

WPLYW WARUNKÓW GEOLOGICZNYCH NA MIGRACJĘ ZANIECZYSZCZEŃ W REJONIE SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH

THE INFLUENCE OF GEOLOGICAL CONDITIONS ON THE POLLUTANTS MIGRATION IN THE AREAS OF THE WASTE LANDFILLS.

Hanna Złotoszewska-Niedziątek, Edward Wienclaw

Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych
i Melioracyjnych, Pracownia Hydrogeologii SGGW

Wstęp

Dotychczas, dla potrzeb składowania odpadów komunalnych wykorzystywano generalnie przypadkowe wyrobiska poeksploatacyjne bądź nieużytki rolne. Obiekty te, nie posiadające zabezpieczeń technicznych w podłożu oraz uszczelnień powierzchni, stanowią realne źródło zagrożenia dla środowiska wodno-gruntowego. Powszechny brak systemu kontrolno-pomiarowego uniemożliwia ocenę ich wpływu na otoczenie. Stosowanie obecnie technicznych zabezpieczeń rodzi przeświadczenie, że lokalizacja składowiska może być dowolna z punktu widzenia warunków geologicznych. Wiadomo jednak, że nawet najbardziej zabezpieczone składowisko nie przestaje być groźne dla wód podziemnych. Należy więc, przy wyborze lokalizacji zwrócić szczególną uwagę na takie warunki geologiczne, które optymalnie zabezpiecząby środowisko wodno-gruntowe przed migracją odcieków w przypadku uszkodzeń technicznych. Dlatego też, wydaje się celowe badanie wpływu istniejących składowisk (eksploatowanych i nieczynnych) na stan wód podziemnych w różnych warunkach geologicznych.

W artykule przedstawiono ocenę zanieczyszczenia środowiska wód podziemnych na tle warunków geologicznych i hydrogeologicznych w rejonie składowisk komunalnych „Boża Wola” i „Radzymin” zlokalizowanych na terenie

województwa stołecznego warszawskiego oraz w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Łukowie - w województwie siedleckim (tab. 1)

Tab.1 Wybrane dane omawianych składowisk

Tab.1. Selected data of the waste landfill

Obiekt Object	Lokalizacja morfologiczna Morphological location	Utwory w podłożu składowiska Deposits in the landfill bottom	Kształt składowiska Landfill shape	Powierzchnia składowiska Landfill area [ha]	Wysokość składowiska Landfill height [m]
Boża Wola* - Jabłonna	taras nadzalewowy doliny Wisły terrace of the Vistula valley	piasek i żwir sand and gravel	wyrobisko excavation	0,35	2-4
Radzymin*	Taras Radzyński w dolinie Wisły Radzyński Terrace in Vistula valley	piasek sand	wyrobisko excavation	0,35	3,5 - 4
Składowisko w Łukowie	Wysoczyzna siedlecka Siedlecko-Morągocjan	piasek sand	wyrobisko excavation	5,3	10-12

* składowiska nieeksploatowane od 1992 r., brak rekultywacji, obiekty przykryte są cienką warstwą ziemi.

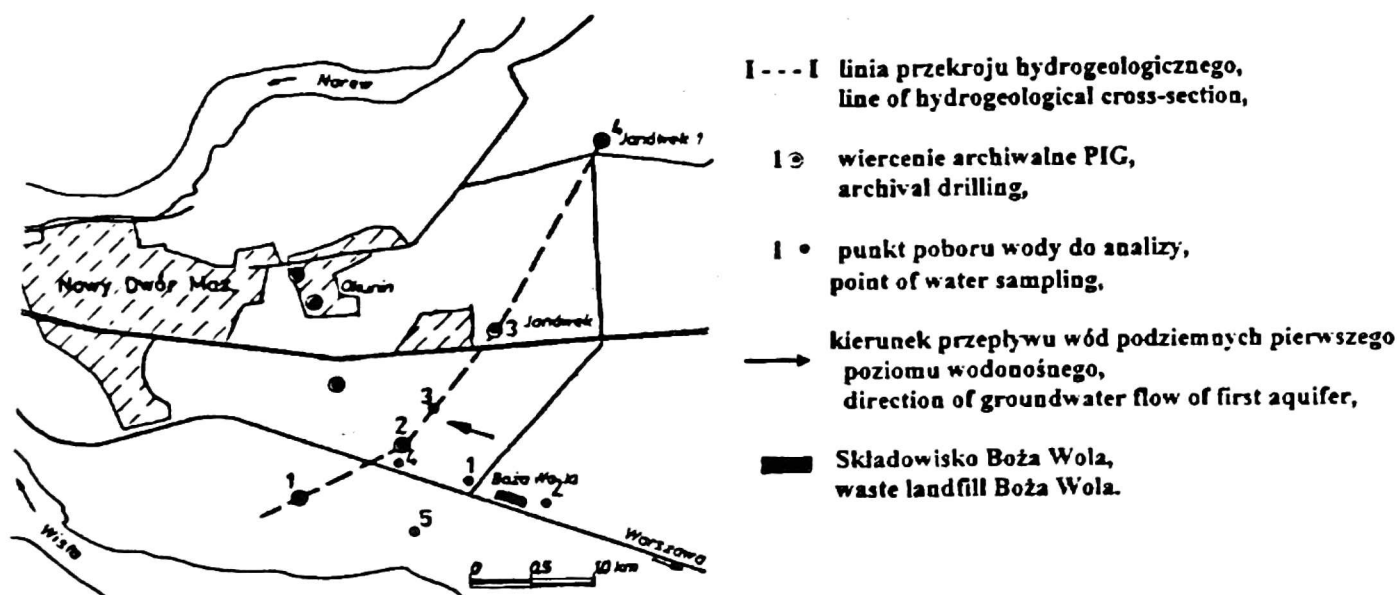
Analizowane składowiska od połowy lat siedemdziesiątych użytkowane były (składowisko w Łukowie nadal jest użytkowane) jako dzikie wysypiska i wylewiska. Obiekty te nie mają dokumentacji formalno-prawnych dotyczących lokalizacji a tereny zajęte pod składowiska nie były uprzednio zbadane pod względem geologicznym, hydrogeologicznym czy geotechnicznym. Analizowane składowiska nie mają jakichkolwiek zabezpieczeń technicznych spełniających wymagania ochrony środowiska wód podziemnych.

Warunki geologiczne i hydrogeologiczne w rejonie badań

Na podstawie materiałów archiwalnych (Materiały PIG) i publikowanych: Malinowski i inni (1991), Nowak (1978), Sarnacka (1979), wyróżnić można w rejonie składowisk dwa piętra wodonośne: trzeciorzędowe i czwartorzędowe. Piętro czwartorzędowe izolowane jest od niżej leżących wód podziemnych występujących w utworach trzeciorzędowych kilkudziesięciometrowym kompleksem ilów pliczeńskich oraz kilkumetrową warstwą gliny zwałowej. Z punktu widzenia wpływu ocenianych składowisk na wody podziemne najistotniejsza jest charakterystyka utworów czwartorzędowych i związanych z nimi poziomów wodonośnych. Miąższość utworów czwartorzędowych uzależniona jest od ukształtowania zaburzonej

glacitektonicznie powierzchni stropowej osadów trzeciorzędowych i wynosi średnio: w rejonie Bożej Woli 45 m, w Radzyminie 75 m, w Łukowie 46 m.

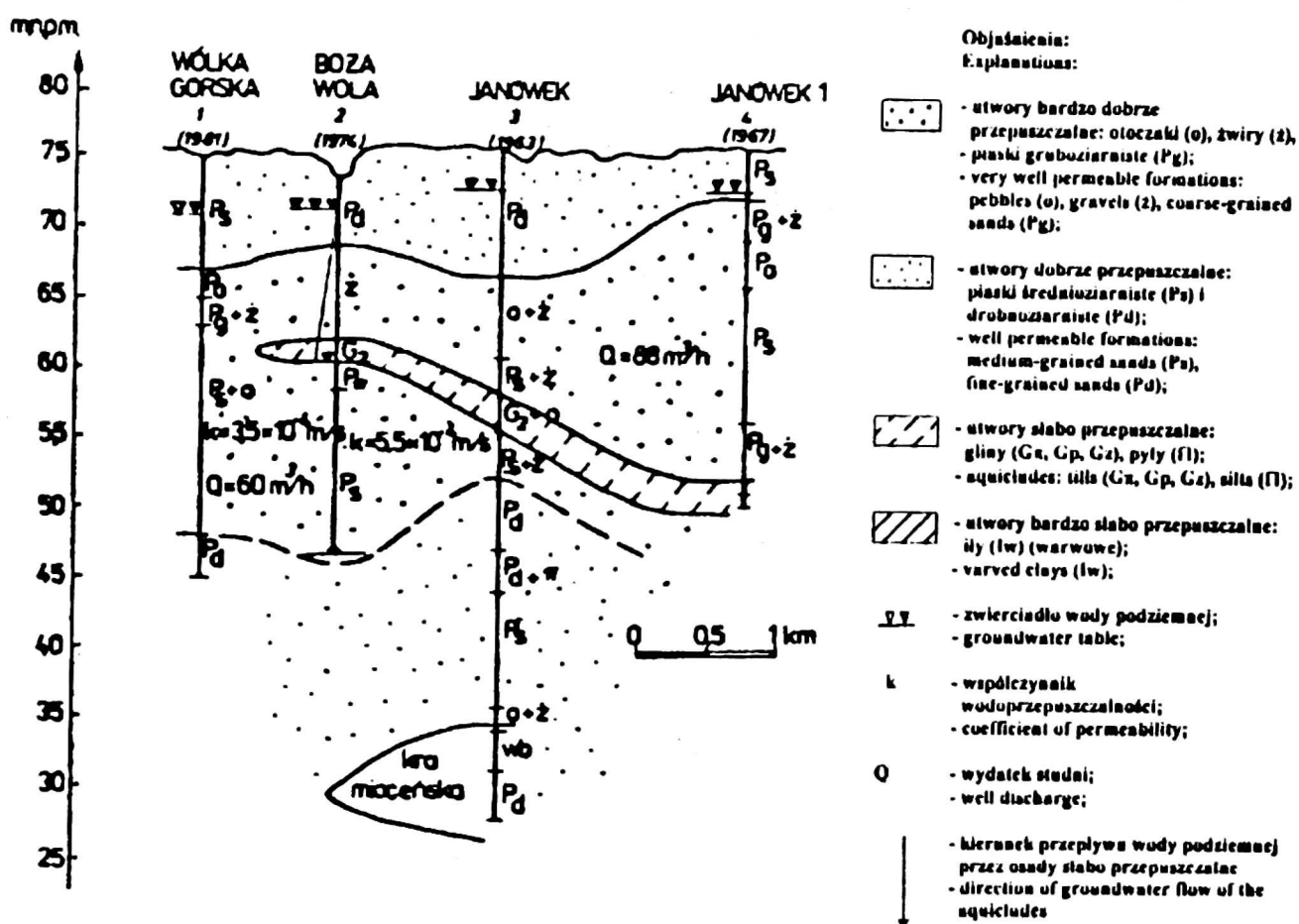
Składowisko „Boża Wola” (rys.1) zlokalizowane jest przy trasie Warszawa-Jabłonna-Nowy Dwór Mazowiecki w wyrobisku po piasku i żwirze na tarasie nadzalewowym Wisły z okresu zlodowacenia Wisły. Powierzchnia tarasu w rejonie obiektu leży na wysokości 76-77 m n.p.m. Składowisko znajduje się na obszarze międzyrzecza Wisły i Narwi.



Rys. 1. Lokalizacja punktów badawczych w rejonie składowiska „Boża Wola”
Fig. 1. Location of the test point in the area of „Boża Wola” waste landfill

Pierwszy poziom wodonośny w rejonie składowiska zbudowany jest z piasków i żwirów o miąższości od kilkunastu do około 40 metrów (rys.2). Utwory te charakteryzują się wartościami współczynnika wodoprzepuszczalności k od $1,6 \cdot 10^{-4}$ do $5,5 \cdot 10^{-4}$ m/s. Wydatek pojedynczych otworów eksploatacyjnych waha się od 30 do 88 m³/h. Wydatki jednostkowe kształtują się od 9 do 30 m³/h/1mS. Zwierciadło wody pierwszego poziomu wodonośnego jest swobodne i leży na głębokości 3-5 m p.p.t. Kierunek przepływu wód podziemnych w rejonie składowiska jest w przybliżeniu równoległy do brzegu Wisły, przy czym w północno-zachodniej części międzyrzecza odchyła się w stronę Narwi (Złotoszewska-Niedziałek 1996). Doliny Wisły i Narwi stanowią naturalną strefę drenażu pierwszego poziomu wodonośnego, który zasilany jest bezpośrednio z opadów atmosferycznych. Poniżej pierwszego poziomu wodonośnego występują osady słabo przepuszczalne wykształcone w postaci piasków gliniastych, gliny zwałowej, ilów o miąższości 2-3 m, które nie tworzą kompleksu o ciągłym rozprzestrzenieniu. Drugi poziom wodonośny buduje seria piaszczystych utworów o miąższości od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów, których współczynnik wodoprzepuszczalności wynosi $2,3 \div 4,9 \cdot 10^{-4}$ m/s. Wydatek

pojedynczych otworów eksploatacyjnych jest rzędu $120 \text{ m}^3/\text{h}$. Zwierciadło wody stabilizuje się na rzędnych zbliżonych do położenia zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego.



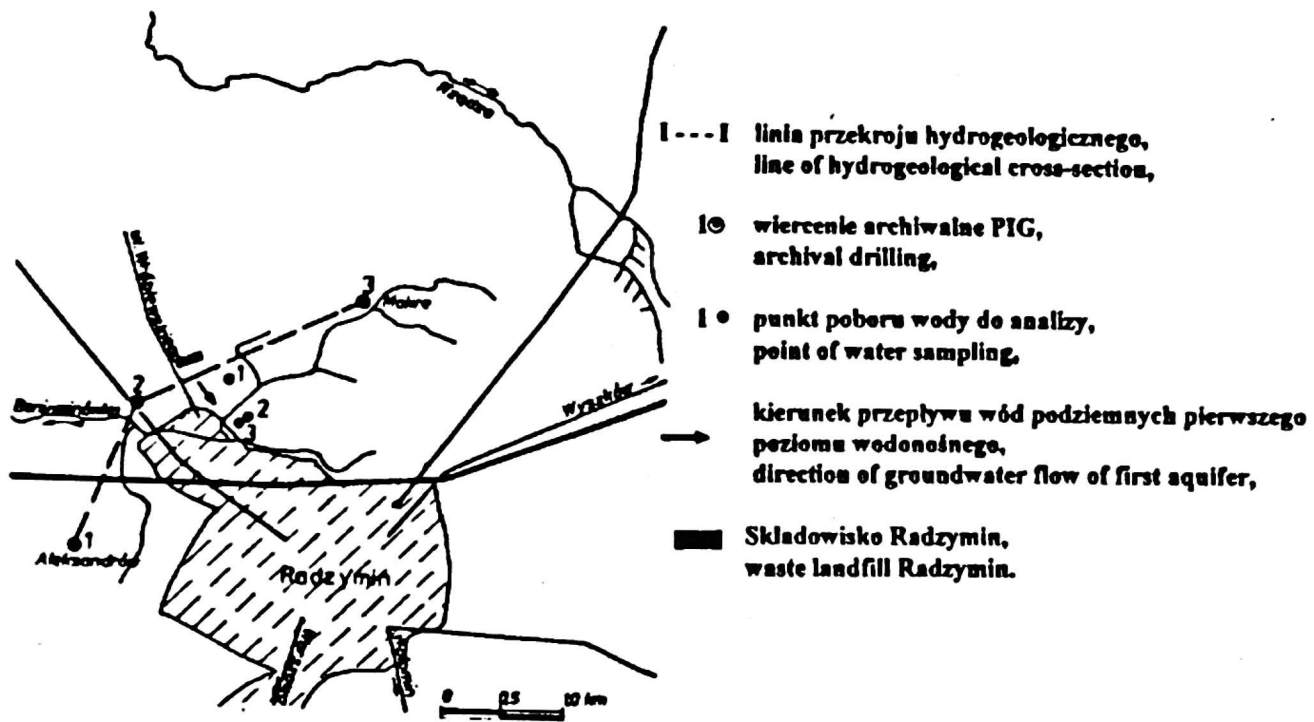
Rys.2. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny przez taras nadzalewowy
Fig.2. Simplified hydrogeological cross - section through overflood terrace

Składowisko „Radzymin” zlokalizowane jest na północny-zachód od centrum miasta, w wyrobisku po piasku wydmyowym (rys.3). Obiekt leży na Tarasie Radzyminskim - równinie zastoiskowej związanej z okresem transgresji lądolodu Wisły, w który wcięta jest dolina Wisły. Jest to stosunkowo płaski obszar, miejscami nadbudowany wydmyami, którego wysokości bezwzględne są rzędu 85-90 m n.p.m. Taras w omawianym rejonie odwadniany jest za pośrednictwem drobnych strug i rowów melioracyjnych przez rzekę Rządę. Ten niewielki ciek płynie w szerokiej i podmokłej dolinie, w odległości 3,5 km od składowiska, ku zachodowi z niewielkim odchyleniem ku północy i uchodzi do Zalewu Zegrzyńskiego. Analizowany obszar należy uznać za nadmiernie uwilgotniony, czego przyczyną jest płytkie zaleganie ilów warwowych i niewielki spływ powierzchniowy spowodowany małymi spadkami.

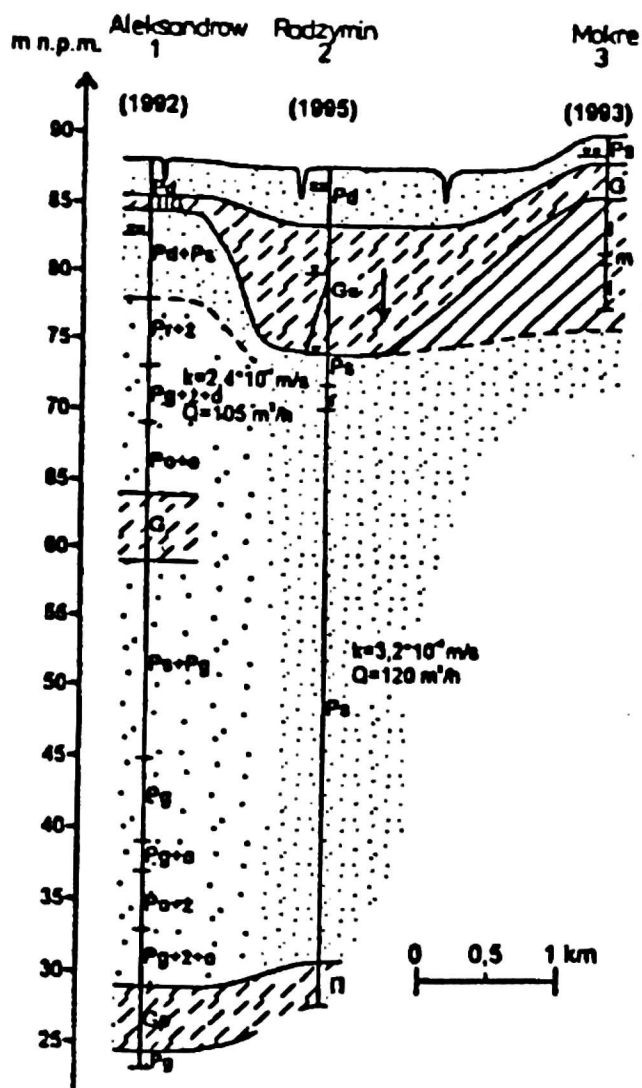
W rejonie składowiska „Radzymin” pierwszy poziom wodonośny budują piaski o miąższości $2 \div 5$ m. Zwierciadło ma charakter swobodny i leży na głębokości $1 \div 2,5$ m p.p.t. Lokalny kierunek przepływu wód podziemnych jest z północnego-zachodu na południowy-wschód. Dolina rzeki Rządzy wraz z siecią rowów stanowi naturalną strefę drenażu zanieczyszczonego pierwszego poziomu wodonośnego.

Poniżej występują iły warwowe o miąższości od 1 do 15 m, średnio 6-10 m (rys.4). Osady te nie tworzą ciągłego kompleksu, występują w nim przewarstwienia piaszczyste, które umożliwiają kontakt hydrauliczny pomiędzy poziomami wodonośnymi. Drugi poziom wodonośny budują piaszczysto-zwirowe utwory o miąższości średnio 40 m. Osady te charakteryzują się wartościami współczynnika wodoprzepuszczalności $k = 1,4 \div 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. Wydatek pojedynczych otworów waha się od 30 do 120 m³/h. Zwierciadło wody wykazuje niewielkie napięcie i stabilizuje się na głębokości od 4-7 m p.p.t., poniżej zwierciadła pierwszego poziomu. W rejonie składowiska istnieje współzależność pomiędzy poziomami wodonośnymi polegająca na przesączaniu się wody z góry w dół i zasilaniu głównego użytkowego poziomu wodonośnego wodami gruntowymi.

Składowisko odpadów komunalnych w Łukowic zlokalizowane jest 6 km na południe od centrum miasta, w pobliżu wsi Świdry. Jest to teren wysoczyzny pokryty przez utwory lodowcowe zlodowacenia środkowopolskiego. Obszar składowiska i terenów przyległych jest monotonną równiną obniżającą się z północy (od 165-167 m n.p.m.) na południe (do 158-160 m n.p.m.) w stronę doliny rzeki Samicy i jej dopływów. Sytuację geologiczną składowiska dokumentują profile otworów geologicznych (rys.5). Przypowierzchniową część osadów czwartorzędowych stanowi warstwa utworów piaszczystych o miąższości od 1 do 12 m, reprezentowana przez piaski drobnoziarniste, przewarstwione piaskami pylastymi i gliniastymi. W części stropowej tej warstwy przeważają piaski pylaste i pyły piaszczyste, natomiast w części spągowej piaski gliniaste. Współczynnik wodoprzepuszczalności osadów, obliczony na podstawie ich uziarnienia wynosi $k=3,4 \cdot 10^{-5} \div 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, a porowatość efektywna $n_e=0,4$. Osady są częściowo zawodnione i stanowią pierwszy od góry poziom wodonośny (wody gruntowe) o swobodnym zwierciadle wody, zalegającym na głębokości od 2,5 m p.p.t. (157,8 m n.p.m.; st.3) do 4,5 m p.p.t. (161,2 m n.p.m.; st.8). Przepływ wód gruntowych odbywa się generalnie z północy na południe. Spadek zwierciadła wody wynosi $i = 0,0037 \div 0,0045$. Pod osadami piaszczystymi występuje glina zwałowa, w części stropowej stanowiąca pozostałość lądolodu najstarszego ze zlodowaceń środkowopolskich, głębiej - najmłodszego ze zlodowaceń południowopolskich. Miąższość kompleksu glin zwałowych wynosi od 6,7 m do 17,5 m. Wyniki badań uziarnienia pozwoliły sklasyfikować gliny zwałowe jako glinę piaszczystą, charakteryzującą się współczynnikiem wodoprzepuszczalności $k=2,3 \cdot 10^{-9} \div 3,3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ (Garbulewski i Wienclaw 1996). Obliczona efektywna porowatość glin wynosi $n_e=0,28$. Poniżej warstwy glin zwałowych występują utwory piaszczyste (piaski drobno-, średnio- i gruboziarniste) o miąższości 16 m. Na podstawie badań metodą próbnego pompowania stwierdzono (Materiały PIG), że osady tej warstwy charakteryzują się współczynnikiem wodoprzepuszczalności $k=2,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$. Utwory te są zawodnione i



Rys.3. Lokalizacja punktów badawczych w rejonie składowiska „Radzymin”
Fig.3. Location of the test points in area of „Radzymin” waste landfill



Rys.4. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny przez Taras Radzyński
(objaśnienia jak na rys.2)
Fig.4. Simplified hydrogeological cross-section through Radzyński Terrace
(explanations as in Fig.2)

stanowią poziom wód wglębnych, będących głównym źródłem wody dla mieszkańców i zakładów przemysłowych pobliskich miejscowości. W rejonie składowiska zwierciadło piczometryczne poziomu wód wglębnych stabilizuje się na wysokości 1-2,5 m poniżej zwierciadła wód gruntowych. Według Knyszyńskiego (1988) taka sytuacja hydrogeologiczna na obszarach wysoczyzn okolic Łukowa świadczy o przesączaniu się wody poprzez gliny zwałowe i zasilaniu poziomu podglinowego wodami poziomu nadglinowego. Maksymalna prędkość przesączania wody poprzez gliny, obliczona przy założeniu zgodności z prawem Darcy'ego wynosi $U = 1,3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$.

Warunki migracji zanieczyszczeń

Najważniejszymi cechami świadczącymi o zanieczyszczeniu wód jest podwyższona mineralizacja, twardość, utleniałość oraz podniesiona zawartość jonów Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- , związków azotu, żelaza, substancji organicznej i inne (Macioszczyk 1987). Z analizy materiałów archiwalnych oraz badań uzyskanych przez autorów (Garbulewski i Wienclaw 1992, Złotoszewska-Niedziałek 1996, 1998) wynika, że wody podziemne w omawianych rejonach zawierają makroskładniki w ilościach świadczących o ich antropogenicznym zanieczyszczeniu.

W rejonie składowiska „Boża Wola” brak naturalnych barier na drodze przenikania wód infiltracyjnych i odcieków powoduje, że migracja odbywa się bez przeszkód (por. rys.2). Dla badanego schematu hydrogeologicznego kierunek migracji zanieczyszczeń jest zgodny z kierunkiem strumienia wód podziemnych. Przeprowadzone analizy wykazują, że wody w studniach: 3,4,5 (rys.1) zawierają jony: Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Na^+ w ilościach świadczących o ich antropogenicznym zanieczyszczeniu. Analizując wyniki badań jakości wody pod względem jej przydatności do celów pitnych i na potrzeby gospodarcze stwierdzono, że w studni nr 1 ujmującej wodę z głębokości 25 m została przekroczona norma dotycząca ogólnej mineralizacji (800 mg/dm^3). Zawartość amoniaku jest 3-krotnie wyższa od dopuszczalnej ($0,5 \text{ mg N/dm}^3$) a żelaza 10-krotnie ($0,5 \text{ mg Fe/dm}^3$). W studni nr 3 ujmującej wodę z głębokości 10 m przekroczona została norma dotycząca ogólnej mineralizacji. Zawartość azotanów jest 1,5-krotnie wyższa od dopuszczalnej (10 mg N/dm^3) a siarczanów 1,5-krotnie przekracza wartość dopuszczalną ($200 \text{ mg SO}_4/\text{dm}^3$). W studni 2 i 4 przekroczone są normy dotyczące zawartości azotanów i tylko w studni nr 5 wartości wskaźników hydrochemicznych nie przekraczają wartości dopuszczalnych.

W rejonie składowiska Radzymin od powierzchni terenu zalegają utwory przepuszczalne o niewielkiej miąższości. Stanowią one drogę przepływu zanieczyszczeń w płytkim systemie krążenia lokalnego na podłożu słabo przepuszczalnym. Wody po czasowym zretencjonowaniu częściowo są drenowane przez rzekę Rządę częściowo przesączają się do poziomu użytkowego. W próbkach wody pobranych z pierwszego poziomu wodonośnego (studnie 1 i 2 na rys. 3) badania fizyko-chemiczne wykazały, że została przekroczona norma dotycząca ogólnej mineralizacji i twardości ogólnej

(500 mg CaCO₃/dm³). Zawartość azotanów jest prawie 2-krotnie wyższa od wartości dopuszczalnej i siarczanów 1,5-krotnie. Należy podkreślić, że przed rozpoczęciem eksploatacji składowiska wody pierwszego poziomu wodonośnego były źródłem zaopatrzenia dla miejscowej ludności. Oceniając wodę poziomu użytkowego (studnia nr 3 ujmująca wodę z głębokości 20 m) pod względem jej przydatności do celów wskaźników hydrogeochemicznych: żelaza (25-krotnie), manganu (3,5-krotnie) i amoniaku (2-krotnie).

W rejonie składowiska w Łukowie, podobnie jak w rejonie składowiska „Radzymin”, w strefie przypowierzchniowej występują utwory przepuszczalne o niewielkiej miąższości, stanowiące ośrodek migracji zanieczyszczeń lokalnego systemu krążenia wód podziemnych. W próbkach wody pobranych z poziomu wód gruntowych (studnie: 1, 2 i 7 na rys.5) stwierdzono, że przekroczone zostały następujące parametry wody: barwa, mangan, chlorki, amoniak, azotany, siarczany i ogólna mineralizacja. Zanieczyszczenia migrują także do warstwy glin zwałowych. Wyniki badań próbek gliny pobranych z otworu wiertniczego (OW-4) wykazały wyraźny wzrost zawartości kationów sodu i anionów siarczanowych oraz chlorkowych do głębokości przekraczającej 8,5 m p.p.t., co wskazuje na proces zasolenia glin w podłożu składowiska ściekami wylewiska i odciekami z odpadów stałych. Przedostające się do warstwy glin zwałowych zanieczyszczone wody poziomu nadglinowego zagrażają czystości wód poziomu podglinowego.

Podsumowanie

Przedstawione typy warunków geologiczno-morfologicznych oraz hydrogeologicznych w rejonie składowisk: „Boża Wola” i „Radzymin” oraz w rejonie składowiska w Łukowie wykazują, że uniknięcie infiltracji ścieków i odcieków pod tymi składowiskami do wód podziemnych, zwłaszcza wód gruntowych, jest wykluczone. Wymienione składowiska stanowią obecnie realne ogniska zanieczyszczeń środowiska geologicznego, różnią się wszakże stopniem tego zagrożenia.

Oceniając budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne a także stopień zanieczyszczenia środowiska wód podziemnych (w tym zwłaszcza stopień zagrożenia użytkowych poziomów wodonośnych) w rejonie badanych składowisk można wskazać, że najmniej sprzyjające lokalizacji składowisk panują warunki hydrogeologiczne w rejonie składowiska „Boża Wola”, nieco lepsze w rejonie składowiska „Radzymin” a stosunkowo najlepsze w rejonie składowiska w Łukowie. W składowisku „Boża Wola” odpady składowane są na piaszczysto-żwirowym podłożu, na tarasie nadzalewowym Wisły. Brak naturalnych barier na drodze przenikania wód infiltracyjnych i odcieków powoduje, że migracja zanieczyszczeń do użytkowego poziomu wodonośnego odbywa się bez przeszkód.

W rejonie składowiska „Radzymin”, które zlokalizowane jest na równinie zastoiskowej użytkowy poziom wodonośny oddzielony jest od zanieczyszczonych wód gruntowych warstwą ilów zastoiskowych. Osady te nie tworzą ciągłego, o jednakowej miąższości kompleksu. Występujące w nim przewarstwienia piaszczyste umożliwiają kontakt hydrauliczny pomiędzy wodami pierwszego i drugiego poziomu wodonośnego, a tym samym stwarzają możliwości przenikania zanieczyszczeń w głąb.

W przypadku składowiska odpadów w Łukowie, które zlokalizowane jest na Wysoczyźnie siedleckiej, użytkowy poziom wodonośny oddzielony jest od zanieczyszczonych wód gruntowych znacznej miąższości warstwą glin zwałowych stanowiących w pewnym stopniu naturalną barierę chroniącą użytkowy poziom wodonośny przed zanieczyszczeniami z powierzchni składowiska. Jednakże, nieciągłość hydrauliczna warstwy glin zwałowych i hydrauliczny kontakt poziomu wód nadglinowych i poziomu wód podglinowych wyklucza możliwość uznania podłoża składowiska jako wystarczające naturalne zabezpieczenie środowiska wód podziemnych przed migracją zanieczyszczeń ze składowiska do wód podziemnych.

Literatura

- Garbulewski K., Wienclaw E., 1992. *Ocena przydatności warstwy glin do wykonania uszczelnienia projektowanego składowiska odpadów komunalnych w Łukowie*. Opracowanie Zespołu Rzecznawców SiTWM NOT, Warszawa.
- Garbulewski K., Wienclaw E., 1996. *Analiza warunków zanieczyszczenia podłoża z barierą hydrauliczną*. Wydawnictwo SGGW, Przegład Naukowy Wydz. Melioracji i Inżynierii Środowiska, zeszyt 10, 133-143.
- Knyszyński F., 1988. *Geologiczne uwarunkowania systemu krążenia wód podziemnych zlewni Krzny*. Przegład Geologiczny, 11, 655-659.
- Macioszczyk A., 1987. *Hydrogeochemia*. Wydaw. Geologiczne. Warszawa.
- Malinowski J. (Red.) 1991. *Budowa geologiczna Polski. Tom VII Hydrogeologia*. Wydaw. Geologiczne. Warszawa.
- Materiały Archiwum Państwowego Instytutu Geologicznego*.
- Nowak J., 1978. *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Legionowo z objaśnieniami*. Wydaw. Geologiczne. Warszawa.
- Sarnacka Z., 1979. *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, Warszawa Wschód*. Wydaw. Geologiczne. Warszawa.
- Złotoszewska-Niedziałek H., 1996. *Warunki geologiczno-morfologiczne w rejonie składowiska odpadów Boża Wola*. Przegład Naukowy Wydz. Mel. i Inż. Środowiska, zeszyt 10. Wydawnictwa SGGW. Warszawa, s.271-182.
- Złotoszewska-Niedziałek H., 1998: *Ocena zanieczyszczeń wód podziemnych w rejonie składowiska odpadów Radzymin*. Przegład Naukowy Wydz. Mel. i Inż. Środowiska, z.14. Wydawnictwo SGGW, Warszawa (przyjęty do druku).

Summary

The influence of geological conditions on the pollutants migration in the areas of the waste landfills. Geological conditions are one of the most important factor influencing selection of the waste disposal site. The paper presents the contaminant migration pathes in different geological conditions prevailing in the areas of the waste landfills: Boża Wola, Radzymin, Łuków. On the basis of phisicochemical analyses it is displayed that water in upper aquifer is a bad quality. It was also proved that water quality of the useful aquifer is also threaten.

Hanna.Złotoszewska-Niedziałek, Edward Wienclaw
Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych
Pracownia Hydrogeologii SGGW
ul.Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa