



**WYNIKI
INTERPRETACJI**
badań geofizycznych
w studni głębinowej nr 13
na ujęciu wód podziemnych „Odra”
w Świnoujściu

Zleceniodawca : **Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o.**
ul. Kołłątaja 4
72-600 Świnoujście

Wykonawca : **BLWM Sp. z o.o.**
ul. Kożuchowska 20C
65-364 Zielona Góra

Numer projektu : **0412**

Opracowanie : mgr Renata Górka

Zielona Góra, sierpień 2024

1 Cel badań

Na podstawie oferty 0412/VI/2024 z dnia 18.07.2024 r. firmie BLWM Sp. z o.o. powierzone zostało zadanie wykonania badań geofizycznych oraz inspekcji telewizyjnej w studni głębinowej nr 13, zlokalizowanej na terenie ujęcia wód podziemnych „Odra” w Świnoujściu. Celem badań była analiza stanu technicznego otworu, ze szczególnym uwzględnieniem oceny migracji i stref dopływu wód obciążonych mikrobiologicznie.

2 Lokalizacja

- **Kraj** : Polska
- **Województwo** : zachodnio-pomorskie
- **Powiat** : świnoujski
- **Miejscowość** : Świnoujście
- **Współrzędne** : N 53.894816 E 14.297646

3 Informacje wstępne

Dane zleceniodawcy

- Zleceniodawca udostępnił kartę dokumentacyjną otworu (zbiorcze zestawienie wyników wiercenia studziennego) zawierającą litologiczny szkic przewierconych warstw geologicznych, współrzędne geograficzne otworu, informację dot. położenia zwierciadła wód podziemnych na czas trwania robót wiertniczych, wyniki badań i obliczeń hydrogeologicznych oraz analizy fizykochemiczne badań próbki wody.
- Odniesione do poziomu terenu dane głębokościowe z dokumentacji konstrukcyjnej studni zostały zachowane w niniejszej dokumentacji geofizycznej.
- Poniższe informacje zostały zaczerpnięte z karty otworu:

Średnica wiercenia : Świder udarowy i łyżka wiertnicza do rur \varnothing 508 mm
Rok budowy : 2008
Konstrukcja otworu : 0 - 16,0 m kolumna rur \varnothing 508 mm
0 - 19,6 m rura nadfiltrowa PVC, K, \varnothing 330 mm
19,6 - 23,0 m filtr siatkowy PVC, K, \varnothing 330 mm
23,0 - 23,6 m rura międzyfiltrowa PVC, K, \varnothing 330 mm
23,6 - 27,0 m filtr siatkowy PVC, K, \varnothing 330 mm
27,0 - 29,4 m rura podfiltrowa PVC, K, \varnothing 330 mm
Rurka piezometryczna: \varnothing 40 mm do \sim 19,7 m

Funkcja : Otwór ujmujący wodę pitną z pokładów czwartorzędu
Rzędna wysokościowa : Poziom powierzchni terenu (p.t.) = 2,88 m n.p.m.

Dane wykonawcy

Zwierciadło statyczne : 1,83 m p.p.t. (pomiar 01.08.2024 r.)
Rura nadfiltrowa : 0,10 m n.p.t.

4 Informacje dotyczące badań geofizycznych

- **Data pomiaru** : 01-02.08.2024
 - **Rejestracja danych** : AR / SK
 - **Jednostka pomiarowa** : M44 / PY31254
 - **Punkt odniesienia** : poziom terenu
 - **Pomiary do głębokości** : 28,2 m
 - **Program pomiarowy** :

| | | |
|------|---|--|
| CAL | : | Profilowanie średnicy |
| DEV | : | Profilowanie krzywizny |
| GR | : | Profilowanie gamma |
| ABI | : | Defektoskopia rur skanerem akustycznym |
| NEUT | : | Profilowanie neutron-neutron |
| DENS | : | Profilowanie gamma-gamma gęstościowe |
| LL | : | Profilowanie oporności sterowane |
| IL | : | Profilowanie indukcyjne |
| MAL | : | Profilowanie podatności magnetycznej |
| FLOW | : | Profilowanie przepływomierzem produkcyjnym |
| SAL | : | Profilowanie przewodności |
| TEMP | : | Profilowanie temperatury |
| TV | : | Inspekcja telewizyjna |
- Zrealizowane badania diagnostyczne objęły statyczne badania geofizyczne (CAL, GR, DEV, ABI, LL, IL, NEUT, DENS, SAL/TEMP/FLOW-0-1/2), badania podczas pompowania z wydajnością $\sim 25,0 \text{ m}^3/\text{h}$ (FLOW-1-1/2, SAL/TEMP-1-1/2), inspekcję telewizyjną w warunkach statycznych oraz pobranie próbek z filtra z dwóch głębokości ($\sim 26 \text{ m}$ oraz 21 m).
 - Pomiary zestawem sond produkcyjnych realizowano wieloetapowo, wykonując pomiary w kierunku dna otworu z prędkością $\sim 10 \text{ m}/\text{min}$. Zarejestrowane krzywe z profilowania przepływomierzem produkcyjnym zostały skorygowane względem prędkości przemieszczania się urządzenia w otworze i średnicy wewnętrznej rur oraz przeliczone i przedstawione w jednostkach natężenia przepływu słupa wody [m^3/h].
 - Pomiary przewodności elektrolitycznej (SAL) zostały przeliczone do stałej temperatury wynoszącej 25°C .
 - Pomiędzy pomiarami geofizycznymi a inspekcją TV występują niewielkie różnice głębokości, które są uwarunkowane technicznie. Z uwagi na wyższą dokładność rejestratora głębokości wyciągu do badań geofizycznych, jest ona traktowana jako referencyjna.
 - Poniższa tabela przedstawia przebieg pomiarów geofizycznych oraz prac im towarzyszących. Skróty nazw poszczególnych profilowań odpowiadają indeksom przedstawionym na diagramach (objaśnienie skrótów patrz rozdz. 7).

• **Przebieg pomiarów** :

| | | 01.08.2024 | |
|--|-------|---|--|
| Badania statyczne (krzywe z indeksem: 0) | 19:00 | Mobilizacja jednostki na otworze i przygotowanie do badań | |
| | 19:40 | TV | |
| | 20:25 | Pomiar zwierciadła wód podziemnych = 1,80 m | |
| | 20:30 | Zakończenie badań i demobilizacja jednostki pomiarowej | |

| | | 02.08.2024 | |
|--|-------|---|--|
| Badania statyczne (krzywe z indeksem: 0) | 08:30 | Mobilizacja jednostki na otworze i przygotowanie do badań | |
| | 09:05 | IL | |
| | 09:10 | MAL | |
| | 09:21 | LL | |
| | 09:30 | NEUT | |
| | 09:40 | DENS-S/-L | |
| | 10:15 | CAL | |
| | 10:36 | SAL/TEMP/FLOW-0-1/2 + pomiar kalibracyjny | |

| | | 02.08.2024 | |
|---|-------|---|--|
| Badania dynamiczne (krzywe z indeksem: 1) | 10:50 | Zabudowa pompy na głębokości ~ 12,5 m | |
| | 10:52 | Pomiar zwierciadła wód podziemnych = 1,83 m | |
| | 11:10 | Rozpoczęcie pompowania z wydajnością ~ 25,0 m ³ /h | |
| | 11:15 | Pomiar zwierciadła wód podziemnych = 10,77 m | |
| | 11:18 | SAL/TEMP/FLOW-1-1/2 | |
| | 11:20 | Pomiar zwierciadła wód podziemnych = 10,77 m | |
| | 11:24 | Koniec pompowania | |
| | 11:35 | Demontaż pompy | |
| | 11:45 | Pomiar zwierciadła wód podziemnych = 1,88 m | |
| | 12:20 | Pobór próbek z filtra | |

| | | 02.08.2024 | |
|-------------------|-------|--|--|
| Badania statyczne | 12:58 | GR/DEV | |
| | 13:39 | ABI | |
| | 15:00 | Zakończenie badań i demobilizacja jednostki pomiarowej | |

Tab. 1 Przebieg badań geofizycznych oraz prac im towarzyszących

5 Wyniki badań geofizycznych

Wszystkie pomiary geofizyczne oraz wyniki ich interpretacji zostały graficznie przedstawione na załączonym diagramie, stanowiącym integralną część dokumentacji (zał. 1). Dodatkowo zaprezentowano na nim wybrane kadry z przeprowadzonej w otworze inspekcji telewizyjnej. Wyniki badań dają się podsumować w następujący sposób:

5.1 Litologia

- Z przebiegu krzywych GR oraz IL wnioskować można, że wykształcenie litologiczne w znacznym stopniu pokrywa się z opisany w karcie otworu profilem geologicznym. Przewierconą formację skalną tworzą w głównej mierze utwory sypkie (piaski różnoziarniste), miejscowo jednak o podwyższonym wskaźniku zailenia. Górotwór wykształcony jest zatem w postaci piasków drobnoziarnistych o nieco zmiennym wzdłuż profilu, stosunkowo jednak niskim udziale frakcji pylastych. Spąg ujętej warstwy wodonośnej zaznacza się wzrostem zawartości frakcji ilastej, co widoczne jest w przebiegu krzywej GR na głębokości ~ 26,1 m. Najlepsze właściwości filtracyjne formacja wydaje się wykazywać w odcinku ~ 17,4 – 26,1 m.
- W interwale ~ 16,2 - 17,4 m rejestrowany jest wyraźny wzrost krzywej GR, połączony jednak ze spadkiem krzywych NEUT i DENS, co wskazuje na obecność na tym odcinku uszczelnienia przestrzeni pierścieniowej na bazie itu (compactonit) (por. rozdz. 5.3).
- Ogólnie można ocenić, że opis wykształcenia litologicznego górotworu w badanym odcinku został podczas realizacji prac wiertniczych przeprowadzony poprawnie, choć strefowo mniej szczegółowo.

5.2 Orurowanie i konstrukcja otworu

- W otworze została zabudowana jedna kolumna rur. Jest to kolumna filtrowa z tworzywa sztucznego PVC. Konstrukcję kolumny podsumowano w poniższym podrozdziale.

Kolumna filtrowa

- Kolumna filtrowa skonstruowana jest w następujący sposób:
 - 0,1 - 18,8 m Rura nadfiltrowa, \emptyset wewn. ~ 301 - 304 mm
cztery 4-metrowe odcinki oraz jeden 3-metrowy odcinek rur pełnych PVC
 - 18,8 - 26,8 m Filtr, \emptyset wewn. ~ 299 - 305 mm
dwa 4-metrowe odcinki rur PVC o perforacji szczelinowej
 - 26,8 - 28,2 m Rura podfiltrowa, \emptyset wewn. ~ 301 mm
jeden odcinek rur pełnych PVC
- Studnia dla poszczególnych sond pomiarowych drożna była do głębokości ~ 28,2 m. Elementy kolumny (w tym w szczególności górna i dolna krawędź filtra) znajdują się na nieco odmiennej głębokości niż dokumentuje to udostępniona karta otworu. Różnica w ich posadowieniu wynosi odpowiednio ~ 0,8 m oraz 0,2 m, co częściowo może mieć związek z obraniem nieznacznie różnego punktu odniesienia na czas realizacji robót wiertniczych i badań geofizycznych.
- Złącza kolumny filtrowej zlokalizowano na następujących głębokościach (~): 2,8 m; 6,8 m; 10,8 m; 14,8 m; 18,8 m (górna krawędź filtra); 22,8 m; 26,8 m (dolna krawędź filtra). Według profilowania LL złącza rurowe na głębokości ~ 6,8 m; 10,8 m oraz 14,8 m wykazują ślady nieszczelności. Przyczyną nieszczelności elektrycznej zazwyczaj jest nieszczelność hydrauliczna, lecz okazjonalnie również może być spowodowana pastami uszczelniającymi o wysokiej konduktywności elektrycznej. W celu jednoznacznej oceny konieczne by-

łoby przeprowadzenie hydraulicznych testów szczelności z wykorzystaniem pneumatycznego pakera. W przypadku dwóch pierwszych złączy, ich nieszczelność potwierdza dodatkowo przeprowadzona w otworze inspekcja telewizyjna.

- Rura nadfiltrowa skonstruowana jest z czterech 4-metrowych odcinków rur pełnych PVC oraz jednego odcinka o długości 2,7 m, znajdującego się przy wylocie otworu. Filtr składa się z dwóch 4-metrowych odcinków rur PVC o perforacji otworowej. Rura podfiltrowa składa się z jednego odcinka rury pełnej. W jej obrębie, na głębokości 28,2 m, natrafiono na niewielki zasyp.
- Prowadniki kolumny filtrowej PVC według profilowania IL zlokalizowane mogą być na następujących głębokościach (~): 19,1 m oraz 27,0 m. Jest to jednak dość niejednoznaczne, ponieważ nie znajduje potwierdzenia w technice MAL. Nie wyklucza się przez to, że zastosowane prowadniki są zbudowane z tworzyw niemagnetycznych.
- Według profilowania CAL, LL, ABI oraz bezpośrednio za pomocą inspekcji TV stan kolumny rur PVC ocenia się na średni, a jest to spowodowane nieszczelnościami występującymi na trzech złączach rurowych, co stwarza zagrożenie migracji wód o innych parametrach fizykochemicznych niż eksploatowane przez filtr. Ściana rur pełnych w caliznie nie jest uszkodzona i tylko w niewielkim stopniu pokryta jest osadami z wytrąceń chemicznych.
- W zestawieniu mierzonych promieni (RADII) nie obserwuje się wartości mogących wskazywać na przerwanie ciągłości ścianki w obrębie odcinka rur pełnych. Obraz amplitudowy skanera (AMP) potwierdza jednak miejscową obecność, jednostronnie wykształconych osadów. Na podstawie profilowania krzywizny DEV otwór nie wykazuje odchylenia osi od pionu (wartości do $0,1^\circ$). Otwór uznać można zatem za całkowicie prosty.
- Dodatkowe wnioski względem wnętrza orurowania (według inspekcji TV), można podsumować w następujący sposób:

| Element konstrukcyjny | Charakterystyka |
|-----------------------|--|
| Obudowa studni | <ul style="list-style-type: none"> – obudowa naziemna; jej dno jest suche, bez śladów nieszczelności wążu, – w obrębie obudowy usytuowane są dwie kolumny rur oraz stalowy konduktor z kołnierzem, umożliwiającym szczelne mocowanie głowicy studziennej; zewnętrzna kolumna rur stalowych została zlokalizowana na głębokości $\sim 0,1$ m n.p.t., natomiast wewnętrzna kolumna filtrowa PVC $\sim 0,1$ m p.p.t.; pomiędzy kolumnami zabudowano rurkę piezometryczną, |
| Ściana rur pełnych | <ul style="list-style-type: none"> – ściana rur powyżej zwierciadła wód podziemnych w znacznej mierze wolna jest od osadów, – bezpośrednio nad zwierciadłem jednostronnie widać cienką warstwę osadów o barwie ochry żelazowej; poziom ten wyznacza strefę wahania zwierciadła statycznego w czasie, – poniżej zwierciadła wód podziemnych początkowo ściana stosunkowo czysta, jednak wraz ze wzrostem głębokości znaczna jej część pokryta jest warstwą osadów z wytrąceń chemicznych, – poniżej złącza na głębokości $\sim 10,9$ m obserwuje się dominację ciemnych osadów, świadczących o wzrastającej z głęboko- |

| | |
|-----------------------------|---|
| | <p>kością obecności związków manganu,</p> <ul style="list-style-type: none">– do głębokości ~ 12,4 m osady przybierają bardziej masywną postać, poniżej tego poziomu jednakże ustępują i ściana orurowania jest bardzo dobrze widoczna; przypuszcza się, że poziom ten wyznacza strefę spadku zwierciadła dynamicznego, |
| Zwierciadło wód podziemnych | <ul style="list-style-type: none">– podczas realizacji badań zwierciadło wód podziemnych stabilizowało się na poziomie ~ 1,77 m p.p.t.,– powierzchnia zwierciadła nieznacznie mętna, z niewielkimi okruciami unoszącymi się na jej tafli, |
| Słup wody | <ul style="list-style-type: none">– bezpośrednio poniżej zwierciadła wód podziemnych słup wody nieznacznie zmętniony drobnym osadem zawieszonym; w celu poprawy widoczności inspekcję kontynuowano z obiektywem kamery skierowanym na ściany otworu,– wraz ze wzrostem głębokości klarowność słupa wody nieznacznie polepsza się, a w obrębie części czynnej kolumny można ją uznać za dobrą, |
| Złącza rurowe | <ul style="list-style-type: none">– złącza rurowe skręcane; te występujące na głębokościach ~ 2,9 m; ~ 6,9 m oraz ~ 10,9 m z charakterystycznymi śladami naciekowymi, które świadczą o ich nieszczelności, |
| Filtr | <ul style="list-style-type: none">– górną krawędź filtra zlokalizowano na głębokości ~ 18,9 m; perforacje otworowe rejestruje się ~ 0,2 m głębiej,– w górnych partiach filtra większość perforacji jest drożna, aczkolwiek na ich krawędziach miejscowo deponuje znaczna ilość drobnego materiału okrucowego; w obrębie perforacji uwidacznia się nylonowa siatka filtracyjna, przed którą występuje siatka lub żyłka podkładowa,– na głębokości ~ 21,1 m zarejestrowano podłużny przedmiot zalegający w jednej z perforacji (opaska zaciskowa),– w dolnych partiach filtra perforacje są również drożne, lecz z niewielką ilością drobnego materiału okrucowego, zalegającego na ich krawędziach,– wraz z głębokością ilość materiału zdeponowanego w perforacjach zwiększa się, a przy dolnej krawędzi filtra część z nich jest w znacznym stopniu wypełniona pyłem, co jest efektem umiejscowienia dolnych partii filtra poniżej spągu warstwy wodonośnej (wg GR: ~ 26,1 m),– dolna krawędź filtra lokuje się na głębokości ~ 26,9 m, |
| Dno otworu | <ul style="list-style-type: none">– na głębokości ~ 28,3 m natrafiono na zasyp utworzony z materiału drobnoziarnistego oraz osadów wytrąceniowych, osypujących się ze ścianek orurowania,– dodatkowo na dnie widoczne są podłużne przedmioty zalegające pod osadem (fragmenty żyłki i/lub opaski zaciskowe). |

5.3 Przestrzeń pierścieniowa

- Wypełnienie przestrzeni poza kolumną filtrową podsumowuje poniższe zestawienie:

| | |
|---------------|---|
| 0,0 - 5,2 m | Wypełnienie materiałem sypkim o nieco obniżonej porowatości i gęstości objętościowej (urobkiem wiertniczym); do poziomu zwierciadła ocena jest jednak stosunkowo niejednoznaczna |
| 5,2 - 16,2 m | Wypełnienie materiałem sypkim o stosunkowo jednorodnej porowatości i zmiennej z głębokością gęstości objętościowej (urobkiem wiertniczym, lokalnie charakteryzującej się podwyższoną zawartością frakcji drobnych) |
| 16,2 - 17,4 m | Wypełnienie materiałem spoistym na bazie iłu (compactonit) |
| 17,4 - 25,8 m | Wypełnienie materiałem sypkim, stosunkowo jednorodnym pod względem porowatości i nieco zmiennej z głębokością gęstości objętościowej (obsypką filtracyjną), |
| 25,8 - 27,6 m | Wypełnienie materiałem sypkim, o nieco obniżonej porowatości i podwyższonej gęstości objętościowej (obsypką filtracyjną zakolmatowaną drobną frakcją pylastą); w spągowych partiach możliwy wpływ górotworu na rejestrowane dane pomiarowe. |
- W wyniku interpretacji pomiarów radiometrycznych (DENS, NEUT) ocenia się, że przestrzeń pierścieniowa za kolumną filtrową wypełniona jest w sposób ciągły, przez co nie obserwuje się występowania luk w wypełnieniu. Niemal na całym zmierzonym odcinku wypełniona jest ona materiałem sypkim o dość jednorodnej porowatości i miejscowo zmiennej z głębokością gęstości objętościowej. Wyższe partie kolumny, do głębokości ~ 16,2 m wypełnione są przy tym urobkiem, poniżej ~ 17,4 m natomiast rejestruje się obecność obsypki filtracyjnej.
- Udokumentowana warstwa uszczelniająca materiałem na bazie iłu (compactonit) została według badań geofizycznych zlokalizowana w interwale ~ 16,2 - 17,4 m, tj. bezpośrednio pod butem kolumny rur okładzinowych. Stanowi to odstępstwo w stosunku do przekazanej dokumentacji wynoszące ~ 2,0 m.
- Uszczelnienie może nie spełniać swojej funkcji ponieważ posadowione jest poniżej naturalnej bariery utworów słaboprzepuszczalnych (mułków).

5.4 Warunki hydrodynamiczne i hydrochemiczne

Poniższe wyniki pomiarów i ich interpretacje odnoszą się do panujących w trakcie realizacji badań warunków hydraulicznych i hydrochemicznych w studni, przy czym należy wziąć pod uwagę, że warunki dynamiczne w studniach bezpośrednio sąsiadujących mogą mieć wpływ na wyniki pomiaru.

Statycznie (w stanie spoczynku)

- Zwierciadło wód podziemnych w stanie spoczynku stabilizowało się na ~ 1,83 m p.p.t.
- W stanie równowagi hydrostatycznej, od poziomu zwierciadła wód podziemnych do górnej krawędzi filtra ~ 18,8 m obserwuje się stałe wartości przewodności od 385 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [25°C] do 420 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [25°C]. Temperatura wody na całym odcinku pomiarowym (od

zwierciadła wód podziemnych do najgłębszego punktu pomiarowego) odnotowuje nieznaczny spadek wraz z głębokością w przedziale 11,1 - 9,5°C.

- Od górnej krawędzi filtra następuje nieznaczny wzrost przewodności od ~ 405 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [25°C] do 598 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [25°C] w obrębie rury podfiltrowej.
- Na podstawie analizy wszystkich krzywych pomiarowych z indeksem -0 brak jest jednoznacznych wskazań na pionowy ruch słupa wody w otworze w stanie spoczynku.

Dynamicznie (podczas pompowania)

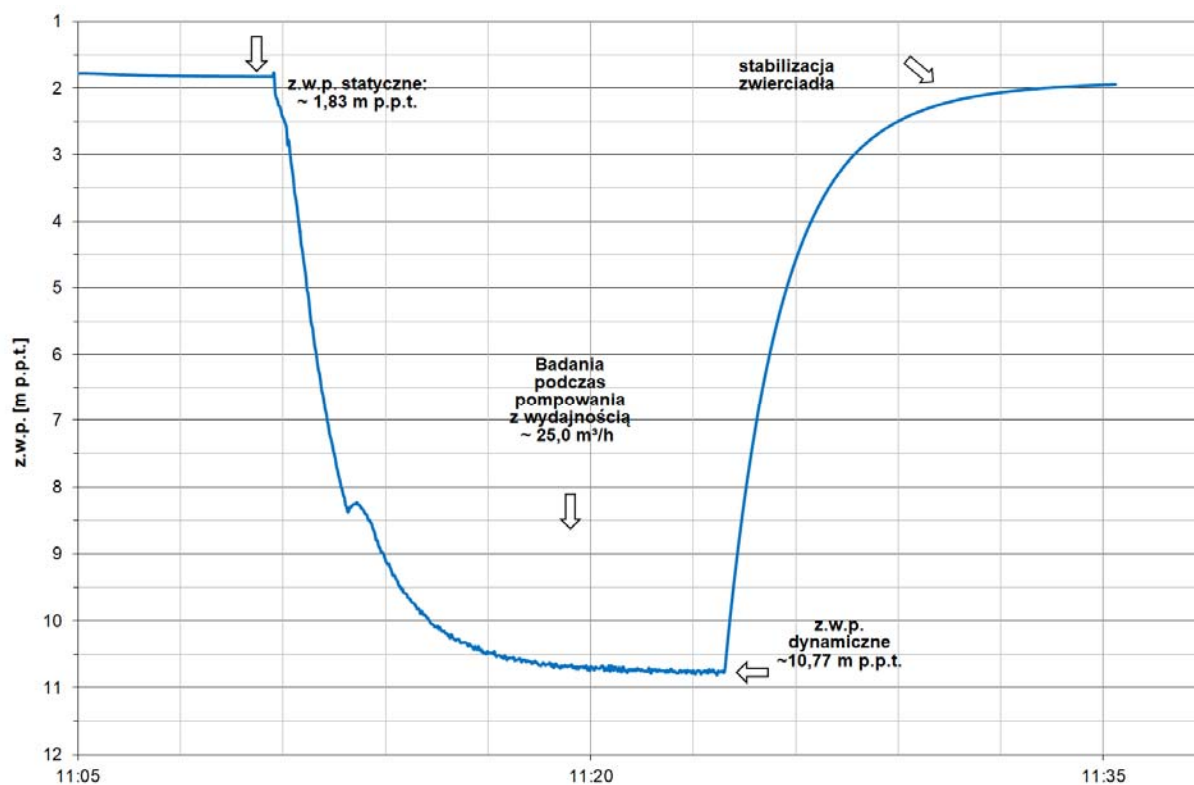
- Podczas pompowania z wydajnością ~ 25,0 m^3/h wyznaczono na podstawie pomiarów FLOW.Q-1-1/2 następujący rozkład dopływów:

| Głębokość [m] | Dopływy przy wydajności pompowania ~ 25,0 m^3/h | | | |
|---------------|---|-----------------------|-------------------------------------|---|
| | % | m^3/h | m^3/h na 1 m filtra | m^3/h na 1 m filtra / 1mS |
| 18,8 - 19,6 | 3 | 0,8 | 1,0 | 0,1 |
| 19,6 - 22,1 | 9 | 2,3 | 0,9 | 0,1 |
| 22,1 - 23,7 | 5 | 1,2 | 0,8 | 0,1 |
| 23,7 - 24,8 | 20 | 5,1 | 4,6 | 0,5 |
| 24,8 - 25,9 | 35 | 8,8 | 8,0 | 0,9 |
| 25,9 - 26,2 | 28 | 6,9 | 23,0 | 2,6 |
| 26,2 - 26,8 | 0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Tab. 3 Rozkład dopływów do części czynnej kolumny filtrowej

- zwierciadło statyczne: 1,83 m p.p.t.
 - zwierciadło dynamiczne: 10,77 m p.p.t.
 - depresja: 8,94 m
 - wydajność odczytana na wodomierzu: ~ 21,0 m^3/h
 - wydajność jednostkowa: 2,80 $\text{m}^3/\text{h}/1\text{mS}$
- Podczas pompowania z wydajnością ~ 25,0 m^3/h zwierciadło wód podziemnych obniżyło się o 8,94 m z 1,83 m na 10,77 m (pomiar rejestratorem ciśnieniowym). To odpowiada wydatkowi jednostkowemu wynoszącemu 2,80 m^3/h na 1 m depresji. Średni właściwy wydatek jednostkowy filtra wynosi 0,3 m^3/h mS na 1 m filtra. Wartości wydatku jednostkowego w przeliczeniu na 1 m filtra dla poszczególnych stref dopływu prezentuje tabela dopływów (Tab. 2). Pomiar położenia zwierciadła wód podziemnych w studni prezentuje rycina 1.
 - Analizując krzywe FLOW.Q-1-1/2 ocenić można, że rozkład wody do filtra jest silnie nierównomierny. Przy wydajności pompowania ~ 25,0 m^3/h objętościowo najwięcej wody do otworu dopływa w dolnym odcinku filtra w interwale ~ 23,7 - 26,2 m (łącznie ~ 83%). Najwyższą właściwą wydajnością jednostkową w przeliczeniu na 1 m filtra charakteryzuje się przy tym strefa ~ 25,9 - 26,5 m, niemal dziewięciokrotnie przekraczając średnią wydajność jednostkową całej części czynnej. Na czas realizacji badań, hydrodynamicznie stosunkowo mało aktywną strefą są górne partie części czynnej w interwale ~ 18,8 - 23,7

m, natomiast odcinek bezpośrednio przy dolnej krawędzi filtra można uznać jako hydrodynamicznie nieaktywny. Jest to spowodowane posadowieniem dolnych partii filtra w obrębie słabo przepuszczalnych glin zwałowych, podścielających warstwę wodonośną.



Ryc. 1. Położenie zwierciadła wód podziemnych w studni nr 13 podczas realizacji badań (dane z rejestratora ciśnieniowego skrócone do czasu realizacji pomiarów dynamicznych)

- Mineralizacja dopływającej wody w dolnych partiach filtra przyjmuje wartości nieco niższe jak te zmierzone w stanie spoczynku, w górnych natomiast dopływają wody o nieco wyższej przewodności. Mineralizacja dopływających wód mieści się w granicach $\sim 435 - 480 \mu\text{S}/\text{cm}$ [25°C]. Do pompy docierają wody zmieszane o wartości mierzonego parametru mieszczącego się w granicach $\sim 460 - 475 \mu\text{S}/\text{cm}$ [25°C].
- Temperatura dopływających wód na całym zmierzonym odcinku wykazuje stałe wartości rzędu $\sim 9,4 \text{ }^\circ\text{C}$.

6 Podsumowanie, uwagi końcowe i zalecenia

- Na podstawie przeprowadzonych badań geofizycznych konstrukcję studni nr 13 należy uznać za nieznacznie odbiegającą od zapisów dostarczonej dokumentacji (zbiorczego zestawienia wyników wiercenia otworu). Poszczególne elementy kolumny (w tym w szczególności górna i dolna krawędź filtra) znajdują się na nieco odmiennie niż projektowa głębokości, a różnica ta wynosi odpowiednio $\sim 0,8 \text{ m}$ i $0,2 \text{ m}$. Może to być częściowo efektem obrania nieco innego punktu odniesienia na czas realizacji robót wiertniczych i badań geofizycznych. Złącza rurowe na głębokościach $\sim 6,8 \text{ m}$, $10,8 \text{ m}$ oraz $14,8 \text{ m}$ wykazują cechy nieszczelności i stanowią przypuszczalne ognisko zapalne dla migracji niepożądanych wód przypowierzchniowych.

- Opis wykształcenia litologicznego górotworu w badanym odcinku został przeprowadzony poprawnie, choć miejscowo nieco mniej szczegółowo. Warstwa wodonośna wykształcona jest w formie piasków drobnoziarnistych, ku spągowi warstwy jednak o wyraźnie podwyższonym wskaźniku zailenia. Na uwagę zasługuje fakt, że strop udokumentowanej warstwy glin pylastych występuje płycej niż zostało to rozpoznane podczas wierceń, co ma bezpośredni związek ze słabą wydajnością w dolnych partiach filtra (patrz rozdz. 5.4.).
- Przestrzeń pierścieniowa na całej długości kolumny filtrowej wypełniona jest w sposób ciągły materiałem sypkim o dość jednorodnej porowatości i miejscowo zmiennej z głębokością gęstości objętościowej. Nie obserwuje się obecności luk w wypełnieniu. Strefą rozdzielającą wypełnienie urobkiem a obsypką filtracyjną jest warstwa compactonitu występująca na poziomie ~ 16,2 - 17,4 m, tj. bezpośrednio pod butem kolumny rur okładzinowych. Zalega ona zatem ~ 2,0 m głębiej w stosunku do przekazanej dokumentacji. Z uwagi na posadowienie jej poniżej bariery utworów słaboprzepuszczalnych (mułków), może nie spełniać swojej funkcji.
- W stanie statycznym obserwuje się pewną strefowość hydrogeochemiczną w obrębie otworu z granicą na poziomie ~ 23,3 m. Strefowość ta jest związana z koncentracją wód o odmiennych parametrach fizykochemicznych (wyższej mineralizacji) w dolnych partiach kolumny. Podczas pompowania mineralizacja dopływających wód mieści się w granicach ~ 435 – 480 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [25°C] a do pompy docierają wody zmieszane o rejestrowanych wartościach ~ 460 - 475 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [25°C].
- Rozkład dopływów wody do filtra jest silnie nierównomierny. Objętościowo najwięcej wody do otworu dopływa w dolnym odcinku filtra w interwale ~ 23,7 - 26,2 m (łącznie ~ 83%). Najwyższą właściwą wydajnością jednostkową w przeliczeniu na 1 m filtra charakteryzuje się przy tym strefa ~ 25,9 - 26,2 m, znacznie przekraczając średnią wydajność jednostkową całej części czynnej. Odcinek przy dolnej krawędzi filtra, posadowiony w obrębie glin pylastych, można uznać za hydrodynamicznie zupełnie nieaktywny.

Analiza dopływu wód obciążonych mikrobiologicznie

- W ogólnej ocenie stwierdza się, że otwór od strony wiertniczej został wykonany poprawnie, jednak położenie poszczególnych elementów konstrukcyjnych (górnej i dolnej krawędzi filtra oraz uszczelnienia łożowego) odbiega nieco od założeń projektowych. Przeprowadzone badania potwierdzają również nieszczelność połączeń poszczególnych odcinków rury nadfiltrowej, przez co nie można wykluczyć migracji wód obciążonych mikrobiologicznie przez złącza położone poniżej statycznego zwierciadła wód podziemnych (na głębokościach ~ 6,8 m, 10,8 m oraz ~ 14,8 m). Dodatkowo uważa się, że zbyt głębokie posadowienie uszczelnienia oraz kolumny rur okładzinowych w stosunku do położenia utworów słaboprzepuszczalnych, może umożliwić migrację wód poza rurami.
- Zamawiającemu w pierwszej kolejności zaleca się likwidację nieszczelności na problematycznych złączach poprzez instalację rękawów uszczelniających wewnątrz orurowania oraz regularną obserwację liczby mikroorganizmów po przeprowadzonych zabiegach. W przypadku pojawienia się znaczących przekroczeń, w drugiej kolejności poddaje się pod rozagę wykonanie zabiegu wtórnego uszczelnienia przestrzeni pierścieniowej pomiędzy kolumnami rur oraz za kolumną rur okładzinowych. Zaleca się przy tym stosowanie materiałów uszczelniających, które z uwagi na wzbogacenie ich składu tlenkami żelaza lub piaskiem cyrkonowym, są łatwe w identyfikacji technikami geofizycznymi (tj. materiałów

gamma- lub magnetoaktywnych, np. Mikolit 300M, Quillon WP, DantoPlug Super M, Wetroneit 51/10).

- Podczas planowania przyszłych wierceń na ujęciu „Odra” zamawiającemu zaleca się przy tym projektowanie wypełnienia przestrzeni pozarurowej na bazie ww. materiałów, instalowanych na całym odcinku pomiędzy stropem obsypki filtracyjnej a powierzchnią terenu (niezależnie od obecności naturalnych przewarstwień o wyższym wskaźniku zailenia). Szczególną wagę należy przy tym przykładać do zapewnienia szczelności nie tylko głównej kolumny rur, ale również piezometru, instalowanego w obrębie obsypki.
- Na podstawie przeprowadzonych badań ocenia się, że otwór studzienny nr 13 jest w stanie technicznym umożliwiającym jedynie warunkowy dalszy pobór wód podziemnych. Zaobserwowano natomiast ponad dwukrotny spadek wydajności jednostkowej w stosunku do okresu realizacji wierceń (5,94 => 2,80 m³/h/1mS). Zamawiającemu w niedalekiej przyszłości zaleca się również prowadzenie w otworze zabiegów regeneracyjnych w celu jego usprawnienia. W wyniku analizy danych z badań przepływomierzem produkcyjnym ocenia się przy tym, że powyższe zabiegi powinny w szczególności objąć górne i środkowe partie filtra, w interwale głębokości powyżej ~ 23,7 m. Podczas ewentualnego prowadzenia powyższych prac należy pamiętać jednak, że filtr ma konstrukcję siatkową, przez co nie powinno się stosować zbyt intensywnych metod renowacji (np. płukania wysokociśnieniowego lub technik chemicznych z zastosowaniem zbyt agresywnych odczynników, o wysokich stężeniach).
- W przypadku podjęcia decyzji o prowadzeniu wyżej wymienionych prac, możliwości techniczne oraz względy ekonomiczne ich realizacji pozostawia się do indywidualnej analizy inwestorowi, w konsultacji z nadzorem geologicznym ujęcia. BLWM Sp. z o.o. zobowiązuje się przy tym do pełnienia stałej funkcji doradczej, w ramach przeprowadzanych w otworze badań i wyników ich interpretacji.

7 Oznaczenia

Objaśnienie stosowanych skrótów dla oznaczenia krzywych pomiarowych w dokumentacji graficznej (zał. 1):

| | | |
|---------|---|---|
| – CAL | : | Profilowanie średnicy, mechaniczny pomiar wewnętrznej średnicy orurowania średnicomierzem 3-ramiennym |
| – DEV | : | Profilowanie krzywizny, odchylenie osi otworu od pionu |
| – GR | : | Profilowanie gamma, pomiar naturalnego promieniowania gamma za pomocą sondy jednodetektorowej, |
| – RADII | : | Defektoskopia rur skanerem akustycznym, obrazowanie płaszczyznowe promieni, |
| – AMP | : | Defektoskopia rur skanerem akustycznym, obrazowanie płaszczyznowe amplitudy fali, |
| – CADI | : | Mapowanie stanu wypełnienia przestrzeni pierścieniowej skanerem akustycznym, współczynnik zaniku tłumienia fali |
| – LL | : | Profilowanie oporności, pomiar sondą sterowaną |
| – IL | : | Profilowanie oporności, pomiar sondą indukcyjną |

- MAL : Profilowanie podatności magnetycznej
- NEUT : Profilowanie neutron - neutron, pomiar rozproszonego promieniowania neutronowego, będącego miarą zawartości wodoru w mierzonym ośrodku
- DENS-S/L : Profil. gamma-gamma gęstościowe, detektor bliski/daleki, Pomiar rozproszonego promieniowania gamma będącego miarą gęstości objętościowej mierzonego ośrodka
- SAL-0-1/2 : Profilowanie przewodności elektr. [25°C], pomiar zerowy w warunkach równowagi hydrostatycznej
- TEMP-0-1/2 : Profilowanie temperatury, pomiar zerowy w warunkach równowagi hydrostatycznej
- FLOW.Q-01/2 : Profilowanie przepływomierzem produkcyjnym, natężenie przepływów pionowych, pomiar zerowy w warunkach równowagi hydrostatycznej
- SAL-1-1/2 : Profilowanie przewodności elektr. [25°C], pomiar podczas pompowania,
- TEMP-1-1/2 : Profilowanie temperatury, pomiar podczas pompowania,
- FLOW.Q-1-1/2 : Profilowanie przepływomierzem produkcyjnym, natężenie przepływów pionowych, pomiary podczas pompowania z określoną wydajnością

8 Dokumentacja przekazana zleceniodawcy

| Lp. | Nazwa dokumentu | Raport nr | Dok. nr |
|-----|--|-----------|---------|
| 1. | Dokumentacja opisowa – orzeczenie geofizyczne p.t. „Wyniki interpretacji badań geofizycznych w studni głębinowej nr 13 na ujęciu wód podziemnych Odra w Świnoujściu” | 1 | 1 |
| 2. | Dokumentacja graficzna – diagram p.t. „Badania geofizyczne w studni głębinowej nr 13 na ujęciu wód podziemnych Odra w Świnoujściu” | 1 | 2 |