

## WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

Jan SZEWCZYK

### WYNIKI BADAŃ GEOFIZYKI WIERTNICZEJ W OTWORACH WIERTNICZYCH KĘTRZYN IG 1 ORAZ KĘTRZYN IG 2

#### ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

Badania geofizyki wiertniczej zostały wykonane w obydwu otworach przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych (wcześniejsza nazwa P. Badań Geofizycznych). Badania te były wykonywane w latach 1964–1965 w otworze Kętrzyn IG 1 oraz w latach 1963–1964 w otworze Kętrzyn IG 2. W obydwu otworach wiertniczych badania zasadnicze wykonywano w czterech podstawowych odcinkach pomiarowych. W przypadku otworu Kętrzyn IG 2 przy końcowej głębokości otworu, wynoszącej 1867 m, badania wykonywano w różnym czasie, między 20 lutego a 3 września 1965 r. Szczegółowy zakres wykonanych badań przedstawiono odpowiednio w tabelach 21 i 22. W obydwu przypadkach wykonano podobny zakres badań, obejmujący profilowania: naturalnego promieniowania gamma (PG), profilowania neutronowe (PNG), profilowanie gamma-gamma (PGG), sondowania oporności sondami gradientowymi (SO), profilowania potencjałów samoistnych (PS), a także profilowanie średnicy (Psr) oraz pomiar krzywizny otworu (PK). Ponadto w obydwu otworach wykonano w większości odcinków pomiarowych profilowania temperatury w warunkach nieustabilizowanych (PTn), w tym pomiary dla określenia stropu cementu w przestrzeni porurami okładzinowymi (ówczesny sposób badania cementacji). Ponadto po ponad 6 miesiącach od zakończenia wiercenia, w otworze Kętrzyn IG 1 wykonano pomiar temperatury (PTu) w warunkach uznawanych intencjonalnie za ustabilizowane (szczegółową analizę wyników tych badań przedstawiono w dalszej części opracowania).

Profilowanie neutronowe typu neutron gamma (PNG) w przypadku otworu Kętrzyn IG 2 wykonano jednorazowo po uzyskaniu docelowej głębokości końcowej, obejmując w większości zarurowaną już w tym czasie część profilu wiercenia. Pomiar ten z obecnego punktu widzenia ma ograniczone znaczenie merytoryczne.

W badaniach radiometrycznych w otworze Kętrzyn IG 1 stosowano sondy NGGK-57, RARK, RK-60, a także SRS produkcji radzieckiej, badania temperatury wykonano ter-

mometrem ETMI. W otworze Kętrzyn IG 2 pierwszy typ badań – SRS-2 oraz RARK, a pomiar temperatury – ETMI-55.

Wyniki źródłowych danych pomiarowych zarejestrowano w formie analogowej w podstawowej skali głębokościowej 1:500. Wszystkie wykonane profilowania w obydwu otworach zdigitalizowano, w zakresie przewidzianym programem prac związanych z wprowadzeniem omawianych danych do Centralnej Bazy Danych Geologicznych (nr ID 2105 dla otworu Kętrzyn IG 1 oraz 2290 dla otworu Kętrzyn IG 2). W wyniku tych prac utworzono, zarówno w odniesieniu do wyników badań odcinkowych, jak i do danych połączonych i unormowanych, zbiory danych geofizycznych w formacie LAS (Log ASCII Standard).

Na figurach 39 oraz 40 przedstawiono zestawienie graficzne wykonanych typów profilowań w obydwu otworach wiertniczych. Jakość badań wykonanych w otworze Kętrzyn IG 1 wykonanym w latach 1964–1966 jest wyraźnie, szczególnie w odniesieniu do badań radiometrycznych, wyższa w stosunku do badań wykonanych w otworze Kętrzyn IG 2 wykonanym w latach 1963–1964. Wyniki profilowań naturalnego promieniowania gamma (PG) oraz profilowań neutronowych (PNG) unormowano oraz połączono w obrębie całych otworów wiertniczych.

Na figurze 40 przedstawiono wykresy głębokościowe unormowanych i połączonych wartości naturalnego promieniowania gamma, a także profilowania średnicy otworu, na którym wskazano głębokości łączenia poszczególnych odcinków pomiarowych. Przedstawiono również zgeneralizowany litologiczny profil wiertniczy, profil stratygraficzny, a także informację na temat głębokości odcinków rdzeniowanych oraz efektywności rdzeniowania. Otwór Kętrzyn IG 2 był w wyraźnie większym stopniu rdzeniowany niż otwór Kętrzyn IG 1. Zastosowana metodologia normowania profilowań gamma przedstawionych na obydwu figurach została opisana w pracy Szewczyka (2000).

Tabela 21

## Wykaz badań geofizycznych wykonanych w otworze wiertniczym Kętrzyn IG 1

Types of Kętrzyn IG 1 borehole logging methods

| Lp.      | Data pomiaru                        | Głębokość otworu<br>Nominalna<br>śred. wiercenia | Rodzaj<br>pomiaru   | Odcinek<br>pomiarowy |
|----------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| 1        | 28.07.<br>1964                      | 264,8 m<br><br>438 mm                            | PG (GR)             | 0,0–263,0            |
|          |                                     |                                                  | POP (MR)            | 10,0–232,0           |
|          |                                     |                                                  | PS (SP)             | 10,0–232,0           |
|          |                                     |                                                  | PsR (CALI)          | 4,0–234,5            |
|          |                                     |                                                  | PTn (TEMP)          | 6,5–230,0            |
|          |                                     |                                                  | PK                  | 50,0–250,0           |
|          |                                     |                                                  | PO-M0.25A.05B       | 4,0–267,0            |
|          |                                     |                                                  | PO-M0.5A0.1B        | 6,0–267,0            |
|          |                                     |                                                  | PO-M1.0B0.1B        | 6,0–267,0            |
|          |                                     |                                                  | PO-M2.5A0.25B       | 6,0–267,0            |
|          |                                     |                                                  | PO-M4.0A0.5B        | 7,0–267,0            |
|          |                                     |                                                  | PO-M8.0A0.5B        | 6,0–267,0            |
|          |                                     |                                                  | PO-B2.5A0.25M       | 6,0–267,0            |
|          |                                     |                                                  | PO-B0.1A1.0M        | 6,0–267,0            |
| 2        | 2.09.<br>1964<br><br>13.10.<br>1964 | 960 m<br><br>308 mm                              | PG (GR)             | 0,0–960,0            |
|          |                                     |                                                  | PNG (GNT)           | 52,0–960,0           |
|          |                                     |                                                  | PK                  | 275,0–960,0          |
|          |                                     |                                                  | PTn (TEMP)          | 0,0–960,0            |
|          |                                     |                                                  | PsR (CALI)          | 220,9–963,0          |
|          |                                     |                                                  | PS (SP)             | 250,0–950,0          |
|          |                                     |                                                  | PK                  | 950,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PO-M0.25A.05B       | 260,0–964,0          |
|          |                                     |                                                  | PO-M0.5A0.1B        | 260,0–960,0          |
|          |                                     |                                                  | PO-M1.0B0.1B        | 260,0–960,0          |
|          |                                     |                                                  | PO-M2.5A0.25B       | 260,0–960,0          |
|          |                                     |                                                  | PO-M4.0A0.5B        | 260,0–960,0          |
|          |                                     |                                                  | PO-M8.0A0.5B        | 260,0–960,0          |
|          |                                     |                                                  | PO-B2.5A0.25M       | 260,0–960,0          |
|          |                                     |                                                  | PO-B0.1A1.0M        | 260,0–960,0          |
|          |                                     |                                                  | PG (GR)             | 927,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PNG (GNT)           | 930,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PTn (TEMP)          | 953,0–1300,0         |
| 3        | 25.10<br>1964                       | 1301 m                                           | PG (GR)             | 927,0–1300,0         |
|          |                                     | 216 mm                                           | PNG (GNT)           | 930,0–1300,0         |
| 3<br>cd. |                                     |                                                  | PsR (CALI)          | 950,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PS (SP)             | 950,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PK                  | 953,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PO-M0.25A.05B       | 950,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PO-M0.5A0.1B        | 950,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PO-M1.0B0.1B        | 950,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PO-M2.5A0.25B       | 950,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PO-M4.0A0.5B        | 950,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PO-B2.5A0.25M       | 950,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PO-B0.1A1.0M        | 950,0–1300,0         |
|          |                                     |                                                  | PG (GR)             | 1300,0–1863,0        |
|          |                                     |                                                  | PGG (GGD)           | 953,5–1853,0         |
|          |                                     |                                                  | POP (MR)            | 1300,0–1861,5        |
|          |                                     |                                                  | PsR (CALI)          | 1300,0–1863,0        |
| 4        | 20–27.02.<br>1965                   | 1867 m<br><br>216 mm                             | PS (SP)             | 1300,0–1860,0        |
|          |                                     |                                                  | PK                  | 1300,0–1860,0        |
|          |                                     |                                                  | PO-M0.25A.05B       | 1250,0–1860,0        |
|          |                                     |                                                  | PO-M0.5A0.1B        | 1274,0–1850,0        |
|          |                                     |                                                  | PO-M1.0B0.1B        | 1274,0–1850,0        |
|          |                                     |                                                  | PO-M2.5A0.25B       | 1274,0–1850,0        |
|          |                                     |                                                  | PO-M4.0A0.5B        | 1274,0–1850,0        |
|          |                                     |                                                  | PO-B2.5A0.25M       | 1274,0–1850,0        |
|          |                                     |                                                  | PO-B0.1A1.0M        | 1274,0–1850,0        |
|          |                                     |                                                  | PTn (TEMP)          | 800,0–1630,0         |
|          |                                     |                                                  | PTn (strop cementu) | 0,0–1036,5           |
|          |                                     |                                                  | PGG (GNDT)          | 700,0–1033,0         |
|          |                                     |                                                  | PNG (GNT)           | 89,0–1646,0          |
|          |                                     |                                                  | PTu (TEMP)          | 150,0–1695,0         |
| 5        | 15.03.<br>1965                      | jw.                                              | PTn (strop cementu) | 0,0–1036,5           |
| 5a       | 29.04.<br>1965                      | jw.                                              | PNG (GNT)           | 89,0–1646,0          |
| 5b       | 3.09.<br>1965                       | jw.                                              | PTu (TEMP)          | 150,0–1695,0         |

Niska jakość badań radiometrycznych (profilowania gamma oraz neutronowe), w tym niestabilna praca sond pomiarowych (połowa lat 60.!), może wpłynąć na błędne zapisy wyników w niektórych fragmentach profilu, lub też odmienny technicznie sposób zapisu danych w obrębie tych samych korelujących się i raczej stabilnych formacji w analizowanych otworach. Bardzo wyraźna różnica w obydwu omawianych otworach jest obserwowana w charakterze

zmienności głębokościowej naturalnego promieniowania utworów triasu dolnego. W otworze Kętrzyn IG 1 jest obserwowany wyraźny spadek poziomu promieniowania gamma w kierunku spągu formacji, podczas gdy w otworze Kętrzyn IG 2 zjawisko to nie jest obserwowane. Brak zarejestrowanych cienkich warstw o wysokim poziomie naturalnego promieniowania gamma w pierwszym z otworów (związanych prawdopodobnie z występowaniem podwyż-

Tabela 22

## Wykaz typów badań geofizycznych wykonanych w otworze wiertniczym Kętrzyn IG 2

Types of Kętrzyn IG 2 borehole logging methods

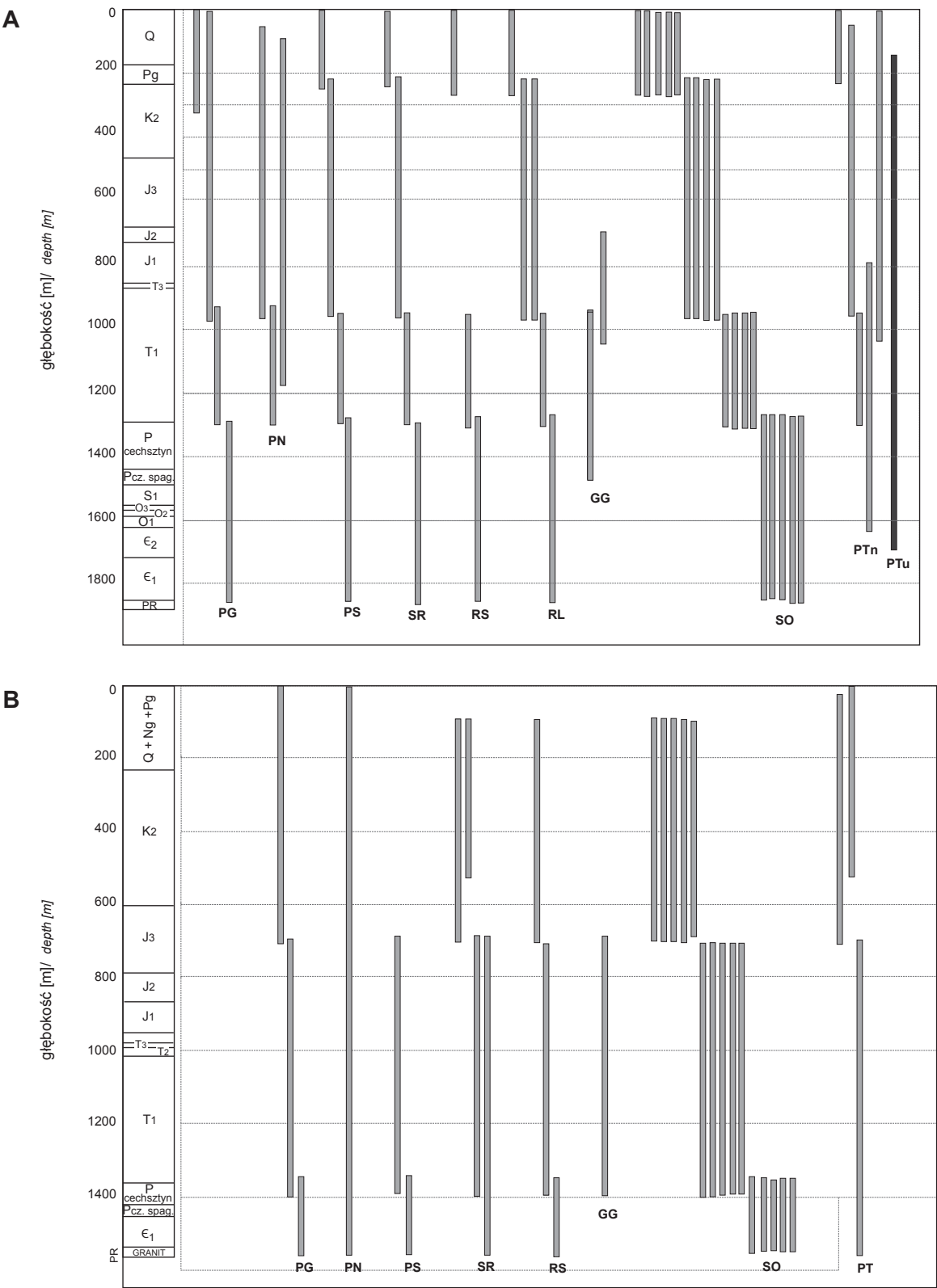
| Lp. | Data pomiaru   | Głębokość otworu<br>Nominalna średnica wiercenia | Rodzaj pomiaru                    | Odcinek pomiarowy        | Lp.   | Data pomiaru  | Głębokość otworu<br>Nominalna średnica wiercenia | Rodzaj pomiaru | Odcinek pomiarowy |
|-----|----------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|-------|---------------|--------------------------------------------------|----------------|-------------------|
| 1   | 8.08.<br>1963  | 710,0 m<br><br>308 mm                            | PG (GR)                           | 0,1–707,0                | 3 cd. |               |                                                  | PO-B2.5A0.0.5B | 707,0–1392,0      |
|     |                |                                                  | PsR (CALI)                        | 100,0–700,0              |       |               |                                                  | PO-M0.25A0.05B | 707,0–1395,0      |
|     |                |                                                  | PO-B2.5A0.0.5B                    | 100,0–706,0              |       |               |                                                  | PO-M1.0A0.1B   | 707,0–1395,0      |
|     |                |                                                  | PO-M0.25A0.05B                    | 100,0–706,0              |       |               |                                                  | PO-M2.4A0.25B  | 708,0–1393,0      |
|     |                |                                                  | PO-M1.0A0.1B                      | 100,0–706,0              |       |               |                                                  | PO-M4.0A0.5B   | 707,0–1392,0      |
|     |                |                                                  | PO-M2.4A0.25B                     | 100,0–706,0              |       |               |                                                  | PO-M8.0A0.5B   | 707,0–1392,0      |
|     |                |                                                  | PO-M4.00.5B                       | 109,0–687,0              | 4     | 2.02.<br>1964 | 1552,0 m<br><br>216 mm                           | PG (GR)        | 1345,0–1550,0     |
|     |                |                                                  | PO-M8.0A0.5B                      | 109,0–687,0              |       |               |                                                  | PN (GTN)       | 5,0–1555,0        |
|     |                |                                                  | mPOg                              | 35,0–710,0               |       |               |                                                  | PS (SP)        | 1342,0–1550,0     |
|     |                |                                                  | mPOp                              | 35,0–710,0               |       |               |                                                  | PsR (CALI)     | 690,0–1550,0      |
|     |                |                                                  | PTn (TEMP)                        | 35,0–710,0               |       |               |                                                  | PO-B2.5A0.0.5B | 1350,0–1550,0     |
|     |                |                                                  |                                   |                          |       |               |                                                  | PO-M0.25A0.05B | 1347,0–1550,0     |
| 2   | 14.08.<br>1963 | 710,0 m<br>308 mm                                | PsR (CALI)<br>PTn (strop cementu) | 100,0–500,0<br>0,1–525,0 |       |               |                                                  | PO-M1.0A0.1B   | 1350,0–1550,0     |
| 3   | 22.11.<br>1963 | 1421,1 m<br><br>216 mm                           | PG (GR)                           | 707,0–1400,0             |       |               |                                                  | PO-M2.4A0.25B  | 1355,0–1550,0     |
|     |                |                                                  | PS (SP)                           | 693,0–1393,0             |       |               |                                                  | PO-M4.0A0.5B   | 1350,0–1550,0     |
|     |                |                                                  | PsR (CALI)                        | 690,0–1400,0             |       |               |                                                  | PO-M8.0A0.5B   | 1350,0–1550,0     |
|     |                |                                                  | PGG (GDDN)                        | 691,0–1400,0             |       |               |                                                  | mPOg (MEL)     | 690,0–550,0       |
|     |                |                                                  |                                   |                          |       |               |                                                  | mPOp (MNE)     | 690,0–550,0       |
|     |                |                                                  |                                   |                          |       |               |                                                  | PTn (TEMP)     | 700,0–1555,0      |

szonych zawartości uranu), licznie występujących w drugim z nich, jest związany z wyborem odmiennych warunków wykonywania pomiaru gamma, a nie z czynnikami przyrodniczymi. Analogowe pomiary radiometryczne były rejestrowane w okresie realizacji obydwu otworów wiertniczych przy pomocy analogowych integratorów impulsów, która to technika wówczas powszechnie stosowana, a obecnie całkowicie nieznana, zdecydowanie różni się od współczesnych cyfrowych metod rejestracji danych pomiarowych<sup>1</sup>. Stosowany sposób rejestracji profilowań miał szczególnie

silny wpływ na rejestrację warstw o miąższości mniejszej niż 1 m, m.in. wspomnianych warstw ze zwiększoną koncentracją uranu.

Zastosowanie, wymienionych wcześniej, licznych typów sond radiometrycznych, szczególnie w przypadku otworu Kętrzyn IG 1, wskazuje prawdopodobnie na istnienie problemów technicznych w trakcie wykonywania badań. W przyszłych szczegółowych analizach istniejących danych pomiarowych, zagadnienia te powinny być brane pod uwagę w pracach interpretacyjnych.

<sup>1</sup> Kształt anomalii rejestrowanej zależy m.in. od prędkości  $v$  przemieszczającej się w otworze wiertniczym sondy pomiarowej oraz od stałej czasowej  $\tau$  integratora impulsów. Rejestrowana jest w ten sposób tzw. anomalia dynamiczna zniekształcona w stosunku do anomalii statycznej, a tym bardziej fizycznej, np. koncentracji izotopów promieniotwórczych, lub porowatości czy gęstości, w stopniu zależnym głównie od wartości iloczynu tych dwóch wcześniej wymienionych parametrów, tj.  $v$  oraz  $\tau$ , był to główny, ale nie jedyny, powód wykonywania pomiarów w różnych skalach głębokościowych dostosowanych do różnej miąższości warstw występujących w profilu (np. cienkie warstwy węgla).



**Fig. 39. Schematyczne zestawienie głębokościowe typów badań geofizycznych wykonanych w otworach wiertniczych Kętrzyn IG 1 (A) oraz Kętrzyn IG 2 (B)**

Podano symbole nazwy poszczególnych typów profilowań

Schematic summary depth presentation of types well logging methods performed in Kętrzyn IG 1 (A) and Kętrzyn IG 2 (B) boreholes  
Given the names of the various type logs

## CELE BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

Obydwa otwory wiertnicze zrealizowane były w pierwszej połowie lat 60., tj. w okresie znacznego redukowania stopnia rdzeniowania profili wierceń i sukcesywnego ich zastępowania (uzupełniania) badaniami geofizycznymi. Celami badawczymi wykonanych badań geofizycznych było m.in.:

- uzyskanie informacji na temat litologii i stratygrafii profilu wierceń;
- ocena stanu technicznego otworu w zakresie niezbędnym dla właściwej jego realizacji, w tym określenia stanu zacementowania rur okładzinowych oraz warunków i możliwości wykonywania badań hydrogeologicznych;
- określenie warunków termicznych w wykonywanych otworach wiertniczych.

W sytuacji niewielkiego zakresu rdzeniowania, przy jednoczesnym niewielkim uzysku rdzenia, wykonane badania stanowiły potencjalne istotne źródło informacji m.in.

na temat profilu litologicznego. Z informacji zawartych w dokumentacjach obydwu otworów, stopień ich wykorzystania do tego celu wydaje się ograniczony.

Zastosowane dostępnych w okresie realizacji wierceń relatywnie prostych metod badawczych, a także możliwości sprzętowe, pozwalają obecnie jedynie w ograniczonym stopniu na realizację tylko niektórych celów badawczych. Pierwszą próbą opracowania danych geofizycznych z analizowanych otworów wiertniczych były prace interpretacyjne związane z obliczeniami wielkości ziemskiego strumienia ciepłego dla otworu Kętrzyn IG 1 (Szewczyk, Gientka, 2009). W ramach tych prac opracowano m.in. cyfrowy opis profilu litologicznego oraz profil litologiczno-porowatościowy i gęstościowy, a także profil przewodności cieplnej. Wszystkie te analizy wykonano przy pomocy autorskiego programu interpretacyjnego GEOFLOG (Szewczyk, 1994, 1998).

## WYNIKI LABORATORYJNYCH BADAŃ PARAMETRÓW PETROFIZYCZNYCH

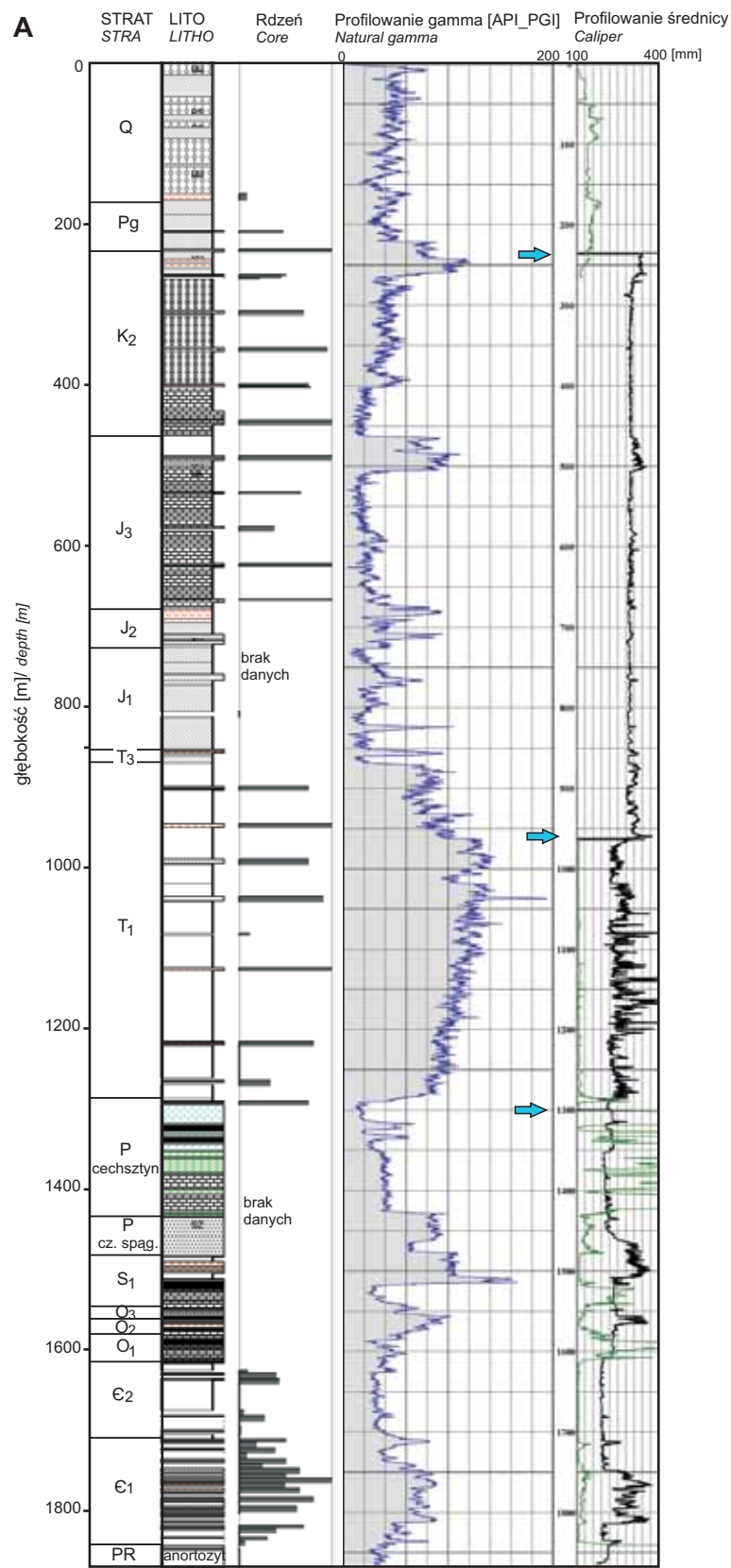
Ważną rolę w procesie zrealizowanych prac interpretacyjnych miały badania laboratoryjne rdzeni wiertniczych, wykonane na próbkach pobranych z rdzeni pochodzących z obydwu otworów. Wykonawcą tych badań było Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych, które wykonało badania gęstości objętościowej w stanie powietrzno-suchym oraz porowatości efektywnej. Ten ostatni parametr oznaczono jedynie w stosunku do niewielkiej części próbek. Celem tych ostatnich badań było określenie udziału gęstości wody wypełniającej przestrzeń porową na gęstość objętościową skał w warunkach *in situ*. Podstawowym zadaniem omawianych badań było uzyskanie informacji na temat głębokościowego rozkładu gęstości skał wykorzystywane w interpretacji (modelowaniu) danych grawimetrycznych. Wykonano 1654 oznaczeń gęstości oraz 331 oznaczeń porowatości dla otworu Kętrzyn IG 1 oraz 2213 oznaczeń gęstości i 535 oznaczeń porowatości dla otworu Kętrzyn IG 2. Pod względem liczby wykonanych badań laboratoryjnych obydwie otwory są jednymi z najpełniej zbadanymi otworami wiertniczymi na obszarze północno-wschodniej Polski. Istotnym mankamentem omawianych badań był brak dokładnego dowiązania głębokościowego badanych próbek (podawana była jedynie głębokość stropu i spągu rdzenia, z których pobierano próbki). Z tego powodu wykorzystanie tych danych do kalibracji wyników badań geofizyki wiertniczej ma ograniczone znaczenie.

Wyniki te są jednak ważnym źródłem informacji na temat właściwości petrofizycznych skał występujących w profilach analizowanych otworów wiertniczych, a także istotnym źródłem uzupełnienia danych geofizycznych w zakresie określenia gęstości objętościowej oraz porowatości.

Wyraźnie wyniki te różnią się od analogicznych danych uzyskanych w otworze Kętrzyn IG 2. Na [figurze 41](#) pokazano zbiorcze, głębokościowe zestawienie obu grup danych. Uwagę zwracają anomalnie niskie gęstości objętościowe w utworach kredy górnej w otworze Kętrzyn IG 1. Anomalnie niskie gęstości objętościowe są efektem bardzo wysokich porowatości utworów kredy górnej występujących w tym otworze. Niewykluczone, że zjawisko to może być związane ze zjawiskiem remanentnej wiecznej zmarzliny, której obecność w nadkładzie kętrzyńskiego masywu anortozytowego jest, zdaniem autora, bardzo prawdopodobna.

Ciekawe wyniki uzyskano w odniesieniu do gęstości utworów podłoża krystalicznego nawierconego w obydwu otworach. Występujące w podłożu krystalicznym otworu Kętrzyn IG 1 anortozyty, charakteryzują się średnią gęstością  $2,7126 \pm 0,067 \text{ gcm}^{-3}$ , podczas gdy granitoidy z otworu Kętrzyn IG 2 mają średnią gęstość  $2,7525 \pm 0,043 \text{ gcm}^{-3}$ . Stosunkowo niewielka miąższość nawierconych utworów krystalicznych w obydwu otworach, odpowiednio 22,6 m (anortozyty) oraz 19,7 m (granitoidy), nie pozwalają ocenić na ile uzyskane wyniki badań są reprezentatywne dla omawianych typów skał. Warto zaznaczyć, że jedynie otwór Kętrzyn IG 1 jest zlokalizowany w obrębie strefy anomalii grawimetryczno-magnetycznej i tylko w tym otworze nawiercono anortozyty.

Na [figurze 42](#) przedstawiono lokalizację omawianych otworów wraz z innymi głębokimi otworami wiertniczymi na tle gradientu pionowego pola siły ciężkości, dla obszaru kętrzyńskiego masywu anortozytowego. Opisana sytuacja jest nieco inna od tej, która występuje w obrębie suwalskiego masywu anortozytowego, gdzie wyniki badań gęstości



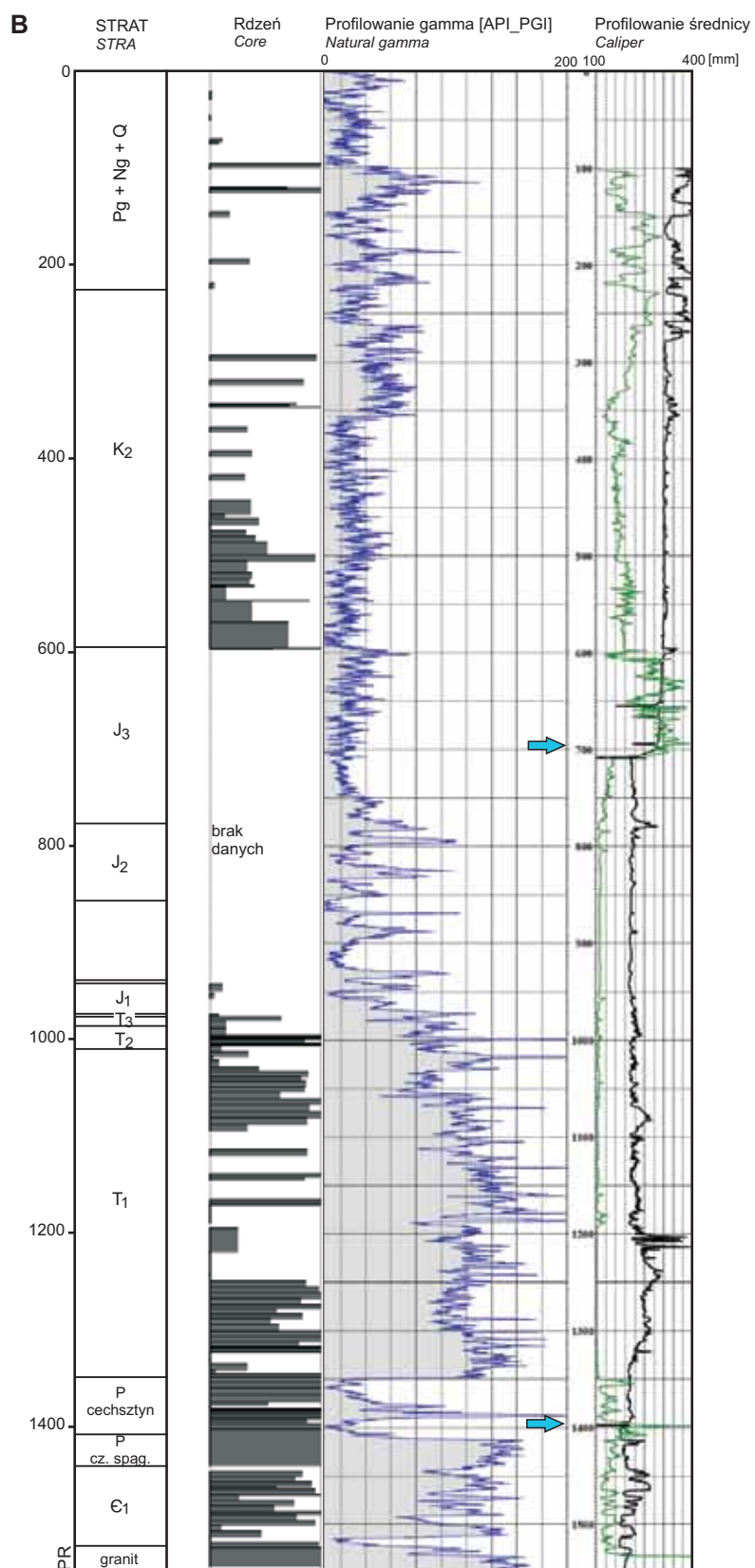
**Fig. 40. Unormowane wartości profilowania naturalnego promieniowania**

Na wykresie profilowania średnicy otworu wskazano miejsca połączeń poszczególnych odcinków pomiarowych, przedstawiono również profil

Composed normalized values of natural gamma radiation

The graph indicates the caliper log with depth of joined various log runs. It also presents the profile of stratigraphic,



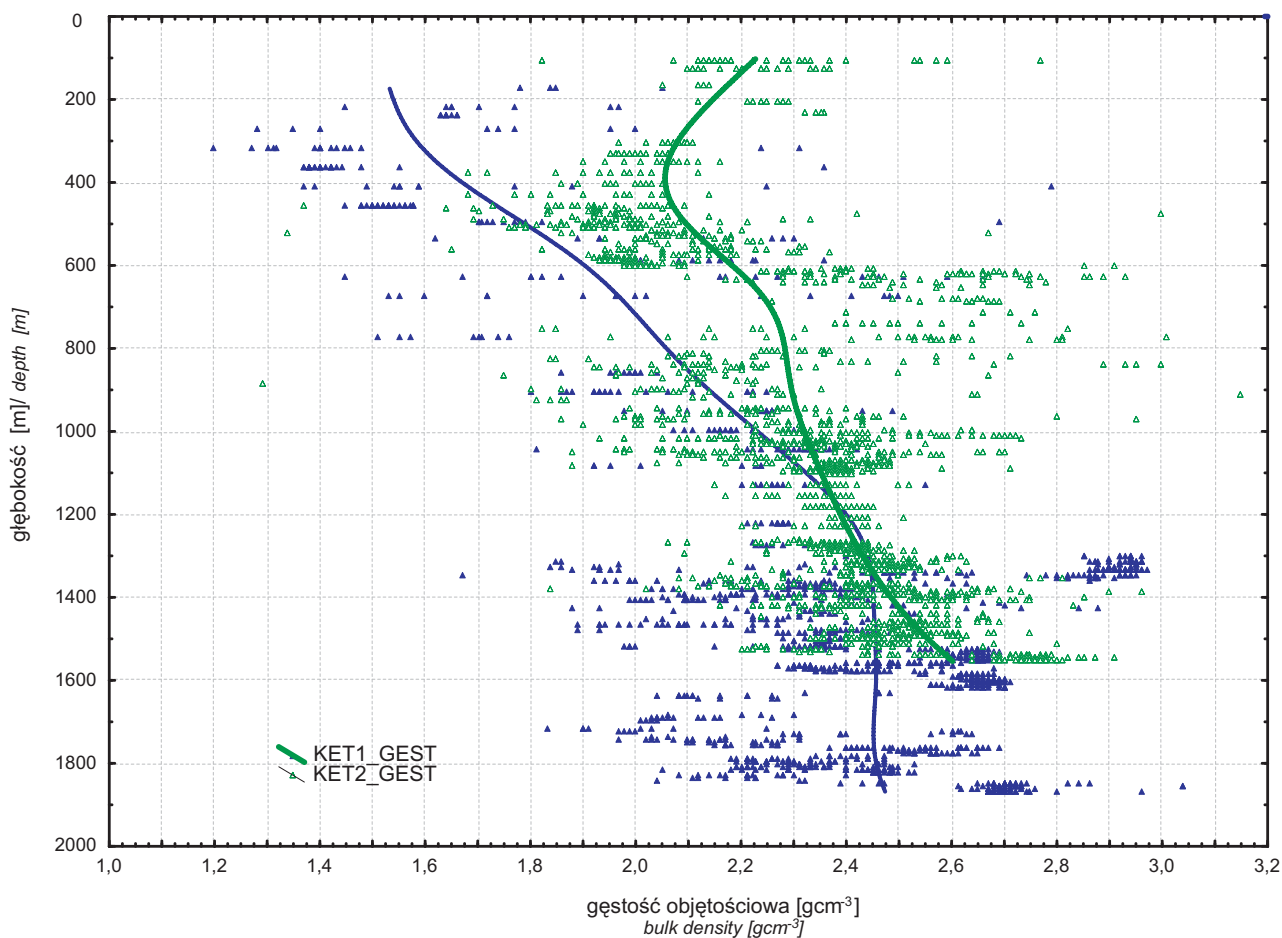


### gamma dla otworów wiertniczych Kętrzyn IG 1 (A) i Kętrzyn IG 2 (B)

stratygraficzny i litologiczny, wyszczególniając odcinki rdzeniownia wraz z informacją na temat uzysków rdzenia

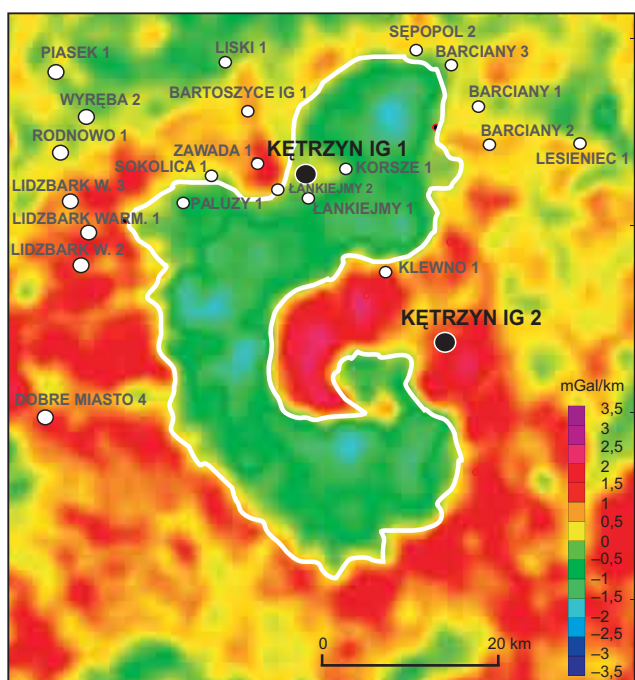
logs for Kętrzyn IG 1 (A) and Kętrzyn IG 2 (B) boreholes

lithological sections with cores intervals with information on the yields of the core



**Fig. 41. Porównanie wyników laboratoryjnych określeń gęstości objętościowej w stanie powietrzno-suchym dla otworów Kętrzyn IG 1 oraz Kętrzyn IG 2, uśrednionych metodą wygładzania – metodą najmniejszych kwadratów**

Comparison of the results laboratory determination of air-dry bulk state bulk density for boreholes Kętrzyn IG 1 and Kętrzyn IG 2, averaged in both cases smoothing by the method of least squares



**Fig. 42. Mapa gradientu pionowego pola grawitacyjnego z lokalizacją otworów Kętrzyn IG 1 i Kętrzyn IG 2 oraz innych głębokich otworów wiertniczych (mapa grawimetryczna wg Wybrańca – zmieniona, mat. niepubl.)**

Vertical gradient map of the gravitational field with localizations of deep boreholes with highlighted Kętrzyn IG 1 and Kętrzyn IG 2 boreholes (after gravimetric map Wybrańiec – modified, unpubl.)



opartych na danych z wielu otworów wiertniczych wg Cieśli i Wybrańca (1998) wskazują na wyższą gęstość anortozytów w stosunku do gęstości granitoidów strefy osłonowej. Ujemny charakter istniejącej w przypadku

obydwu maszywów ujemnej anomalii grawimetrycznej pozostaje dla masywu suwalskiego w sprzeczności z obserwowanymi wartościami gęstości. Kwestia ta pozostaje dalej zagadką, czekającą na wyjaśnienie.

## WYNIKI INTERPRETACJI DANYCH GEOFIZYCZNYCH

Na [figurze 43](#) przedstawiono wyniki obliczonych geofizycznych ocen gęstości objętościowych oraz porowatości całkowitej. W procesie interpretacji zastosowano kalibrację

profilowań radiometrycznych danymi laboratoryjnymi (Szewczyk, 1998).

## WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Na [figurze 44](#) przedstawiono profil otworu Kętrzyn IG 1 z wydzielonymi warstwami wodonośnymi oraz izolacyjnymi, opracowany na podstawie łącznej interpretacji danych geofizycznych oraz geologicznych. Warstwa wodonośna jest tu rozumiana jako warstwa o litologii charakterystycznej dla tego typu warstw, charakteryzująca się porowatością efektywną większą od 5%.

Uzyskane wyniki, ze względu na opisaną niepewność danych źródłowych, mogą być obciążone znacznym błędem. Przy wyciąganiu wniosków należy uwzględnić opisane powyżej uwarunkowania.

Wyniki badań geofizycznych wskazują na relatywnie wysoką wartość gradientu geochemicznego, manifestującego się wyraźnie szybkim spadkiem głębokościowym oporności warstw wodonośnych. Na [figurze 45](#) przedstawiono wyniki mineralizacji wód złożowych, uzyskane na podstawie badań hydrogeologicznych wykonanych w obydwu analizowanych otworach. Potwierdzają one omawiane zjawisko, tzn. istnienie dużego gradientu hydrochemicznego. Wody podziemne do ok. 800 m wykazują bardzo niską mineralizację, która szybko wzrasta z głębokością, wyraźnie przewyższając w utworach kambru wartość średnią dla Niżu Polskiego, dla rozważanego zakresu głębokości.

## WARUNKI GEOTERMICZNE – MOŻLIWOŚĆ PRZETRWANIA WIECZNEJ ZMARZLINY

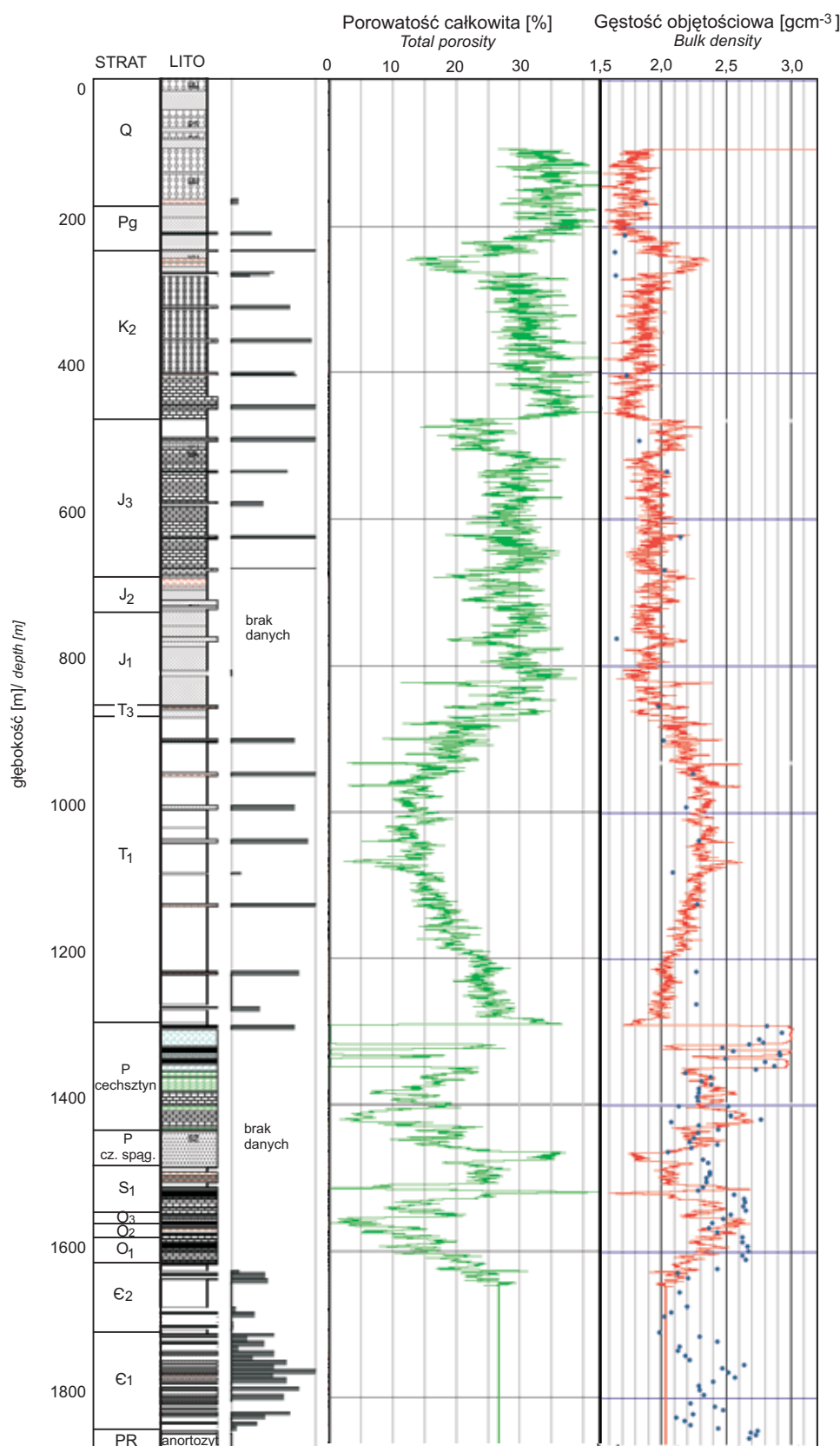
W trakcie wykonywania odcinkowych badań geofizycznych, w obydwu otworach były wykonywane profilowania temperatury w nieustabilizowanych warunkach termicznych. Ich szczegółowe zestawienie znajduje się w tabelach 21 oraz 22. Po okresie blisko 6 miesięcy od zakończenia wiercenia Kętrzyn IG 1 wykonano w nim profilowanie temperatury w warunkach uznawanych intencjonalnie za ustabilizowane (w opisie pomiaru brak informacji o czasie stabilizacji). Ze względu na obserwowany charakter zapisu wyników profilowania termicznego można przypuszczać, że rzeczywisty czas stabilizacji termicznej otworu mógł być w rzeczywistości nie dłuższy niż kilka dni. Na [figurze 46](#) przedstawiono wyniki omawianego profilowania, wraz z wynikami profilowań temperatury wykonanych w warunkach nieustabilizowanych termicznie, wykonanych w odcinkach badań strefowych nr 2, 3 oraz 4 ([tab. 21](#)).

Temperatura strefy przypowierzchniowej na podstawie danych obserwacji meteorologicznych (Szewczyk, 2002, 2005) wynosiła  $+8,33^{\circ}\text{C}$  dla otworu Kętrzyn IG 1 oraz  $+8,40^{\circ}\text{C}$  dla otworu Kętrzyn IG 2. Wszystkie obserwowane temperatury, zarówno nieustabilizowane, jak i ustabilizowane, wskazują na bardzo niskie jej wartości (prawdopodobnie najniższe spośród obserwowanych dotychczas w Polsce). Są one niższe nawet od tych zarejestrowanych w obrębie suwalskiego masywu anortozytowego, z wyjąt-

kiem samej jego centralnej części, gdzie występuje zmarzlina remanentna (Szewczyk, Nawrocki, 2011).

W wyniku interpretacji litologiczno-porowatościowej profilu, obliczono profil przewodności cieplnej skał profilu wiercenia. Na jego podstawie, z uwzględnieniem wpływu efektu paleoklimatycznego (Szewczyk, 2002), obliczono zmienność głębokościową paleotemperatury dla okresu zlodowacenia wisły oraz gęstość strumienia cieplnego, która dla otworu Kętrzyn IG 1 wynosi  $41,2 \text{ mW/m}^2$  i jest zbliżona (a nawet nieco niższa) do wartości strumienia obserwowanego dla obszaru suwalskiego masywu anortozytowego (Szewczyk, Gientka, 2009). W centralnej części masywu kętrzyńskiego można się spodziewać jeszcze niższych jego wartości – otwór Kętrzyn IG 1 jest położony w jego brzeżnej strefie ([fig. 42](#)).

W obydwu przypadkach powodem anomalnie niskich wartości strumienia cieplnego jest niska wartość ciepła radiogenicznego anortozytów, tworzących zarówno masyw kętrzyński, jak i suwalski. Mimo braku pomiaru temperatury w warunkach ustabilizowanych w otworze wiertniczym Kętrzyn IG 2, zlokalizowanym poza obszarem anomalnym ([fig. 42](#)), wartości temperatury górotworu są wyraźnie wyższe w stosunku do otworu Kętrzyn IG 1. Obliczona na ich podstawie przybliżona wartość strumienia cieplnego wynosi ok.  $52 \text{ mWm}^{-2}$ . Utwory podłoża krysta-

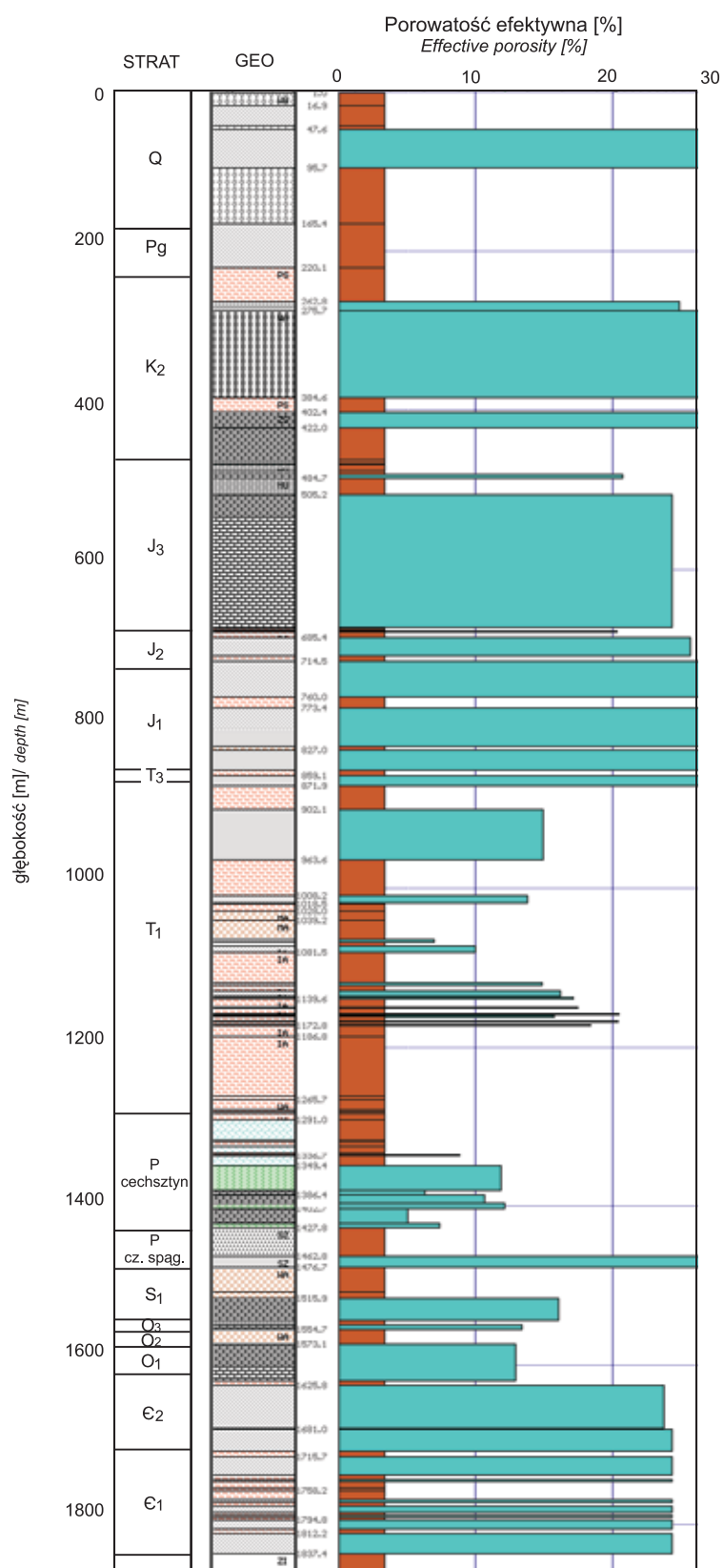


**Fig. 43. Zestawienie litologicznego profilu wiertniczego Kętrzyn IG 1 (LITO) z obliczonymi wartościami porowatości całkowitej oraz gęstości objętościowej**

W celu porównania przedstawiono również wyniki badań laboratoryjnych

Lithological drill profile Kętrzyn IG 1 (LITO), the calculated values of the total porosity and dry bulk density

Results of laboratory data are also shown for comparison

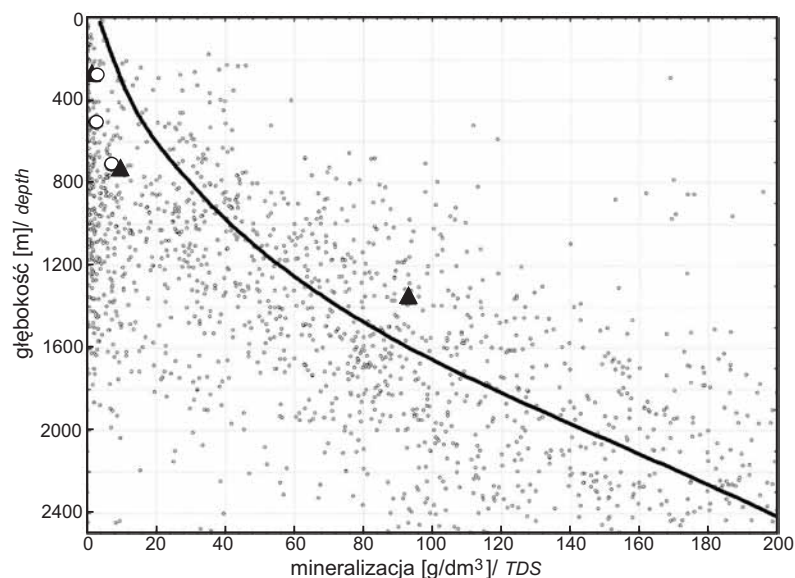


**Fig. 44. Warstwy wodonośne oraz izolacyjne w profilu otworu Kętrzyn IG 1 wydzielone na podstawie danych geofizycznych**

Podano średnią wartość porowatości efektywnej dla tych warstw

Aquifers and non-aquifers in Kętrzyn IG 1 borehole based on geophysical well logging interpretation methods

Average effective porosity of aquifers and depth intervals are shown

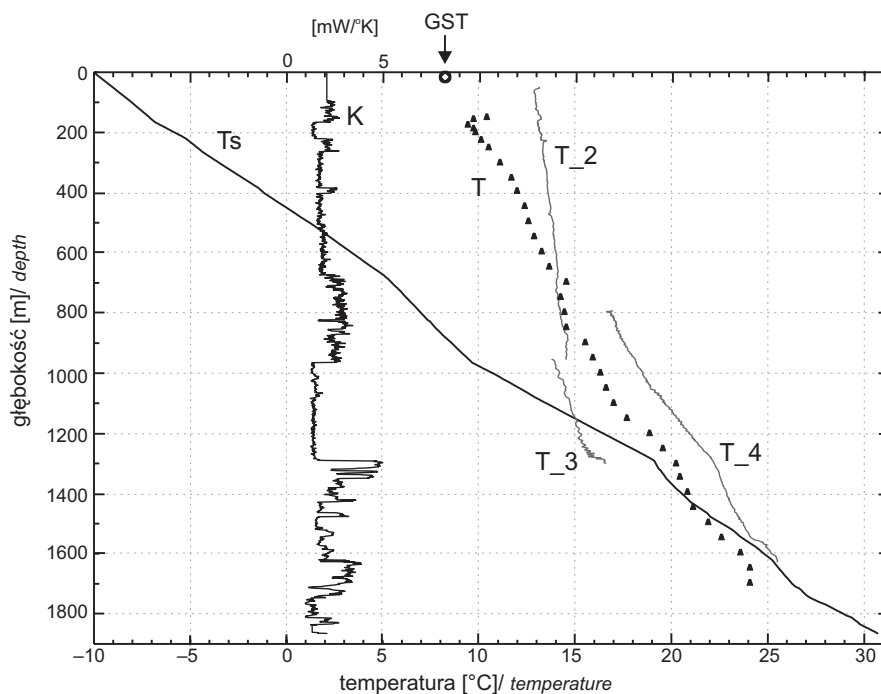


**Fig. 45. Mineralizacja wód uzyskanych w trakcie badań hydrogeologicznych w otworach wiertniczych Kętrzyn IG 1 oraz Kętrzyn IG 2 na tle zmienności mineralizacji wód na obszarze Niżu Polskiego**

Wartość średnia mineralizacji tych wód obliczona metodą najmniejszych kwadratów

Mineralization of water obtained in the course of hydrogeological investigations in the Kętrzyn IG 1 and Kętrzyn IG 2 boreholes, the background variability of ground water mineralization in the Polish Lowlands

The average mineralization of these waters calculated using least squares method



**Fig 46. Charakterystyka termiczna otworu wiertniczego Kętrzyn IG 1**

**K** – przewodność cieplna skał tworzących profil, obliczona na podstawie danych geofizycznych; **T** – zarejestrowana wartość temperatury dla warunków zbliżonych do ustalonych; **Ts** – temperatura syntetyczna obliczona na podstawie przewodności termicznej skał; **T\_2, T\_3, T\_4** – profilowania termiczne w warunkach braku równowagi termicznej

Thermal characteristics of borehole Kętrzyn IG 1

**K** – thermal conductivity of rock-forming profile, calculated on the basis of geophysical data; **T** – recorded temperature for conditions similar to the set; **Ts** – temperature synthetic calculated on the basis of thermal conductivity of rocks; **T\_2, T\_3, T\_4** – thermal logs recorded into unstable conditions

licznego to granitoidy, o zdecydowanie wyższym poziomie ciepła radiogenicznego.

Uzyskane wyniki rozpoznania pola cieplnego wskazują na możliwość zachowania, podobnie jak dla obszaru suwal-

skiego masywu anortozytowego (Szewczyk, Nawrocki, 2011), głębokiej wiecznej zmarzliny, szczególnie w jego centralnej części. Zjawisko to może obejmować obszar nawet kilkuset kilometrów kwadratowych.

## PODSUMOWANIE

Wykonane badania geofizyczne oraz oparte na nich prace obliczeniowe i interpretacyjne pozwoliły, szczególnie w odniesieniu do otworu Kętrzyn IG 1, na uzyskanie przybliżonych informacji zarówno na temat profilu litologicznego, jego parametrów petrofizycznych, jak i parametrów termicznych. Szczególnie cenne są tu wyniki obserwacji pola cieplnego. Wskazują one na anomalnie niską wartość strumienia w obrębie kętrzyńskiego masywu anortozytowego, a także duże prawdopodobieństwo istnienia, a nawet prze-

trwania do współczesnych czasów, głębokiej wiecznej zmarzliny, szczególnie w centralnej części tego obszaru.

Prezentowane w niniejszym opracowaniu, w większości przypadków, wstępne wyniki interpretacyjne mogą być wykorzystane w analizach związanych z pozyskiwaniem energii geotermalnej, hydrogeologii czy też w modelowaniach wyników powierzchniowych badań geofizycznych, takich jak badania sejsmiczne czy grawimetryczne.

**Lidia DZIEWIŃSKA, Waldemar JÓŹWIAK**

## OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW PRĘDKOŚCI ŚREDNICH Z OTWORÓW WIERTNICZYCH KĘTRZYN IG 1 I KĘTRZYN IG 2

W rejonie Kętrzyna znajdują się dwa głębokie otwory wiertnicze z pomiarami prędkości średnich. Są to otwory badawcze Kętrzyn IG 1 i Kętrzyn IG 2, nawiercające utwory mezoproterozoiku.

W otworze Kętrzyn IG 1 pomiary średnich prędkości zostały przeprowadzone w 1965 r. przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych w dwóch etapach. Prace pomiarowe w I etapie prowadzono aparaturą SS-24P i geofo-  
nem głębinowym SIS-49. Dokumentacja podstawowa obejmuje pomiary wykonane na głęb. 150–1640 m. Odcinek pomiarowy wynosił 50 m.

Po przygotowaniu do pomiarów końcowej części wiercenia, wykonano w II etapie zawarte w dokumentacji dodatkowej pomiary na odcinku 1640–1863 m, przy całkowitej głębokości otworu wynoszącej 1867 m.

Strzelano (wzbudzano) z trzech punktów strzałowych (PS), których sytuację, wielkość ładunków wybuchowych oraz głębokość strzelania z poszczególnych PS, przedstawia poniższe zestawienie:

| Nr PS | $d$ [m] | $A$  | $N$ [m] | Wielkość ładunku [kg] | Przyjęta średnia głęb. strzelania $h$ [m] |
|-------|---------|------|---------|-----------------------|-------------------------------------------|
| 1     | 150     | 270° | -3      | 0,4–1,4               | 6                                         |
| 2     | 100     | 180° | -1      | 0,6–1,0               | 6                                         |
| 3     | 150     | 0°   | +2      | 0,6–1,0               | 11                                        |

gdzie:

$d$  – odległość punktu strzałowego od głębokiego otworu

$A$  – azymut kierunku głęboki otwór–punkt strzałowy

$N$  – wysokość względna otworu strzałowego w stosunku do wylotu głębokiego otworu

W celu kontroli głębokości strzelania na poszczególnych punktach strzałowych zastosowano geofony korekcyjne  $K_1$  w odległości 5 m od otworu strzałowego. Dla kontroli momentu wybuchu ustawiono w pobliżu głębokiego otworu geofon korekcyjny  $K_2$ .

Obliczenia wykonano na podstawie rejestracji czasu przejścia fali w pierwszych impulsach.

Pierwsze impulsy fali sejsmicznej dochodzące do geofonu głębinowego rejestrowano jednocześnie na trzech kanałach, stosując różną filtrację 0,30–0 i 0,45–0. Do pomiaru użyto kabla karotażowego KTO-4.

Jakość wykonanych sejsmografów oceniono jako dość dobre, a wyniki jako pewne, co zostało potwierdzone powtórными pomiarami wykonanymi w 35% z PS-1, w 40% z PS-2 i 20% z PS-3. Wartość oceny zawiera pewność korelacji, jakość impulsu oraz maksymalny błąd w określeniu występowania fali.

Uznano, że rozrzut początkowy wartości od 150–600 m jest spowodowany przypuszczalnie niejednorodnością ośrodka i niepoziomym ułożeniem warstw.

Wykonano został również pomiar strefy małej prędkości SMS, lecz ze względu na małą miąższość strefy, poprawek nie wprowadzono. Wielkość poprawki czasowej, na SMS ( $\Delta t$  SMS) na wszystkich PS oceniono na mniejszą od 0,001 sek.

Do obliczenia krzywej prędkości średnich przyjęto jako poziom odniesienia poziom pomiaru, czyli 51 m n.p.m. przy wysokości otworu wynoszącej 60,7 m n.p.m.

Prace pomiarowe w odwiercie Kętrzyn IG 2 zostały wykonane w 1964 r. przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych aparaturą radziecką typu SS-26-51-D do głęb. 1550 m, przy całkowitej głęb. wiercenia 1552,7 m,



a więc prawie do głębokości końcowej odwierconego otworu. Interwał pomiaru został ustalony co 25 m. Prace strzelnicze dokonano z trzech otworów strzałowych. Wielkość ładunków wybuchowych oraz głębokość strzelania z poszczególnych punktów strzałowych (PS) i ich usytuowanie przedstawia poniższe zestawienie:

| Nr PS | $d$ [m] | $A$  | $N$ [m] | Wielkość ładunku [kg] | Przyjęta średnia głęb. strzelania $h$ [m] |
|-------|---------|------|---------|-----------------------|-------------------------------------------|
| 1     | 100     | 330° | -1,8    | 0,4–2                 | 15                                        |
| 2     | 100     | 117° | -0,5    | 0,4–1                 | 15                                        |
| 3     | 100     | 175° | +1      | 0,4–1                 | 15                                        |

Sytuacja otworów strzałowych została uzależniona od warunków terenowych (bezpieczeństwo dla prac strzałowych). Prace strzałowe wykonano przy użyciu środków wybuchowych – dynamitu IG3 i zapalników gamma nr 8.

W celu kontroli głębokości strzelania na poszczególnych punktach strzałowych zastosowano geofony korekcyjne  $K_1$ , w odległości nie większej niż 5 m. Dla kontroli momentu wybuchu ustawiono w pobliżu głębokiego otworu geofon korekcyjny  $K_2$ .

Obliczenia wykonano na podstawie rejestracji czasu przejścia fali w pierwszych impulsach.

Pierwsze impulsy fali sejsmicznej dochodzące do sondy geofonowej rejestrowano jednocześnie na pięciu równoległych połączonych kanałach. Natomiast zapisy geofonów korekcyjnych rejestrowano na oddzielnych kanałach, odpowiednio: geofon  $K_2$  na kanale 6 i geofon  $K_1$  na kanale 7.

W celu dokładnego rejestrowania momentu wybuchu stosowano specjalny obwód – sposób pętli. Do pomiaru użyto kabla karotażowego, 3-żyłowego.

Jakość materiałów, a w związku z tym i pewność opracowania końcowego dla poszczególnych PS w całym interwale pomiarowym, 25–1550 m, oceniono w większości na dobrą lub dostateczną, a tylko sporadycznie na złą. Wartość oceny zawiera pewność korelacji, jakość impulsu oraz maksymalny błąd w określeniu występowania fali.

Do obliczenia krzywej prędkości średnich przyjęto jako poziom odniesienia poziom pomiaru, czyli 100 m n.p.m. przy wysokości otworu wynoszącej 114,7 m n.p.m.

Wszystkich obliczeń poszczególnych prędkości:  $V_{sr}$  (prędkość średnia),  $V_w$  (prędkość wygładzona),  $V_i$  (prędkość interwałowa),  $V_k$  (prędkość kompleksowa) z zarejestrowanych danych źródłowych (głębokość–czas) dla otworów wiertniczych Kętrzyn IG 1 i Kętrzyn IG 2 dokonano zgodnie z przedstawionym poniżej schematem.

Głębokość zredukowaną do poziomu odniesienia obliczono ze wzoru:

$$h_r = h - h_{po} \pm N \pm \Delta h$$

gdzie:

- $h_r$  – głębokość zredukowana punktu pomiarowego do poziomu odniesienia, m,
- $h$  – głębokość zanurzenia geofonu głębinowego, m,

$h_{po}$  – głębokość poziomu odniesienia, m,

$\Delta h$  – różnica głębokości między  $h_{po}$  i poziomem odniesienia, m.

Czas obserwowany na sejsmogramach przeliczono na czas poprawiony zgodnie ze wzorem:

$$t_p = t_{obs} + \Delta t_h$$

gdzie:

$t_p$  – czas poprawiony, s,

$t_{obs}$  – czas obserwowany, s,

$\Delta t_h$  – poprawka wynikająca z głębokości punktu wzbudzenia, poziomu odniesienia, miąższości strefy małych prędkości, prędkości w tej strefie i prędkości pod nią.

Redukcję czasu do pionu dokonano przy założeniu jednorodności ośrodka skalnego od punktu wybuchu do głębokości zanurzenia geofonu.

Czas zredukowany dla poszczególnych punktów wzbudzenia obliczono na podstawie wzoru:

$$t_r = \frac{h_r}{\sqrt{h_r^2 + d^2}} \times t_p$$

W celu wyeliminowania anizotropii ośrodka obliczono średni czas redukowany ( $t_r$ ), jako średnią arytmetyczną pomiarów czasu zredukowanego z poszczególnych punktów wzbudzenia (strzałowych).

Wartości  $h_r$  i  $t_r$  posłużyły do obliczenia prędkości średnich ( $V_{sr}$ ) zgodnie ze wzorem:

$$V_{sr} = \frac{h_r}{t_r}$$

Wartości zbiorcze ( $h$ ,  $t_r$ ,  $V_{sr}$ ), zestawiono dla otworów Kętrzyn IG 1 i Kętrzyn IG 2 odpowiednio w tabelach 23 i 24.

Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do konstrukcji krzywych prędkości średnich w obu otworach wiertniczych (fig. 47A i 48A) i hodografów pionowych (fig. 47B i 48B). Do wykreślenia krzywych prędkości średnich wykorzystano wartości uśrednione z poszczególnych punktów wzbudzenia.

Przedstawione na figurach 47B i 48B hodografy pionowe wskazują na zależność między wzrostem głębokości a czasem rejestracji w otworach wiertniczych.

W celu wyznaczenia poszczególnych kompleksów prędkościowych, a szczególnie ich średnich wartości zastosowano sposób wygładzania wartości pomiarów geofizycznych.

Metoda ta może być stosowana w przypadku, gdy wartości zmierzone zmieniają się przypadkowo z punktu na punkt w granicach błęd pomiarowych. Warunkiem jej wykorzystania jest jednakowy odstęp między punktami pomiarowymi.

Podaną metodę zastosowano do wygładzania odczytów czasu z pomiarów prędkości średnich w celu obliczenia prędkości interwałowych bez przypadkowych skoków war-

tości wywołanych błędami pomiaru czasu. Krzywe wygładzone prędkości interwałowych obliczono w celu wyznaczenia stref maksymalnych gradientów prędkości, które odpowiadają granicom prędkościowym poszczególnych kompleksów.

Krzywe prędkości obliczono wyrównując pomiary czasu zredukowane do pionu przy pomocy splotu z odpowiednim filtrem. Przetwarzanie to polegało na przeliczaniu wartości czasu i prędkości do poziomu odniesienia pomiaru i ich interpolacji dla znormalizowanych przedziałów głębokości, co 20 m. Następnie wyznaczone wartości wygładzono przy użyciu specjalnego programu przez zastosowanie operacji splotu z filtrem trójkątnym stosując 20 razy filtr 0,25; 0,5; 0,25. Celem tych przekształceń, usuwających przypadkowe odchylenia poszczególnych danych pomiarowych, wynikających z niedokładności pomiarów, było przygotowanie materiałów do obliczenia prędkości interwałowych.

Przy pierwszym wygładzaniu zostają zmniejszone przypadkowe skoki wartości spowodowane ich zaokrągleniem do 1 ms lub błędami pomiarowymi. Kolejne powtarzanie wymienionych wyżej operacji powoduje zaokrąglenie załamów (hodografu) spowodowanych zmianami prędkości w kolejnych warstwach. W ten sposób powstały dodatkowe zbiory obejmujące przetworzone pomiary czasu po ich zredukowaniu do poziomu odniesienia, wyinterpretowaniu wartości, co 20 m i wygładzeniu oraz odpowiadające im wartości prędkości średnich.

Powyższe informacje są zawarte w banku danych prędkościowych utworzonym w latach 90. XX w. w Zakładzie Geofizyki Państwowego Instytutu Geologicznego, dla potrzeb interpretacji prac sejsmicznych przekazanym do Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG).

Różnice wartości czasów pomiędzy kolejnymi wygładzeniami są spowodowane zmianami prędkości w warstwach o określonej miąższości. Zjawisko to wykorzystano do wyznaczenia granic kompleksów prędkościowych w miejscach maksymalnych bezwzględnych wartości różnic czasu wygładzonego  $n$  i  $n+1$  razy. Granice kompleksów wyznacza się w miejscach maksymalnych gradientów prędkości interwałowych.

Przy tym sposobie obliczeń wydzielają się wyraźnie tylko kompleksy prędkościowe o miąższości powyżej 100 m. Maksymalne i minimalne wartości obliczonych prędkości odpowiadają uśrednionym wartościom kompleksów warstw o prędkościach zmniejszonych lub zwiększonych w porównaniu z sąsiednimi.

Zestawienie uśrednionych wartości  $V_w$  (prędkość wygładzona),  $V_i$  (prędkość interwałowa),  $V_k$  (prędkość kompleksowa) obliczonych z pomiarów czasu wygładzonego zawierają [tabela 25](#) (otwór Kętrzyn IG 1) i [26](#) (otwór Kętrzyn IG 2). Krzywe prędkości wygładzonych, interwałowych i kompleksowych przedstawiono dla otworów Kętrzyn IG 1 i Kętrzyn IG 2 odpowiednio na [figurach 49 i 50](#). Wykresy powyższe wzbogacono profilami stratygraficznymi wierceń, co umożliwia bezpośrednie powiązanie zmian prędkości z kompleksami stratygraficzno-litologicznymi

Tabela 23

Zestawienie wartości  $h$ ,  $t_r$ ,  $V_{sr}$  – otwór wiertniczy Kętrzyn IG 1 $h$ ,  $t_r$  and  $V_{sr}$  values – Kętrzyn IG 1 borehole

| $h$ [m] | $t_r$ [s] | $V_{sr}$ [m/s] |
|---------|-----------|----------------|
| 141     | 0,078000  | 1808           |
| 191     | 0,100000  | 1910           |
| 241     | 0,130333  | 1849           |
| 291     | 0,151667  | 1919           |
| 341     | 0,172667  | 1975           |
| 391     | 0,194333  | 2012           |
| 441     | 0,219667  | 2008           |
| 491     | 0,242333  | 2026           |
| 541     | 0,262000  | 2065           |
| 591     | 0,277667  | 2128           |
| 641     | 0,295000  | 2173           |
| 691     | 0,318000  | 2173           |
| 741     | 0,337333  | 2197           |
| 791     | 0,357000  | 2216           |
| 841     | 0,373000  | 2255           |
| 891     | 0,395333  | 2254           |
| 941     | 0,412333  | 2282           |
| 991     | 0,431333  | 2298           |
| 1041    | 0,457333  | 2276           |
| 1091    | 0,481000  | 2268           |
| 1141    | 0,498667  | 2288           |
| 1191    | 0,518000  | 2299           |
| 1241    | 0,537000  | 2311           |
| 1291    | 0,553667  | 2332           |
| 1341    | 0,566667  | 2366           |
| 1391    | 0,577000  | 2411           |
| 1441    | 0,588000  | 2451           |
| 1491    | 0,602000  | 2477           |
| 1541    | 0,614000  | 2510           |
| 1591    | 0,629000  | 2529           |
| 1631    | 0,637000  | 2560           |
| 1671    | 0,653000  | 2559           |
| 1721    | 0,659000  | 2612           |
| 1771    | 0,671000  | 2639           |
| 1821    | 0,686000  | 2655           |
| 1863    | 0,695000  | 2681           |

 $h$  – głębokość,  $t_r$  – średni czas zredukowany,  $V_{sr}$  – prędkość średnia $h$  – depth,  $t_r$  – average reduced time,  $V_{sr}$  – average velocity

Tabela 24

Zestawienie wartości  $h$ ,  $t_r$ ,  $V_{sr}$  – otwór wiertniczy Kętrzyn IG 2 $h$ ,  $t_r$  and  $V_{sr}$  values – Kętrzyn IG 2 borehole

| $h$ [m] | $t_r$ [s] | $V_{sr}$ [m/s] | $h$ [m] | $t_r$ [s] | $V_{sr}$ [m/s] |
|---------|-----------|----------------|---------|-----------|----------------|
| 85      | 0,050000  | 1700           | 835     | 0,354000  | 2359           |
| 110     | 0,061667  | 1784           | 860     | 0,363000  | 2369           |
| 135     | 0,075667  | 1784           | 885     | 0,376333  | 2352           |
| 160     | 0,088333  | 1811           | 910     | 0,386000  | 2358           |
| 185     | 0,103333  | 1790           | 935     | 0,396000  | 2361           |
| 210     | 0,117667  | 1785           | 960     | 0,410000  | 2341           |
| 235     | 0,128667  | 1826           | 985     | 0,418667  | 2353           |
| 260     | 0,142000  | 1831           | 1010    | 0,427667  | 2362           |
| 285     | 0,154333  | 1847           | 1035    | 0,435333  | 2377           |
| 310     | 0,164667  | 1883           | 1060    | 0,449333  | 2359           |
| 335     | 0,177333  | 1889           | 1085    | 0,460000  | 2359           |
| 360     | 0,189000  | 1905           | 1110    | 0,470000  | 2362           |
| 385     | 0,194667  | 1978           | 1135    | 0,493000  | 2302           |
| 410     | 0,209500  | 1957           | 1160    | 0,490000  | 2367           |
| 435     | 0,221500  | 1964           | 1185    | 0,500000  | 2370           |
| 460     | 0,228000  | 2018           | 1210    | 0,518000  | 2336           |
| 485     | 0,240000  | 2021           | 1235    | 0,519500  | 2377           |
| 510     | 0,251000  | 2032           | 1260    | 0,529000  | 2382           |
| 535     | 0,257667  | 2076           | 1285    | 0,538333  | 2387           |
| 560     | 0,268500  | 2086           | 1310    | 0,547333  | 2393           |
| 585     | 0,275333  | 2125           | 1335    | 0,557333  | 2395           |
| 610     | 0,287500  | 2122           | 1360    | 0,569333  | 2388           |
| 635     | 0,296000  | 2145           | 1385    | 0,577333  | 2398           |
| 660     | 0,304000  | 2171           | 1410    | 0,582333  | 2421           |
| 685     | 0,306000  | 2239           | 1435    | 0,586000  | 2448           |
| 710     | 0,311000  | 2283           | 1460    | 0,592667  | 2463           |
| 735     | 0,318333  | 2309           | 1485    | 0,599667  | 2476           |
| 760     | 0,322000  | 2360           | 1510    | 0,606000  | 2491           |
| 785     | 0,333333  | 2355           | 1535    | 0,612667  | 2505           |
| 810     | 0,346000  | 2341           |         |           |                |

Objaśnienia jak w tabeli 23/ explanations as in Table 23

przekrojów geologicznych w otworach oraz z refleksami sejsmicznymi.

Wyniki profilowania prędkości średnich w głębokim otworze **Kętrzyn IG 1** w formie wykresów prędkości średnich i hodografu pionowego na podstawie uśrednionych wartości czasu zredukowanego ( $t_r$ ) zawartych w tabeli 23 przedstawia figura 47.

Krzywa prędkości średnich wykazuje dużą zmienność prędkości przebiegu fali w poszczególnych formacjach geologicznych, występujących na różnych głębokościach. Prędkość średnia wzrasta systematycznie z głębokością od 1800 do 2560 m/s. Wykres wskazuje dwa wyraźne przegięcia – na głęb. ok. 500 m związane ze wzrostem prędkości w utworach budujących kompleks składający się z jury gór-

Tabela 25

**Zestawienie uśrednionych wartości  $V_i$ ,  $V_k$ ,  $V_w$  obliczonych z czasu wygładzonego – otwór wiertniczy Kętrzyn IG 1**Averaged  $V_i$ ,  $V_k$  and  $V_w$  values calculated from smoothed time – Kętrzyn IG 1 borehole

| $h$ [m]  | $V_i$ [m/s] | $V_k$ [m/s] | $V_w$ [m/s] | $h$ [m]  | $V_i$ [m/s] | $V_k$ [m/s] | $V_w$ [m/s] |
|----------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|
| <b>1</b> | <b>2</b>    | <b>3</b>    | <b>4</b>    | <b>1</b> | <b>2</b>    | <b>3</b>    | <b>4</b>    |
| 20       | 1833        | 1854        |             | 740      | 2580        | 2557        | 2566        |
| 40       | 1833        | 1854        | 1824        | 760      | 2580        | 2557        | 2595        |
| 60       | 1833        | 1854        | 1835        | 780      | 2580        | 2557        | 2620        |
| 80       | 1833        | 1854        | 1850        | 800      | 2580        | 2553        | 2635        |
| 100      | 1833        | 1854        | 1868        | 820      | 2620        | 2553        | 2639        |
| 120      | 1920        | 1854        | 1889        | 840      | 2620        | 2553        | 2633        |
| 140      | 1920        | 1854        | 1909        | 860      | 2620        | 2553        | 2619        |
| 160      | 1920        | 2006        | 1930        | 880      | 2620        | 2553        | 2599        |
| 180      | 1920        | 2006        | 1952        | 900      | 2620        | 2553        | 2571        |
| 200      | 1920        | 2006        | 1979        | 920      | 2444        | 2553        | 2532        |
| 220      | 2080        | 2006        | 2014        | 940      | 2444        | 2553        | 2480        |
| 240      | 2080        | 2006        | 2056        | 960      | 2444        | 2553        | 2420        |
| 260      | 2080        | 2006        | 2104        | 980      | 2444        | 2553        | 2358        |
| 280      | 2080        | 2006        | 2152        | 1000     | 2444        | 2347        | 2308        |
| 300      | 2080        | 2210        | 2192        | 1020     | 2303        | 2347        | 2277        |
| 320      | 2217        | 2210        | 2217        | 1040     | 2303        | 2347        | 2273        |
| 340      | 2217        | 2210        | 2225        | 1060     | 2303        | 2347        | 2296        |
| 360      | 2217        | 2210        | 2221        | 1080     | 2303        | 2347        | 2342        |
| 380      | 2217        | 2210        | 2212        | 1100     | 2303        | 2347        | 2404        |
| 400      | 2217        | 2210        | 2207        | 1120     | 3081        | 2347        | 2473        |
| 420      | 2280        | 2312        | 2215        | 1140     | 3081        | 2347        | 2542        |
| 440      | 2280        | 2312        | 2242        | 1160     | 3081        | 2936        | 2608        |
| 460      | 2280        | 2312        | 2290        | 1180     | 3081        | 2936        | 2675        |
| 480      | 2280        | 2312        | 2359        | 1200     | 3081        | 2936        | 2748        |
| 500      | 2280        | 2312        | 2443        | 1220     | 3081        | 2936        | 2837        |
| 520      | 2617        | 2312        | 2532        | 1240     | 3081        | 2936        | 2950        |
| 540      | 2617        | 2639        | 2612        | 1260     | 3081        | 2936        | 3093        |
| 560      | 2617        | 2639        | 2669        | 1280     | 3081        | 2936        | 3265        |
| 580      | 2617        | 2639        | 2692        | 1300     | 3081        | 2936        | 3460        |
| 600      | 2617        | 2639        | 2681        | 1320     | 3895        | 2936        | 3666        |
| 620      | 2586        | 2639        | 2645        | 1340     | 3895        | 4030        | 3861        |
| 640      | 2586        | 2639        | 2600        | 1360     | 3895        | 4030        | 4019        |
| 660      | 2586        | 2639        | 2560        | 1380     | 3895        | 4030        | 4121        |
| 680      | 2586        | 2557        | 2534        | 1400     | 3895        | 4030        | 4159        |
| 700      | 2586        | 2557        | 2529        | 1420     | 4039        | 4030        | 4140        |
| 720      | 2580        | 2557        | 2541        | 1440     | 4039        | 4030        | 4085        |

Tabela 25 cd.

| 1    | 2    | 3    | 4    | 1    | 2    | 3    | 4    |
|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1460 | 4039 | 4030 | 4012 | 1660 | 3599 | 3774 | 3587 |
| 1480 | 4039 | 4030 | 3938 | 1680 | 3599 | 3774 | 3653 |
| 1500 | 4039 | 3774 | 3870 | 1700 | 3599 | 3774 | 3755 |
| 1520 | 3721 | 3774 | 3807 | 1720 | 4147 | 3774 | 3891 |
| 1540 | 3721 | 3774 | 3748 | 1740 | 4147 | 3774 | 4057 |
| 1560 | 3721 | 3774 | 3692 | 1760 | 4147 | 3774 | 4244 |
| 1580 | 3721 | 3774 | 3639 | 1780 | 4147 | 3774 | 4438 |
| 1600 | 3721 | 3774 | 3593 | 1800 | 4147 | 4675 | 4617 |
| 1620 | 3599 | 3774 | 3563 | 1820 | 4769 | 4675 | 4748 |
| 1640 | 3599 | 3774 | 3558 | 1840 | 4769 | 4675 | 4687 |

$h$  – głębokość,  $V_i$  – prędkość interwałowa,  $V_k$  – prędkość kompleksowa,  $V_w$  – prędkość wygładzona

$h$  – depth,  $V_i$  – interval velocity,  $V_k$  – complex velocity,  $V_w$  – smoothed velocity

nej (oksford), jury środkowej i dolnej oraz górnych warstw triasu górnego (górny pstry piaskowiec) oraz na głęb. ok. 1000 m związane ze zmniejszeniem prędkości przebiegu fali sejsmicznej w utworach triasu dolnego.

Zestawienie profilu stratygraficznego głębokiego otworu Kętrzyn IG 1 z krzywą prędkości wygładzonych i wykresami prędkości kompleksowych oraz interwałowych obrazuje figura 49. Na krzywej prędkości wygładzonych widać wyraźnie przegięcia, wynikające z dużych różnic między prędkościami przebiegu fali w poszczególnych utworach geologicznych.

Obserwuje się dobrą zgodność prędkości kompleksowych i interwałowych. Prędkości kompleksowe dla poszczególnych geologicznych utworów kenozoicznych i kredowych wykazują stopniowy „schodkowy” wzrost wartości wraz z głębokością i wynoszą odpowiednio: 1850 m/s dla warstw górnych kenozoiku, 2000 m/s obejmująca dolne skały kenozoiku i osady mastrychtu, 2200 m/s związana z utworami kampanu oraz 2300 m/s dla turonu. Ostatnia wartość 2300 m/s dotyczy również górnego ognia jury górnej. Wielodzielność wykresów prędkości kompleksowych wynika ze zróżnicowania wykształcenia litologicznego wymienionych kompleksów, potwierdzonego również obrazem krzywej prędkości interwałowych.

Następny znaczny kontrast prędkości interwałowych i kompleksowych o wartości 350 m/s koreluje się z głębokością występowania utworów przystropowych oksfordu. Średnia prędkość kompleksowa 2650 m/s wydziela wapień oksfordu od osadów leżących wyżej. Poniżej w dużym przedziale głęb. (ok. 650–1000 m) obserwuje się prawie stałą prędkość kompleksową o wartości 2550 m/s, która charakteryzuje formacje jury środkowej i dolnej oraz najwyższego triasu dolnego. Wahania wartości prędkości interwałowych w wymienionym interwale głębokościowym wskazują

na zmiany zachodzące w wykształceniu litologicznym serii geologicznych, budujących ten przedział głębokościowy.

Zmniejszenie prędkości do wartości 2350 m/s notują obydwie krzywe – interwałowa ( $V_i$ ) i kompleksowa ( $V_k$ ), na głęb. ok. 1000 m, odpowiadającej utworom triasu dolnego na granicy pstrego piaskowca środkowego i dolnego. Poniżej krzywa prędkości kompleksowych w zasięgu utworów dolnego pstrego piaskowca wykazuje wyraźną dwudzielność. Ponowny wzrost prędkości do wartości 2950 m/s wyznacza w spągu triasu pakiet o miąższości ok. 200 m (formacja bałtycka). Stosunkowo duży kontrast prędkości tej granicy ok. 600 m/s wskazuje na znaczne różnice składu litologicznego tego odcinka profilu w stosunku do otoczenia. Wartość 2950 m/s charakteryzuje również górną część permu górnego. Niżej w cechszynie obserwuje się bardzo wysoki kontrast prędkości kompleksowej wynoszący 1100 m/s, wyznaczający strop warstwy o prędkości 4050 m/s, która koreluje się z głębokością zalegania najniższego cyklotemu cechszyny, permu dolnego oraz górnych serii syluru. Dodatkowo krzywa prędkości interwałowych zaznacza granicę kontaktu odpowiadającą stropowi permu dolnego. Zmniejszenie prędkości do wartości 3750 m/s wydziela kolejny kompleks charakteryzujący osady dolnego syluru, ordowiku, kambru górnego i częściowo dolnego. Natomiast wykres prędkości interwałowych zmniejszeniem prędkości w stosunku do otoczenia wyodrębnia utwory kambru górnego. Bardzo duży kontrast prędkości 950 m/s zwiększający średnią prędkość kompleksową do wartości 4700 m/s ma miejsce w spągu występowania osadów kambru dolnego.

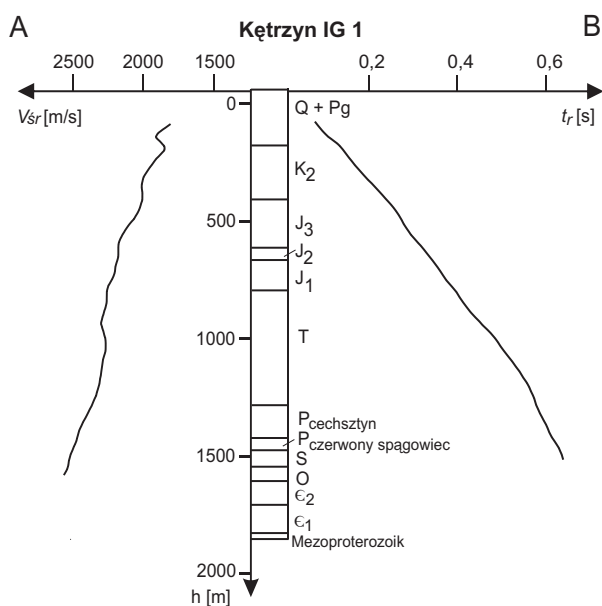
Uzyskane wyniki profilowania prędkości średnich wskazują, że istnieją wyraźne granice akustyczne: w utworach kredy, w strefie oksfordu, w osadach pstrego piaskowca, w cechszynie, sylurze i kambrze dolnym. Potwierdzają



Tabela 26

**Zestawienie uśrednionych wartości  $V_i$ ,  $V_k$ ,  $V_w$  obliczonych z czasu wygładzonego – otwór wiertniczy Kętrzyn IG 2**Averaged  $V_i$ ,  $V_k$  and  $V_w$  values calculated from smoothed time – Kętrzyn IG 2 borehole

| $h$ [m] | $V_i$ [m/s] | $V_k$ [m/s] | $V_w$ [m/s] | $h$ [m] | $V_i$ [m/s] | $V_k$ [m/s] | $V_w$ [m/s] |
|---------|-------------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------------|
| 20      | 1784        | 1906        |             | 780     | 3089        | 3202        | 2865        |
| 40      | 1784        | 1906        | 1778        | 800     | 3089        | 3202        | 2720        |
| 60      | 1784        | 1906        | 1787        | 820     | 2490        | 2443        | 2600        |
| 80      | 1784        | 1906        | 1798        | 840     | 2490        | 2443        | 2508        |
| 100     | 1784        | 1906        | 1810        | 860     | 2490        | 2443        | 2442        |
| 120     | 1850        | 1906        | 1823        | 880     | 2490        | 2443        | 2398        |
| 140     | 1850        | 1906        | 1838        | 900     | 2490        | 2443        | 2373        |
| 160     | 1850        | 1906        | 1857        | 920     | 2369        | 2443        | 2366        |
| 180     | 1850        | 1906        | 1880        | 940     | 2369        | 2443        | 2369        |
| 200     | 1850        | 1906        | 1911        | 960     | 2369        | 2443        | 2374        |
| 220     | 2021        | 1906        | 1948        | 980     | 2369        | 2315        | 2370        |
| 240     | 2021        | 1906        | 1994        | 1000    | 2369        | 2315        | 2349        |
| 260     | 2021        | 1906        | 2045        | 1020    | 2233        | 2315        | 2308        |
| 280     | 2021        | 1906        | 2102        | 1040    | 2233        | 2315        | 2254        |
| 300     | 2021        | 1906        | 2162        | 1060    | 2233        | 2315        | 2201        |
| 320     | 2304        | 1906        | 2225        | 1080    | 2233        | 2298        | 2166        |
| 340     | 2304        | 2386        | 2285        | 1100    | 2233        | 2298        | 2161        |
| 360     | 2304        | 2386        | 2339        | 1120    | 2356        | 2298        | 2198        |
| 380     | 2304        | 2386        | 2385        | 1140    | 2356        | 2298        | 2279        |
| 400     | 2304        | 2386        | 2420        | 1160    | 2356        | 2298        | 2401        |
| 420     | 2486        | 2386        | 2447        | 1180    | 2356        | 2298        | 2552        |
| 440     | 2486        | 2386        | 2470        | 1200    | 2356        | 2298        | 2710        |
| 460     | 2486        | 2386        | 2495        | 1220    | 2926        | 2926        | 2847        |
| 480     | 2486        | 2789        | 2528        | 1240    | 2926        | 2926        | 2939        |
| 500     | 2486        | 2789        | 2573        | 1260    | 2926        | 2926        | 2980        |
| 520     | 2769        | 2789        | 2635        | 1280    | 2926        | 2926        | 2988        |
| 540     | 2769        | 2789        | 2715        | 1300    | 2926        | 2926        | 2988        |
| 560     | 2769        | 2789        | 2811        | 1320    | 3153        | 3221        | 3008        |
| 580     | 2769        | 2789        | 2923        | 1340    | 3153        | 3221        | 3070        |
| 600     | 2769        | 2789        | 3046        | 1360    | 3153        | 3221        | 3180        |
| 620     | 3311        | 2789        | 3175        | 1380    | 3153        | 3221        | 3335        |
| 640     | 3311        | 2789        | 3295        | 1400    | 3153        | 3221        | 3513        |
| 660     | 3311        | 3202        | 3391        | 1420    | 3816        | 3221        | 3684        |
| 680     | 3311        | 3202        | 3438        | 1440    | 3816        | 3885        | 3816        |
| 700     | 3311        | 3202        | 3421        | 1460    | 3816        | 3885        | 3896        |
| 720     | 3089        | 3202        | 3334        | 1480    | 3816        | 3885        | 3930        |
| 740     | 3089        | 3202        | 3194        | 1500    | 3816        | 3885        | 3937        |
| 760     | 3089        | 3202        | 3029        | 1520    | 3816        | 3885        | 3941        |

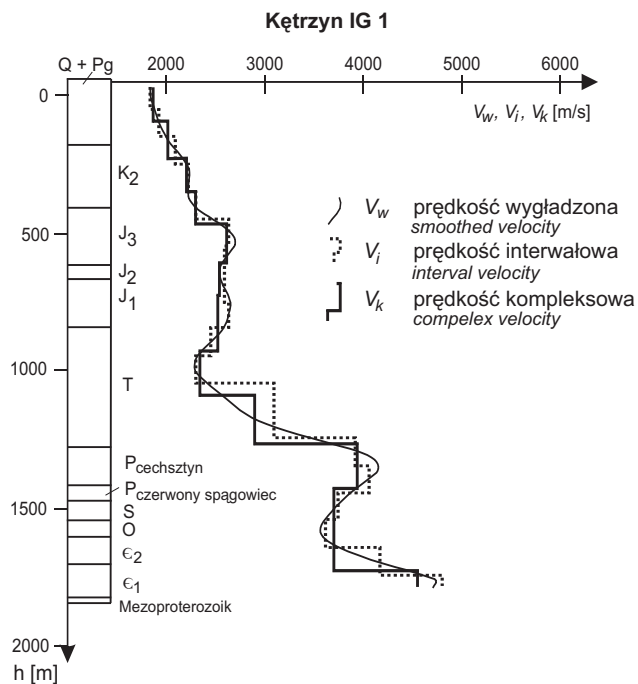


**Fig. 47. Wykres prędkości średnich (A) i hodograf pionowy (B) (poziom odniesienia 51,0 m n.p.m.)**

$t_r$  – średni czas zredukowany average reduced time,  $V_{sr}$  – prędkość średnia average velocity,  $h$  – głębokość

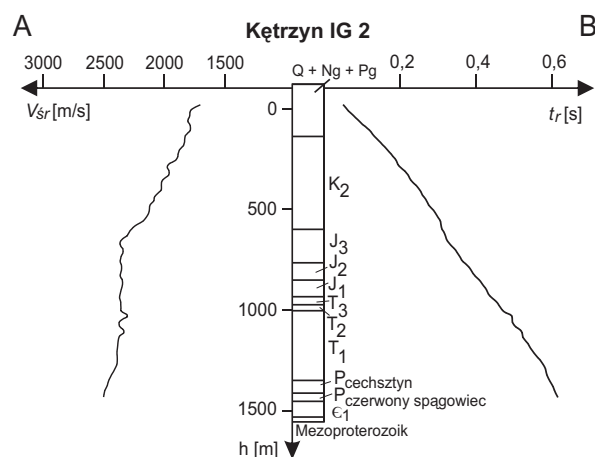
Average seismic velocity (A) and travel-time curve (B)  
(reference level 51.0 m a.s.l.)

$t_r$  – average reduced time,  $V_{sr}$  – average velocity,  $h$  – depth



**Fig. 49. Wykresy prędkości wygładzonych ( $V_w$ ), interwałowych ( $V_i$ ) i kompleksowych ( $V_k$ ) (poziom odniesienia 51,0 m n.p.m.)**

Smoothed velocity ( $V_w$ ), interval velocity ( $V_i$ ) and complex velocity  $V_k$  (reference level 51.0 m a.s.l.)

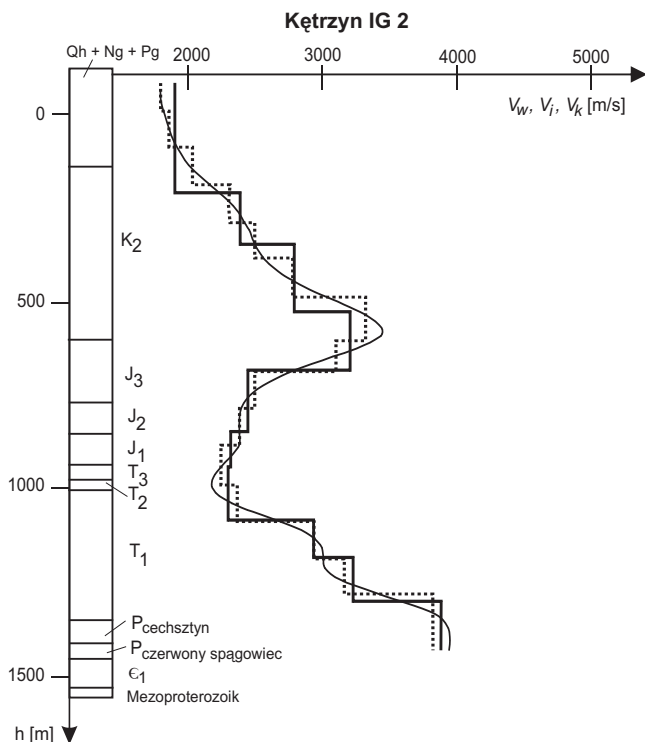


**Fig. 48. Wykres prędkości średnich (A) i hodograf pionowy (B) (poziom odniesienia 100,0 m n.p.m.)**

Objaśnienia na figurze 47

Average seismic velocity (A) and travel-time curve (B)  
(reference level 100.0 m a.s.l.)

Explanations see Figure 47



**Fig. 50. Wykresy prędkości wygładzonych ( $V_w$ ), interwałowych ( $V_i$ ) i kompleksowych ( $V_k$ ) (poziom odniesienia 100,0 m n.p.m.)**

Objaśnienia na figurze 49

Smoothed velocity ( $V_w$ ), interval velocity ( $V_i$ ) and complex velocity  $V_k$  (reference level 100.0 m a.s.l.)

Explanations see Figure 49

to prace sejsmiczne z tego rejonu, rejestrując odbicia od wymienionych granic.

Wyniki profilowania prędkości średnich w głębokim otworze Kętrzyn IG 2 w formie wykresów prędkości średnich i hodografu pionowego na podstawie uśrednionych wartości czasu zredukowanego ( $t_r$ ) zawartych w tabeli 24 przedstawia figura 48.

Krzywa prędkości średnich wykazuje zmienność prędkości przebiegu fali w poszczególnych formacjach geologicznych, występujących do głęb. ok. 760 m korelującej się z warstwami spągowymi oksfordu. Prędkość wzrasta systematycznie z głębokością od 1700 do 2360 m/s. W miejscu tym odpowiadającym kontaktowi jury górnej i środkowej następuje przegięcie krzywej i dalej w dużym przedziale głębokości do ok. 1350 m można obserwować, z małymi oscylacjami na głęb. ok. 1200 m (trias dolny), prawie stałą średnią prędkość o wartości ok. 2360 m/s. Następna zmiana kierunku krzywej związana jest ze wzrostem prędkości przebiegu fali w utworach cechsztynu.

Zestawienie profilu stratygraficznego głębokiego otworu Kętrzyn IG 2 z krzywą prędkości wygładzonych i wykresami prędkości kompleksowych oraz interwałowych obrazuje figura 50. Na krzywej prędkości wygładzonych widać wyraźnie przegięcia, wynikające z dużych różnic między prędkościami przebiegu fali w poszczególnych utworach geologicznych.

Obserwuje się dobrą zgodność prędkości kompleksowych i interwałowych. Prędkości kompleksowe dla poszczególnych geologicznych utworów kenozoicznych i kredowych wykazują stopniowy schodkowy wzrost wartości wraz z głębokością i wynoszą odpowiednio – 1900 m/s odnośnie do kenozoiku i mastrychtu, 2400 m/s dla kampanu, 2800 m/s dla osadów obejmujących koniak, turon łącznie z cienką warstwą jury górnej (kimeryd).

Wspomniane wyżej maksimum wartości prędkości średnich w przedziale głębokościowym odpowiadającym utworom wapiennym oksfordu (fig. 48A) znajduje wyraźne odzwierciedlenie na krzywej prędkości interwałowych i kompleksowych. Kompleks o wartości 3200 m/s wyznaczony granicami kontrastu prędkości – dodatnią 400 m/s w stropie i ujemną 750 m/s w spągu znacznie wyróżnia się na tle sąsiednich jednostek stratygraficznych.

Poniżej obserwuje się duże obniżenie prędkości kompleksowych do wartości 2450 m/s przypisanej utworom jury środkowej i dolnej oraz triasowi górnemu i następnie o wartości 2300 m/s charakteryzujące osady triasu środkowego oraz górną część triasu dolnego. Wahaniami wartości prędkości interwałowych w wymienionych formacjach świadczą o zmianach zachodzących w wykształceniu litologicznym serii geologicznych budujących ten przedział głębokościowy.

W świetle przedstawionych wyników wykresy prędkości interwałowych i kompleksowych na głębokości odpowiadającej utworom dolnego triasu wykazują wyraźną trójdzielność. Kontrast prędkości 650 m/s wydziela wymienioną część górną o prędkości kompleksowej 2300 m/s i ogniw środkowe o typowej dla tej warstwy prędkości 2950 m/s (korelującej się z formacją bałtycką). Dolny odcinek o prędkości kompleksowej 3200 m/s charakteryzuje również utwory permu górnego i dolnego. Ostatnia granica prędkości o kontraście wynoszącym 700 m/s pokrywa się z warstwami przystropowymi kambru dolnego określonego prędkością kompleksową o wartości 3900 m/s.

Z wykonanego profilowania prędkości średnich wynika, że istnieją wyraźne granice akustyczne – dodatnie w kredzie i w stropie oksfordu, ujemna w stropie jury środkowej, dodatnie w pstrym piaskowcu oraz w stropie kambru dolnego. Znajduje to potwierdzenie w pracach sejsmicznych z tego rejonu rejestrujących odbicia od wyżej wymienionych granic refleksyjnych.

Analiza wyników profilowania prędkości średnich w otworach Kętrzyn IG 1 i Kętrzyn IG 2 wykazuje dużą zmienność prędkości przebiegu fali sejsmicznej w poszczególnych formacjach geologicznych występujących na różnych głębokościach. W konsekwencji tego zmiany miąższości poszczególnych ogniw w pokrywie osadowej wpływają znacząco na zmianę prędkości średniej dla tej samej głębokości.

Wykonana interpretacja pomiarów średnich prędkości w otworach Kętrzyn IG 1 i Kętrzyn IG 2 umożliwia określenie prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych w ośrodku skalnym, a w konsekwencji właściwe wyznaczenie głębokości granic refleksyjnych na przekrojach sejsmicznych w tym rejonie.