

WPŁYW STOPNIA ROZPOZNANIA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH NA PRAWIDŁOWOŚĆ REALIZACJI PROJEKTU ZABEZPIECZENIA SKŁADOWISKA ODPADÓW NA PRZYKŁADZIE SKŁADOWISKA SŁABOMIERZ-KRZYŻÓWKA

EFFECT OF THE EXTENT OF HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS EXPLORATION ON THE CORRECT EXECUTION OF PROTECTION DESIGN EXEMPLIFIED IN THE SŁABOMIERZ-KRZYŻÓWKA LANDFILL

ADRIAN GAŃKO¹, MAGDALENA GAŃKO²

Abstrakt. W artykule przedstawiono i omówiono wpływ przeprowadzonego rozpoznania warunków hydrogeologicznych na poprawność wykonania przesłony przeciwfiltracyjnej składowiska odpadów, a tym samym na poprawę jakości wód podziemnych w jego rejonie. Problematykę stopnia rozpoznania warunków hydrogeologicznych podczas projektowania i wykonania zabezpieczenia składowiska przedstawiono na przykładzie składowiska Słabomierz-Krzyżówka.

Słowa kluczowe: przesłona przeciwfiltracyjna, przekrój hydrogeologiczny, zabezpieczanie składowisk odpadów, ochrona wód podziemnych.

Abstract. In the paper, an effect of the extent of exploration of hydrogeological conditions on the correct execution of a seepage screen of a landfill, aiming to the improvement of groundwater quality in the vicinity of waste disposal site, was analysed. The issue was exemplified in the design and construction of the seepage screen for the Słabomierz-Krzyżówka landfill.

Key words: seepage screen, hydrogeological cross-section, protection of landfill sites, groundwater protection.

WSTĘP

Artykuł powstał w celu przedstawienia wpływu zakresu rozpoznania warunków hydrogeologicznych na skuteczność wykonania zabezpieczenia składowiska odpadów za pomocą przesłony przeciwfiltracyjnej. Zastosowanie tej metody jest możliwe, gdy w podłożu składowiska występują odpowiednie warunki geologiczne (występuje ciągła warstwa słabo przepuszczalna o dużej miąższości). Problematykę zastosowania przesłony przeciwfiltracyjnej przedstawiono na przykładzie składowiska Słabomierz-Krzyżówka. Powszechnie wiadomo, że interpretacja warunków geologicz-

nych na podstawie otworów badawczych odbiega od stanu rzeczywistego. W artykule określono zmienność układu warstw geologicznych na przestrzeni nawet kilku, kilkunastu metrów i wpływ, jaki to wywiera na prawidłowe wykonanie zabezpieczenia składowiska odpadów.

Analizowane składowisko jest położone we wsi Krzyżówka, przy granicy ze wsią Słabomierz (fig. 1), w miejscu starego wyrobiska po eksploatacji piasku. Składowisko powstało w 1970 r. W latach 1970–1992 na składowisku deponowano odpady komunalne i przemysłowe z terenu Żyrardo-

¹ GEOTEKO Projekty i Konsultacje Geotechniczne Sp. z o.o., ul. Wałbrzyska 3/5, 02-739 Warszawa; e-mail: adrian.ganko@geoteko.com.pl

² Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; e-mail: magdalena.ganko@student.uw.edu.pl

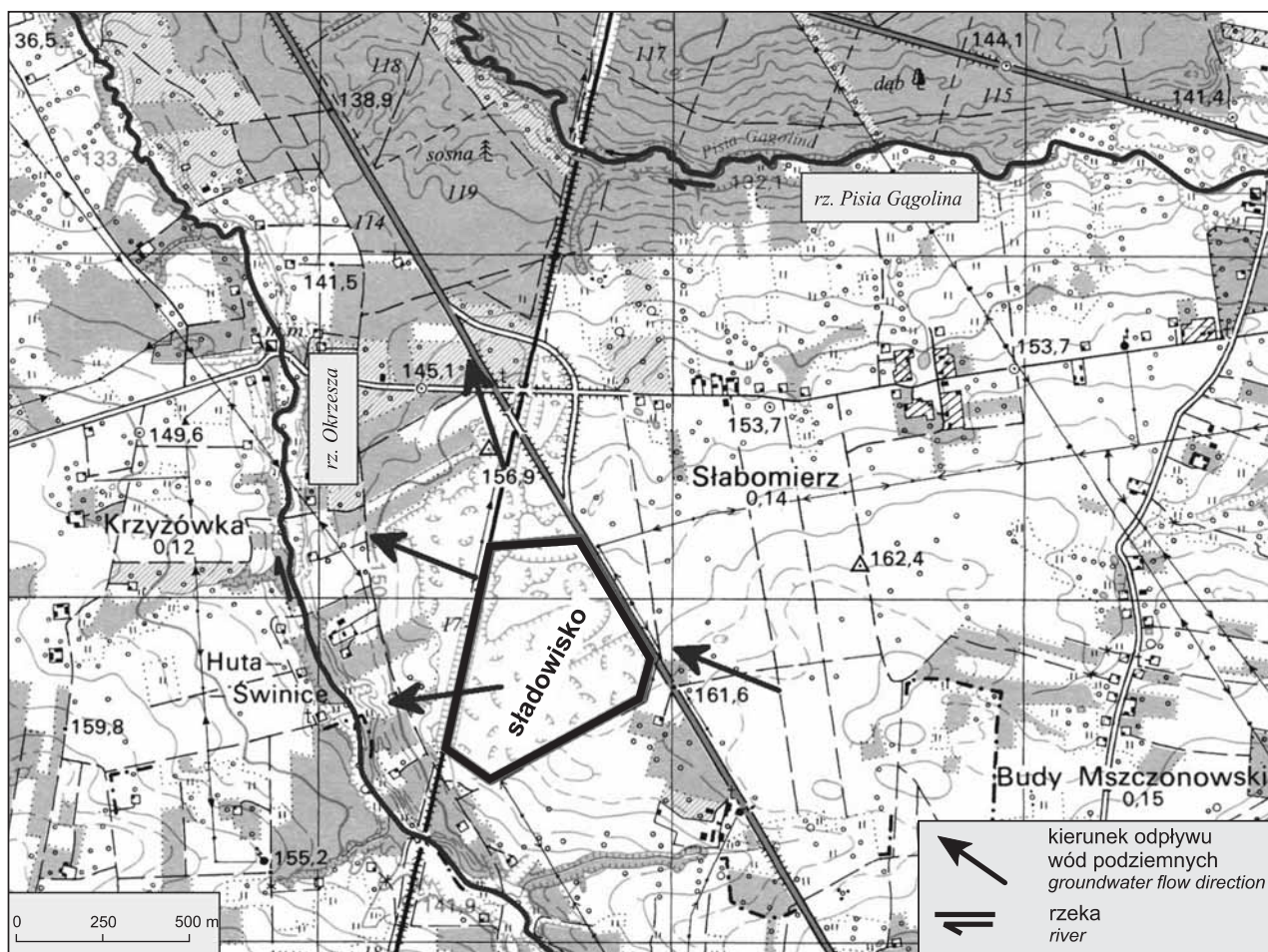


Fig. 1. Lokalizacja składowiska

Location of the landfill

wa, a od 1992 r. odpady komunalne i inne niż niebezpieczne z zakładów przemysłowych.

W kwietniu 2011 r. rozpoczęto prace budowlane związane z modernizacją i rekultywacją składowiska. Dotychczas odcieki ze składowiska ujmowano wyłącznie

drenażem opaskowym, znajdującym się wzdłuż jego północnej i zachodniej skarpy. Istotnym problemem, wymagającym rozwiązania, była całkowita regulacja gospodarki wodno-ściekowej składowiska przez odpowiednio dobrane metody.

ZARYS WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH W REJONIE SKŁADOWISKA

Teren składowiska jest położony na północnym skraju Wysoczyzny Rawskiej, pomiędzy wcięciami erozyjnymi dolin rzecznych Pisi Gagoliny (dopływ Bzury) i Okrzezy (dopływ Pisi) (fig. 1), które determinują kierunek spływu wód powierzchniowych i podziemnych z analizowanego terenu do rzeki Pisi Gagoliny.

Budowę geologiczną w rejonie składowiska opisano na podstawie wykonanych otworów badawczych i sondowań elektrooporowych w zakresie rozpoznania do głębokości 25 m p.p.t. (lokalizacja – fig. 2) oraz przedstawiono na wyinterpretowanym przekroju hydrogeologicznym (fig. 3A). Decydujący wpływ na warunki geologiczne miały procesy struk-

turalnego wypiętrzenia ilów plioceńskich w okresie interglacjału wielkiego oraz procesy akumulacji lodowcowej i wodnolodowcowej, związane z nasunięciem lądolodu w okresie zlodowacenia warty. Na całym terenie znajduje się strop ilów plioceńskich, jedynie w trasie projektowanej przesłony ily stwierdzono tylko we wschodniej jego części. Powyżej ilów leżą gliny zwałowe, lokalnie przewarstwione utworami fluwioglacjalnymi i zastoiskowymi. Na stropie glin miejscami leżą piaski fluwioglacjalne.

W obrębie terenu składowiska występują dwie warstwy wodonośne piętra czwartorzędu. Głębsza warstwa wodonośna znajduje się w serii piasków wodnolodowcowych, pod ciągłą

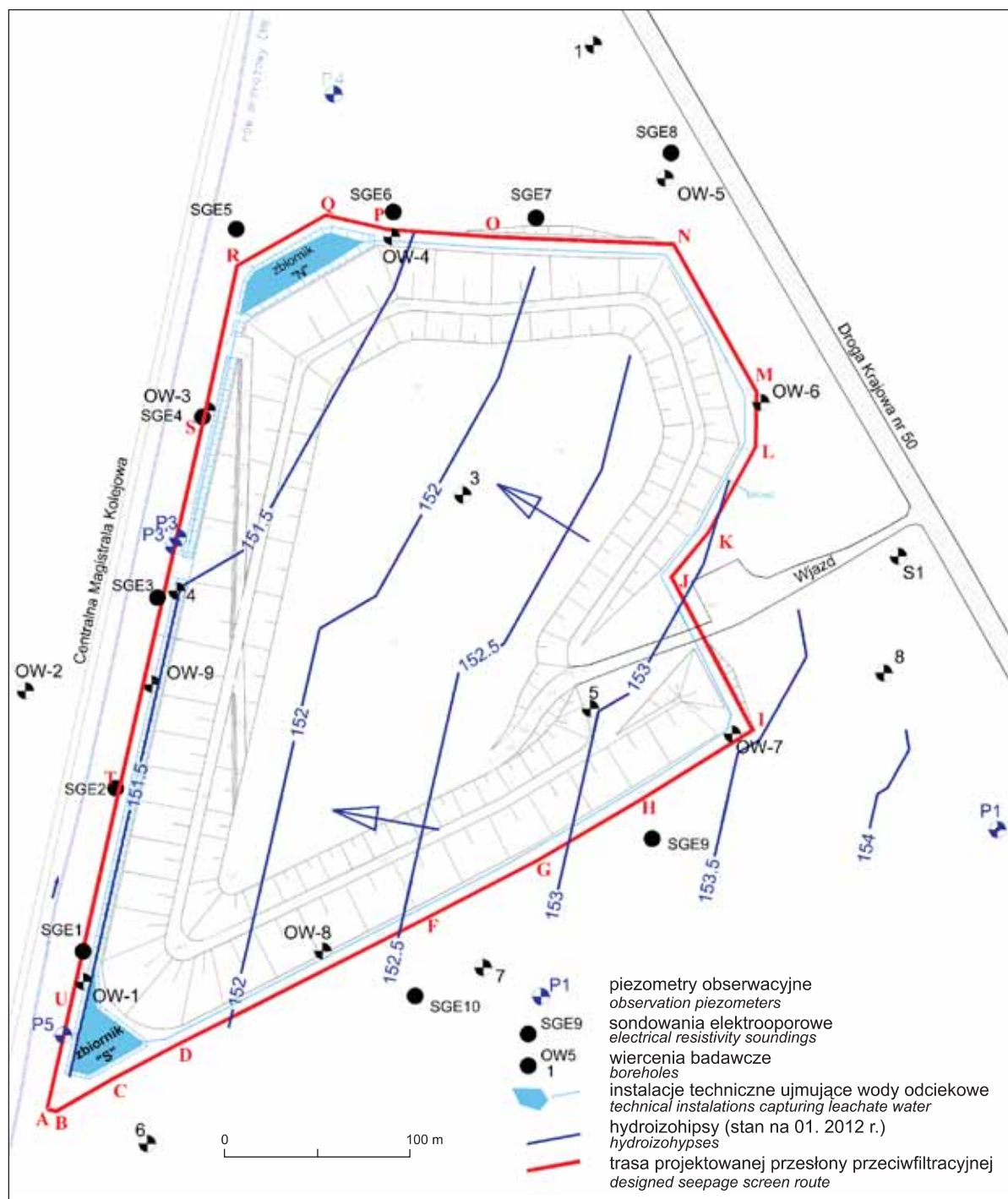
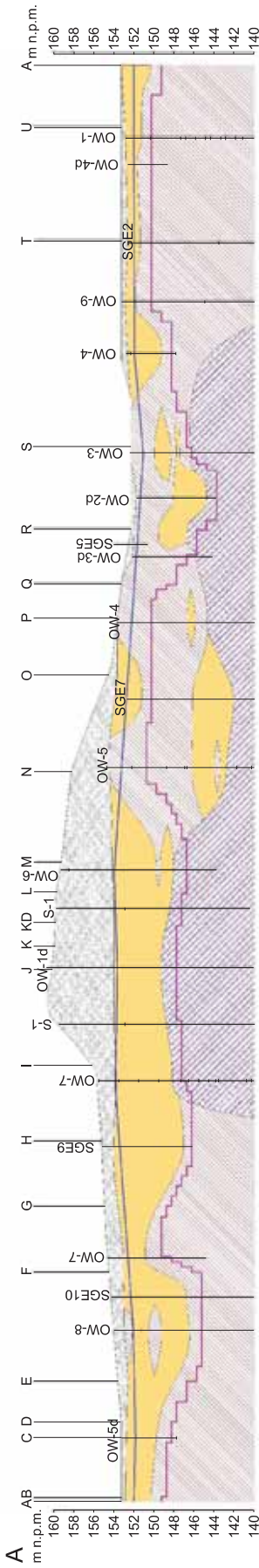


Fig. 2. Mapa dokumentacyjno-hydrogeologiczna

Hydrogeological documentation map

warstwą glin zwałowych. Charakteryzuje się zwierciadłem napiętym nawiercanym na głębokości ok. 17 m p.p.t., stabilizującym się na głębokości ok. 7,5 m p.p.t. Jest izolowana od powierzchni serią słabo przepuszczalnych glin zwałowych o miąższości ok. 15 m. Przypowierzchniowa, nieciągła warstwa wodonośna znajduje się w piaskach leżących na stropie glin zwałowych. Od zachodniej i północnej strony składowi-

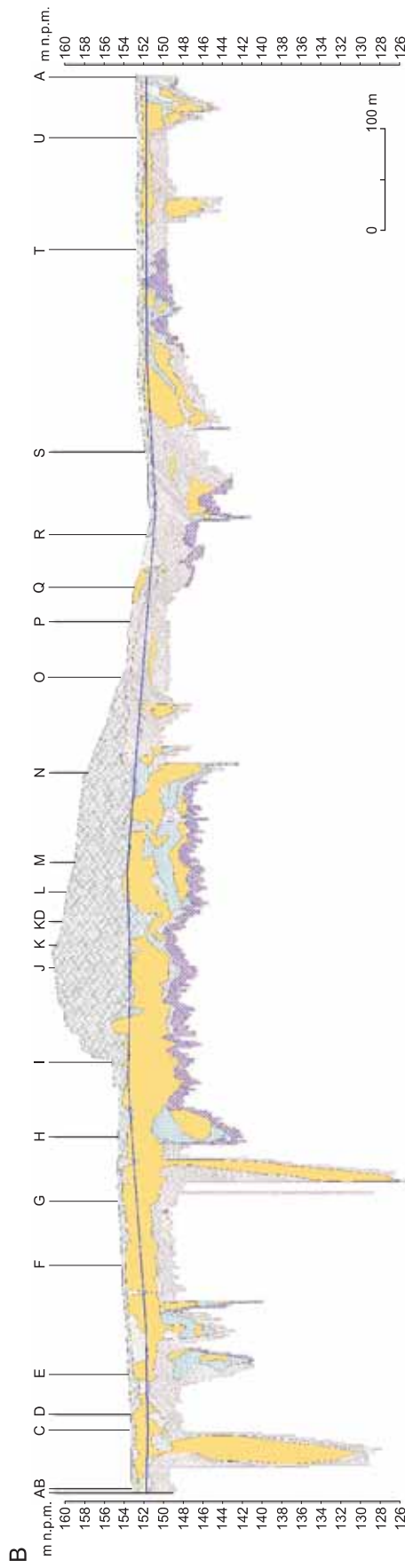
ska piaski, które budują tę warstwę lokalnie zanikają. Jest to poziom wód podziemnych o zwierciadle swobodnym. Lustro wody (nawiercone i ustabilizowane) zaobserwowano w otworach badawczych na głębokości od 0,4 do 2,0 m p.p.t. Kierunek odpływu wód podziemnych przedstawiono na figurach 1 i 2.



A – punkt charakterystyczny przesłony przeciwfiltracyjnej
seepage screen characteristic point

poziom stabilizacji zwierciadła wód powierzchniowych
subsurface water table stabilization level

spąg projektowanej przesłony przeciwfiltracyjnej
designed seepage screen bottom



Utwory, które stanowią barierę dla migracji zanieczyszczeń
Soils being a barrier to the migration of pollutants

- grunty średniościłbe (słabo przepuszczalne), zwłatwe
medium plasticity index cohesive soils (low permeability), moraine clay
- grunty zwięzłostłbe (nieprzepuszczalne), plicocen
high plasticity index cohesive soils (impermeable), pliocene

Utwory, które nie stanowią bariery dla migracji zanieczyszczeń
Soils aren't be a barrier to the migration of pollutants

- grunty antropogeniczne (odpady)
antropogenic soils (waste)
- osady piaszczyste (przepuszczalne)
sandy deposits (permeable)
- grunty małościłbe, zastoiskowe
low plasticity index cohesive soils, dammed
- grunty małościłbe, zwłatwe
low plasticity index cohesive soils, moraine clayey sand

Fig. 3. A. Przekrój hydrogeologiczny na podstawie interpretacji otworów badawczych i sondowań elektrooporowych.
B. Przekrój hydrogeologiczny oparty na ciągłych danych z gębienia przesłony przeciwfiltracyjnej

A. Hydrogeological cross-section based on the interpretation of boreholes and electric resistance sounding.

B. Hydrogeological cross-section based on the data obtained during seepage screen sinking

REALIZACJA PRAC ZABEZPIEZAJĄCYCH NA PODSTAWIE PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

W ramach prac modernizacyjnych wykonano system ujmowania wód opadowych i odciekowych (rowy i drenaże u podnóża składowiska) oraz wykonano otwarte zbiorniki retencyjno-odparowalne, zlokalizowane w północno- i południowo-zachodnim narożu składowiska (fig. 2). Wykonano je wewnątrz terenu ograniczonego przesłoną przeciwfiltracyjną.

Na podstawie punktowego rozpoznania warunków geologicznych (wiercenia badawcze i sondowania SGE) stwierdzono, że w rejonie składowiska Słabomierz-Krzyżówka występują dogodne warunki do wykonania przesłony przeciwfiltracyjnej (praktycznie nieprzepuszczalnej pionowej bariery dla wód podziemnych), która wymaga zagłębienia w gruntach słabo przepuszczalnych (glinach, ilach). Zastosowanie tej metody wynikało z braku uszczelnienia dna składowiska i korzystnych warunków geologicznych – stosunkowo płytkie występowanie w podłożu naturalnej bariery geologicznej, zdefiniowanej w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 24 marca 2003 r. (DzU Nr 61, poz. 549, z późn. zm.). Przesłona przeciwfiltracyjna w połączeniu z ciągłą warstwą gruntów nieprzepuszczalnych tworzy rodzaj szczelnej „wanny” wokół składowiska i zapobiega rozprzestrzenianiu się odcieków na tereny sąsiednie.

Przesłonę przeciwfiltracyjną wykonano w technologii ściany szczelinowej pod osłoną zawiesziny bentonitowo-cementowej (fig. 4). Zawieszina, stabilizująca wykop po stwardnieniu, stanowi przesłonę, która uniemożliwia przepływ wód podziemnych i migrację zanieczyszczeń. Ze względu na izolacyjną funkcję przesłony przeciwfiltracyjnej, o jej jakości decyduje przede wszystkim niska przepuszczalność zastosowanego materiału. Z laboratoryjnych badań filtracyjnych wynika, że przepuszczalność tego materiału po 28 dniach od pobrania próbek wynosi od $8,5 \cdot 10^{-9}$ m/s do $1,9 \cdot 10^{-10}$ m/s (fig. 5).

Podczas głębenia przesłony, na przestrzeni sąsiednich sekcji (średnia szerokość – 2,5 m) stwierdzono wyraźne zmienności głębokości i miąższości gruntów przepuszczalnych oraz stropu glin zwałowych i ilów plioceniskich.

Na opracowanym na podstawie danych z dozoru geologicznego (podczas głębenia przesłony) przekroju hydrogeologicznym o ciągłym rozpoznaniu (fig. 3B) widać jak mocno może odbiegać interpretacja geologiczna, oparta na punktowych badaniach, od rzeczywistego układu warstw. Niektóre z warstw zapadają wręcz pionowo. Mimo, że struktury są tożsame, to lokalna zmienność położenia warstw znacząco odbiega od wyinterpretowanej na przekroju. W trzech miejscach trasy przesłony stwierdzono również tzw. zagłębienia erozyjne, wypełnione utworami piaszczystymi (z zanieczyszczonymi wodami podziemnymi), leżące na stropie glin zwałowych. Krótkie odcinki trasy przesłony, gdzie w podłożu stwierdzono występowanie nieciągłości, rozdzielającej warstwy glin, wykryto dopiero w trakcie pełnienia nadzoru geologicznego na etapie głębenia przesłony. Nie wielka szerokość zagłębienia erozyjnych (od 2 do 5 m) była



Fig. 4. Głębenie przesłony filtracyjnej

Seepage screen execution

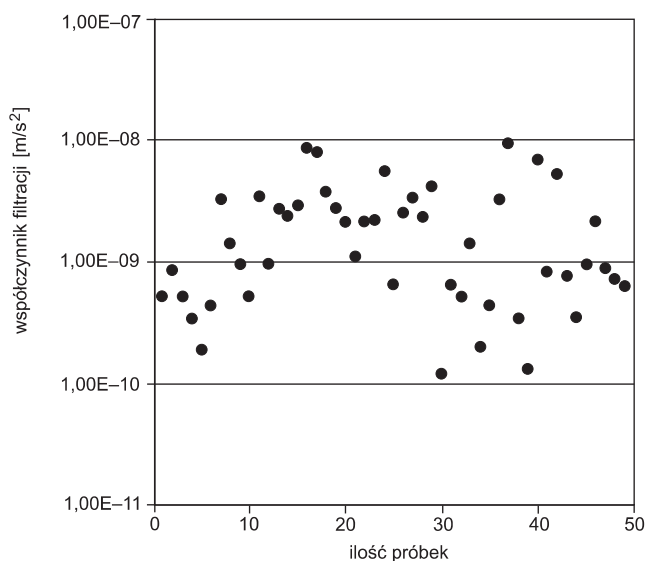


Fig. 5. Wyniki pomiarów współczynnika filtracji dla 50 próbek materiału przesłony filtracyjnej

The results of hydraulic conductivity measurements for 50 samples of the seepage screen material

przyczyną niezidentyfikowania ich na etapie badań geologicznych. Stanowiły one duże zagrożenie dla szczelności przesłony ze względu na swoją małą szerokość, liniowe rozprzestrzenienie (widoczne w narożu południowo-zachodnim) oraz dużą deniwelację spągu utworów piaszczystych, sięgającą nawet 28 m (strefa sekcji GH). Konieczne było pogłębienie spągu przesłony przeciwfiltracyjnej w stosunku do głębokości pierwotnie zaprojektowanej. Niezbędne okazało się również powtórne pogłębienie przesłony na odcinku

już wykonanym, w celu uniemożliwienia wydostawania się zanieczyszczeń z obszaru składowiska na tereny sąsiednie. Zamknięcie przepływu zanieczyszczonych wód podziemnych w obrębie głębokich struktur piaszczystych, spowodowało zwiększenie kosztów wykonania przesłony względem założeń projektowych. Pominiecie tej kwestii podczas prac wykonawczych skutkowało by brakiem szczelności wykonanego zabezpieczenia przeciwfiltracyjnego i tym samym do dalszego pogarszania się jakości wód podziemnych.

ZMIANY ŚRODOWISKA W REJONIE SKŁADOWISKA PO ROZPOCZĘCIU PRAC ZABEZPIELAJĄCYCH

Wokół składowiska odpadów Słabomierz-Krzyżówka są prowadzone badania, monitorujące jakość wód podziemnych pierwszej warstwy wodonośnej. Próbkę wody podziemnej są pobierane z czterech piezometrów – P1, P3', P4 i P5 (fig. 2). Na podstawie zróżnicowanych wyników badań należy stwierdzić, że nie zaobserwowano wyraźnej tendencji zmian chemizmu badanych próbek. Ze względu na wieloletnie oddziaływanie składowiska na środowisko wodno-gruntowe, nastąpiła w nim kumulacja zanieczyszczeń. W ciągu dwóch lat od momentu wykonania przesłony przeciwfiltracyjnej stężenie zanieczyszczeń nie uległo zmniejszeniu w wyniku niewystarczającego przepływu wód podziemnych. Należy zaznaczyć, że ujmowana przez sieć monitoringu warstwa wodonośna jest nieciągła, a w jej obrębie znajdują się lokalne zagłębienia, w których, przy znikomym przepływie, wody te stagnują, co może powodować podwyż-

szenie stężenia zanieczyszczeń przy niskim stanie wody. W początkowym okresie funkcjonowania przesłony, wskutek wzmożonego przepływu wód podziemnych, mogło dojść do uwolnienia zanieczyszczeń, występujących przez wiele lat w środowisku wodno-gruntowym.

Obecnie wody poziomu przypowierzchniowego, znajdujące się poza obszarem składowiska, są całkowicie odizolowane od jego odcieków. Potwierdza to fakt, że na obszarze po wewnętrznej stronie przesłony poziom wody gromadzącej się w rowach, zbiornikach i piezometrach jest wyższy od wskazań piezometrów po zewnętrznej stronie o ponad 2 m.

Po wykonaniu przesłony przeciwfiltracyjnej dopływ boczny (od strony składowiska) odcięto i zasilanie przypowierzchniowej warstwy odbywa się wyłącznie przez opady atmosferyczne. Nadmiar tych wód jest odbierany przez system drenażowy do zbiorników retencyjno-odparowalnych.

PODSUMOWANIE

Przekrój hydrogeologiczny, który powstał na podstawie ciągłego rozpoznania podczas głębinienia przesłony pokazuje jak mocno może odbiegać interpretacja geologiczna, oparta na punktowych badaniach, od rzeczywistego układu warstw oraz jak ważne jest prowadzenie dozoru geologicznego przez doświadczonych geologów. Należy więc z rezerwą traktować przekroje geologiczne powstałe z interpolacji znacznie oddalonych od siebie profili badawczych. Nawet odpowiednio dobrany zakres badań w analizowanym przy-

padku może okazać się niewystarczający do stworzenia szczegółowego modelu budowy geologicznej badanego terenu, przez co wykonanie szczelnej przesłony przeciwfiltracyjnej może być niemożliwe.

W analizowanym przykładzie zwiększenie ilości badań na etapie projektu mogłoby pomóc jedynie w rozpoznaniu kolejnych większych struktur piaszczystych, natomiast nawiercenie wąskich struktur erozyjnych byłoby w zasadzie niemożliwe.

LITERATURA

FOŁTYN P., KODA E., 2012 — Sprawozdanie z nadzoru geologicznego nad wykonaniem przesłony przeciwfiltracyjnej dla II etapu inwestycji pn. Modernizacja i rekultywacja składowiska odpadów Słabomierz-Krzyżówka – sprawozdanie końcowe. GEOTEKO, Warszawa.

FOŁTYN P., TKACZYK A., 2012 — Dokumentacja geologiczna z wykonania piezometrów dla potrzeb monitoringu stanu jakości wód podziemnych wokół składowiska odpadów komunalnych Słabomierz-Krzyżówka, gm. Radziejowice, pow. żyrardowski, woj. mazowieckie. GEOTEKO, Warszawa.

- KODA E., PEJDA K., LASKOWSKI M., 2009 — Projekt budowlany rekultywacji składowiska odpadów Słabomierz-Krzyżówka. GEOTEKO, Warszawa.
- KODA E., PAPROCKI P., KOŁANKA T., SZCZYPIOR J., TKACZYK A., 2008 — Dokumentacja geologiczna określająca warunki hydrogeologiczne oraz stan zanieczyszczenia wód podziemnych wokół składowiska odpadów komunalnych Słabomierz-Krzyżówka, gm. Radziejowice, pow. żyrdowski, woj. mazowieckie. GEOTEKO, Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów (DzU Nr 61, poz. 549 z późn. zm.).
- SZYSZKOWSKI P. (red.), 2000 — Przewodnik. Metody badania i rozpoznania wpływu na środowisko gruntowo-wodne składowisk odpadów stałych. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.

SUMMARY

The Authors analyse the effect of exploration the hydrogeological conditions on the correctness of seepage screen of a landfill realization, aiming to the improvement of groundwater quality in the surroundings of landfill. The difficulties encountered at the performance of seepage screen emphasize the importance of geological supervision carried out by experienced geologists. Insufficient number of test boreholes may result in excessively generalized model of geological conditions of a site. In consequence a tight seepage screen would be impossible to construct. In the analyzed

example, a greater number of boreholes within the design stage would only help in identification of next, greater sand strata, while discovering by drilling of narrow soil erosions still would be difficult to achieve. The continuous geological cross-section elaborated from the drillings clearly shows the discrepancies of geological interpretation based on point-wise tests and the actual sequence of soil layers. Therefore, the geological cross-sections based on the interpolation of test borehole profiles even densely located, should be treated with caution.

