

ANALIZA DOKŁADNOŚCI SZACOWANIA ZASOBÓW I ŚREDNICH PARAMETRÓW ZŁÓŻ KRUSZYWA NA DNIIE BAŁTYKU NA PODSTAWIE DANYCH Z DOKUMENTACJI „ŁAWICA SŁUPSKA”, „POŁUDNIOWA ŁAWICA ŚRODKOWA”, „ZATOKA KOSZALIŃSKA” ORAZ „ZATOKA GDAŃSKA I” I „ZATOKA GDAŃSKA II”

ACCURACY ANALYSIS OF AGGREGATE DEPOSITS RESOURCES AND AVERAGE PARAMETERS ESTIMATION ON THE BALTIC SEABED ON THE BASIS OF DATA FROM THE 'ŁAWICA SŁUPSKA', 'POŁUDNIOWA ŁAWICA ŚRODKOWA', 'ZATOKA KOSZALIŃSKA' AND THE 'ZATOKA GDAŃSKA I' AND 'ZATOKA GDAŃSKA II'

Leszek Jurys, Elżbieta Maszloch, Grzegorz Uścińowicz, Kamila Wirkus - Państwowy Instytut Geologiczny
- Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza, Gdańsk

Projektując roboty i badania geologiczne złoża kopaliny zakłada się uzyskanie pożądanej dokładności (kategorii) rozpoznania budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych, geologiczno-inżynierskich i innych, określanych hasłowo warunkami geologiczno-górnictwymi. Chociaż dokładność rozpoznania złoża w takim zakresie da się przedstawić głównie w formie opisowej i graficznej, prowadzi to jednak do odpowiednio dokładnego obliczenia zasobów kopaliny i średnich parametrów złoża, a niekiedy także liczbowo przedstawianej charakterystyki zmienności parametrów złoża i cech kopaliny.

Obliczając zasoby i średnie parametry złoża podczas sporządzania dokumentacji geologicznej złoża kopaliny na lądzie opieramy się na populacji danych uzyskanych bezpośrednio z profili geologicznych otworów i odsłoneń oraz z badań próbek pobranych z tych profili. Dane te pozwalają w prosty sposób na obliczenie błędów oszacowania średnich parametrów złoża i zasobów, co jest wymagane przez stosowne przepisy. Obliczone wielkości błędów wskazują na rozpoznanie złoża w określonej kategorii. Jest to szczególnie ważne w kategorii rozpoznania C_1 , która pozwala na opracowanie projektu zagospodarowania złoża, niezbędnego dla ubiegania się o koncesję na wydobycie kopaliny.

Metodyka badań złóż kruszywa naturalnego położonych na dnie Morza Bałtyckiego jest nieco inna. Podstawowymi są badania geofizyczne, sejsmoakustyczne oraz sonarowe. Wiercenia wykonuje się w mniejszej liczbie, niż na lądzie i do maksymalnych głębokości wynikających z możliwości technicznych oraz ograniczeń środowiskowych. Położenie naturalnego spągu złoża nie ma praktycznie wpływu na głębokość wierceń. Strop złoża stanowi zawsze powierzchnia dna morskiego dająca się odwzorować na mapie z dokładnością niemal rzeczywistą. Powierzchnię naturalnego spągu serii złożowej obrazują głównie dane z gęstej siatki profili sejsmoakustycznych. Rdzenie profili wykonanych wierceń służą przede wszystkim do opisu litologii kopaliny oraz do poboru próbek do badań laboratoryjnych.

Większość złóż kruszywa udokumentowanych na dnie Bałtyku, w jego części będącej we władaniu Rzeczypospolitej Polskiej, jest rozpoznana w kategorii C_2 , mniej dokładnej, niż kategoria C_1 . Analizy dokładności oszacowania średnich parametrów złoża i zasobów nie były wykonane, ponieważ nie było to formalnie wymagane. Niniejszy artykuł jest próbą znalezienia sposobu dokonania takiej analizy metodami matematycznymi, uwzględniającymi specyfikę metodyki badań morskich.

Słowa kluczowe: złoża piasków i żwirów, Morze Bałtyckie, dokumentowanie kopaliny, metody statystyczne

When planning geological research and exploration of a mineral deposit, it is assumed to obtain the desired accuracy (category) of recognition of the geological structure, hydrogeological, geological-engineering and other conditions, which are referred to as 'geological-mining conditions'. Although the accuracy of deposit recognition in such range can be presented mainly in descriptive and graphical form, it leads to appropriately precise calculation of mineral resources and average parameters of the deposit, sometimes also numerically presented characteristics of variability of deposit parameters and mineral characteristics.

When calculating resources and average parameters of a deposit during preparation of geological documentation for terrestrial deposits, we rely on the population of data obtained directly from geological profiles, exposures and analyses of samples taken from these profiles. These data allow for simple calculation of uncertainty estimation of deposit average parameters and resources, which is required by relevant legislation. The calculated error indicates recognition of a deposit in a given category. This is especially important in the case of the C_1 recognition category, which allows for drawing up a 'deposit development plan', a document required when applying for a exploitation license.

Methodology of investigating natural aggregate deposits located offshore, at the seabed (including Baltic Sea) is slightly different. Geophysical, seismic-acoustic and sonar surveys are basic. Drilling is carried out in lesser amounts than on land and to maximum depths resulting from technical possibilities and environmental constraints. The location of the deposit natural base has practically no influence on the drilling depth. The seabed is always the top surface of the deposit, which can

be mapped with almost real accuracy. The surface of the deposit natural base is represented mainly by data derived from a dense net of seismic-acoustic profiles. The sediment cores are used mainly for lithology description of the mineral and for laboratory tests.

Most of the mineral deposits documented on the seabed of the Polish part of the Baltic Sea are classified as C_2 , less precise than C_1 category. Accuracy analyses of deposit average parameters and resources estimation, were not carried out because it was not formally required. This article is an attempt to find a way of making such analysis using mathematical methods, taking into account specificity of offshore exploration methodology.

Keywords: sand and gravel aggregate deposits, Baltic Sea, deposits documentation, statistical methods

WSTĘP

Oczywistym elementem dokumentacji geologicznych złóż kopalin stałych jest ustalenie dokładności rozpoznania. W przeszłości wystarczyło określenie kategorii rozpoznania (C_2 , C_1 , B i A), głównie na podstawie gęstości wyrobisk rozpoznawczych i zakresu wykonanych badań laboratoryjnych wskazanych w stosownych przepisach. Pierwsze, szersze próby wykorzystania istniejących i stworzenie nowych narzędzi statystycznych dla oceny dokładności rozpoznania złoża miały miejsce w badaniach naukowych prowadzonych w Akademii Górniczo-Hutniczej, głównie przez Pana Profesora M. Niecia.

Od wejścia w życie w 1994 r. ustawy „prawo geologiczne i górnicze” podstawą określenia kategorii rozpoznania winny być ustalenia wielkości błędów obliczenia średnich parametrów złoża oraz szacowania zasobów. Liczba wykonanych wyrobisk rozpoznawczych oraz zakres badań laboratoryjnych kopaliny przestały mieć formalne znaczenie.

Ustalenie dokładności określenia średnich parametrów złóż i szacowania zasobów prostymi metodami statystycznymi nie jest jednak wystarczającą podstawą do wskazania kategorii rozpoznania. Pomimo braku formalnych wymagań co do liczby wyrobisk rozpoznawczych i ich rozmieszczenia na obszarze złoża, zagadnienia te także decydują o dokładności rozpoznania, w tym wiarygodności statystycznych obliczeń [11]. Obliczenia średnich parametrów złoża oraz szacowanie zasobów powinny być oparte na populacji danych o podobnej reprezentatywności w obrębie całej przestrzeni złoża lub jego części rozpoznanych w kategoriach, np. C_1 i B. Niemniej jednak, ze względu na brak zgody właściciela informacji geologicznej nie przedstawiono w tej pracy konkretnych danych dotyczących złóż „Zatoka Gdańska I” i „Zatoka Gdańska II”.

METODYKA OKREŚLANIA DOKŁADNOŚCI PARAMETRÓW OMAWIANYCH ZŁÓŻ I OBLICZENIA ICH ZASOBÓW

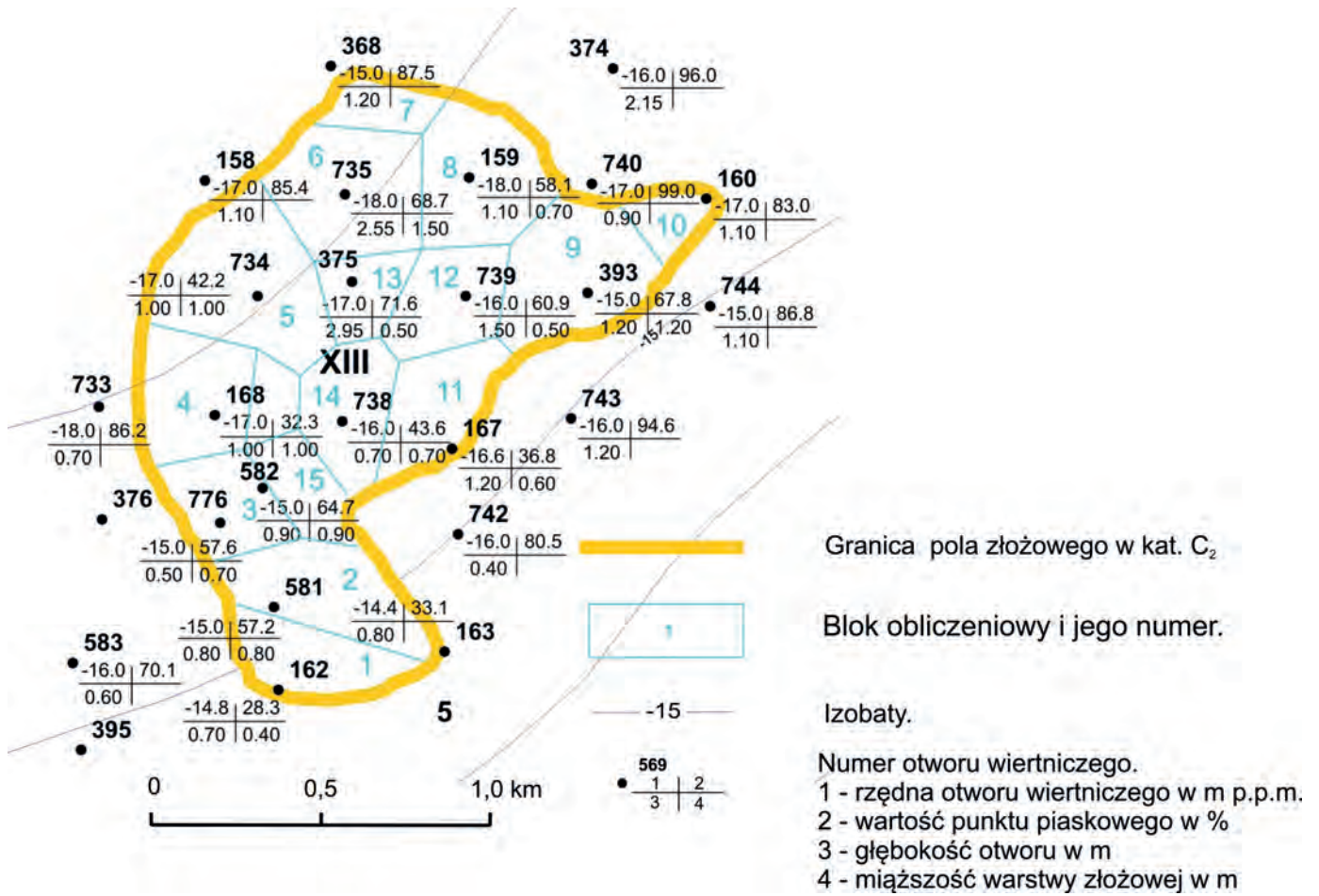
Złoża kruszywa naturalnego „Ławica Słupska”, „Południowa Ławica Środkowa” i „Zatoka Koszalińska” udokumentowane zostały w kategorii C_2 i C_1 odpowiednio w latach 1985, 1991 i 1988 [2, 4, 5]. Żatem, w dokumentacjach geologicznych brak jest analizy statystycznej dokładności rozpoznania tych złóż. Ustalenie kategorii rozpoznania miało charakter nieco intuicyjny. Odległości pomiędzy otworami badawczymi, ich liczba oraz zakres badań kopaliny wynikały głównie z doświadczeń zdobytych podczas wcześniejszych, kartograficznych badań geologicznych dna morskiego [3, 12]. Istniejące wówczas „Kryteria bilansowości dla złóż kruszywa

naturalnego w polskim obszarze Bałtyku”, wydane przez Ministerstwo Przemysłu w 1986 r. [10], w zakresie dokładności rozpoznania nie określało żadnych wyraźnych wymagań. Stwierdzono jedynie, że kryteria te „mają zastosowanie przy ustalaniu geologicznych zasobów bilansowych bałtyckich złóż kruszywa w kategoriach C_2 i C_1 ”. Ponadto z treści zalecenia dotyczącego rozpoznania małych złóż o powierzchni nie mniejszej niż 0,25 km² można wnioskować, że otwory badawcze winny być rozmieszczone w siatce kwadratowej o boku 500 m. Kryteria bilansowości określały także minimalną wielkość zasobów w ilości 10 mln ton i maksymalną powierzchnię udokumentowanego złoża o wielkości 500 km². Można przypuszczać, że zalecana odległość pomiędzy otworami 500 m i minimalna powierzchnia złoża 0,25 km² wynikały po części z małej dokładności pozycjonowania statku, z którego prowadzono badania, a tym samym miejsc wykonywania wierceń.

Dokumentowanie złóż „Ławica Słupska”, „Południowa Ławica Środkowa” i „Zatoka Koszalińska” miało charakter pionierski i znaczny aspekt naukowy, zwłaszcza w zakresie metodyki. Dlatego oprócz typowych robót dokumentacyjnych, takich jak wiercenia, prowadzono makroskopowe obserwacje powierzchni dna oraz pobierano z niej próbki osadów, prowadzono próbną eksploatację wzdłuż wytyczonych linii, i co najważniejsze, wykonywano siatkę geofizycznych profilowań sejsmoakustycznych. Ważne jest też to, że istniejące wówczas możliwości techniczne pozwalały na wiercenie przy użyciu tzw. sondy wibracyjnej o średnicy około 60 mm do maksymalnej głębokości 3 m, a praktycznie rzadko większej niż 1,5 m. Tym sposobem wiercenia można było wykonać najszybciej i najtaniej. Przykładową mapę do obliczenia zasobów jednego z pól złożowych zamieszczono w tej pracy (Rys. 1).

Szersze omówienie problematyki dokumentowania wspomnianych wyżej złóż przedstawione zostały w opracowaniach zespołu M. Masłowskiej [4, 5, 6, 7, 8, 9] oraz L. Jurysa i P. Przedzieckiego [1]. Jednak pierwsza analiza rozpoznania morskiego złoża metodami statystycznymi wykonana została podczas dokumentowania w 2013 r. złoża piasków z minerałami ciężkimi „Ławica Odrzana pola A i B w kat. D”. Ze względu na rodzaj kopaliny i kategorię rozpoznania danych tych nie użyto w niniejszej pracy.

Kolejne analizy dokładności rozpoznania wykonano dopiero w dokumentacjach geologicznych złóż piasku „Zatoka Gdańska I” i „Zatoka Gdańska II” w kategorii C_1 opracowanych w 2021 r. Metodyka rozpoznania tych złóż jest generalnie podobna do tej z przeszłości. Podstawowymi różnicami jest wykonanie w ramach prac rozpoznawczych wierceń (wibrosond) i pobranie pojedynczych próbek osadów z powierzchni



Rys. 1. Przykładowe pole złożowe „Zatoka Koszalińska”. Mapa do obliczenia zasobów
 Fig. 1. Example of deposit field - „Zatoka Koszalińska”. Map for resources calculation

dna, wykonanie siatki profili sejsmoakustycznych, dokładnej mapy batymetrycznej przy użyciu sondy wielowiązkowej i, co jest niezwykle ważne, wykorzystanie systemu GPS do dokładnego pozycjonowania miejsc wykonania badań oraz stworzenia map. Urządzenia używane do badań sejsmoakustycznych i akustycznych wraz z oprogramowaniem dawały możliwość szybszego i realistycznego, zatem niemal bezbłędnego, przedstawienia elementów budowy geologicznej złóż. Ważny jest również fakt użycia do obliczenia zasobów dodatkowych danych o miąższości złoża z profili sejsmoakustycznych, a nie tylko z otworów rozpoznawczych (wibrosond). Dzięki temu populacja danych do obliczenia średnich parametrów złóż i zasobów wzrosła przeszło czterokrotnie. W rezultacie, przy prostej budowie geologicznej, dokładność rozpoznania tych dwóch złóż jest niezwykle wysoka.

Jak wspomniano we wstępie, złoża „Ławica Słupska”, „Południowa Ławica Środkowa” i „Zatoka Koszalińska” udokumentowano w okresie, gdy nie było obowiązku przedstawienia wartości błędów obliczenia średnich parametrów złoża oraz szacowania zasobów. Nie stosowano także obowiązujących dla złóż lądowych wymagań dotyczących odległości pomiędzy wyrobiskami badawczymi. Kierowano się głównie kryteriami bilansowości dla złóż kruszywa naturalnego w polskim obszarze Bałtyku, które nie precyzowały wymagań w zakresie liczby wyrobisk rozpoznawczych i ich rozmieszczenia na powierzchni złoża. Prawdopodobnie wynikało to z możliwości technicznych, czyli ówczesnej dokładności pozycjonowania rzędu 200 m. Zastosowanie tych

kryteriów dla udokumentowania złoża kruszywa naturalnego dawało jednak formalną podstawę dla uznania, że dokładność rozpoznania odpowiada kategorii C₁ lub C₂.

Badania dodatkowe, takie jak obserwacje powierzchni dna morskiego, próbną eksploatacja oraz profilowanie sejsmoakustyczne, nie wpływały na obliczenia średnich parametrów złoża. Metody te były pomocne jedynie przy określaniu granic złoża. Mając więc świadomość opisanych powyżej uwarunkowań oraz innych czynników (takich jak: określenie granic złoża, zwłaszcza pionowych, metodą interpolacji, niejednorodność rozpoznania różnych fragmentów złoża wynikająca z różnej ilości otworów rozpoznawczych na jednostkę powierzchni złoża oraz kłopotów z uzyskaniem odpowiedniej głębokości wiercenia spowodowanych obecnością grubszych otoczków) podjęto próbę określenia dokładności rozpoznania złoża standardowo używanymi metodami geostatystycznymi.

Dokładność obliczenia średniej miąższości złoża przedstawiono jako wielkość średniego odchylenia standardowego w %. Obliczenie wielkości bezwzględnego i względnego błędu szacowania zasobów obliczono za pomocą następujących wzorów:

$$\varepsilon_Q = \frac{2}{3n} \sum_{i=1}^n |m_i - m_{\bar{s}r}| \gamma_o F$$

$$\varepsilon_{Qw} = \frac{\varepsilon_Q}{m_{\bar{s}r} * \gamma_o F} 100\%$$

Tab. 1. Parametry pól złożowych dla złóż „Ławica Słupska”, „Południowa Ławica Środkowa” i „Zatoka Koszalińska”
 Tab. 1. Deposit parameters for the „Ławica Słupska”, „Południowa Ławica Środkowa” and „Zatoka Koszalińska”

Nr pola złożowego	Błąd obliczenia średniej miąższości złoża w %	Błąd szacowania zasobów w %	Powierzchnia pola złożowego w km ²	Ilość otworów w polu złożowym	Ilość otworów na 1 km ²
1	2	3	4	5	6
Ławica Słupska - kat. C ₁ i C ₂					
Pole 2	22,7	15,2	5,28	9	1,7
Pole 3 - C ₁	36,0	24,1	4,08	15	3,7
Pole 4	15,0	10,1	2,41	5	2,1
Pole 6	30,8	20,5	2,25	4	1,8
Pole 7	40,1	26,6	4,68	8	1,7
Pole 8 - C ₁	51,6	34,2	10,94	25	2,3
Południowa Ławica Środkowa - kat. C ₂					
Pole I	21,0	14,4	1,26	4	3,1
Pole II	24,7	16,6	0,97	4	4,1
Pole IV	48,8	32,6	16,89	86	5,1
Pole V	27,0	17,9	0,68	4	5,9
Pole VII	12,7	8,5	0,66	4	6,0
Pole VIII	57,2	38,2	0,53	4	7,5
Pole IX	66,5	44,4	3,34	17	5,1
Zatoka Koszalińska - kat. C ₂					
Pole II	28,6	19,0	1,22	7	5,7
Pole III	22,6	15,0	0,83	4	4,9
Pole V	30,2	20,2	0,33	5	15,1
Pole VI	39,2	26,1	0,64	4	6,3
Pole VII	40,9	27,3	2,10	10	4,8
Pole VIII	35,1	23,4	3,59	27	7,5
Pole X	35,4	23,6	0,94	8	8,5
Pole XI	37,2	24,8	0,67	6	8,9
Pole XII	26,1	17,4	0,58	4	6,9
Pole XIII	34,9	23,3	1,89	16	8,5
Pole XIV	30,0	20,0	0,83	4	4,9
Pole XV	25,0	16,7	3,65	13	3,6
Pole XVII	22,3	14,9	0,94	4	4,2

gdzie:

ε_Q – możliwy błąd bezwzględny oszacowania zasobów

ε_{Qw} – możliwy błąd względny oszacowania zasobów

γ_0 – gęstość przestrzenna kopaliny

m – miąższość złoża stwierdzona w poszczególnych punktach

m_{sr} – miąższość średnia

n – liczba pomiarów

F – powierzchnia złoża

Wymienione w tytule artykułu złoża „Ławica Słupska”, „Południowa Ławica Środkowa” i „Zatoka Koszalińska” składają się z kilku lub kilkunastu pól. Dla większości z nich określono błędy obliczenia średniej miąższości oraz szacowania zasobów, podano także wielkość powierzchni pól złożowych

oraz średnią liczbę wyrobisk badawczych na 1 km², na podstawie których obliczano średnie parametry i zasoby złoża. Dane te przedstawiono w postaci tabelarycznej, gdzie kolorami zaznaczono maksymalne i minimalne wartości (Tab. 1). Ocenie dokładności nie poddano jedynie pól złożowych, w obrębie których liczba wyrobisk rozpoznawczych użyta do obliczeń zasobów i średniej miąższości złoża była mniejsza niż cztery.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Do dużej części uzyskanych wyników należy podchodzić z rezerwą z powodu małej populacji danych użytych do obliczenia zasobów i średniej miąższości złoża w poszczególnych polach obliczeniowych. W 18 polach populacja danych jest mniejsza od 10. Jak już wspomniano, wszystkie starsze złoża rozpoznane są zgodnie z obowiązującymi wówczas przepisami

dla dokumentowania złóż kruszywa w kategorii C_2 i C_1 „w polskim obszarze Bałtyku”. Także w generalnym zarysie dokładność rozpoznania, zweryfikowana metodami statystycznymi, odpowiada kategorii C_2 . Dotyczy to zwłaszcza złoża „Zatoka Koszalińska”. Niemniej jednak w kilku polach złożowych błędy obliczenia średniej miąższości i szacowania zasobów wydają się być niepokojąco wysokie, zwłaszcza w kontekście niezbyt wiarygodnych, pomiarów lokalizacji stanowisk badawczych. Tak więc, wartości błędów obliczenia średniej miąższości złoża i szacowania zasobów w poszczególnych złożach są następujące:

Złoże „Ławica Słupska”

Błąd obliczenia średniej miąższości złoża waha się od 15,0% w polu 4. do 51,6% w polu 8. Błąd względny szacowania zasobów wynosi od 10,1% w polu 4. do 34,2% w polu 8. Co ciekawe, pole 4. rozpoznane jest w kategorii C_2 , a pole 8. w kategorii C_1 , gdzie w dodatku populacja danych wynosi odpowiednio 5 i 25 przy podobnej średniej liczbie otworów na 1 km².

Złoże „Południowa Ławica Środkowa”

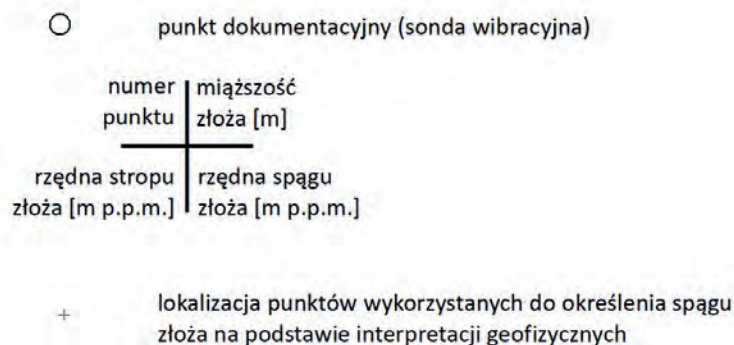
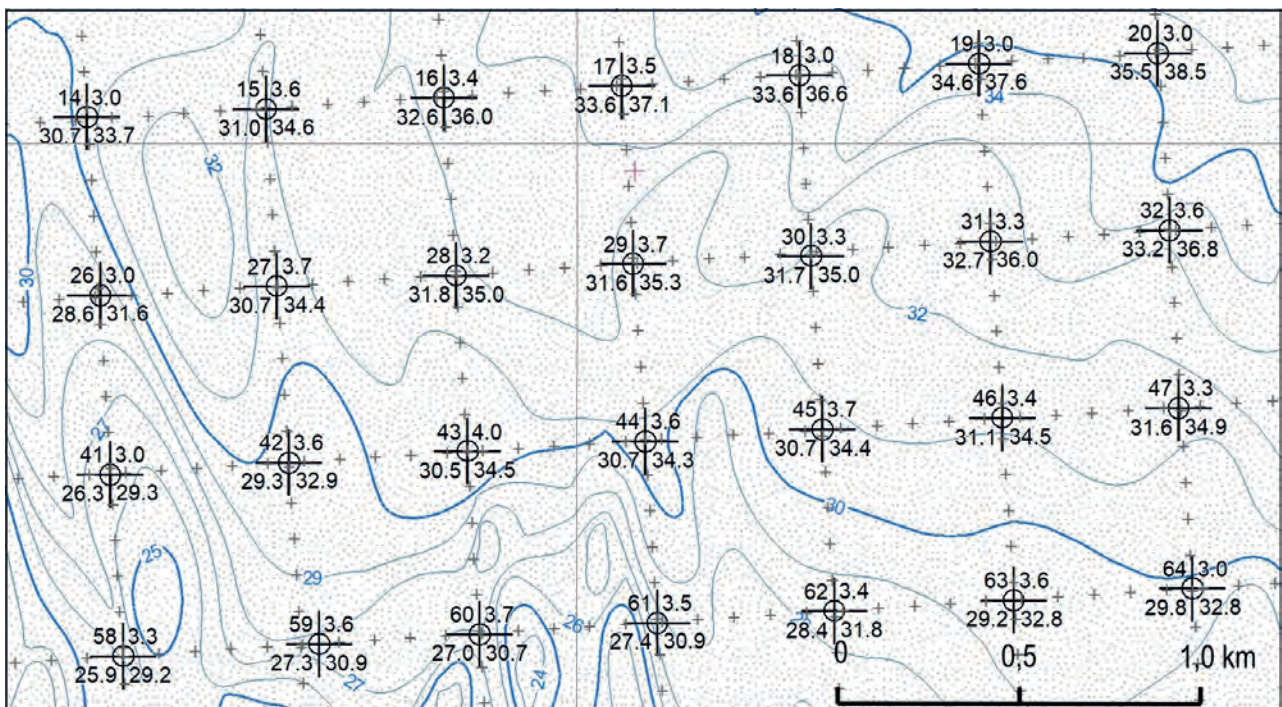
Błąd obliczenia średniej miąższości złoża waha się od 12,7% w polu nr VII do 66,5% w polu nr IX. Błąd względny

szacowania zasobów wynosi od 8,5% w polu nr VII do 44,4% w polu nr IX. Populacja danych wynosi odpowiednio 4 i 17 przy podobnej średniej liczbie otworów na 1 km².

Złoże „Zatoka Koszalińska”

Błąd obliczenia średniej miąższości złoża waha się od 22,3% w polu nr XVII do 40,9% w polu nr VII. Błąd względny szacowania zasobów wynosi od 14,9% w polu nr XVII do 27,3% w polu nr VII. Populacja danych wynosi odpowiednio 4 i 10 przy bardzo podobnej średniej liczbie otworów na 1 km².

W omawianych złożach („Ławica Słupska”, „Południowa Ławica Środkowa” i „Zatoka Koszalińska”) zwraca uwagę zmienność i miejscami duża wielkość błędów obliczenia średniej miąższości pomimo podobnych warunków geologicznych i metodyki rozpoznania. W konsekwencji parametr ten wpływa na wielkość i zmienność błędu szacowania zasobów. Brak jest zauważalnej korelacji wartości błędów z wielkością populacji danych użytych do obliczeń oraz średnią liczbą otworów wykonanych na 1 km². Wydaje się jednak, że przyczyną zmiennej dokładności rozpoznania jest sposób przeprowadzenia badań, w tym techniczne możliwości wykonania wierceń. Pewien wpływ miały także obowiązujące w tamtym czasie kryteria bi-



Rys. 2. Rysunek przedstawiający współczesną mapę obliczenia zasobów kruszywa naturalnego na dnie Bałtyku
Fig. 2. Figure showing a contemporary map for the resources calculation of the natural aggregate deposits at the bottom of the Baltic Sea

lansowości, które określały, żeby kopalina nie zawierała więcej niż 80% wag. frakcji piaskowej. Parametr ten często decydował o położeniu spągu złoża na zmiennych głębokościach. Ponieważ w złożach tych rozpoznawano serię piaszczysto-żwirową, a nawet żwirowo-piaszczystą, obecne w niej otoczaki żwirowe często uniemożliwiały wykonanie otworów wiertniczych (sond wibracyjnych o średnicy 60 mm) do projektowanej głębokości. W takich przypadkach głębokość rozpoznania stawała się głębokością położenia spągu, co decydowało w konsekwencji o lokalnej miąższości złoża. Wpływ opisanych powyżej czynników na zmienność miąższości złoża nie został wówczas zweryfikowany przez wykorzystanie profilowania sejsmoakustycznego. Prawdopodobnie nie było to możliwe ze względu na małą dokładność ustalenia lokalizacji wykonanych badań.

Podczas dokumentowania złóż piasku „Zatoka Gdańska I” i „Zatoka Gdańska II” położenie otworów rozpoznawczych i linii profilowań sejsmoakustycznych zostały dokładnie skorelowane. Otwory wykonane zostały w miejscach krzyżowania się wspomnianych linii profili. Otwory wykonano zwykle do planowanych głębokości, gdzie odległości pomiędzy nimi wynosiły 500 m, a ich średnia liczba na 1 km² jest nawet nieco mniejsza, niż na obszarach omawianych, starszych złóż. W rezultacie błąd obliczenia średniej miąższości oraz względny błąd szacowania zasobów złoża nie przekraczają 10%.

WNIOSKI

Wyniki oceny metodami statystycznymi błędów obliczenia średniej miąższości i oszacowania zasobów złóż „Ławica Słupska”, „Południowa Ławica Środkowa” i „Zatoka Koszalińska” nie są jednoznaczne, chociaż generalnie są odpowiednie dla rozpoznania w kategorii C₂ i C₁. Przyczynami większych

błędów są prawdopodobnie ograniczone wówczas możliwości techniczne wierceń i ich pozycjonowania. W rezultacie na dokładność rozpoznania tych złóż składają się nie tylko błędy obliczenia średnich parametrów złóż i szacowania ich zasobów, ale także ograniczona wiarygodność położenia wyrobisk rozpoznawczych i granic złóż, w tym położenia spągu, oraz różna dokładność rozpoznania ich poszczególnych części, tj. pól złożowych.

Powyższe spostrzeżenia potwierdzają wyniki ostatnio prowadzonych prac rozpoznawczych złóż „Zatoka Gdańska I” i „Zatoka Gdańska II”. Obliczone w dokumentacjach błędy ich średnich miąższości oraz względne błędy szacowania zasobów wymienionych złóż nie przekraczają 10%. Złoża te były rozpoznawane w sposób niemal identyczny jak złoża starsze. Wykonywano też otwory wiertnicze (wibrosondy o nieco większej średnicy około 100 mm) i profilowanie sejsmoakustyczne. Zakres istotnych badań poszerzono o wykonanie szczegółowej mapy batymetrycznej. Z kolei lokalizacja wykonanych badań za pomocą systemu GPS pozwoliła na ściśle powiązanie miejsc wykonania otworów i profilowań sejsmoakustycznych oraz na jednorodność rozpoznania dokumentowanych złóż na całej ich powierzchni.

Ponieważ we współcześnie obowiązujących kryteriach bilansowości brak parametru zawartości frakcji piaskowej, istnieje możliwość zmiany granic starszych złóż i powiększenia zasobów na podstawie wykonanych w przeszłości badań. W takich przypadkach warto rozważyć wykonanie dodatkowo badań sejsmoakustycznych i sonarowych bardzo pomocnych przy określaniu granic złóż i znacząco zwiększających dokładność rozpoznania.

Literatura

- [1] Jurys L. Przedziecki P., *Metodyka dokumentowania bałtyckich złóż kruszywa naturalnego*. Górnictwo Odkrywkowe XLVIII, 1-2, 2006
- [2] Kotliński R., Krocza W., *Dokumentacja geologiczna morskich złóż kruszywa mineralnego na Ławicy Słupskiej*. Arch. OGM. PIG., Gdańsk, 1973
- [3] Kramarska R. (red.), *Atlas parametrów litologicznych osadów powierzchniowych Południowego Bałtyku ze szczególnym uwzględnieniem geologiczno-górnictwowych warunków występowania surowców okruszowych. Frakcja >2mm*. Arch. OGM. PIG., Gdańsk, 2005
- [4] Masłowska M., Jędrzejewski W., *Dokumentacja zasobowa w kategorii C₁ i C₂ złoża kruszywa naturalnego Ławica Słupska*. Arch. OGM. PIG., Gdańsk, 1985
- [5] Masłowska M., Michałowska M., *Dokumentacja zasobowa w kategorii C₂ złoża kruszywa naturalnego Zatoka Koszalińska*. Arch. PIG., Gdańsk, 1988
- [6] Masłowska M., *Metodyka dokumentowania podmorskich złóż kruszywa naturalnego w polskiej części Morza Bałtyckiego*. Przegląd Geologiczny, 5-6, 1990
- [7] Masłowska M., Michałowska M., *Dokumentacja zasobowa w kategorii C₂ złoża kruszywa naturalnego Południowa Ławica Środkowa*. Arch. PIG., Gdańsk, 1991
- [8] Masłowska M., *Złoża kruszywa naturalnego na dnie południowego Bałtyku*. Górnictwo Odkrywkowe XLIV, 2-3, 2002
- [9] Masłowska M., *Złoża kruszywa naturalnego w polskiej części Morza Bałtyckiego*. Biuletyn PIG 416, 2005
- [10] Ministerstwo Przemysłu, *Kryteria bilansowości dla złóż kruszywa naturalnego w polskim obszarze Bałtyku*, Warszawa, 1988
- [11] Nieć M., *Metodyka dokumentowania złóż kopalin stałych*, Część IV Poradnik, Szacowanie zasobów. Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2012
- [12] Zachowicz J., Przedziecki P., Kramarska R., Gajewski L., Gajewski Ł., *Metody szczegółowego kartowania dna morskiego*. Górnictwo Odkrywkowe XLVIII, nr 1-2, 2006