



You have downloaded a document from
RE-BUŚ
repository of the University of Silesia in Katowice

Title: Przestrzenna zmienność warunków deformacji górotworu w rejonie siodła głównego wyznaczona na podstawie badań geometrii uskoków

Author: Lesław Teper, Anna Lisek

Citation style: Teper Lesław, Lisek Anna. (2010). Przestrzenna zmienność warunków deformacji górotworu w rejonie siodła głównego wyznaczona na podstawie badań geometrii uskoków. W: W. M. Zuberek, K. Jochymczyk (red.), "Geneza i charakterystyka zagrożenia sejsmicznego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym" (S. 14-26). Katowice : Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego



Uznanie autorstwa - Użycie niekomercyjne - Bez utworów zależnych Polska - Licencja ta zezwala na rozpowszechnianie, przedstawianie i wykonywanie utworu jedynie w celach niekomercyjnych oraz pod warunkiem zachowania go w oryginalnej postaci (nie tworzenia utworów zależnych).



UNIwersYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH



Biblioteka
Uniwersytetu Śląskiego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

2. Przestrzenna zmienność warunków deformacji górotworu w rejonie siodła głównego wyznaczona na podstawie badań geometrii uskoków

2.1. Wstęp

Geometria uskoku zmienia się w miarę jego wzrostu. Sukcesywne przyrosty zrzutu i długości w ciągu okresu aktywności uskoku realizują się za pośrednictwem kolejnych aktów poślizgu na powierzchni uskokowej, występujących w czasie pojedynczych wydarzeń sejsmicznych. W przypadku uskoku idealnego średnia wielkość poślizgu w czasie pojedynczego wstrząsu jest wprost proporcjonalna do wielkości powierzchni, na której poślizg nastąpił (TEPER, 1998).

Odstępstwa od takiej zależności, obserwowane w przypadkach empirycznych, należy wiązać z zachowaniami podatnymi górotworu niszczonego przez uskoki. Rzetelna analiza geometrii powierzchni uskokowej powinna zatem umożliwić poznanie sposobu wzrostu uskoku w ośrodku skalnym oraz zachowań samego ośrodka skalnego w czasie deformacji.

Najwierniejsze odwzorowanie geometrii uskoku uzyskuje się, wykonując jego prostokątną projekcję, przechodzącą przez bieg powierzchni uskokowej (rys. 2.1), czyli tzw. diagram konturowy zrzutu uskoku (RIPPON, 1985; BARNETT i in., 1987; WALSH, WATERSON, 1990; NICOL i in., 1995; LISEK, TEPER, 2004). Projekcja taka pozwala na oznaczenie rozmiarowych parametrów uskoku, takich jak maksymalna (rzeczywista) długość i maksymalna wartość zrzutu. Umożliwia również wykonanie operacji zapewniających prześledzenie systematycznych zmian wielkości przemieszczenia na powierzchni uskokowej — przedstawienie profilu przemieszczenia oraz obliczenie gradientów przemieszczenia wzdłuż dowolnego przekroju powierzchni uskokowej (RIPPON, 1985; BARNETT i in., 1987; WALSH, WATERSON, 1988a, 1988b, 1989; MARRET, ALLMENDINGER, 1991;

CHILDS i in., 2003; BAILEY i in., 2005; TEPER, LISEK, 2006). Dzięki tej metodzie odwzorowania łatwym zadaniem jest też oznaczenie eliptyczności uskoku — parametru, który pozwala na porównanie badanego uskoku z uskokami modelowymi (idealnymi), powstającymi w różnych reżimach deformacji, w ośrodkach skalnych różniących się wartością podatności (WALSH, WATERSON, 1989). Analiza zmienności przemieszczenia na uskoku uzupełniona obliczeniem wartości eliptyczności powierzchni uskokowej umożliwia scharakteryzowanie zachowania się deformowanego ośrodka skalnego jako bardziej lub mniej podatne.

We wcześniejszych opracowaniach sejsmotektonicznych GZW (TEPER, 1998; IDZIAK i in., 1999) zwrócono uwagę na nielosowy rozkład silnych wstrząsów w zagłębiu, polegający na skupianiu się ich ognisk w ograniczonych obszarach, oddzielonych obszarami asejsmicznymi. Stan naprężeń interpretowany na podstawie badania mechanizmów wstrząsów wysokoenergetycznych współcześnie rejestrowanych w GZW i układ odkształceń górotworu uformowany w najmłodszym etapie deformacji obszaru zagłębia, postulowany na podstawie badań tektoniki, cechuje wzajemne podobieństwo. W szczególności kierunki i zwroty przemieszczeń względnych na płaszczyznach poślizgu, oznaczane dla populacji wstrząsów w wyróżnionych strefach o podwyższonej aktywności sejsmicznej, są zgodne z kierunkami i zwrotami transportu tektonicznego w tych strefach, przewidywanymi w modelu strukturalnym. Wniosek ten nie pozwala wykluczyć zaangażowania sieci uskokowej, tnącej górotwór karboński, w procesy wyzwiania energii sejsmicznej. Zróżnicowane zachowanie się deformowanego górotworu w różnych częściach stref o podwyższonej aktywności powinno zaś skutkować odmiennymi charakterystykami zagrożenia sejsmicznego. Z tych

powodów, w celu uściślenia genezy i charakterystyki zagrożenia sejsmicznego w GZW, wdrożono prezentowaną metodę badania geometrii uskoków.

Restrykcyjne wymagania w stosunku do uskoków nadających się do opisywanej analizy oraz żmudność i czasochłonność procedury zbierania danych sprawiły, że badania wykonano w jednej ze stref o podwyższonej aktywności sejsmicznej — w obszarze siodła głównego. Jako obszar o największej aktywności sejsmicznej wart był on opracowania z kilku dodatkowych powodów. Jest bowiem częścią GZW o dużej gęstości i różnorodności dobrze udokumentowanej sieci uskokowej, na tle sąsiadujących partii górotworu stanowi wyraźną strefę obniżonej prędkości fali S , wyodrębnioną metodami pasywnej tomografii sejsmicznej, oraz rejonem, w którym z pomocą precyzyjnych metod geodezyjnych i zdalnych metod obserwacji rejestruje się współcześnie największe w zagłębiu pionowe i poziome przemieszczenia powierzchni terenu (por. inne rozdziały niniejszej pracy).

2.2. Metodyka badań

Z podstawowych map kopalnianych zebrano wszystkie dane o uskokach stwierdzonych robotami górniczymi w OG „Halemba I” i „Halemba II”, eksploatowanych przez KWK „Halemba-Wirek”, należąca do Kompanii Węglowej S.A., w OG „Ruda Śląska — Radoszowy”, będącym polem macierzystym KWK „Wujek” — Ruch Śląsk, OG „Katowice — Brynów” — polu macierzystym KWK „Wujek” — Ruch Wujek oraz OG „Giszowiec” zagospodarowanym przez KWK „Staszic”, należących do Katowickiego Holdingu Węglowego.

Do określenia trójwymiarowej geometrii, a więc zróżnicowania parametrów rozmiarowych wraz z głębokością, przydatne są uskoki stwierdzone w wyrobiskach w kilku poziomach (najlepiej eksploatacyjnych). Z tego też względu z analizy wyłączono uskoki z OG „Panewniki” oraz OG „Stara Ligota”, stanowiących pola południowe KWK „Wujek” (odpowiednio — Ruch „Śląsk” i Ruch „Wujek”). Prowadzona tam eksploatacja jak dotąd ma miejsce w jednym pokładzie, w drugim zaś wykonywane są prace udostępniające. Dokładnym badaniom poddano uskoki stwierdzone przynajmniej w trzech poziomach eksploatacyjnych (obecność uskoków w dwóch poziomach, przy jego braku w sąsiednich, to także przesłanka przydatności uskoków do analizy). Dla uskoków uwzględnionych w analizie stworzono katalogi zawierające informacje o przestrzennym rozmieszczeniu punktów

pomiaru wartości zrzutu w układzie współrzędnych xyz oraz długości uskoków, w poziomach, na których powierzchnia uskokowa została udostępniona robotami górniczymi. Próby włączenia do analizy dużych uskoków, występujących na obszarach dwóch kopalń, nie zawsze były udane, dlatego kilka dużych uskoków pominięto.

Kompletny zbiór badanych struktur prezentuje tabela 2.1. Starano się zachować nazwy uskoków używane na podstawowych mapach górniczych lub w niewielkim stopniu je zmodyfikować, w celu ich łatwiejszej regionalnej identyfikacji (np. uskok: brynowski Wujek, Arkona-Wujek, południowy Staszic, równoleżnikowy Staszic oraz Wesoła-Staszic i uskok I Halemba-Pokój, uskok II Halemba-Pokój, uskok III Halemba-Pokój-Polska-Wirek, uskok IV Halemba-Polska-Wirek). Ponieważ wiele mniejszych struktur nie miało nazw, ustalono je, używając kolejnych liter alfabetu lub cyfr i nazwy kopalni (np. uskok L Wujek).

Na rys. 2.1 zaprezentowano różne sposoby odzorowania powierzchni uskokowej. Przypadek 1d to projekcja idealnego uskoków, która przedstawia w trzech wymiarach geometrię powierzchni uskokowej wzdłuż kierunku biegu uskoków. Zróżnicowanie przemieszczenia na powierzchni uskokowej jest zilustrowane za pomocą współśrodkowo ułożonych izolinii zrzutu (elips) i linii zerowego przemieszczenia (skrajnie zewnętrznej elipsy), wyobrażającej miejsca, w których uskok wygasa w górotworze.

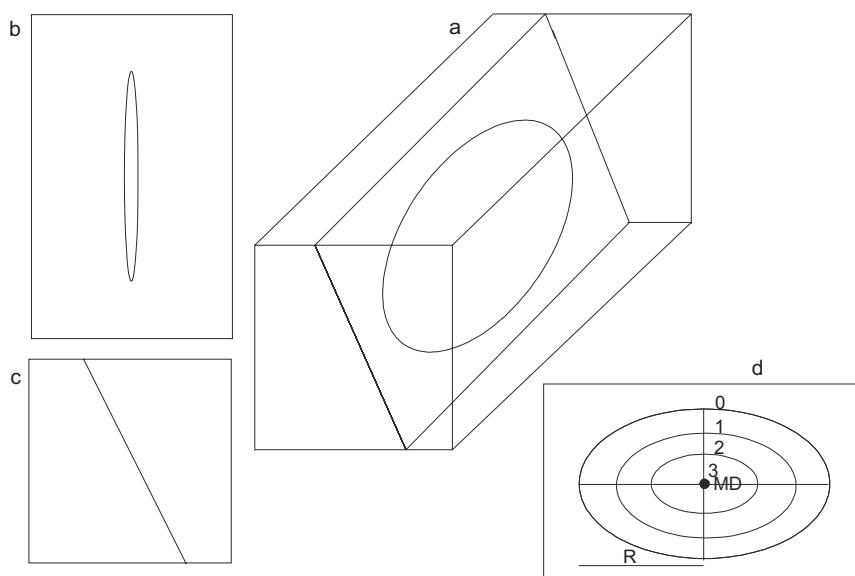
Korzystając z katalogu danych pomiarowych (wartości zrzutu i długości uskoków w poszczególnych pokładach) zebranych z materiałów kopalnianych i posługując się zasadami interpolacji oraz ekstrapolacji, wykonano diagramy konturowe zrzutu dla każdego z uskoków zestawionych w tabeli 2.1. Na diagramach zaznaczono obie osie główne — prostopadłe do siebie i przechodzące przez punkt maksymalnego zrzutu, z których dłuższa reprezentuje maksymalną długość uskoków (por. rys. 2.2, 2.4, 2.6, 2.8 i 2.10).

Dla wszystkich analizowanych struktur sporządzono profile przedstawiające zróżnicowanie wartości przemieszczenia uskokowego wzdłuż dłuższej osi diagramu konturowego (rys. 2.3, 2.5, 2.7, 2.9 i 2.11). Poza takim rozkładem przemieszczenia rzeczywistego, na każdym profilu umieszczono wykres teoretycznego rozkładu przemieszczenia uskokowego, skonstruowany w taki sposób, by był krzywą wklęsłą, reprezentującą funkcję mającą ciągłą pierwszą pochodną i stanowiącą obwiednię profilu przemieszczenia rzeczywistego. Taki profil teoretyczny ilustruje zróżnicowanie przemieszczenia na uskoków o pomierzonych parametrach rozmiarowych, przy założeniu idealnie kruchej zachowania się ośrodka skalnego w czasie deformacji.

Tabela 2.1. Parametry rozmiarowe i eliptyczność uskoków rejonu siodła głównego poddanych analizie

Lp.	Nazwa uskoku	Długość struktury (długość dłuższej osi) [m]	Długość krótszej osi [m]	Eliptyczność	Numer obszaru
1.	I Halemba-Pokój	6 620,0	3 320,0	1,99	I
2.	II Halemba-Pokój	6 200,0	1 880,0	3,30	I
3.	III Halemba-Pokój-Polska-Wirek	6 900,0	2 300,0	3,00	II
4.	IV Halemba-Polska-Wirek	5 380,0	2 240,0	2,40	II
5.	nasunięcie Halemba	4 900,0	2 290,0	2,14	I, II
6.	A Halemba	850,0	245,0	3,47	I
7.	B Halemba	731,0	281,5	2,60	I
8.	C Halemba	2 162,0	705,0	3,07	II
9.	D Halemba	2 718,0	708,0	3,84	I
10.	F Halemba	903,0	283,8	3,18	I
11.	G Halemba	1 800,0	591,7	3,04	II
12.	H Halemba	665,0	270,0	2,46	II
13.	I Halemba	1 130,0	410,0	2,76	II
14.	1 Halemba	1 668,2	1 236,4	1,35	III
15.	2 Halemba	611,2	380,8	1,61	III
16.	3 Halemba	1 168,5	912,0	1,28	III
17.	J Śląsk	1 385,0	465,0	2,98	IV
18.	K Śląsk	1 350,0	310,0	4,35	IV
19.	L Śląsk	1 420,0	410,0	3,46	IV
20.	M Śląsk	1 325,0	560,0	2,37	II
21.	N Śląsk	2 230,0	1 000,0	2,23	II
22.	O Śląsk	2 600,0	850,0	3,06	II
23.	R Śląsk	322,5	87,5	3,69	II
24.	T Wujek	426,25	137,5	3,10	V
25.	U Wujek	730,0	240,0	3,04	V
26.	W Wujek	995,0	247,5	4,02	V
27.	X Wujek	625,0	285,0	2,19	V
28.	Y Wujek	1 535,0	650,0	2,36	V
29.	Z Wujek	287,5	97,5	2,95	V
30.	A Wujek	104,0	71,0	1,46	V
31.	B Wujek	268,0	58,0	4,62	V
32.	C Wujek	550,0	215,0	2,56	V
33.	D Wujek	675,0	205,0	3,29	V
34.	E Wujek	255,0	106,0	2,41	V
35.	F Wujek	1 060,0	537,5	1,97	V
36.	Arkona-Wujek	3 900,0	1 750,0	2,23	V
37.	brynowski Wujek	3 670,0	1 070,0	3,43	V
38.	południkowy Staszic	1 647,0	800,0	2,06	VI
39.	równoleżnikowy Staszic	2 423,1	669,2	3,62	VI
40.	Wesoła-Staszic	5 105,7	840,0	6,08	VI
41.	1 Staszic	446,0	377,0	1,18	VII
42.	2 Staszic	564,0	421,0	1,34	VII
43.	3 Staszic	889,0	547,0	1,63	VII
44.	4 Staszic	624,0	303,0	2,06	VII

W ostatniej kolumnie wskazano położenie uskoków w obszarach wyodrębnionych na podstawie analizy eliptyczności (por. rys. 2.13 i 2.14).



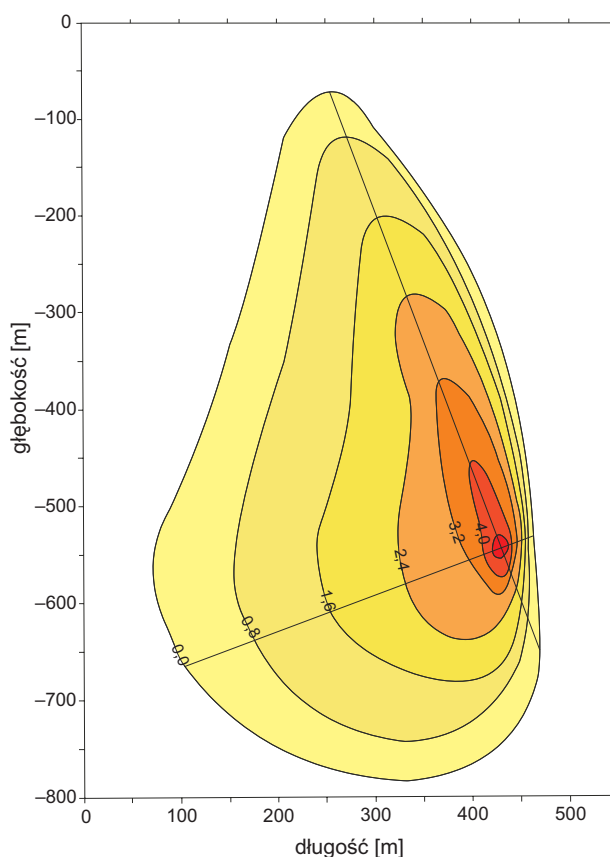
Rys. 2.1. Idealnie eliptyczna powierzchnia uskoku przedstawiona w różnych projekcjach (wg WALSH, WATTERSON, 1990, zmodyfikowany):

a — blok skalny przecięty idealnie eliptyczną powierzchnią uskoku, **b** — rzut powierzchni uskoku na mapę, **c** — przekrój poprzeczny, **d** — prostokątna projekcja uskoku przechodząca przez bieg powierzchni uskoku z zaznaczonymi osiami głównymi elipsy oraz izoliniami przemieszczenia, gdzie *MD* oznacza maksymalne przemieszczenie w centrum struktury, a *R* — promień uskoku

Projekcja uskoku posłużyła również do oznaczenia eliptyczności każdego uskoku (por. tabela 2.1), którą obliczono jako stosunek długości głównych osi diagramu konturowego (dłuższej do krótszej). Eliptyczność oraz odstępstwo rzeczywistego profilu przemieszczenia od obwiedni takiego profilu są wyznacznikami podatności górotworu w okresie deformacji i pozwalają odróżnić uskoki typu kruczego od uskoku typu podatnego.

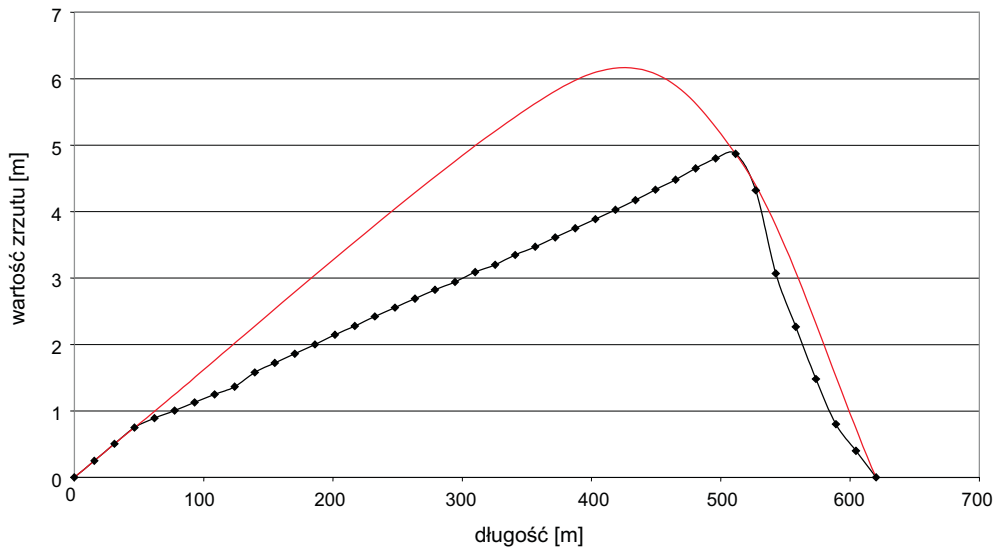
Zaobserwowano, że uskoki w poszczególnych partiach badanego górotworu znacząco różnią się eliptycznością i kształtem krzywych przemieszczenia na swej powierzchni. Dokonano więc próby podziału rejonu badań na mniejsze obszary. Kryterium wyodrębnienia każdego z takich obszarów były podobne wartości eliptyczności, obliczone dla grupujących się w nim pojedynczych uskoku. Istotną odmienność wartości eliptyczności określano, korzystając z krzywej osuwiska, granice między wyodrębnianymi obszarami przeprowadzano zaś w połowie odległości między uskoki o eliptyczności istotnie odmiennej lub wzdłuż linii dużych uskoku, dla których nie udało się sporządzić diagramów konturowych i profilu przemieszczenia ani obliczyć eliptyczności (z powodu niedostatecznej liczby danych wyjściowych).

Metodykę wyznaczania eliptyczności przypisywanej wycinkowi górotworu pociętemu zespołem uskoku opracowali J.J. WALSH i J. WATTERSON (1989). Jest ona odmienna od sposobu obliczania eliptyczności pojedynczej struktury. Wiąże się z koniecznością obliczenia gradientów przemieszczenia uskoku na powierzchni uskoku. Gradientem przemieszczenia nazywamy stosunek



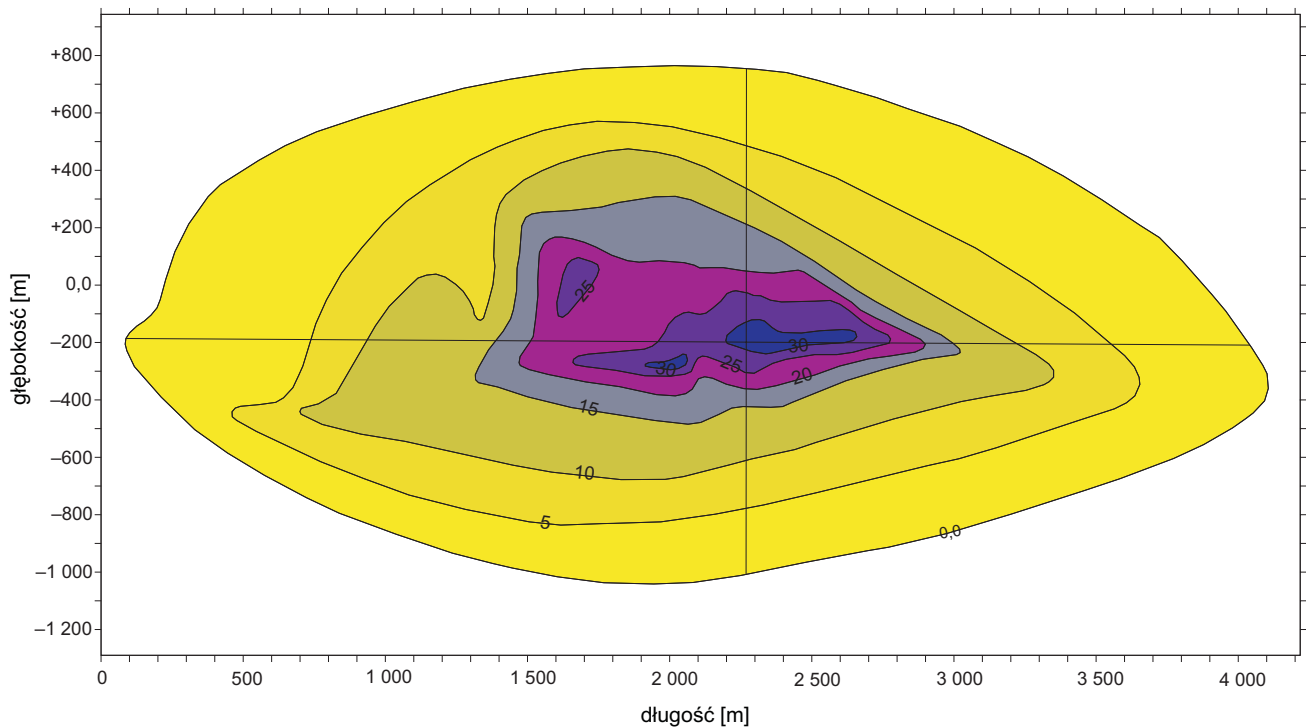
Rys. 2.2. Diagram konturowy zrzutu dla uskoku 2 Halemba z zaznaczonymi osiami głównymi

wartości bezwzględnej różnicy przemieszczenia do długości odcinka, na jakim to przemieszczenie wystąpiło. Stosunek maksymalnego przemieszczenia do promienia uskoku (por. rys. 2.1d) nosi nazwę wielkiego gradientu przemieszczenia. Uskoki,



Rys. 2.3. Profil wielkości zrzutu uskoku 2 Halemba, dla którego wartość eliptyczności wynosi 1,61:

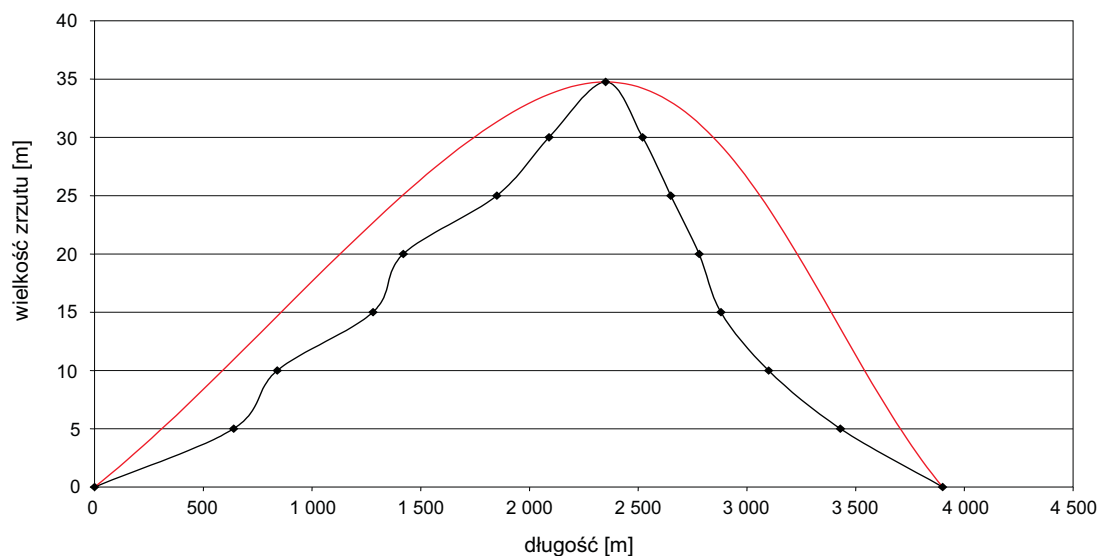
linia czarna — rzeczywisty profil zrzutu; linia czerwona — obwiednia, tożsama z profilem zrzutu wykreślonym według teoretycznego modelu wzrostu uskoku



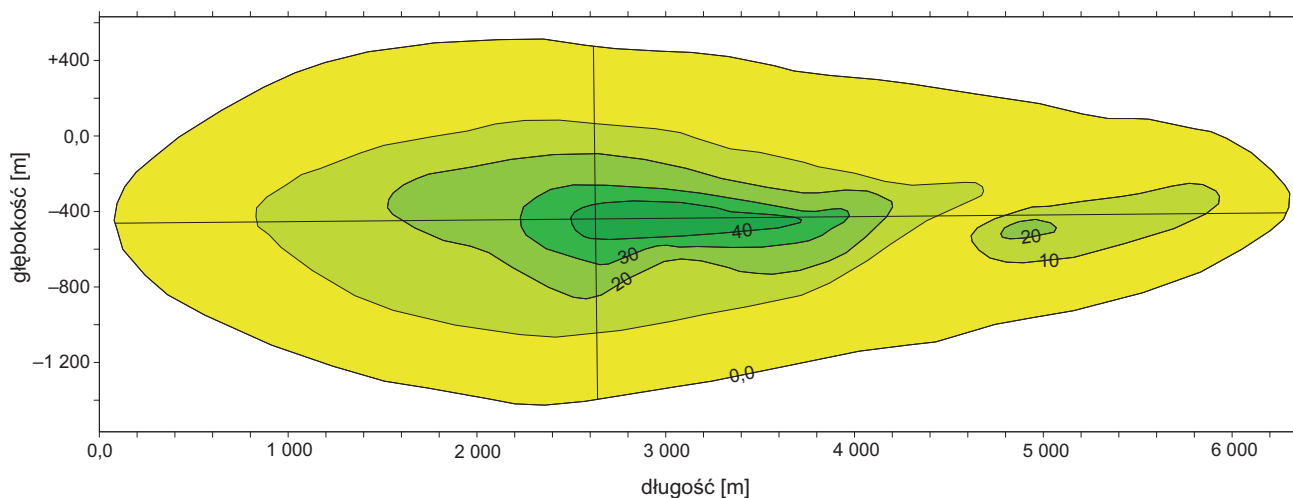
Rys. 2.4. Diagram konturowy zrzutu dla uskoku Arkona-Wujek z zaznaczonymi osiami głównymi

których profil zrzutu nie jest symetryczny, są charakteryzowane przez dwie wartości wielkiego gradientu przemieszczenia. Dwie wartości otrzymuje się również podczas wyznaczania gradientów wzdłuż krótszej osi głównej diagramu konturowego zrzutu uskoku o asymetrycznym profilu przemieszczenia. Należy obliczyć gradienty przemieszczenia wzdłuż osi głównych diagramu konturowego dla uskoku występujących w wyodrębnionym obszarze oraz przedstawić na wykresie bilogarytmicznym zależność między gradientami (wielkimi) obliczonymi wzdłuż osi dłuższej a gradientami ob-

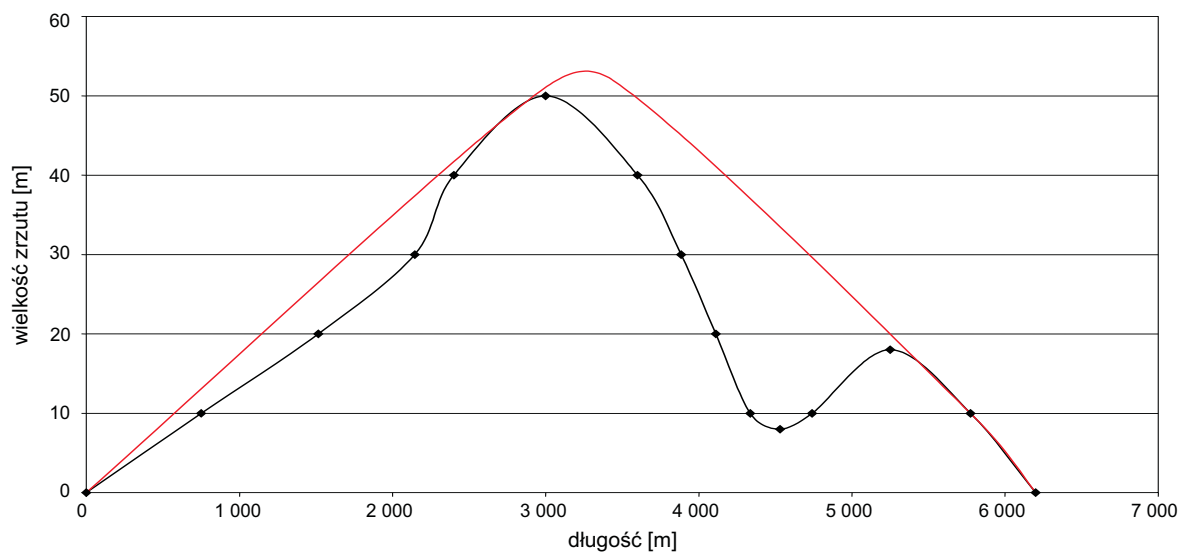
liczonymi wzdłuż osi krótszej. Wartość eliptyczności charakterystyczna dla określonego obszaru (por. rys. 2.12) zostaje wyznaczona na wykresie w sposób geometryczny, jako linia skierowana pod kątem 45° do osi OX, dzieląca symetrycznie zbiór punktów reprezentujących badane zależności między gradientami.



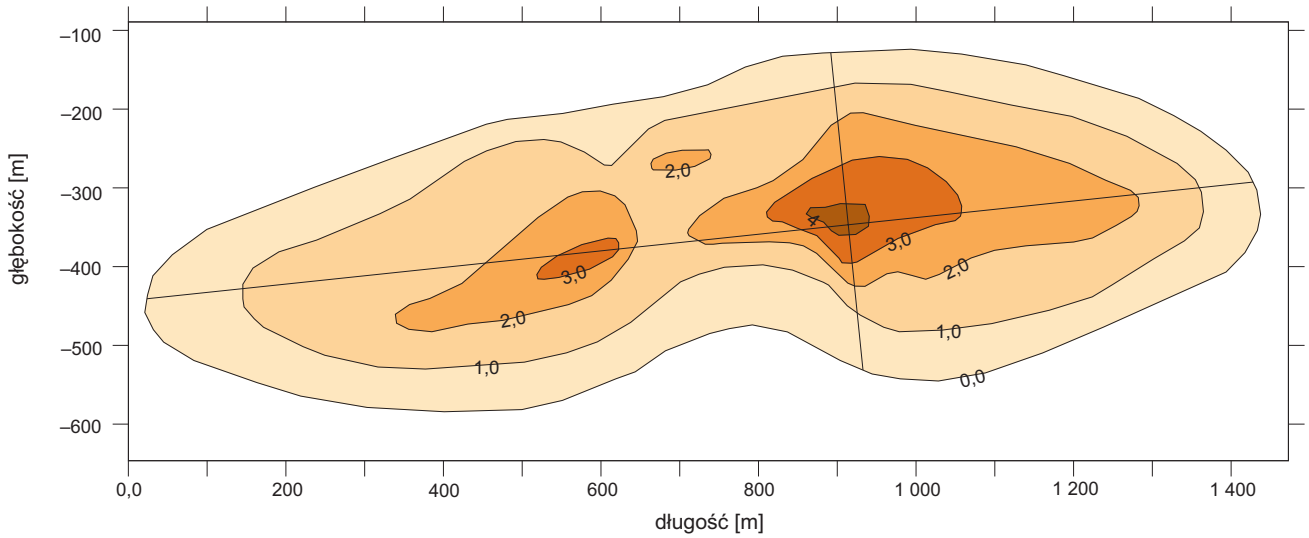
Rys. 2.5. Profil wielkości zrzutu uskoku Arkona-Wujek, dla którego wartość eliptyczności wynosi 2,23. Objasnienia jak na rys. 2.3



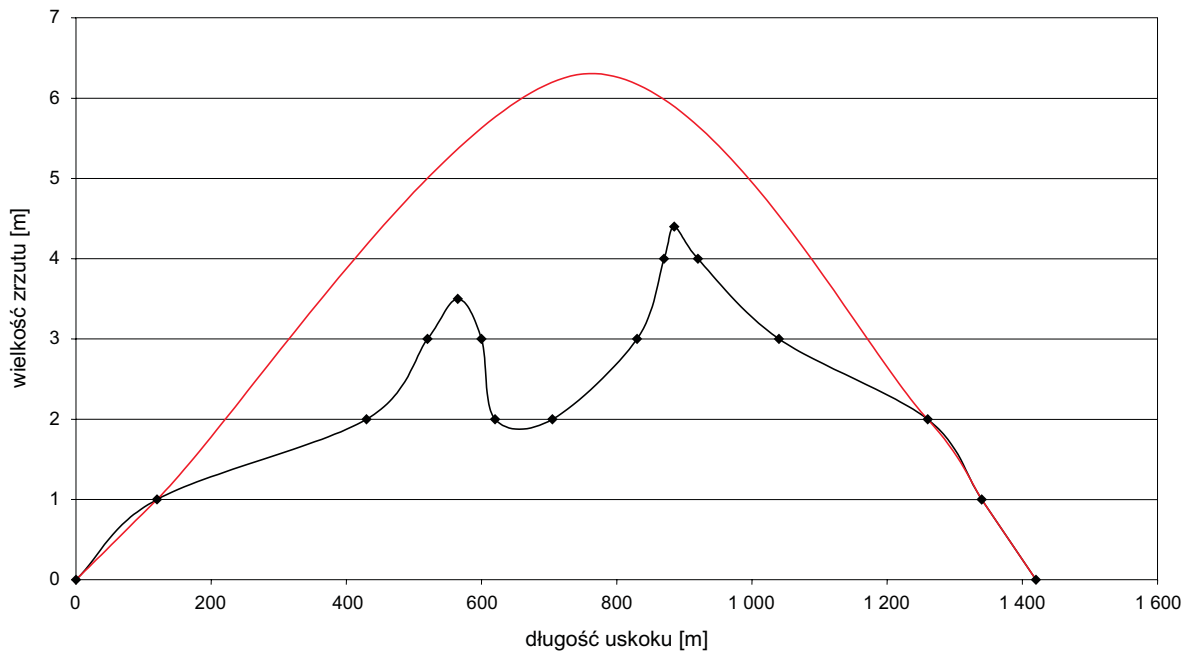
Rys. 2.6. Diagram konturowy zrzutu dla uskoku II Halemba-Pokój z zaznaczonymi osiami głównymi



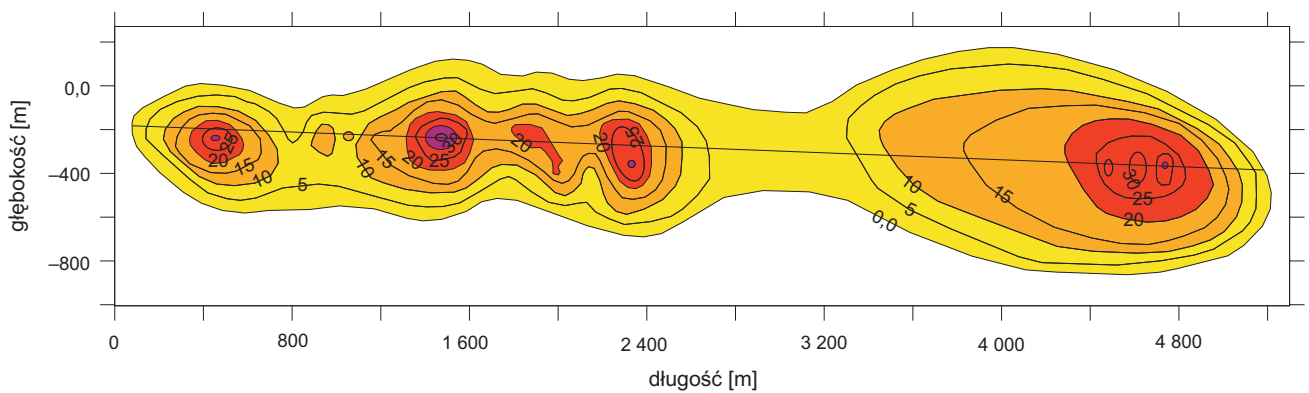
Rys. 2.7. Profil wielkości zrzutu uskoku II Halemba-Pokój, dla którego wartość eliptyczności wynosi 3,3. Objasnienia jak na rys. 2.3



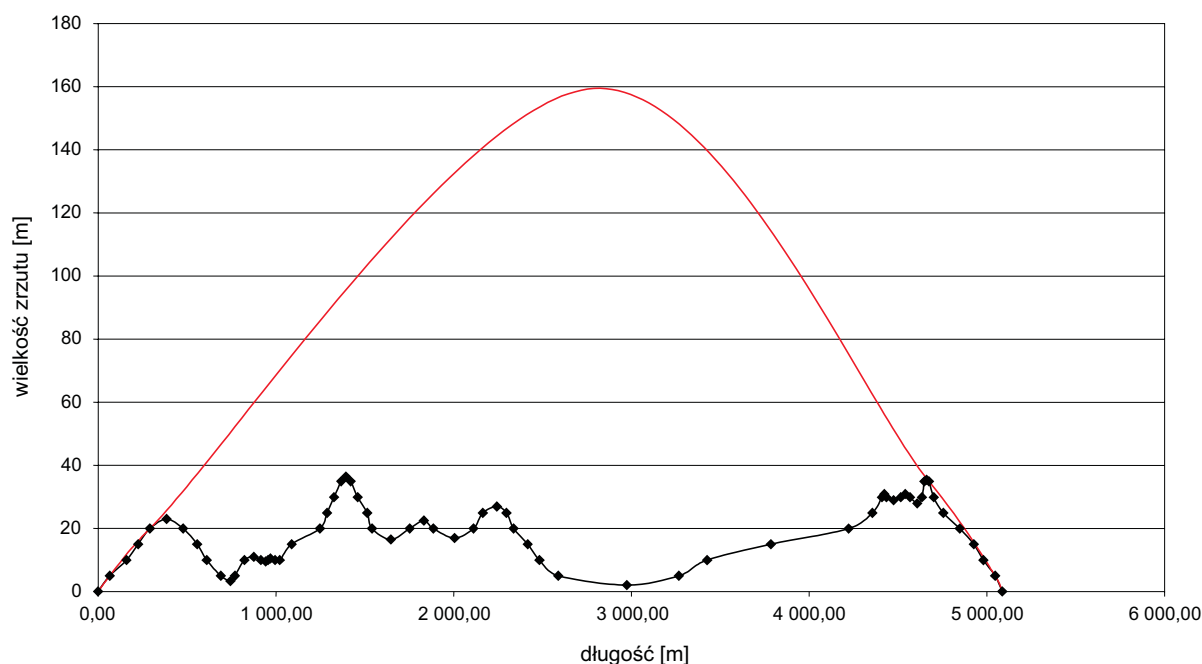
Rys. 2.8. Diagram konturowy zrzutu dla uskoku L Śląsk z zaznaczonymi osiami głównymi



Rys. 2.9. Profil wielkości zrzutu uskoku L Śląsk, dla którego wartość eliptyczności wynosi 3,46. Objasnienia jak na rys. 2.3



Rys. 2.10. Diagram konturowy zrzutu dla uskoku Wesola-Staszic z zaznaczonymi osiami głównymi



Rys. 2.11. Profil wielkości zrzutu uskoku Wesoła-Staszic, dla którego wartość eliptyczności wynosi 6,08. Objasnienia jak na rys. 2.3

2.3. Omówienie wyników

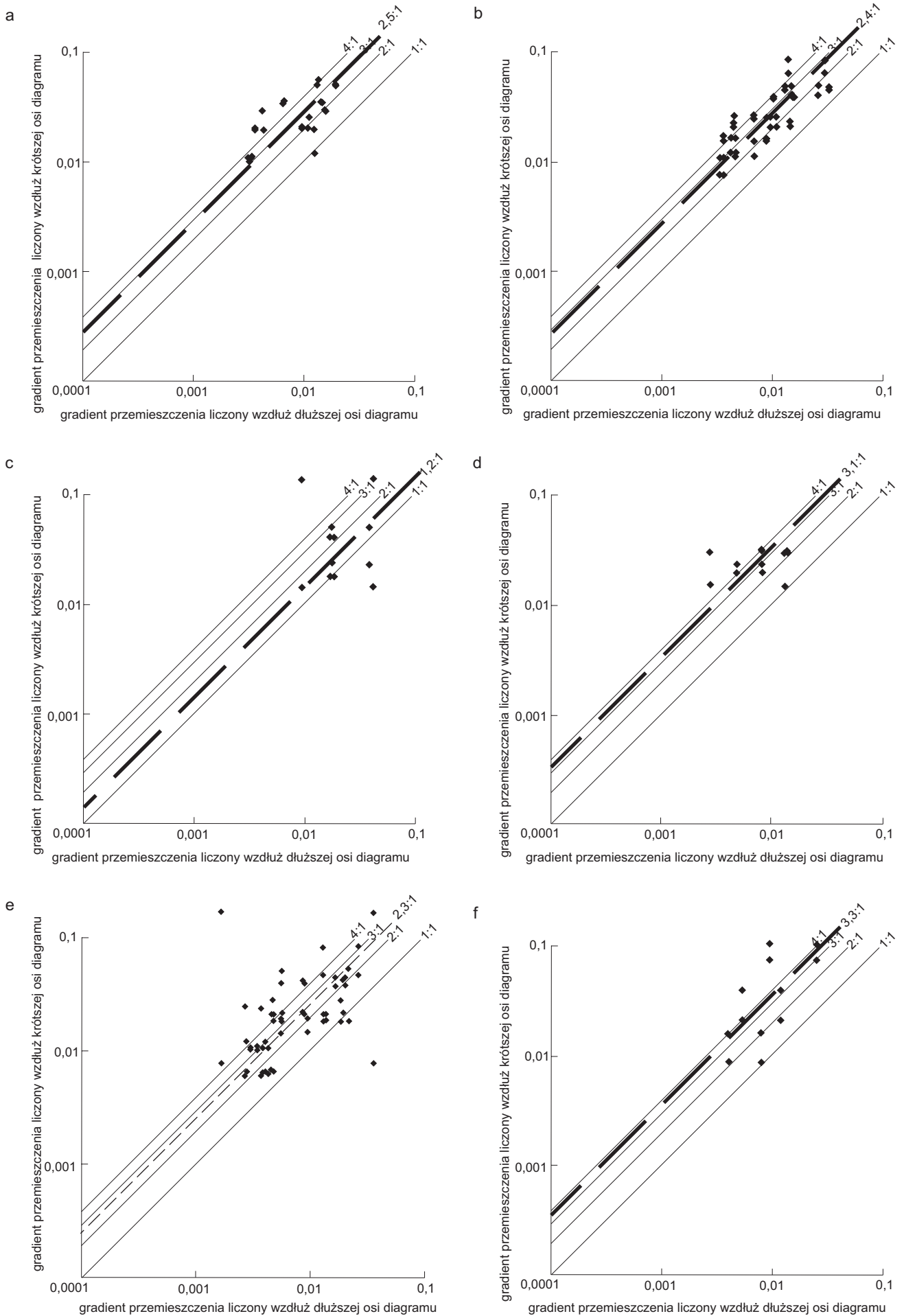
Do zilustrowania zróżnicowania geometrii powierzchni uskokowych w populacji 44 struktur analizowanych w obszarze badań wytypowano pięć przykładów, reprezentujących uskoki powstające w różnych warunkach deformacji, w partiach górotworu, które różniły się podatnością. Cechy geometrii wybranych powierzchni uskokowych zobrazowano za pomocą diagramów konturowych zrzutu (rys. 2.2, 2.4, 2.6, 2.8 i 2.10) i wykonanych na ich podstawie profili przemieszczenia wzdłuż dłuższych osi głównych (rys. 2.3, 2.5, 2.7, 2.9 i 2.11). Wykresy profili przemieszczenia uzupełniono informacją o obliczonych wartościach eliptyczności uskoków.

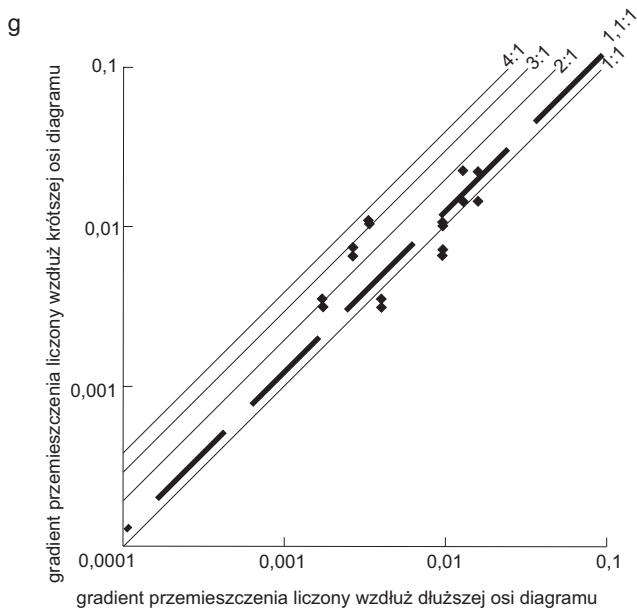
Jak można zauważyć, profile przemieszczenia dla uskoków o niskiej eliptyczności stanowią krzywe o jednym maksimum, a ich przebieg jest w małym stopniu zaburzony. Ze wzrostem eliptyczności powierzchni uskokowej przebieg linii profilu przemieszczenia staje się coraz bardziej skomplikowany. Co więcej, szeregując uskoki według rosnącej wartości eliptyczności, odnotowano rosnące odstępstwo przebiegu profilu rzeczywistego od teoretycznego rozkładu przemieszczenia uskokowego. Czytelnikowi, oceniającemu tę relację wyłącznie na podstawie porównania prezentowanych rysunków, warto zwrócić uwagę na to, że ze względów technicznych projekcje uskoków zostały przedstawione w różnych skalach. Analizowane uskoki w sposób istotny różnią się rozmiarami. Za-

prezentowanie ich diagramów i profili w jednej skali nie byłoby celowe, spowodowałoby bowiem brak czytelności i utratę części informacji dla mniejszych struktur (albo wymagałoby dołączenia wielkoformatowych ilustracji przedstawiających geometrię uskoków dużych).

Jak już wspomniano, każdy z profili teoretycznych wyobraża zróżnicowanie przemieszczenia na idealnym uskoku typu kruchego o pomierzonych parametrach rozmiarowych. Im większe odnotowane odstępstwo rzeczywistego profilu przemieszczenia od profilu teoretycznego (potwierdzone wyższą wartością obliczonej eliptyczności uskoku), tym większa skłonność ośrodka skalnego w sąsiedztwie wzrastającego uskoku do zachowań podatnych. Cechy uskoku typu podatnego na ogół są charakterystyczne dla szeregów kulisowych i uskoków złożonych, mających kilka centrów wzrostu (lokalnych maksimum zrzutu na diagramach i profilach). Prawdopodobnie jest to związane ze szczególną skłonnością górotworu do podatnych zachowań w miejscach położonych między członami szeregu kulisowego lub w miejscach połączeń segmentów uskoku złożonego.

Żaden z badanych uskoków nie jest scharakteryzowany symetrycznym diagramem zrzutu i profilem przemieszczenia. Na wykresach wykonanych w celu wyznaczenia eliptyczności charakterystycznej dla obszarów wyodrębnionych w trakcie analizy (rys. 2.12) każdy z uskoków jest zatem reprezentowany przez cztery punkty. Wartości eliptyczności wyznaczone dla poszczególnych obszarów (I—VII) są w znacznym stopniu zróżnicowane. Zostały na-





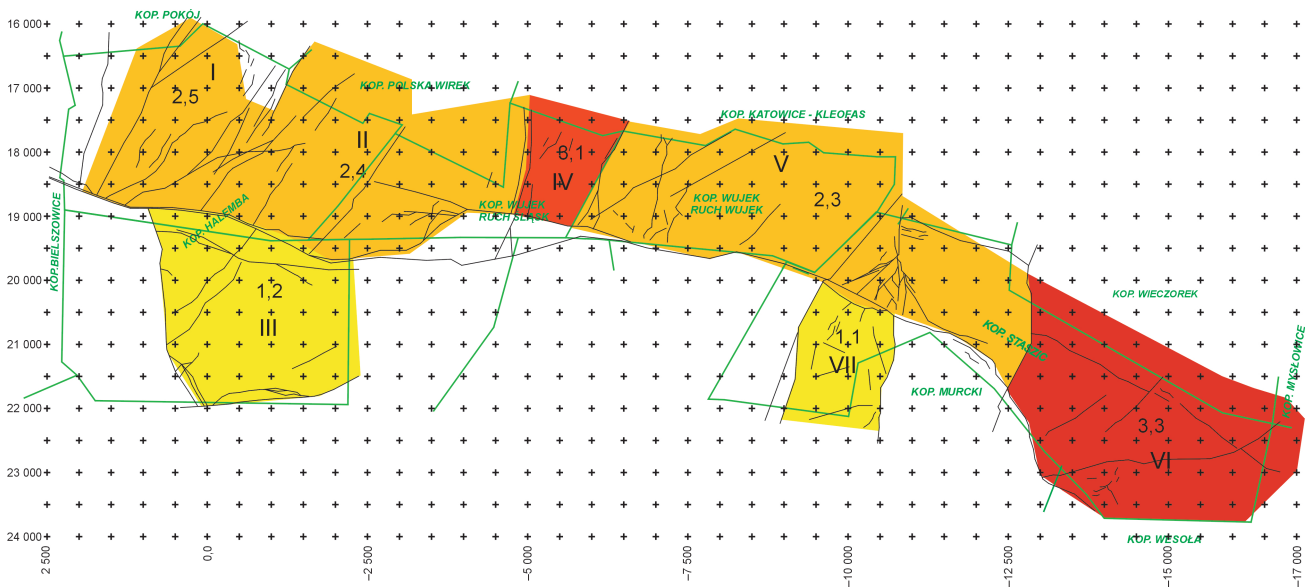
Rys. 2.12. Wykresy zależności między gradientami przemieszczenia obliczonymi wzdłuż dłuższych osi diagramów a gradientami przemieszczenia obliczonymi wzdłuż krótszych osi, które są podstawą geometrycznego wyznaczania eliptyczności obszarów wyodrębnionych w wyniku analizy (por. rys. 2.13):

eliptyczność wyliczona: **a** — dla obszaru I; **b** — dla obszaru II; **c** — dla obszaru III; **d** — dla obszaru IV; **e** — dla obszaru V; **f** — dla obszaru VI; **g** — dla obszaru VII (obszary I—VII zaznaczono na rys. 2.13); linie cienkie obrazują eliptyczności o wartościach od 1:1 do 4:1, linia przerywana wraz z podaną wartością — eliptyczność wyznaczoną w sposób geometryczny dla poszczególnych obszarów

niesione na mapę rejonu badań, na której wskazano położenie wyodrębnionych obszarów (rys. 2.13).

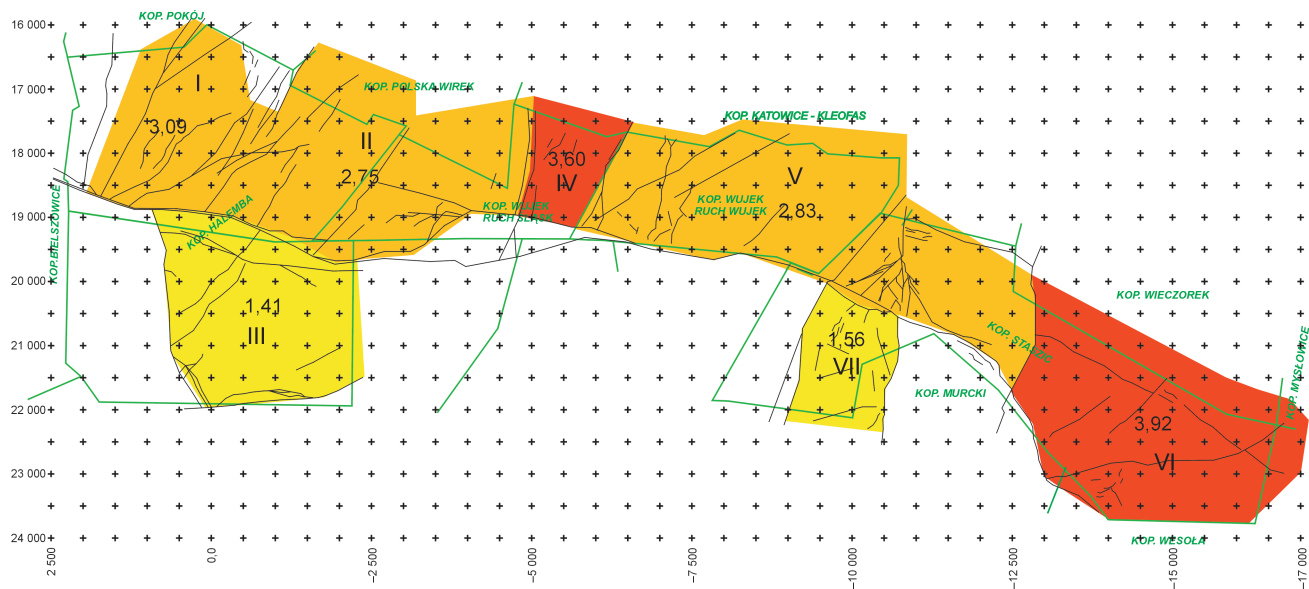
Dodatkowo całkowity zbiór wartości eliptyczności obliczonych dla pojedynczych uskoku (por. tabela 2.1) przetestowano testem chi-2, a zbiory wartości eliptyczności obliczane dla uskoku zgrupowanych w wydzielonych obszarach (por. tabela 2.1) — testem Kołmogorowa — Smirnowa, w celu sprawdzenia normalności rozkładów tych populacji. Wyniki testów nie dały podstaw do odrzucenia hipotezy o normalności rozkładów. Uznano zatem, że nie byłoby bezzasadne określanie wartości eliptyczności charakterystycznej dla danego obszaru za po-

mością średniej arytmetycznej. Na rys. 2.14 przedstawiono wartości eliptyczności obliczone jako średnie arytmetyczne dla populacji uskoku z poszczególnych obszarów. Jest to godny polecenia sposób niewątpliwie dużo szybszego wyznaczania eliptyczności niż ma to miejsce na drodze geometrycznej. Porównując ilustrację wyników przedstawioną na rys. 2.13 i 2.14, można ocenić, że zastosowanie obu metod daje podobne rezultaty. Sporządzone mapy (rys. 2.13 i 2.14) ujawniają zróżnicowanie przestrzenne eliptyczności w badanym rejonie siodła głównego. Najniższa eliptyczność cechuje obszary położone na południe od



Rys. 2.13. Zróżnicowanie przestrzenne wartości eliptyczności uskoku w obszarze badań wyznaczone na drodze geometrycznej (por. rys. 2.12):

wyodrębniono obszary, w których uprawnione jest przypisanie wspólnej wartości eliptyczności występującym w nich uskoku; niższe wartości eliptyczności (barwy jasne) odpowiadają miejscom, w których ośrodek skalny w czasie odkształcenia wykazuje mniejszą podatność (zachowania kruche), wyższe wartości eliptyczności (barwy ciemne) zaś charakteryzują miejsca, w których podatność deformowanego ośrodka jest większa (stan podatny); linie zielone — granice obszarów kopalń, linie czarne — uskoki (w analizie uwzględniono wszystkie struktury zaznaczone na mapie, z wyłączeniem dyslokacji stanowiących granice wydzielonych obszarów o odmiennej eliptyczności), wartości liczbowe — wartości eliptyczności w wydzielonych obszarach (I—VII)



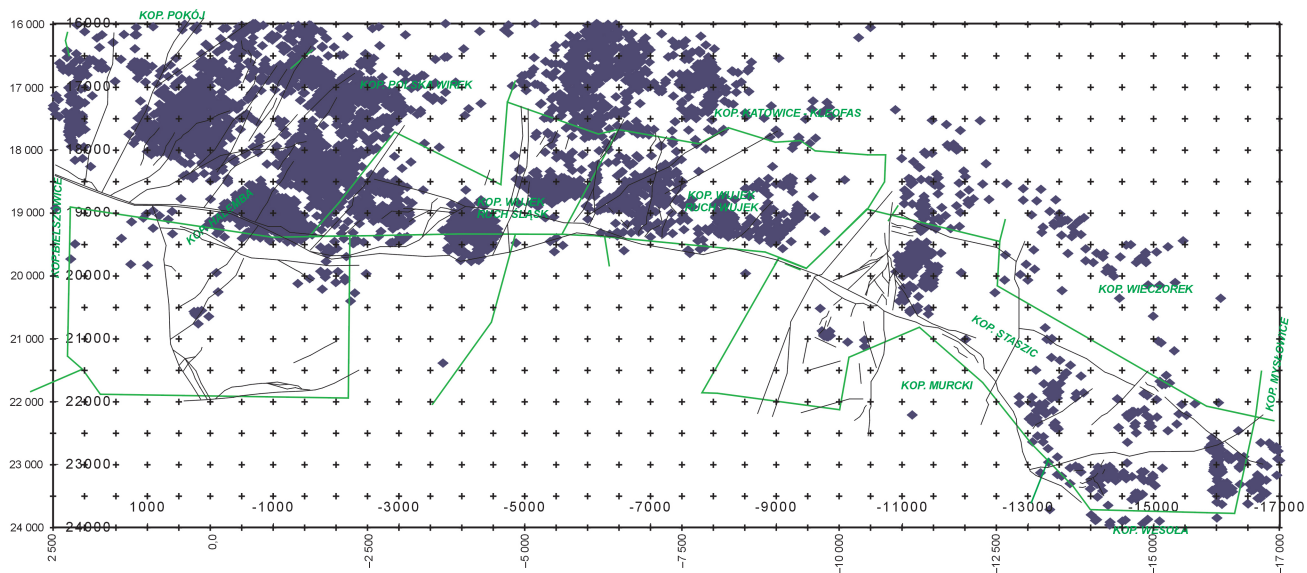
Rys. 2.14. Zróżnicowanie przestrzenne wartości eliptyczności uskoków w obszarze badań wyznaczone na drodze matematycznej: wartości eliptyczności charakteryzujące wyodrębnione obszary stanowią średnie arytmetyczne eliptyczności występujących w nich uskoków (por. tabela 2.1); pozostałe objaśnienia jak na rys. 2.13

uskoku kłodnickiego. Rejon samego siodła, umiejscowiony na północ od uskoku kłodnickiego, charakteryzuje się układem naprzemiennie występujących obszarów o średniej i dużej wartości eliptyczności.

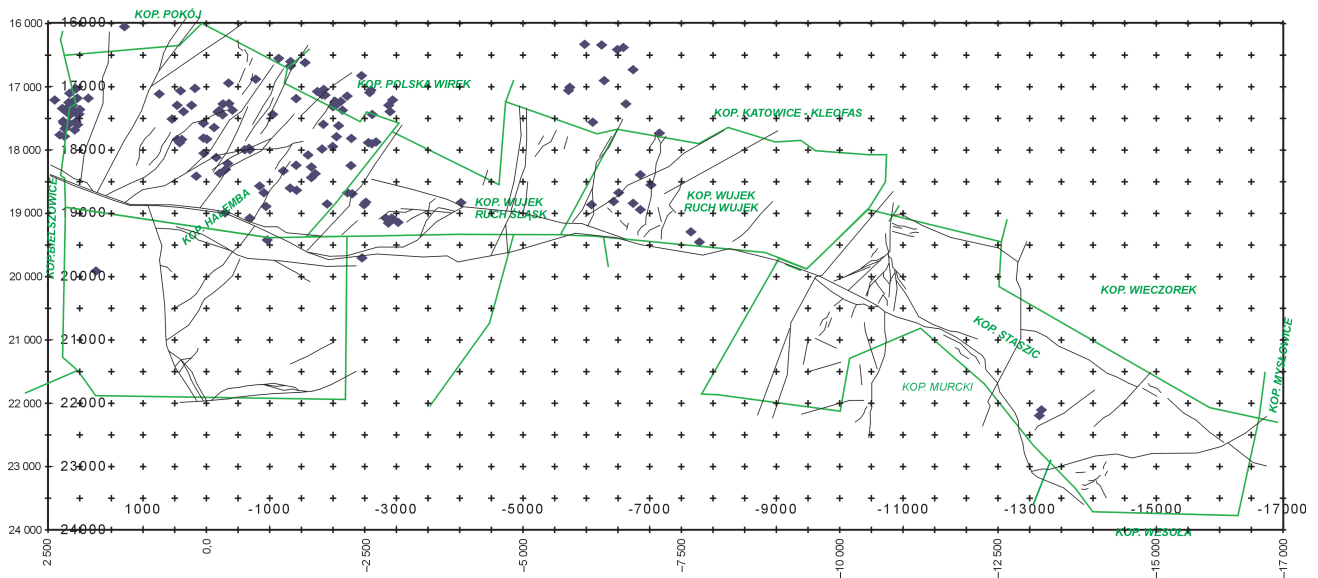
2.4. Podsumowanie wyników

Analiza rozmiarowych parametrów uskoków z rejonu siodła głównego pozwoliła na stwierdzenie w badanej populacji licznych struktur różniących się geometrią i mechanizmem wzrostu od uskoków typu kruchego. Zauważono, że parametry zróżnicowania

geometrii uskoków mogą stanowić kryterium regionalnego podziału rejonu badań na obszary, w których uskoki cechuje podobny stopień odmienności od idealnych uskoków typu kruchego. Uznano, że zaobserwowane odmienności zostały wywołane zachowaniami podatnymi górotworu w okresie jego deformacji. Stopień kompensacji przemieszczeń na uskokach przez zachowania podatne górotworu jest zróżnicowany w skali rejonu badań. Na podstawie analizy terytorialnej parametrów uskoków wyodrębniono obszary o małej podatności deformowanego ośrodka skalnego, zlokalizowane w południowym skrzydle uskoku kłodnickiego i występujące na przemian obszary o średniej i dużej podatności odkształcanego górotworu w rejonie samego siodła głównego.



Rys. 2.15. Lokalizacja epicentrow zdarzeń sejsmicznych o energii od $1 \cdot 10^5$ J do $9 \cdot 10^5$ J, odnotowanych w okresie od 3.01.1987 r. do 13.04.2001 r. w obszarze prezentowanych badań parametrów rozmiarowych i eliptyczności uskoków



Rys. 2.16. Lokalizacja epicentrow zdarzeń sejsmicznych o energii od $1 \cdot 10^7$ J do $9 \cdot 10^7$ J, odnotowanych w okresie od 3.01.1987 r. do 13.04.2001 r. w obszarze prezentowanych badań parametrów rozmiarowych i eliptyczności uskoków

W obszarach, w których ośrodek skalny wykazywał małą podatność w czasie powstawania uskoków, deformacja spowodowała jego znaczne zniszczenie. Ówczesne zniszczenie ośrodka sprawia, że aktualnie w miejscach tych można się spodziewać dużej liczby zjawisk sejsmicznych o niewielkich energiach (rejestrowanych przez aparaturę pomiarową, ale niegroźnych dla wyrobisk i powierzchni terenu). W obszarach, w których w świetle przeprowadzonej analizy warunki deformacji cechowały się większą podatnością, odkształcany ośrodek skalny został zniszczony w mniejszym stopniu. Można się tam obecnie spodziewać zdarzeń sejsmicznych o magnitudach większych niż w partiach górotworu charakteryzujących się małą wartością obliczonej eliptyczności. Wyzwalanie wysokich energii w ogniskach zlokalizowanych na uskockach występujących w tych obszarach następuje w wyniku opóźnienia relaksacji i związanej z nim kumulacji naprężeń w ośrodku skalnym. Potwierdzenie takiej prognozy można znaleźć na mapach rozmieszczenia w badanym rejonie epicentrow zdarzeń sejsmicznych o energiach rzędu 10^5 J (rys. 2.15) i 10^7 J (rys. 2.16) w latach 1987—2001.

Zróznicowanie warunków deformacji górotworu w rejonie siodła głównego, określone na podstawie badań geometrii uskoków, wykazuje dobrą korelację z innymi cechami tej części GZW przewidzianymi przez model sejsmotektoniczny (między innymi z przebiegiem i kinematyką strefy podwyższonej aktywności tektonicznej, dynamiką zlokalizowanej w sąsiedztwie struktury sejsmogenicznej oraz położeniem skupisk występowania silnych wstrząsów górniczych).

Oczekuje się, że wdrożenie metody wskazywania obszarów zróznicowanego zachowania się de-

formowanego ośrodka skalnego w obrębie stref podwyższonej aktywności tektonicznej i sejsmicznej pozwoli na zwiększenie dokładności prognozowania zagrożenia sejsmicznego w GZW.

Literatura

- BAILEY W.R., WALSH J.J., MANZOCCHI T., 2005: *Fault populations, strain distribution and basement reactivation in the East Pennines Coalfield*. J. Struct. Geol., 27, s. 913—928.
- BARNETT J.A.M., MORTIMER J., RIPPON J.H., WALSH J.J., WATTERSON J., 1987: *Displacement geometry in the volume containing a single normal fault*. Am. Ass. Petrol. Geol. Bull., 71, s. 925—937.
- CHILDS C., NICOL A., WALSH J.J., WATTERSON J., 2003: *The growth and propagation of synsedimentary faults: a 3-D perspective*. J. Struct. Geol., 25, s. 633—648.
- IDZIAK A., TEPEL L., ZUBEREK W.M., 1999: *Sejsmiczność a tektonika Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Katowice, Uniwersytet Śląski.
- LISEK A., TEPEL L., 2004: *Analiza rozmiarowych parametrów uskoków w KWK „Staszic”; klucz do interpretacji ewolucji strefy uskokuwej*. W: *Materiały 27. Sympozjum nt. „Geologia formacji węglonośnych Polski”*. Kraków, s. 93—98.
- MARRET R., ALLMENDINGER R.W., 1991: *Estimates of strain due to brittle faulting: sampling of fault populations*. J. Struct. Geol., 13, s. 735—738.
- NICOL A., WALSH J.J., WATTERSON J., BRETAN P.G., 1995: *Three — dimensional geometry and growth of conjugate normal faults*. J. Struct. Geol., 17, s. 847—862.
- RIPPON J.H., 1985: *Contoured patterns of the throw and hade of normal faults in the Coal Measures (Westphalian) of north-east Derbyshire*. Proc. Yorks. Geol. Soc., 45, s. 147—161.
- TEPEL L., 1998: *Wpływ nieciągłości podłoża karbonu na sejsmotektonikę północnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*. Katowice, Uniwersytet Śląski.

- TEPER L., LISEK A., 2006: *Analysis of displacement geometry: A tool for identifying kinematic type of fault*. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sci.*, M-29 (395), s. 119—130.
- WALSH J.J., WATTERSON J., 1988a: *Analysis of the relationship between displacements and dimension of faults*. *J. Struct. Geol.*, 10, s. 239—247.
- WALSH J.J., WATTERSON J., 1988b: *Dips of normal faults in British Coal Measures and other sedimentary sequences*. *J. Geol. Soc. Lond.*, 145, s. 859—873.
- WALSH J.J., WATTERSON J., 1989: *Displacement gradient on fault surfaces*. *J. Struct. Geol.*, 11, s. 307—316.
- WALSH J.J., WATTERSON J., 1990: *New methods of fault projection for coal mine planning*. *Proc. Yorks. Geol. Soc.*, 48, s. 209—219.

Lesław Teper, Anna Lisek