

Hanna ZŁOTOSZEWSKA-NIEDZIAŁEK

Katedra Technologii i Organizacji Prac Wodnych i Melioracyjnych, Pracownia Hydrogeologii
Department of Technology of Land Reclamation, Works and Hydrogeology

Ocena zanieczyszczenia wód podziemnych w rejonie składowiska odpadów „Radzymin”

Assesment of groundwater pollution in the area of the waste landfill „Radzymin”

Wstęp

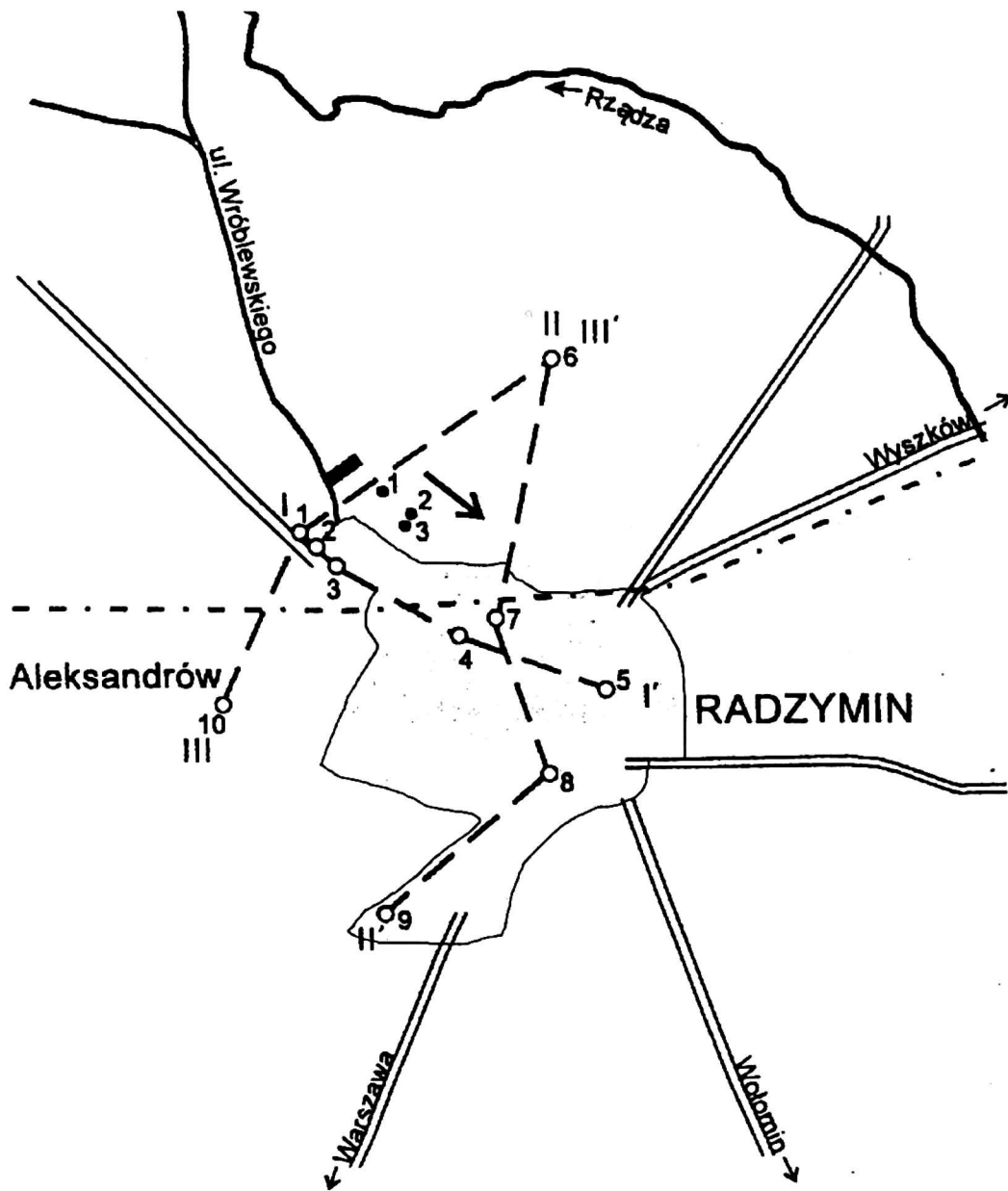
Stare (nieczynne) składowiska odpadów komunalnych nie mające zabezpieczeń technicznych w podłożu oraz uszczelnień powierzchni stanowią realne źródło zagrożenia dla środowiska wodno-gruntowego. Dlatego też wydaje się celowe badanie wpływu starych składowisk na jakość wód podziemnych w różnych warunkach hydrogeologicznych w celu podejmowania zabiegów odizolowania zazwyczaj, zanieczyszczonego pierwszego poziomu wodonośnego od niżej leżącego, eksploatowanego poziomu wodonośnego.

W artykule przedstawiono ocenę jakości wód podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska odpadów „Radzymin”. Obiekt zlokalizowany jest na północny-zachód od centrum Radzymi-
na przy ulicy Wróblewskiego, w wyrobisku po piasku wydmy (rys.1). Składowisko zajmuje powierzchnię około

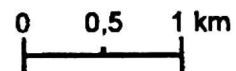
3500 m². Jego korpus wznosi się od 3,5 do 4,0 m n.p.t. Składowisko „Radzymin” od końca lat siedemdziesiątych do początku lat dziewięćdziesiątych użytkowane było jako dzikie wysypisko przez urząd miasta i gminy. Spełniało rolę wysypiska i wylewiska dla odpadów komunalnych i przemysłowych. Obecnie składowisko jest nieczynne, przykryte cienką warstwą ziemi. Wokół obiektu przebiega zarośnięty, zaśmiecony rów opaskowy, w którym w okresie wiosennym zbierają się odcieki o wyraźnej ciemnobrunatnej barwie. Odbiornikiem tych odcieków jest rów melioracyjny przebiegający wzdłuż ulicy Wróblewskiego.

Ukształtowanie powierzchni i hydrografia rejonu badań

Analizowany obszar leży w północnej części Kotliny Warszawskiej na tarasie radzyminskim. Zasadniczym elementem morfologicznym jest tu równina za-



Rys. 1. Lokalizacja punktów badawczych
 Fig. 1. Location of the test points



- I — I' linia przekroju hydrogeologicznego,
 line of hydrogeological cross-section,
- 10 wiercenie archiwalne PIG,
 archival drilling,
- 1• punkt poboru wody do analizy,
 point of water sampling,
- lokalny kierunek przepływu wód podziemnych pierwszego
 poziomu wodonośnego,
 local direction of groundwater flow of first aquifer,
- Składowisko Radzymin
 waste landfill Radzymin

Rys. 1. Lokalizacja punktów badawczych
 Fig. 1. Location of the test points

stoiskowa związana z okresem transgresji lądolodu północnopolskiego (Wisły), w który wcięta jest dolina Wisły (Sarnacka 1979). Taras radzyński zbudowany jest z iłów warwowych zastoiska warszawskiego o miąższości od kilkudziesięciu centymetrów do kilkunastu metrów, średnio 6–10 m, występujących na powierzchni terenu lub pod niewielkim (maksymalnie 5 m) nakładem osadów rzecznych i eolicznych.

Jest to stosunkowo płaski obszar, miejscami nadbudowany wydrami, łagodnie nachylony w kierunku północno-zachodnim. Powierzchnia tarasu leży na wysokości 85–90 m n.p.m. Taras radzyński w omawianym rejonie odwadniany jest za pośrednictwem drobnych strug (np. Beniaminówka) 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 iłów warwowych i niewielki spływ powierzchniowy spowodowany małymi spadkami terenu.

Warunki hydrogeologiczne w rejonie składowiska

Na podstawie materiałów archiwalnych Państwowego Instytutu Geologicznego i publikowanych (Sarnacka 1979, Malinowski 1991) wyróżnić można w rejonie Radzimina dwa piętra wodonośne: trzeciorzędowe oraz czwartorzędo-

we. Z punktu widzenia wpływu składowiska na wody podziemne najistotniejsza jest charakterystyka utworów czwartorzędowych i związanych z nimi poziomów wodonośnych. Piętro to izolowane jest od niżej leżących wód podziemnych, występujących w osadach trzeciorzędowych (oligocenkich) około 60-metrowym kompleksem pliocenkich utworów ilastych i kilkumetrową warstwą gliny zwałowej z okresu zlodowaceń południowopolskich. Spąg utworów czwartorzędowych leży na wysokości około 25 m n.p.m., a ich miąższość wynosi średnio 70 m.

W piętrze czwartorzędowym występują dwa poziomy wodonośne. Pierwszy poziom wodonośny (wód gruntowych) zbudowany jest z drobnoziarnistych piasków rzecznych z okresu zlodowacenia Wisły i eolicznych o grubości od 2,0 do 5,0 m. Zwierciadło wody ma charakter swobodny i leży na głębokości średnio od 1 do 2,5 m w zależności od ukształtowania terenu. W listopadzie 1996 roku występowało na głębokości 1,85 m w studni 1 tj. na rzędnej 86,75 m n.p.m., w studni 2 na głębokości 2,5 m, tj. rzędnej 84,50 m n.p.m. W czerwcu 1997 roku zwierciadło wody leżało w studni 1 na głębokości 2,25 m (86,35 m n.p.m.), w studni 2 na głębokości 2,55 m (85,05 m n.p.m.). Omawiany poziom zasilany jest bezpośrednio przez infiltrację opadów atmosferycznych. Dolina rzeki Rządzy wraz z siecią rowów stanowi naturalną strefę drenażu pierwszego poziomu wodonośnego. Lokalny kierunek przepływu wód podziemnych jest z północnego-zachodu na południowy-wschód (rys. 1). Zagrożenie jakości tych płytkich wód

gruntowych jest wysokie, co związane jest z brakiem izolacji od powierzchni terenu oraz niewielką miąższością strefy aeracji. Obecnie poziom ten jest eksploatowany tylko lokalnie do celów gospodarczych ze względu na złą jakość wody.

Poniżej pierwszego poziomu wodonośnego występują iły warwowe miąższości od 1 m do 15 m, średnio 6–10 m (rys. 2, 3). Przeprowadzone badania własności fizyczno-mechanicznych iłów warwowych w analizowanym rejonie (Frankowski, Lencewicz 1988) pozwoliły na stwierdzenie, że ogólny charakter badanych iłów na różnych głębokościach jest następujący: w górnej strefie o miąższości do 2,5 m są to gliny pylaste i gliny pylaste zwięzłe o zawartości frakcji iłowej od 17 do 26% i frakcji piaskowej od 12 do 32%. Poniżej 2,5 m są to iły lub iły pylaste o zawartości frakcji iłowej od 50 do 70% i piaskowej od 1 do 5%. Według klasyfikacji (*Katalog wybranych wskaźników...*, 1994) przepuszczalności skał jako barier izolujących wody podziemne przy wsiąkaniu pionowym, ił i ił pylasty zaliczono do klasy skał dobrze izolujących, natomiast glinę pylastą do bardzo słabo izolujących.

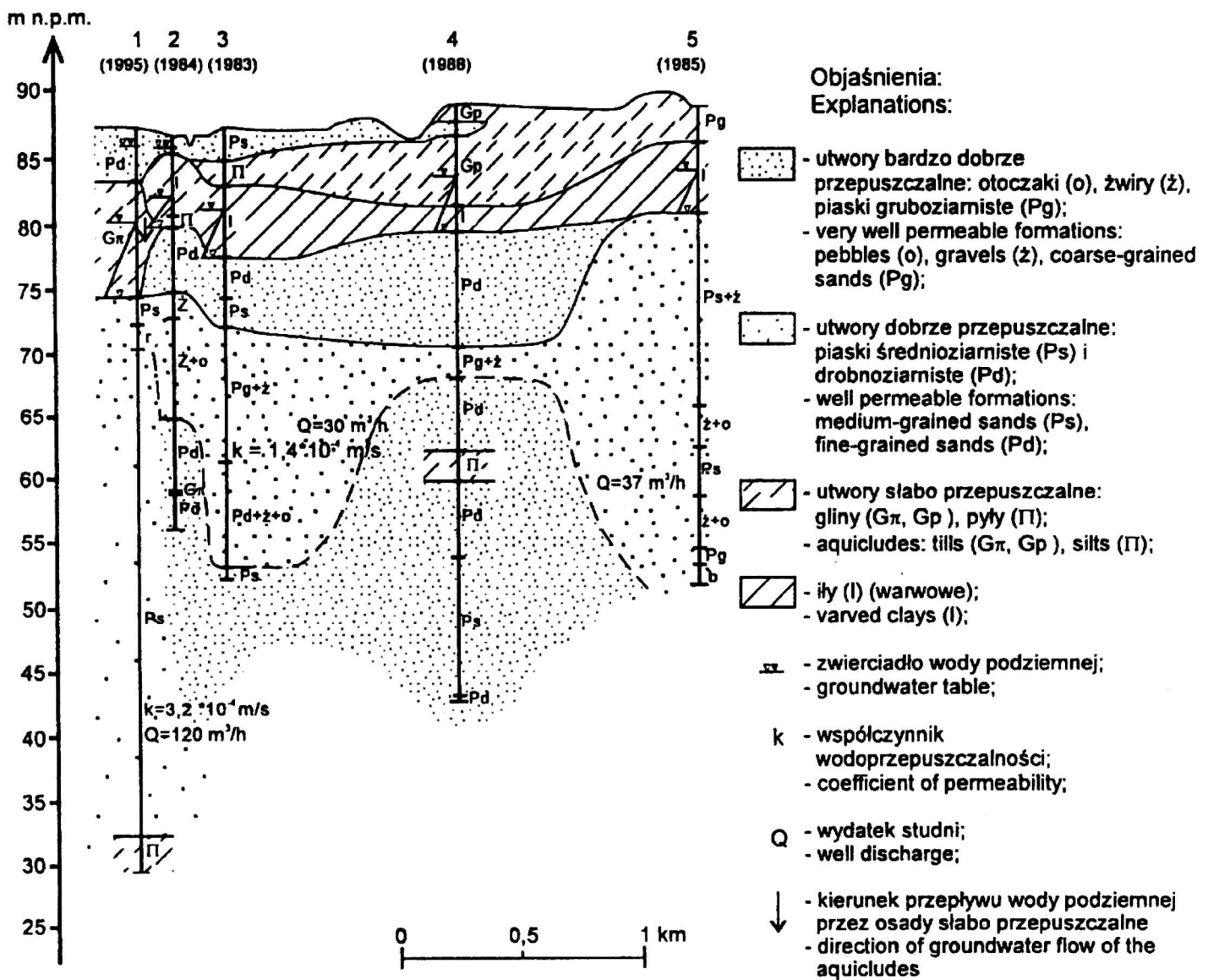
Drugi poziom wodonośny budują piaszczyste i piaszczysto-żwirowe osady interglacjału mazowieckiego, utwory fluwioglacjalne i rzeczne z okresu zlodowaceń środkowopolskich oraz interglacjału eemskiego. Występuje on na głębokości od 3,5 m (rejon Aleksandrowa) do 15,0 m p.p.t., a jego miąższość wynosi średnio 40 m, miejscami dochodzi do 50 m (rys. 2, 3). Utwory budujące drugi poziom wodonośny (wód wgłębnych) charakteryzują się wartościami współczynnika wodoprzepuszczalności k od $1,4 \cdot$

10^{-4} do $3,2 \cdot 10^{-4}$ m/s. Wydatek pojedynczych otworów eksploatacyjnych waha się od 30,0 do 120,0 m³/h, wydatki jednostkowe kształtują się od 4 do 32 m³/h/1m depresji w studni. Zwierciadło wody wykazuje niewielkie napięcie i stabilizuje się na głębokości od 4,0 do 7,0 m p.p.t. Przepływ wód podziemnych odbywa się z południowego-wschodu w kierunku północno-zachodnim. W obszarach, gdzie w nadkładzie drugiego poziomu wodonośnego występuje tylko glina pylasta (wiercenia: 1, 9, 10) istnieje jego współzależność z pierwszym poziomem (wód gruntowych). Polega ona na przesączaniu się wody w dół przez osady słabo przepuszczalne i zasilaniu drugiego poziomu wodonośnego wodami gruntowymi. Lokalnie zwierciadło wód wgłębnych jest swobodne i leży na głębokości 5,2–5,7 m p.p.t. (rejon Aleksandrowa).

Ze względu na korzystne parametry ilościowe (wodoprzewodność, wydajność potencjalna) drugi poziom wodonośny zakwalifikowany został jako główny użytkowy poziom wodonośny oraz uznany za jeden z kilkuset głównych zbiorników wód podziemnych wymagających ochrony (Paczyński i in. 1995).

Jakość wód podziemnych w rejonie składowiska

W rozpatrywanym obiekcie odpady kontaktują się bezpośrednio z piaszczystym podłożem. Ponieważ składowisko leży w strefie wahań zwierciadła wody gruntowej, odpady ulegają procesom rozpuszczania i wymywania, wywierając wpływ na otoczenie.

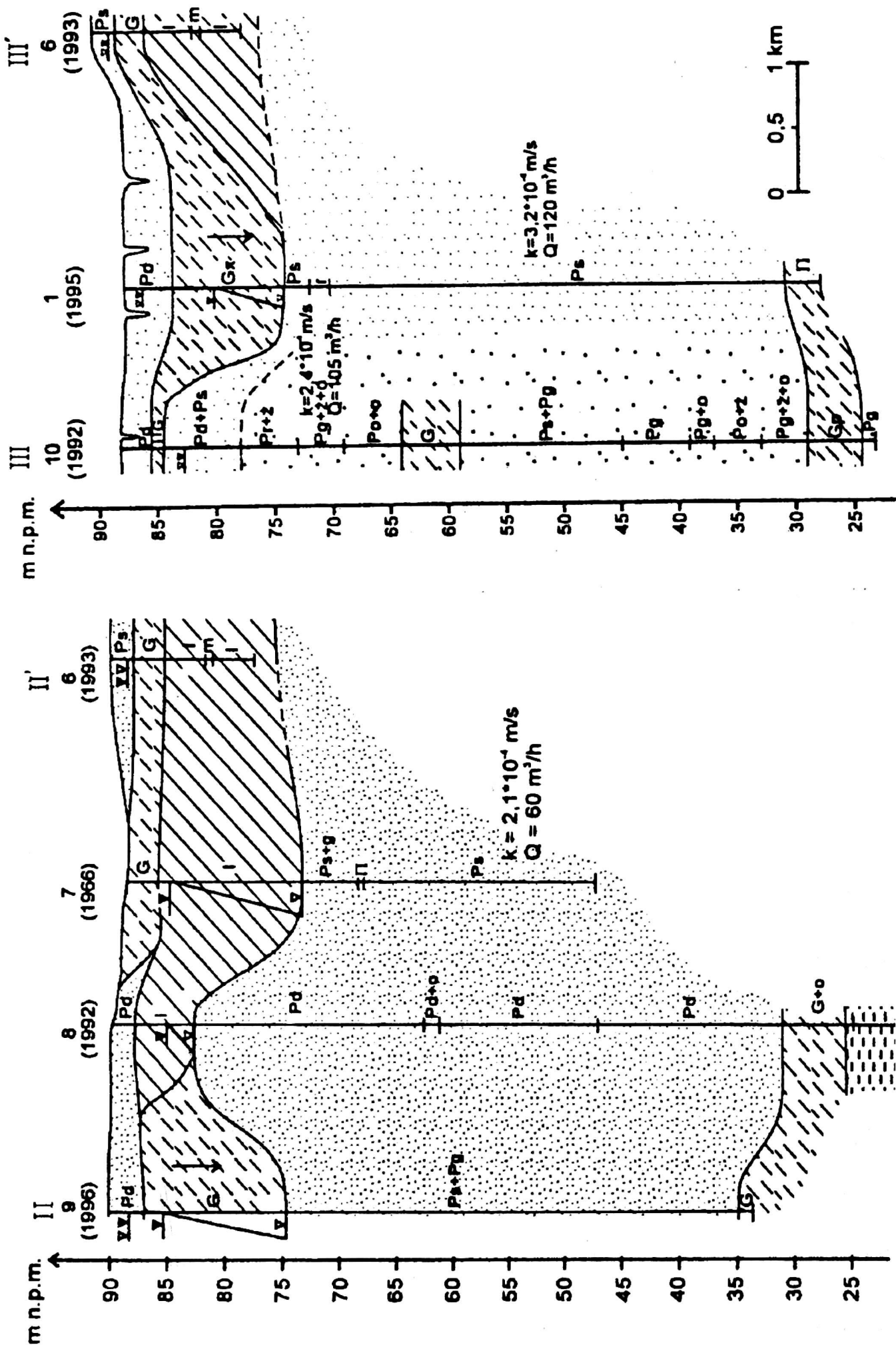


Rys. 2. Schematyczny przekrój hydrogeologiczny I – I' przez taras radzymiński
 Fig. 2. Simplified hydrogeological cross-section I – I' through Radzymiński Terrace

Rozpoznanie własności fizykochemicznych wód podziemnych jest niezbędne w celu określenia w jakim stopniu interesujące nas czwartorzędowe piętro wodonośne jest zanieczyszczone. Najważniejszymi cechami świadczącymi o zanieczyszczeniu wód jest podwyższona mineralizacja, twardość, utlenialność oraz podniesiona zawartość jonów Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- , związków azotu, żelaza, substancji organicznej i inne (Macioszczyk 1987).

Na podstawie analizy materiałów archiwalnych oraz badań wykonanych przez autorkę podjęto próbę oceny zanieczyszczenia wód podziemnych w rejonie składowiska „Radzimin”. Do badań chemicznych pobrano w listopadzie 1996 roku próbki wody z dwóch studni kopanych ujmujących wodę z pierwszego poziomu wodonośnego:

- studni nr 1 zlokalizowanej w odległości 200 m od składowiska, z której woda jest obecnie użytkowana do celów pitnych i gospodarczych,



Rys. 3. Schematyczne przekroje hydrogeologiczne II – II', III – III' przez taras radzymiński (objaśnienia jak na rys. 2)
 Fig. 3. Simplified hydrogeological cross-sections II – II', III – III' through Radzymiński Terrace (explanations as in Fig. 2)

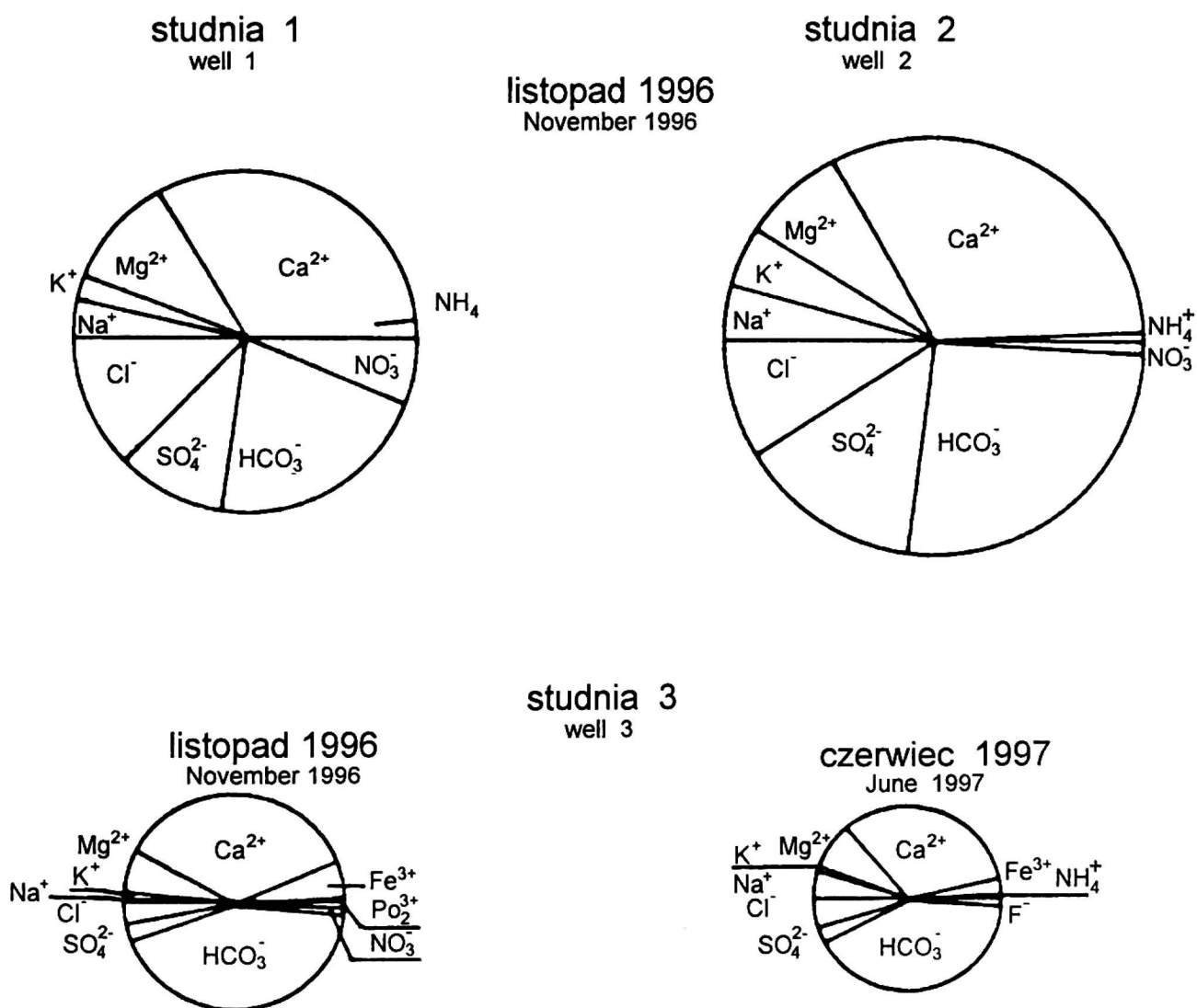
- studni nr 2 znajdującej się w odległości 450 m, z której woda jest użytkowana okresowo do celów gospodarczych oraz pobrano dwukrotnie próbki wody (listopad 1996, czerwiec 1997) ze studni wierconej nr 3, ujmującej wodę z drugiego poziomu wodonośnego, z głębokości 24 m, zlokalizowanej w odległości 450 m od składowiska (rys. 1).

Badania wykonano w laboratorium Zakładu Wodociągów i Kanalizacji

SGGW według obowiązujących norm i przepisów, a ich wyniki przedstawiono w tabeli 1 oraz na rysunku 4.

W próbkach wody pobranych z pierwszego poziomu wodonośnego (studnia 1 i 2) głównym kationem jest jon wapniowy, który stanowi 66% wszystkich kationów występujących w badanej wodzie. Kation magnezu występuje w ilości 22,5% w studni 1 i 15,5% w studni 2.

Znacznie mniejszy jest udział jonów sodu (7–8%) oraz potasu (4–10%). Żela-



Rys. 4. Skład chemiczny wód podziemnych w rejonie Radzymina (powierzchnia koła odpowiada ogólnej mineralizacji w relacji $1 \text{ mm}^2 = 1 \text{ mg/dm}^3$, a powierzchnie poszczególnych jonów odpowiadają procentowemu udziałowi gramorównoważników kationów i anionów)

Fig. 4. Chemical composition of groundwater in Radzymin (circle area denotes general mineralization in relation $1 \text{ mm}^2 = 1 \text{ mg/dm}^3$, the ion areas refer to the percentage of gram-equivalents of cations and anions)

TABELA 1. Wartości wskaźników fizykochemicznych czwartorzędowego piętra wodonośnego
 TABLE 1. Physico-chemical indices of the quaternary multiaquifer formation

Wskaźnik – Index	Jednostka – Unit	Wartość – Value			Wartość dopuszczalna	
		Studnia 1 Well 1 XI 1996	Studnia 2 Well 2 XI 1996	Studnia 3 Well 3 VI 1997		
Wskaźniki fizyko-chemiczne – Physico-chemical indices						
Barwa – Colour	mg Pt/dm ³	4	20	179	304	20
Mętność – Turbidity	mg/dm ³	2	6	37	60	5
Odczyn – Reaction	pH	7,7	8	7,7	7	6,5–8,5
Twardość ogólna – Total hardness	mg CaCO ₃ /dm ³	555,6	1099	277,4	243,4	500
Utlenialność – Oxidizability	mg O ₂ /dm ³	5,09	6,8	3,7	4,2	n.n.
Przewodność właściwa – Conductivity	µs/cm	1257	1989	549	410	n.n.
Wskaźniki chemiczne – Chemical indices						
Wapń – Calcium	mg Ca/dm ³	166,43	277,86	90,71	82,86	n.n.
Żelazo ogólne – Iron	mg Fe/dm ³	0,21	0,24	12,7	5,76	0,5
Mangan – Manganese	mg Mn/dm ³	0,06	–	0,35	0,15	0,1
Amoniak – Ammonia	mg N/dm ³	0,23	0,44	1,1	0,54	0,5
Sód – Sodium	mg Na/dm ³	20	40	3	15,1	200
Potas – Potassium	mg K/dm ³	19,9	78,96	3,73	3,03	n.n.
Magnez – Magnesium	mg Mg/dm ³	34,28	39,86	9,86	12,43	n.n.
Azotany – Nitrates	mg N/dm ³	18,6	4,17	0,67	0,43	10,0
Azotyny – Nitrites	mg N/dm ³	0,09	0,18	–	0,018	0,0
Wodorowęglany –						
– Hydrogen carbonate	mg HCO ₃ /dm ³	329,5	683,4	347,8	311,2	n.n.
Chlorki – Chlorides	mg Cl/dm ³	105,6	124,8	11,52	18	300
Siarczany – Sulphates	mg SO ₄ /dm ³	120	280	16	19	200
Fosforany – Phosphates	mg PO ₄ /dm ³	4	0,78	0,82	0,74	n.n.
Sucha pozostawość – Dry residue	mg/dm ³	920	1442	380	270	800

n.n. wskaźnik nienormowany

zo, amoniak i mangan stanowią łącznie 0,25% wszystkich kationów stwierdzonych w analizowanej wodzie. Głównym anionem badanej wody jest jon wodorowęglanowy, który stanowi: 43% w studni 1 i 53% w studni 2 wszystkich anionów. Jony siarczanowe występują w ilości 20–28%, chlorkowe w ilości 17,5–25,0%. W studni 1 stwierdzono znaczną ilość azotanów, która stanowi ponad 10% wszystkich anionów występujących w omawianej wodzie.

Głównym kationem wchodzącym w skład wody pobranej z drugiego poziomu wodonośnego (studnia 3) jest jon wapniowy, stanowiący 66–71% wszystkich kationów badanych próbek. Poza nim występują kationy: magnezu (13–16%), żelaza (5–10%), sodu (2–10%), potasu w ilości 1%. Amoniak występuje w ilości 0,54–1,1 mg N/dm³. Głównym anionem analizowanej wody jest jon wodorowęglanowy, który stanowi ponad 80% wszystkich anionów. W małych ilościach, kilku procent, występują jony chlorkowe i siarczanowe. Pozostałe aniony (fluorki, azotany, azotyny i fosforany) stanowią niecały procent wszystkich anionów występujących w danej wodzie.

Analizując wyniki badań jakości wody gruntowej pod względem jej przydatności do celów pitnych i na potrzeby gospodarcze (Rozporządzenie ministra zdrowia z 1990 r. ...) stwierdzono, że:

- w studni nr 1 została przekroczona norma dotycząca ogólnej mineralizacji (800 mg/dm³), twardości ogólnej (500 mg CaCO₃/dm³). Zawartość azotanów jest 1,8-krotnie wyższa od wartości dopuszczalnej 10 mg

N/dm³. Podwyższona jest ilość siarczanów i azotynów. Wysoki wskaźnik przewodności właściwej (1257 μs/cm) i duża zawartość fosforanów (4 mg PO₄/dm³) klasyfikuje badaną wodę do III klasy jakości wody (*Klasyfikacja wód* ..,1993),

- w studni nr 2 przekroczona została norma dotycząca ogólnej mineralizacji (1,8-krotnie), twardości ogólnej (2-krotnie) i mętności. Zawartość siarczanów przekracza 1,4-krotnie wartość dopuszczalną. Występuje duża ilość wodorowęglanów i azotynów. Wartość przewodności właściwej (1989 μ/s) osiągnęła poziom znacznie przekraczający wartości dopuszczalnej (1000 μm/s) dla III (niskiej) klasy jakości.

Należy podkreślić, że przed rozpoczęciem eksploatacji składowiska wody gruntowej były źródłem zaopatrzenia dla miejscowej ludności. Oceniając wodę drugiego poziomu wodonośnego (użytkowego) pod względem jej przydatności do celów pitnych i na potrzeby gospodarcze stwierdzono przekroczenie wartości dopuszczalnych wskaźników fizyczno-chemicznych: barwy (8-krotnie: XI 1996 i 15-krotnie: VI 1997) oraz mętności (7-krotnie:1996 i 12-krotnie 1997). Zawartość żelaza w badanej wodzie przekracza 25-krotnie wartość dopuszczalną (0,5 mg Fe/dm³). Ilość manganu jest 3,5-krotnie wyższa od dopuszczalnej, a amoniaku 2-krotnie. Analiza wskaźników chemicznych współczesnego tła hydrochemicznego badanego poziomu skłania do wniosku, że w danej wodzie są wyraźnie podwyższone generalnie wszystkie wskaźniki, co wskazuje na jej zmia-

ny antropogeniczne (tab. 2). Należy zaznaczyć, że współczesne tło hydrochemiczne ustalone zostało na podstawie wyników analiz wód wykonanych w latach osiemdziesiątych (Kiełkiewicz 1992).

Podsumowanie

W rejonie składowiska odpadów „Radzymin” od powierzchni terenu zalegają utwory przepuszczalne. 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 drugiego poziomu wodonośnego (użytkowego). Przeprowadzone analizy chemiczne wykazały, że wody drugiego (użytkowego) poziomu wodonośnego zawierają składniki w ilościach świadczących o ich antropogenicznym zanie-

czyszczeniu. Z rozpoznania warunków hydrogeologicznych badanego rejonu wynika, że ility zastoiskowe nie tworzą ciągłego o jednakowej miąższości kompleksu. Występują w nim przewarstwienia piaszczyste, które umożliwiają kontakt hydrauliczny pomiędzy wodami pierwszego i drugiego poziomu wodonośnego, a tym samym stwarzają możliwości przenikania zanieczyszczeń. Wydaje się, że nie tyle grubość nakładu izolującego, ale jego ciągłość jest bardziej istotna przy ustalaniu odpowiedniej lokalizacji dla składowisk. Jest rzeczą szczególnie ważną, aby badać i oceniać wpływ starych składowisk odpadów na środowisko w celu podjęcia środków zaradczych i zabezpieczających, które obejmowałyby zarówno odizolowanie zanieczyszczonych wód podziemnych, jak i uszczelnienie powierzchni składowisk.

TABELA 2. Charakterystyka współczesnego tła hydrochemicznego drugiego poziomu wodonośnego
TABLE 2. Characteristic of the present hydrochemical background for the second aquifer

Wskaźnik – Index	Tło hydrochemiczne (mg/dm ³) Hydrochemical background	Wyniki analiz Analysis results
Wapń (Ca ²⁺) – Calcium	36–84	82,86–90,71
Żelazo (Fe ²⁺ , Fe ³⁺) – Iron	0,04–4,5	5,76–12,7
Amoniak (NH ⁻ ₄) – Ammonia	0,48–0,97	0,7–1,42
Sód (Na ⁺) – Sodium	3,5–15,5	3–15,1
Potas (K ⁺) – Potassium	0,5–2,5	3,03–3,73
Magnez (Mg ²⁺) – Magnesium	4,1–12,41	9,86–12,43
Chlorki (Cl ⁻) – Chlorides	0,7–20,7	11,52–18
Siarczany (SO ⁻⁴ ₂) – Sulphates	8,8–69	16–19
Azotany (NO ⁻ ₃) – Nitrates	0,0–0,5	1,91–3
Azotyny (NO ⁻ ₂) – Nitrites	0,0–0,0007	0,0–0,06
Sucha pozostałość – Dry residue	225–360	270–380

Literatura

- FRANKOWSKI Z., LEWKOWICZ A. 1988: *Stan gruntów spoistych i mało spoistych, określany metodami polowymi i laboratoryjnymi*. Archiwum PIG, Warszawa.
- Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania*. Tom 1 1994, Biblioteka Monitoringu Środowiska Warszawa.
- KIEŁKIEWICZ B. 1992: *Mapa zagrożenia i ochrony wód podziemnych czwartorzędowego poziomu użytkowego województwa warszawskiego, Rejon Radzymina*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Klasyfikacja jakości zwykłych wód podziemnych dla potrzeb monitoringu*. 1993, Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- MACIOSZCZYK A. 1987: *Hydrogeochemia*. Wydaw. Geologiczne, Warszawa.
- MALINOWSKI J. i inni 1991: *Budowa geologiczna Polski. T. VII Hydrogeologia*. Wydaw. Geologiczne, Warszawa.
- PACZYŃSKI B. i inni 1995: *Atlas hydrogeologiczny Polski 1:500 000 Cz. II. Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z 4.05.1990 r. w sprawie warunków, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarki.
- SARNACKA Z. 1979: *Szczegółowa mapa geologiczna Polski, arkusz Warszawa-Wschód z*

objaśnieniami. Wydaw. Geologiczne, Warszawa.

Summary

Assesment of groundwater pollution in the area of the waste landfill „Radzymin”. Hydrogeological conditions and groundwater quality in the area of the waste landfill at Radzymin was analysed. The movement of leachate from a waste disposal site without technical protections is governed by the ground-water environment. The waste is in contact with the groundwater in a permeable sands aquifer underlain by confining beds of relatively impermeable varve clays. Groundwater tests, performed for the first aquifer, prove unsafe for drinking characteristics. The relative impermeability of the overburden (varved clays) prevents significant infiltration of the contaminants to the second aquifer horizon. However the physico-chemical analysis performed for the second aquifer displayed an anthropogenical contamination.

Autor's address:

H. Złotoszewska-Niedziałek
Warsaw Agricultural University – SGGW
02-787 Warszawa
ul. Nowoursynowska 166
Poland