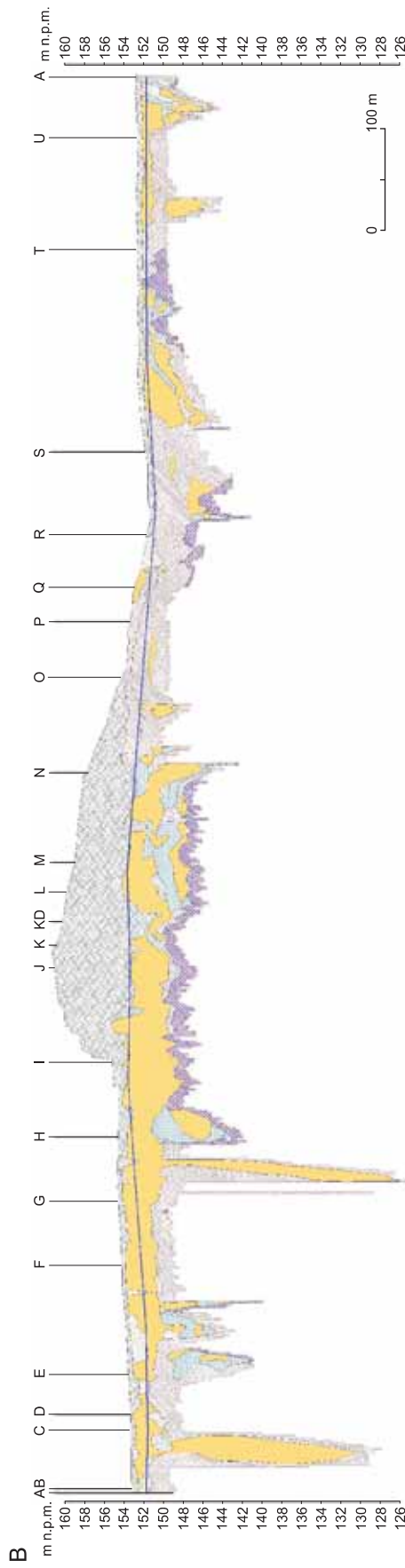


**A** – punkt charakterystyczny przesłony przeciwfiltracyjnej  
seepage screen characteristic point

— poziom stabilizacji zwierciadła wód powierzchniowych  
subsurface water table stabilization level

— spąg projektowanej przesłony przeciwfiltracyjnej  
designed seepage screen bottom



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

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

- grunty antropogeniczne (odpady) antropogenic soils (waste)
- osady piaszczyste (przepuszczalne) sandy deposits (permeable)
- grunty małospoiste, zastoiskowe low plasticity index cohesive soils, dammed
- grunty małospoiste, zwalowe low plasticity index cohesive soils, moraine clayey sand
- grunty średniospoiste (słabo przepuszczalne), zwalowe medium plasticity index cohesive soils (low permeability), moraine clay
- grunty zwiezlospoiste (nieprzepuszczalne), płożone high plasticity index cohesive soils (impermeable), plicene

**Fig. 3. A. Przekrój hydrogeologiczny na podstawie interpretacji otworów badawczych i sondowań elektrooporowych. B. Przekrój hydrogeologiczny oparty na ciągłych danych z głębinia 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

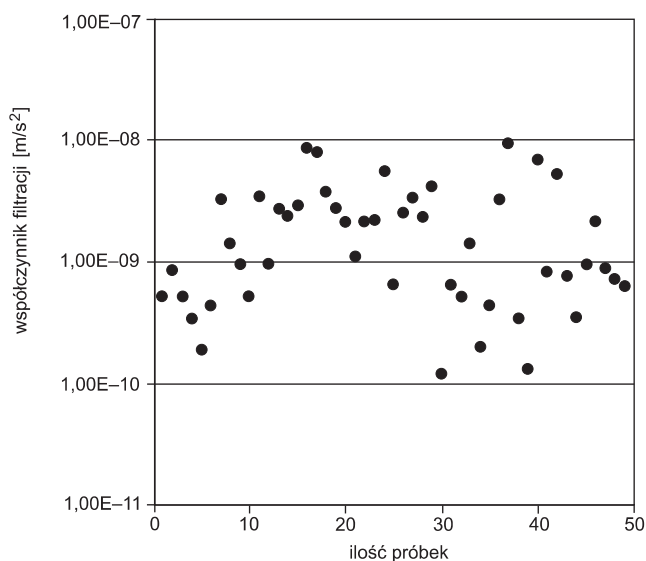


Fig. 5. Wyniki pomiarów współczynnika filtracji dla 50 próbek materiału przesłony filtracyjnej

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. Próbki 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 głębiania 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.