



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna

**EFEKT RZECZOWY Z REALIZACJI PRZEDSIĘWZIĘCIA
Z ZAKRESU PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY GEOLOGICZNEJ**

za okres: od 1 kwietnia 2024 r. do 30 czerwca 2024 r.

**„Interferometryczny Monitoring Powierzchni Terenu Polski
(InMoTeP) – etap II”**

343/2021/Wn-07/FG-go-dn/D z dnia 06.05.2021r

Raport 2d
Analizy deformacji dla terenów o szczególnym znaczeniu
Opracowanie geologiczne
Konin i Kłodawa

Nadzorujący:

Minister Klimatu i Środowiska
ul. Wawelska 52/54, 00–922 Warszawa

Dotujący:

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
ul. Konstruktorska 3A, 02–673 Warszawa



Sfinansowano ze środków
**NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ**

Wykonawca:

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00–975 Warszawa



Osoba sporządzająca raport:

dr Zbigniew Perski

Kierownik zadania:

dr inż. Maria Przyłucka

Kierownik komórki organizacyjnej:

dr Tomasz Wojciechowski

Dyrektor/Dyrektor pionu:

dr Olimpia Kozłowska
Zastępca dyrektora
ds. służby geologicznej
/podpisana cyfrowo/

prof. dr hab. Stanisław Mikulski
Zastępca dyrektora
ds. badań i rozwoju
/podpisany cyfrowo/

Warszawa, czerwiec 2024 r.

pgi.gov.pl

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
tel. (+48) 22 45 92 000, biuro@pgi.gov.pl

Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie
XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099
NIP 525-000-80-40

Zespół wykonawców
Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego

(kolejność alfabetyczna)

Adamski Marek, Balicki Leszek, Bartyzel Katarzyna, Borysiuk Rafał, Chodak Emilia, Cisło Michalina, Cudnik Beata, Dacka Jacek, Derda Bartosz, Drożdżewski Mateusz, Frydel Jerzy, Górka Konrad, Jureczka Janusz, Kamieniarz Sylwester, Karczewska Katarzyna, Karkowska Kamila, Konarska Iwona, Kos Jarosław, Kowalska Iwona, Kowalski Zbigniew, Krieger Włodzimierz, Kutyla-Olesiuk Anna, Ługiewicz-Mołas Izabela, Łukowska Renata, Łyjak Marta, Markiewicz Krzysztof, Mazurek Sławomir, Maślanka Remigiusz, Nadłonek Weronika, Nescieruk Piotr, Parafiniuk Mateusz, Perski Zbigniew, Pojawa Joanna, Posłajko Jolanta, Przyłucka Maria, Psujek Maksymilian, Rolka Michał, Romanowicz Anna, Rycio Edyta, Rzeźnik Mateusz, Siwek Mariola, Strzemińska Katarzyna, Suszka Grzegorz, Ulatowska Adrianna, Warmuz Bartłomiej, Wojciechowski Tomasz, Zając Mariusz, Zych Piotr

Szczegóły dokumentu:

EFEKT RZECZOWY Z REALIZACJI ZADANIA
Z ZAKRESU PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY GEOLOGICZNEJ
w ramach umowy dotacji 343/2021/Wn-07/FG-go-dn/D z dnia 06.05.2021r. pn.
„Interferometryczny Monitoring Powierzchni Terenu Polski (InMoTeP) – etap II”.

Numer podzadania	1.2d
Autorzy	Zbigniew Perski Sławomir Mazurek
Uwagi	

Spis treści

1. Wstęp	6
2. Warunki geologiczne górotworu w otoczeniu złóż, budowa złóż, stan i zasięg eksploatacji – Konin (opracował S. Mazurek i zespół).....	7
3. Warunki geologiczne górotworu w otoczeniu złóż, budowa złóż, stan i zasięg eksploatacji – Kłodawa	13
4. Deformacje ciągłe powierzchni w rejonie odkrywek KWB Konin - na podstawie danych EGMS.....	19
4.1. Obszar Pątnów	21
4.2. Obszar Tomisławice	22
4.3. Obszar Drzewce.....	23
5. Deformacje ciągłe powierzchni terenu w otoczeniu eksploatacji soli kopalni Kłodawa – na podstawie danych EGMS	24
6. Usługa montażu reflektorów radarowych.....	25
6.1. Budowa i wygląd zewnętrzny reflektorów – specyfikacja techniczna.....	25
6.2. Uchwyt montażowy do osadzenia w fundamencie.....	27
6.3. Posadowienie reflektorów w gruncie	28
6.4. Rozmieszczenie reflektorów.....	29
7. Pomiary deformacji za pomocą sieci reflektorów metodą CRInSAR – wstępne wyniki .	30
7.1. Obszar Konina	30
7.2. Obszar Kłodawy	31
8. Podsumowanie i wnioski	32
9. Literatura.....	33
Dodatek 1. Współrzędne reflektorów.....	34

Spis rysunków

Rys. 1 Lokalizacja odkrywek konińskich (wg. Kasiński i in., 2019).	9
Rys. 2 Budowa geologiczna rejonu złoża Lubstów w ujęciu stratygraficznym (źródło: Kasiński i in., 2019).	10
Rys. 3 Budowa geologiczna rejonu złoża Lubstów w ujęciu hydrogeologicznym (wg Szczepiński, 2013).	10
Rys. 4 Morfologia stropu elewacji konińskiej (wg Widera, 2022). r. B.-D. – rów Bilczewa-Drzewiec, r.K. – rów Kleczewa, r.N.-G. – rów Niesłusza – Gosławic, r. L. – rów Lubstowa.	11
Rys. 5 Ilość wypompowanej wody i wskaźnik zawodnienia w KWB „Konin” w latach 1996-2003.	13
Rys. 6 Przemieszczenia pionowe w 2020 roku w wybranych komorach pola nr 2 (wg Bieniasz, Pietras, 2020).	17
Rys. 7 Zmiany wysokości niektórych reperów ziemnych w funkcji czasu (wg Hejmanowski i in., 2018).	18
Rys. 8 . Przyrost osiadań powierzchni terenu [mm] na terenie górniczym kopalni Kłodawa za okres 2011-2017 wg Hejmanowski i in., 2018.	19
Rys. 9 Rozkład przestrzenny deformacji pionowych na podstawie serwisu EGMS dla obszaru odkrywek KWB Konin. Czarnymi punktami zaznaczono lokalizacje reflektorów radarowych opisanych w dalszej części raportu.	20
Rys. 10 Rozkład przestrzenny deformacji pionowych na podstawie serwisu EGMS dla obszaru Pątnów. Czarnymi punktami zaznaczono lokalizacje reflektorów radarowych opisanych w dalszej części raportu.	21
Rys. 11 Rozkład przestrzenny deformacji pionowych na podstawie serwisu EGMS dla obszaru Tomisławice. Czarnymi punktami zaznaczono lokalizacje reflektorów radarowych opisanych w dalszej części raportu.	22
Rys. 12 Rozkład przestrzenny deformacji pionowych na podstawie serwisu EGMS dla obszaru Drzewce. Czarnymi punktami zaznaczono lokalizacje reflektorów radarowych opisanych w dalszej części raportu.	23
Rys. 13 Rozkład przestrzenny deformacji pionowych na podstawie serwisu EGMS dla obszaru kopalni Kłodawa. Czarnymi punktami zaznaczono lokalizacje reflektorów radarowych opisanych w dalszej części raportu.	24
Rys. 14 Widok ogólny reflektora - rzuty perspektywiczne (oś pionowa oznaczona kolorem niebieskim; osie poziome oznaczono kolorami czerwonym i zielonym).	26
Rys. 15 Schemat wzoru perforacji blach ścian bocznych i podstawy reflektora.	26
Rys. 16 Wzór tabliczki znamionowej reflektorów.	27
Rys. 17 Sposób posadowienia reflektorów w gruncie.	28
Rys. 18 Serie czasowe deformacji dla reflektorów obszaru Pątnów na tle zmienności średnich temperatur dobowych. Składowa pionowa (UP) i pozioma w kierunku W-E (EAST).	30
Rys. 19 Serie czasowe deformacji dla reflektorów obszaru Tomisławice na tle zmienności średnich temperatur dobowych. Składowa pionowa (UP) i pozioma w kierunku W-E (EAST).	31
Rys. 20 Serie czasowe deformacji dla reflektorów obszaru Drzewce na tle zmienności średnich temperatur dobowych. Składowa pionowa (UP) i pozioma w kierunku W-E (EAST).	31
Rys. 21 Serie czasowe deformacji dla reflektorów obszaru Kłodawy na tle zmienności średnich temperatur dobowych. Składowa pionowa (UP) i pozioma w kierunku W-E (EAST).	32

1. Wstęp

Raport niniejszy dotyczy jednego z zadań dotyczących opracowania danych interferometrycznych dla wybranych obszarów Polski szczególnie narażonych na deformacje i nie posiadających odpowiedniej naziemnej infrastruktury pomiarowej. W tym kontekście monitorowanie obszarów górniczych i pogórnich jest niezwykle ważne, ponieważ pozwala na wczesne wykrywanie deformacji terenu oraz zapobieganie potencjalnym zagrożeniom. Systematyczna obserwacja terenów podlegających wpływowi działalności człowieka jest również kluczowa dla ochrony środowiska naturalnego oraz zapewnienia bezpieczeństwa infrastruktury i mieszkańców.

Uwzględniając skalę niekontrolowanych zjawisk i długotrwałość procesów likwidacji objęto wnikliwą analizą w kontekście rozwoju niecki osiadań na terenach górniczych Wielkopolski: w Kłodawie i w rejonie Konina.

Od blisko 70-ciu lat prowadzona jest eksploatacja soli kamiennej na największym polskim wysadzie solnym pod miastem Kłodawa, przez kopalnię o tej samej nazwie. Obecnie kubatura pustek poeksploatacyjnych wynosi około 19 mln m³, a kopalnia posiada koncesję na wydobywanie soli do roku 2052, co w efekcie doprowadzi do powstania 30 mln m³ pustek poeksploatacyjnych, częściowo zlokalizowanych bezpośrednio pod infrastrukturą miejską. Pomiar interferometryczny są kontynuacją monitoringu zapoczątkowanego w ramach zadania „Monitoring geodynamiczny w zakresie interferometrii satelitarnej pasa wysadów solnych w Polsce oraz próba określenia ruchliwości soli w czwartorzędzie z wykorzystaniem tomografii elektrooporowej i technik modelowania 3D”, zakończonego w 2019 roku (Perski i in., 2019).

Jeśli chodzi o okolice Konina, warunkiem wydobywania węgla brunatnego jest tu konieczność odwadniania górotworu. Odwadnianie dotyczy nie tylko samego wyrobiska z resztkowych i powierzchniowych (atmosferycznych) dopływów, ale przede wszystkim jest związane z odprężeniem przyległego górotworu. Odwodnienie w skali kilku atmosfer ciśnienia słupa wody i 100-200 m³/min pompowanej wody, powoduje, że w promieniu kilku kilometrów od centrum odwodnienia, zachodzą nie tylko problemy w rolnictwie czy zaopatrzeniu w wodę dla ludności, ale również zachodzą deformacje terenu, skutkujące z jednej strony uszkodzeniami obiektów (w szczególności kubaturowych) a z drugiej strony odszkodowaniami. Należy podkreślić, że wiele odkrywek znajduje się tam w schyłkowej

fazie eksploatacji. Sytuacja taka powoduje, przy rosnącej świadomości społeczeństwa, wzrost obaw o stan nieruchomości budowlanych i zwiększa zaangażowanie samorządu terytorialnego pozbawionego narzędzi i metod skutecznej weryfikacji zagadnienia. Same pomiary deformacji terenu (głównie osiadań) wykonywane w kilku ciągach pomiarowych w cyklach kilkuletnich przez służby miernicze kopalń za pomocą klasycznych metod są dalece niewystarczające.

Kolejnym z zadań opisanych w niniejszym Raporcie było uzupełnienie sieci reflektorów radarowych. W zadaniu tym zaplanowano montaż 20 nowych reflektorów radarowych w rejonie Kłodawy, Konina i Wapna. Ich liczba i rozmieszczenie były uzależnione od potrzeb pomiarowych oraz warunków topograficznych i własnościowych w poszczególnych lokalizacjach.

2. Warunki geologiczne górotworu w otoczeniu złóż, budowa złóż, stan i zasięg eksploatacji – Konin (opracował S. Mazurek i zespół)

Pierwsze pokłady węgla brunatnego w rejonie Konina zostały zbadane w 1926 roku przez pracowników Instytutu Geologicznego. Prace były realizowane po południowej stronie Warty, w rejonie m. Brzeźno, gdzie od stuleci wydobywano piaskowiec (właściwie – tzw. spieki, tj. piasek o spoiwie krzemionkowo-żelazistym), nad którym zalegał węgiel. W czasie II wojny światowej Niemcy rozpoczęli budowę kopalni wraz z zakładem przeróbczym – brykietownią, po odsłonięciu stropu pokładu węgla w Morzysławiu (obecnie dzielnica Konina), po północnej stronie Warty, w kopalni gliny dla pobliskiej cegielni.

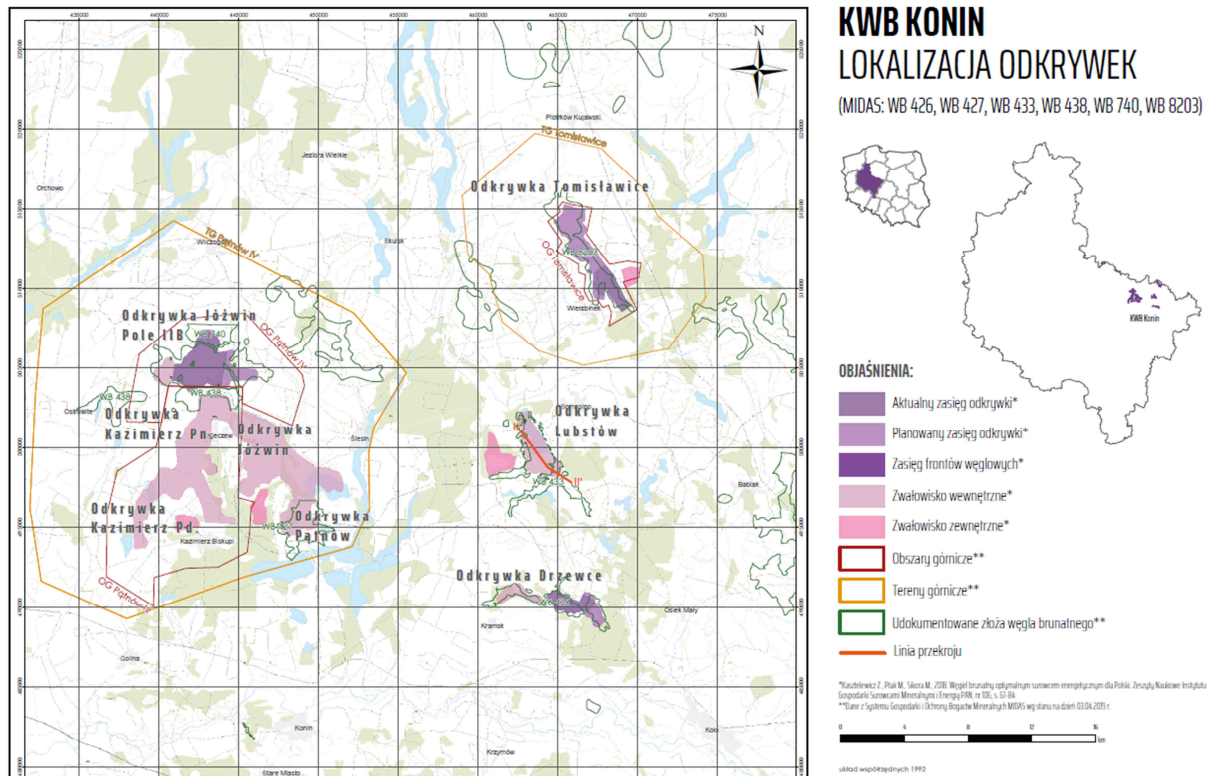
Dla potrzeb elektrowni „Konin”, a od końca lat 60 - tych również dla elektrowni „Pątnów”, KWB „Konin” uruchamiała kolejne odkrywki na nowoudostępnianych złożach. W odróżnieniu od złóż typu „Bełchatów”, czy „Turów”, tj. złóż o dużych zasobach, na których przez kilkadziesiąt lat funkcjonować może jedna odkrywka, Wielkopolska Wschodnia cechuje się występowaniem szeregu mniejszych złóż o zróżnicowanych parametrach geologiczno - górniczych i jakościowych.

I tak, po odkrywkach Morzysław i Niesłusz, które wydobywały węgiel brunatny w latach (odpowiednio) 1945 - 1955 i 1953 - 1961, w roku 1957 rozpoczęła wydobywanie odkrywka „Gosławice”. Odkrywka ta była podstawą funkcjonowania elektrowni „Konin” do

roku 1974. Na potrzeby rozbudowanej energetyki konińskiej, poprzez wybudowanie elektrowni „Pątnów”, która jest do dziś filarem tej energetyki, uruchamiano wydobywanie z kolejnych odkrywek (Rys. 1):

- odkrywki Pątnów w 1962 roku, ze złoża Pątnów I i II, z zakończeniem eksploatacji na przełomie lat 2000/2001,
- odkrywki Kazimierz Południe w roku 1965 ze złoża Pątnów III. Wydobywanie zakończono w lutym 1997 roku.
- O/Józwin ze złoża Pątnów II w roku 1971. Termin zakończenia wydobywania w roku 2003. Kontynuację stanowiła, już na złożu Pątnów III – Odkrywka Józwin IIA.
- O/Lubstów w roku 1982, ze złoża Lubstów. Zakończenie wydobywania węgla nastąpiło w 2008 r.
- O/Kazimierz Północ w roku 1995, ze złoża Pątnów III. Eksploatacja zakończona w 2013 r.

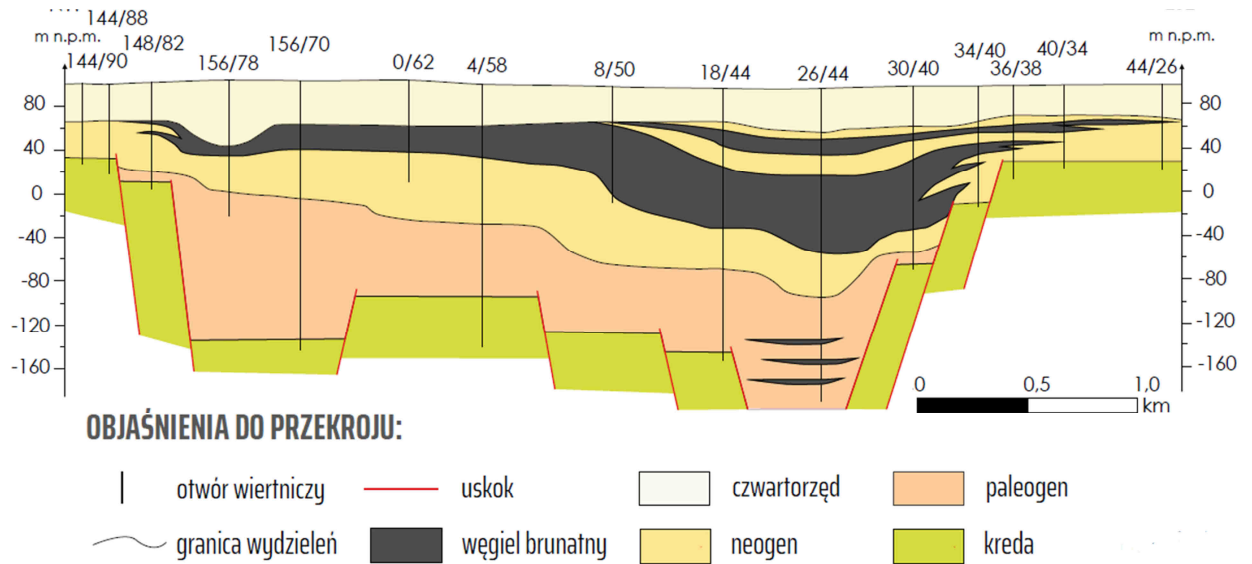
Obecnie KWB „Konin” kończy wydobywanie węgla brunatnego ze złóż Pątnów IV (O/Józwin II B) i Drzewce (O/Drzewce). Po roku 2023 pozostanie w tym rejonie jedynie O/Tomislawice (na złożu o tej samej nazwie), uruchomiona w 2010 r.



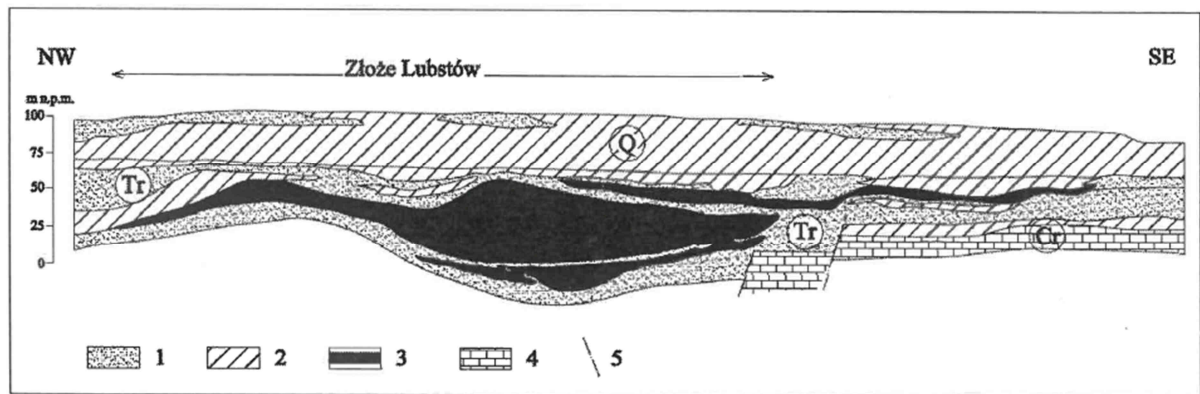
Rys. 1 Lokalizacja odkrywek konińskich (wg. Kasiński i in., 2019).

Na Rys. 2 zilustrowano stratygrafię na przykładzie O/Lubstów wg linii przekrojowej II-II' widocznej na Rys. 1 (czerwona linia) oraz w ujęciu warstw wodonośnych (Rys. 3) wg (Szczepiński, 2013).

Podstawowym czynnikiem, wpływającym na stwierdzane deformacje terenu w otoczeniu wyrobisk w trakcie eksploatacji jest odwadnianie górotworu i wywołane nim osiadania. Ma to ścisły związek z budową geologiczną (Kasiński i in., 2019).



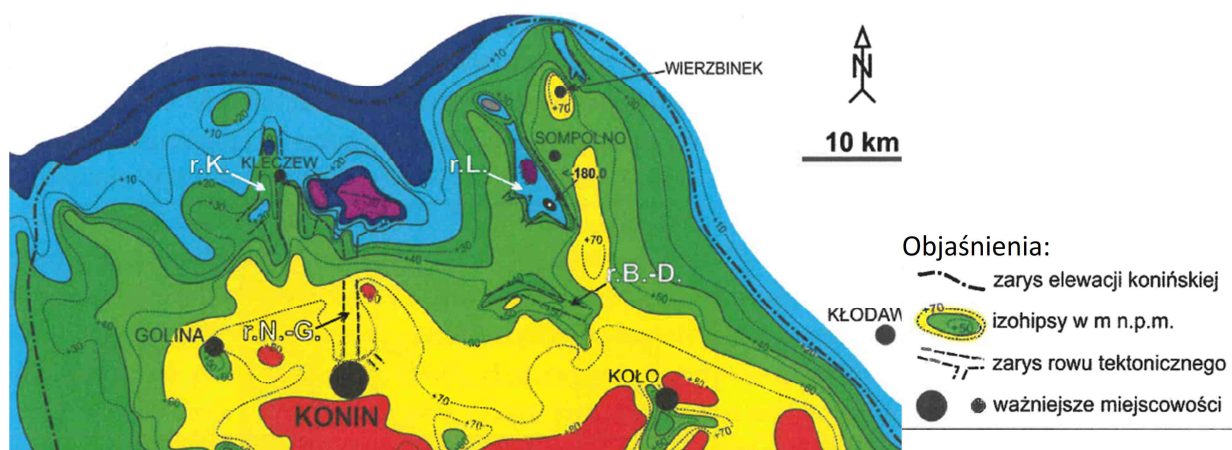
Rys. 2 Budowa geologiczna rejonu złoża Lubstów w ujęciu stratygraficznym (źródło: Kasiński i in., 2019).



Rys. 3 Budowa geologiczna rejonu złoża Lubstów w ujęciu hydrogeologicznym (wg Szczepiński, 2013).

1-utwory porowate, przepuszczalne (piaski, żwiry) 2 – utwory półprzepuszczalne (gliny, mułki, ility) 3 – węgiel brunatny, 4-utwory szczelinowe (margle), Q - czwartorzęd, Tr - neogen i paleogen, Cr – kreda.

Geneza złóż konińskich jest związana z tektoniką tzw. elewacji konińskiej i sedymentacją miocenijską materii organicznej w subsydujących obniżeniach (Widera, 2021, 2022), Rys.4.



Rys. 4 Morfologia stropu elewacji konińskiej (wg Widera, 2022). r. B.-D. – rów Bilczewa-Drzewiec, r.K. – rów Kleczewa, r.N.-G. – rów Niesłusza – Gosławic, r. L. – rów Lubstowa.

Złoża o największych zasobach rejonu Konina to złoża genetycznie związane z rowami Kleczewa i Lubstowa.

Zasadniczo, w aspekcie krążenia wód i zasilania nimi górotworu, w rejonie konińskim wyróżnia się pięć warstw:

- Warstwa I – obejmująca poziom wód gruntowych i struktur lokalnych poziomu międzyglinowego górnego;
- Warstwa II – słabo przepuszczalne utwory glin polodowcowych;
- Warstwa III – poziom międzyglinowy dolny związany ze strukturami lokalnymi lub regionalnymi;
- Warstwa IV – poziom podglinowy, zbudowany z utworów słaboprzepuszczalnych polodowcowych lub neogeńskich iłów i piasków oraz węgla brunatnego;
- Warstwa V – obejmująca miocenijski poziom podwęglowy (piaski) i górnokredowych margli, spękanych, o krążeniu szczelinowym.

Horyzont wodonośny o charakterze naporowym w otoczeniu odkrywki, poddany odwadnianiu dla umożliwienia bezpiecznej eksploatacji, jest rozległy i zajmuje wiele kilometrów kwadratowych powierzchni. Dla odkrywek położonych w sąsiedztwie może to być w związku z tym jeden, połączony lej depresji horyzontu neogeńsko-kredowego – np. teren górniczy „Pątnów”, widoczny na Rys. 1. Obserwacje dynamiki lustra wody w leju prowadzone są za pomocą piezometrów, co pozwala śledzić rozwój leja przed frontem eksploatacji i odbudowę zwierciadła wody po zaprzestaniu odwadniania za frontem

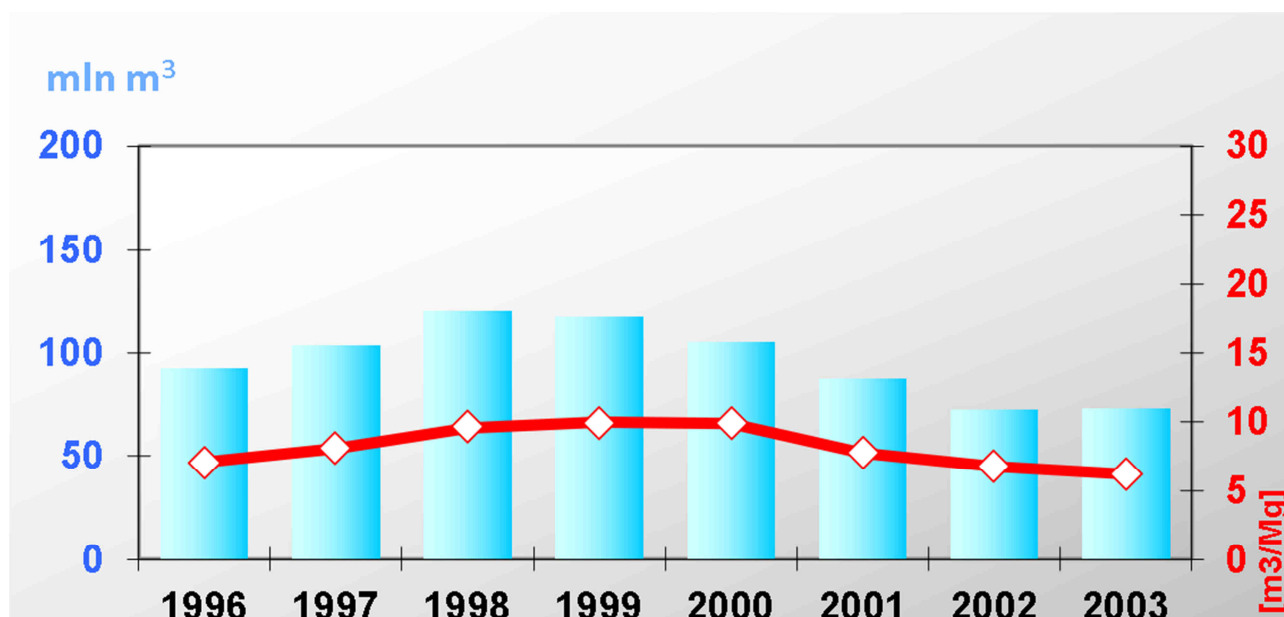
eksploatacji. Obserwacje prowadzone są przez służbę geologiczną w cyklach miesięcznych, a przez służbę mierniczą Kopalni „Konin” (pomiar deformacji na terenie górniczym) w cyklach kilkuletnich. Wskazują one na występowanie osiadań (odkształcenia poziome właściwe są w tej skali pomijalne) rzędu maksymalnie co najwyżej kilkudziesięciu cm w pobliżu odkrywek. Niecka osiadań jest rozległa, prawie płaska.

Inaczej kształtują się jednak deformacje w bezpośrednim sąsiedztwie odkrywek (do kilkuset metrów od krawędzi odkrywki), jeśli odkrywka przecina lokalną, silnie zawodnioną przypowierzchniową dolinę rzeczną lub soczewę polodowcowych piasków i żwirów. Gwałtowne, ale krótkotrwałe odwadnianie zasobów statycznych takiej struktury może powodować, że budynki położone na krawędzi struktury lub na skrzydłach takiej lokalnej niecki osiadań pękają, wskutek wyższych wartości odkształceń poziomych właściwych.

Zazwyczaj, w leju depresji, zasilanie z poszczególnych źródeł jest większe, niż w warunkach naturalnych. Warunki wodne złóż są zdeteminowane siecią hydrograficzną, zasilaniem z opadów oraz stosunkami hydrogeologicznymi w obrębie górotworu.

Odkrywki węgla brunatnego pracujące w rejonie Konina cechują się dużym zawodnieniem. Powodem takiego stanu rzeczy jest położenie odkrywek w bezpośredniej bliskości (Rys. 1) zespołu jezior (Gosławskie, Pątnowskie, Mikozyńskie i Ślesieńskie), o łącznej pojemności około 61 mln m³ wody. Specyficzne położenie kopalni „Konin”, dodatkowo ze złożami nad głównym podziemnym horyzontem wodonośnym, powoduje bardzo duży i stały dopływ wód podziemnych, który musi zostać zneutralizowany przez pracę urządzeń odwadniających. Początkowo podstawowym sposobem odwodnienia złóż w poszczególnych odkrywkach była metoda górnicza, polegająca na drażeniu pionowych i poziomych wyrobisk odwadniających. Do momentu likwidacji w 1996 roku odwodnienia podziemnego, w kopalni „Konin” wydrążono 389 909 mb wyrobisk odwadniających. Obecnie dla odwodnienia złoża stosuje się odwodnienie wgłębne, polegające na wykonaniu i eksploataowaniu studni odwadniających, rozmieszczonych w odpowiednich barierach o odmiennych funkcjach i zadaniach (Szczepiński, 2013).

Aktualnie górnictwo węgla brunatnego znajduje się w fazie schyłkowej, jednak w szczytowym okresie swego funkcjonowania, średnio wypompowywano nawet ponad 100 mln m³ rocznie (Rys. 5).



Rys. 5 Ilość wypompowanej wody i wskaźnik zawadnienia w KWB „Konin” w latach 1996-2003.

Nieco odmienna sytuacja dotyczy złoża węgla brunatnego Drzewce. Złoże położone jest w obrębie gmin Kramsk i Osiek Mały w województwie konińskim. Spośród pozostałych złóż konińskich wyróżnia się najmniejszą miąższością nadkładu - nawet 9 metrów w rejonie wsi Bilczew. Budowa nadkładu odbiega od typowego profilu stratygraficznego i litologicznego nadkładu złóż pątnowskich (tj. Pątnów I-IV). Ok. 60 % nadkładu to piaski i żwiry czwartorzędowe, a dalsze 35 % - gliny piaszczyste. Neogen występuje w nadkładzie niemal śladowo. Utwory czwartorzędowe zalegają w większości bezpośrednio na stropie węgla, a w strefach rynien erozyjnych do stropu kredy górnej. Stąd obecne złoże „Drzewce” to tylko niewielki fragment (zniszczonego głównie przez wody fluwioglacjalne) rozległego złoża (Widera, 2022).

3. Warunki geologiczne górotworu w otoczeniu złóż, budowa złóż, stan i zasięg eksploatacji – Kłodawa

Historia odkrycia i rozpoznawania wysadu solnego w rejonie Kłodawy sięga 1937 roku i badań Państwowego Instytutu Geologicznego pod przewodnictwem prof. E. Janczewskiego – tj. pierwszych badań grawimetrycznych. Ustalono wówczas, że występowanie struktury solnej, ciągnącej się na długości 63 km od Izbicy Kujawskiej na NW i osiagająca

maksymalną szerokość dochodzącą do 4 km. Wybuch II Wojny Światowej przerwał trwające badania, jednak podczas okupacji niemieckiej zostały one wznowione i trwały przez kilka kolejnych, powojennych lat.

Duża część polskich złóż ropy naftowej, po roku 1945 znalazła się poza granicami, podjęto więc decyzję o poszukiwaniu złóż węglowodorów również na obszarach pozakarpackich. Powołane przez Ministerstwo Górnictwa Państwowe Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych wykonało pierwsze wiercenia w rejonie Kłodawy i natrafiło na sól kamienną oraz potasowo-magnezową. W latach 1947 - 1949 prowadzono dalsze prace geofizyczne oraz wiertnicze. Uzyskane wyniki pozwoliły na opracowanie pierwszej dokumentacji geologicznej. Jednocześnie zdecydowano o rozpoczęciu eksploatacji złoża - pod koniec 1949 r. Prezydium Komitetu Ekonomicznego Rady Ministrów podjęło uchwałę o budowie kopalni w Kłodawie wraz z zakładem przeróbczym soli potasowo-magnezowych. Powołano Dyрекcję Zakładów Soli Potasowych w Budowie. Na początku lat 50-tych zaczęto drążenie szybów – Michał (1951 r.) i Barbara (1952 r.). W 1953 r. na podstawie wyników z powierzchniowych otworów wiertniczych opracowano pierwszą dokumentację geologiczną złoża soli potasowo-magnezowej, a rok później po oddaniu do użytku szybu „Barbara” powstały pierwsze chodniki na poz. 450 m w ramach prac rozpoznawczych, które miały dokładniej zbadać złożo. Pozwoliło to na zebranie materiałów geologicznych wystarczających dla określenia rodzaju, jakości oraz ilości zasobów soli potasowo-magnezowych, a także soli kamiennej białej i różowej, głównie w kategorii rozpoznania B, C1, i C2 na głębokości od 450 – 800 m. W rezultacie powstała druga dokumentacja geologiczna według stanu prac na 1.IV.1958 r., opracowana przez Instytut Geologiczny pod kierownictwem Z. Wernera. W 1958 r. w miejsce Zakładów Potasowych w Budowie zostało powołane Przedsiębiorstwo Państwowe Kopalnia Soli "Kłodawa".

Ponieważ w całej historii funkcjonowania kopalni eksploatacją była objęta tylko środkowa część złoża, nazwę złoża „Kłodawa” zaczęto identyfikować tylko i wyłącznie z tą częścią, pomijając pozostałe tj. północną i południową. Dlatego w 2010 r. opracowano dokumentację geologiczną, w której zgodnie z obowiązującymi przepisami, wydzielono złoża soli kamiennej „Kłodawa 1”. Pozostałe zasoby z części północnej i południowej rozliczono w tym samym roku w odrębnej dokumentacji geologicznej (dodatek nr 3). W dokumentacji złoża „Kłodawa 1” zaktualizowano rozpoznanie i stan zasobów złoża soli kamiennej oraz przytoczono stan zasobów soli potasowo-magnezowych z poprzednich dokumentacji,

pomniejszając je o zasoby wydobyte na poz. 600 m w rejonie pomiędzy przekopem N nr 1 a przekopem NE IV nr 45, wydzielonym jako pole nr 7, gdzie w latach 1994 – 2000, w partii złoża rozpoznanej w kategorii B, prowadzono eksploatację.

W 2013 r. powstała kolejna dokumentacja, stanowiąca dodatek nr 1 do dokumentacji złoża „Kłodawa 1”. Zaktualizowano w niej granice złoża i ustalono zasoby na poz. 780 i 810 m w polach nr 2, 3 i 5 oraz polu nr 4b i 6 w interwale 510-600 m - w oparciu o uszczegółowienie budowy geologicznej, na podstawie ostatnich badań i ekspertyz, opracowanych na zlecenie kopalni oraz aktualnego stanu rozpoznania złoża, zawartego w dokumentacji mierniczo-geologicznej zakładu górniczego.

Dodatek nr 2 (Mazurek i in., 2016) i dodatek nr 3 do dokumentacji geologicznej złoża soli kamiennej „Kłodawa 1” (Mazurek i in., 2022) dokumentują najnowsze wyniki badań i stan udokumentowania złoża.

Kopalnia jest podzielona na pięć głównych poziomów: 450m, 525m, 600m, 690m i 750m. Na poszczególnych poziomach złoża udostępniane jest wyrobiskami korytarzowymi podłużnymi i poprzecznymi w stosunku do rozciągłości, pełniącymi funkcje transportowe i wentylacyjne. W poszczególnych polach eksploatacyjnych, poziomy podzielone są dodatkowo na międzypoziomy. Do głębokości 600 m przyjęto pionowy moduł rozcięcia równy 25 m dla pól nr 1, 2 i 3 a w polach nr 4 i 5 od 28 do 35,5m. Poniżej głębokości 600 m poszczególne pola podzielone są co 30 do 33,4m. Podpoziomy udostępniane są chodnikami prowadzonymi od pochylni łączących główne poziomy kopalni.

Ze względu na parametry wytrzymałościowe skał solnych, ich specyfikę oraz warunki geologiczno-górnice, eksploatację złoża prowadzi się wyłącznie systemem komorowo-filarowym jako komory płaskie z przodkiem schodowo-stropowym lub komory płaskie z przodkiem schodowo-spągowym (Czapowski i in., 2018). Obecnie jako jedyny sposób wybierania soli stosowany jest system komór niskich, w którym komory mają kształt prostopadłościanów o poziomej najdłuższej osi. Eksploatacja odbywa się wyłącznie z użyciem MW. Komory mogą być ustawione podłużnie (pola 3 i 5) lub poprzecznie (pola nr 1 i 2) do rozciągłości warstw. Komory wykonywane na tym samym poziomie rozdzielone są filarami międzykomorowymi. Na poszczególnych poziomach rozdzielone są półką międzypoziomową. Wymiary komór i filarów międzykomorowych oraz grubość półek międzypoziomowych zmieniają się wraz z głębokością.

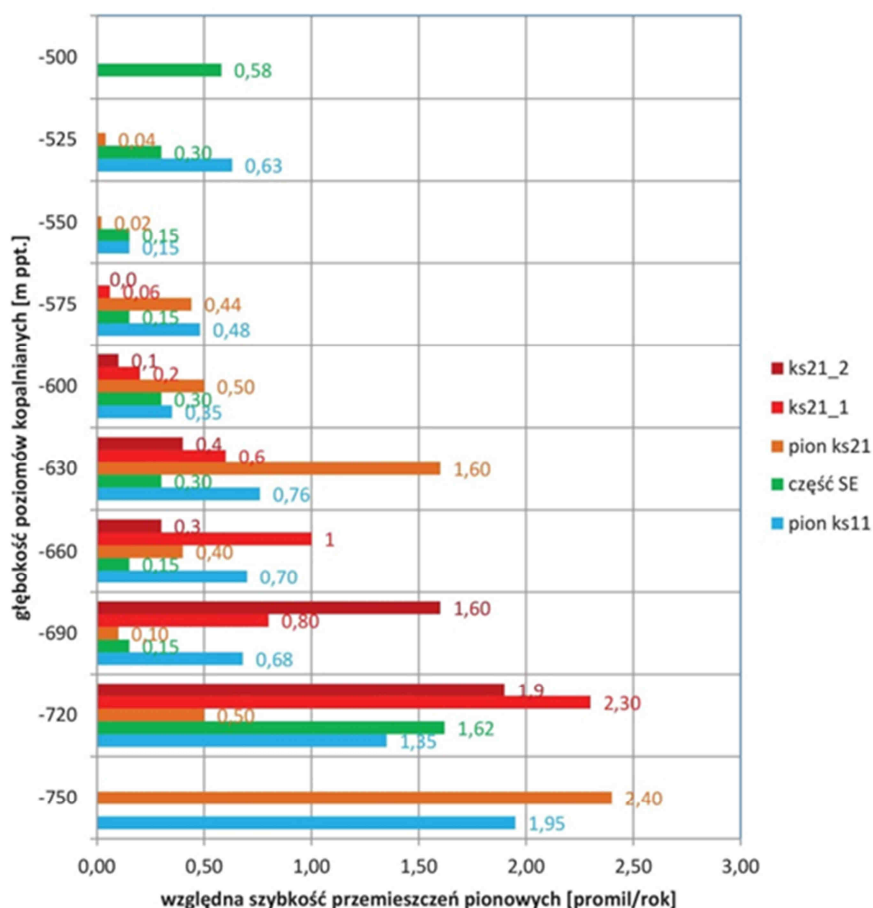
Do poziomu 600m złoże zostało wybrane głównie komorami o szerokości 15 m, wysokości 15 m oraz długości około 100 ÷ 150 m. Długość komór w układzie poprzecznym uzależniona jest od miąższości wybieranych warstw solnych a w układzie podłużnym – od zmian ich rozciągłości i zmian miąższości. Sąsiednie komory rozdzielone są filarami o szerokości 15 m a pomiędzy kolejnymi międzypoziomami pozostawiona została półka o grubości 10 m.

Poniżej poziomu 600 komory są coraz mniejsze wraz ze wzrostem głębokości ich szerokość i wysokość zmniejsza się w zależności od pola eksploatacyjnego od 13,5 do 12 m, jednocześnie wzrasta szerokość filarów międzykomorowych i półek międzypoziomowych. Zmiany te zachodzą w ten sposób, że moduł poziomego rozcięcia pola jest na wszystkich poziomach poniżej 600m równy 30m a moduł pionowego rozcięcia do 30 do 33,4m w zależności od pola i głębokości. Długość komór wynosi od 50 do 400m.

W związku z geometrią pól eksploatacyjnych i nachyleniem warstw w wysadzie, w polu nr 1 i 2 zachowana jest osiowość komór, natomiast w polu 3 i 5, ze względu na uwarunkowania górniczo geologiczne, osiowość nie jest zachowana a osie filarów między komorami poziomu niższego nie pokrywają się z osiami filarów poziomów wyższych w przedziale głębokości od 600m do 810m.

Pomiary konwergencji (Bieniasz i Pietras, 2020) wykazały, że: wieloletnie, systematyczne i cykliczne pomiary zaciskania wyrobisk i deformacji calizn w poszczególnych polach eksploatacji KS Kłodawa nie wykazują oznak utraty stateczności górotworu w głównych rejonach koncentracji pustek poeksploatacyjnych. Wyniki pomiarów wykonanych w 2020 r., na rozbudowywanej systematycznie sieci pomiarowej potwierdziły ten korzystny, długotrwały trend, charakteryzujący się stopniowym wyhamowaniem szybkości zjawisk deformacyjnych lub ich stabilizacją.

Porównanie szybkości przemieszczeń pionowych w komorach (pomiary konwergencji) w polu nr 2 (podstawowym dla eksploatacji) zestawiono na Rys. 6:



Rys. 6 Przesunięcia pionowe w 2020 roku w wybranych komorach pola nr 2 (wg Bieniasz, Pietras, 2020).

Podczas eksploatacji systemem komorowym w złożach soli kamiennej nie likwiduje się pustek poeksploatacyjnych, tzn. wolnej przestrzeni która powstaje po wybraniu kopaliny. Komory są tak projektowane, aby zachowywały długotrwałą stateczność geomechaniczną (Cała i in., 2021). Z tego powodu w kopalni pozostały podziemne puste przestrzenie o wielkich objętościach. Dotychczas wykonano około 1000 komór eksploatacyjnych, a wyrobiska korytarzowe tworzą sieć o długości około 350 km. Łączna objętość wszystkich pustek przekracza 19 mln m³.

Ostatnie pomiary w nieckach osiadań (Hejmanowski i in., 2018) zostały oparte o 239 reperów ziemnych i na budynkach. Pomiary wykonano metodą niwelacji precyzyjnej za pomocą niwelatorów kodowych LEICA NA 3003 i LEICA DNA03 oraz łat kodowych LEICA. Dla reperów ziemnych dane o przemieszczeniach zestawiono w tabeli (Rys. 7):

Data pomiaru	Cykl pom.	Nr reper	1048	1228	1252	1253	1254	1269	1299	10792	12261	12721
1992	13 lat	H [mm] dH [mm] (2005-1992)	110317.8 -43.9	118167.8 -75.2	115804.0 -73.2	117318.9 -78.4	119191.5 -78.3	115643.6 -90.2	120606.1 -49.7			
2005	6 lat	H [mm] dH [mm] (2011-2005)	110273.9 -18.0	118092.6 -34.0	115730.8 -34.4	117240.5 -38.6	119113.2 -33.7	115553.4 -39.8	120556.4 -23.9			119595.9 -34.7
2011	6 lat	H [mm] dH [mm] (2017-2011)	110255.9 -25.7	118058.6 -49.2	115696.4 -45.0	117201.9 -45.8	119079.5 -51.9	115513.6 -48.2	120532.5 -32.8	115558.1 -28.7	115988.7 -46.7	119561.2 -55.6
2017			110230.2	118009.4	115651.4	117156.1	119027.6	115465.4	120499.7	115529.4	115942.0	119505.6

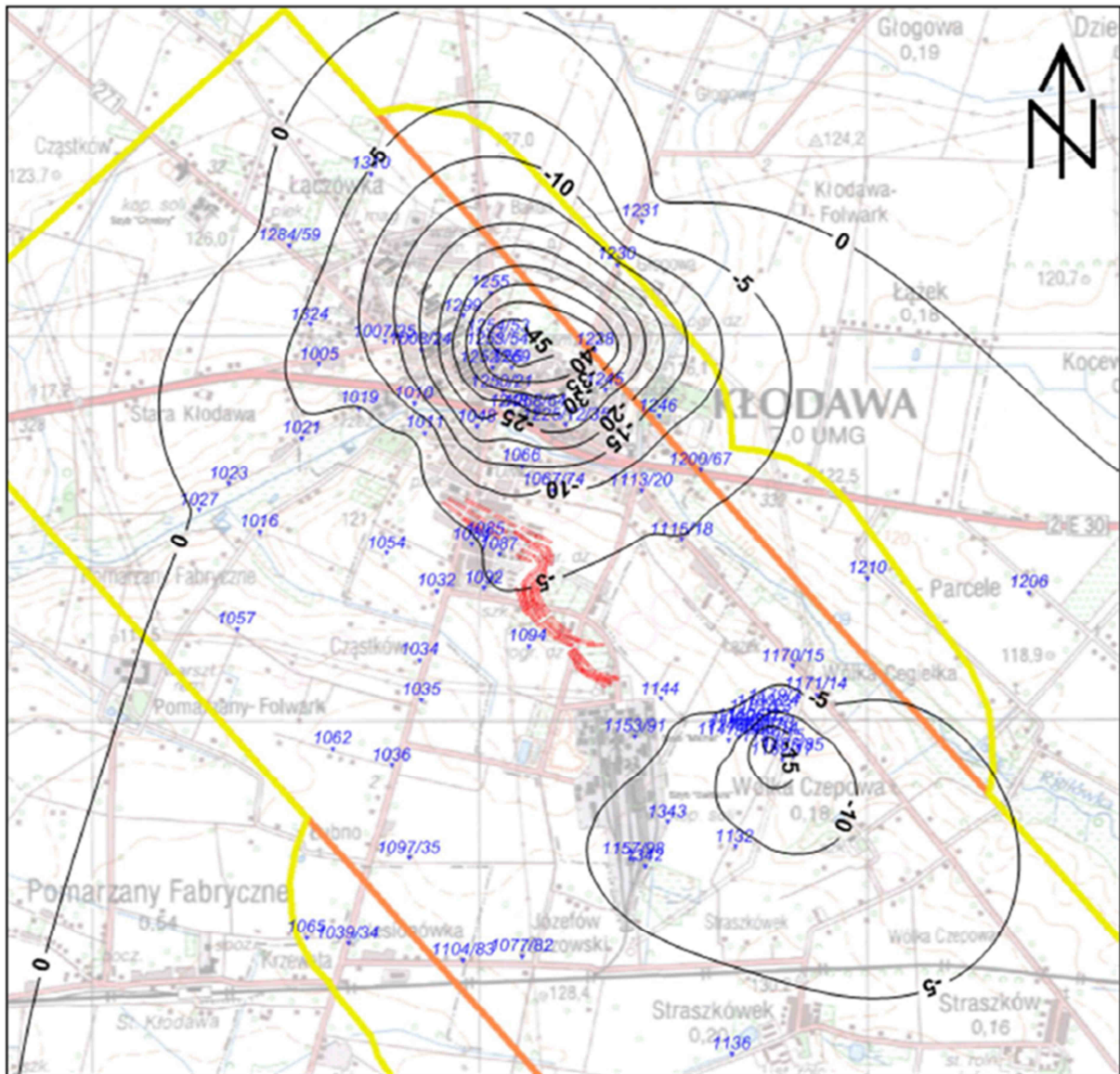
Rys. 7 Zmiany wysokości niektórych reperów ziemnych w funkcji czasu (wg Hejmanowski i in., 2018).

Pierwsza wysokościowa seria pomiarowa została wykonana w 1978 roku. Kolejne pomiary realizowane były w latach: 1979, 1980, 1983, 1992, 1999, 2005, 2011, 2017. Ostatnio zachowywany jest stały interwał pomiarowy, co 6 lat. Aktualnie sieć pomiarowa składa się z 242 punktów wysokościowych.

Jak wykazała ekspertyza (Hejmanowski i in., 2018): w świetle niewielkich deformacji powierzchni na terenie górniczym Kopalni Soli „Kłodawa” S.A. nie prowadzono dotychczas pomiarów, które pozwalałyby na określenie odkształceń poziomych powierzchni terenu. Takie pomiary nie mają uzasadnienia ze względu na zupełny brak zagrożenia powierzchni terenu deformacjami ciągłymi przy aktualnej prędkości rozwoju pola przemieszczeń.

(...) Maksymalne obniżenia nad polem nr 2 wynoszą obecnie $w_{\max 2} = 293$ mm, a nad polem nr 1 $w_{\max 1} = 125$ mm. jednostajny wzrost średniej prędkości osiadania w centrum niecki nad polem 2 wynosi ok. 7 mm/rok (max. 8,3 mm/rok)

Z perspektywy ostatnich lat, najistotniejszym elementem pomiarów osiadań na terenie górniczym Kopalni Kłodawa jest okres 2011-2017 (ostatni okres pomiarowy dotyczył roku 2017) – Rys. 8.

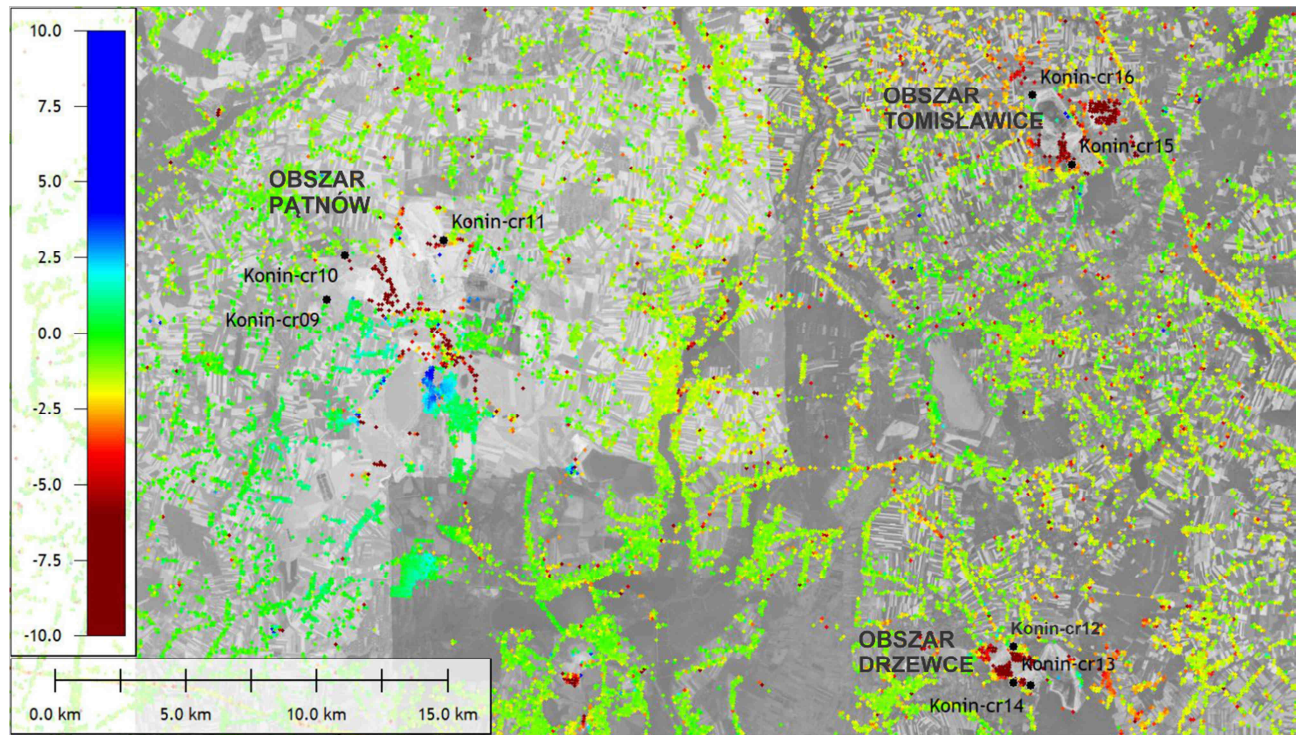


Rys. 8 Przyrost osiadań powierzchni terenu [mm] na terenie górniczym kopalni Kłodawa za okres 2011-2017 wg Hejmanowski i in., 2018.

4. Deformacje ciągle powierzchni w rejonie odkrywek KWB Konin - na podstawie danych EGMS

W obrazie serwisu EGMS przemieszczeń pionowych w otoczeniu odkrywek KWB Konin wyraźnie widoczne są deformacje towarzyszące wyrobiskom (Rys. 9). Wielkości deformacji wahają się w zakresie od -40 do + 4 mm/rok. Ich przyczyną jest odwadnianie odkrywek, ruchy masowe na skarpach wyrobisk jak i w ich wnętrzu spowodowane również przemieszczaniem gruntu pracą koparek, zwałowanie gruntów nadkładu i urobku (przemieszczenia „w górę” – relatywne podnoszenie). Rozkład przestrzenny tych zjawisk jest

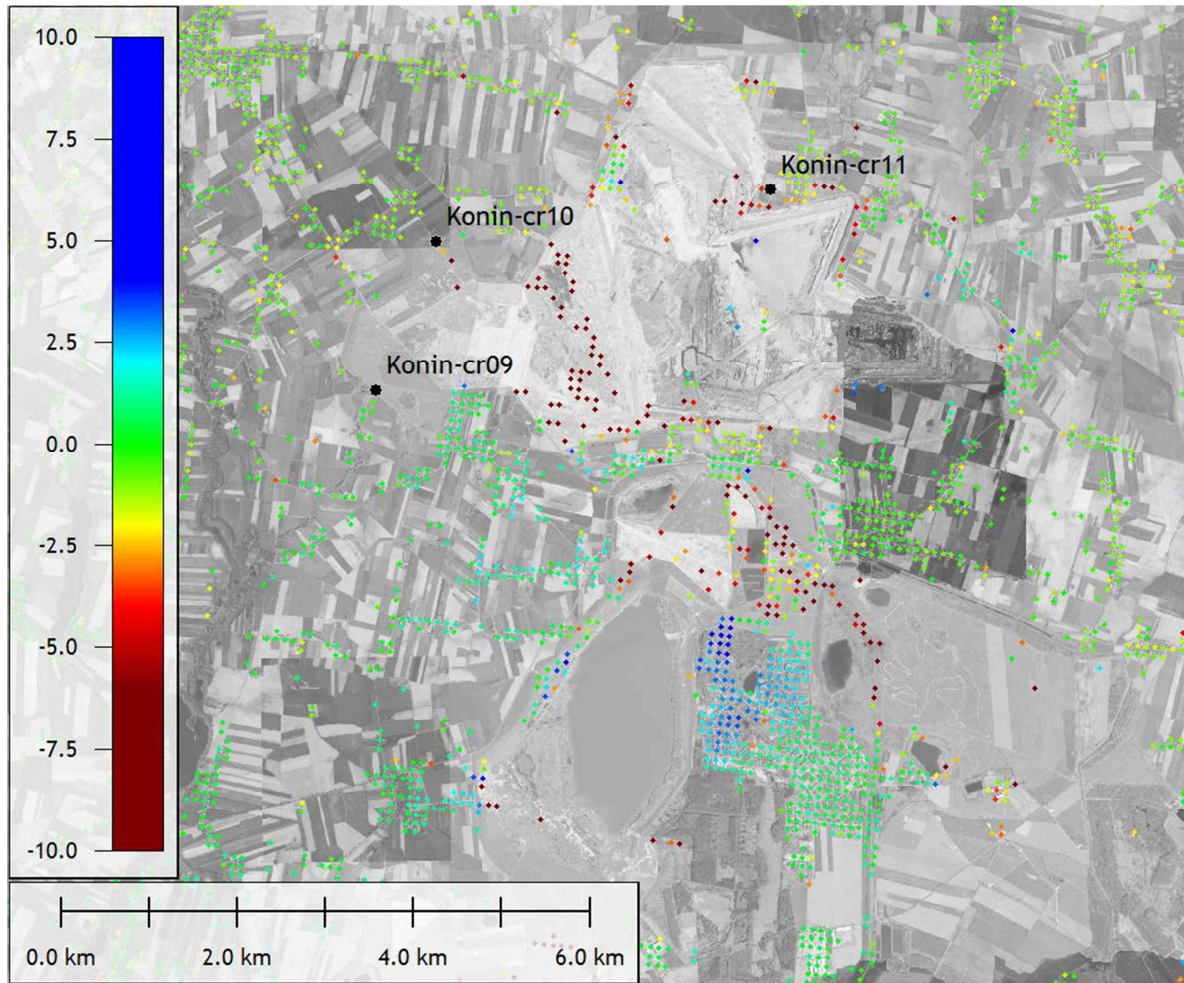
bardzo nieregularny i prawdopodobnie dynamicznie zmienny w czasie o czym świadczą rozległe obszary pozbawione danych (utrata koherencji). Należy podkreślić, że obecnie dostępne dane nie pozwalają na pełne wyznaczenie zasięgu osiadań wywołanych odwadnianiem, gdyż prędkości mogą nie przekraczać 1 mm/rok i znajdują się poza zakresem dokładnościowym metody InSAR.



Rys. 9 Rozkład przestrzenny deformacji pionowych na podstawie serwisu EGMS dla obszaru odkrywek KWB Konin. Czarnymi punktami zaznaczono lokalizacje reflektorów radarowych opisanych w dalszej części raportu.

Dla lepszego zrozumienia zjawisk zachodzących na terenie odkrywek KWB Konin warto przyjrzeć się bliżej każdemu z obszarów.

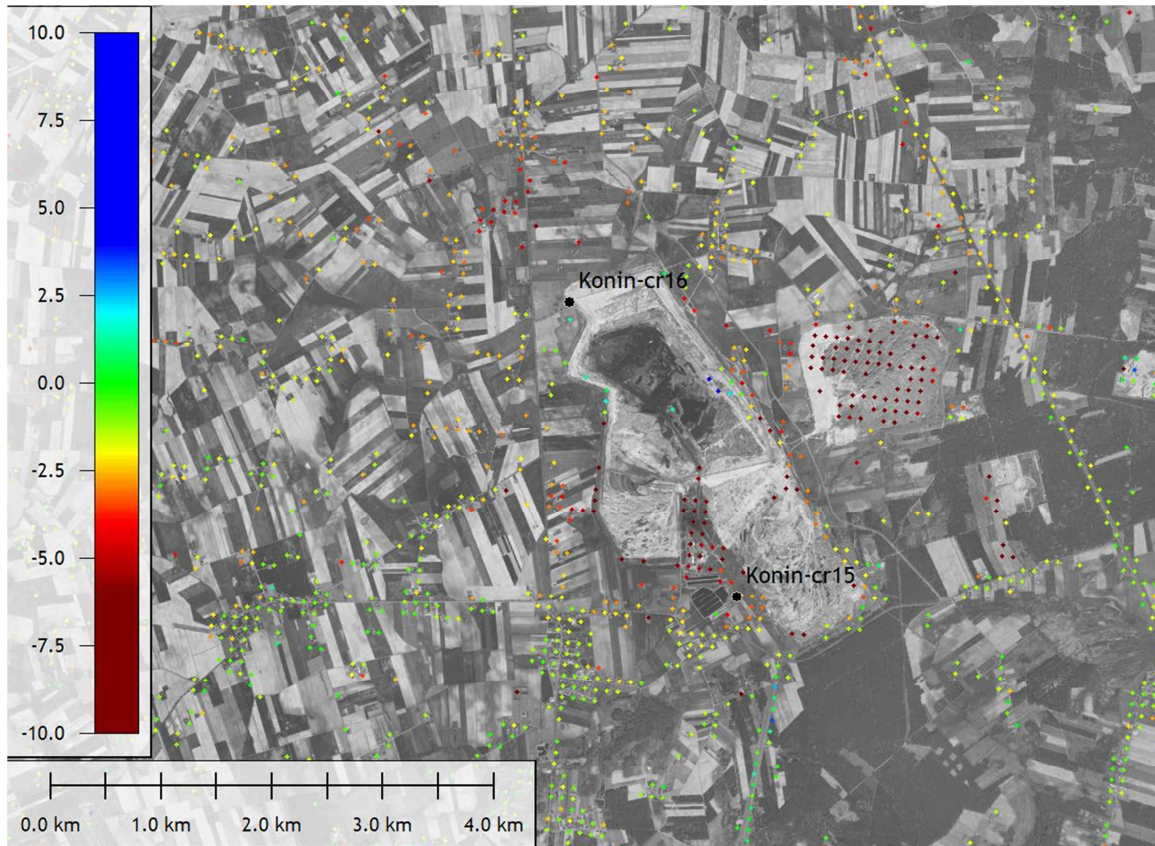
4.1. Obszar Pątnów



Rys. 10 Rozkład przestrzenny deformacji pionowych na podstawie serwisu EGMS dla obszaru Pątnów. Czarnymi punktami zaznaczono lokalizacje reflektorów radarowych opisanych w dalszej części raportu.

Na obszarze Pątnów zaznaczają się dwie strefy dużych osiadań (max 40 mm/rok). Obie związane są z obszarami dawnej eksploatacji poddanych rekultywacji. Osiadanie związane jest z osiadaniem gruntów, którymi wypełnione zostały dawne wyrobiska. Obszar podnoszenia (do + 4 mm/rok) odpowiada obszarowi składowania gruntów nadkładu. Na obszarze Pątnów występuje również szereg izolowanych, trudnych do interpretacji anomalii pola deformacji. Ich prawidłowa interpretacja wymaga dłuższych serii obserwacyjnych (Rys. 10).

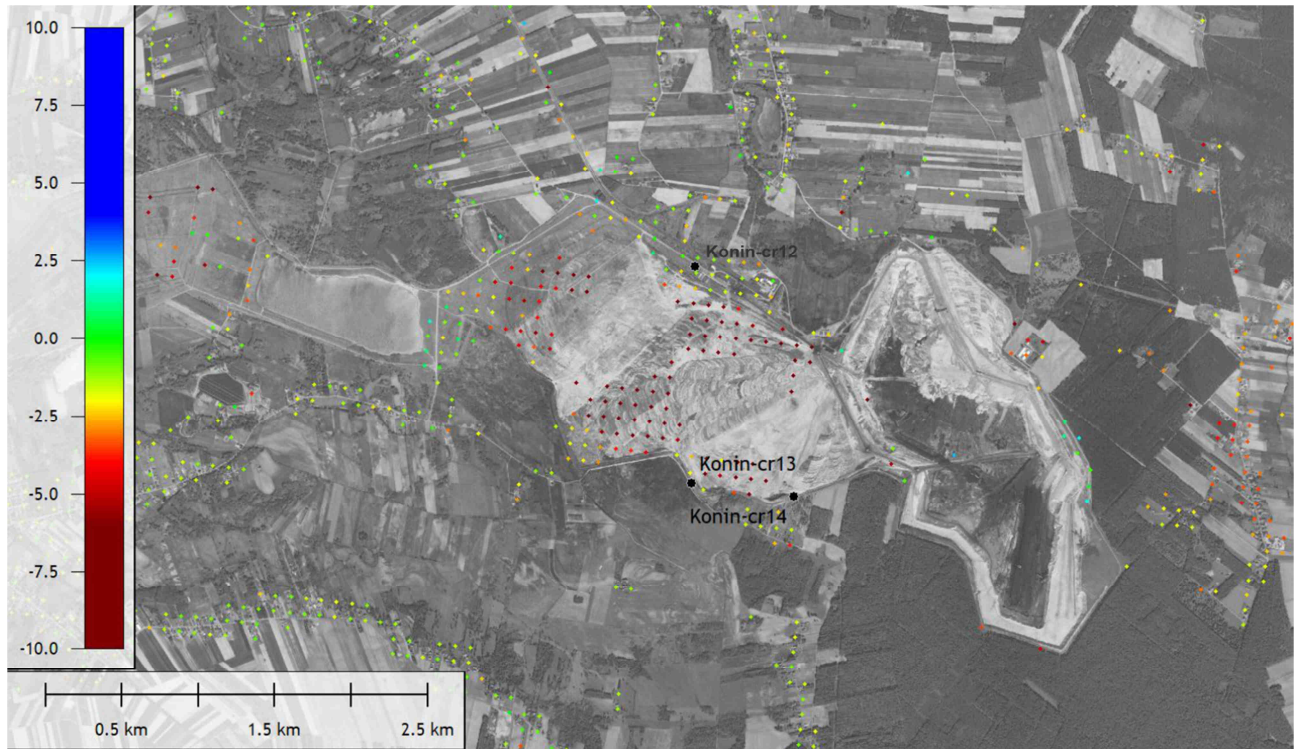
4.2. Obszar Tomisławice



Rys. 11 Rozkład przestrzenny deformacji pionowych na podstawie serwisu EGMS dla obszaru Tomisławice. Czarnymi punktami zaznaczono lokalizacje reflektorów radarowych opisanych w dalszej części raportu.

Rejon odkrywki Tomisławice charakteryzuje się prędkościami osiadań w przedziale -17,4 do +6 mm/rok. Zaznacza się wyraźna współkształtność obszaru występowania deformacji do konturów odkrywki. Efekt ten jest prawdopodobnie związany z odwadnianiem wyrobiska. Zaznaczający się obszar osiadań po wschodniej stronie odkrywki związany jest z obszarem poddanym niedawno rekultywacji. Warto zaznaczyć, że wiele punktów PS odpowiada tu ciągom komunikacyjnym i rejony podwyższonych prędkości deformacji odpowiadają odcinkom gdzie występują uszkodzenia nawierzchni (Rys. 11).

4.3. Obszar Drzewce

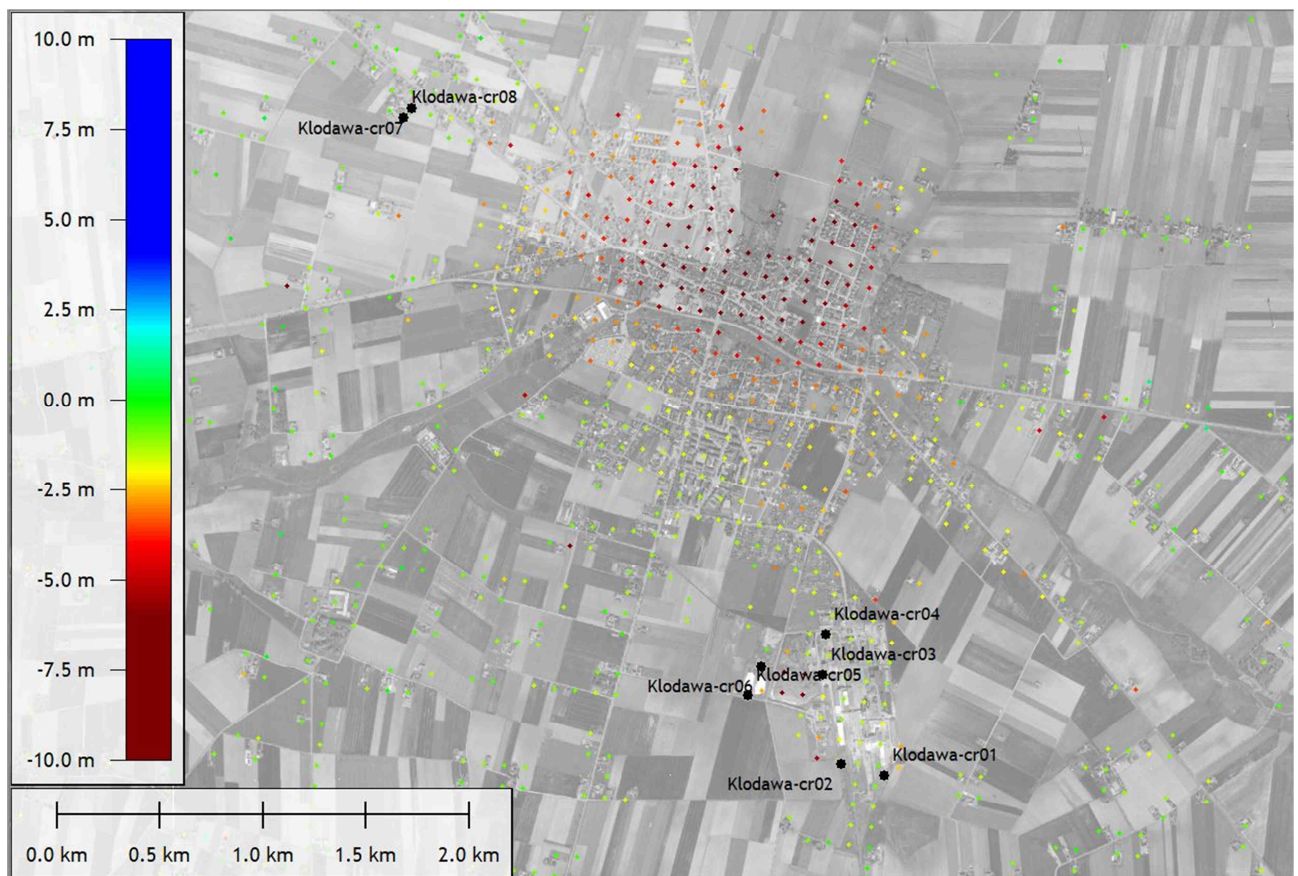


Rys. 12 Rozkład przestrzenny deformacji pionowych na podstawie serwisu EGMS dla obszaru Drzewce. Czarnymi punktami zaznaczono lokalizacje reflektorów radarowych opisanych w dalszej części raportu.

Z uwagi na silne pokrycie roślinnością otoczenie odkrywki Drzewce zawiera niewielką liczbę punktów PS. Rozkład deformacji pozwala przypuszczać, że większość osiadań na tym obszarze odpowiada obszarom zrekultuwowanym i deformacjom związanym z kompaktacją gruntów nasypowych. Deformacje tego typu obejmują również odcinek linii kolejowej Koło - Konin na południu obszaru. Niektóre punkty wykazujące deformacje i znajdujące się w większym oddaleniu od odkrywki mogą sugerować ich związek z odwadnianiem obszaru (Rys. 12).

5. Deformacje ciągle powierzchni terenu w otoczeniu eksploatacji soli kopalni Kłodawa – na podstawie danych EGMS

Dla obszaru Kłodawy największe deformacje (-10 mm/rok) występują na obszarze gęsto zabudowanego centrum miejscowości. Rejon ten odpowiada z grubsza zasięgowi wysadu solnego i prowadzonej od szeregu lat eksploatacji a bezpośrednio jest związany z powolną konwergencją wyrobisk solnych (Kortas, 2014). Lokalne deformacje występują również w okolicach zakładu górniczego (Rys. 13).



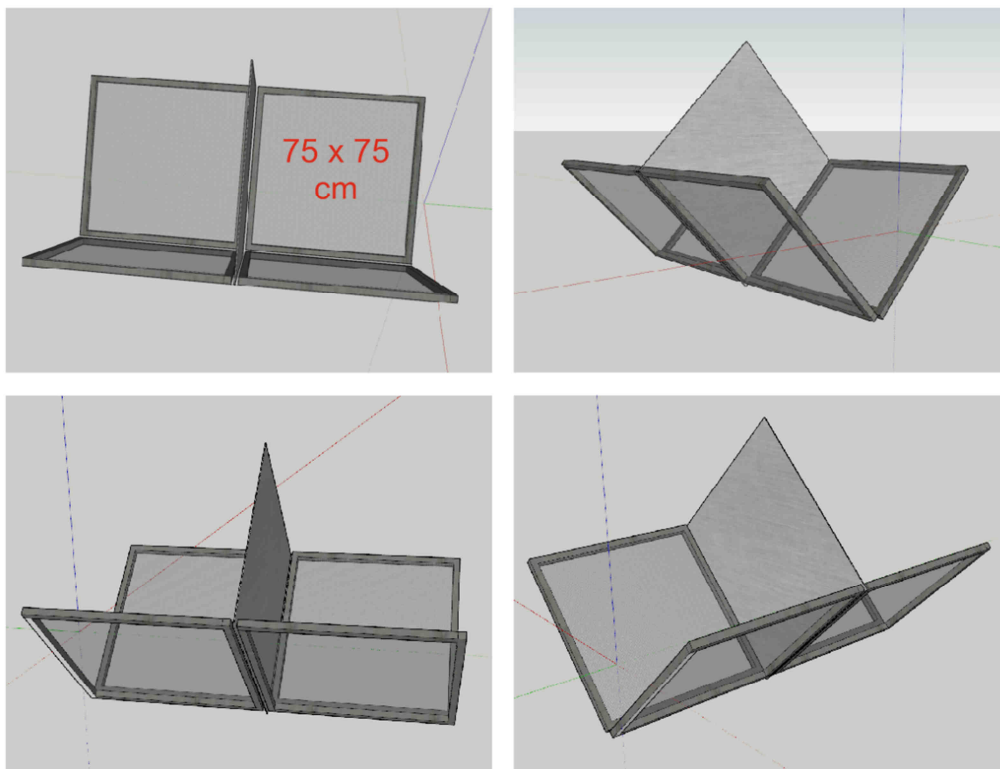
Rys. 13 Rozkład przestrzenny deformacji pionowych na podstawie serwisu EGMS dla obszaru kopalni Kłodawa. Czarnymi punktami zaznaczono lokalizacje reflektorów radarowych opisanych w dalszej części raportu.

6. Usługa montażu reflektorów radarowych

Usługa wytworzenia, posadowienia i montażu reflektorów radarowych realizowana była w 2022 roku przez firmę „Metalrob” wyłonioną w ramach postępowania przetargowego. Obejmowała ona posadowienie 20 nowych reflektorów, spośród których 8 szt. Zainstalowano na terenie Kłodawy, 8 szt. na obszarze odkrywek KWB Konin (o. Pątnów – 3 szt., o. Tomisławice – 2 szt., o. Drzewce 3szt.) oraz 4 reflektory na terenie miejscowości Wapno celem uzupełnienia istniejącej sieci reflektorów.

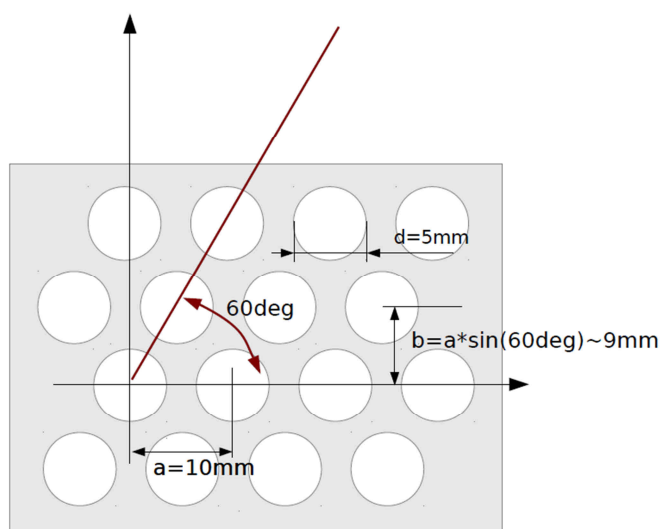
6.1. Budowa i wygląd zewnętrzny reflektorów – specyfikacja techniczna

Reflektory powinny być zbudowane z metalu (stal konstrukcyjna, aluminium) i zabezpieczone w całości przed korozją przez np. ocynkowanie lub malowanie. Reflektor składa się z dwóch elementów odbijających zbudowanych z trzech kwadratowych płaszczyzn (płyty perforowane i pełne) ustawionych do siebie prostopadle. Elementy odbijające zbudowane mają być z 5 paneli składających się z ramy z profili zamkniętych o przekroju kwadratowym o wymiarach 75 x 75 cm (wymiar zewnętrzny) pokrytych blachą perforowaną wg. wzoru. Środkowy element odbijający, wspólny dla obu elementów wykonany powinien być z pełnej blachy o wymiarach 75 x 75 cm o grubości zapewniającej sztywność elementu jednak nie większej niż 23 mm. Między elementami należy zachować dystans ok 1 cm na odprowadzanie wody. Mocowanie wszystkich elementów od spodu np. kątownikami. Oba elementy przymocowane powinny być do wspólnego masztu mocującego z podstawą zapewniającą spoziomowanie reflektora. Na szczycie środkowego elementu należy wykonać zdejmowany trzpień z gwintem stosowanym w instrumentach geodezyjnych (M12 x 1,25) do mocowania anteny GNSS. Elementy odbijające ustawione są na tej samej wysokości prostopadle do siebie. Konstrukcja reflektora powinna być spawana. Montaż płyt perforowanych za pomocą nitów. Wygląd zewnętrzny reflektora zamieszczono na Rys. 14.



Rys. 14 Widok ogólny reflektora - rzuty perspektywiczne (oś pionowa oznaczona kolorem niebieskim; osie poziome oznaczono kolorami czerwonym i zielonym).

Proponowana konstrukcja: rama wykonana z profili zamkniętych o przekroju kwadratowym, np. 25 mm x 25 mm, powierzchnia ścian reflektora i podstawy z blachy perforowanej grubości np. 2mm. Wymiary perforacji powinny być zbliżone do tych przedstawionych na Rys. 15.



Rys. 15 Schemat wzoru perforacji blach ścian bocznych i podstawy reflektora

6.2. Uchwyt montażowy do osadzenia w fundamencie

Reflektor zamontowany powinien być w uchwycie gwarantującym stabilność konstrukcji. Wymiary podstawy montażowej nie mogą być większe aniżeli podstawa reflektora. Montaż reflektora do uchwytu powinien zapewnić poziomowanie, za pomocą śrub M12. W ścianie rury, w połowie wysokości 1 gwintowany otwór M12 służący do orientowania i mocowania uchwytu reflektora względem fundamentu.

Konstrukcja reflektora i uchwytu montażowego, z uwagi na przyjętą technologię wykonania może znacząco różnić się od zaproponowanej na zamieszczonych ilustracjach. Technologia łączenia elementów dowolna, zapewniająca sztywność i trwałość konstrukcji. Wszelkie zmiany konstrukcyjne muszą być bezwzględnie konsultowane z Zamawiającym.

Każdy reflektor powinien być zaopatrzony w tabliczkę znamionową według zadanego wzoru (Rys. 16) o wymiarach ok. 110 x 58 mm.



Rys. 16 Wzór tabliczki znamionowej reflektorów.

Tabliczki powinny być wykonane ze stali nierdzewnej w technologii fototrawienia. Tabliczki powinny być ponumerowane od CR 01 do CR 06 na każdym osuwisku. Tabliczki powinny być zamocowane do reflektorów na stałe, na wybranej ścianie bocznej od zewnątrz za pomocą nitowania (strony w trybie roboczym ustalą miejsce przymocowania tabliczki).

Reflektor będzie URZĄDZENIEM POMIAROWYM dlatego też musi spełniać szereg wymagań technicznych, do których należą:

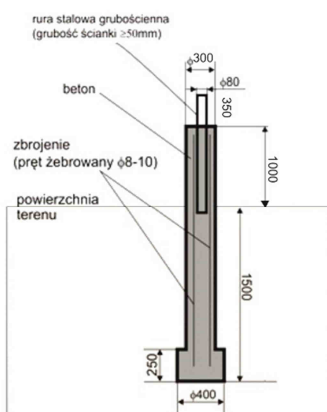
1. Zapewnienie wymiarów reflektora nie mniejszych niż podane w opisie i na rysunkach;
2. Zapewnienie możliwie najmniejszego ciężaru konstrukcji;
3. Zachowanie prostopadłości elementów;
4. Zachowanie płaskości powierzchni ścian reflektora;

5. Elementy nie mogą posiadać pęknięć, wad materiałowych wad obróbkowych i montażowych;
6. Wewnętrzne powierzchnie reflektora nie mogą zawierać elementów znacząco wystających (pow. 3 mm) ponad powierzchnię (np. śrub, nitów itp.).

Przed podjęciem produkcji serii reflektorów, wykonawca wykona i przedstawi do zaopiniowania zamawiającemu prototyp reflektora wraz z podstawami.

6.3. Posadowienie reflektorów w gruncie

Sposób posadowienia reflektorów w gruncie przedstawiono na Rys. 17.



Rys. 17 Sposób posadowienia reflektorów w gruncie.

Reflektory powinny zostać posadowione w gruncie zgodnie z Rys. 17:

1. Głębokość posadowienia: 1 500 mm; wysokość punktu nad powierzchnia terenu 1000 mm;
2. Wymiary stopy: średnica ϕ 400 mm, wysokość 250 mm;
3. Średnica ϕ 300 mm;
4. Podstawy reflektorów wykonane z betonu zbrojonego prętami żebrowanymi o średnicy ϕ 8-10 mm;
5. Podstawy reflektorów zakończone rurą stalową o średnicy ϕ 80 mm i grubości ścianki ≥ 5 mm i wysokości 300 mm.

6.4. Rozmieszczenie reflektorów

Celem zainstalowania reflektorów było zagęszczenie sieci naturalnych rozpraszaczy PS oraz uzyskanie danych o deformacjach w interesujących miejscach (walidacja). Miejsca posadowienia reflektorów musiały spełniać kilka warunków:

1. Zapewnić odkryty horyzont pozbawiony roślinności, szczególnie w kierunkach E-W
2. Zapewnić odległość od obiektów infrastruktury w promieniu co najmniej 20 metrów
3. Lokalizacja powinna zapewnić prowadzenie pomiarów przed wiele lat bez narażenia na akty wandalizmu i przypadkowe przemieszczenia / uszkodzenia (np. przez maszyny rolnicze, budowlane).

Mając na uwadze poprzednie doświadczenia, zapewnienie trzeciego warunku ma niebagatelne znaczenie. Lokowanie reflektorów np. na prywatnych działkach prowadzi do szeregu komplikacji w przypadku zmiany właściciela czy sprzedaży nieruchomości. Dla uniknięcia takich przypadków i zapewnienia ciągłości pomiarów zdecydowano się na korzystanie wyłącznie z gruntów należących do gminy (w miejscowości Wapno) bądź będących we własności zakładów górniczych (Konin i Kłodawa).

Na terenach KWB Konin rozmieszczono łącznie 8 reflektorów w otoczeniu odkrywek Pątnów, Tomisławice i Drzewce na gruntach, których wyłącznym właścicielem jest zakład górniczy. Ich lokalizacje przedstawiono na Rys. 9, Rys. 10, Rys. 11, Rys. 12.

Na terenie KS Kłodawa SA rozmieszczono kolejne 8 reflektorów. Z uwagi na bardzo dobrą gęstość naturalnych PS na terenie miasta pozwalających w wystarczający sposób monitorować przebieg głównych deformacji zdecydowano się rozmieścić reflektory w pobliżu infrastruktury zakładu górniczego. 4 reflektory w obrębie głównego kompleksu zakładu górniczego oraz 2 w pobliżu szybu wentylacyjnego „Chrobry”. Lokalizacje reflektorów przedstawiono na Rys. 13.

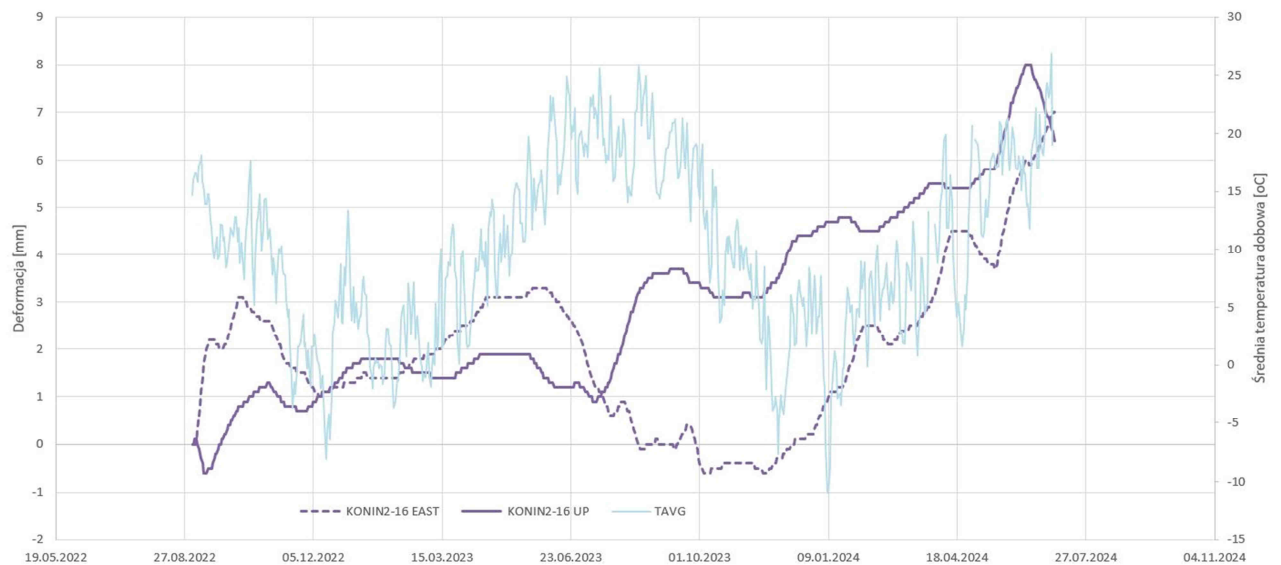
7. Pomiary deformacji za pomocą sieci reflektorów metodą CRInSAR – wstępne wyniki

7.1. Obszar Konina

Na obszarze Konina rozmieszczenie reflektorów jest bardzo nieregularne, uwarunkowane lokalizacją poszczególnych odkrywek, oddalonych od siebie o kilkanaście kilometrów. Dla uzyskania prawidłowych wyników opracowania InSAR wyniki musiały być odnoszone do reflektorów przyjętych jako referencyjne. Były to reflektory CR09 (o. Pątnów), CR12 (o. Drzewce), CR15 (o. Tomisławice). Wstępne wyniki opracowania dla okresu (02.09.2022 – 02.07.2024) przedstawiono na Rys. 18, Rys. 19, Rys. 20. Dla obszarów Pątnów i Drzewce po okresie stabilizacji w gruncie (ok. pierwsze 4 miesiące) reflektory wykazują jedynie niewielkie deformacje. Reflektory na obszarze Drzewce wykazują nieco większe względne osiadania od jesieni 2023 roku, które uległy przyspieszeniu od wiosny 2024 (Rys. 20). Może być to związane z obniżeniem zwierciadła wód podziemnych na tym obszarze. Otrzymane wyniki mają jednak charakter wstępny, dla ich właściwej interpretacji konieczna jest ich analiza z wieloletniego okresu. Reflektor CR16 z obszaru Tomisławic wykazuje względne podnoszenie o ok 20 mm w omawianym okresie. Może być to spowodowane zmianami zwierciadła wód podziemnych ale również niestabilnością (obniżaniem) reflektora CR15 przyjętego za punkt odniesienia (Rys. 19). Właściwa analiza danych z tego obszaru wymaga dłuższej serii obserwacji.



Rys. 18 Serie czasowe deformacji dla reflektorów obszaru Pątnów na tle zmienności średnich temperatur dobowych. Składowa pionowa (UP) i pozioma w kierunku W-E (EAST).



Rys. 19 Serie czasowe deformacji dla reflektorów obszaru Tomisławice na tle zmienności średnich temperatur dobowych. Składowa pionowa (UP) i pozioma w kierunku W-E (EAST).

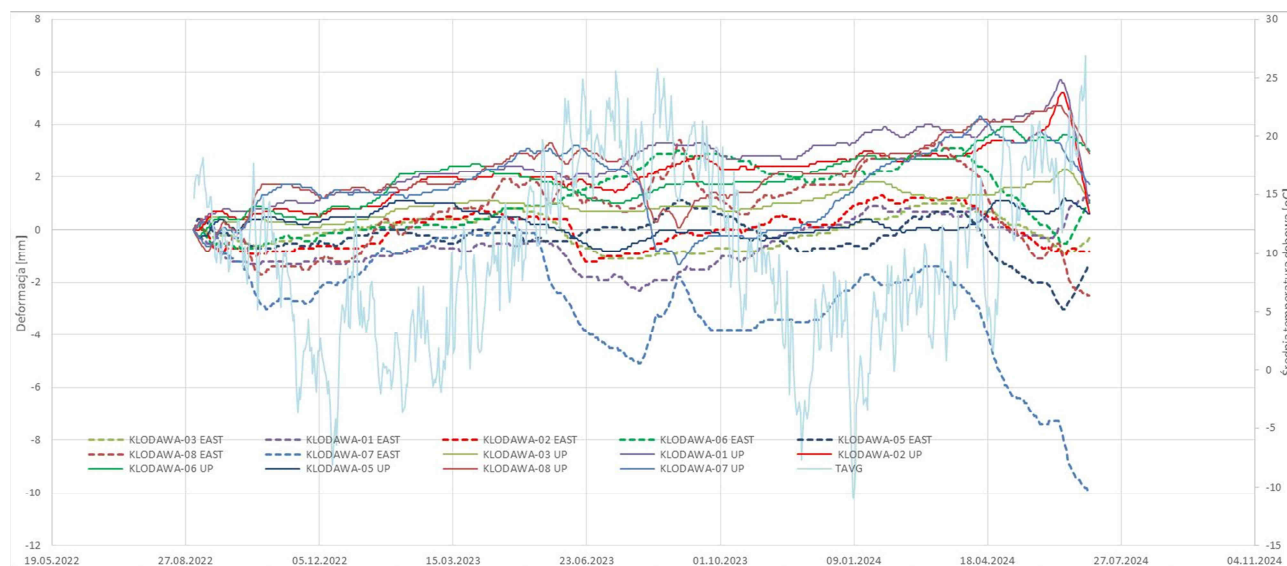


Rys. 20 Serie czasowe deformacji dla reflektorów obszaru Drzewce na tle zmienności średnich temperatur dobowych. Składowa pionowa (UP) i pozioma w kierunku W-E (EAST).

7.2. Obszar Kłodawy

Rozmieszczenie reflektorów na obszarze Kłodawy jest nieregularne jednak skupione na stosunkowo małym obszarze kilku kilometrów (Rys. 13). Otrzymane wyniki mają charakter względny i były odnoszone do reflektora CR04 przyjętego za referencyjny. Wszystkie

reflektory wykazują niewielkie deformacje ($-4/+4$ mm) w omawianym okresie (02.09.2022 – 02.-7.2024). Mają one oscylacyjny charakter, prawdopodobnie o charakterze sezonowym. Na wykresach (Rys. 21) wyraźnie zaznacza się okres stabilizacji reflektorów w gruncie w ciągu pierwszych 4 miesięcy od posadowienia. Reflektor CR07 wykazuje większe od pozostałych przemieszczenia poziome (10 mm) jednak okres obserwacji jest dotychczas zbyt krótki dla wiarygodnej interpretacji.



Rys. 21 Serie czasowe deformacji dla reflektorów obszaru Kłodawy na tle zmienności średnich temperatur dobowych. Składowa pionowa (UP) i pozioma w kierunku W-E (EAST).

8. Podsumowanie i wnioski

Obszary Konina i Kłodawy wykazują deformacje, które mogą być mierzone za pomocą technik interferometrii SAR. Obszar Kłodawy podlega jednostajnym deformacjom obniżającym związanym z konwergencją wyrobisk solnych. Wyniki otrzymane z reflektorów pozwalają stwierdzić, że na deformacje te nakładają się cykliczne zmiany sezonowe. Na dalszych etapach badań, kiedy dostępne będą wyniki z okresu wielu lat. Obszar Konina charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością deformacji powodowanych przez kilka czynników, odwadnianie, wydobywanie i składowanie urobku. W badanym okresie, mimo iż bardzo krótki zaznaczają się zmiany sezonowe powodowane wahaniami zwierciadła wód podziemnych.

Dla obu obszarów analizy danych interferometrycznych należy kontynuować. Interpretacja wieloletnich szeregów czasowych i ich porównanie z danymi z piezometrów pozwolą w przyszłości na interpretację wielu zależności i zrozumienie procesów związanych z osiadaniem, kompaktacją i ich zmiennością w czasie.

9. Literatura

- Bieniasz, J., Pietras, J., 2020. Wykonanie pomiarów (wraz z opracowaniem i analizą) konwergencji komór , filarów i pól międzykomorowych i międzypoziomowych oraz chodników w polach 1,2,3,5.
- Cała, M., Andrusikiewicz, W., Kowalski, M., Cyran, K., Ostrowski, Ł., Kolano, M., Murzyn, T., 2021. Opracowanie OBR Chemkop, Kraków.dotyczące stanu górotworu i wyrobisk na wysadzie „Kłodawa” bazujące na modelu numerycznym wyrobisk całej Kopalni i umożliwiającym analizę zachowania się ich w przyszłości z uwzględnieniem wpływów procesów na powierzchnię terenu dla Kopalni Soli „Kłodawa” S.A.
- Czapowski, G., Młynarczyk, M., Kurdek, D., 2018. Projekt Zagospodarowania Złoża soli kamiennej „Kłodawa 1”.
- Hejmanowski, R., Malinowska, A., Witkowski, W., Guzy, A., 2018. Analiza wpływów eksploatacji na górotwór i powierzchnię na podstawie osiadań reperów na terenie górniczym „Kłodawa 1”.
- Kasiński, J.R., Saternus, A., Urbański, P., 2019. Atlas geologiczny wybranych złóż węgla brunatnego w Polsce. Tom I.
- Kortas, G., 2014. Podstawowe problemy ochrony powierzchni i górotworu w górnictwie solnym. Przegląd Górniczy 70, 170–185.
- Mazurek, S., Burliga, S., Staszczak, W., Wiśniewski, A., Misiek, Ł., Bartłomiejczak, G., Kurdek, D., 2016. Dodatek nr 2 do dokumentacji geologicznej złoża soli kamiennej „Kłodawa 1”.
- Mazurek, S., Majer, E., Gryszkiewicz, I., Piechota, A., Nasiłowski, R., Derkowska, K., Zgnilicki, K., 2022. Dodatek nr 3 do dokumentacji geologicznej złoża soli kamiennej „Kłodawa 1”.
- Perski, Z., Przyłucka, M., Kowalski, Z., 2019. Monitoring geodynamiczny w zakresie interferometrii satelitarnej pasa wysadów solnych w Polsce oraz próba określenia ruchliwości soli w czwartorzędzie z wykorzystaniem tomografii elektropoprowej i technik modelowania 3d. Raport zadanie 7.4 Analiza i opracowanie pomiarów interferometrycznych. No. 7.4. Państwowy Instytut Geologiczny - PIB.
- Szczepiński, J., 2013. Modelowanie numeryczne w badaniach hydrogeologicznych dla oceny wpływu kopalń odkrywkowych na środowisko wodne. Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej.
- Widera, M., 2021. Geologia polskich złóż węgla brunatnego.
- Widera, M., 2022. Zarys geologii okolic Poznania, Turku i Konina.

Dodatek 1. Współrzędne reflektorów

Konin:

Name	Longitude	Latitude	Ellipsoidal height
Konin-20220823-cr09	18,11306457	52,40203151	138,698
Konin-20220823-cr10	18,1231022	52,41718611	143,472
Konin-20220823-cr11	18,17879365	52,42239257	138,938
Konin-20220823-cr12	18,49663291	52,28209284	132,369
Konin-20220823-cr13	18,49615234	52,26937971	124,793
Konin-20220823-cr14	18,50593834	52,26859665	141,499
Konin-20220823-cr15	18,53116776	52,447132	128,408
Konin-20220823-cr16	18,50930467	52,47109363	137,55

Kłodawa:

Name	Longitude	Latitude	Ellipsoidal height
Kłodawa-20220824-cr01	18,92503187	52,23435735	161,878
Kłodawa-20220824-cr02	18,92196353	52,2348812	161,192
Kłodawa-20220824-cr03	18,92076943	52,23878393	160,992
Kłodawa-20220824-cr04	18,92105166	52,2405816	161,069
Kłodawa-20220824-cr05	18,91544173	52,23794301	156,262
Kłodawa-20220824-cr06	18,9164183	52,2391493	157,692
Kłodawa-20220824-cr07	18,89209659	52,26368808	159,398
Kłodawa-20220824-cr08	18,89148853	52,26330567	159,251

Wapno:

Name	Longitude	Latitude	Ellipsoidal height
wap-cr19	52.90796826	17.47053672	126.633
wap-cr17	52.90740570	17.47133519	125.833
wap-cr18	52.90636259	17.47192679	122.892
wap-cr20	52.90898778	17.46532451	125.124