

Józef GÓRSKI, Krzysztof DRAGON,  
Roksana KRUC

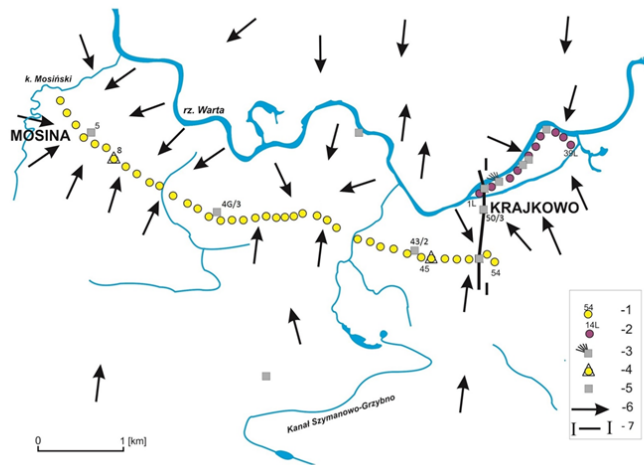
*INSTYTUT GEOLOGII  
UNIwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk  
Geograficznych i Geologicznych,*

## **WPŁYW INFILTRACJI BRZEGOWEJ NA PRZEKSZTAŁCENIE ŚRODOWISKA HYDROGEOCHEMICZNEGO WARSTWY WODONOŚNEJ NA PRZYKŁADZIE UJĘCIA MOSINA-KRAJKOWO**

THE INFLUENCE OF RIVER BANK FILTRATION ON THE  
TRANSFORMATION OF THE HYDROGEOCHEMICAL  
ENVIRONMENT OF THE EXAMPLE OF THE MOSINA-  
KRAJKOWO WELL FIELD

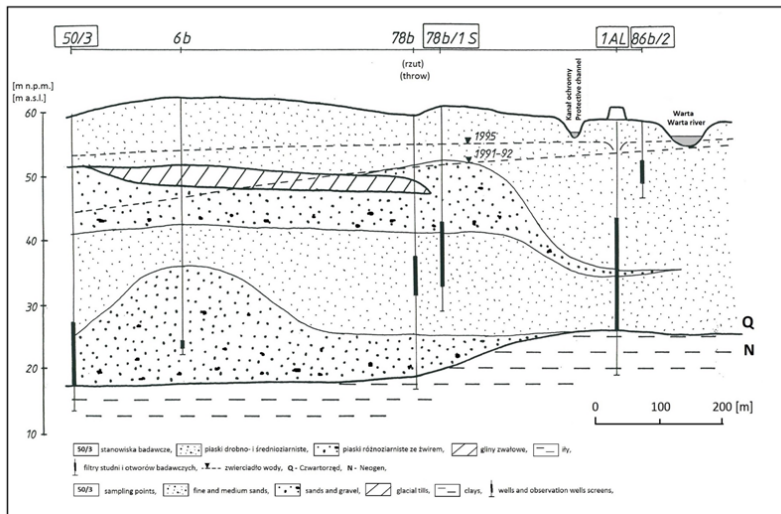


- Na ujęciu Mosina-Krajkowo od początku jego eksploatacji w roku 1968 obserwowano, znane z innych ujęć położonych w dolinach i pradolinach zjawisko utleniania się siarczków i substancji organicznej i związany z tym wzrost stężeń żelaza, manganu, siarczanów i twardości wody
- Niezależnie jednak od powyższego procesu związanego z naturalnymi cechami środowiska warstwy wodonośnej badania ujawniały możliwość wzbogacania warstwy wodonośnej w materię organiczną i towarzyszące jej siarczki w wyniku infiltracji zanieczyszczonych wód Warty

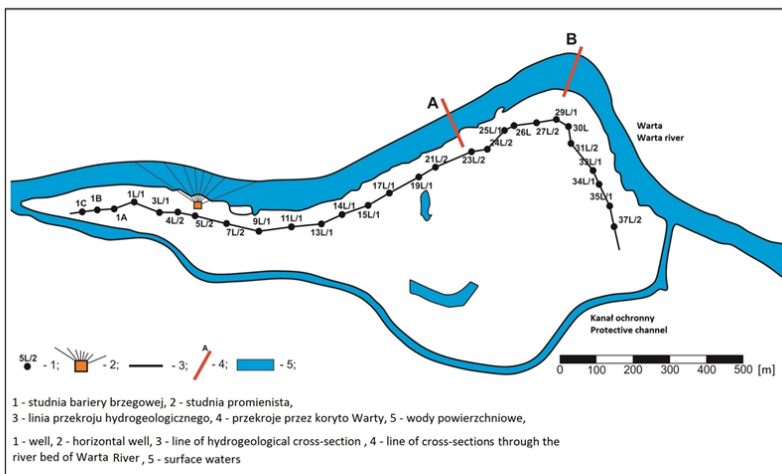


1-bariera studni tarasowych, 2-bariera studni brzegowych, 3-studnie promienista, 4-studnie objęte badaniami w latach 1989-90, 5-studnie i otwory badawcze objęte badaniami, 6-kierunki przepływu wód, 7-przekrój hydrogeologiczny I-I  
 1-vertical wells barrier on the higher terrace, 2-vertical wells barrier on the flood plain, 3-horizontal collector well, 4-wells sampled in 1989-90, 5-wells and observation wells sampled in 1996-98, 6-water flow lines, 7-hydrogeological cross-section I-I

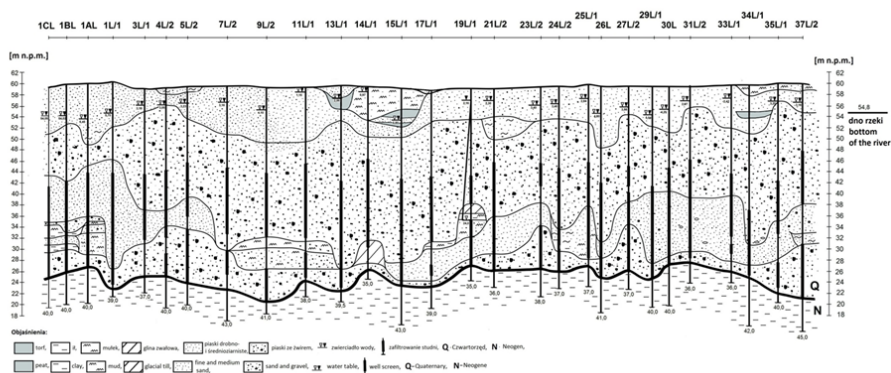
**Mapa dokumentacyjna ujęcia Mosina-Krajkowo z lokalizacją studni i otworów badawczych, które są przedmiotem analizy w artykule**  
**Documentation map of the Mosina-Krajkowo well fields with the location of wells and boreholes, which are subject of analysis in the article**



**Przekrój hydrogeologiczny I – I**  
**Hydrogeological cross-section I – I**



Mapa dokumentacyjna ujęcia brzegowego na wyspie krajowskiej  
 Documentation map of bank filtration site on the Krajowska Island



Przekrój hydrogeologiczny przez studnie bariery brzegowej  
 Hydrogeological cross-section along wells gallery



Pierwszym symptomem wskazującym na możliwość wzbogacania warstwy wodonośnej w materię organiczną była stwierdzona w latach 1989-90 korozja siarkowodorowa elementów stalowych filtrów i związana z tym kolmatacja

Parametr	Studnia 45	Studnia 8/3
Fe <sup>2+</sup> [%]	8,5	18,0
Fe <sup>3+</sup> [%]	16,3	12,0
Fe og. [%]	24,8	30,0
Ca <sup>2+</sup> [%]	<0,1	<0,1
Mg <sup>2+</sup> [%]	n.w.	n.w.
Siarczki jako S <sup>2-</sup> [%]	8,7	4,25
CO <sub>3</sub> [%]	2,35	<0,5
ChzT [mgO <sub>2</sub> /100g]	8,7	13,5
Części nierozpuszczalne [%]	58,0	9,5

Wyniki analiz osadów odłożonych na filtrach studni 45 i 8/3  
Results of sediments analysis that was deposited on well screens  
(well no. 45 and 8/3)



Przyczyną korozji i kolmatacji była katalizowana mikrobiologicznie reakcja przebiegająca wg wzoru



Źródłem siarkowodoru jest anaerobowy rozkład materii organicznej.

Mogła zachodzić również redukcja siarczanów przy wykorzystaniu wodoru powstającego w reakcji żelaza z kwasami wg reakcji:



i dalej





Parametr	Barwa [mgPt/l]	BZT5 [mgO <sub>2</sub> /l]	Strata prażenia [mg/l]	Węgiel organiczny	Siarkowódór i siarczki
Studnie bariery tarasowej 46/3, 43/2, 50/3, 5/5	24,5	0,48	69,6	11,068	0,0006
Studnie bariery brzegowej 1AL, 14L, 15L, 29L	35,1	0,98	79,1	11,116	0,0227
Otwór 78b/S	28,1	0,76	64,8	-	0,0338

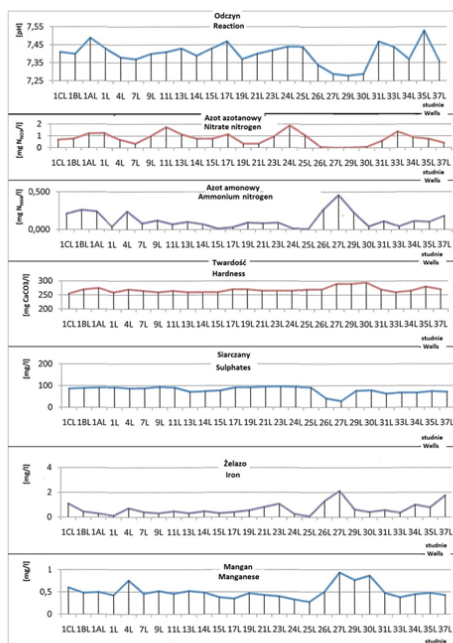
Wyniki badań wybranych parametrów wody ze studni bariery tarasowej i brzegowej oraz otworu 78b/S w latach 1996-1998 (wartości średnie dla 4 studni bariery tarasowej i 4 studni bariery brzegowej)

The results of analyses (selected parameters) of water from the terrace well gallery, well gallery on flood plain and the 78b/S observation well in 1996-1998 (average values for 4 wells of the terrace gallery and 4 wells of the well gallery on flood plain)



Stężenie wybranych parametrów hydrochemicznych w studniach bariery brzegowej wg opróbowania w 2005r.

Concentrations of selected hydrochemical parameters in flood plain well gallery according to sampling in 2005.





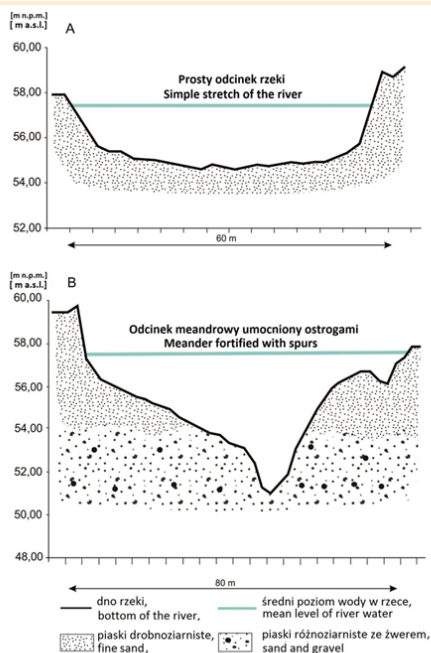
Wskaźnik	Jednostki	Stężenia w studni 27L położonej w przegubie meandru	Średnia stężenia w studniach nr 26L, 27L, 29L, 30L zlokalizowanych w przegubie meandru	Średnia stężenia w 22 studniach położonych w prostych odcinkach rzeki
Przewodnictwo	μS/cm	628	625,0	545,0
Odczyn	pH	7,29	7,30	7,42
Azot amonowy	mg/l	0,62	0,34	0,15
Azot azotanowy	mg/l	0,016	0,02	0,06
Azot azotanowy	mg/l	0,03	0,24	4,04
Ogólny węgiel organiczny	mg/l	5,53	5,18	4,90
H <sub>2</sub> S	mg/l	0,02	0,01	0,00
Twardość	mgCaCO <sub>3</sub> /l	290	286,25	265,21
Zasadowość	mval/l	6,4	5,63	3,49
Siarczany	mg/l	28,7	56,25	83,97
Żelazo	mg/l	2,12	1,20	0,53
Mangan	mg/l	0,94	0,77	0,46

Wyniki analiz chemicznych z różnych studni ujęcia brzegowego  
Results of chemical analyzes from chosen wells of the flood plain well gallery



Przekroje przez koryto Warty  
w rejonie studni bariery brzegowej

Cross-sections through the Warta river  
bed in the vicinity  
of the wells located on flood plain





## Podsumowanie i wnioski

- Badania chemizmu wód ze studni bariery brzegowej na ujściu w Krajkowie ujawniły wzbogacenie środowiska warstwy wodonośnej w reaktywną materię organiczną w strefie silnie wypukłego meandru. W rejonie tym rozwinęła się erozja denna sięgająca do gruboziarnistych osadów fluwioglacjalnych. Rozwój erozji dennej był związany z zablokowaniem erozji bocznej poprzez wybudowanie kamiennych ostróg. Zjawisko migracji materii organicznej występowało najprawdopodobniej intensywnie po rozpoczęciu eksploatacji ujęcia w roku 1984, a następnie było ograniczane poprzez rozwój kolmatacji.
- Poza strefą meandru siarkowodor nie występował w pozostałych studniach bariery brzegowej. Wykrywano go natomiast w niektórych studniach bariery tarasowej oddalonej kilkaset metrów od rzeki. Efekty jego obecności stwierdzono w latach 1989-90, kiedy zaobserwowano rozwój korozji siarczkowej elementów stalowych filtrów studziennych. Znaczne stężenia siarkowodoru wykrywano również w trakcie dwuletnich badań czterech wybranych studni bariery tarasowej w latach 1996-1998.
- Występowanie siarkowodoru w studniach bariery tarasowej należy wiązać z migracją materii organicznej z wody rzecznej, której rozkład w warunkach anaerobowych prowadzi do uwalniania jonów  $S^{2-}$ .  
Nie można wykluczyć, że źródłem siarkowodoru była również redukcja siarczanów przy udziale wodoru uwalnianego w wyniku reakcji kwasów z metalem z konstrukcji studni.



- Fakt wzbogacenia w siarkowodor wód ze studni bariery tarasowej przy jego braku w większości studni bariery brzegowej może wynikać z tego, że w studniach tej ostatniej bariery zachodzą intensywnie procesy biodegradacji materii organicznej w związku z obecnością tlenu i azotanów. W studniach bariery tarasowej tlen i azotany nie występują. Ponadto większe spadki przy studniach bariery brzegowej mogą powodować w większym stopniu migrację materii organicznej do eksploatowanych wód. Natomiast niższe spadki hydrauliczne na długiej drodze migracji do studni bariery tarasowej mogą sprzyjać osadzaniu się materii organicznej w warstwie wodonośnej.
- W studniach bariery tarasowej obserwuje się również rozwój procesów utleniania siarczków, co powoduje występowanie znacznych stężeń siarczanów, żelaza, manganu i twardości. Zjawiska te rozwijają się głównie w strefie aeracji i w górnych partiach strefy saturacji, a źródłem siarczków mogą być zarówno wyżej omówione procesy jak i siarczki występujące naturalnie w osadach wodonośnych.
- W studniach bariery tarasowej mogą zachodzić równocześnie procesy denitryfikacji azotanów dopływających z wodą rzeczną. Rozwój tego procesu prowadzi również do wzbogacania wód w siarczany, żelazo i mangan oraz do wzrostu twardości wody. Procesy utleniania mogą zachodzić w górnych partiach struktury wodonośnej a denitryfikacja w partiach dolnych.



- W celu szczegółowszego rozpoznania powyższych procesów celowe jest wykonanie badań hydrogeochemicznych dla wybranych profili warstwy wodonośnej.

Wyniki tych badań powinny być wykorzystywane do:

- właściwego kształtowania poboru wód z ujęcia w celu uzyskania najkorzystniejszej jakości wód,
- prognozowania rozwoju i przebiegu procesów hydrogeochemicznych i ich wpływu na jakość ujmowanych wód,
- realizacji działań prowadzących do rekultywacji środowiska hydrogeochemicznego i jakości ujmowanych wód,
- określenie zasad przekształceń struktury ujęcia w perspektywie czasu w celu pozyskiwania najkorzystniejszej jakości wód.



## Bibliografia

1. Błaszyk, T., Górski, J. Środowisko hydrogeochemiczne w utworach pradolinnych oraz jego przeobrażenie w warunkach zmian reżimu wód podziemnych. Biul. Geologiczny, t.21. Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa, 1976 (s. 217-229)
2. Górski, J., Przybyłek, J., Szyper, H. Organizmy planktonowe w wodach podziemnych i utworach wodonośnych na ujęciu infiltracyjnym w Krajkowie. Mat. Symp. Pt.: "Biologia i monitoring wód podziemnych" NOT Częstochowa, 1993 (s. 53-56)
3. Górski, J., Błaszyk, T. Procesy starzenia się filtrów studziennych ujęć infiltracyjnych na przykładzie ujęcia mosińskiego. NOT Częstochowa, 1993 (s. 60-62)
4. Górski, J., Przybyłek, J. Wpływ suszy w latach 1989-1992 na warunki eksploatacji infiltracyjnych ujęć wody w dolinie Warty. Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. VIII, Poznań-Kiekrz, 1997 (s. 1-8)
5. Górski, J., Przybyłek, J. Migracja mikrozanieczyszczeń w wodzie infiltracyjnej z Warty do ujęcia mosińskiego, Instytut Geologii UAM Poznań, 1999 (maszynopis)
6. Górski, J. Quality of River Bank Filtrated Water on the Base of Poznań City (Poland) Waterworks Experiences. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Water Security in Desert Countries. Springer, 2009 (s. 269-279).
7. Houben, G, Treskatis, Ch. Regeneracja studni (tłumaczenie z niemieckiego). Projprzem-EKO. Bydgoszcz 2004





### **Podziękowania**

Zaprezentowane wyniki badań opracowano przy wsparciu projektu AquaNES, grant nr 689450, finansowanego z European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Program.

Autorzy dziękują pracownikom firmy Aquanet SA (operator ujęć wody w Krajkowie) za ich wkład oraz pomoc w przeprowadzeniu badań.

