

Bogdan Filar, Roman Dusza, Mariusz Miziołek
Instytut Nafty i Gazu, Oddział Krosno

Wody mineralne na fałdzie Krościenka w Krośnie

Wstęp

Obszar badań, którego dotyczy niniejszy artykuł, położony jest w południowo-wschodniej Polsce, w Karpatach, i obejmuje rejon miasta Krosna w woj. podkarpackim. Wody mineralne rejonu Krosna znane są od momentu, kiedy na tym obszarze rozpoczęły się prace wiertnicze związane z poszukiwaniem ropy, czyli od drugiej połowy XIX w. [7]. Prace wiertnicze prowadzone były tu głównie w rejonie fałdu Krościenka, dlatego też najlepiej rozpoznane są wody mineralne na tym obszarze. Wody są tu związane przede wszystkim z piaskowcami ciężkowickimi, które tworzą 2 poziomy: I piaskowiec ciężkowicki oraz II piaskowiec ciężkowicki. Obecność wód mineralnych była stwierdzona albo podczas opróbowań piaskowców ciężkowickich, albo podczas eksploatacji ropy naftowej. Mając to na uwadze, niniejsza praca skoncentrowana została na ocenie możliwości uzyskania wód mineralnych właśnie z piaskowców ciężkowickich w rejonie dzielnic Krosna – Zawodzia i Bursaków. W wymienionym rejonie przewidywana jest budowa kompleksu rekreacyjno-sportowego z zespołem

basenów, gdzie wody te mogłyby być wykorzystane dla celów rekreacyjno-balneologicznych, co w znacznym stopniu podniosłoby atrakcyjność tych obiektów.

Ze względu na to, że lokalizacja projektowanych obiektów w dzielnicy Bursaki jest już znana, autorzy zdecydowali, że prace rozpoznawcze będą skoncentrowane na uściśleniu budowy geologicznej fałdu Krościenka w rejonie dzielnic Zawodzie i Bursaki, tak aby maksymalnie przybliżyć obszar poszukiwań do projektowanej lokalizacji obiektów.

Na koniec należy wspomnieć, że problemem wód mineralnych w Krośnie zajmował się Państwowy Instytut Geologiczny Oddział Karpacki. Na zlecenie Urzędu Miasta Krosna zostało wykonane opracowanie, które określiło jako możliwe uzyskanie wód mineralnych z piaskowców ciężkowickich na terenie Krosna [3]. W opracowaniu tym przedstawiono też propozycję wykonania wierceń poszukiwawczych w trzech lokalizacjach: w Turaszówce oraz w Zawodziu w rejonie otworów Mac Allan-10 i 11. Przedmiotem opróbowania byłyby też piaskowce ciężkowickie.

Budowa geologiczna rejonu Krosna

Krosno i okolice pod względem geologicznym są terenem położonym na obszarze Karpat zewnętrznych, zbudowanych z ponasuwanych na siebie sfałdowanych płaszczowin fliszowych (rysunek 1). Rejon Krosna leży na obszarze płaszczowiny śląskiej, stosunkowo blisko jej północnej krawędzi, biegnącej na linii Wiśniowa–Węglówka–Kombornia [11].

Obszar płaszczowiny śląskiej w rejonie Krosna należy do tzw. centralnej depresji karpackiej, zbudowanej w głównej mierze z utworów oligocenu: warstw krośnieńskich oraz menilitowych, budujących szerokie synkliny i wąskie antykliny. W tych ostatnich pojawiają się w strefach

jądrowych utwory starsze: osady eocenu, paleocenu oraz kredy górnej.

Pomiędzy Jasłem a Sanokiem, na obszarze centralnej depresji karpackiej, występuje wielkie obniżenie morfologiczne, nazywane Dołami Jasielsko-Sanockimi, w obrębie którego położone jest również Krosno.

Od północy obniżenie to zamyka pas wyniesień Pogórza Strzyżowskiego i Dynowskiego. Południowa część tych wyniesień należy pod względem geologicznym jeszcze do płaszczowiny śląskiej i utworzone są one przez fałd Czarnorzeki–Zmiennica, stanowiący brzeżny fałd tej płaszczowiny. Ukazują się w nim na powierzchni utwory wieku od środ-



Rys. 1. Lokalizacja rejonu badań

kowej kredy do oligocenu i są to od dołu profilu: pstre łupki (cenoman), warstwy istebniańskie (górna kreda–paleocen), warstwy pstre i hieroglifowe (eocen), margle globigerynowe (górnny eocen), warstwy menilitowe z rogowcami (oligocen) oraz warstwy krośnieńskie (oligocen–dolny miocen).

Bezpośrednio w rejonie Krosna budowa geologiczna przedstawia się następująco [6, 11].

W części północnej Krosna występuje wąski i stromy fałd Jaszczew–Potok–Turaszówka–Krościenko–Trześniów. Na powierzchni zbudowany jest on z utworów od warstw pstrych i hieroglifowych wieku eocenu do warstw krośnieńskich wieku oligocenu. Wgłębna budowa fałdu znana z wierceń wskazuje, że najstarszymi utworami są tu warstwy istebniańskie wieku górnej kredy.

Tektonika fałdu jest skomplikowana na jego całej długości. Fałd porozcinany jest poprzecznymi i ukośnymi uskokami, które dzielą go na liczne bloki obniżone lub podniesione względem siebie, inne zaś poprzesuwane wzdłuż uskoków.

W kierunku południowym fałd przechodzi w synklinę biegnącą na linii Jedlicze–Krosno–Milcza, wypełnioną oligoceńskimi osadami warstw krośnieńskich dolnych.

Na południe od tej synkliny znajduje się wąska i stroma antyklina Żarnowiec–Głowienka–Targowiska–Besko, z warstwami menilitowymi i przejściowymi w jądrze. Antyklina ta ma zredukowane skrzydło północne, które jest nasunięte na swoje przedpole. Ogólna budowa geologiczna rejonu Krosna przedstawiona jest na rysunku 2.

Warunki hydrogeologiczne w rejonie Krosna

Poziomy wód słodkich

Rejon Krosna pod względem hydrogeologicznym należy do regionu karpackiego i można tu wydzielić trzy zasadnicze poziomy wodonośne:

- poziom czwartorzędowy,
- poziom trzeciorzędowy,
- poziom czwartorzędowo-trzeciorzędowy.

Poziom czwartorzędowy – w warunkach karpackich poziom czwartorzędowy ograniczony jest do stref przy powierzchniowych i jego miąższość wynosi od kilkadziesiąt centymetrów w strefach wyniesień do kilku metrów w dolinach rzecznych. Poziom ten obejmuje przede wszystkim utwory zwietrzelinowe, pokrywy lessowe oraz

aluwia rzeczne, gdzie jego miąższość jest największa – do ok. 5÷10 m. Największe wartości użytkowe tego poziomu występują na obszarze dolin rzecznych oraz na terasach. Na obszarze Krosna największe rozprzestrzenienie tego poziomu występuje na południe od rzeki Wisłok i jest związane z terasami tej rzeki.

Poziom ten jest słabo izolowany od góry przed wpływem czynników zewnętrznych, w związku z tym jest narażony na zanieczyszczenia. Zasilany jest przez infiltrację wód opadowych oraz wody rzeczne, a także przez wypływ wód z utworów trzeciorzędowych.

Wydajność średnia studni wierconych w tym poziomie wynosi od 3 m³/godz. do 5 m³/godz. [3, 4].

Poziom trzeciorzędowy – obejmuje utwory trzeciorzędowe znajdujące się bezpośrednio na powierzchni lub pod przykryciem czwartorzędowym. Poziom ten tworzą utwory fliszowe Karpat, w tym przede wszystkim piaskowce, a w znacznie mniejszym stopniu łupki.

Miąższość tego poziomu jest oceniana na kilkadziesiąt metrów, rzędu 40÷60 m, maksymalnie 100 m w strefie wyniesień [8, 12]. Do tej głębokości sięga zasięg wód słodkich, poniżej występują wody o różnej mineralizacji.

W obrębie poziomu fliszowego najlepszymi skałami zbiornikowymi dla wód są piaskowce. W rejonie Krosna będą to głównie piaskowce krośnieńskie oraz piaskowce ciężkowickie. Przy czym te drugie są znacznie lepszymi skałami zbiornikowymi niż piaskowce krośnieńskie, gdyż charakteryzują się znacznie lepszymi parametrami petrofizycznymi, czyli porowatością do kilkunastu procent, czasami powyżej 20%, oraz dobrą przepuszczalnością [5]. Pokazują to dane w tablicy 1.

Tablica 1. Badania porowatości i przepuszczalności piaskowców ciężkowickich na fałdzie Potok–Krościenko wykonane przez PPN w Jaśle Lab. Ruch. – 1983 r.

Odwiert	Poziom	Porowatość [%]	Przepuszczalność [mD]
Białobrzegi-2	II p-ec ciężkowicki, p-ec, gr. zlep.	10,2÷11,1	6,57
Białobrzegi-3	II p-ec ciężkowicki, drobn.	11,7÷13,0	0,33
Krosno-1	I p-ec ciężkowicki gr. i śred. ziarn.	19,2÷21,3	98,9÷127,5
	II p-ec ciężkowicki, p-ec zlep.	10,0÷10,7	6,38÷9,2

Miąższości piaskowców ciężkowickich są bardzo zmienne i wynoszą od kilku do kilkadziesiąt metrów. W rejonie Krosna piaskowce ciężkowickie (I piaskowiec) wychodzą na powierzchnię w rejonie fałdu Krościenka.

Piaskowce krośnieńskie mają znacznie gorsze parametry petrofizyczne aniżeli piaskowce ciężkowickie. Ich porowatość osiąga wartość do 8%, zaś przepuszczalności są bardzo niskie – poniżej 0,01 mD [10].

W przypadku tych piaskowców duże znaczenie dla przepływów wody mają szczeliny i spękania, które zazwyczaj towarzyszą tym piaskowcom.

W rejonie Krosna trzeciorzędowy poziom wodonośny związany jest z północną częścią miasta obejmującą fałd Krościenka, oraz południową w obrębie wystąpień warstw krośnieńskich dolnych.

Wody mineralne głębokie na fałdzie Krościenka

W rejonie Krosna najlepiej rozpoznane są wody mineralne na obszarze fałdu Krościenka, co związane jest z intensywnymi pracami wiertniczymi prowadzonymi tu w XIX w. i XX w. oraz eksploatacją ropy, trwającą do dziś [5, 7, 9]. Produktem ubocznym eksploatacji ropy są zmineralizowane wody złożowe.

Wody mineralne występują poniżej poziomu słodkich wód trzeciorzędowych (czyli ok. 40÷100 m p.p.t.). Na obszarze fałdu Krościenka wody mineralne związane są przede wszystkim z I i II piaskowcem ciężkowickim. Wody występujące w tych poziomach są to wody jodkowo-chlorkowe, chlorkowe, chlorkowo-sodowe, chlorkowo-wodorowęglanowo-sodowe oraz wodorowęglanowo-chlorkowo-sodowe.

W wodach tych wykryto domieszkę takich jonów jak: jod, brom, jony siarkowodorowe, siarka, dwutlenek węgla, sól, potas. Ciężar właściwy wód wynosił od 1,07 g/cm³

do 1,029 g/cm³, średnio zaś 1,019 g/cm³ w I p-cu ciężkowickim i 1,021 g/cm³ w II p-cu ciężkowickim (tablica 3 i 4).

Mineralizacja wód zmienia się w szerokim zakresie od 0,38 g/l (odwiert Białobrzegi-10) do 45,3 g/l w odwiercie Mac Allan-11. Średnia mineralizacja wyniosła 31,63 g/l

w I piaskowcu ciężkowickim oraz 28,67 g/l w II piaskowcu ciężkowickim (tablica 4).

Wody mineralne z fałdu Krościenka były wykorzystywane do produkcji butelkowanej wody mineralnej oraz produkcji soli jodkowo-bromkowej przez krótki okres na początku lat 60. XX w. [4]. Woda dla tych celów była eksploatowana z otworów Mac Allan-11 i Mac Allan-4, które produkowały wodę z I p-ca ciężkowickiego.

Wody mineralne fałdu Krościenka współtowarzyszą złożom ropy naftowej, które zostały odkryte na tym fałdzie. Są to w większości wody podścielające złożę ropy, z tego względu w pobliżu złoża ropy wody te są wymieszane z węglowodorami. W związku ze skomplikowanymi stosunkami tektonicznymi oraz litologicznymi kontur ropawoda na obszarze fałdu jest niejednorodny i zróżnicowany.

Szczegółowa analiza budowy geologicznej fałdu Krościenka w rejonie Zawodzie–Bursaki pod kątem możliwości poszukiwań wód mineralnych

Mając na uwadze, że projektowane obiekty rekreacyjno-sportowe powstaną w dzielnicy Bursaki, autorzy

niniejszego opracowania skoncentrowali się na rozpoznaniu budowy geologicznej fałdu Krościenka właśnie w rejonie

Zawodzie–Bursaki. Projektowane obiekty powstaną na południowym skrzydle fałdu w strefie, gdzie można się spodziewać nawiercenia wód mineralnych.

Dla określenia budowy geologicznej w rejonie Zawodzie–Bursaki ponownie zostały przeanalizowane archiwalne materiały wiertnicze, geofizyczne oraz eksploatacyjne z tego rejonu. Na tej podstawie przeprowadzono korelację międzyotworową i w oparciu o nią wykonano mapę strukturalną II p-ca ciężkowickiego (rysunek 3) oraz 2 przekroje geologiczne poprzeczne (rysunki 4 i 5), na które naniesiono otwory oraz wyniki ich opróbowań.

Jak wspomniano wcześniej, fałd Jaszczew–Potok–Turaszówka–Krościenko–Trześniów występuje na obszarze płaszczowiny śląskiej i jest zbudowany z utworów fliszowych wieku g. kreda–oligocen.

Stratygrafia fałdu Krościenka w rejonie Zawodzie–Bursaki

W budowie fałdu Krościenka w tym rejonie biorą udział następujące utwory (kolejność od dołu profilu):

- warstwy istebniańskie (g. kreda, paleocen),
- warstwy pstre z warstwami hieroglifowymi, pstryimi łupkami oraz 2 wkładkami piaskowców ciężkowickich (eocen),
- margle globigerynowe (g. eocen),
- warstwy menilitowe z rogowcami (oligocen),
- warstwy krośnieńskie dolne.

Utwory fliszowe przykryte są niezgodnie przez utwory czwartorzędowe. Są one wykształcone jako gliny zwietrzelinowe na obszarze wyniesionej części fałdu, czyli na północ od Wisłoka, oraz osady aluwialne (żwir, piasek, iły), które występują na terasach i w obrębie doliny zalewowej Wisłoka.

Wykształcenie poszczególnych ogniw fliszowych przedstawia się następująco:

- Warstwy krośnieńskie dolne – występują na północnym i południowym skrzydle fałdu, znane z odsłoneń napowierzchniowych, wykształcone w postaci piaskowców grubo- i bardzo gruboławicowych, o miąższości do kilku metrów, barwy szarej, stalowoszarej. Piaskowce są drobno-, średnio-, gruboziarniste, z kwarcem, miką i detrytusem, laminowane równolegle, przekątnie, konwolutnie i gradacyjnie, występuje liczna żyłka kalcytowa. Piaskowce przekładane są cienkimi wkładkami łupków szarych i brązowych.
- Warstwy menilitowe (oligocen) – są to głównie brązowe, czekoladowe i czarne łupki ilaste i ilasto-mułowcowe, grubo- i cienkotabliczkowe, liściaste, z żółto-rdzawymi nalotami na zwietrzałych powierzchniach. W obrębie łupków występują ławice piaskowców

szarych. Są to piaskowce cienko- i średnioławicowe, czasami grubsze, z liczną miką, drobnoziarniste. Spotykane są też wkładki piaskowców barwy żółtej z miką oraz wkładki sydereytów w postaci ławic lub soczewek. W dolnej części warstw menilitowych występuje też charakterystyczny poziom brązowych i czarnych rogowców. Warstwy menilitowe występują na powierzchni i znane są z odsłoneń w rejonie Zawodzia, np. Ślącza – nieczynny łomik, skarpa poniżej kościoła św. Wojciecha czy też przekop drogi do Korczyny w okolicy skrzyżowania do szpitala.

- Margle globigerynowe (g. eocen) – są to szarozielone, zielone łupki margliste lub margle o miąższości ok. 10÷15 m. Znane na obszarze fałdu z odkrywek na powierzchni w rejonie Krościenka.
- Warstwy pstre (eocen) – na obszarze fałdu utwory te rozdziela się (począwszy od góry profilu) na:
 - I pstre łuki,
 - I piaskowiec ciężkowicki,
 - II pstre łupki,
 - II piaskowiec ciężkowicki,
 - III pstre łupki.

Łupki pstre wszystkich trzech poziomów są do siebie bardzo podobne, są to zielone, szarozielone łupki ilaste z wkładkami łupków ilastych czerwonych, tworzących mniej lub bardziej regularne poziomy o zmiennej ciągłości. W łupkach występują nieliczne wkładki krzemionkowych piaskowców, tworzących warstewki do kilku centymetrów grubości, sporadycznie więcej. Górna partia łupków jest znana z odsłoneń napowierzchniowych w osiowej strefie fałdu.

Łupki rozdzielone są na 3 poziomy przez 2 poziomy piaskowców ciężkowickich.

I piaskowiec ciężkowicki – jest to seria piaskowców gruboławicowych, rozdzielonych wkładkami zielonych i czerwonych łupków grubości od kilkudziesięciu centymetrów do kilku, kilkunastu metrów. Piaskowce są średnio- i gruboziarniste, czasami zlepioncowate, o uziarnieniu najczęściej gradacyjnym, zbudowane z ziaren kwarcu, spójone substancją ilastą i ilasto-krzemionkową. Najczęściej dość rozsypliwie, barwy szarej, szarozółtej. Miąższość całej serii wynosi ok. 45÷70 m, miąższość pozorna w poszczególnych otworach wynosi od 10 m do 154 m. Wychodnie I piaskowca ciężkowickiego znane są z obszaru Zawodzia–Krościenka. Jest to poziom roponośny i wodonośny.

II piaskowiec ciężkowicki – jest to seria grubo- i bardzo gruboławicowych piaskowców, o miąższości poszczególnych ławic dochodzącej do kilku i więcej metrów. Są to piaskowce średnio- i gruboziarniste zlepioncowate o uziar-

nieniu gradacyjnym, barwy szarej i jasnoszarej, żółtej, czasami zielonkawej. Poszczególne ławice zalegają albo bezpośrednio na sobie, albo rozdzielone są cienkimi wkładkami łupków. W stosunku do pierwszego poziomu ciężkowickiego, II piaskowiec ciężkowicki jest bardziej zwarty i mięszszy. W badanym rejonie miąższość całkowita II piaskowca jest zbliżona do I piaskowca i wynosi 40÷50 m, miąższość pozorna stwierdzana w otworach wynosi natomiast od 45 m do 202 m.

Poziom II-go piaskowca ciężkowickiego znany jest tylko z wierceń. Na obszarze fałdu Krościenka jest to główny poziom roponośny oraz wodonośny.

- Warstwy istebniańskie górne (g. kreda–paleocen),

- *Łupki istebniańskie górne* (paleocen) stanowią najwyższe ogniwo warstw istebniańskich, wykształcone są jako ciemnoszare i czarne łupki ilaste i ilasto-mułcowe z drobną mika, rzadkimi wkładkami jasnoszarych piaskowców oraz syderytów dolomitycznych.

- *Piaskowce istebniańskie górne* (czarnorzecze – g. kreda) są to piaskowce barwy szarej, jasnoszarej, grubo- i bardzo gruboławicowe, drobno-, średnio- i gruboziarniste, czasami zlepieńcowate. Spoiwo wapienne, czasami ilasto-piaszczyste, twarde lub kruche. Zbudowane głównie z kwarcu. Przekładane łupkami ilastymi i zapiaszczonymi, barwy ciemnoszarej. Warstwy istebniańskie znane są tu tylko z wierceń.

Tektonika fałdu Krościenka

W rejonie Zawodzie–Bursaki fałd odznacza się dosyć dużą komplikacją budowy tektonicznej (rysunki 2, 3, 4 i 5).

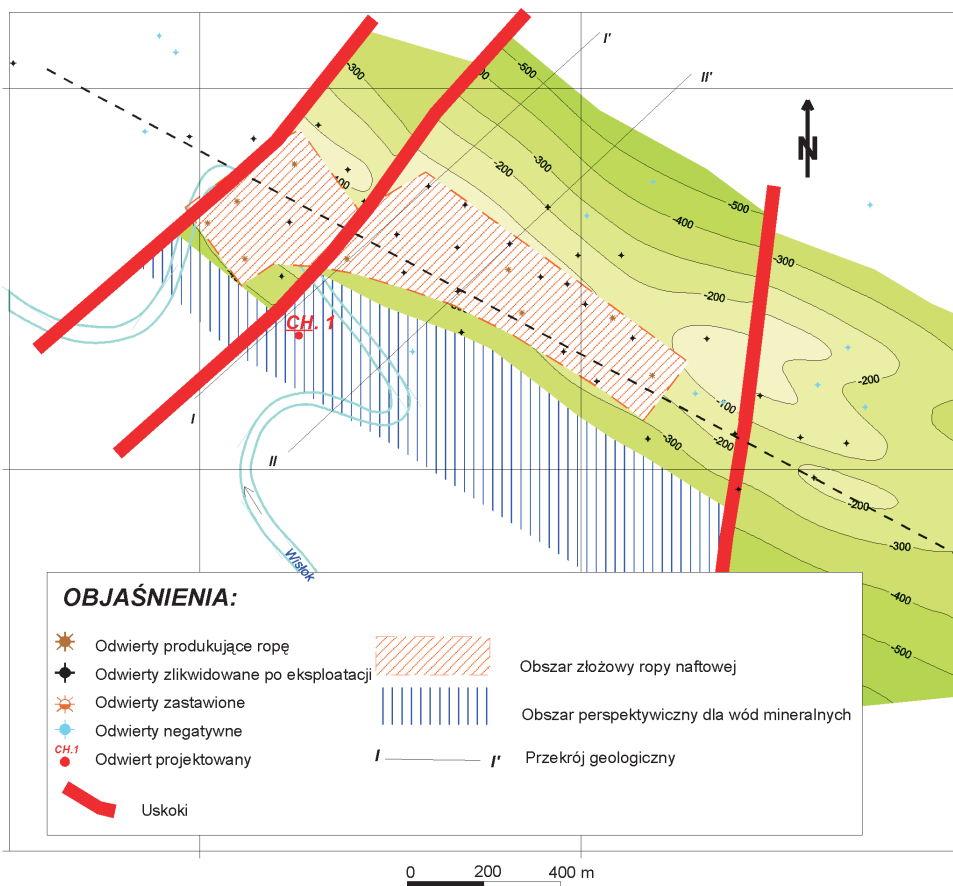
Ma on charakter stromego fałdu stojącego o przebiegu

osi fałdu na kierunku WNW–ESE, z dobrze wykształconymi obydwojoma skrzydłami antykliny, zapadającymi pod



Rys. 2. Budowa geologiczna rejonu Krosna

Wycinek Mapy Geologicznej Polski PIG z 1992 r. – arkusz Jasło,
Opracowanie: P. Nescieruk, Z. Paul, W. Ryłko, F. Szymakowska,
A. Wójcik, K. Żytko



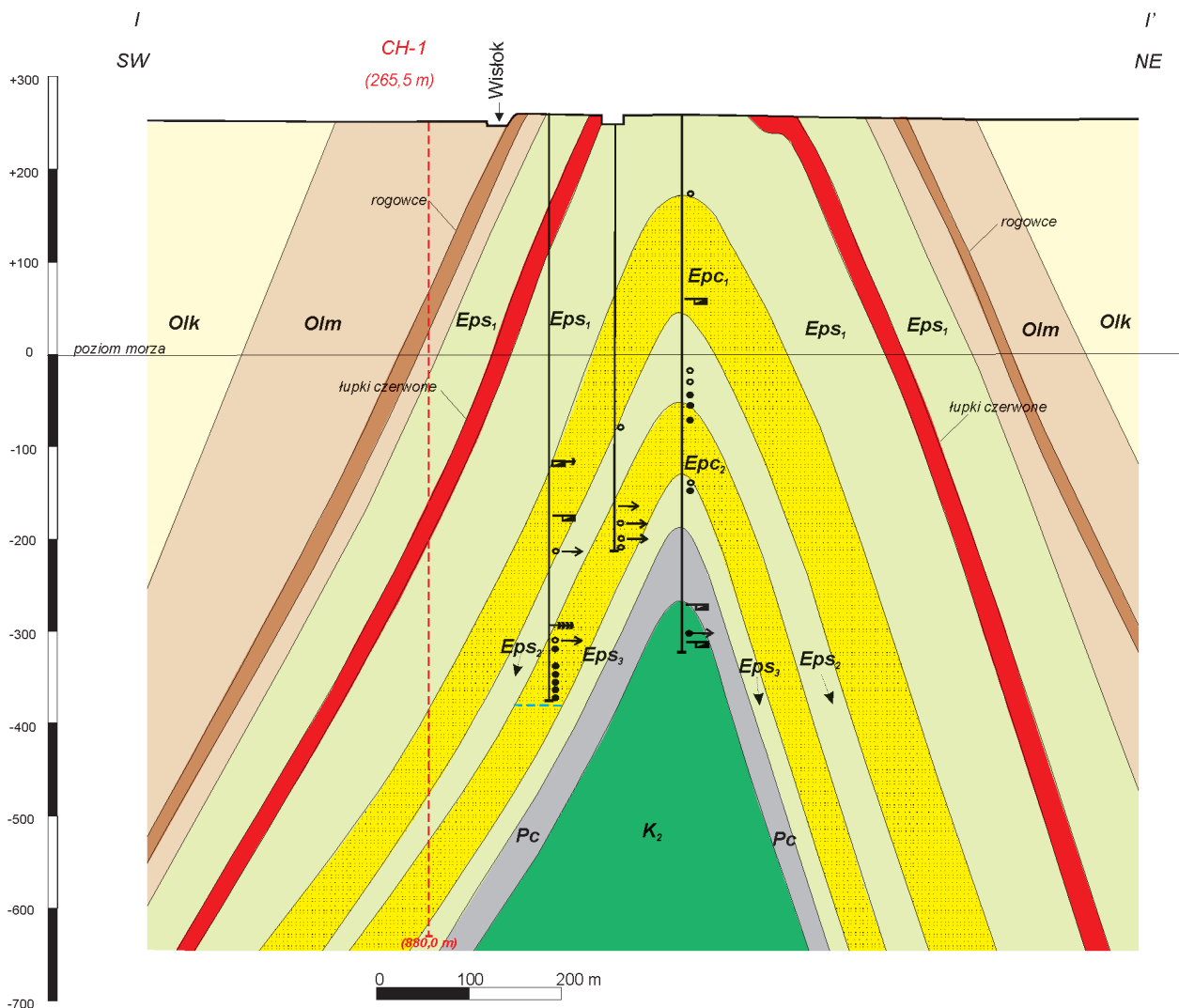
Rys. 3. Fałd Krościenka – blok Kronem. Mapa strukturalna stropu II piaskowca ciężkowickiego

Opracowanie: R. Dusza i M. Miziołek, 2011 r. Do interpretacji wykorzystano starsze mapy strukturalne J. Kicuły i J. Dudka

kątem ok. 60-70° ku NE i SW. W jądrze fałdu ukazują się tu I pstre łupki z poziomem łupków czerwonych. W tej części fałd rozcięty jest kilkoma uskokami poprzecznymi, które dzielą go na bloki. Blok Kronem, zajmujący centralną część opracowanej mapy II piaskowca ciężkowickiego, stanowi element wyniesiony w stosunku do zachodniego, wąskiego bloku, ograniczonego 2 strefami uskokowymi, który oddziela blok Kronem od bloku Mac Allana na zachodzie. W części wschodniej bloku Kronem znajduje

się strefa uskokowa, wzdłuż której wschodnia część bloku przesunięta jest ku północy.

Opracowana mapa strukturalna II piaskowca ciężkowickiego (rysunek 3) oraz wcześniejsze opracowania [5, 7] wskazują, że oś fałdu biegnie w tym rejonie na linii otworów K.6 i K.17. W tej części fałd tworzy pojedynczą antyklinę, która w kierunku wschodnim ulega zdwojeniu, tworząc podwójne sfałdowanie, rozwijające się w kierunku wschodnim.

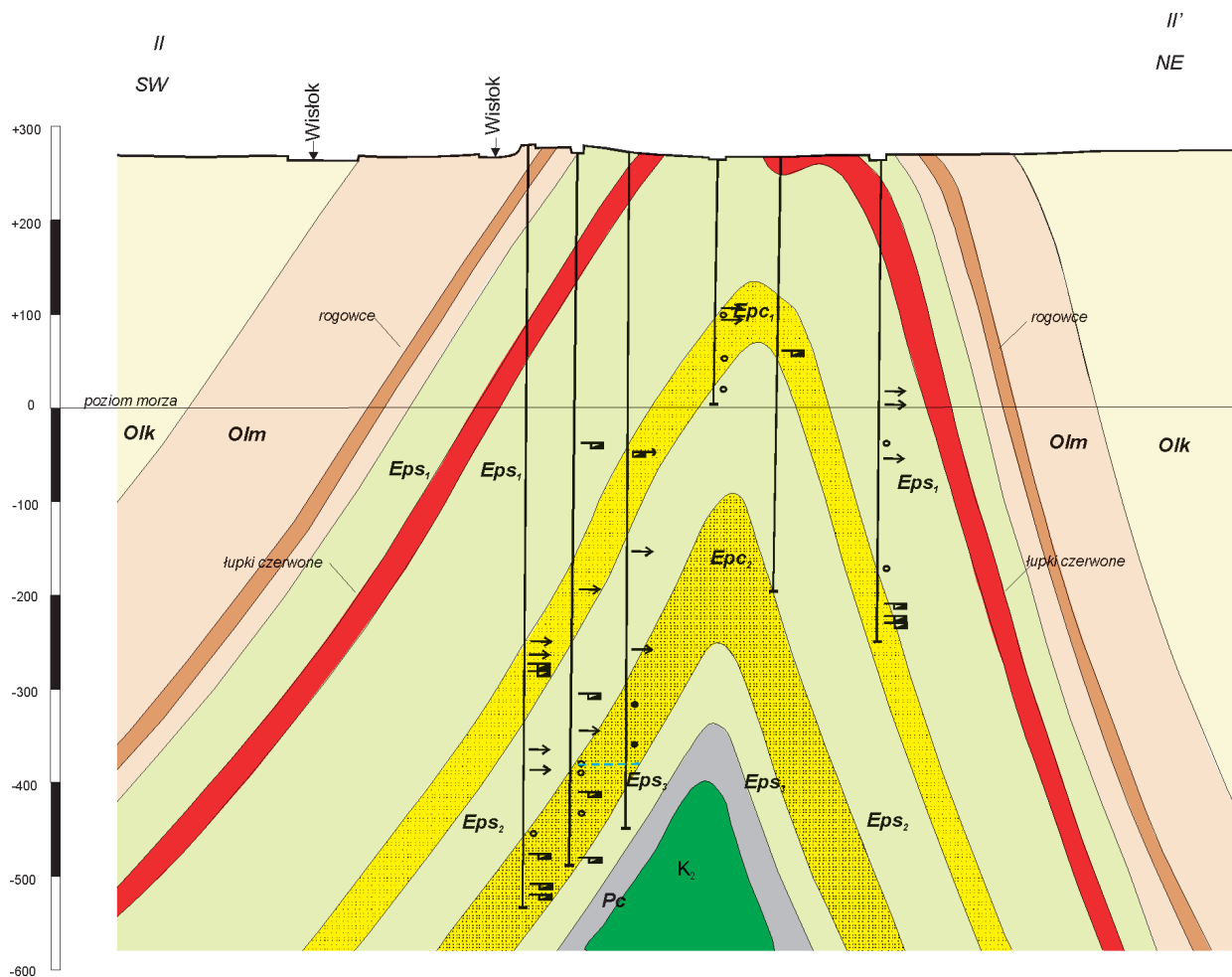


Objaśnienia: oligocen.: w-wy krośnieńskie dolne [Olk], w-wy menilitowe z rogowcami [Olm], eocen-warstwy pstre i hieroglifowe: I łupki pstre z łupkami czerwonymi [Eps. I], seria piaskowcowa – I p-c ciężkowicki [Epc. I], II łupki pstre [Eps. II], seria piaskowcowa – II p-c ciężkowicki [Epc. II], – III łupki pstre [Eps. III], warstwy istebniańskie: paleocen-łupki istebniańskie górne [Pc], górna kreda-p-ce istebniańskie górne [K₂]

	Przyływ gazu		Przyływ ropy
	Ślady gazu		Ślady ropy
	Przyływ solanki z gazem		Kontur ropa-woda
	Przyływ solanki		CH-1 Projektowany otwór poszukiwawczy

Rys. 4. Przekrój geologiczno-złożowy I-I' przez fałd Krościenka

Opracowanie: R. Dusza, M. Miziołek



Objaśnienia: oligocen.; w-wy krośnieńskie dolne [Olk], w-wy menilitowe z rogowcami [Olm], eocen-warstwy pstre i hieroglifowe: I łupki pstre z łupkami czerwonymi [Eps₁] seria piaskowcowa – I p-c ciężkowicki [Epc₁], II łupki pstre [Eps₂], seria piaskowcowa – II p-c ciężkowicki [Epc₂], – III łupki pstre [Eps₃], warstwy istebniańskie: paleocen-łupki istebniańskie górne [Pc], górna kreda-p-ce istebniańskie górne [K₂]

- Przypływ gazu
- Ślady gazu
- ▬ Przypływ solanki z gazem
- ▬ Przypływ solanki
- Przypływ ropy
- Ślady ropy
- - - Kontur ropa-woda

0 100 200 m

Rys. 5. Przekrój geologiczno-poprzeczny II-II' przez fałd Krościenka, blok Kronem

Opracowanie: R. Dusza, M. Miziolek, 2011 r.

Główne poziomy zbiornikowe wód mineralnych i ich parametry petrofizyczne na fałdzie Krościenka w rejonie Zawodzie–Bursaki

Zasadniczymi skałami zbiornikowymi dla wód mineralnych na fałdzie Krościenka w rejonie Zawodzie–Bursaki są I i II piaskowce ciężkowicki, przy czym II piaskowiec ze względu na większe miąższości należy uznać za bardziej obiecujący. Pod względem litologicznym oba poziomy piaskowce są bardzo podobne, wykształcone jako piaskowce bardzo gruboławicowe, średnio- i gruboziarniste, a nawet zlepieńcowate. Badania petrofizyczne dla tych piaskowców były wykonywane jedynie na 3 otworach:

Białobrzegi-2 i 3 i Krosno-1. Wyniki tych badań przedstawiono w tabelicy 1.

Wynika z nich, że I piaskowiec ma porowatości rzędu 10,7÷21,3% i przepuszczalność rzędu 98,9÷127,7 mD. Według tych badań w II piaskowcu porowatość wyniosła 10,0÷13,0%, a przepuszczalność 0,33÷9,2 mD. Uzyskane wyniki mogłyby wskazywać na lepsze parametry I-go piaskowca ciężkowickiego, ale należy pamiętać, że przeprowadzone badania dotyczą pojedynczych próbek.

Tablica 2. Miąższości pozorne piaskowców ciężkowickich stwierdzone w otworach na fałdzie Krościenka w rejonie Zawodzie–Bursaki

Poziom	Miąższość pozorna w odwiertach od – do [m]	Miąższość pozorna, średnia w odwiertach [m]	Liczba odwiertów [szt.]
I p-ec ciężkowicki	10÷154	75	35
II p-ec ciężkowicki	45÷202	106	16

Ze względu na miąższości i zapiaszczenie za główny kolektor wód mineralnych uważa się II piaskowiec ciężkowicki (tablica 2). Z tego względu dla tego poziomu opracowano mapę strukturalną stropu (rysunek 3). Poziom ten, jak wynika z analizy dostępnych materiałów geologiczno-wiertniczych, wykazuje większy rozwój piaskowców, które są bardziej miąższe i tworzą bardziej jednolite poziomy, podczas gdy I poziom piaskowcowy tworzy oddzielone łupkami pojedyncze ławice o mniejszej miąższości.

Opracowana mapa strukturalna II piaskowca ciężkowickiego (rysunek 3) oraz przekroje geologiczne (rysunki 4

i 5) wskazują, że strop tej serii tworzy stromą antyklinę z kulminacją na linii otworów Kronem-6–Kronem-17, gdzie osiąga głębokość 0÷100 m p.p.m., skąd stromo, pod kątem ok. 60÷70°, zapada na NE i SW. Złoże ropy odkryte na tym bloku zostało udokumentowane na

południowo-zachodnim skrzydle antykliny do głębokości bezwzględnej ok. 375 m p.p.m. (odwiert Kronem-48: 387 m p.p.m.). Odwiercony nieco głębiej odwiert Kronem-54 (447,5 m p.p.m.) był całkowicie zawodniony. To wskazuje, że kontur ropa–woda na skrzydle SW fałdu w rejonie Zawodzie–Bursaki znajdował się na głębokości ok. 375 m p.p.m. Poniżej tej głębokości mamy do czynienia z wodą mineralną, z tego względu należy przyjąć, że odwierty odwiercone do II piaskowca ciężkowickiego poniżej głębokości stropu (375 m p.p.m.) powinny być zawodnione i nie zawierać domieszek węglowodorów.

Chemizm wód mineralnych I i II piaskowca ciężkowickiego w rejonie bloku Kronem

Na bloku Kronem w latach 30. do 60. XX w. wykonywane były liczne analizy chemiczne wód mineralnych, co przedstawione jest w tablicach (tablice 3 i 4).

Leżący poza złożem ropy odwiert K.54 posiadał w II p-cu ciężkowickim wodę chlorkowo-wodorowęglanową, podobnie leżący nieco wyżej odwiert Kronem-40. Szczegółowych analiz wody na tym bloku w poz. II piaskowca ciężkowickiego niestety nie przeprowadzono. Dla I piaskowca na bloku Kronem nie wykonano żadnych badań.

Na sąsiednim, zachodnim bloku badania wód I p-ca wykonano na odwiercie Karola-1. Woda charakteryzowała się mineralizacją rzędu 31,16 g/l. Najwięcej zawierała jonów chloru $[Cl^-]$ – 17,356 g/l, jonów wodorowęglanowych $[HCO_3^-]$ – 2,47 g/l, sodu i potasu $[Na^+, K^+]$ – 11,91 g/l.

Z kolei na wschodniej części bloku Kronem, w otworze

Kronem-31, badano wody z II piaskowca ciężkowickiego. Wyniki wskazują, że woda ma mineralizację ok. 36,03 g/l, z tego 20,03 g/l chloru $[Cl^-]$, ok. 1,052 g/l jonów HCO_3^- i ok. 12,83 g/l jonów sodu i potasu $[Na^+, K^+]$.

W badanych wodach tego rejonu, zarówno w I, jak i II piaskowcu, nie stwierdzono jonów ani jodu, ani bromu, które występują na bloku Mac Allan, np. w otworach Mac Allan-4 i 11.

Podsumowując, można stwierdzić, że wody mineralne w rejonie bloku Kronem będą typu chlorkowo-wodorowęglanowego o mineralizacji rzędu 30÷40 g/l.

Wody z bloku Kronem nie zawierały bromu i jodu, ale niewykluczone, że w proponowanej lokalizacji skład chemiczny wody będzie nieco odmienny i będzie ona zawierać te pierwiastki.

Wytypowanie obszaru pod wiercenie otworu poszukiwawczego

Uwzględniając budowę geologiczną fałdu Krościenka w rejonie bloku Kronem oraz lokalizację projektowanych obiektów rekreacyjno-sportowych na obszarze dzielnicy Bursaki, zdecydowano o lokalizacji wiercenia poszukiwawczego w zakolu rzeki Wisłok niedaleko projektowanych obiektów rekreacyjno-sportowych.

Przeprowadzona analiza geologiczna w oparciu o archiwalne dokumenty wskazuje, że w tym rejonie należy się spodziewać nawiercenia wód mineralnych w II piaskowcu

ciężkowickim, a także w I piaskowcu ciężkowickim. Proponowana lokalizacja odwiertu nazwanego Chajec-1 umożliwi nawiercenie I i II piaskowca ciężkowickiego w obszarze położonym poza złożem ropy naftowej Krościenko, ponad 150 m poniżej konturu ropa–woda (w II piaskowcu ciężkowickim). Takie położenie powinno pozwolić na uzyskanie wody mineralnej pozbawionej zanieczyszczeń ropą naftową.

Projekt odwiertu jest zlokalizowany na południowo-zachodnim skrzydle fałdu i powinien pozwolić na uzyskanie

Tablica 3. Zestawienie przykładowych oznaczeń składu chemicznego wód mineralnych pobranych z piaskowców ciężkowickich na fałdzie Krościenka

Lp.	Nazwa odwiertu	Głębokość nawiercenia wody [m]	Oznaczenia ogólne			Oznaczenia szczegółowe											
			PH	Ciężar właściwy	Sucha pozostał.	Cl ⁻	J	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SiO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺ + Fe ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺		
1	Kronem-31	600,0		1,03	36,03	20,03		1,05	-	0,02	0,00	0,00	0,01	0,17	12,83		
2	Kronem-63 B	637,0		1,03	38,03	22,06		1,21	-	0,02	0,00	0,00	0,21	0,17	14,15		
3	Kronem-52	531,0	7,50	1,03	37,86	21,69	0,03	1,17	-	0,03	0,03	0,01	0,23	0,14	14,01		
4	Arnold-112	530,0	8,30	1,02	31,64	17,49	0,02	1,41	0,06	0,02	0,12	0,01	0,14	0,11	11,63		
5	Łukasiewicz-122	77,0		1,02	34,24	20,10	0,03	1,06	-	0,02	0,02	0,05	0,42	0,27	12,39		
6	Arnold-119	580,5		1,03	38,28	22,33	0,03	0,83	0,01	0,02	0,22	-	0,28	0,18	14,27		
7	Karol-4	686,5		1,03		16,40	0,01	5,61									
8	Łukasiewicz-122	112,6	10,90	1,03	39,80	22,56	0,03	-	-	0,01	0,22	0,01	1,34	0,00	14,18		
9	Łukasiewicz-121	51,0	8,30	1,02	24,24	13,89	0,02	1,24	0,06	0,03	0,07	0,01	0,20	0,17	9,03		
10	Arnold-107	473,2		1,02		20,91	0,02	0,68									
11	Arnold-123	217,5		1,03	42,00	24,64	0,03	0,85		0,04	0,28	0,01	0,52	0,97	14,00		
12	Arnold-112	530,0		1,02	31,85	18,08	0,02	1,43	0,00	0,02	0,09	0,00	0,14	0,11	11,96		
13	Arnold-112	545,0		1,02	31,48	17,72	0,02	1,51	0,01	0,02	0,09	0,00	0,15	0,10	11,76		
14	Poznań-15	321,0		1,01	18,20	7,73	0,01	5,31		0,02	0,00	0,00	0,07	0,07	6,81		
15	Mac Allan-1	416,0		1,02	19,52	8,40	0,00	5,50		0,02	0,01	0,00	0,09	0,09	7,25		
16	Mac Allan-4	410,0		1,00	4,32	1,68	0,00	2,07		0,01	ślady	0,00	0,01	0,01	1,86		
17	Mac Allan-4	410,0	7,20	1,00	5,50	2,27	0,00	2,15		0,03	0,05	0,01	0,00	0,02	2,27		
18	Małopolska-52	542,0		1,03	37,87	22,06		1,06		0,02	0,00	0,00	0,21	0,17	14,15		

Tablica 4. Średni skład chemiczny wód mineralnych z piaskowców ciężkowickich na fałdzie Krościenka – blok Kronem

Dane geologiczne	Oznaczenia ogólne			Oznaczenia szczegółowe											
	PH	Ciężar właściwy	Sucha pozostał.	Cl ⁻	J	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	SiO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	Al ³⁺ + Fe ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ + K ⁺		
I piaskowiec ciężkowicki	7,73	1,02	31,63	17,64	0,02	2,15	0,23	0,02	0,13	0,02	0,21	0,13	10,45		
II piaskowiec ciężkowicki	7,95	1,02	28,67	14,24	0,03	1,61	0,04	0,02	0,04	0,01	0,15	0,11	10,37		

po ok. 80÷100 m miąższości I i II piaskowca ciężkowickiego, co przy założeniu zapiaszczenia w wysokości co najmniej 50% powinno dać ok. 80÷100 m otwarcia w czystym piaskowcu. Takie otwarcie powinno zagwarantować wydajność rzędu 1÷3 m³/h (otwory w Iwoniczu Zdroju odwiercone również w piaskowcach ciężkowickich mają wydajności w zakresie 2,5÷5,5 m³/h [4, 12]). Położenie projektowanego otworu na skrzydle fałdu powoduje, że piaskowce będą leżeć głębiej, z tego względu otwór będzie musiał osiągnąć głębokość ok. 880 m. Opracowana budowa geologiczna wskazuje, że nawiercenia I p-ca ciężkowickiego należy się spodziewać na głębokości 640 m, natomiast II na głębokości 795 m.

Rozpoznana budowa powierzchniowa i wgłębna fałdu (na podstawie wierceń) pozwala sądzić, że opracowana i przyjęta w niniejszym opracowaniu budowa geologiczna oraz przyjęty kontur woda–ropa są prawidłowe. Na marginesie należy jednak pamiętać, że w miejscu, gdzie zaprojektowano odwiert, i dalej w kierunku południowym poza rozpoznaniem powierzchniowym nie ma w tej części fałdu rozpoznania wiertniczego, a budowa opiera się tu na rozpoznaniu powierzchniowym oraz wierceniach położonych bardziej na północ, dlatego też rzeczywista budowa geologiczna może nieco odbiegać od przyjętej w opracowaniu.

Projekt odwiertu poszukiwawczego Chajec-1 jest zaprezentowany na przekroju geologicznym I-I' (rysunek 4), a jego wybrane parametry przedstawiają się następująco:

- otwór: Chajec-1 – nazwany tak na cześć zasłużonego propagatora idei wykorzystania wód mineralnych w Krośnie dla celów balneologicznych i konsumpcyjnych doc. Władysława Chajeca,
- lokalizacja: Krosno – Bursaki,
- głębokość: 880 m ±10%,
- głębokość położenia poziomów zbiornikowych:
 - I piaskowiec ciężkowicki: 640÷735 m,
 - II piaskowiec ciężkowicki: 795÷875 m,
- spodziewana miąższość poziomów piaskowcowych:
 - I piaskowiec ciężkowicki: 95 m,
 - II piaskowiec ciężkowicki: 80 m,
- miąższość efektywna piaskowców będzie mniejsza, gdyż serie piaskowcowe przekładane są łupkami,
- sumaryczna wydajność odwiertu: 1÷3 m³/h,
- typ wody: chlorkowo-wodorowęglanowa,
- mineralizacja: 30÷40 g/l,
- inne domieszki: na leżącym na zachodzie bloku Mac Allan występowały jod i brom, w analizach wód z bloku Kronem pierwiastków tych nie stwierdzono,
- koszty wiercenia: ok. 5 mln zł.

Wnioski

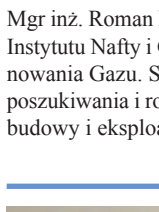
1. Biorąc pod uwagę lokalizację przyszłych obiektów rekreacyjno-sportowych, optymalną lokalizacją dla poszukiwań wód mineralnych jest rejon zakola Wisłoka w Krośnie w dzielnicy Bursaki, gdzie znajduje się blok Kronem fałdu Krościenka.
2. Według dokonanej analizy najlepszymi skałami zbiornikowymi dla wód mineralnych są 2 poziomy piaskowców ciężkowickich, które występują na fałdzie Krościenka, w tym też na bloku Kronem.
3. Dostępne, archiwalne analizy chemiczne wód mineralnych z piaskowców ciężkowickich bloku Kronem wskazują, że solanki mają tu mineralizację rzędu 30÷40 g/l i są to wody chlorkowo-wodorowęglanowe.
4. Analiza materiałów wiertniczych, geologicznych oraz wyników opróbowań dotyczących otworów wierconych w rejonie bloku Kronem pozwala sądzić, że pierwotny kontur woda–ropa w II piaskowcu ciężkowickim znajdował się na głębokości ok. 375 m p.p.t. W związku z tym znajdujące się poniżej skały zbiornikowe powinny być wolne od węglowodorów.
5. Natomiast w I piaskowcu ciężkowickim ropa występuje lokalnie jedynie w szczycie antykliny, na głębokości ok. 140 m n.p.m. W skrzydle fałdu wszystkie otwory wykazywały zawodnienie, co prowadzi do wniosku, że na skrzydle południowo-zachodnim fałdu wody w tym poziomie powinny być czyste i wolne od węglowodorów.
6. Dla określenia możliwości uzyskania wód mineralnych w rejonie Krosno–Bursaki proponuje się odwiercenie otworu poszukiwawczego o głębokości ok. 880 m na południowo-zachodnim skrzydle fałdu, na działce nr 1738/R III b/, będącej współwłasnością miasta.
7. Do opróbowania w otworze Chajec-1 proponuje się interwały:
 - I piaskowiec ciężkowicki: 640÷735 m,
 - II piaskowiec ciężkowicki: 795÷875 m.
8. Spodziewane wydajności odwiertu wynoszą 1÷3 m³/h, a w przypadku napotkania spękań i szczelin mogą być wyższe.
9. Przewidywane koszty wiercenia szacowane są na ok. 5 mln zł.

Literatura

- [1] Chajec W.: *Geologiczno-chemiczna i balneologiczna charakterystyka wód mineralnych Krosna nad Wisłokiem*. Instytut Naftowy Kraków, Zakład Kopalnictwa Naftowego Krosno. Arch. OK. PIG, 1956.
- [2] Chajec W.: *Wody węgłne cz. I antyklina potocka*. Instytut Naftowy Kraków, Zakład Kopalnictwa Naftowego Krosno. Arch. OK. PIG, 1953.
- [3] Chowaniec J., Freiwald P., Owsiuik P., Patorski R., Witek K.: *Analiza możliwości wykorzystania wód mineralnych w rejonie Krosna*. PIG O/Kraków – mat. arch. Urzędu Miasta Krosna, 2008.
- [4] Chowaniec J.: *Wody podziemne południowo-wschodniej części województwa podkarpackiego*. Materiały z II Konferencji Naukowo-Technicznej „Błękitny Sen”, Dynów 2005.
- [5] Głowacki E.: *Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Krościenko*. 1983.
- [6] Jankowski L.: *Mapa geologiczna utworów podczwartorzędowych w rejonie Krosna*. Arch. OK. PIG, Kraków 2005.
- [7] Kicuła J.: *Dokumentacja geologiczna złoża ropy naftowej w Krościenku*. 1955.
- [8] Malinowski J. (red. nauk.) i zespół: *Budowa geologiczna Polski. Hydrogeologia*. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne, 1991.
- [9] Materiały archiwalne Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa SA w Warszawie – Oddział w Sanoku – Ośrodek Kopalń Krosno.
- [10] Miziołek M.: *Przygotowanie zasobów wód podziemnych rejonu Dukli do eksploatacji*. Mat. arch. INiG Krosno, 2005.
- [11] Nescieruk P., Paul Z., Ryłko W., Szymakowska F., Wójcik A., Żytko K.: *Mapa geologiczna Polski 1:200 000*. PIG – Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej, 1992.
- [12] Pazdro Z., Kozerski B.: *Hydrogeologia ogólna*. Warszawa, Wydawnictwa Geologiczne, 1990.



Mgr inż. Bogdan FILAR – pracownik Instytutu Nafty i Gazu Oddział w Krośnie, kierownik Zakładu Podziemnego Magazynowania Gazu. Absolwent Wydziału Wiertniczo-Naftowego Akademii Górniczo-Hutniczej. Specjalizuje się w projektowaniu, eksploatacji i optymalizacji podziemnych magazynów gazu ziemnego.



Mgr inż. Roman Dusza – emerytowany pracownik naukowo-badawczy Instytutu Nafty i Gazu Oddział Krosno – Zakład Podziemnego Magazynowania Gazu. Specjalista geolog w zakresie sporządzania projektów, poszukiwania i rozpoznawania złóż gazu ziemnego oraz projektowania, budowy i eksploatacji PMG w szcerpanych złożach.



Mgr Mariusz MIZIOŁEK – geolog, absolwent Uniwersytetu Jagiellońskiego. Pracuje w Zakładzie Podziemnego Magazynowania Gazu INiG. Zajmuje się geologią podziemnych magazynów gazu zapadliska przedkarpackiego i Karpat oraz analizą geologiczno-złożową PMG oraz złóż gazu ziemnego. Współautor m.in. kilku dokumentacji geologicznych z rejonu zapadliska przedkarpackiego i Karpat.