

Janusz JURA, Magdalena SIKORSKA  
Akademia Górniczo - Hutnicza, Kraków

## O ODTWORZENIU UKŁADU ODNIESIENIA NA MAPACH EKSPLOATACJI RUDNYCH

**Streszczenie.** Referat opisuje działania, podjęte dla przedstawienia zwektoryzowanych treści map eksploatacji rudnych, tzw. „*Karte des Oberschlesischen Erzbergbaues*” – pierwotnie wykonanych w lokalnym układzie współrzędnych „Sucha Góra” – w państwowym układzie współrzędnych płaskich „1942”. Ustalono obiekty na mapach, które przetrwały do czasów współczesnych. Współrzędne punktów w obu analizowanych układach współrzędnych zostały wykorzystane do wyznaczenia parametrów transformacji. Z kolei, poddano analizie oraz wektoryzacji treści związane z eksploatacją rud cynku, ołowiu, żelaza brunatnego oraz siarki. Przygotowana w ten sposób mapa jest elementem systemu informacyjnego o dawnym terenie górniczym i może być wykorzystana w przygotowaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego.

## RECONSTRUCTION OF COORDINATE REFERENCE SYSTEM ON HISTORICAL MAPS OF ORE MINING

**Summary.** The paper presents and discusses actions aimed at presentation of content of old mining maps, drawn in the local coordinate system “Sucha Góra”, on actual maps drawn in the state plane coordinate system “1942”. The original data of ore exploitations, as drawn on the „*Karte des Oberschlesischen Erzbergbaues*”, were first vectorized. Then still existing objects, but already shown on these old maps, were identified, and coordinates of points representing them on maps in both systems were used for computation of transformation parameters. The next step consisted in analysis and vectorization of content of the *Erzkarte* maps, pertaining to exploitation of zinc, lead and limonite ores and sulphur. The resulting map constitutes an important element of spatial information system of the old mining area, indispensable for local planning.

## 1. Wprowadzenie

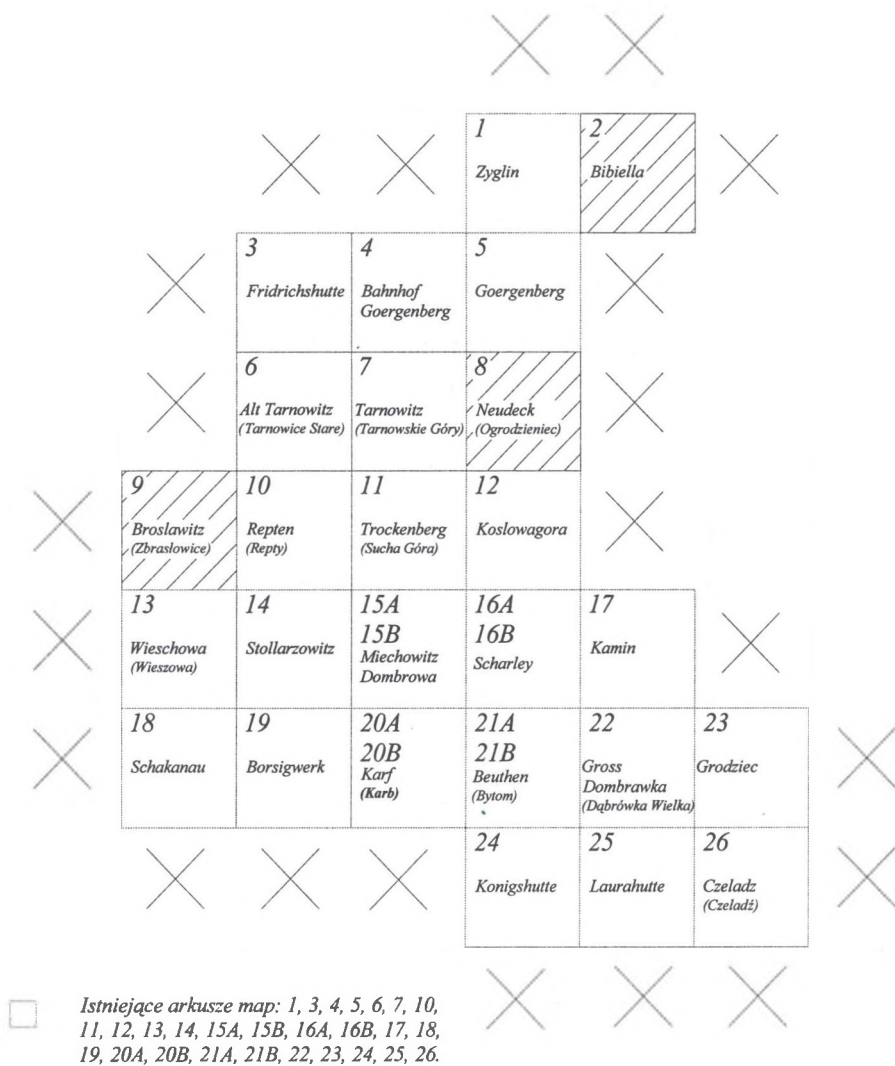
Historia pamięta dzieje Śląska, kiedy był on jednym z największych okręgów przemysłowych Europy. Wszystko to dzięki bogactwom naturalnym, jakie eksploatowano w tym rejonie. Wielu kojarzy z tym faktem węgiel kamienny, jednak nie można zapominać, że przed nim wydobyte dotyczyło rud ołowiu, srebra, złota, a później cynku [1]. Tak więc rozwój górnictwa zdeterminował rozwój gospodarczy tego rejonu, a bardzo dobrym jego zobrazowaniem są mapy górnicze. Niniejsza praca, ściśle z zagadnieniem związana, miała na celu wektoryzację map eksploatacji rudnych tzw. „*Karte des Oberschlesischen Erzbergbaues*” (nazywanych w dalszej części opracowania: „*Erzkarte*”), w jednolitym systemie odniesień przestrzennych.

Wspomniane dokumenty powstały na początku ubiegłego stulecia. Miały na celu dokumentację eksploatacji kruszców, jaka prowadzona była ówczesnie na terenie Górnego Śląska. Opracowanie to obejmuje 4 arkusze map przedstawiających obszar Bytomia i okolic. Historyczna wartość opracowywanych dokumentów jest niepodważalna. Ponadto, informacje zobrazowane na mapach są o tyle cenne, że przedstawione w obecnie stosowanym układzie współrzędnych mogą zostać współcześnie wykorzystane w różnorodnych planach urbanistycznych. Znajomość lokalizacji dawnych kopalń i układu wyrobisk okazuje się bezcenna w kontekście współczesnych potrzeb inwestycyjnych.

## 2. Mapy eksploatacji rudnych *Erzkarte*

Mapy, będące przedmiotem tego opracowania, są mapami przeglądowymi. Elementy pozaramkowe dokumentów wskazują na druk map techniką litograficzną w latach 1911-1912 w Berlinie, przez drukarnię Leopolda Kraatza (*Lith. Anst. v. Leopold Kraatz*). Były one wykonane dla niemieckiego Królewskiego Wyższego Urzędu Górniczego we Wrocławiu (*Herausgegeben vom Königlichen Oberbergamt zu Breslau*). W ramach realizacji tej pracy korzystano z obrazów map w formacie „tiff”, a arkusze zostały zeskanowane z rozdzielczością 300[dpi]. Mapy znajdują się w archiwach działów mierniczych, a ich stan techniczny bywa różny. Do skanowania wybrane zostały najczytelniejsze arkusze map, jakie udało się zgromadzić dzięki pomocy inż. Stefana Ziaji. Komplet skanów przekazano do archiwów działów mierniczych.

Według numeracji arkuszy zestaw map tworzy 26 dokumentów, de facto komplet stanowi 30 rysunków, ponieważ 4 mapy (nr 15, nr 16, nr 20, nr 21) posiadają uzupełnienia treści w postaci dodatkowych dokumentów. Numery, tytuły oraz wzajemne położenie poszczególnych arkuszy map pokazano schematycznie na rysunku 1.



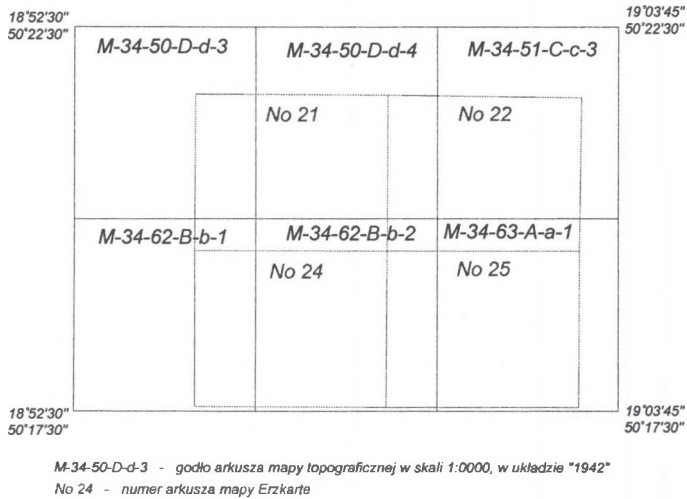
□ Istniejące arkusze map: 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15A, 15B, 16A, 16B, 17, 18, 19, 20A, 20B, 21A, 21B, 22, 23, 24, 25, 26.

▨ Brakujące arkusze map  
(na podstawie opisu istniejących map): 2, 8, 9.

× Obszary, dla których nie wykonano map *Erzkarte*  
(na podstawie opisu istniejących map).

Rys. 1. Sekcje map „*Erzkarte*”  
Fig. 1. Sheets of maps „*Erzkarte*”

Mapy zostały wykonane w manierze barwnej, w skali 1:10 000, w lokalnym układzie współrzędnych „Sucha Góra”. Poszczególne arkusze przedstawiają prostokątne fragmenty terenu o wymiarach 4707.80 x 3766.24 m, których naroża są opisane współrzędnymi we wspomnianym układzie. Siatka kilometrowa jest zaznaczona symbolicznie i opisana liczbowo poza ramką poszczególnych dokumentów. Każda mapa zawiera numery i tytuły sąsiednich arkuszy. Opracowaniem objęte zostały cztery arkusze map wyszczególnione na rysunku 2.

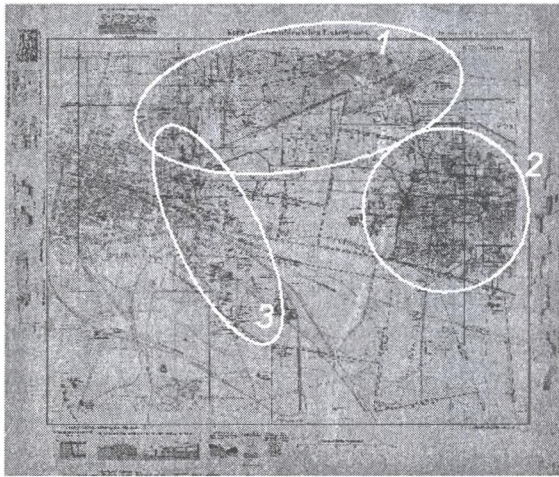


Rys. 2. Arkusze nr 21, 22, 24 i 25 na tle map topograficznych w skali 1:10000, (układ „1942”)  
Fig. 2. Sheets No 21, 22, 24, 25 on the background of topographic maps in scale 1:10000, (coordinate system "1942")

Zasadniczą treść map „Erzkarte” stanowią elementy związane z eksploatacją rudną. Ich rodzaj oraz sposób zobrazowania na mapach jest przedstawiony w legendzie. Zawiera ona następujące elementy: zasięg wyeksploatowanego minerału (złoże); rodzaj skały, w której złoże występuje; przebieg lub przypuszczalny przebieg wyrobisk; dane wysokościowe.

Kolory różnicujące poszczególne rudy i grubości ich eksploatacji są nieco odmienne dla poszczególnych arkuszy map, co związane jest z różnym stopniem zaciemnienia i ogólnej jakości map. Zatem, interpretacja treści danego arkusza może odbywać się tylko na podstawie jego legendy. Poza elementami związanymi z eksploatacją górnictwem, mapy zawierają też treści powierzchniowe, takie jak zabudowa, drogi, linie kolejowe, cmentarze, punkty osnowy geodezyjnej. Niektóre obiekty, takie jak miasta, kościoły, szkoły, szpitale, zakłady przemysłowe czy ulice, posiadające nazwy własne, są według nich opisane. Wszystkie te elementy, w odróżnieniu do treści związanych z eksploatacją górnictwem, są przedstawione za

pomocą jednego koloru – szarego. Do elementów pozaramkowych niektórych arkuszy należą wykonane w skalach 1 : 1 000 lub 1 : 5 000, opisane słownie i zaznaczone na mapach: pionowe profile wybranych wyrobisk górniczych, przekroje przez uskoki, obrazy przodków w pobliżu stref zaburzonych. Dla profili tych, podobnie jak dla skali głównej map, pokazane są podziałki liniowe. Jako przykład niech posłuży arkusz nr 21 – najbogatszy pod względem treści, zatytułowany „Beuthen”, obejmuje swoim zasięgiem miasto. Eksploatacja, a tym samym jej obraz na mapie koncentruje się w trzech obszarach (rysunek 3). Stanowią one południowy fragment, a jednocześnie granicę całej eksploatacji rud cynku i ołowiu przedstawianej na mapach „Erzkarte”. Zachodnia część arkusza nr 21 obejmuje miasto Bytom.



Rys. 3. Obszary eksploatacji pokazane na arkuszu nr 21

Fig. 3. Mining areas are shown on the sheet nr 21

Pierwszy i największy z wyróżnionych obszarów zlokalizowany jest w północnej części obszaru przedstawionego na mapie. Na terenie tym występuje blenda cynkowa. Jej eksploatacja dotyczy złoża o różnej grubości: 2 - 4 m i ponad 4 m. Cały obszar przecina sieć wyrobisk poziomych: chodników, w których przeważa blenda cynkowa, miejscowo występuje także galena. W zachodniej części obszaru występuje uskoki biegnący w kierunku północ – południe. Kolejny obszar na mapie (2), wskazujący na wzmożoną eksploatację w tym rejonie, zlokalizowany jest we wschodniej części rysunku. Wydobywane w tym rejonie były: blenda cynkowa (2 – 4 m), galman (w przeważającej części złoża o grubości 2 – 4 m, miejscowo także o grubości do 2 m i ponad 4 m) oraz na niewielkiej powierzchni galena. Te same minerały występują w wyrobiskach poziomych w tym obszarze. W dolnej części obszaru występuje uskoki przebiegający z kierunku południowo – zachodniego na północny

wschód. W trzecim obszarze, położonym w środkowej części mapy, eksploatacja prowadzona była na dużo mniejszą skalę. Wydobycie w części północnej dotyczyło głównie galeny. W chodnikach wydrążonych w tym rejonie występowała obok błyszczu ołowiu także ruda siarki. Dolna część obszaru wskazuje na wydobycie w tym rejonie rudy żelaziaka brunatnego oraz, w śladowych ilościach, blendy cynkowej. Udostępnienie złóż stanowią liczne szybiki i pojedyncze wyrobiska poziome.

## 2.1. Kalibracja – usunięcie błędów skanowania

Wykorzystano udostępnione przez zastosowane narzędzie programowe (CAD Raster w. 7.1) modele kalibracyjne, testując ich skuteczność. Ostatecznie wybrano model liniowy anizotropowy, a ponadto skalibrowano mapy przy użyciu modelu dwuliniowego. Uzyskane w trakcie kalibracji wartości parametru „diff” (gdzie diff za dokumentacją programu CAD Raster to błąd średniokwadratowy, czyli różnica między punktem docelowym a obliczonym, na poszczególnych węzłach siatki kolejnych arkuszy map zawierają się w przedziałach:

Model afiniczny:	Model dwuliniowy:
Nr 21: 0.640 – 4.962 [m],	0.612 – 3.434 [m]
Nr 22: 0.471 – 5.371 [m],	0.290 – 3.201 [m]
Nr 24: 0.209 – 3.994 [m],	0.028 – 3.205 [m]
Nr 25: 0.580 – 3.433 [m],	0.338 – 2.933 [m].

## 2.2. System współrzędnych map „Erzkarte”

Dla map *Erzkarte* stosowano odwzorowanie Cassiniego–Soldnera, w którym powierzchnią odniesienia jest elipsoida Bessela z południkiem centralnym, przechodzącym przez punkt Sucha Góra (SG). Współrzędne geograficzne punktu SG są zaczerpnięte z literatury [2], [3] i wynoszą:

$$B = 50^{\circ}24'42.8922''; \quad L = 18^{\circ}52'39.9732''$$

Dzięki opracowaniu [4] znane są współrzędne punktu SG w układzie EUREF – 89 :

$$B = 50^{\circ}24'38.90851''; \quad L = 18^{\circ}52'30.89102''$$

oraz w Państwowym Układzie Współrzędnych Płaskich 1992:

$$X = 282639.302 \text{ [m]}; \quad Y = 491138.430 \text{ [m]}$$

Współrzędne przeliczono programem GEONET@\_unitrans w. 8.0 na wartości w Państwowym Układzie Współrzędnych Płaskich 1942 :

$$x = 5588831.427 \text{ [m]}; \quad y = 4349095.633 \text{ [m]}$$

oraz w układzie „1942” (BLh):

$$B = 50^{\circ}24'40.06746''; \quad L = 18^{\circ}52'37.19101''$$

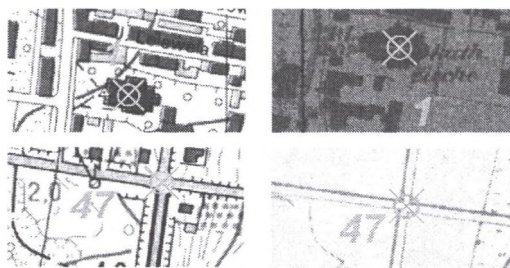
### 3. Konwersja treści map

#### 3.1. Transformacja między układami współrzędnych

W celu wyznaczenia parametrów transformacji współrzędnych z układu „Sucha Góra” do układu „1942” wykorzystano pakiet GEONET w wersji W/2002/2.3. Podstawą do wykonania zadania były punkty dostosowania, które zestawiono w dwóch zbiorach wejściowych o standardowych nazwach. Pozyskanie współrzędnych punktów dostosowania polegało na odszukaniu na mapach („Erzkarte” i topograficznych) tych samych punktów i odczytaniu ich współrzędnych. Mapy „Erzkarte” przedstawiają sytuację, jaka miała miejsce w 1912 r., a wykorzystywane mapy topograficzne zostały wykonane w latach 1993 – 1995. Okres 80. lat przyniósł ogromne zmiany w zabudowie, infrastrukturze, rzeźbie terenu, a co za tym idzie w topografii. Spowodowało to znaczne trudności w identyfikacji tych samych szczegółów terenowych i znacznie ograniczyło ich ilość. Punktami wspólnymi dla obu rodzajów map były: kościoły, kapliczki, punkt triangulacyjny oraz, w przeważającej liczbie, charakterystyczne punkty na skrzyżowaniach i załamaniach dróg. Mając na uwadze fakt, że w trakcie obliczeń może wystąpić konieczność wykluczenia ze zbioru niektórych punktów na skutek wprowadzania przez nich dużych błędów, wyznaczono wszystkie potencjalne punkty dostosowania. Kolejnym problemem, jaki pojawił się podczas realizacji zadania, był brak możliwości ustalenia punktów dostosowania rozmieszczonych równomiernie i na całym obszarze transformacji. Aby skrajne punkty dostosowania tworzyły figurę wypukłą obejmującą transformowany obszar, skalibrowano sąsiednie arkusze (nr 20, nr 15, nr 16, nr 17) opracowywanych map *Erzkarte* oraz ustalono na nich położenie dodatkowych punktów dostosowania. Ostatecznie liczba punktów wykorzystanych do obliczeń wyniosła 49. Przykładowe obrazy punktów dostosowania na obu rodzajach map pokazano na rys. 4.

Wykorzystywany program dał możliwość rozwiązania zadania za pomocą dwóch różnych modeli transformacji: afinicznej – opartej na ogólnym wielomianie algebraicznym stopnia 1 - 9 dwóch zmiennych; konforemnej – opartej na algebraicznym wielomianie zespolonym stopnia 1 - 9.

W celu określenia formuł transformacyjnych pomiędzy układem lokalnym a układem „1942” (w strefie, w której układ lokalny jest położony) przyjęto najpierw ogólny, wielomianowy model matematyczny transformacji, a następnie, opierając się na dostępnych zbiorach punktów dostosowania, identyfikowano jego parametry według zasady najmniejszych kwadratów. W tym procesie empirycznym istotną kwestią jest ustalenie optymalnego stopnia wielomianu. W ogólności, stopień ten powinien być wyższy od 1. Wymiernym kryterium wyboru stopnia wielomianu jest średniokwadratowa odchyłka współrzędnej na punktach dostosowania lub odpowiadająca średniokwadratowa odchyłka wektorowa punktu (błąd transformacji). Kontrolując ten parametr, wybrano możliwie najniższy stopień transformacji taki, że jego zwiększenie o 1 nie powodowało już istotnego spadku wartości błędu transformacji.



Rys. 4. Przykłady punktów dostosowania  
Fig. 4. Examples of tie points

Pomocny w określeniu stopnia wielomianu właściwego do wykonanych obliczeń był wykres, pokazujący zależność uzyskanych błędów transformacji od stopnia wielomianu. Wybrano czwarty stopień wielomianu. Odchyłki współrzędnych punktów dostosowania względem zastosowanego modelu transformacji ogólnej ukształtowały się na poziomie 0.1 – 5.0 m. Sporadycznie odchyłki uzyskały wartości większe, do 8.5 m. Średniokwadratowe odchyłki współrzędnych wyniosły:  $dx = 3.3735$  m,  $dy = 3.8230$  m. Obliczone na ich podstawie odchyłki dla punktów  $d_p$  zawierają się w przedziale: 0.27 – 11.0 m.

### 3.2. Wektoryzacja map

Przedmiot wektoryzacji stanowiły treści górnicze map „Erzkarte”, a więc były to: powierzchniowy zasięg występowania: rud cynku (galman, sfaleryt), rudy ołowiu (galeny), rudy siarki i żelaza brunatnego; granice kopalni cynku i granice kopalni ołowiu wraz z ich nazwami; granice występowania dolomitu, wyłukiwania piasku; przebieg wyrobisk:



przekopów i chodników; lokalizacja uskoków; położenie udostępnień pionowych: szybów, szybików, otworów wiertniczych; obszary starych, niebezpiecznych wyrobisk.

Zasięg galmanu i sfalerytu zróżnicowany został zgodnie z grubością eksploatacji: do 2 m, 2 - 4 m i ponad 4 m. Zamieszczono też informacje opisowe o grubości wydobycia tych złóż. Uwzględniono rodzaj rud, jakie występowały w wykonanych wyrobiskach chodnikowych. Treści map „Erzkarte”, których nie przeniesiono na mapę numeryczną to miejsca występowania domieszek i rud towarzyszących, zamarkowanych na mapach „Erzkarte” punktowo na tle występowania rudy zasadniczej. Problemem napotkanym w pracy były trudności w rozpoznaniu niektórych treści map, spowodowane ogólną ciemną barwą map, zlewaniem się poszczególnych kolorów i fragmentarycznymi uszkodzeniami rysunków. Do transformacji map wykonanych w układzie „Sucha Góra” do układu „1942” wykorzystano suplement nr 3 dla GEONET@\_unitrans w. 8.0: „*Transformacja map numerycznych pomiędzy różnymi układami współrzędnych dla AutoCAD*”.

#### 4. Wnioski

Realizacja pracy zrodziła następujące wnioski:

- dokładność procesu kalibracji istotnie zależy od jakości map. Zniszczenie i wytarcie treści map, w miejscach gdzie naniesione są elementy układu współrzędnych, utrudniają bądź uniemożliwiają wpasowanie rysunku w układ współrzędnych poprzez kalibrację,
- każdy rodzaj map musi być w procesie kalibracji rozpatrywany indywidualnie, tzn. nie można z góry stwierdzić, że należy zastosować dany model kalibracji. Dopiero zastosowanie różnych modeli pozwala wybrać, na podstawie wartości błędów kalibracji oraz wpasowania mapy w układ współrzędnych, model odpowiedni dla danego rodzaju map,
- podczas stosowania programów odtwarzających odwzorowania i układy współrzędnych należy pamiętać, że metoda ta nawiązuje do genezy matematycznej tych układów i odwzorowań. Jednak definicja układu stworzona przez jego twórcę to jedno, a faktyczna realizacja układu to drugie,
- sposób na przejście między różnymi układami map, jakim jest transformacja, pozwala przede wszystkim na pracę w rzeczywistym układzie współrzędnych mapy. Minusem wydaje się jednak konieczność znajomości współrzędnych punktów dostosowania w obu

rozpatrywanych układach współrzędnych. W ślad za tym wymogiem podąża wpływ całej serii błędów, począwszy od niedokładności związanych ze sposobem wyznaczenia położenia obiektów w terenie, przez dokładność wykonania mapy aż do błędów odczytania współrzędnych z rysunku,

- jeżeli praca dotyczy map wykonanych w dużym odstępie czasu, należy spodziewać się problemów ze znalezieniem wspólnych punktów na mapach, co wynika ze zmian, jakie zachodzą w topografii wraz z upływem czasu.

Podsumowując całość wykonanych prac i uzyskanych wyników, należy zastanowić się także nad ewentualnym sposobem poprawienia otrzymanych efektów. Sugestią może być wyznaczenie współrzędnych punktów dostosowania w układzie docelowym („1942”) drogą pomiarów GPS, w celu zmniejszenia odchyłek współrzędnych punktów dostosowania. Takie postępowanie wyeliminowałoby wpływ błędów związanych z wykonaniem współczesnych map topograficznych oraz odczytaniem z nich współrzędnych punktów dostosowania. Aktualna pozostałaby jednak wciąż jakże istotna kwestia poprawnej identyfikacji punktów dostosowania. Inną ewentualność stanowi odtworzenie parametrów odwzorowania, które zaowocowałoby możliwością wykorzystania programów, realizujących automatyczne przejście między systemami współrzędnych.

## LITERATURA

1. Praca zespołowa Pracowni Historii Górnictwa i Hutnictwa Instytutu Historii Kultury Materialnej PAN pod redakcją Jana Pazura: Zarys dziejów górnictwa na ziemiach polskich, tom I i II. Wydawnictwo Górnictwo – Hutnicze, Katowice 1961.
2. Michałowski J., Sikorski T.: Katalog punktów trygonometrycznych w granicach Rzeczypospolitej Polskiej. Biblioteka Służby Geograficznej, tom 8, Warszawa 1932.
3. Niemczyk O.: Bergmännisches Vermessungswesen - ein Handbuch des Markscheidewesens: Mathematisch–markscheiderische Grundlage Ausgleichsrechnung, Landesvermessung. Akademie - Verlag, Berlin 1951.
4. Szafarczyk A., Szymczyk M.: Wykorzystanie Gyromatu 2000 w przeliczeniach między układami współrzędnych na Górnym Śląsku. Zeszyty Naukowe AGH, s. Geodezja, tom 9, zeszyt 2/1, Kraków 2003.

*Pracę sfinansowano w ramach grantu 4 T12E 058 29.*

Recenzent: Dr hab. inż. Jan Białek, prof. w Pol. Śl.