

STANISŁAW DUBIEL\*, BARBARA ULIASZ-MISIAK\*\*

## Przegląd wyników badań rurowymi próbnikami złoża mezozoicznych poziomów wodonośnych Nizżu Polskiego<sup>1</sup>

### Wprowadzenie

W XX wieku wykonano kilkaset opróbowań rurowymi próbnikami złoża (RPZ) wybranych mezozoicznych poziomów wodonośnych na Nizżu Polskim. Na podstawie uzyskanych wyników badań określono podstawowe parametry złożowe tych poziomów metodą Hornera (Dubiel 1985; Dubiel, Uliasz-Misiak 1999; Szostak i in. 1978). Do badań stosowano najczęściej próbniki Groz-UfNII (w wersji 146 mm i 95 mm) produkcji rosyjskiej, a sporadycznie próbniki firmy Halliburton typu Standard produkcji amerykańskiej (Dubiel 1985, 1986; Dubiel i in. 2001, 2003; Szostak i in. 1978). Próbnikami tymi uzyskano duży odsetek udanych technicznie badań (ok. 90%).

Obecnie z wybranych mezozoicznych poziomów wodonośnych Nizżu Polskiego pozyskiwane są wody geotermalne. Są one także typowane do składowania dwutlenku węgla. Z tego względu wyniki analizy warunków dowiercania i opróbowania tych poziomów oraz interpretacji danych pochodzących z opróbowań wykonanych w ramach poszukiwań naftowych w latach 1968–1985 i pod koniec XX wieku, mogą być wykorzystywane przy projektowaniu wierceń geotermalnych lub podziemnego składowania dwutlenku węgla (Uliasz-Misiak 2008).

---

\* Prof. dr. hab. inż., \*\* Dr hab. inż., Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Katedra Inżynierii Naftowej, Kraków.

---

<sup>1</sup> Artykuł wykonano w ramach badań statutowych Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH.

## 1. Warunki dowiercania poziomów wodonośnych mezozoiku

Warunki dowiercania mezozoicznych poziomów wodonośnych miały znaczny wpływ na wiarygodność uzyskanych wyników opróbowania RPZ. Rodzaj stosowanej płuczki wiertniczej i wielkość represji ciśnienia słupa płuczki może wpływać znacząco na przepuszczalność skał w strefie przyodwiertowej. Z tego względu celowe jest przynajmniej ogólne omówienie tych zagadnień, a także przedstawienie ścisłych powiązań między nimi.

### 1.1. Stosowane płuczki wiertnicze

Warunki przewiercania skał zbiornikowych zależą przede wszystkim od rodzaju stosowanej płuczki, jej ciężaru właściwego i filtracji. Do przewiercania skał zbiornikowych mezozoiku stosowano płuczki na osnowie wodnej lub wodę. W ponad 83% przypadków stosowano płuczki iłowo-bentonitowe o dużej zawartości fazy stałej. Tego rodzaju płuczki, przy równoczesnym niedostatecznym ich oczyszczaniu na powierzchni z urobku, są zwykle przyczyną kolmatacji skał przepuszczalnych w strefie przyotworowej, co w czasie opróbowania ogranicza strumień objętości przyprływu wody złożowej do próbnika.

Stosowane płuczki charakteryzowały się dość zróżnicowanym ciężarem właściwym, który wynosił od około 10 000 do 13 600 N/m<sup>3</sup>. Określona laboratoryjnie wartość filtracji wahała się w granicach od kilku do kilkunastu cm<sup>3</sup>/30 min.

Na skutek sił adhezji, występujących między filtratem płuczkowym i skałą zbiornikową typu piaskowcowego, wzrastają opory przepływu wody złożowej do próbnika. W takich przypadkach, określona na podstawie wyników opróbowania wartość wskaźnika wydobywania wody złożowej może być znacznie zaniżona.

### 1.2. Wartość represji ciśnienia słupa płuczki wiertniczej na poziomy wodonośne

Ciśnienie hydrostatyczne słupa płuczki w otworze wiertniczym jest wprost proporcjonalne do ciężaru właściwego płuczki. Ciśnienie to przewyższało średnio o kilka do kilkunastu procent ciśnienie złożowe, występujące w poszczególnych poziomach wodonośnych mezozoiku. Ciśnienie hydrodynamiczne płuczki, w czasie jej krążenia w otworze wiertniczym, przewyższało wartość ciśnienia hydrostatycznego słupa płuczki. Toteż wartość różnicy ciśnienia hydrostatycznego słupa płuczki i ciśnienia złożowego (zwana represją ciśnienia) wynosiła od około kilku dziesiątych MPa do kilku MPa (tab.1).

### 1.3. Ocena zmian przepuszczalności skał wodonośnych w strefie przyotworowej podczas dowiercania złoża

Proces dowiercania poziomu wodonośnego (przewiercanie skał ekranujących ten poziom oraz skał zbiornikowych) metodą obrotową z zastosowaniem płuczki wiertniczej na osnowie

TABELA 1  
Średnie wartości represji ciśnienia płuczki w poszczególnych poziomach wodonośnych mezozoiku podczas ich dowiercania (na podstawie Dubiel 1985)

TABLE 1  
Mean values of repression of the mud pressure in selected Mesozoic aquifers during its drilling up (after Dubiel 1985)

Jednostka geologiczna	Poziom wodonośny	Represja ciśnienia płuczki (MPa) określona na głębokości										
		600 m	900 m	1200 m	1500 m	1800 m	2100 m	2400 m	2700 m	3000 m		
Monoklina przedśudecka	jura	1,107	1,311	1,815	2,319	2,823	3,327	3,831	4,335	-	-	
	trias	0,884	1,138	1,392	1,645	1,899	2,158	2,406	2,660	2,913		
	kreda	-	1,698	2,094	2,490	-	-	-	-	-	-	
Niecka szczecińsko-mogileńsko-łódzka	jura	-	1,314	1,916	2,519	3,121	-	-	-	-		
	trias	-	-	-	4,420	3,577	2,735	1,893	1,051	-		
	kreda	0,963	1,965	2,964	-	-	-	-	-	-		
Wał pomorski i niecka pomorska	jura	1,267	1,710	2,153	2,597	3,040	3,484	3,927	-	-		
	trias	0,471	1,606	1,984	2,362	2,740	3,118	3,496	-	-		
	kreda	-	0,839	1,258	1,677	-	-	-	-	-		
Niecka warszawska	jura	-	1,339	1,709	2,079	2,449	2,819	3,189	3,552	-		
trias	-	-	-	-	-	-	-	0,195	1,068	1,821		
Niecka lubelska	jura	-	1,785	-	-	-	-	-	-	-		
	trias	-	-	-	-	2,480	2,700	2,921	3,141	3,361		

wodnej, zwłaszcza o dużej zawartości fazy stałej, ma zwykle bardzo negatywny wpływ na pierwotną przepuszczalność skał wodonośnych tak typu porowego (piaskowce, mułowce), jak też typu porowo-szczelinowego (wapienie, dolomity) (Dubiel 1985, 1986; Dubiel, Uliasz-Misiak 1998; Szostak i in. 1978). Stwierdzono (Dubiel 1985, 1985; Dubiel i in. 2001, 2003; Szostak i in. 1978), że pod wpływem zbyt dużej represji ciśnienia słupa płuczki w otworze wiertniczym, wytwarzanego zwłaszcza w warunkach hydrodynamicznych (krążenie płuczki w otworze, zapuszczanie przewodu wiertniczego), następuje wnikanie w kanały filtracyjne skały zbiornikowej wraz z filtratem płuczkowym cząstek stałych z płuczki (cząstki iłu, cząstki urobku, kryształki soli, rdza, polimery, blokatory i in.). Powoduje to tworzenie się osadu wewnętrznego w bliskiej strefie przyotworowej o promieniu od kilkunastu do kilkudziesięciu centymetrów.

W bardziej odległą od otworu wiertniczego strefę przyotworową (od kilku do kilkunastu metrów) wnika filtrat płuczkowy, który w kontakcie z lepszczem ilastym skały zbiornikowej powoduje pęcznienie cząstek ilastych. W przypadku niezgodności chemicznej filtratu płuczkowego z wodą złożową, w skałach strefy przyotworowej może dochodzić do wytrącania się różnego rodzaju soli (Dubiel i in. 2001; Uliasz-Misiak 1999). W wyniku tego może nastąpić znaczne uszkodzenie (zmniejszenie) pierwotnej przepuszczalności skał zbiornikowych w strefie przyotworowej o zróżnicowanym promieniu: od kilku metrów w skałach typu porowatego do kilkunastu i więcej metrów w skałach typu porowo-szczelinowego.

Podczas dowiercania poziomów wodonośnych może również zachodzić zjawisko polepszania (zwiększania) pierwotnej przepuszczalności skał zbiornikowych. Następuje ono w wyniku przemycia przez filtrat płuczkowy kanałów porowych i szczelinowych skały zbiornikowej oraz usunięcia z nich mobilnych cząstek (ziarna piasku, kryształki soli, cząstki ilaste) do otworu wiertniczego. Zjawisko to może występować szczególnie intensywnie podczas częstych operacji dźwigowych przewodem (np. zapuszczanie i wyciąganie aparatu rdzeniowego), w wyniku tłokowania (represje i depresje ciśnienia dennego), a także podczas badania RPZ – pod wpływem wytworzenia na poziomy wodonośnej dużej depresji ciśnienia. W tym ostatnim przypadku, w skałach typu porowo-szczelinowego może dochodzić do zwierania się szczelin oraz mikroszczelin i ograniczania dopływu wody złożowej do otworu wiertniczego (Dubiel i in. 2001; Uliasz-Misiak 1999).

Charakterystykę zmian przepuszczalności skał w strefie przyotworowej przedstawiono na podstawie analizy wartości współczynnika  $S$  (*skin efektu*), określonego na podstawie badań RPZ. Współczynnik  $S$  charakteryzuje wzrost różnicy ciśnienia ( $\Delta p_s$ ) na pokonanie oporów hydraulicznych przepływu wody złożowej w strefie przyotworowej (gdy przepuszczalność skał w tej strefie jest uszkodzona,  $S > 0$ ) lub zmniejszenie tej różnicy, w porównaniu do warunków pierwotnych (gdy przepuszczalność skał w tej strefie jest polepszona,  $S < 0$ ) (Dubiel i in. 2003; Szostak i in. 1978). W przypadku  $S$  równego lub bliskiego zeru stwierdza się brak zmian przepuszczalności skał w strefie przyotworowej.

Przeanalizowano zmiany przepuszczalności skał zbiornikowych w strefie przyotworowej na podstawie 416 badań RPZ poziomów wodonośnych mezozoiku; tylko dla 159 przypadków (38,2%) uzyskano jednoznaczną informację o zmianie przepuszczalności skał

w strefie przyotworowej (tab. 2). Dla niewielkiej liczby przypadków pomiarów (3,9%) stwierdzono niezmienną przepuszczalność skał w strefie przyotworowej ( $S = 0$ ). Zmniejszenie przepuszczalności skał zbiornikowych w tej strefie zaobserwowano w 80 przypadkach ( $S > 0$ ), zaś dla 63 badań (15,1%) stwierdzono zwiększenie przepuszczalności skał wodonośnych ( $S < 0$ ). Z powodu braku przyływu płynu złożowego do próbnika dla 66 badań nie określono wartości wskaźnika zmiany przepuszczalności skał w strefie przyotworowej, co stanowi 15,9% wszystkich badań.

TABELA 2

Zestawienie wyników analizy wskaźnika  $S$  na podstawie wyników badań RPZ poziomów wodonośnych mezozoiku na Nizinie Polskiej (na podstawie Dubiel 1985)

TABLE 2

Results of the skin factor analysis on the basis of Mesozoic aquifers drillstem tests on the Polish Lowland (after Dubiel 1985)

Poziom wodonośny	$S = 0$	$S > 0$	$S < 0$	$S$ nie określono		Ogółem badań RPZ
				brak przyływu	niejednoznaczne wyniki	
Kreda	2	5	5	–	26	38
Jura	10	46	29	20	75	180
Trias	4	29	29	46	90	198
Razem	16	80	63	66	191	416

Brak przyływu wody złożowej do próbnika, w przypadku opróbowania skał wodonośnych mezozoiku na Nizinie Polskiej, można wytłumaczyć brakiem łączności hydraulicznej otworu wiertniczego z warstwą wodonośną z powodu:

- nadmiernego uszkodzenia (zmniejszenia) przepuszczalności skał zbiornikowych w strefie przyotworowej w czasie jej przewiercania lub opróbowania,
- niedostatecznego stopnia udostępnienia badanych skał wodonośnych przez perforację okładziny otworu wiertniczego,
- małej pierwotnej przepuszczalności skał wodonośnych.

Niejednoznaczna interpretacja wyników badań rurowym próbnikiem oraz niekompletność tych wyników i innych danych były przyczyną nieokreślenia wartości liczbowej  $S$  aż w 191 przypadkach, co stanowi 45,9% wszystkich udanych technicznie badań. Nieokreślenie *skin efektu* uniemożliwia często ocenę wartości przemysłowej badanych poziomów wodonośnych, szczególnie wówczas gdy ich przepuszczalność została zmniejszona w czasie przewiercania. Znajomość wartości wskaźnika *skin efektu*  $S$  umożliwiłaby m.in. podjęcie decyzji o celowości wykonywania okładziny otworu wiertniczego w strefie złożowej i zabiegu intensyfikacji przyływu wody złożowej. Decyzje te mają charakter ekonomiczny.

## 2. Wpływ parametrów technologii opróbowania RPZ mezozoicznych poziomów wodonośnych na uzyskiwane wyniki badań

Celem badania poziomów perspektywicznych RPZ jest ocena ich produktywności oraz określenie właściwości zbiornikowych badanych skał wodonośnych. Analizą danych przemysłowych stwierdzono (Dubiel 1986, Dubiel, Chrząszcz 1984; Dubiel i in. 2003, Uliasz-Misiak 1999), że podczas opróbowania poziomów wodonośnych istotną rolę odgrywają takie parametry technologiczne jak: depresja wytwarzana na złożu, iloraz depresji i represji ciśnienia w otworze, czas pomiaru przyływu wody złożowej, czas pomiaru odbudowy ciśnienia dennego. Parametry te wpływają na możliwości uzyskania i wielkość strumienia objętości przyływu wody złożowej oraz na jakość rejestracji krzywych zmian ciśnienia dennego.

### 2.1. Wpływ wielkości depresji ciśnienia na wyniki badań poziomów wodonośnych RPZ

Wielkość depresji wytwarzanej na badany poziom wodonośny jest jednym z podstawowych parametrów technologii opróbowania RPZ. Maksymalna, początkowa wartość depresji ciśnienia jaka może być wytworzona na badane skały zbiornikowe podczas badań RPZ jest równa ciśnieniu złożowemu. Ma to miejsce wówczas, gdy zestaw RPZ zapuszcza się na pustym przewodzie próbnikowym (rury płuczkowe lub wydobywcze). Duża wielkość depresji początkowej zwiększa zasięg badania próbnikiem. Równocześnie duża wartość początkowa różnicy ciśnienia złożowego i przeciwcisnienia w przewodzie próbnikowym może być niewskazana z powodu niebezpieczeństwa wystąpienia utraty szczelności zapięcia uszczelnacza próbnika, sypania skał w nieorurowanym odcinku otworu wiertniczego, zwierania się szczelin i mikroszczelin w skałach zbiornikowych typu węglanowego (Dubiel i in. 2003).

Podczas badań RPZ utworów mezozoiku (tab. 3) we wszystkich analizowanych przypadkach ograniczano wartość początkowej depresji ciśnienia poprzez stosowanie w przewodzie próbnikowym słupa cieczy przybitkowej, a niekiedy także zwężki wgłębnej. Jednak w przypadkach intensywnego dopływu wody złożowej przez zwężkę wgłębną do przewodu próbnikowego sumaryczne przeciwcisnienie na złożu (przybitka plus opory hydrauliczne na zwężce) ograniczały możliwość rejestracji pełnego wykresu krzywej odbudowy ciśnienia i takie wyniki były często powodem niejednoznacznej interpretacji (Dubiel, Chrząszcz 1984; Szostak i in. 1984).

### 2.2. Badanie zmian wydatku przyływu wody złożowej w zależności od wielkości współczynnika początkowej depresji

Współczynnik początkowej depresji  $K_d$  określa się jako iloraz przeciwcisnienia wywieranego na badany poziom wodonośny i ciśnienia złożowego

TABELA 3

Średnie wartości początkowej depresji ciśnienia na mezozoiczne poziomy wodonośne podczas badania RPZ (na podstawie Dubiel 1985)

TABLE 3

Mean values of the initial pressure depression on the Mesozoic aquifers while drillstem tests (after Dubiel 1985)

Jednostka geologiczna	Poziom wodonośny	Początkowa depresja ciśnienia (MPa) określona na głębokości												
		600 m	900 m	1200 m	1500 m	1800 m	2100 m	2400 m	2700 m	3000 m				
Monoklina przedśudecka	jura	5,551	–	–	7,532	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	trias	–	7,599	9,648	11,696	13,747	15,792	17,840	19,888	21,936	–	–	–	–
	kreda	–	2,920	5,798	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Niecka szczecińsko-mogileńsko-łódzka	jura	–	4,136	–	13,015	12,706	–	–	–	–	–	–	–	–
	trias	–	–	–	9,734	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	kreda	1,772	3,347	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Wał pomorski i niecka pomorska	jura	3,338	3,452	6,951	8,577	10,564	12,371	14,177	–	–	–	–	–	–
	trias	2,426	3,974	5,522	7,064	8,617	10,165	11,713	–	–	–	–	–	–
	kreda	–	1,093	2,228	3,363	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Niecka warszawska	jura	–	7,688	7,036	6,383	5,731	5,078	4,426	3,773	–	–	–	–	–
	trias	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Wał kujawski i kutnowski	jura	3,689	6,317	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	trias	–	1,922	–	5,461	–	–	–	–	–	–	–	–	–

$$K_d = \frac{p_p}{p_z} \quad (1)$$

gdzie:

- $K_d$  – współczynnik początkowej depresji,
- $p_p$  – przeciwcisnienie na złożu w początkowym okresie przyływu płynu złożowego (ciśnienie hydrostatyczne słupa przybitki wodnej plus opory hydrauliczne przepływu wody w przewodzie próbnikowym oraz zwężce wgłębnej) [MPa],
- $p_z$  – ciśnienie złożowe [MPa].

Stwierdzono, że im większa jest wartość  $K_d$ , tym mniejsza jest początkowa depresja ciśnienia wytwarzana na poziom wodonośny w czasie opróbowania RPZ. Wielkość współczynnika początkowej depresji ciśnienia wywarłej na poziom wodonośny ma często duży wpływ na warunki przyływu wody złożowej w procesie opróbowania. Na podstawie analizy wyników opróbowania przemysłowych stwierdzono, że w wielu przypadkach wywarcie zbyt dużej depresji początkowej powoduje pogorszenie warunków przyływu wody złożowej.

W celu określenia racjonalnej wielkości depresji początkowej – która stwarzać będzie dogodne warunki dla przyływu wody złożowej – zbadano zależność współczynnika depresji początkowej  $K_d$  od wydatku przyływu wody złożowej  $Q$  (tab. 4), z uwzględnieniem danych z tych opróbowania RPZ, w przypadku których uzyskano jednoznaczną ich interpretację. Na podstawie wykresów rozrzutu badanej zależności dla poziomów wodonośnych triasu i jury wału pomorskiego, niecki pomorskiej i monokliny przedsudeckiej oraz jury niecki warszawskiej, dobrano następujące modele (tab. 4):

- liniowy  $y = ax + b$ ,
- wykładniczy  $y = ax^b$ .

Modele te pozwalają na dobór (dla poszczególnych poziomów wodonośnych i obszarów geologicznych) racjonalnej wielkości depresji początkowej, która umożliwi otrzymanie, w czasie badania RPZ, przyływu wody złożowej o określonej objętości.

Przeprowadzone analizy wskazują również, że dla triasu i jury wału pomorskiego, niecki pomorskiej i monokliny przedsudeckiej w celu uzyskania w czasie opróbowania większego wydatku przyływu wody złożowej do próbnika, należy wytwarzać początkowe depresje ciśnienia wynoszące około 30% wartości przewidywanego ciśnienia złożowego. Natomiast w przypadku niecki warszawskiej, w celu otrzymania wydatku przyływu wody złożowej większego od 0,001 m<sup>3</sup>/s (tj. większego od 3,6 m<sup>3</sup>/godz), należy wytwarzać depresje początkowe o nieco mniejszej wartości, wynoszące około 20% wartości przewidywanego ciśnienia złożowego (Uliasz-Misiak 1999).

W przypadku poziomu wodonośnego jury w obszarze monokliny przedsudeckiej stwierdzono brak korelacji między zmiennymi ( $r < r_\alpha$ ) (tab. 4), toteż wyznaczone równanie regresji nie nadaje się do prognozowania wartości współczynnika depresji początkowej  $K_d$



TABELA 4

Zestawienie wyników badania zależności  $K_d = f(Q)$  dla poziomów wodonośnych w wybranych obszarach geologicznych Niżu Polskiego  
(na podstawie Uliasz-Misiak 1999)

TABELA 4

Results of the relation  $K_d = f(Q)$  examination for aquifers in selected geological areas on the Polish Lowland (after Uliasz-Misiak 1999)

Jednostka geologiczna	Poziom wodonośny	Równanie regresji	Parametry korelacji		Zakresy pomiarowe	
			Stopnie swobody N-2	Współczynnik korelacji ( $r$ – obliczony, $r_\alpha$ – krytyczny; $\alpha = 0,05$ )	Wydajność $Q$ [ $m^3/s$ ]	$K_d$ , bezwymiarowy
Wał pomorski i niecka pomorska	trias	$K_d = 74,2573 \cdot Q + 0,355941$	49	$r = 0,6245$ $r_\alpha = 0,2732$	$0,13 \cdot 10^{-4} - 127,22 \cdot 10^{-4}$	$0,046 - 0,900$
	jura	$K_d = 4,833 \cdot Q$	33	$r = 0,6970$ $r_\alpha = 0,2732$	$0,28 \cdot 10^{-4} - 72,22 \cdot 10^{-4}$	$0,010 - 0,900$
Monoklina przedśudecka	trias	$K_d = 103,23 \cdot Q + 0,152657$	18	$r = 0,5692$ $r_\alpha = 0,4438$	$0,24 \cdot 10^{-4} - 55,56 \cdot 10^{-4}$	$0,048 - 0,812$
	jura	$K_d = 1,1216 \cdot Q$	8	$r = 0,6434$ $r_\alpha = 0,6319$	$0,027 \cdot 10^{-4} - 48,53 \cdot 10^{-4}$	$0,214 - 0,888$
Niecka warszawska	jura	$K_d = 2,925 \cdot Q$	37	$r = 0,7809$ $r_\alpha = 0,3246$	$0,56 \cdot 10^{-4} - 327 \cdot 10^{-4}$	$0,169 - 0,900$

dla zadanego wydatku przyływu wody złożowej. Weryfikację tego modelu (por. tab. 4) dokonano opierając się na współczynniku korelacji liniowej  $r$  przy hipotezie zerowej, że nie ma żadnego związku między zmiennymi. Obliczoną wartość współczynnika  $r$  porównuje się z podaną w tabeli 4 wartością krytyczną  $r_{\alpha} = r_{0,05}$ , wyrażającą maksymalną wartość współczynnika korelacji, jakiej można oczekiwać dla odpowiedniej liczby danych, gdy nie ma korelacji, na przyjętym poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Jeżeli  $r > r_{\alpha}$ , wtedy można odrzucić hipotezę zerową, że nie ma korelacji, z szansą popełnienia błędu wynoszącą  $\alpha = 0,05$ .

### 2.3. Prawdopodobieństwo uzyskania przyływu wody złożowej w zależności od ilorazu depresji i represji ciśnienia w otworze wiertniczym

Iloraz depresji i represji ciśnienia w otworze wiertniczym jest uwzględniany w praktyce przemysłowej od początków stosowania RPZ do badania poziomów wodonośnych mezozoiku (1968). Dążono wówczas do tego, aby wartość omawianego ilorazu była jak największa, zwłaszcza w przypadkach stosowania płuczek bentonitowych o dużej gęstości, które wytwarzały na dowiercane poziomy wodonośne mezozoiku znaczne wartości represji ciśnienia (por. tab. 1). Z praktyki wynikało, że im większa była wartość tego ilorazu, tym było większe prawdopodobieństwo oczyszczenia skał zbiornikowych z cząstek stałych z płuczki w strefie przyotworowej przez wodę złożową dopływającą do próbnika złoża i uzyskania wiarygodnych informacji o parametrach złożowych i właściwościach zbiornikowych skał. Tego typu obserwacje przemysłowe zostały potwierdzone badaniami (Uliasz-Misiak 1999) i powinny być wykorzystywane przy projektowaniu dalszych badań mezozoicznych poziomów wodonośnych RPZ.

Badania wykonano dla dwóch zakresów wskaźników wydobycia wody złożowej:

- od  $10 \cdot 10^{-5}$  do  $0,1 \cdot 10^{-5} \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{MPa})$ ,  
tj. od  $60 \text{ dm}^3/(\text{min} \cdot \text{MPa})$  do  $0,6 \text{ dm}^3/(\text{min} \cdot \text{MPa})$ ,
- od  $0,1 \cdot 10^{-5}$  do  $0,001 \cdot 10^{-5} \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{MPa})$ ,  
tj. od  $0,6 \text{ dm}^3/(\text{min} \cdot \text{MPa})$  do  $0,0006 \text{ dm}^3/(\text{min} \cdot \text{MPa})$ .

Do analizy wykorzystano jednoznaczne wyniki opróbowania poziomów wodonośnych wykonanych RPZ najczęściej w nieorurowanych odcinkach otworów wiertniczych.

Badaniami potwierdzono zależność prawdopodobieństwa uzyskania przyływu wody złożowej w zależności od ilorazu depresji i represji ciśnienia. W początkowym zakresie małych wartości tego ilorazu prawdopodobieństwo uzyskania przyływu wody złożowej rośnie liniowo i dość szybko, a po przekroczeniu określonych jego wartości osiąga małe przyrosty.

Przykładowo, dla obszaru niecki pomorskiej i wału pomorskiego w badaniach RPZ gdzie wskaźnik wydobycia wahał się od  $10 \cdot 10^{-5}$  do  $0,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{MPa})$  prawdopodobieństwo uzyskania przyływu wody złożowej (w zakresie 50–100%) w zależności od wartości ilorazu represji i depresji, odpowiada następującym wartościom tego ilorazu: dla triasu od 2,5 do 9, a dla jury od 1 do 13,5. Iloraz początkowej depresji ciśnienia do represji ciśnienia

na poziom wodonośny, gwarantujący prawdopodobieństwo uzyskania przyływu wody złożowej w granicach 50–100%, przy wskaźniku wydobywania od  $0,1 \cdot 10^{-5}$  do  $0,001 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{MPa})$ , wynosi w przypadku triasu od 5 do 21, a dla jury od 4,5 do 24.

Należy również zauważyć, że w przypadku zmniejszenia gęstości płuczki wiertniczej stosowanej do przewiercania poziomu wodonośnego – a więc wytwarzania mniejszych represji ciśnienia na poziom wodonośny – należy oczekiwać (z tym samym prawdopodobieństwem) przyływu wody złożowej przy odpowiednio mniejszych depresjach. Wytworzenie w tych przypadkach depresji początkowej o tej samej wartości (jak wartości analizowane) spowoduje wzrost prawdopodobieństwa uzyskania przyływu wody złożowej o określonej intensywności.

### 3. Wyniki analizy statystycznej wybranych parametrów złożowych poziomów wodonośnych mezozoiku

#### 3.1. Ciśnienie złożowe

Wartość ciśnienia złożowego, jako podstawowego parametru złożowego, określana jest na podstawie ekstrapolacji krzywej odbudowy ciśnienia dennego w półlogarytmicznym układzie współrzędnych (metoda Hornera). Z analizy statystycznej wyników badań RPZ wodonośnych poziomów mezozoicznych Niżu Polskiego wynika, że gradient tego ciśnienia ma wartość zbliżoną do gradientu ciśnienia hydrostatycznego słupa wody złożowej (tab. 5). Liczba badań RPZ, w których uzyskano jednoznaczne wyniki określania ciśnienia złożowego, waha się w granicach od 4 do 47, dla poszczególnych poziomów wodonośnych mezozoiku.

Na podstawie wykresu rozrzutu dla zbadania zależności:  $p_z = f(h_m)$  dla trzech poziomów wodonośnych mezozoiku (kreda, jura, trias) w poszczególnych regionach geologicznych, uwzględniono model liniowy  $y^* = b + ax$ , w którym  $y^*$  oznacza oszacowaną wartość  $y$  dla danego  $x$ . Estymacji parametrów występujących w przyjętym modelu dokonano metodą najmniejszych kwadratów (Draper, Smith 1973). Weryfikację tego modelu dokonano porównując obliczoną wartość współczynnika korelacji liniowej  $r$  (przy hipotezie zerowej, że nie ma żadnego związku między zmiennymi) z wartością krytyczną  $r_\alpha$ .

W tabeli 5 zestawiono wyznaczone równania regresji liniowej oraz otrzymane współczynniki korelacji liniowej  $r$  oraz wartości krytyczne  $r_\alpha$  dla trzech badanych poziomów wodonośnych. Dla wszystkich analizowanych przypadków stwierdzono  $r > r_\alpha$ , toteż zestawione równania regresji mogą być wykorzystane do prognozowania wartości ciśnienia złożowego dla zadanej głębokości zalegania danego poziomu wodonośnego mezozoiku w rozpatrywanym rejonie geologicznym Niżu Polskiego, podczas projektowania parametrów technologicznych jego dowiercania i opróbowania kolejnymi otworami wiertniczymi.

Zestawienie wyników analizy statystycznej zmian ciśnienia złożowego w zależności od głębokości zalegania poszczególnych poziomów wodonośnych mezozoiku w wybranych jednostkach geologicznych (na podstawie Dubiel 1985)

TABLE 5

Findings of statistical analysis of reservoir pressure changes depending on the depth of individual the Mesozoic aquifers in selected geological units (after Dubiel 1985)

Jednostka geologiczna	Poziom wodonośny	Równanie regresji liniowej $p_z = f(h_m)$	Parametry korelacji liniowej			Gradient ciśnienia złożowego [MPa/m]
			$r$	stopnie swobody N-2	$r_\alpha = r \cdot 0,05$	
Monoklina przedsudecka	jura	$p_z = 0,01074 h_m - 1,2578$	0,9903	19	0,4329	0,0094822
	trias	$p_z = 0,01116 h_m - 0,7621$	0,9776	31	0,3444	0,0103980
Niecka szczecińsko-mogileńsko-hódzka	kreda	$p_z = 0,01163 h_m - 1,0390$	0,9591	4	0,8114	0,0105910
	jura	$p_z = 0,009253 h_m + 0,8855$	0,9814	10	0,5760	0,0101385
Wał pomorski i niecka pomorska	trias	$p_z = 0,01179 h_m - 2,0853$	0,9820	2	0,9500	0,0097047
	kreda	$p_z = 0,01003 h_m - 0,4922$	0,9555	5	0,7545	0,0095378
	jura	$p_z = 0,010446 h_m - 0,8055$	0,9882	42	0,2977	0,0096405
Niecka warszawska	trias	$p_z = 0,010845 h_m - 1,2363$	0,9696	45	0,2875	0,0096087
	kreda	$p_z = 0,012077 h_m - 2,4048$	0,9923	4	0,8114	0,0096722
Wał kujawski i kutnowski	jura	$p_z = 0,01108 h_m - 1,5569$	0,9896	31	0,3444	0,0095231
	trias	$p_z = 0,008308 h_m + 4,1465$	0,99220	9	0,0113	0,0099500
Niecka lubelska	jura	$p_z = 0,010983 h_m - 0,7436$	0,938567	3	0,8783	0,0101172
	trias	—	—	—	—	0,0103033

### 3.2. Wskaźnik wydobywania wody złożowej

Wartość liczbowa wskaźnika wydobywania wody złożowej określa się na podstawie wyników pomiaru przyrostu objętości wody złożowej w przewodzie próbnikowym uzyskanych w okresie przyływu, z uwzględnieniem średniej arytmetycznej depresji ciśnienia wytworzonej na badane skały zbiornikowe. W celu określenia wartości tego wskaźnika stosuje się następujący wzór:

$$WW = \frac{\Delta V_w}{t \cdot \Delta p_{sr}} \quad (2)$$

gdzie:

- $WW$  – wskaźnik wydobywania wody złożowej [ $\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{MPa}$ ],
- $V_w$  – objętość wody złożowej uzyskana w czasie przyływu [ $\text{m}^3$ ],
- $t$  – czas przyływu wody złożowej do przewodu próbnikowego [s],
- $\Delta p_{sr}$  – średnia arytmetyczna wartość różnicy ciśnienia (depresji) w czasie przyływu [MPa].

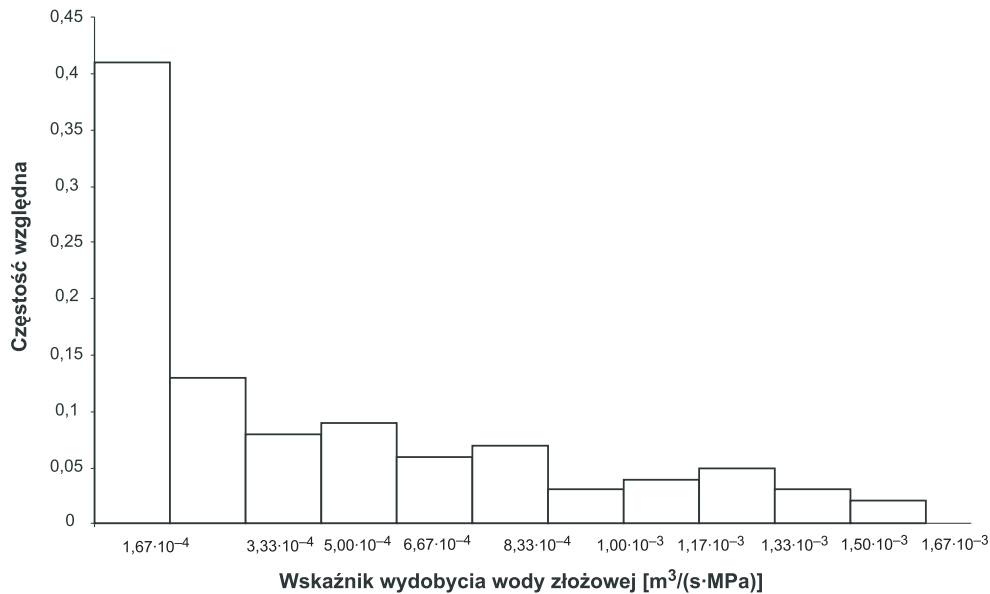
$$\Delta p_{sr} = \frac{p_p + p_{do}}{2} \quad (3)$$

- $p_p, p_{do}$  – ciśnienie denne ruchowe odpowiednio w początkowym i końcowym punkcie krzywej przyływu [MPa].

Przeprowadzone analizy wskaźnika wydobywania wody złożowej ze skał mezozoicznych Niżu Polskiego za pomocą histogramów szeregu rozdzielczego wykazały, że największa częstość względna jest dla najmniejszych wskaźników wydobywania od  $2,233 \cdot 10^{-6}$  do  $1,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{MPa})$  ( $0,134 \cdot 10^{-3}$ – $8,588 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{MPa})$ ), wskazującym na niewielkie znaczenie przemysłowe (rys. 1). Wskaźniki wydobywania zadowalające i o dużym znaczeniu przemysłowym – wynoszące odpowiednio: od  $1,33 \cdot 10^{-4}$  do  $4,17 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{MPa})$  oraz od  $4,17 \cdot 10^{-4}$  do  $1,67 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{MPa})$  ( $8 \cdot 10^{-3}$ – $25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{MPa})$ ) oraz  $25 \cdot 10^{-3}$ – $100 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{MPa})$  – znajdują się w pozostałych klasach, których częstość względna waha się od około 0,15 do około 0,02 (Dubiel 1985).

Z obliczonych wartości liczbowych wskaźnika wydobywania wody złożowej utworzono szereg rozdzielczy (rys. 1) i określono parametry tego szeregu (Dubiel 1985):

- średnia arytmetyczna szeregu rozdzielczego:  $0,43 \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{MPa})$  tj.  $25,593 \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{MPa})$ ;
- średnia arytmetyczna ważona:  $0,41 \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{MPa})$  tj.  $24,572 \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{MPa})$ ;
- średnia geometryczna:  $0,241 \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{MPa})$  tj.  $14,456 \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{MPa})$ ;
- odchylenie średnie od średniej arytmetycznej:  $0,0175 \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{MPa})$  tj.  $1,048 \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{MPa})$ ;
- mediana:  $0,1 \text{ m}^3/(\text{s}\cdot\text{MPa})$  tj.  $5,882 \text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{MPa})$ .



Rys. 1. Histogram szeregu rozdzielczego wartości liczbowych wskaźnika wydobywania wody z poziomów skał zbiornikowych mezozoiku Niziny Polskiej (na podstawie Dubiel 1985)

Fig. 1. Histogram of the numerical values distribution series of the reservoir water flow from the Mesozoic reservoir rocks on the Polish Lowland (after Dubiel 1985)

Stwierdzona dla pierwszej klasy szeregu rozdzielczego największa częstość względna, wynosząca 0,41 dotyczy wartości wskaźnika wydobywania wody złożowej zawartych w granicach od  $2,233 \cdot 10^{-6}$  do  $1,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{MPa})$ , a więc o niewielkim znaczeniu przemysłowym. Natomiast w pozostałych klasach znajdują się wartości wskaźnika wydobywania wody złożowej o odpowiednio zadawalającym (od  $1,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{MPa})$  do  $4,17 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{MPa})$ ) i dużym (od około od  $4,17 \cdot 10^{-4}$  do  $1,67 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{MPa})$ ) znaczeniu przemysłowym.

### 3.3. Współczynnik przepuszczalności skał wodonośnych

Współczynnik przepuszczalności efektywnej skał zbiornikowych mezozoiku dla wody (nazywany dalej przepuszczalnością) określono wzorem

$$k = \frac{0,183 \cdot V_w \cdot \mu \cdot \beta}{t \cdot m \cdot h} \quad (4)$$

gdzie:

$k$  – współczynnik przepuszczalności [ $\text{m}^2$ ],

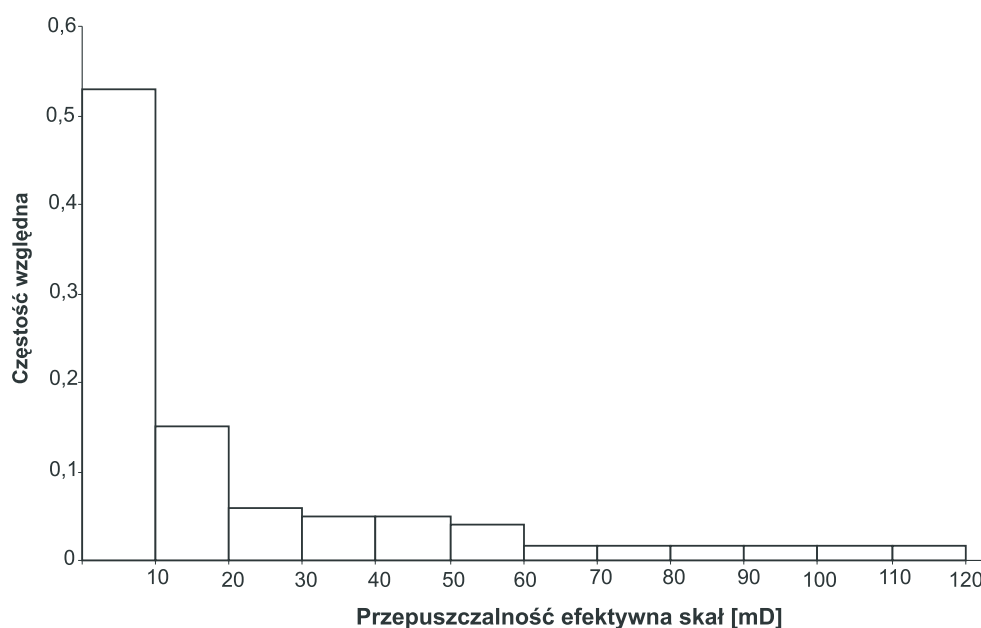
$\mu$  – współczynnik lepkości dynamicznej wody w warunkach złożowych [ $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ],

- $\beta$  – współczynnik zmiany objętości wody przy przejściu z warunków powierzchniowych do złożowych ( $\beta = 0,01-0,05$ ), bezwymiarowy,  
 $m$  – nachylenie linii wykresu odbudowy ciśnienia dennego w półlogarytmicznym układzie współrzędnych [Pa/cykl log],  
 $h$  – miąższość efektywna badanej warstwy wodonośnej określona metodą geofizyczną lub na podstawie wyników rdzeniowania [m].  
 Pozostałe oznaczenia jak poprzednio.

Otrzymane wartości liczbowe przepuszczalności efektywnej skał mezozoiku dla wody usystematyzowano w szereg rozdzielczy (rys. 2) i określono jego parametry (Dubiel 1985):

- średnia arytmetyczna szeregu rozdzielczego:  $22,47 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$ ;
- średnia arytmetyczna ważona:  $60,94 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$ ;
- średnia geometryczna:  $11,85 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$ ;
- odchylenie średnie od średniej arytmetycznej:  $1,96 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$ ;
- mediana:  $8,73 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$ .

Największą częstość względną, wynoszącą 0,53, stwierdzono w pierwszej klasie szeregu rozdzielczego. W klasie tej znajdują się wartości przepuszczalności efektywnej skał dla wody od  $0,1 \cdot 10^{-15}$  (ok. 0,1 mD) do  $9,3 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$  (ok. 9,3 mD). Są to wartości o małym



Rys. 2. Histogram szeregu rozdzielczego wartości liczbowych współczynnika przepuszczalności efektywnej dla wody skał zbiornikowych mezozoiku na Niżu Polskim (na podstawie Dubiel 1985)

Fig. 2. Histogram of the numerical values distribution series of the effective permeability for water of the Mesozoic reservoir rocks on the Polish Lowland (after Dubiel 1985)

znaczeniu przemysłowym. Największe wartości przepuszczalności efektywnej skał wodonośnych mezozoiku dla wody, określone na podstawie badań RPZ, wynoszą około 120 mD.

Należy jednak brać pod uwagę fakt, że większość interpretowanych wyników badań RPZ, jak już wcześniej sygnalizowano, przeprowadzona została w niesprzyjających warunkach technologicznych. Toteż w wielu przypadkach naturalna przepuszczalność poszczególnych skał wodonośnych mezozoiku może być odpowiednio większa.

Skały dolnej kredy i dolnej jury charakteryzują się najwyższą przepuszczalnością, określoną zarówno na podstawie badań RPZ jak i laboratoryjnie (tab. 6). Średnie wartości przepuszczalności określone badaniami RPZ dla tych poziomów wynoszą odpowiednio 272,2 mD dla utworów dolnej kredy i 594,8 mD dla utworów dolnej jury. Średnia wartość przepuszczalności określona z badań RPZ wynosi dla utworów jury środkowej – 188,2 mD, jury górnej – 34,4 mD, triasu górnego – 29,9 mD, triasu środkowego – 12,6 mD i triasu dolnego 45,4 mD.

TABELA 6

Przepuszczalność mezozoicznych skał wodonośnych Niżu Polskiego określona na podstawie badań RPZ i wyników badań laboratoryjnych

TABLE 6

Permeability of Mesozoic aquifers on the Polish Lowland determined on the basis of drillstem tests and laboratory tests

Poziom wodonośny	Przepuszczalność [mD]	
	badania RPZ	badania laboratoryjne
Kreda dolna	0,7–1 559,0	176,3–1 044,7
Jura górna	0,1–393,8	0,1–898,7
Jura środkowa	1,3–606,9	2,2–277,2
Jura dolna	1,5–1 448,4	22,4–1 609,1
Trias górny	2,5–188,0	2,3–96,1
Trias środkowy	0,5–40,9	5,3–110,8
Trias dolny	0,04–504,8	10,6–173,9

### Wnioski końcowe

1. W związku z coraz większym zainteresowaniem poziomami wodonośnymi mezozoiku na Niżu Polskim, pod kątem ich wykorzystania w geotermii i składowaniu CO<sub>2</sub>, wskazane jest kompleksowe przedstawienie wyników analiz danych z badań RPZ, wykonanych w ramach poszukiwań naftowych w latach 1968–1985. Z powodu niesprzyjających warunków technologicznych, w których realizowano dowiercanie i opróbowanie tych poziomów, tylko około 44% danych z badań RPZ można było uznać za dobre jakościowo i wiarygodne, a określone na ich podstawie parametry złożowe za jednoznaczne.



2. Stosowanie dużych repesji ciśnienia płuczki na dowiercane poziomy wodonośne mezozoiku powodowało konieczność stosowania zbyt dużych początkowych depresji ciśnienia podczas ich badania RPZ, a to w konsekwencji prowadziło niekiedy do pogorszenia warunków dla dopływu wody złożowej do otworu wiertniczego i próbnika.
3. Metodami analizy statystycznej wyznaczono zależność współczynnika początkowej depresji od wydatku przyływu wody złożowej. Wyznaczone równania regresji umożliwiają prognozowanie wartości tego współczynnika dla oczekiwanej wartości wydatku przyływu wody złożowej. Możliwy jest więc tym samym dobór racjonalnej wartości tej depresji, która dla rozpatrywanych skał wodonośnych mezozoiku jest na ogół stosunkowo mała i mieści się w granicach od 20 do 30% wartości ciśnienia złożowego.
4. Badaniami stwierdzono istnienie zależności prawdopodobieństwa uzyskania przyływu wody złożowej od wartości ilorazu początkowej depresji ciśnienia podczas badania RPZ i repesji ciśnienia płuczki w czasie przewiercania danej warstwy wodonośnej. Wzrost tego ilorazu do określonej wartości powoduje wzrost prawdopodobieństwa uzyskania przyływu wody złożowej o oczekiwanym wskaźniku wydobywania. Jednak zbyt duże wartości tego ilorazu nie powodują dalszego wzrostu prawdopodobieństwa przyływu wody złożowej, a mogą stanowić duże niebezpieczeństwo pogorszenia warunków jej przyływu oraz wystąpienia komplikacji lub awarii wiertniczej.
5. Wyniki analizy statystycznej parametrów złożowych badanych poziomów wodonośnych mezozoiku mogą być wykorzystane do przewidywania warunków złożowych przy projektowaniu procesów technologicznych związanych z przemysłowym wykorzystywaniem tych poziomów.

#### LITERATURA

- Draper N.R., Smith H., 1973 – Analiza regresji stosowana. PWN, Warszawa.
- Dubiel S., 1985 – Własności zbiornikowe skał mezozoiku Niżu Polskiego na podstawie pomiarów rurowym próbnikiem złoża. *Kwartalnik Górnictwo* z. 1.
- Dubiel S., 1986 – Analiza jednoznaczności wyników badań rurowym próbnikiem złoża poziomów perspektywicznych na Niżu Polskim. *Materiały konferencyjne ZPNiG w Pile*.
- Dubiel S., Chrząszcz W., 1984 – Zasady doboru optymalnych parametrów technologii opróbowania poziomów mezozoicznych na Niżu Polskim. *Technika Poszukiwań Geologicznych*, Nr 4.
- Dubiel S., Chrząszcz W., Rzychniak M., 2001 – Problemy dowiercania warstw perspektywicznych w otworach naftowych. *Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków*, s. 150.
- Dubiel S., Chrząszcz W., Rzychniak M., 2003 – Problemy opróbowania warstw perspektywicznych rurowymi próbnikami złoża. *Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków*.
- Dubiel S., Uliasz-Misiak B., 1999 – Schemat analizy i interpretacji wyników opróbowania warstw wodonośnych. *Zeszyty naukowe AGH Wiertnictwo, Nafta, Gaz, Rocznik 15, Kraków*.
- Szostak L., Chrząszcz W., Dubiel S. i in., 1983 – Ocena technologii i interpretacji wyników opróbowania poziomów skał zbiornikowych mezozoiku na Niżu Polskim w celu oceny ich perspektywiczności. *Arch. IWN AGH, Kraków* (praca niepubl.).
- Szostak L., Gancarz R., Dubiel S., 1978 – Dowiercanie i opróbowanie poziomów wodonośnych przy prawym obiegu płuczki. *Materiały z konferencji naukowo-technicznej Kombinat Geologicznego „Północ”*

- nt. „Rozpoznanie wód podziemnych dla potrzeb gospodarki narodowej”. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Szostak L., Jegier J., Chrzęszcz W., Dubiel S., 1984 – Analiza zmiany ciśnień w otworze w czasie przewiercania i opróbowania poziomów skał zbiornikowych mezozoiku. Technika Poszukiwań Geologicznych nr 3.
- Uliasz-Misiak B., 1999 – Technologia opróbowania poziomów wodonośnych rurowym próbnikiem złoża. Studia Rozprawy Monografie nr 68, s. 45.
- Uliasz-Misiak B., 2008 – Pojemność podziemnego składownia CO<sub>2</sub> dla wybranych mezozoicznych poziomów wodonośnych oraz złóż węglowodorów w Polsce. Studia Rozprawy Monografie nr 142, s. 114.

**PRZEGLĄD WYNIKÓW BADAŃ RUROWYMI PRÓBNIKAMI ZŁOŻA MEZOZOICZNYCH POZIOMÓW WODONOŚNYCH  
NIZU POLSKIEGO**

Słowa kluczowe

Niż Polski, mezozoik, poziomy wodonośne, badania rurowym próbnikiem złoża, parametry złożowe, analiza statystyczna

Streszczenie

W artykule omówiono warunki techniczne i technologiczne dowiercania i opróbowania wybranych mezozoicznych poziomów wodonośnych rurowymi próbnikami złoża (RPZ) na Niżu Polskim w XX wieku. Przedstawiono wyniki badań zmian wydatku przyływu wody złożowej w zależności od wielkości współczynnika początkowej depresji oraz prawdopodobieństwo uzyskania przyływu wody złożowej w zależności od ilorazu represji i depresji ciśnienia w otworze wiertniczym.

Metodami analizy statystycznej wyznaczono równania regresji liniowej zmian ciśnienia złożowego w zależności od głębokości zalegania badanych poziomów wodonośnych mezozoiku w wybranych obszarach wierceń. Określono średnie arytmetyczne wartości parametrów złożowych tych poziomów, takich jak: współczynnik przepuszczalności skał zbiornikowych i wskaźnik wydobycia wody złożowej.

**REVIEW OF DRILLSTEM TESTS RESULTS OF THE MESOZOIC AQUIFERS ON THE POLISH LOWLAND**

Key words

Polish Lowland, Mesozoic, aquifers, drillstem tests, reservoir parameters, statistical analysis

Abstract

The paper discusses technical and technological aspects of drill up and formation tester completion of selected Mesozoic aquifers on the Polish Lowland in the 20th century. The findings on the rate changes of formation water flow depending on the initial depression factor and the probability of attaining the flow of formation water basing on the quotient of pressure repression and depression in a well were described.

The linear regression equations of reservoir pressure changes depending on the depth of tested Mesozoic aquifers in selected drillings areas were appointed with use of statistical analysis. The arithmetic mean values of reservoir parameters were determined including: the permeability of reservoir rocks and the coefficient of formation water production.