

**Tadeusz Solecki\***

**ZANIECZYSZCZENIE  
PODŁOŻA GRUNTOWEGO I WODY GRUNTOWEJ  
WĘGLOWODORAMI ROPOPOCHODNYMI  
NA TERENIE LOKALIZACJI STACJI PALIW NAFTOWYCH  
W KSIĄŻU WIELKIM\*\***

**1. WSTĘP**

Stacja paliw naftowych w Książu Wielkim jest zlokalizowana na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej, na obszarze jednostki geomorfologicznej zwanej Wyżyną Miechowską Południową. Dominują tu liczne wzniesienia zbudowane z margli kredowych i wydłużone obniżenia tektoniczne zwane padołami. Powierzchnia utworów kredowych w większości przypadków przykryta jest grubą warstwą lessów o grubości do 10 m, w której rozwinęła się sieć wąwozów i parowów.

Działka nr 686/1 położona jest w jednym z padołów o przebiegu NW-SE na rzędnej wysokości od około 259,0 m n.p.m. do około 260,5 m n.p.m. Na podstawie geologicznych materiałów archiwalnych oraz wizji lokalnej terenu stwierdzono, że w budowie geologicznej obszaru, na którym leży Książ Wielki, w strefie przypowierzchniowej biorą udział utwory neogenu i górnej kredy, co wykazuje też mapa geologiczno-gospodarcza Polski [1, 7]. Utwory neogenu wykształcone są jako gliny pylaste, lessopodobne o barwie brązowo-żółtej. Leżące niżej utwory górnej kredy wieku senońskiego wykształcone są głównie jako margle i w rejonie Książa Wielkiego mają miąższość około 300 m.

Środowisko gruntowo-wodne na terenie działki nr 686/1 zostało zanieczyszczone w wyniku prowadzonej działalności usługowej stacji paliw naftowych, polegającej na magazynowaniu i dystrybucji paliw płynnych. Z powodu niekontrolowanego wycieku benzyny z podziemnego zbiornika magazynowego wykonano badania geologiczne i sozologiczne na terenie lokalizacji tego zbiornika i w bezpośrednim jego sąsiedztwie. Badania te wykazały przekroczenie standardów jakości gruntów i wód gruntowych w zakresie węglowodorów aromatycznych, benzyn i oleju mineralnego.

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Kraków

\*\* Artykuł opracowano w ramach badań statutowych

## **2. ZAKRES I WYNIKI PRZEPROWADZONYCH PRAC SOZOLOGICZNYCH**

### **2.1. Zakres prac terenowych i badań laboratoryjnych**

Próbki gruntu i wody podziemnej pobrano z wiertniczych otworów badawczych wykonanych do głębokości 5 m, systemem mechanicznym, bez użycia płuczki wiertniczej, zgodnie z zasadami obowiązującymi przy wierceniu otworów badawczych w celu poboru próbek gruntu [4]. Wszystkie otwory badawcze przekształcono w otwory monitoringowe, a ich konstrukcja umożliwia pobór reprezentatywnych próbek wody podziemnej zgodnie z wymogami określonymi w literaturze [5].

Pobrano 39 próbek gruntu i 8 próbek wody podziemnej, które poddano badaniom na zawartość węglowodorów alifatycznych, węglowodorów aromatycznych, benzyn i oleju mineralnego.

### **2.2. Wyniki badania próbek gruntu i wody**

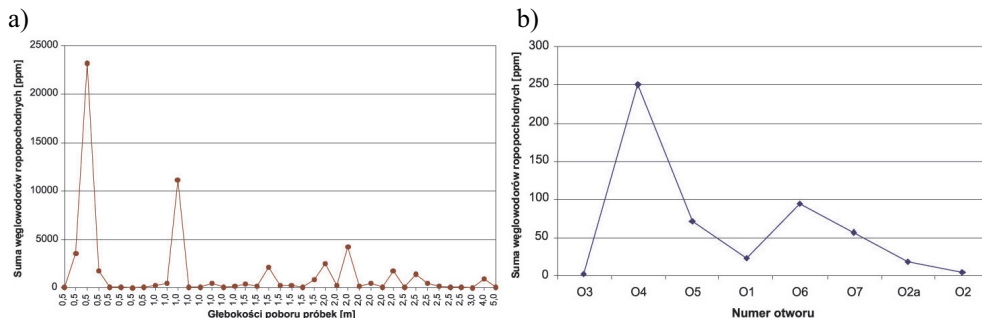
#### **Opis metodyki badań**

Do oznaczenia i analizy ilościowej zanieczyszczeń węglowodorowych w gruntach i wodach gruntowych zastosowano metodykę fourierowskiej spektroskopii w podczerwieni na spektrometrze FTS 165 firmy Bio-Rad Digilab Analytical Instruments w oparciu o normę DIN 38409. Zastosowana metodyka analityczna gwarantuje zachowanie niskowrzących składników węglowodorowych występujących np. w benzynie. Polega ona na ekstrakcji frakcji węglowodorowych przy użyciu czterochloroetylenu, oczyszczeniu ich ze śladowych ilości wody i polarnych węglowodorów, a następnie poddaniu ich promieniowaniu podczerwonemu.

W ilościowym oznaczaniu węglowodorów wykorzystuje się adsorpcję w połączeniu z pomiarem intensywności pasm pochodzących od drgań walencyjnych poszczególnych grup węglowodorów alifatycznych i aromatycznych. Sumaryczne oznaczanie stężenia związków ropopochodnych (TPH) polega na pomiarze absorpcji promieniowania IR, podczas którego niezbędne jest ekstrahowanie próbki gruntu lub wody za pomocą ekstrahenta, który nie może zawierać podobnych połączeń C-H, jakie mają związki zawarte w badanej próbce.

#### **Wyniki badań laboratoryjnych gruntu i wody**

Pobrane 39 próbek gruntu i 8 próbek wody podziemnej poddano badaniom laboratoryjnym na zawartość węglowodorów ropopochodnych z rozdzieleniem na całkowitą sumę węglowodorów, węglowodory alifatyczne i węglowodory aromatyczne oraz benzyny o liczbie węgla 6÷12 i oleje mineralne o liczbie węgla 12÷35. Ze względu na ograniczoną objętość artykułu zrezygnowano z prezentacji wartości liczbowych wszystkich uzyskanych wyników badań. Wyniki badań przedstawiono graficznie w odniesieniu do całkowitej sumy węglowodorów, odpowiednio w próbkach gruntu na rysunku 1a i wody podziemnej na rysunku 1b. Rozmieszczenie próbek wody pobranych z poszczególnych otworów, zilustrowane na rysunkach 2–4, odzwierciedla narastającą głębokość nawiercania zwierciadła wody podziemnej.



**Rys. 1.** Zawartość sumy węglowodorów w próbkach w odniesieniu do miejsca pobrania: a) próbki gruntu; b) próbki wody

W celu przybliżenia charakterystyki zbiorowości generalnej opisanej matrycą zawierającą wyniki pięciu wskaźników w każdej z 39 próbek gruntu i 8 próbek wody w tabelach 1 i 2 zestawiono wybrane parametry statystyczne. Badane wskaźniki to: węglowodory alifatyczne, węglowodory aromatyczne, benzyna ( $C_6-C_{12}$ ), olej mineralny ( $C_{12}-C_{35}$ ) oraz suma węglowodorów.

**Tabela 1**

Zestawienie wybranych parametrów statystycznych – węglowodory w gruncie

Parametr statystyczny	Węglowodory ropopochodne				Suma węglowodorów
	alifatyczne	aromatyczne	benzyna $C_6-C_{12}$	olej mineralny $C_{12}-C_{35}$	
Liczba pomiarów	39	39	39	39	39
Zawartość min., ppm	23,07	0,05	0,15	16,70	26,26
Zawartość maks., ppm	22330,70	869,10	2607,30	20592,50	23199,80
Stosunek zawartości maksymalnej do minimalnej	967,79	17041,18	17041,18	1233,38	883,36
Liczba przekroczeń standardów	brak standardu	9	7	7	brak standardu
Maksymalna krotność przekroczenia:	brak standardu	22,9	13,8	6,9	brak standardu
– w pkt poboru	–	O1	O1	O2a	–
– na głębokości, m	–	2	2	0,5	–
Średnia $X_{\bar{s}}$ , ppm	1441,18	53,14	159,42	1334,90	1494,32
Odchylenie standardowe $S$ , ppm	3928,09	143,74	431,21	3663,87	4061,38
Mediana $M_e$ , ppm	206,62	10,42	31,26	157,90	230,98

**Tabela 2**

Zestawienie wybranych parametrów statystycznych – węglowodory w wodzie

Parametr statystyczny	Węglowodory ropopochodne				Suma węglowodorów
	alifatyczne	aromatyczne	benzyna C <sub>6</sub> –C <sub>12</sub>	olej mineralny C <sub>12</sub> –C <sub>35</sub>	
Liczba pomiarów	8	8	8	8	8
Zawartość min., ppm	2,02	0,96	2,88	0,10	2,98
Zawartość maks., ppm	206,94	43,15	129,44	120,65	250,09
Stosunek zawartości maksymalnej do minimalnej	102,65	44,94	44,94	1256,72	84,03
Liczba przekroczeń standardów	brak standardu	8	8	6	brak standardu
Maksymalna krotność przekroczenia:	brak standardu	431,5	862,9	201,1	brak standardu
– w pkt poboru	–	04	04	04	–
– na głębokości, m	–	2,6	2,6	2,6	–
Średnia $X_{\bar{s}}$ , ppm	52,48	12,72	38,15	27,05	65,19
Odchylenie standardowe $S$ , ppm	67,79	14,28	42,84	40,92	81,66
Mediana $M_e$ , ppm	28,43	8,45	25,34	8,93	40,18

W tabelach podano informacje dotyczące: liczby pomiarów, zawartości minimalnych i maksymalnych badanego wskaźnika, liczby próbek ze stwierdzonym przekroczeniem standardów, miejsca i głębokości poboru próbek ze stwierdzonym przekroczeniem standardów, a także średniej arytmetycznej  $X_{\bar{s}}$ , odchylenia standardowego  $S$  oraz mediany  $M_e$  [8].

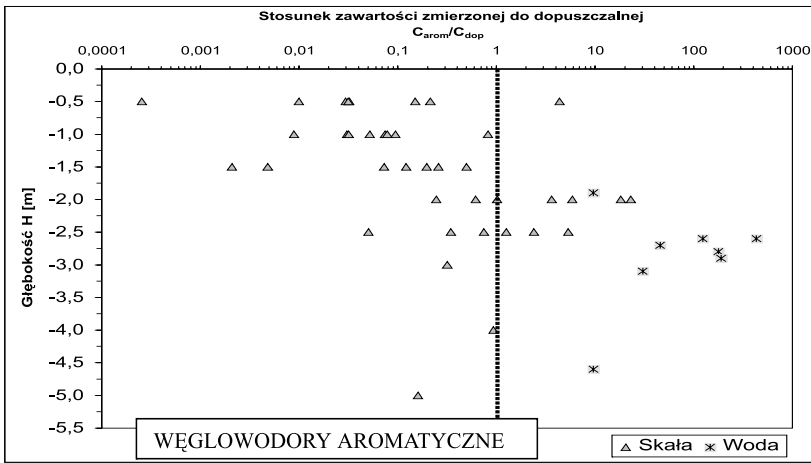
### 3. ODNIESIENIE WYNIKÓW BADAŃ LABORATORYJNYCH DO STANDARDÓW JAKOŚCI

Standardy jakości ziemi w zakresie węglowodorów są ustalone w rozporządzeniu Ministra Środowiska [6], a standardy jakości wody podziemnej są ustalone w wytycznych Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska (PIOS) [3].

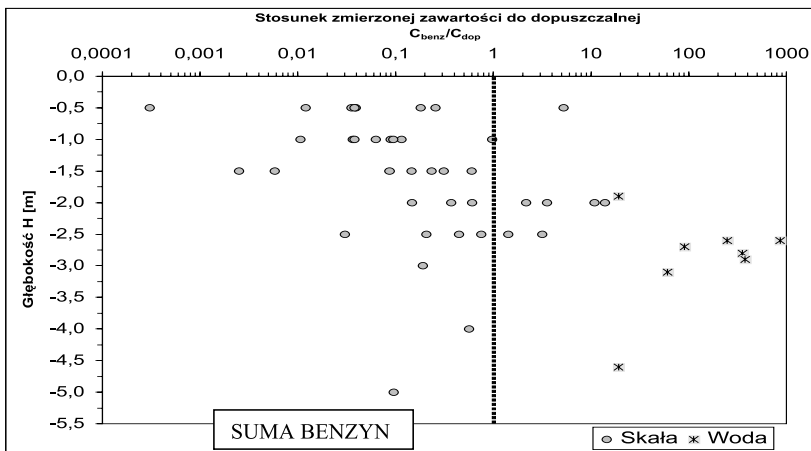
Zakres wykonanych badań sozologicznych oraz ich graficzną interpretację zilustrowano na rysunkach 2–4, na których przedstawiono rozmieszczenie punktów poboru próbek oraz krotność przekroczeń dopuszczalnych zawartości węglowodorów aromatycznych, benzyn (C<sub>6</sub>–C<sub>12</sub>) oraz oleju mineralnego (C<sub>12</sub>–C<sub>35</sub>). Krotność przekroczeń przedstawiono jako iloraz zmierzonych zawartości poszczególnych rodzajów węglowodorów i ich zawartości dopuszczalnych.

Przeprowadzono analizę porównawczą, w której przyjęto standardy dla terenów sozologiczno-urbanistycznych grupy C, ze względu na funkcję, jaką pełni teren badań, oraz ze względu na współczynnik filtracji gruntów większy niż  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s.

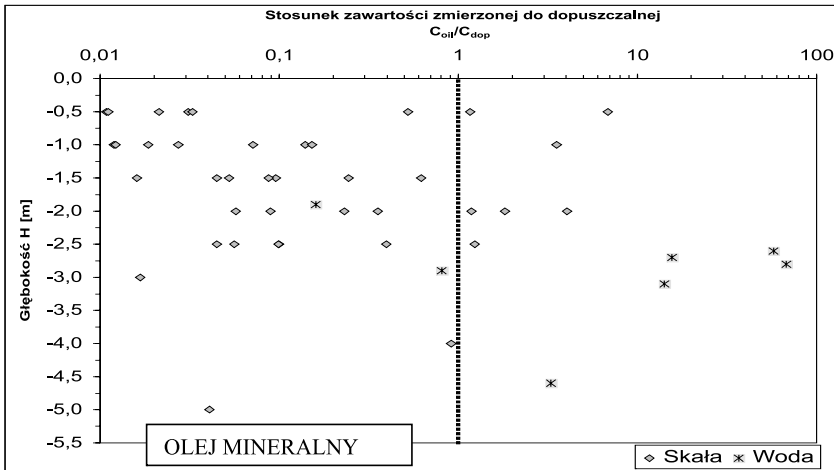
Z analizy rysunków 2–4 oraz mapy rozkładu przekroczeń dopuszczalnych zawartości w wodzie podziemnej przedstawionej na rysunku 5, wynika, że standardy jakości w niektórych badanych próbkach gruntów i wód podziemnych zostały przekroczone. Pionowa linia na rysunkach 2–4 przebiegająca przez wartość liczbową równą 1 stanowi jakościową granicę rozdziału między próbkami. Wszystkie próbki, które znajdują się po lewej stronie tej granicy, nie przekraczają wymaganych standardów, natomiast próbki znajdujące się prawej stronie nie dotrzymują tych standardów.



Rys. 2. Stan środowiska – przekroczenie standardu dla  $C_{aron}/C_{dop} > 1$

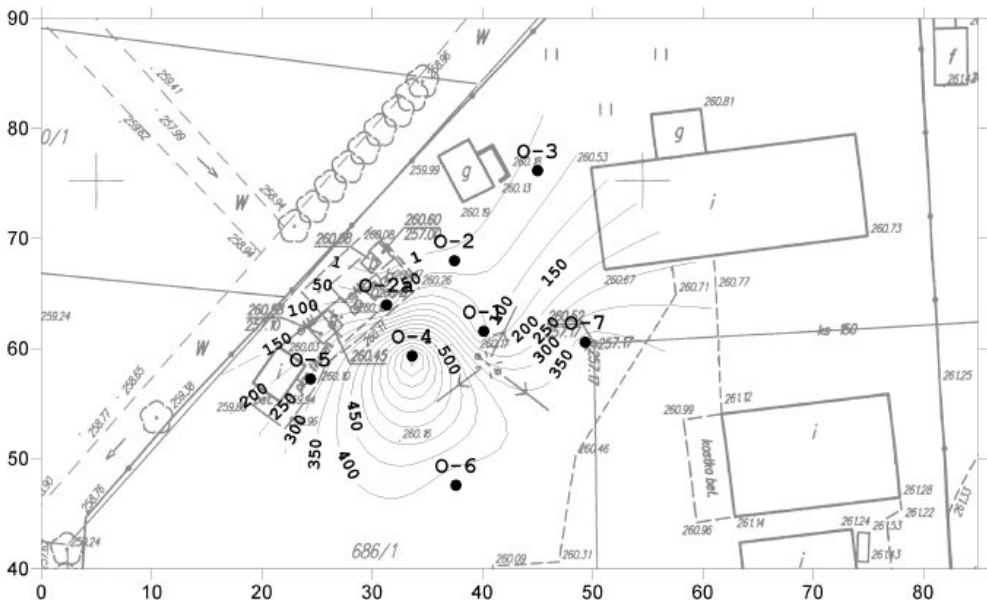


Rys. 3. Stan środowiska – przekroczenie standardu dla  $C_{benz}/C_{dop} > 1$



Rys. 4. Stan środowiska – przekroczenie standardu dla  $C_{oil}/C_{dop} > 1$

W odniesieniu do zagrożeń wód podziemnych przedstawiono na rysunku 5 mapę krotności przekroczeń standardów jakości wody podziemnej, nałożoną na fragment mapy sytuacyjno-wysokościowej terenu badań. Z mapy rozkładu zanieczyszczeń ropopochodnych w wodzie podziemnej wynika, że kulminacja zanieczyszczeń przemieściła się z terenu lokalizacji wycieku w kierunku na SE, gdzie przebiega kanalizacja sanitarna drenująca wodę podziemną.



Rys. 5. Węglowodory w wodzie podziemnej – krotność przekroczenia standardu

#### 4. ANALIZA ZAGROZEŃ DLA ŚRODOWISKA I BEZPIECZEŃSTWA PUBLICZNEGO

Ze względu na stwierdzony przepływ węglowodorów ropopochodnych od miejsca wycieku do kanalizacji sanitarnej problem zagrożeń wynikających z przekroczenia standardów jakości środowiska należy rozważać na tle warunków geologicznych, hydrogeologicznych, hydrograficznych oraz przebiegu podziemnej infrastruktury technicznej.

Na obszarze Książa Wielkiego wody podziemne występują w marglach należących do górnej kredy oraz w utworach neogenu (holocen), które wykształcone są w postaci mułków, piasków i żwirów o małej miąższości. Holocen wypełnia dna dolin małych cieków, w tym również obszar, który bezpośrednio przylega od strony zachodniej do terenu badań.

Działka nr 686/1 znajduje się w obrębie ważnego, głównego zbiornika wód podziemnych, oznaczonego identyfikatorem 409 [2]. Charakterystyczne parametry tego zbiornika są następujące: szacunkowe zasoby dyspozycyjne 325 tys. m<sup>3</sup>/dobę, średnia głębokość ujęć 50÷100 m. Z mapy hydrogeologicznej [9] wynika, że działka 686/1 znajduje się na pograniczu jednostek hydrogeologicznych oznaczonych symbolami 1aCr<sub>3</sub>III oraz 2baCr<sub>3</sub>III, czyli główny poziom użytkowy znajduje się w utworach kredy górnej oznaczonej symbolem stratygraficznym Cr<sub>3</sub>. Typ ośrodka wodonośnego – szczelinowo-porowy. Stopień izolacyjności poziomu użytkowego – brak izolacyjności lub izolacja słaba. Klasa jakości wód Ib – jakość wody dobra, ale może być nietrwała z uwagi na brak izolacji. Woda nie wymaga uzdatniania. Wody poziomu kredowego są wodami szczelinowymi o zwierciadle na ogół swobodnym.

Na działce nr 686/1 stwierdzono wierceniami, że pod warstwą nasypów o przewierconej miąższości 0,6÷1,6 m zalega na części terenu zwietrzelina margli kredowych 0,4÷0,6 m, a na pozostałej części terenu nasypy zalegają bezpośrednio na marglach kredy górnej, nieprzewierconych do głębokości 5 m p.p.t. Na terenie działki nr 686/1 nie występują wody w utworach neogenu. Wody poziomu kredowego mają zwierciadło napięte, które nawiercono na głębokościach 1,90÷4,60 m p.p.t. Zwierciadło wody stabilizuje się na głębokościach 1,70÷2,03 m p.p.t. Rzędne zwierciadła wody podziemnej na terenie badań wynoszą 258,32÷258,48 m n.p.m. Kierunek przepływu wód jest NW-SE. Współczynnik filtracji nie został określony dla terenu badań podczas prowadzonych wierceń z powodu zanieczyszczenia wody podziemnej produktami naftowymi. Współczynniki filtracji margli ustalone w pobliskich studniach wierconych mieszczą się w granicach  $(2,12÷3,30) \cdot 10^{-5}$  m/s.

Z mapy na rysunku 5 wynika, że kanalizacja sanitarna ułożona jest na rzędnej wysokości 257,17 m n.p.m. Analiza rzędnych wysokościowych wody w potoku przepływającym w sąsiedztwie zbiorników paliw oraz rzędnych posadowienia kanalizacji sanitarnej, a także mapy hydroizohips, wskazuje na drenujący charakter kanalizacji sanitarnej na terenie między potokiem a rurociągiem kanalizacyjnym. Taki stan skutkowało przedostaniem się do kanalizacji produktów naftowych i ich migracją rurami kanalizacyjnymi, co stanowiło zagrożenie dla zdrowia (toksyczne pary węglowodorów) oraz życia ludzi (zagrożenie wybuchowe par węglowodorów).

W odniesieniu do zagrożeń wód powierzchniowych należy zwrócić uwagę na to, że głównym ciekim powierzchniowym jest rzeka Nidzica płynąca około 1100 m na południe od terenu badań. Wzdłuż północno-zachodniej granicy działki nr 686/1 płynie potok będący jej lewobrzeżnym dopływem. W odległości około 1300 m na południowy wschód od działki znajduje się duży staw o powierzchni ok. 0,6 km<sup>2</sup>. Odwadnianie poziomów wodonośnych następuje w obrębie dolin rzeki Nidzicy oraz drobnych cieków, które są jej dopływami. W dolinach cieków wody podziemne z utworów kredy i neogenu tworzą jeden wspólny poziom wodonośny, ponieważ nie występuje warstwa izolacyjna między tymi kompleksami skalnymi. W rejonie stwierdza się również związki hydrauliczne między wodami podziemnymi i powierzchniowymi, dlatego istnieje potencjalne zagrożenie wód powierzchniowych spowodowane przez węglowodory ropopochodne wykryte na działce nr 686/1.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że wystąpiła szkoda w środowisku, ponieważ art. 6 pkt. 11 *Ustawy z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie* [10], definiuje szkodę w środowisku jako negatywną, mierzalną zmianę stanu lub funkcji elementów przyrodniczych, ocenioną w stosunku do stanu początkowego, która została spowodowana bezpośrednio lub pośrednio przez działalność prowadzoną przez podmiot korzystający ze środowiska. Szkoda może wystąpić w wodach, mając znaczący negatywny wpływ na stan ekologiczny, chemiczny lub ilościowy wód, lub w powierzchni ziemi, przez co rozumie się zanieczyszczenie gleby lub ziemi, w tym w szczególności zanieczyszczenie mogące stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzi. Zgodnie z art. 9 ust. 2. pkt 2 tej ustawy, w przypadku wystąpienia szkody w środowisku podmiot korzystający ze środowiska jest obowiązany do podjęcia działań naprawczych.

## 5. WNIOSKI

- 1) Na terenie stacji paliw naftowych znajdującej się na działce nr 686/1 w Księżu Wielkim nastąpił wyciek benzyny do gruntu i wód podziemnych użytkowego poziomu wodonośnego.
- 2) Przeprowadzone badania sozologiczne wykazały przekroczenie standardów jakości gruntów i jakości wody podziemnej w zakresie dopuszczalnych zawartości węglodorów aromatycznych, benzyn i olejów mineralnych.
- 3) Ze względu na szczelinowy charakter utworów kredowych budujących podłoże terenu lokalizacji stacji paliw produkty naftowe przepłynęły do kanalizacji sanitarnej obsługującej obiekty usługowe i mieszkalne.
- 4) Obecność benzyny w systemie kanalizacji sanitarnej stanowiła bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi, ze względu na jej toksyczność i wybuchowość par węglodorów ropopochodnych.
- 5) Przeprowadzona analiza warunków geologicznych, hydrogeologicznych, hydrograficznych oraz przebiegu podziemnej infrastruktury technicznej wykazała, że stwierdzone zanieczyszczenie stanowi również zagrożenie dla wód podziemnych użytkowego poziomu wodonośnego oraz dla wód powierzchniowych sieci hydrograficznej Księża Wielkiego.



- 6) Zgodnie z przepisami ustawy o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie stan środowiska gruntowo-wodnego na terenie lokalizacji analizowanej stacji paliw naftowych wymaga podjęcia działań naprawczych.

## LITERATURA

- [1] Gad A., Nowak D.: *Mapa geologiczno-gospodarcza Polski. Arkusz 915 Miechów – skala 1:50 000*. PIG, Warszawa 1999.
- [2] Kleczkowski A. i in.: *Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych*. AGH, Kraków.
- [3] Kościelniak S. i in.: *Wskazówki metodyczne do oceny stopnia zanieczyszczenia gruntów i wód podziemnych produktami ropopochodnymi i innymi substancjami chemicznymi w procesach rekultywacji*. PIOŚ, Warszawa 1995.
- [4] Namieśnik J., Łukasiak J., Jamrógiewicz Z.: *Pobieranie próbek środowiskowych do analizy*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995.
- [5] Nielsen D.M.: *Practical Handbook of Environmental Site Characterization and Ground-Water Monitoring*, 2nd ed. CRC, Taylor & Francis, 2005.
- [6] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi*. Dz. U. Nr 165, poz. 1359.
- [7] Solecki T.: *Dokumentacja geologiczna określająca warunki hydrogeologiczne na terenie stacji paliw płynnych w Książu Wielkim przy ul. Podzamcze*. Archiwum Geologiczne Urzędu Marszałkowskiego, Kraków 2005 (niepubl.).
- [8] Szczepańska J., Kmieciak E.: *Statystyczna kontrola jakości danych wód podziemnych*. Wyd. AGH, Kraków 1998.
- [9] Wagner J., Gajowiec B.: *Mapa hydrogeologiczna Polski. Arkusz 915 Miechów – skala 1:50 000*. PIG, Warszawa 2000.
- [10] *Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie*. Dz. U. Nr 75, poz. 493 z późn. zm.