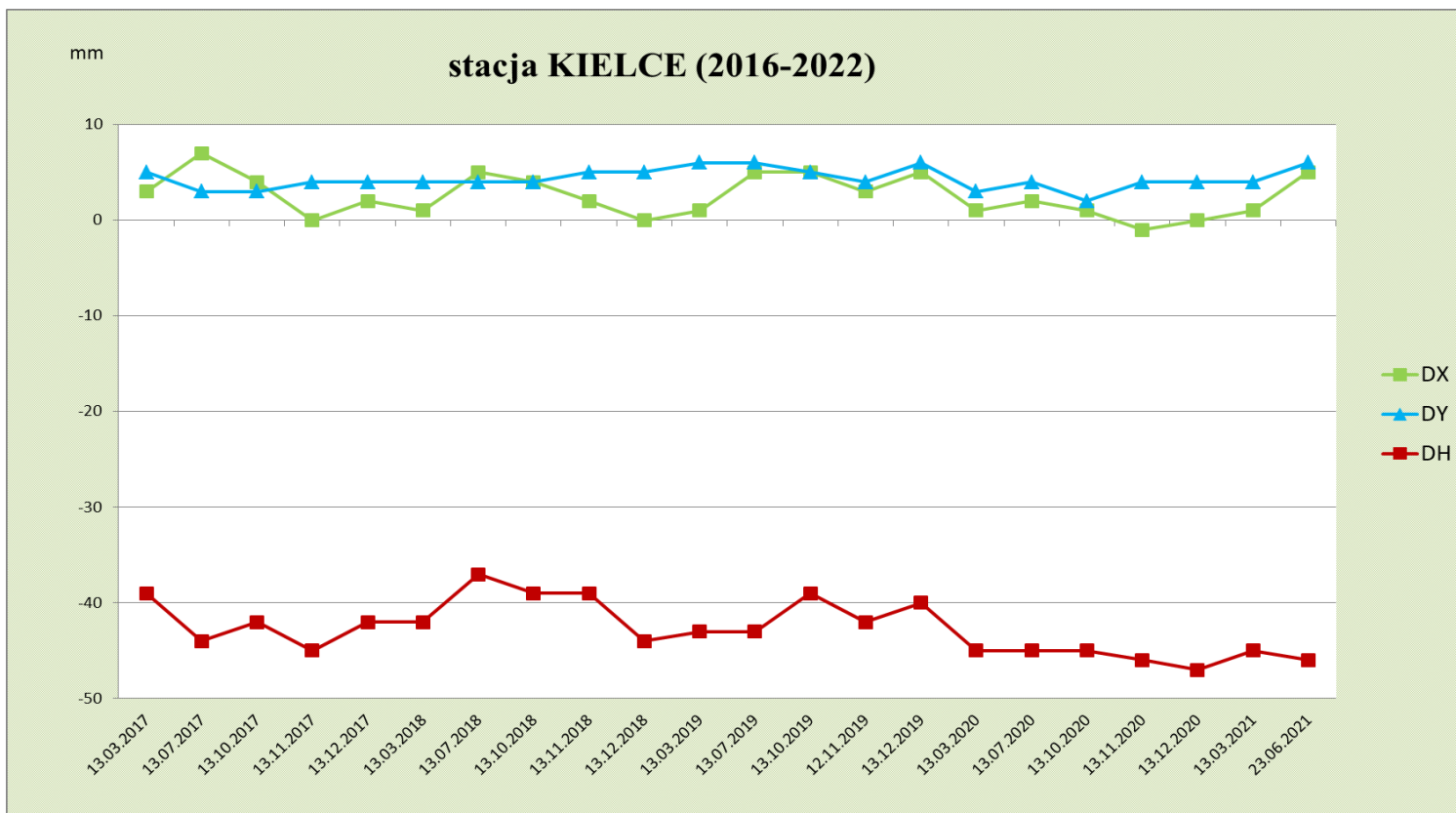


Porównanie Współrzędnych w układzie ETRF2000 stacji odniesienia (SmartNet) użytych do osnowy w Kadzielni ze współrzędnymi podawanymi w serwisach czasu rzeczywistego



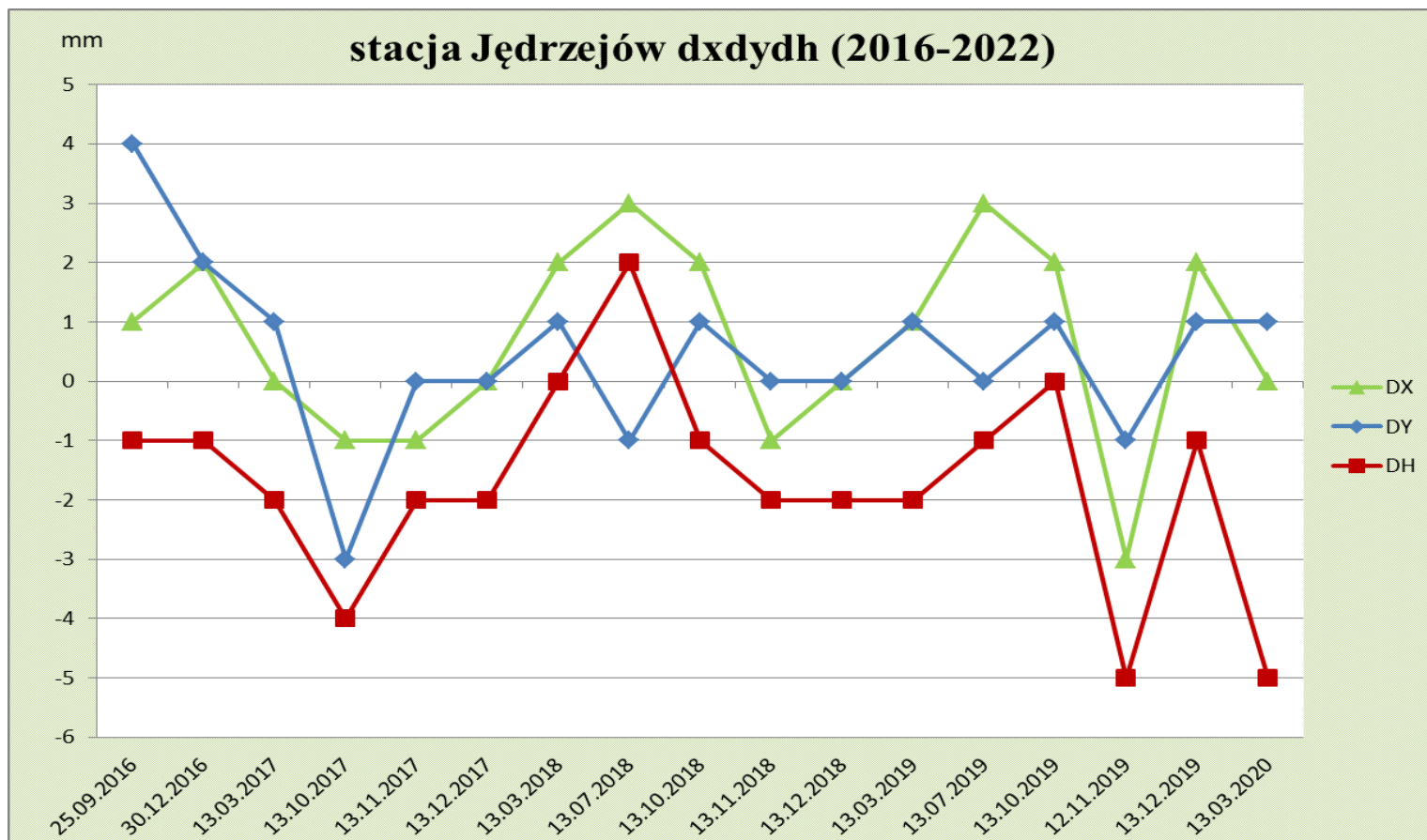


Porównanie Współrzędnych w układzie ETRF2000 stacji odniesienia (SmartNet) użytych do osnowy w Kadzielni ze współrzędnymi podawanymi w serwisach czasu rzeczywistego





Porównanie Współrzędnych w układzie ETRF2000 stacji odniesienia (SmartNet) użytych do osnowy w Kadzielni ze współrzędnymi podawanymi w serwisach czasu rzeczywistego





Zestawienie zbiorcze średnich odchyleń współrzędnych stacji (2016-2022)

mm	dx dy	dh
SKARŻYSKO	2,6	3,7
SZYDŁÓW	2,2	2,8
JĘDRZEJÓW	1,9	1,7
KIELCE	4,5	
średnia	3	3



Błędy graniczne wyznaczenia pozycji stacji oraz punktów osnowy

Zestawienie błędów granicznych (3 σ) wyznaczenia pozycji stacji (2016-2022)

mm	dx dy	dh
SKARŻYSKO	7,7	11,1
SZYDŁÓW	6,5	8,4
JĘDRZEJÓW	5,6	5,1
KIELCE	13	
średnia	8	8

Zestawienie błędów granicznych (3 σ) wyznaczenia pozycji punktu osnowy (2016-2022)

Rok	Wartość błędu mm	
	m _p	m _H
2014	42	60
2014	36	57
2014	30	63
2015	9	51
2016	30	63
2019	30	33
średnia	29	55

WNIOSKI

Kryteria istotności wielkości deformacji ustalono zgodnie z zasadą 3σ (prawdopodobieństwo wystąpienia błędu mniejszego od błędu granicznego 99,9%) następująco:

1. zmiana współrzędnych płaskich ze względu wyznaczenie pozycji punktu:
 - w przypadku pomiaru statycznego x,y w zaokrągleniu: **30 mm**,
zmiana wysokości w zaokrągleniu:
 - w przypadku pomiaru metodą statyczną: **60 mm**
2. zmiana współrzędnych płaskich ze względu na wyznaczenie pozycji stacji:
 - w przypadku pomiaru x,y w zaokrągleniu: **8 mm**,
zmiana wysokości w zaokrągleniu:
 - w przypadku pomiaru: **8 mm**



WNIOSKI

- Pokazana stabilność użytych stacji nie ma większego wpływu na wyznaczaną pozycję punktu osnowy. Błędy stacji są zdecydowanie mniejsze od błędów wyznaczenia współrzędnych punktu osnowy.
- Użycie stacji jako punkty odniesienia do badania stałości punktów osnowy wymaga dowiązania do kilku stacji. Przedstawione wykresy porównań współrzędnych w układzie ETRF2000 ze współrzędnymi podawanymi w serwisach czasu rzeczywistego w latach 2016-2022 pokazują i wykrywają dużą zmianę położenia stacji w związku z awariami technicznymi co wpływa na zmianę współrzędnych stacji (np. spalona przez piorun stacja w Kielcach).



WNIOSKI

- Wykazane prędkości na terenie całego kraju - 0,6 mm/rok będą miały wpływ na współrzędne w czasie rzeczywistym w długim okresie (20-letnim).
- W trakcie panującej wojny występują zakłócenia sygnałów „GPS”. Bezpośrednio wpływa to na określenie współrzędnych punktów osnowy. Dlatego nie można zapominać o włączeniu metod klasycznych przy badaniu stałości osnowy takich jak chociażby niwelacja precyzyjna czy pomiary kątowno liniowe. Warto w tym okresie zabezpieczyć się, uzupełniając osnowę o dodatkowe punkty znajdujące się poza strefą wpływów.

- Banasik i in., 2005 – Banasik P., Góral W., Maciaszek J., Szewczyk J., *Badawcza sieć geodynamiczna na obszarze wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Monografia. UWND AGH, Kraków.
- Derezińska, Wolski, 2008 – Derezińska A., Wolski B., *Badanie niezawodności eksploatacyjnej osnowy wysokościowej stabilizowanej na obszarze gruntów ekspansywnych*. Czasopismo techniczne. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. Kraków.
- Góral, Szewczyk, 2003 – Góral W., Szewczyk J., *Zastosowanie technologii GPS w precyzyjnych pomiarach deformacji terenu*. Monografia. UWND AGH.
- Kortas i in., 2004 – Kortas G., Szewczyk J., Toboła T., *Ruch górotworu i powierzchni w otoczeniu zabytkowych kopalń soli*. Monografia. Wyd. PAN, Kraków
- Maciaszek i in., 1999 - Maciaszek J., Novák J., Schenk J., Smirnow S.P., Szewczyk J., Wiereszczagin S.G., Zemisew W.N., *Badania pogórnich deformacji powierzchni terenu z zastosowaniem nowoczesnych technologii (omówienie doświadczeń polskich, czeskich i rosyjskich)*. Geodezja, tom 4, zeszyt 2, s.207-220.
- Prószyński, Kwaśniak, 2002 – Prószyński W., Kwaśniak
- *"Dane pochodzą z Centrum Infrastruktury Badawczej Danych GNSS współfinansowanego ze środków EFRR"* Dr inż. Andrzej Araszk



Dziękuję za uwagę