

Czesław KRÓLIKOWSKI, Jerzy TWAROGOWSKI

Mapa rozkładu gęstości skał występujących nad poziomem morza w Polsce

Przedstawiono wyniki pomiarów gęstości skał występujących nad poziomem morza. Mapa w oryginalnej skali 1:500 000 została opracowana na podstawie wyników oznaczeń w 1370 punktach na całym obszarze Polski. Stanowi to podstawę kompleksowych interpretacji geofizycznych metodą strippingu i modelowania grawimetrycznego.

WSTĘP

Wyjściowym materiałem grawimetrycznym do wszelkich analiz zarówno jakościowych, jak i ilościowych są mapy anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera. Dla uzyskania ostatecznego wyniku konieczna jest eliminacja wpływu morfologii terenu i mas skalnych zalegających nad poziomem morza, co wymaga znajomości gęstości tych mas skalnych.

Pierwszą poważniejszą próbą syntezy danych o gęstości skał nad poziomem morza w Polsce było opracowanie mapy w skali 1:1 000 000 oparte na pomiarach laboratoryjnych próbek skał z rdzeni 90 otworów wiertniczych (A. Dąbrowski, Z. Kaczkowska, 1965). Dane pochodziły z lat 1954–1961, gdy Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych wykonywało tylko pomiary gęstości próbek suchych bez pomiaru porowatości. Tak określona gęstość, szczególnie dla skał kenozoicznych, była daleka od gęstości rzeczywistej. Autorzy cytowanej pracy opracowali zależność porowatości efektywnej od gęstości próbki suchej na podstawie pomiarów próbek pochodzących z sześciu otworów wiertniczych. Wykorzystując te zależności skorygowano dane pochodzące z lat pięćdziesiątych. Tak skonstruowana mapa wykazywała duże różnice regionalne gęstości, od 2,10 do 2,80 g/cm³. Średnia ważona wyznaczona dla obszaru

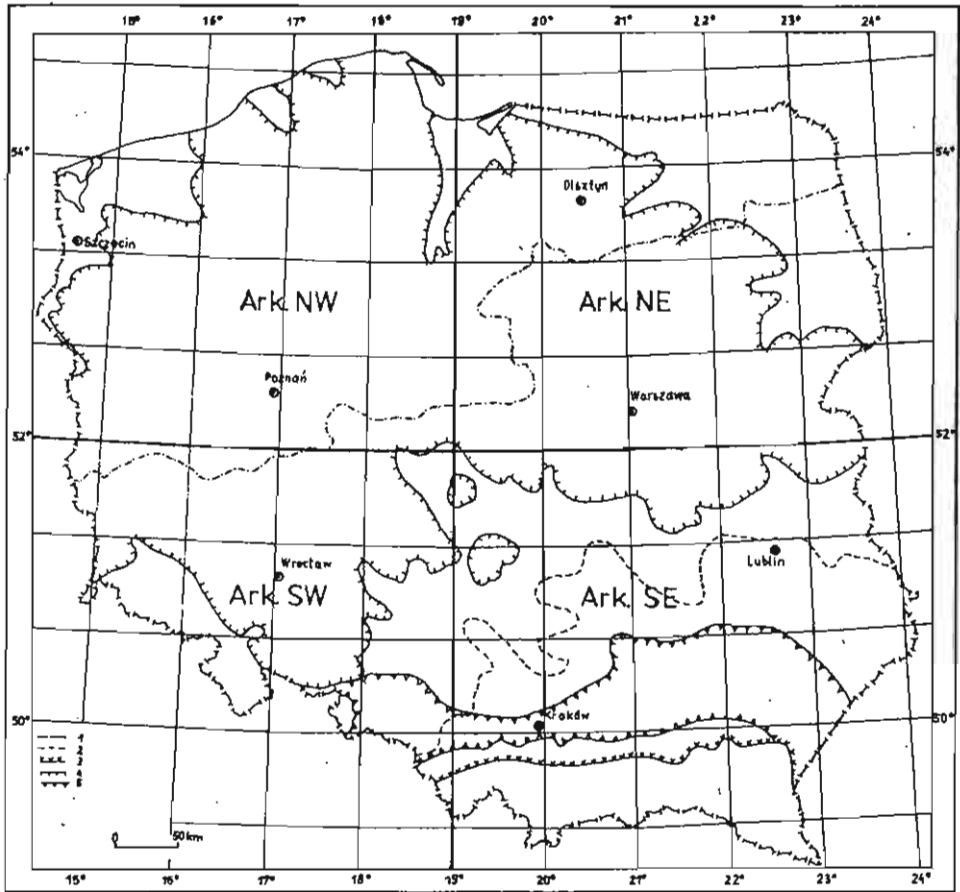


Fig. 1. Mapa zasięgu kolejnych zlodowaceń oraz zasięgu występowania niektórych facji trzeciorzędowych w Polsce

The map of the extension of successive glaciations and of the extension of some Tertiary facies in Poland

Zasięgi zlodowaceń: 1 — północnopolskiego, 2 — środkowopolskiego, 3 — południowopolskiego; zasięgi miocenu: 4 — w facji lądowej, 5 — w facji morskiej

The extension: 1 — of North-Polish Glaciation, 2 — of Middle-Polish Glaciation, 3 — of South-Polish Glaciation; 4 — Miocene continental facies; 5 — Miocene marine facies

całego kraju wyniosła $2,25 \text{ g/cm}^3$. Mapa ta była przez wiele lat podstawą wyliczenia anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera w ramach wykonywanych zdjęć gravimetrycznych.

W końcu lat siedemdziesiątych Instytut Geologiczny wraz z Przedsiębiorstwem Badań Geofizycznych podjęły wieloletnią pracę nad stworzeniem banku danych gravimetrycznych i opracowaniem jednolitej mapy gravimetrycznej Polski w skali 1:50 000 i 1: 200 000. Do wyliczania anomalii w redukcji Bouguera przyjęto na Niżu Polskim gęstość $2,25 \text{ g/cm}^3$, a w Polsce południowej $2,60 \text{ g/cm}^3$. Wadą takiej mapy jest możliwość pojawienia się anomalii fikcyjnych odzwierciedlających ukształtowanie

Tabela 1
Gęstość utworów czwartorzędowych w g/cm³

Utwory	Obszar A	Obszar B	Obszar C
Piaski i żwiry	2,11	2,06	2,06
Gliny zwałowe	2,24	2,29	2,25
Iły	2,21	2,22	2,20
Mułki	2,17	2,08	1,99
Torfy	–	1,15	–
Lessy	–	–	2,00

A — obszar zlodowacenia północnopolskiego (fig. 1); B — obszar zlodowacenia środkowopolskiego z wyłączeniem obszaru A; C — obszar zlodowacenia południowopolskiego z wyłączeniem obszarów A i B

terenu na obszarach, na których przyjęta gęstość znacznie różni się od gęstości rzeczywistej. Zaletą mapy jest natomiast jej jednolitość na dużych obszarach z przyjętą stałą gęstością. Nie bez znaczenia jest też łatwość przeliczenia takiej mapy na inną gęstość, jeśli tylko ma się dane o wysokości terenu.

Niniejsza praca jest syntezą danych uzyskanych w latach 1962–1988 przy stosowaniu jednolitej metodyki pomiarów gęstości. Przedstawia aktualny stan rozpoznania gęstości skał występujących powyżej poziomu morza.

MATERIAŁ ŹRÓDŁOWY DO OPRACOWANIA MAPY GĘSTOŚCI

Podstawowym materiałem rozpoznania gęstości skał nad poziomem morza były pomiary laboratoryjne wykonywane głównie przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych na zlecenie Państwowego Instytutu Geologicznego. Jak wspomniano we wstępie, ze względów metodycznych uznano za miarodajne pomiary, wykonane po 1962 r. Wtedy bowiem mierzono dodatkowo porowatość efektywną, której znajomość pozwalała na wyznaczenie gęstości mierzonej w warunkach zbliżonych do naturalnych. Próbki skał pochodziły zarówno z otworów wiertniczych, jak i z odsłoneń w obszarach odkrytych.

Dla celów porównawczych wykorzystano również dane uzyskane radiometryczną metodą gamma-gamma w wariancie przypowierzchniowym. Nie uwzględniono natomiast wyników pomiarów tą metodą w głębokich otworach wiertniczych ze względu na niezadowalający stan techniczny aparatury oraz brak właściwej kalibracji i standaryzacji sond pomiarowych.

Laboratoryjne pomiary gęstości próbek dotyczyły tylko niektórych otworów wiertniczych. Dla dużej grupy otworów dokonano szacowania gęstości, wykorzystując do tego m.in. znajomość profilu litologicznego otworu opracowanego na podstawie wiercenia i pomiarów geofizycznych w otworach.

Tabela 2

Gęstość utworów trzeciorzędowych w g/cm³

Utwory	Obszar I	Obszar II	Obszar III
Piaski	2,08 ~	2,06	2,05
Mułki	2,00	2,06	-
Iły	2,01	2,00	2,06
Mułowce	2,13	2,04	2,19
Ilowce	-	2,20	2,34
Piaskowce	2,17	2,13	2,38
Margle	-	-	2,34
Opoki	2,10	-	-
Anhydryt	-	-	2,74
Gipsy	-	-	2,45
Wapienie	-	-	2,24
Kaoliny	-	2,08	-
Węgiel brunatny	-	1,34	-

I — obszar wychodni paleogenu pod czwartorzędem w NE Polsce (fig. 1); II — obszar występowania miocenu w facji lądowej; III — obszar występowania miocenu w facji morskiej w zapadlisku przedkarpackim

Mapy rozkładu gęstości skał nad poziomem morza opracowywano sukcesywnie dla czterech arkuszy mapy w skali 1:500 000 (fig. 1). Na arkuszu północno-zachodniej Polski uwzględniono wszystkie dane uzyskane do końca 1983 r., na arkuszu Polski południowo-zachodniej — do końca 1985 r., natomiast na arkuszach Polski północno-wschodniej i południowo-wschodniej — do końca 1988 r.

METODYKA OPRACOWANIA DANYCH

Na Niżu Polskim powyżej poziomu morza występują głównie skały kenozoiczne, które wyróżniają się małą konsolidacją. Dlatego też pomiary gęstości tych skał i ich opracowanie wymagały specjalnego podejścia. Same pomiary gęstości próbek powietrzno-suchych i porowatości efektywnej nie zapewniały jeszcze uzyskania gęstości objętościowej. Należało dodatkowo uwzględnić stan pełnego nasycenia przestrzeni porowych oraz skurczliwość skał ilastych w czasie ich wysychania. Wymagało to odpowiedniego skorygowania wyników (C.Królikowski, red., 1988).

Jeśli w skład kompleksu utworów leżących powyżej poziomu morza wchodziły skały przedkenozoiczne, to wpływ stanu nasycenia i skurczliwości nie był uwzględniany z powodu na ogół mniejszych porowatości i mniejszego stopnia skurczliwości przy wysychaniu tych skał.

Korzystając z wyników pomiarów gęstości i profili litologicznych wyznaczono średnie gęstości dla poszczególnych typów litologicznych, a następnie, w przypadku skał kenozoiku, dokonano korekty wpływu nasycenia i skurczliwości. Tak wyznaczone

Tabela 3

Gęstość utworów prepermskich w regionie dolnośląskim w g/cm^3

Jednostki geologiczne	Skąły dominujące	Gęstość
Niecka północnosudecka	piaskowce i mułowce	2,66
	łupki	2,74
Metamorfik Gór Kaczawskich	łupki (strefa N)	2,57
	zieleńce (strefa N)	2,77
	diabazy (strefa N)	2,71
	łupki (strefa S)	2,73
	zieleńce (strefa S)	2,85
Blok karkonosko-izerski	gnejsy	2,64
	granity	2,61
	zieleńce	2,75
Niecka śródsudecka	piaskowce—mułowce—zlepiefce	2,63
Struktura Świebodzic	zlepiefce	2,66
Blok Gór Sowich	gnejsy	2,67
Struktura bardzka	łupki—zlepiefce	2,72
Masyw kłodzko-złotostocki	granitoidy	2,63
Metamorfik kłodzki	amfibolity—diabazy	2,78
Rów Nysy Kłodzkiej	gnejsy	2,61
Metamorfik Gór Bystrzyckich i Orlickich	łupki—gnejsy	2,63
	łupki—gnejsy	2,63
Metamorfik Łądką i Śnieżnika	iłowce—mułowce	2,60
Sudety Wschodnie	łupki—gnejsy	2,65

średnie dla danego typu litologicznego skał i dla danego otworu czy odkrywki były podstawą do charakterystyki gęstościowej skał.

Charakterystyka skał czwartorzędu wykazuje zróżnicowanie gęstości zarówno ze względu na występujące utwory, jak i zasięg poszczególnych zlodowaceń (tab. 1).

Charakterystyka gęstościowa skał trzeciorzędu jest zróżnicowana ze względu na występowanie utworów w poszczególnych obszarach (tab. 2, I–III).

Gęstość uzyskaną z pomiarów laboratoryjnych próbek z rdzeni wiertniczych i odkrywek w regionie dolnośląskim dla utworów prepermskich podano w tab. 3 (C. Królikowski i in., 1988). Uwzględniono tu skały, które mają główny udział w budowie danej jednostki geologicznej. Podane wartości są średnimi dla próbek pochodzących zarówno z otworów wiertniczych, jak i odkrywek.

Średnie gęstości utworów starszych od kenozoiku, występujących w obrzeżeniu GZW, a także w GZW i Karpatach Zachodnich (S. Bachnacki, H. Margul, 1989), wynoszą na ogół znacznie ponad $2,0 \text{ g/cm}^3$ (tab. 4). Ta część utworów, która występuje powyżej poziomu morza, ma swój udział w zwiększeniu gęstości płyty.

Gęstość średnia wyznaczona na podstawie pomiarów w 10 otworach dla fliszu karpackiego wynosi $2,65 \text{ g/cm}^3$. Wartość tę przyjęto do szacowania gęstości utworów płyty na obszarze Karpat fliszowych.

Utwory starsze od kenozoiku, dla których wyznaczono średnie gęstości, zalegające powyżej poziomu morza występują również na Lubelszczyźnie oraz w Górach Świętokrzyskich i ich otoczeniu (tab. 5) — C. Królikowski, J. Twarogowski (1989).

Tabela 4

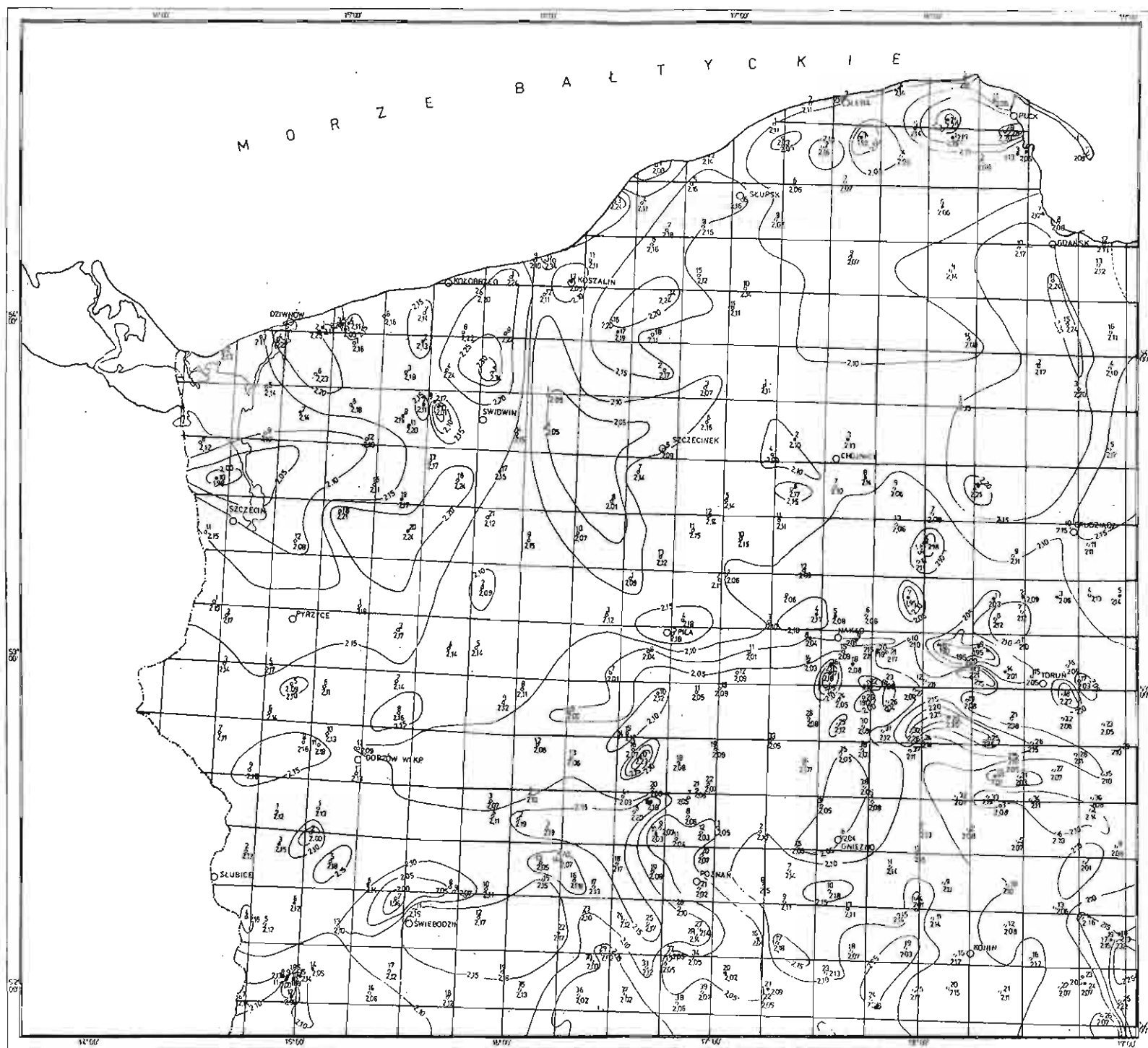
Gęstość utworów starszych od kenozoiku w obrzeżeniu GZW oraz w GZW i Karpatach Zachodnich

Wiek skał	Litologia	Gęstość g/cm ³
Obrzeżenie GZW		
Kreda górna	skały węglanowe	2,16
	skały klastyczne	2,00
Jura górna	skały klastyczne	2,66
Jura środkowa	skały klastyczne	2,43
Jura dolna	skały klastyczne	2,06
Trias — kajper	skały klastyczne	2,36
Trias — wapień muszlowy	skały klastyczne	2,57
Trias — ret	skały klastyczne	2,56
Trias — pstry piaskowiec środkowy	skały klastyczne	2,50
Perm dolny	skały klastyczne	2,45
Karbon	skały klastyczne	2,62
Dewon	skały klastyczne	2,72
GZW i Karpaty Zachodnie		
Kreda dolna	łupki	2,59
	ilołupki	2,33
	piaskowce	2,59
Karbon	węgiel	1,66
	mułowce	2,58
	piaskowce	2,50
	iłowce	2,71

Powyższe dane tabelaryczne stały się podstawą do szacowania gęstości skał dla tych otworów wiertniczych, w których nie były mierzone gęstości, natomiast znane były profile litologiczne. Szacowanie gęstości skał dla tych otworów odbywało się podobnie jak dla otworów z pomiarami gęstości, tzn. liczone średnie wagone, dla których współczynnikami wagowymi były miąższości poszczególnych wydzieleni litologicznych czy stratygraficznych.

CHARAKTERYSTYKA GĘSTOŚCI SKAŁ WYSTĘPUJĄCYCH NAD POZIOMEM MORZA

Wyniki oznaczeń gęstości przedstawiono na mapie w skali 1:500 000 (fig. 2-5). Izodensy kreślono w cięciu co 0,05 g/cm³. Tylko na części obszaru Sudetów i bloku przedsudeckiego izarytmy gęstości wyznaczano co 0,10 g/cm³. Numeracja otworów



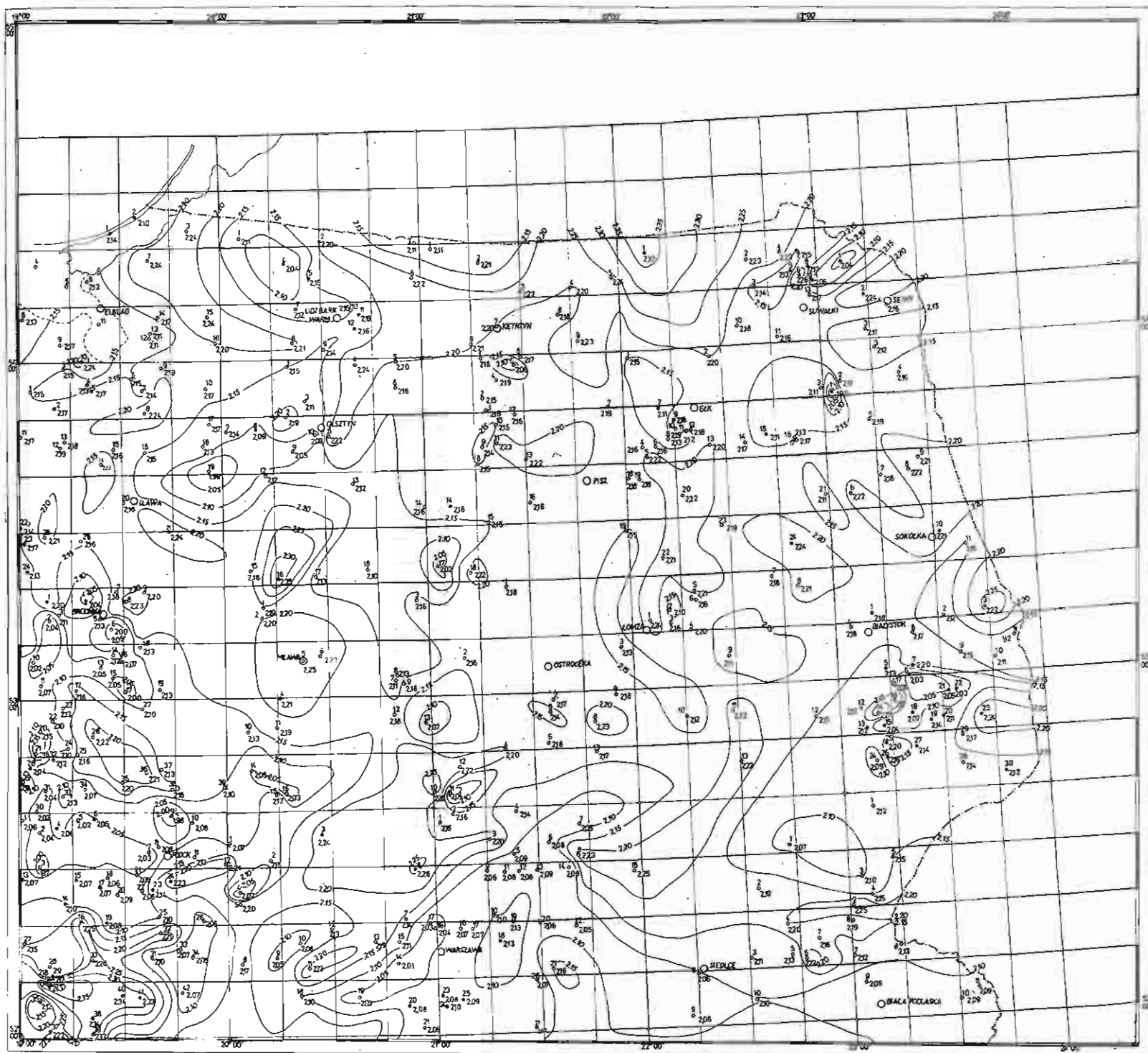


Fig. 3. Mapa gęstości utworów występujących nad poziomem morza w Polsce północno-wschodniej

Map of density of the formations existing above sea level in NE Poland

Objaśnienia jak na fig. 4

Explanations as given in Fig. 4

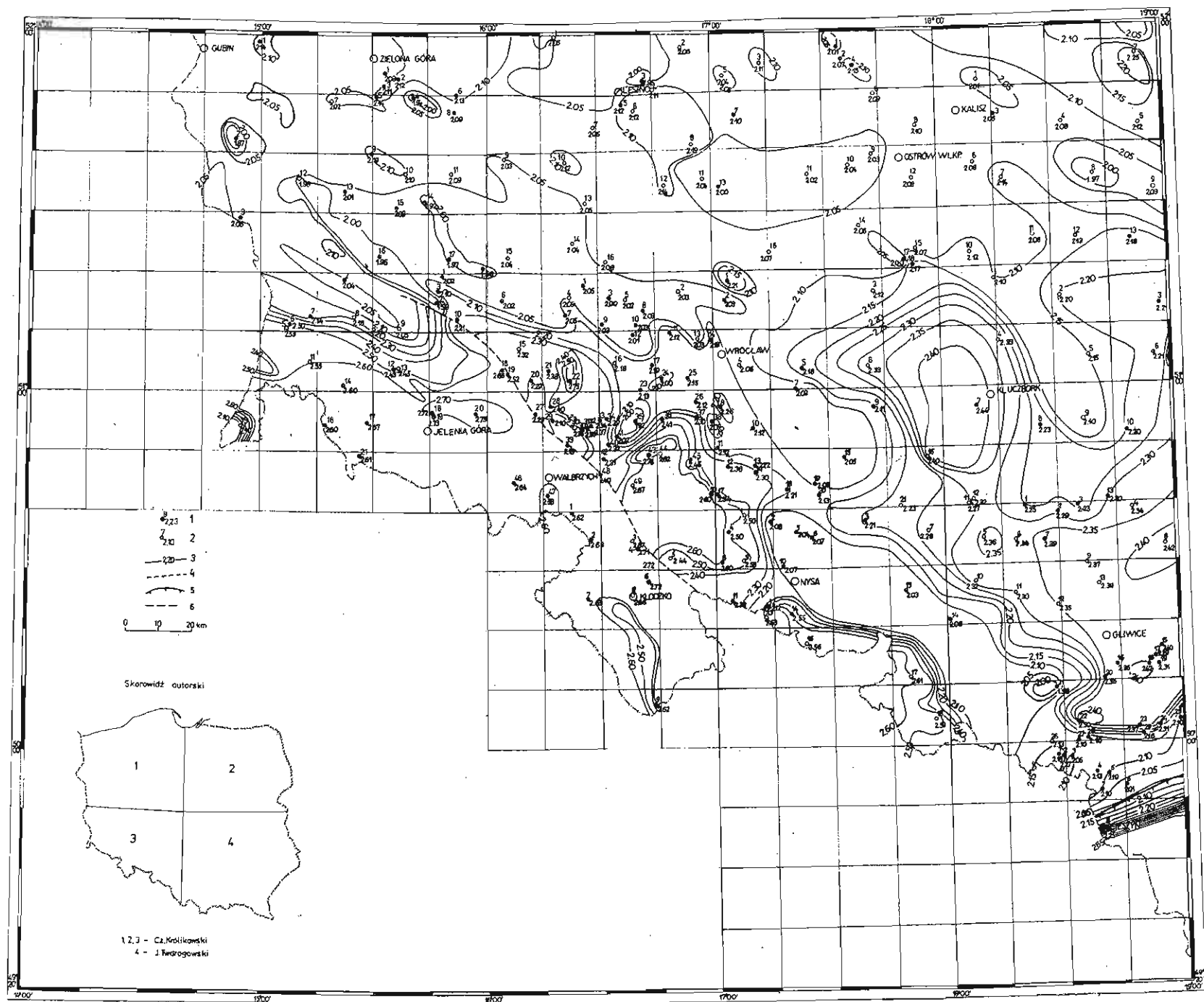


Fig. 4. Mapa gęstości utworów występujących nad poziomem morza w Polsce południowo-zachodniej

The map of density of the formations existing above sea level in SW Poland

1 — otwór wiertniczy, w którym oznaczono gęstość (podano średnią ważoną gęstość w g/cm^3 oraz numer katalogowy otworu); 2 — otwór wiertniczy, w którym nie oznaczono gęstości (podano oszacowaną gęstość ważoną w g/cm^3 oraz numer katalogowy otworu); 3 — izodensy; 4 — obszary poniżej poziomu morza; 5 — granica nasunięcia Karpat; 6 — uskoki brzeżny sudecki; na mapie oznaczono miejscowości, od których pochodzą nazwy arkuszy mapy w skali 1 : 200 000

1 — borehole with density determined (average weighted density in g/cm^3 , and catalogue number of borehole are given); 2 — borehole with density not determined (estimated weighted density in g/cm^3 , and catalogue number of borehole are given); 3 — isodensities; 4 — terrains below sea level; 5 — boundary of Carpathian Overthrust; 6 — Marginal Sudetic Fault; at the map the localities were placed, from which the denominations of the map sheets 1:200 000 were derived

Tabela 5
Gęstość skał starszych od kenozoiku na Lubelszczyźnie i w Górach Świętokrzyskich

Wiek skał	Litologia	Gęstość g/cm ³
Kreda górna	opoki	2,17
	wapienie	2,46
	piaskowce	2,15
	margle	2,11
	kreda	2,02
Kreda dolna	piaskowce	1,88
	wapienie	2,28
	mułowce	2,35
	margle	2,20
Jura górna	mułowce-wapienie-margle	2,49
	wapienie rauraku	2,44
Jura środkowa	piaskowce	2,26
Jura dolna	iłowce	2,40
	łupki ilaste	2,10
	piaskowce	2,29
Trias	dolomity	2,52
	wapienie	2,56
	iłowce-mułowce	2,39
	łupki ilaste	2,50
	ity	2,24
	piaskowce	2,40
Dewon	dolomity	2,74
	piaskowce	2,62
	iłowce	2,66
Kambr	iłowce-mułowce	2,64

oddzielna dla kolejnych arkuszy mapy 1:200 000 odpowiada numeracji katalogu otworów w opracowaniu archiwalnym.

Opracowana mapa uwzględnia wyniki pomiarów gęstości próbek pobranych z 413 otworów wiertniczych i wyniki szacowania gęstości skał dla 957 otworów, a także wyniki pomiarów gęstości próbek z około 1000 odkrywek (głównie w Sudetach i na bloku przedsudeckim). Daje to zagęszczenie, nie licząc odkrywek i pomijając nierównomierność rozkładu otworów, 1 punkt na około 230 km², czyli w przyjętej skali 1 punkt na 9 cm².

Obraz rozkładu gęstości związany jest z budową geologiczną danego obszaru. Gęstość skał nad poziomem morza zależy głównie od wieku skał, a następnie od litologii, zawodnienia itp. Na Niziu Polskim gęstość tych skał odpowiada gęstości

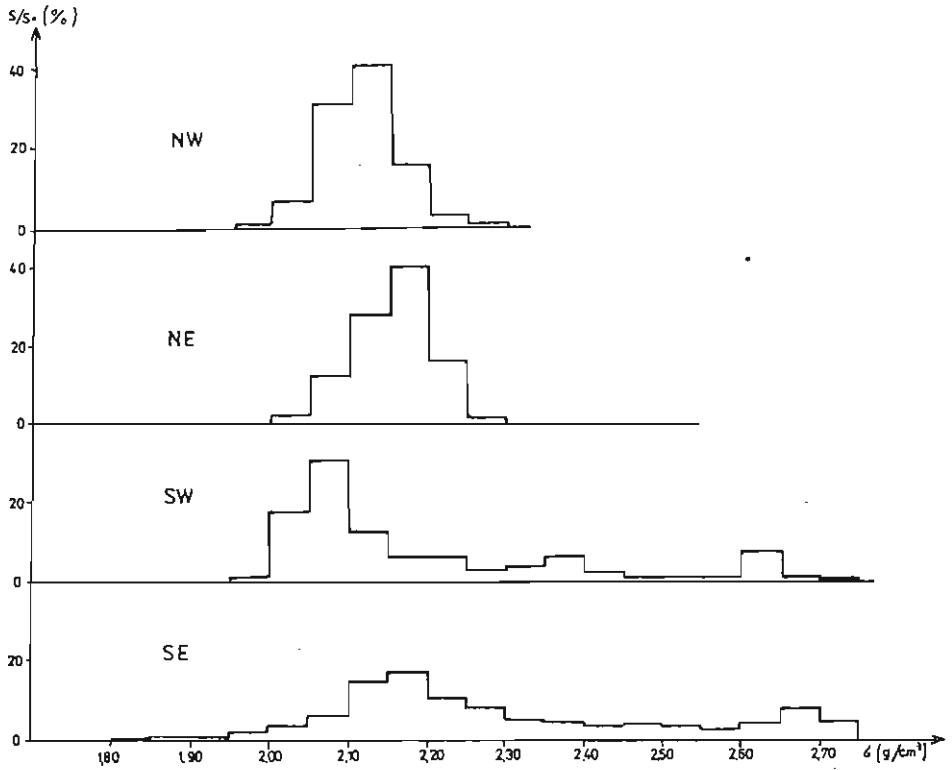


Fig. 6. Histogramy średniej gęstości ważonej, gdzie współczynnikiem wagowym była powierzchnia odpowiadająca danemu przedziałowi gęstości; kolejne histogramy podano dla arkuszy NW, NE, SW i SE Polski

The histograms of the average weighted density, where the area corresponding the given interval of density was taken as the weighting coefficient; the successive histograms were given for the map sheets NW, NE, SW and SE of Poland

utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych w przedziale $2,00\text{--}2,30\text{ g/cm}^3$. W regionie dolnośląskim decydują o niej utwory metamorficzne i magmowe, głównie prekambryjskie i staropaleozyczne. Ich gęstość jest przeważnie wyższa niż $2,50\text{ g/cm}^3$. W Górach Świętokrzyskich płytko występujące podłoże budują głównie skały karbonu, dewonu i starsze, a na obrzeżeniach również utwory jury i triasu. Gęstość tych skał jest na ogół większa niż $2,40\text{ g/cm}^3$. W Karpatach o gęstości utworów płyty decyduje gęstość fliszu zawierająca się w wąskim przedziale $2,60\text{--}2,70\text{ g/cm}^3$. Obszarem przejściowym jest monoklina śląsko-krakowska i niecka górnośląska. Mała miąższość utworów kenozoiku sprawia, że o gęstości płyty decydują skały jury, triasu i karbonu, dla których zawiera się ona w szerokim przedziale $2,40\text{--}2,70\text{ g/cm}^3$.

Rozkład gęstości dla kolejnych arkuszy mapy przedstawiono na histogramach (fig. 6), a dla całego kraju na fig. 7. Histogramy wykreślono na podstawie map gęstości (fig. 2–5) wyznaczając procentowy udział powierzchni odpowiadającej danemu przedziałowi gęstości w powierzchni całego arkusza. Maksima na tych krzywych odpowiadają

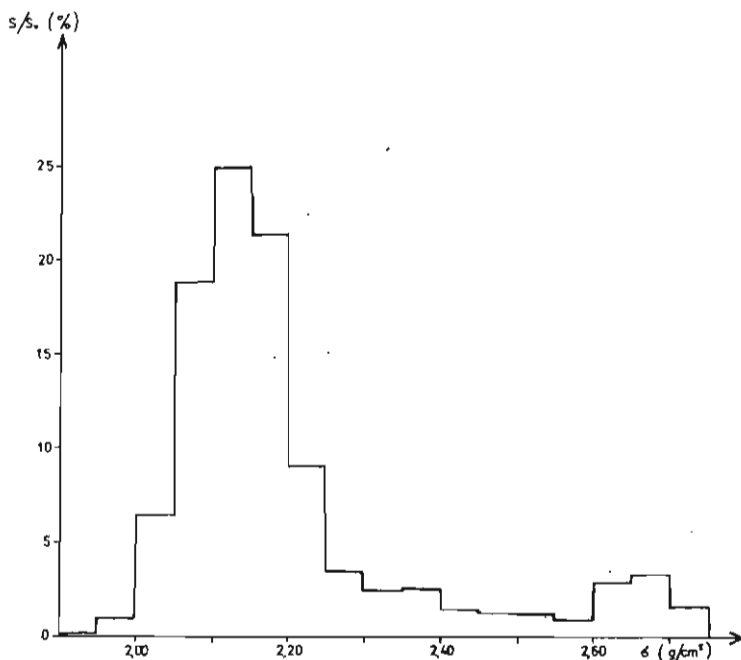


Fig. 7. Histogram średniej gęstości ważonej dla całej Polski
The histogram of the average weighted density for the whole Poland

takim przedziałom gęstości, których izolinie ograniczają największą część obszaru. Pozwalają one na wyznaczenie średnich gęstości ważonych dla kolejnych arkuszy i dla całej Polski. Średnie ważone wynoszą odpowiednio: 2,11, 2,16, 2,20 i 2,30 g/cm³ dla NW, NE, SW i SE Polski. Zwiększone wartości dla Polski południowej związane są z budową geologiczną, o czym mówiono wyżej.

Średnia dla całej Polski wynosi 2,22 g/cm³, a krzywa rozkładu gęstości wykazuje dwa maksima — jedno wysokie o średniej gęstości 2,13 g/cm³, drugie zaś niskie o gęstości średniej 2,66 g/cm³. Pierwsze maksimum odpowiada gęstości na obszarach niżowych z przewagą skał kenozoicznych, drugie zaś obszarom górskim z przewagą utworów starszych i fliszu.

Izodensy kreślono przy uwzględnieniu dwóch kryteriów: zasady liniowej interpolacji oraz budowy geologicznej powyżej poziomu morza. Pierwsze kryterium było głównie wykorzystywane na obszarach niżowych, drugie zaś na obszarach górskich.

WNIOSKI

1. Duża zmienność gęstości skał występujących powyżej poziomu morza obliguje do opracowywania map anomalii Bouguera ze zmienną, a nie stałą gęstością płyty. Przy obecnym stopniu rozpoznania gęstości ma to głównie znaczenie dla map o skali mniejszej (1: 500 000 i 1:200 000).

2. Opracowywanie map anomalii grawimetrycznych o skali większej może być oparte na gęstości stałej, jednak zróżnicowanej w zależności od obszaru. Na obszarach niżowych powinna wynosić 2,13 (w zaokrągleniu 2,15) g/cm^3 , a nie jak dotychczas 2,25 g/cm^3 . Wyjątek stanowi monoklina śląsko-krakowska, gdzie skały charakteryzują się zwiększoną gęstością w przedziale 2,30–2,50 g/cm^3 . W Sudetach, na części bloku przedsudeckiego, w Karpatach i Górach Świętokrzyskich można stosować w dużym przybliżeniu gęstość 2,60 g/cm^3 .

3. Rzadka i nierównomierna sieć punktów z danymi gęstości w porównaniu z zagęszczeniem półszeregówłowego zdjęcia grawimetrycznego Polski kwalifikuje opracowaną mapę jako przeglądową. Stopień rozpoznania gęstości w zestawieniu z potrzebami interpretacji grawimetrycznej jest daleko niewystarczający. Istnieje więc potrzeba dalszych badań gęstości skał szczególnie w otworach wykonywanych na bieżąco.

PIŚMIENICTWO

- BACHNACKI S., MARGUL H. (1989) — Ocena wyników geologiczno-wiertniczych i geofizycznych NE obrzeżenia GZW. Arch. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- DĄBROWSKI A., KACZKOWSKA Z. (1965) — Mapa średnich gęstości warstwowych utworów występujących w Polsce nad poziomem morza. Kwart. Geol., 9, p. 203–215, nr 1.
- KRÓLIKOWSKI C. (red.), BRONOWSKA E., BUJNOWSKI W., DĄBROWSKI A., GROBELNY A., JASIŃSKI Z., TWAROGOWSKI J., (1988) — Rozkład gęstości utworów kenozoicznych i permsko-mezozoicznych w północno-zachodniej Polsce. Pr. Państw. Inst. Geol., 124.
- KRÓLIKOWSKI C. i in. (1988) — Zastosowanie metody odejmowania efektów grawitacyjnych do wyznaczenia anomalii od podłoża podpermskiego w SW Polsce. Arch. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- KRÓLIKOWSKI C., TWAROGOWSKI J. (1989) — Opracowanie map geofizycznych (III etap). Arch. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

Czesław KRÓLIKOWSKI, Jerzy TWAROGOWSKI

THE MAP OF DISTRIBUTION OF THE DENSITY OF ROCKS
EXISTING ABOVE SEA LEVEL IN POLAND

S u m m a r y

The maps of the gravity anomalies using Bouguer reduction are the starting gravimetric material for all the qualitative and quantitative analyses. To achieve the reduction, the knowledge of the density of the rock masses lying above sea level is necessary.

The first trial of the serious synthesis of the data about the rock density above sea level was done in the year 1965. The laboratory measurements of the samples of rocks were done from the cores of about 90 boreholes drilled in the period 1954–1961. After elaborating of the dependence of the effective porosity on the density of the dry sample, the data from the fifties were corrected and the map of the density of rocks above sea level was put together in the scale 1:1 000 000. The map showed the existence of great regional differences of the density between 2.10–2.80 g/cm³. The weighted average for Poland was 2.25 g/cm³.

In the end of the seventies, the work upon preparing the gravimetric bank of data, and evaluating of the uniform gravimetric map of Poland in the scale 1:50 000 and 1:200 000 has begun. To calculate the Bouguer anomalies it was accepted for the area of Polish Lowland the density 2.25 g/cm³, and for Southern Poland the density 2.60 g/cm³.

The present work is the synthesis of data achieved in the years 1962–1988 using the uniform method of measurements of the density. To put together the maps, the densities achieved in the laboratory measurements, executed mainly by the Enterprise for Geophysical Investigations, were used. The samples of rocks were achieved from the boreholes and from the exposures. For the scientific aims, the data achieved using the gamma-gamma radiometric method near the surface were used.

The laboratory density measurements were made for the insufficient amount of boreholes. In the greater amount of boreholes, the density values were estimated, using the knowledge of the lithological profile and using the density characteristics for separate rocks from the defined region. After the determination of the bulk density of Cainozoic rocks lying above sea level, the state of full saturation of pore space and argillaceous rock contraction during drying were taken into account. In the case of the pre-Cainozoic rocks these elements were not taken into consideration.

The results were represented on the map in scale 1:500 000. The isolines corresponding to the increase of 0.05 g/cm³, and in the part of Sudetes and Fore-Sudetic Block of 0.10 g/cm³ were drawn. This map contains the data from the measurements of density in 413 boreholes, the estimation of density in 957 boreholes and the measurements of density in the samples from about 1000 exposures. Omitting the exposures, we obtain the data frequency of 1 point to about 230 km², that is in the accepted scale, 1 point to 9 cm².

The image of the distribution of the density is connected with the geological structure of the area. The density of rocks lying above sea level depends mainly on their age, lithology, water content and so on. The density of rocks in Polish Lowland is contained in the interval 2.00–2.30 g/cm³, and in Lower Silesia — above 2.50 g/cm³, in Holy Cross Mountains — above 2.40 g/cm³, in Carpathian Mountains — in the interval 2.60–2.70 g/cm³, and in the transition regions such as Silesian-Cracovian Monocline and Upper Silesian Trough — it achieves 2.60–2.70 g/cm³.

The average densities for the separate sheets of the map 1:500 000 amount to: for NW — 2.11 g/cm³, for NE — 2.16 g/cm³, for SW — 2.20 g/cm³, and for SE — 2.30 g/cm³, what shows the strict dependance on the type of rocks, laying above sea level.

The average density for the whole Poland equals 2.22 g/cm³.

While drawing the isolines the rule of linear interpolation, and in the mountainous regions the geological structure, were being taken into account.

In summary, it can be stated that the great differentiation of the density of rocks lying above sea level shows the necessity of using the variable density in the Bouguer reduction. The constant density may be used for maps in greater scales and it is proposed to use for the lowland area the density 2.15 g/cm³, on the Silesian-Cracovian Monocline — 2.30–2.50 g/cm³, and in the Sudetes, part of the Fore-Sudetic Block, in the Carpathian Mountains and Holy Cross Mountains — about 2.60 g/cm³.

Contemporaneously, the observation of the amount of points of measurements shows the insufficient degree of the survey, and allows to state, that farther investigation of the density of rocks is necessary.