

Krzysztof Jochymczyk, Waclaw M. Zuberek**

GEODYNAMIKA CENTRALNEJ CZĘŚCI GÓRNEGO ŚLĄSKA W ŚWIETLE BADAŃ GPS

1. Wstęp

Współczesne przemieszczenia powierzchni terenu są badane za pomocą bardzo wielu metod — od analiz geologicznych, poprzez badania geofizyczne aż do pomiarów geodezyjnych. Różnego rodzaju analizy geologiczne dają informację o tym, co działo się z litosferą w przeszłości geologicznej [1, 13]. W szczególności mogą dawać informację o zmieniającym się w czasie polu naprężeń. Stosunkowo nową techniką badania naprężeń w skałach jest analiza testów szczelinowania hydraulicznego w otworach wiertniczych [11], która jest używana od niedawna w Polsce do określania naprężeń na dużych głębokościach. Dla wszystkich badanych otworów wiertniczych wykazano istnienie anizotropii naprężeń poziomych, co dowodzi istnienia współczesnych zjawisk tektonicznych. Dla południowo-wschodniej części Polski J. Jarosiński [11] wykazał dominację reżimu uskoków przesuwczych, który w Karpatach przechodzi w reżim nasuwaczy, a na przedpolu Karpat zmienia się w reżim ekstensyjny.

Do opisu zjawisk tektonicznych zachodzących obecnie w litosferze wykorzystuje się również badania geofizyczne, w tym zwłaszcza sejsmologiczne. Jednak określenie reżimu naprężeń na podstawie badań sejsmologicznych w Polsce jest bardzo trudne ze względu na występowanie niewielkiej liczby wstrząsów o stosunkowo niskich energiach oraz skromną liczbę stacji sejsmologicznych rejestrujących te wstrząsy [12]. Obserwowane wstrząsy o niewielkich energiach mają najczęściej charakter eksploatacyjny. Jednak występowanie wstrząsów o dużych energiach może świadczyć o istnieniu naturalnych naprężeń tektonicznych.

Na obszarach prowadzenia eksploatacji podziemnej sieć stacji sejsmologicznych jest dobrze rozwinięta, a liczba rejestrowanych wstrząsów zwykle o niewielkich energiach jest znaczna (GZW, LGOM). W takich rejonach dane sejsmologiczne mogą zostać wykorzystane do badania lokalnego pola naprężeń [7].

* Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Geologii Stosowanej, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec

Uzyskane wyniki wskazują na ścisły związek występowania wstrząsów z budową geologiczną obszaru.

Interpretacja badań geodynamicznych na terenie eksploatacji górniczej jest trudna z powodu występowania bardzo dużych przemieszczeń o genezie eksploatacyjnej. Z drugiej jednak strony rejon prowadzenia prac górniczych jest bardzo dobrze rozpoznany pod względem budowy geologicznej. Dodatkowo odprężenie górotworu, wywołane przez eksploatację górnictwem, może pozwolić na ujawnienie się przemieszczeń związanych z naprężeniami tektonicznymi. Z tego powodu obserwowane przemieszczenia mają genezę zarówno antropogeniczną oraz naturalną. Od momentu wprowadzenia do praktyki geodezyjnej pomiarów w technologii statycznej GPS można zaobserwować gwałtowny przyrost liczby badań geodynamicznych na terenie całego świata. Ich efektem jest określenie przemieszczeń punktów pomiarowych położonych na różnych jednostkach geologicznych w określonym czasie.

Na podstawie badań geodezyjnych oraz geofizycznych stworzono model geodynamiki Polski [4]. W modelu tym zakłada się przemieszczenia pochodzące od ruchu litosfery generowanego zjawiskami w ryfcie środkowoatlantyckim w kierunku południowo-wschodnim oraz naciskami skierowanymi w kierunku północnym od Karpat, a związanymi z kończąca się orogenezą alpejską. Również wyniki badań szczelinowania hydraulicznego pozwoliły wydzielić w Polsce odrębne prowincje charakteryzujące się innym reżimem naprężeń. W domenie wschodniej, obejmującej GZW dominuje południkowy kierunek kompresji poziomej [14].

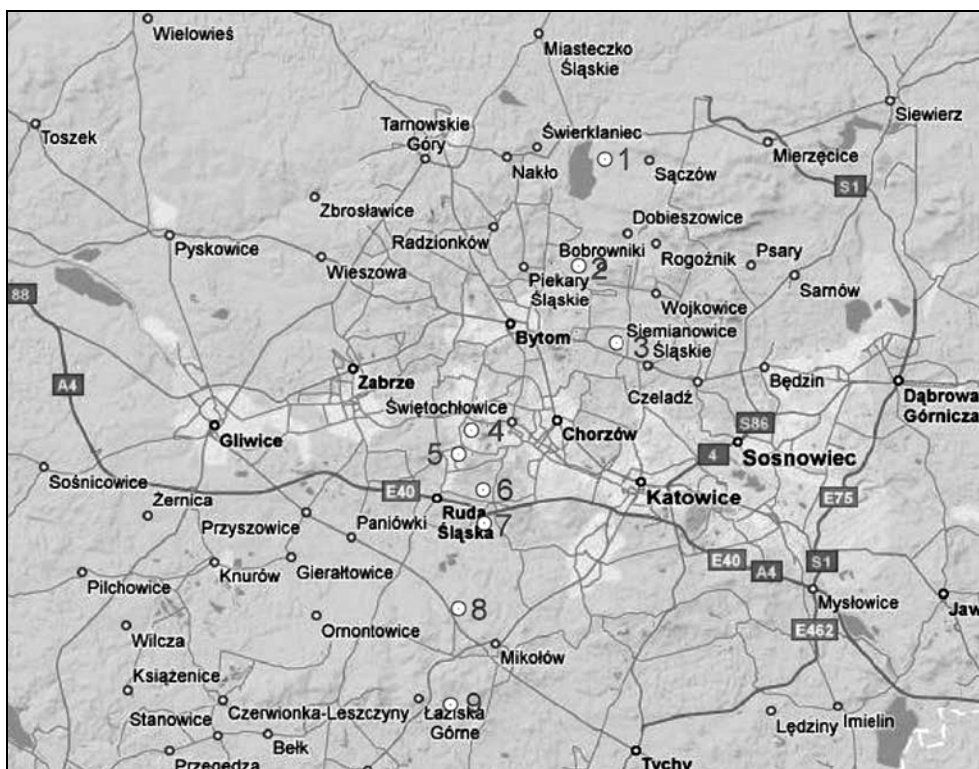
W Sudetach badania geodynamiczne w technologii GPS prowadzone są od wielu lat [2, 3]. Długi okres prowadzonych tam badań pozwolił na ich interpretację przy zastosowaniu analizy szeregów czasowych [10]. Również we wschodniej części GZW oraz na terenie Małopolski wykonywano pomiary deformacji [8, 9].

Autorzy obserwowali przemieszczenia punktów badawczych położonych również w rejonach dawnej eksploatacji soli kamiennych w okolicach Wieliczki i Bochni. Podobnie w Tatrach wykonywano badania geodynamiczne w technologii GPS [5]. Badania geodynamiczne oraz geofizyczne wykazały istnienie w Pieninach rozciągania oraz skracania odpowiednio w południowym i północnym kontakcie Pienińskiego Pasa Skałkowego [6].

2. Lokalizacja i metodyka badań

Do badania deformacji górotworu w centralnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego założono w przybliżeniu południkową linię pomiarową, sięgającą od Świerklańca do Mikołowa. Punkty należące do linii pomiarowej rozmieszczono w różnych jednostkach geologicznych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Linia pomiarowa przebiega przez nieckę główną, siodło główne, synklinę Bytomia oraz przecina duże strefy dyslokacyjne — w tym Uskok Kłodnicki oraz Książęcy. Większość punktów pomiarowych zlokalizowano na terenach dawnej oraz obecnej eksploatacji węgla kamiennego. Wyjątek stanowi punkt 1, który został posadowiony nad Jeziołem Świerklanieckim poza obszarem górniczym węgla kamiennego. Punkt 8 znajduje się na terenie, w którym nie prowadzono eksploatacji, ale obserwowane na nim przemieszczenia mogą być wynikiem wpływów pośrednich.

W skład linii pomiarowej wchodzi obecnie 9 (rys. 1) punktów, na których wykonywane są pomiary statyczne GPS. Punkty pomiarowe zostały zastabilizowane na betonowych bunkrach Obszaru Warownego Śląsk. Bunkry te zostały wybudowane przed 2 wojną światową i są w dobrym stanie technicznym. Na ich stropach, pod warstwą ziemi zostały zakrecone i zabetonowane podstawy wykonane ze stali kwasoodpornej. Do podstaw tych na czas pomiaru przykręca się stalowe żerdzie służące do mocowania anten GPS. Uzyskano dzięki temu bardzo wysoką precyzję centrowania anten.



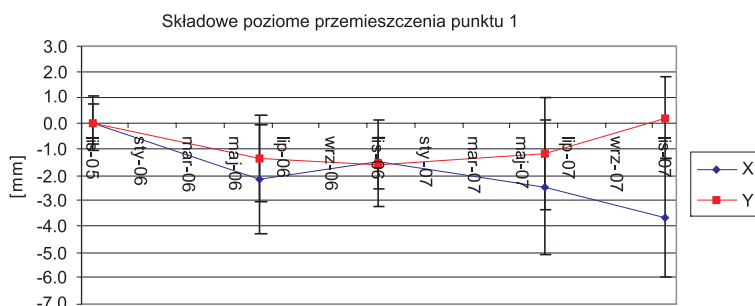
Rys. 1. Lokalizacja linii pomiarowej (<http://mapy.google.pl/>)

Pomiary w technologii GPS są wykonywane od 2005 r. Sesje pomiarowe na każdym z punktów trwają od 5 do 10 godzin dwukrotnie w ciągu roku. Do pomiarów wykorzystuje się zawsze tę samą konfigurację odbiornik GPS Trimble 5700, antena Zephyr Geodetic oraz żerdź do jej mocowania. Zebrane dane są przetwarzane w oprogramowaniu Trimble Geomatic Office oraz Bernese GPS Software w ramach Aktywnej Sieci Geodezyjnej. Wyniki obliczeń z różnych programów są całkowicie ze sobą zbieżne. Obliczenia współrzędnych punktów linii pomiarowej wykonywane są względem punktów: KLOB (Kłobuck), KRAW (Kraków), LELO (Lelów), TARG (Tarnowskie Góry), WODZ (Wodzisław), ZYWI (Żywiec).

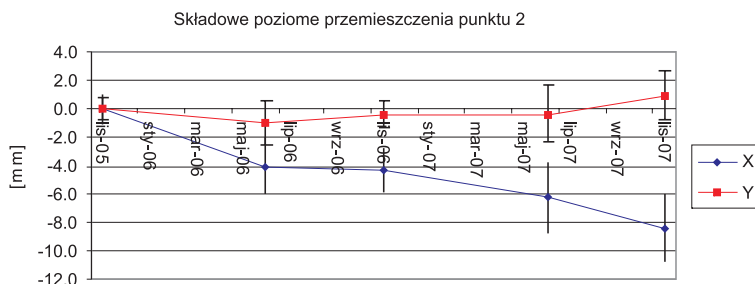
3. Wyniki pomiarów

Po wykonaniu badań obliczono współrzędne wszystkich punktów linii pomiarowej, a następnie ich współrzędne przetransformowano do układu 1965. Następnie przeprowadzono analizę zmian położenia poszczególnych punktów w czasie (składowej pionowej oraz składowych poziomych przemieszczenia) w stosunku do położenia podczas pierwszego pomiaru oraz zmian odległości pomiędzy kolejnymi parami punktów.

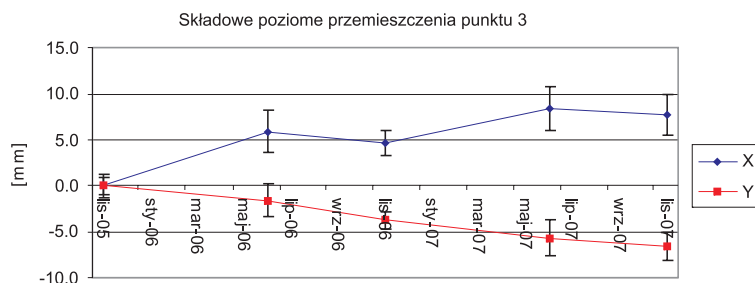
Zmiany składowych poziomych przemieszczeń wraz z wartościami błędów przedstawiono na rysunkach 2–9. Wartość dodatnia oznacza przemieszczenie punktu w kierunku odpowiednio na północ oraz wschód.



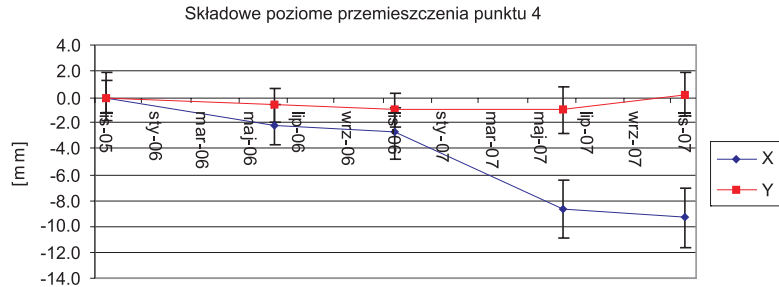
Rys. 2. Zmiany położenia poziomego punktu 1, [mm]



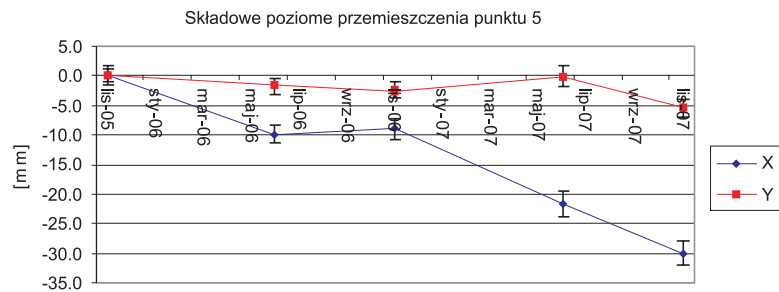
Rys. 3. Zmiany położenia poziomego punktu 2, [mm]



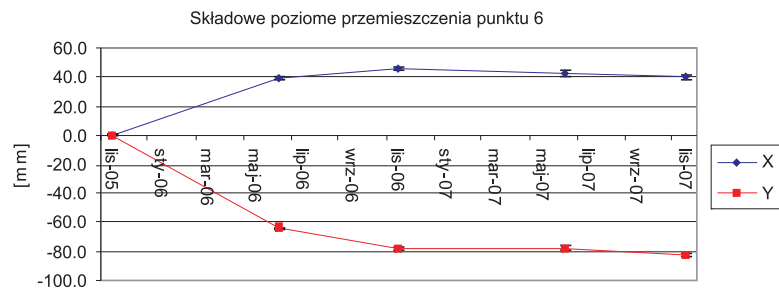
Rys. 4. Zmiany położenia poziomego punktu 3, [mm]



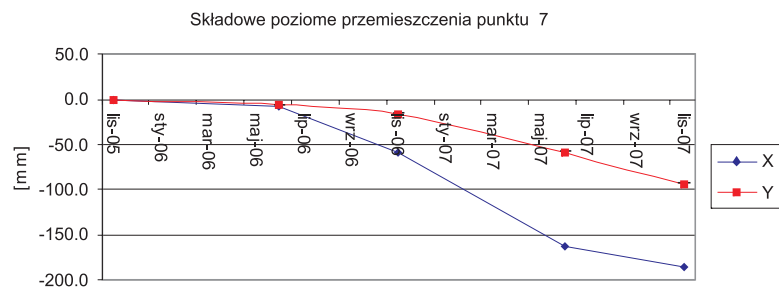
Rys. 5. Zmiany położenia poziomego punktu 4, [mm]



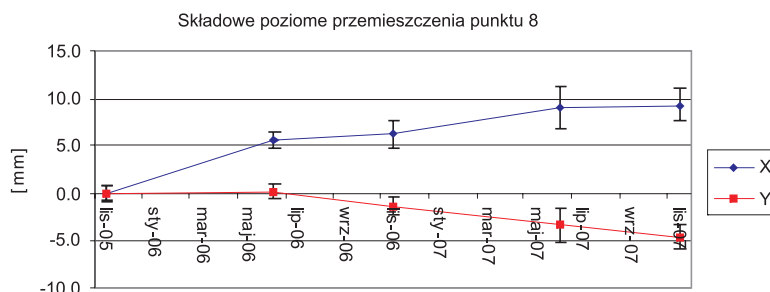
Rys. 6. Zmiany położenia poziomego punktu 5, [mm]



Rys. 7. Zmiany położenia poziomego punktu 6, [mm]

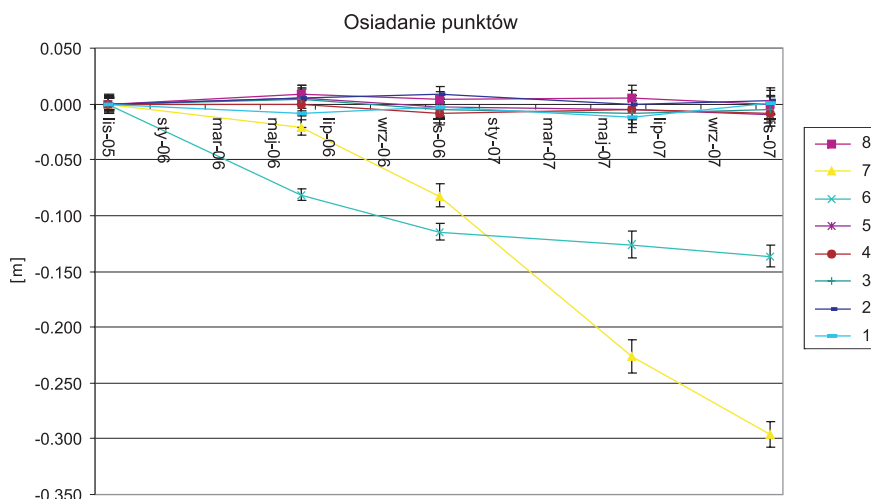


Rys. 8. Zmiany położenia poziomego punktu 7, [mm]



Rys. 9. Zmiany położenia poziomego punktu 8, [mm]

Osiadanie wszystkich punktów wraz z błędem przedstawiono osobno na rysunku 10.



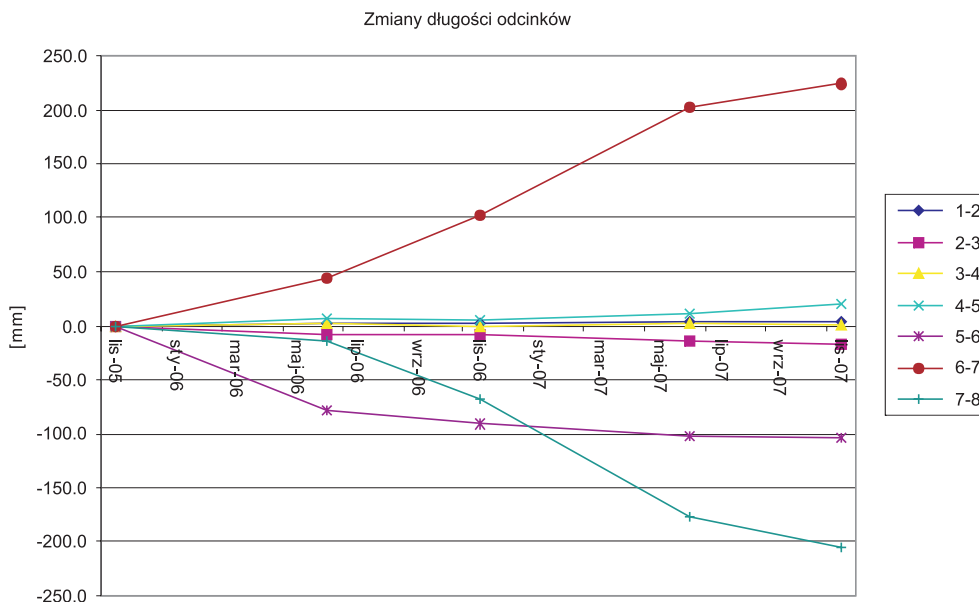
Rys. 10. Zmiany wysokości punktów, [m]

Analiza zmian długości odcinków pomiędzy kolejnymi parami punktów przedstawiona została na rysunku 11.

Błąd wyznaczenia poziomego położenia punktu wynosił maksymalnie 3 mm. Uzyskane wartości składowych poziomych przemieszczeń są większe niż błędy pomiarowe.

Punkty pomiarowe zostały ulokowane na obszarze, w którym od dawna prowadzono podziemną eksploatację węgla kamiennego. Jednak na wielu obszarach GZW osiadanie powierzchni terenu jest obecnie bardzo niewielkie, co wiąże się z wyczerpywaniem złóż węgla oraz spadkiem wydobycia. Na podstawie zebranych danych widać wyraźnie, że dużą prędkością osiadania charakteryzują się wyłącznie punkty 6 i 7, które znajdują się w obszarach górniczych kopalń KWK „Halemba” i „Pokój”. Pozostałe punkty nie zmieniają swojego położenia pionowego (punkty 1, 2, 3, 8), albo osiadają bardzo powoli (punkt 4 i 5). Z wy-

żej wymienionych punktów wyłącznie punkt 1 znajduje się na obszarze, w którym nie prowadzono eksploatacji.



Rys. 11. Zmiany długości odcinków pomiarowych

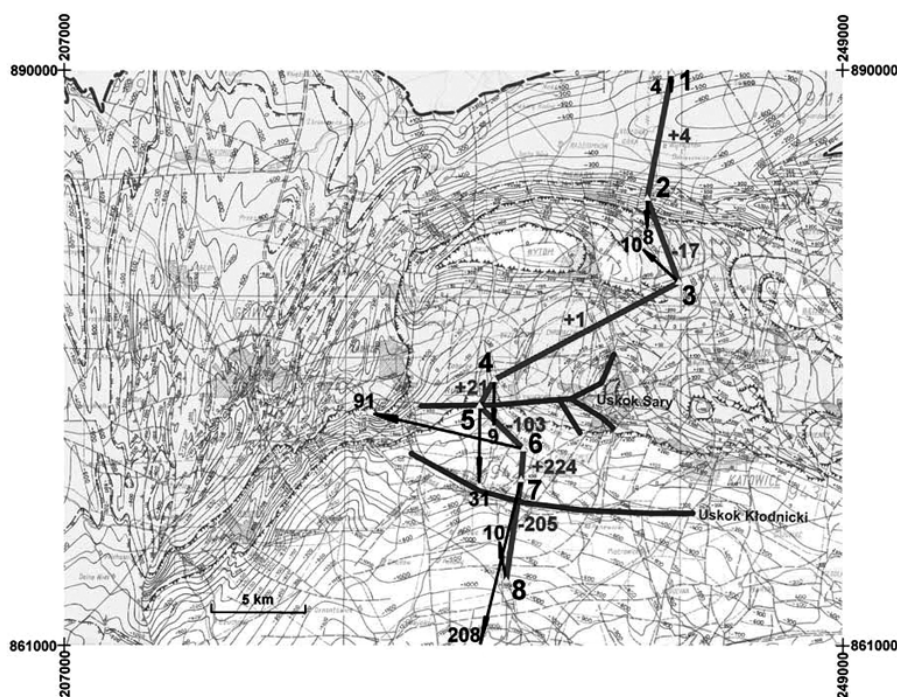
Analizując położenie poziome punktów pomiarowych można zauważyć, że dla punktu 1 zaobserwowano bardzo niewielkie przemieszczenie poziome w kierunku południowym o wartości ok. 4 mm. Punkt 2 znajduje się w obszarze, na którym była prowadzona eksploatacja, ale wydobywanie przerwano już dawno. Dla tego punktu przemieszczenie poziome w kierunku południowym ma większą amplitudę od przemieszczeń pionowych i wynosi 8 mm. (rys. 3). Punkty 3, 4 i 5 (rys. 4–6) położone są na terenie starej eksploatacji górniczej. Ich przemieszczenia poziome są większe od przemieszczenia pionowego, którego obliczenia są obarczone większym błędem. Kierunek przemieszczeń poziomych ogólnie pokrywa się z kierunkiem północ – południe. Dla punktów 6 i 7 (rys. 7 i 8) obserwuje się najwyższe wartości składowych przemieszczeń, przy czym zmiana położenia pionowego jest większa od położenia poziomego. Świadczy to o prowadzeniu intensywnej eksploatacji węgla w ich rejonie (KWK „Halemba” oraz „Pokój”). Punkt 8 (rys. 9) przemieszcza się poziomo w kierunku północnym. Punkty 7 i 8 położone na różnych skrzydłach Uskoku Kłodnickiego przemieszczają się w przeciwnych kierunkach.

W okresie badawczym długość całej linii pomiarowej 1–8 uległa sukcesywnemu, ale niewielkiemu skróceniu. Jednakże poszczególne długości odcinków pomiędzy kolejnymi parami punktów wykazują naprzemienne skracanie i wydłużanie (rys. 11). Odcinki 1–2, 3–4, 4–5, 6–7 ulegają wydłużeniu a pozostałe skróceniu.

4. Wnioski

Podsumowanie wyników przedstawiono na rysunku 12. Nie ulega wątpliwości, że obserwowane przemieszczenia poziome oraz pionowe mają genezę głównie eksploatacyjną. Jednak kierunek poziomych przemieszczeń punktów jest zgodny w przybliżeniu z linią północ – południe, a więc jest prostopadły do granicy Karpat i jest zgodny z modelem geodynamicznym Polski. Kierunek ten jest ponadto prostopadły do biegu dużych dyslokacji występujących w rejonie badań, na przykład uskoku Kłodnickiego. Część punktów przemieszcza się w kierunku południowym, natomiast punkty 3 i 8 przemieszczają się na północ. Przemierzający się na północ punkt 8 znajduje się ponadto najbliżej Karpat, które w modelu geodynamicznym przekazują naprężenia w tym samym kierunku. Natomiast znajdujący się na drugim końcu linii pomiarowej punkt 1 przemieszcza się bardzo wolno w kierunku południowym.

Charakterystyczne jest także to, że punkty znajdujące się w zasięgu dawnej eksploatacji, a niewykazujące obecnie osiadania, przemieszczają się jednak poziomo. Obserwacja ta może jednakże wynikać z niższej dokładności wyznaczenia pozycji pionowej punktów.



Rys. 12. Podsumowanie wyników badań. Na niebiesko przedstawiono przemieszczenia punktów po 5 kampanii pomiarowej w [mm]. Na czerwono przedstawiono zmiany długości odcinków po 5 kampanii pomiarowej w [mm]. (Wyniki przedstawiono na tle mapy pochodzącej z Atlasu geologiczno-złożowego polskiej i czeskiej części Górnosląskiego Zagłębia Węglowego)

Na podstawie zebranych obserwacji można stwierdzić, że punkty 1, 2 i 8 zachowują stałą wysokość w analizowanym okresie badawczym, a więc znajdują się poza bezpośrednim zasięgiem wpływów eksploatacji górniczej. Z tych punktów jedynie punkt 1, położony nad Jeziołem Świerklanieckim, znajduje się w dużej odległości od terenów eksploatacji górniczej i przemieszcza się poziomo w kierunku południowo zachodnim. Punkty 2 i 8 przemieszczają się w kierunku odpowiednio południowym i północnym. Pozostałe punkty zostały zastabilizowane w rejonach, w których była prowadzona eksploatacja górnicza w różnym czasie. Najwyższe wartości przemieszczeń obserwuje się dla punktów 6 i 7, w rejonach prowadzonej aktualnie intensywnej eksploatacji węgla (KWK „Halemba” oraz „Pokój”). Dla punktów tych obserwuje się wyższe wartości osiadania (nawet 300 mm w ciągu 2,5 lat) od przemieszczeń poziomych. Dla punktów 3, 4 i 5 zarejestrowano bardzo niewielkie, kilkumilimetrowe osiadania w okresie badawczym.

Zaobserwowano także stałą tendencję do skracania długości całej linii pomiarowej — pomiędzy punktami 1 i 8. Dość charakterystyczne jest także naprzemienne skracanie i zwiększanie długości pomiędzy poszczególnymi bokami linii pomiarowej.

Podsumowując można stwierdzić, że obliczone wartości składowych przemieszczeń mogą świadczyć o istnieniu resztkowego naprężenia pochodzącego z orogenezy alpejskiej i są zgodne z modelem geodynamiki Polski. Potwierdzenie tej tezy metodami geodezyjnymi wymaga jednak znacznie dłuższego okresu obserwacji. Pomiarzy założonej linii pomiarowej będą kontynuowane w przyszłości.

LITERATURA

- [1] *Badura J., Zuchiewicz W.*: Młode ruchy tektoniczne i wstrząsy sejsmiczne — czy stanowią istotne zagrożenie dla mieszkańców Polski. *Przegląd Geologiczny*, 55, 2007
- [2] *Bosy J., Kontny B., Cacoń S.*: The Earth crust surface movements in SW Poland from GPS and leveling data. *Reports on Geodesy*, 76, 2006
- [3] *Cacoń S., Vyskocil P., Talich M., Bosy J., Kontny B.*: Deformation of Polish Sudetes and Fore-Sudetic Block. *Reports on Geodesy*, No. 2(73), 2005
- [4] *Czarnecka K.*: Problemy interpretacji badań współczesnych ruchów skorupy ziemskiej w Polsce. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Geodezja*, z. 31, 1988
- [5] *Czarnecki K., Mojzes M., Papco, J., Walo J.*: First results of GPS measurements campaigns in Tatra Mountains. *Reports on Geodesy*, 64, 2003
- [6] *Czarnecki K.*: Badania geodynamiczne pienińskiego pasa skałkowego w rejonie Czorsztyna. *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, 2004
- [7] *Dubiel R.*: Variations of the Local Stress Field in the Vicinity of Klodnicki Fault. *Publications of the Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences*. M-24 (340), Warszawa, 2002
- [8] *Góral W., Szewczyk J.*: Zastosowanie technologii GPS w precyzyjnych pomiarach deformacji. *UWND AGH 2004*
- [9] *Góral W., Banasik P., Maciaszek J., Szewczyk J.*: Badawcza sieć geodynamiczna na obszarze wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, *UWND AGH 2005*
- [10] *Kontny B., Bosy J., Borkowski A.*: The Use of permanent and epoch GPS coordinate time series in geodynamic investigations of Sudeten area — proposal of a new approach. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, 3(143), 2006
- [11] *Jarosiński M.*: Współczesny reżim tektoniczny w Polsce na podstawie analizy testów szczelinowania hydraulicznego ścian otworów wiertniczych. *Przegląd Geologiczny*, 53, 2005
- [12] *Wiejacz P.*: An attempt to the determine tectonic stress patterns in Poland. *Acta Geophysica Polonica*, 3, 1994
- [13] *Zuchiewicz W.*: Neotectonics of Poland: a state-of-the-art review. *Folia Quaternaria*, 66, 1995
- [14] *Zuchiewicz W., Badura J., Jarosiński M.*: Uwagi o neotektonice Polski: wybrane przykłady. *PIG*, 425, 2007