

Józef GÓRSKI

Instytut Geologii,
Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu

ZMIANY JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH W WARUNKACH EKSPLOATACJI

GROUNDWATER QUALITY CHANGES DURING EXPLOITATION

Groundwater quality can be highly changed during exploitation. These changes may be a result of:

- *changes of natural groundwater circulation systems,*
- *development of sulphide and organic matter oxidation processes,*
- *influence of the anthropogenic contamination sources.*

Changes of groundwater circulation systems appear mostly in valley and ice-marginal valley aquifers and cause increase of Fe^{2+} , Mn^{2+} and NH_4^+ concentrations. Great changes of groundwater quality can be also visible in deep Miocene aquifers if the wells are located near the zones where groundwater has very high colour >80 mgPt/L.

The highest groundwater quality changes causes sulphide oxidation process. This phenomenon appears mostly in valley and ice-marginal valley aquifers and can cause very high increase of Fe^{2+} , Mn^{2+} , SO_4^{2-} and hardness concentrations. The influence of anthropogenic contaminations appears mostly in unconfined and semiconfined aquifers. According investigation in Central Great Poland contaminations are high not only in unconfined aquifers but also in ones confining by glacial fills with thickness below 20 m. Disappearance of anthropogenic contaminations is visible in aquifers confining by glacial tills of thickness 50-60 m.

Contamination is most often a result of unsewage built-up areas and intensive agriculture. The contamination in these zones is mostly visible in the concentrations of nitrates, sulphates and chlorides.

1. Wprowadzenie

Jakość wód podziemnych pobieranych z ujęć cechuje się znacznie większą stabilnością w stosunku do wód powierzchniowych. Na ujęciach wód podziemnych obserwuje się jednak również często zmiany jakości, szczególnie w początkowym okresie eksploatacji ujęcia. Przyczyną tych zmian prowadzących najczęściej do pogorszenia jakości wód, mogą być:

- a) zmiany hydrodynamiczne w systemie wodonośnym,
- b) przekształcenia naturalnych środowisk hydrogeochemicznych w warunkach eksploatacji,

c) ujawnianie się wpływu ognisk zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego na jakość wód.

Efektem wpływu powyższych czynników może być pogorszenie warunków uzdatniania wód podziemnych, a w skrajnych przypadkach konieczność likwidacji ujęcia lub znaczącego zmniejszenia poboru wód.

W wyniku wpływu ww. czynników „a” i „b”, a niekiedy również „c” obserwuje się najczęściej wzrost stężeń żelaza i manganu, a także takich parametrów jak utlenialność, azot amonowy, barwa i obniżenie pH co znacznie utrudnia procesy uzdatniania wody.

Ocena możliwości niekorzystnych zmian jakości wody w warunkach eksploatacji powinna być dokonana na etapie projektowania ujęcia, co jest niezbędne w celu właściwego zaprojektowania technologii uzdatniania wody. W przeszłości ocenę zmian jakości próbowano dokonywać na podstawie próbnych pompowań zespołowych trwających nawet kilka miesięcy, a niekiedy również pompowań badawczo-eksploatacyjnych prowadzonych czasami nawet kilka lat. Pompowania te najczęściej jednak nie doprowadzały do stabilizacji jakości wody. W związku z tym biorąc również pod uwagę duże koszty takich pompowań obecnie wykonywane są najczęściej tylko krótkie pompowania parametryczne pozwalające na określenie parametrów hydrogeologicznych oraz parametrów hydraulicznych studni. Do opracowania prognoz eksploatacyjnych wykorzystuje się natomiast w coraz większym stopniu modele matematyczne. Modele te służą głównie do określenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia, a także mogą stanowić podstawę opracowania prognoz jakości wody.

Opracowanie prognozy jakości jest jednak znacznie trudniejsze w stosunku do prognozy zasobowej. Wymaga ponadto znacznie szerszego rozpoznania nie tylko hydrochemicznego ale często również geochemicznego i w związku z tym prognozy takie rzadko udaje się wykonać z wystarczającą dla praktyki dokładnością na etapie projektu ujęcia. Problemy powstają więc w trakcie eksploatacji często nawet kilka lat po jej rozpoczęciu i muszą z nimi borykać się eksploatacysty. Przyczyny i zakres możliwych zmian jakości są zróżnicowane na poszczególnych ujęciach. Ich charakter i zakres możemy jednak w przybliżeniu określić dla poszczególnych typów ujęć na podstawie obserwacji eksploatacyjnych, a wiedza taka jest niewątpliwie przydatna dla eksploatacystów ujęć.

2. Zmiany jakości wód podziemnych w wyniku zmian hydrodynamicznych w systemie wodonośnym

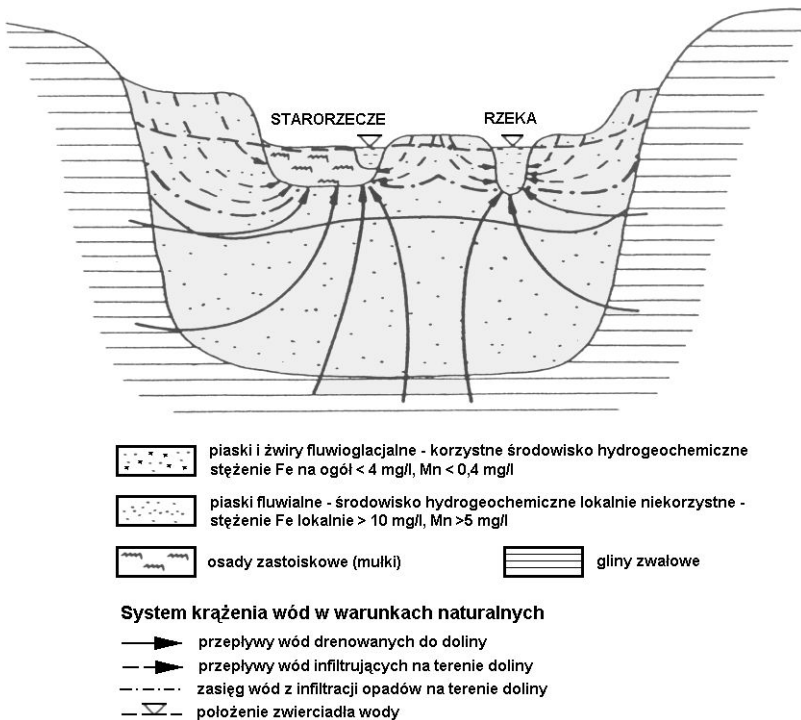
Pobór wód podziemnych z ujęcia powoduje zawsze zmianę naturalnego systemu przepływu wód podziemnych. zmiana ta może spowodować pogorszenie jakości ujmowanych wód w wyniku:

- a) dopływu do zafiltrowanej dolnej części poziomego wodonośnego płytkich wód ze strefy przypowierzchniowej lub wód z płytszych poziomów wodonośnych;
- b) dopływu lateralnego do ujęcia wód o niekorzystnej jakości występujących w pewnych partiach poziomego wodonośnego;
- c) dopływu do ujęcia wód z niżej ległych poziomów wodonośnych, często o podwyższonym zasoleniu.

Pierwszy z w.w. czynników może oddziaływać w szczególności przy ujmowaniu wód ze zbiorników wodonośnych w dolinach rzecznych i pradolinach polodowcowych. W zbiornikach tych w dolnych ich partiach występują najczęściej gruboziarniste osady

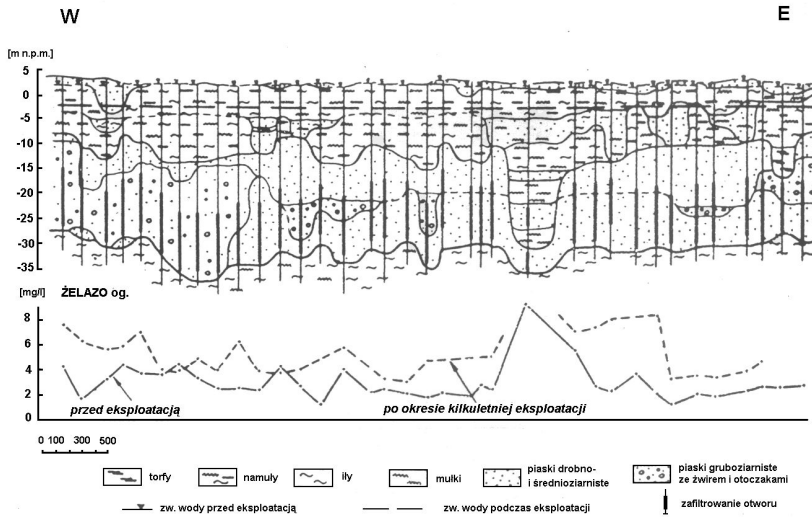
fluwioglacjalne w górnych zaś partiach młodsze utwory, często z zawartością rozproszoną materii organicznej (rys. 1). W strefie utworów fluwioglacjalnych gdzie umieszczone są filtry studni warunki są najczęściej stosunkowo korzystne, tak że stężenia żelaza kształtują się na ogół poniżej 2-4 mg/l, a manganu 0,3-0,4 mg/l. W partiach górnych dolin, szczególnie w strefach tarasów zalewowych warunki są natomiast mniej korzystne, a zawartość żelaza i manganu może tu być kilkukrotnie wyższa. Powyższe zróżnicowanie jakości wód związane jest również z systemem krążenia wód co zobrazowano na rysunku 1. W systemie tym w warunkach naturalnych wody z górnych partii dolin nie docierają do partii głębszych ujętych w studniach. Sytuacja zmienia się natomiast w warunkach eksploatacji i wody z górnych partii docierają do partii dolnych. Powoduje to znaczne pogorszenie jakości wód co zobrazowano na rysunku 2 na przykładzie ujęcia Letniki na Żuławach.

Należy dodać, że podobne zmiany możemy obserwować również w przypadku ujmowania wód ze zbiorników szczelinowych przykrytych warstwą utworów aluwialnych o niekorzystnym środowisku hydrogeochemicznym.



Rys. 1. Schemat strefowości warunków hydrogeochemicznych oraz system krążenia wód w zbiorniku dolinnym

Fig. 1. Schema of hydrogeochemical conditions zonation and groundwater circulation system in a valley reservoir



Rys.2. Pogorszenie się jakości wody podziemnej w warunkach eksploatacji w wyniku zmian systemu krążenia wód – dolina Wisły, ujęcie Letniki

Fig. 2. Groundwater quality deterioration during exploitation as a result of water circulation system changes – Vistula river valley, Letniki well field

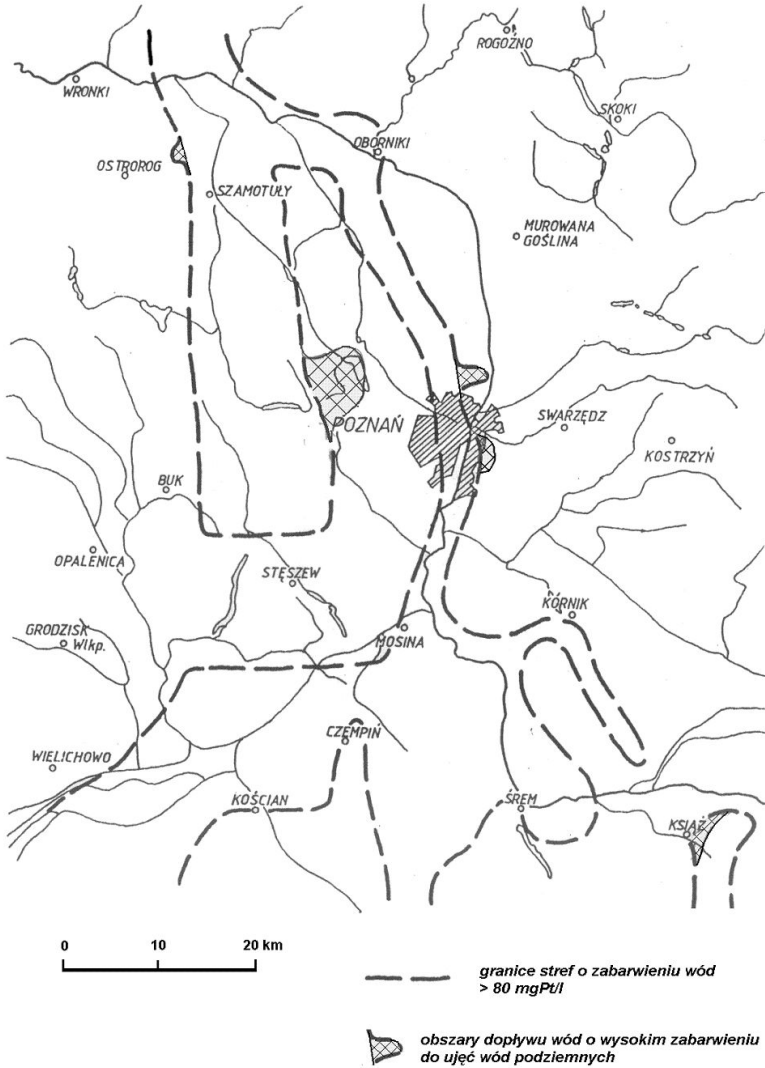
Wpływ wyżej wymienionego czynnika „b” obserwuje się natomiast w przypadku znacznej niejednorodności warunków hydrogeochemicznych w poziomie wodonośnym. Sytuacja taka znana jest np. z rejonu Wielkopolski, gdzie w mioceńskim poziomie wodonośnym występują naturalnie ukształtowane strefy o wysokim (>80 mg Pt/l) zabarwieniu wód [4]. W przypadku ujęć zlokalizowanych w pobliżu tych stref (rys. 3) może dochodzić do znacznego wzrostu zabarwienia wód co w praktyce prowadzi do likwidacji ujęć bądź też konieczności zastosowania drogich technologii uzdatniania. Sytuacja taka miała miejsce w odniesieniu do ujęć w Baranowie k/Poznań, Kiekrzu, Naramowicach, a ostatnio na ujęciu dla Zakładów Papierniczych Malta w Poznaniu.

Wpływ trzeciego czynnika „c” obserwuje się jeśli ujęcie zlokalizowane jest w pobliżu strefy ascensyjnego dopływu wód z głębszych partii środowiska o wysokim zasoleniu i/lub zabarwieniu. Zjawisko to znane jest np. w rejonie rowu tektonicznego Poznań-Gostyń w Wielkopolsce, gdzie do mioceńskiego użytkowego poziomu wodonośnego dopływają zasolone wody z podłoża mezozoicznego poprzez uskoki tektoniczne.

Należy dodać, że ascensyjny dopływ wód o niekorzystnej jakości może następować również poprzez niewłaściwie wykonane lub zlikwidowane studnie i otwory wiertnicze. Sytuację taką stwierdzono np. na ujęciu w Trzcielinie k/Dopiewa, gdzie dopływ ascensyjny wód o wysokim zabarwieniu następuje poprzez niewłaściwie zlokalizowaną, starą studnię [2].

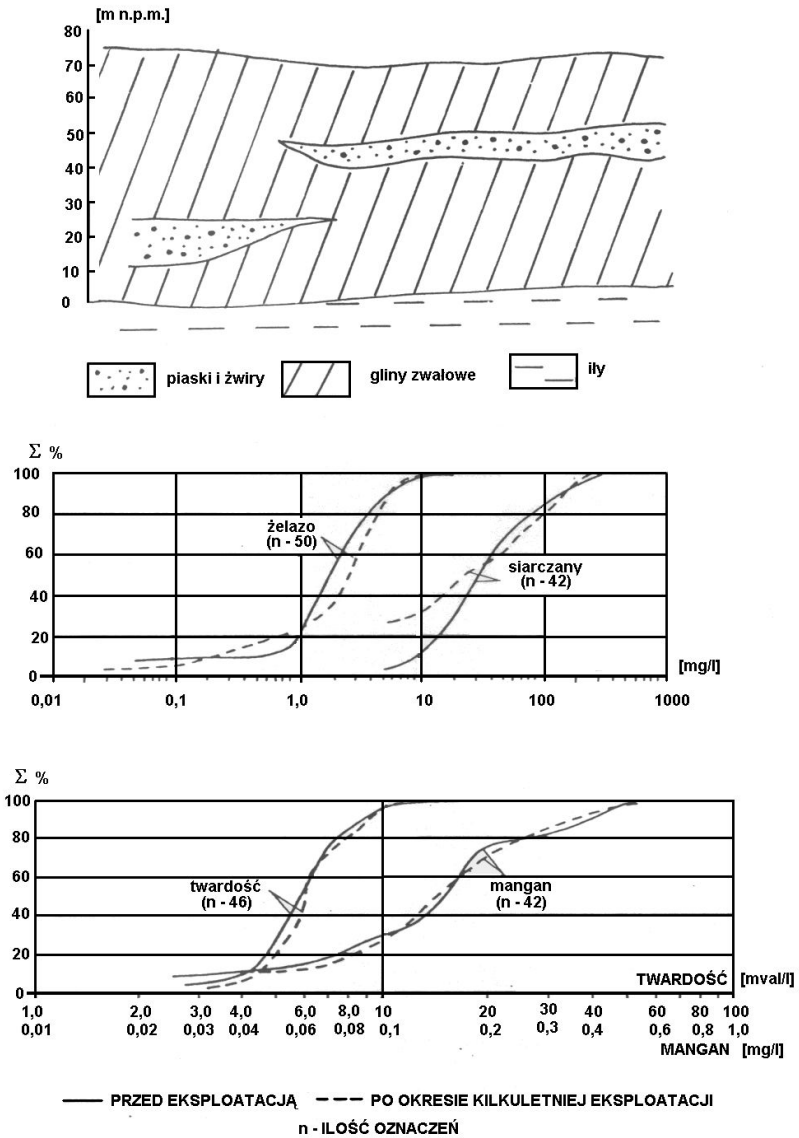
Zmiana systemu krążenia wód nie zawsze jednak prowadzi do pogarszania jakości wód. Czynnikiem ten nie wywołuje zmian lub są one niewielkie kiedy warunki hydrogeochemiczne w obszarze zasilania ujęcia są względnie jednorodne. Sytuacja taka występuje np. w rozległych dobrze izolowanych basenach artestyjskich. Korzystne warunki występują również na ogół w międzymorenowych zbiornikach pietra czwartorzędowego,

co potwierdza porównanie jakości wód przed rozpoczęciem eksploatacji i w warunkach eksploatacji dla zbiorników międzymorenowych w środkowej Wielkopolsce przedstawione na rysunku 4.



Rys.3. Występowanie stref wysokiego (>80 mgPt/l) zabarwienia wód podziemnych poziomu mioceńskiego w rejonie środkowej Wielkopolski

Fig. 3. Zones of high colour (>80 mgPT/L) of groundwater in the Miocene aquifer in the Central Great Poland region



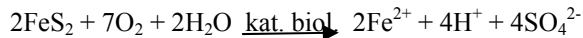
Rys. 4. Schemat występowania międzymorenowych zbiorników wodonośnych i charakterystyka zmian jakości wody w tych zbiornikach w warunkach eksploatacji na podstawie danych z rejonu środkowej Wielkopolski

Fig. 4. Schema of the intertill groundwater reservoirs and presentation of groundwater quality changes during exploitation on the base of data from Central Great Poland region

Należy dodać, że zmiany mogą nie występować również w przypadku omówionych wyżej zbiorników dolinnych o znacznym zróżnicowaniu jakości wód. Dotyczy to jednak tylko sytuacji kiedy pobór wód jest na tyle mały, że nie wpływa na zmianę zasadniczych kierunków krążenia wód.

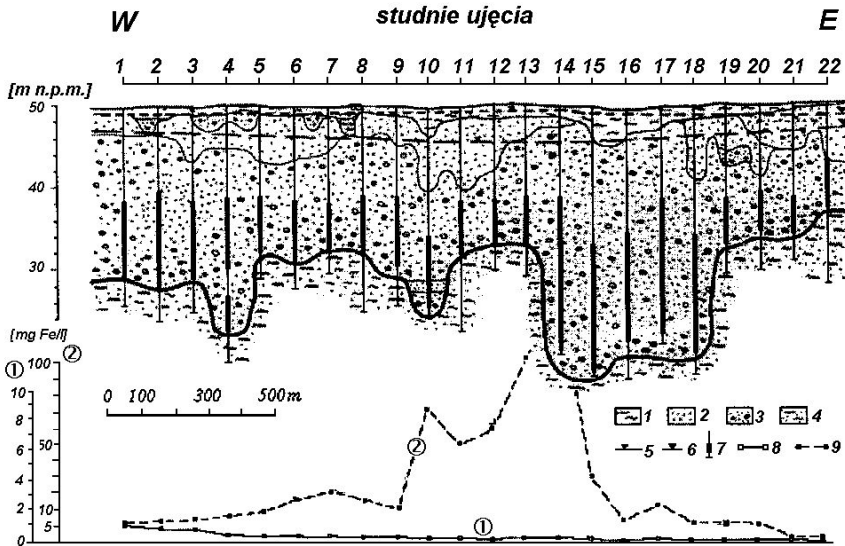
3. Zmiany jakości wód podziemnych wywołane zaburzeniem naturalnych procesów hydrogeochemicznych w warunkach eksploatacji

Istotnym czynnikiem pogarszania się jakości wody w niektórych ujęciach może być zjawisko przemian środowiska hydrogeochemicznego w warunkach eksploatacji. Zjawisko to rozwija się w szczególności w ujęciach zlokalizowanych w dolinach i pradolinach polodowcowych, gdzie w strefie przypowierzchniowej występują młode, piaszczyste utwory aluwialne z zawartością rozproszonej materii organicznej. Utwory te ze względu na system krążenia wód, a często także przykrycie warstwą praktycznie nieprzepuszczalnych mądów, mułków lub torfów są w warunkach naturalnych izolowane od wpływu czynników atmosferycznych. W tych warunkach rozkład materii organicznej prowadzi do uwalniania się jonów siarki dwuwartościowej, która łącząc się z żelazem rozpuszczonym w wodzie tworzy siarczki żelaza. Podjęcie eksploatacji wód podziemnych w takich warunkach powoduje trwałe obniżenie zwierciadła wody, co z kolei prowadzi do rozszerzenia, a często dopiero utworzenia się strefy aeracji. W utworzonej strefie aeracji zaczynają się rozwijać procesy utleniania siarczków, co prowadzi do uwalniania się żelaza dwuwartościowego oraz powstawanie kwasu siarkowego, zgodnie z poniższą reakcją:



Reakcja ta katalizowana jest przez bakterie siarkowe, a w szczególności gatunek *Thiobacillus thiooxidans*. W wyniku tej reakcji w wodzie następuje wzrost stężeń żelaza, manganu, siarczanów oraz twardości wody, a także obniżenie pH. Zjawisko to zostało po raz pierwszy zaobserwowane na ujęciu Zawada dla Zielonej Góry w pradolinie Odry [3] (rys.5). Było ono tu przyczyną katastrofalnych zmian jakości wody, które obrazują wykresy (rys.6). Powyższy proces jest zjawiskiem przejściowym i po wyczerpaniu się produktów wyjściowych procesów hydrogeochemicznych środowisko powoli wraca do stanu stabilizacji. Jest to jednak proces długotrwały i przebiega przez szereg lat. Jego oddziaływanie na jakość wód na ujęciu Zawada zaznaczało się przez 16 lat.

Omówione zjawisko występuje na wielu ujęciach zlokalizowanych w dolinach i pradolinach polodowcowych. Jego przebieg i skala zmian jakości wody są zróżnicowane i zależą od lokalnych warunków hydrogeochemicznych. Stopień pogorszenia się jakości wody zależy przede wszystkim od zawartości siarczków w strefie poddanej oddziaływaniu tlenu atmosferycznego. Nawet jednak kiedy siarczki nie występują, może występować pogorszenie jakości w mniejszej skali będące efektem utleniania substancji organicznej co prowadzi do powstawania kwasu węglowego. W celu ograniczenia powyższego zjawiska na jakość wód i określenia jego skali niezbędne jest wykonanie odpowiedniego rozpoznania hydrochemicznego i geochemicznego na etapie projektowania ujęcia oraz określenie reżimu jego eksploatacji, a w szczególności dopuszczalnych depresji eksploatacyjnych. Należy podkreślić, że wyłączenie studni z eksploatacji po wystąpieniu zjawiska znacznie wydłuża jego przebieg w czasie.

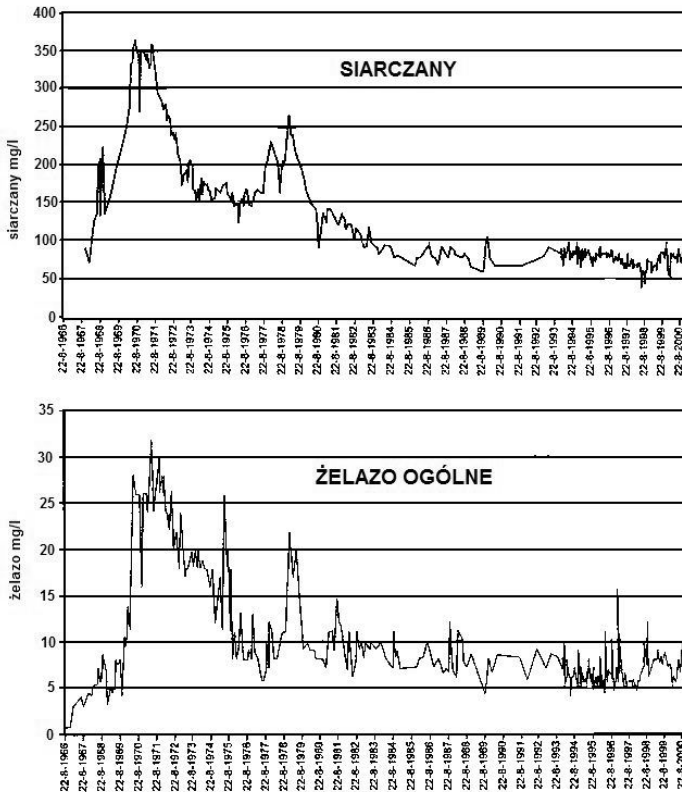


Rys. 5. Przekrój hydrogeologiczny przez barierę studni ujęcia „Zawada” dla Zielonej Góry

Fig. 5. Hydrogeological cross section along “Zawada” well barrier near City of Zielona Góra

Należy również dodać, że powyższy proces przemian hydrogeochemicznych może rozwijać się nie tylko w wyniku utleniania siarczoków naturalnego pochodzenia, ale również powstających w środowisku wyniku wprowadzania zanieczyszczeń w rejonach oddziaływania ścieków, odcieków ze składowisk odpadów oraz infiltracji wód powierzchniowych zanieczyszczonych ściekami.

Szczegółowsze omówienie procesu utleniania siarczoków i jego wpływu na jakość wód na ujęciach można znaleźć w publikacjach: [1, 3, 5 i 6].



Rys. 6. Zmiany jakości wody na ujęciu Zawada dla Zielonej Góry w wyniku utleniania siarczków

Fig. 6. Groundwater quality changes as a result of sulphide oxidation on "Zawada" well field providing with water City of Zielona Góra

4. Wpływ czynników związanych ze zmianami warunków krążenia wód i obniżaniem zwierciadła wody na wzrost stężeń żelaza i manganu

Efektom oddziaływania omówionych wyżej w rozdziale 2 i 3 czynników mających wpływ na pogarszanie się jakości wody jest w szczególności wzrost stężeń żelaza i manganu. Zjawisko to może powodować duże komplikacje w uzdatnianiu wody, tym bardziej, że wzrostowi stężeń żelaza i manganu towarzyszy najczęściej wzrost agresywności wody. Skala i zakres zjawiska jest zróżnicowane w odniesieniu do ujęć zlokalizowanych w różnych zbiornikach wodonośnych co zobrazowano w tabeli 1.

Tab. 1. *Przyczyny i zakres zmian stężeń żelaza i manganu w warunkach poboru wód podziemnych z różnych zbiorników wodonośnych*

Tab. 1. *The reasons and range of iron and manganese concentrations changes during groundwater exploitation from different aquifers*

Zbiornik wodonośny	Przyczyna wzrostu stężeń Fe i Mn	Zakres zmian
Doliny rzeczne i pradoliny, tarasy zalewowe	Zmiana warunków krążenia wód. Utlenianie siarczków i substancji organicznej	Możliwy, bardzo wysoki wzrost stężeń Fe do kilkudziesięciu mg/l i Mn do kilku mg/l
Doliny rzeczne i pradoliny, tarasy wyższe, strefy krawędziowe	Zmiana warunków krążenia wód. Utlenianie siarczków i substancji organicznej	Na ogół 2-3 krotny wzrost stężeń Fe i Mn związany głównie ze zmianą warunków krążenia wód
Zbiorniki masywów szczelinowych	Zmiana warunków krążenia wód. Utlenianie siarczków i substancji organicznej w dolinach rzecznych	Możliwy wzrost stężeń Fe i Mn w różnej skali w przypadku uruchomienia dopływu wód z przypowierzchniowych dolin rzecznych
Sandry powierzchniowe	Dopływ wód z utworów aluwialnych rozwiniętych na sandrze	Na ogół zmiany nie występują. W przypadku dopływu wód z dolin rzecznych możliwy wzrost stężeń Fe i Mn rzędu kilkudziesięciu procent
Doliny kopalne	Zmiana warunków krążenia wód	Możliwy niewielki wzrost stężeń Fe i Mn najczęściej rzędu kilkudziesięciu procent
Zbiorniki międzymorenowe	-	Na ogół nie obserwuje się wzrostu stężeń Fe i Mn

Jak wynika z powyższej tabeli największy, czasami katastrofalny, wzrost stężeń żelaza i manganu może występować w ujęciach zlokalizowanych na tarasach zalewowych dolin i pradolin lub w ich pobliżu. Przyczyną zmian jest tu zarówno zmiana systemu krążenia jak i utleniania siarczków i substancji organicznej, przy czym w pierwszych latach eksploatacji zaznacza się wpływ pierwszego czynnika, a dopiero po 3-4 latach rozwija się proces utleniania siarczków. Znacznie mniejszy wzrost stężeń żelaza i manganu występuje natomiast przy lokalizacji ujęcia na tarasach wyższych dolin i pradolin, a w szczególności w ich strefach krawędziowych.

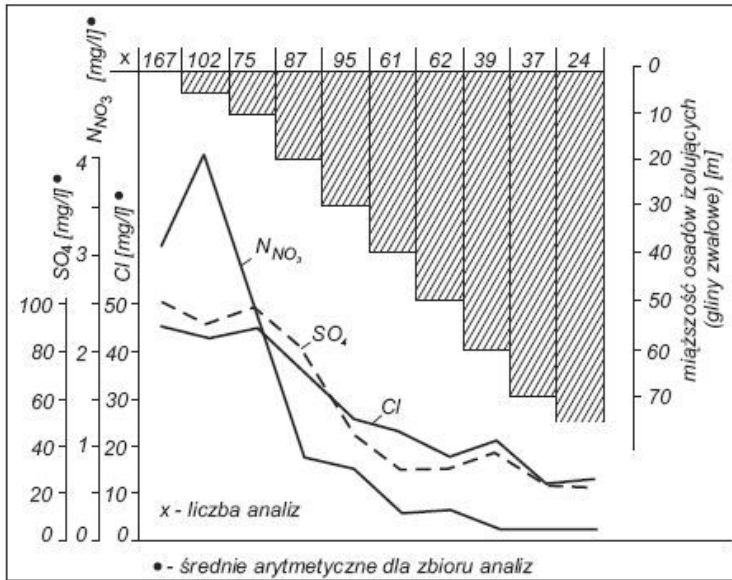
Znaczące ograniczenie lub nawet wyeliminowanie wzrostu stężeń żelaza i manganu można również uzyskać poprzez lokalizację ujęcia w bezpośredniej bliskości rzeki zasilanego w dominującym stopniu wodami infiltracyjnymi.

Należy podkreślić, że wpływ dolin rzecznych na wzrost stężeń żelaza i manganu może zaznaczać się również w pewnym stopniu przy ujmowaniu wód z masywów szczelinowych i sandrów jeśli w obszarze zasilania ujęć z tych zbiorników rozwinięte są doliny rzeczne. W przypadku zbiorników kopalnych izolowanych warstwami utworów niewodonośnych stosunkowo niewielki wzrost stężeń żelaza i manganu może występować w dolinach kopalnych. Nie obserwuje się natomiast na ogół zmian tych parametrów przy ujmowaniu wód ze zbiorników międzymorenowych.

5. Zmiany jakości wód podziemnych w wyniku oddziaływania ognisk zanieczyszczeń

Zagrożenia jakości wód podziemnych związane z oddziaływaniem ognisk zanieczyszczeń uwarunkowane są podatnością poziomów wodonośnych na zanieczyszczenia oraz stopniem i rodzajem presji antropogenicznej w obszarze zasilania ujęcia. Wrażliwe na zanieczyszczenia są odkryte i słabo izolowane poziomy wodonośne. Dotyczy to w szczególności odkrytych i słabo izolowanych masywów szczelinowo-krasowych i szczelinowych, a także sandrów powierzchniowych, dolin i pradolin oraz słabo izolowanych poziomów międzyglinowych.

Z badań na terenie środkowej Wielkopolski [4] wynika, że intensywne zanieczyszczenie wód podziemnych w zbiornikach czwartorzędowych może występować przy miąższości utworów izolujących (glin zwałowych) poniżej 20 m (rys. 7). Zanik wpływu antropopresji zaznacza się zaś przy miąższości glin powyżej 50-60 m. Niekiedy jednak zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego mogą pojawiać się nawet w głębokich studniach ujmujących wody dobrze izolowanych poziomów wodonośnych. W tym przypadku jest to jednak efekt wad konstrukcyjnych studni bądź niewłaściwej likwidacji nieczynnych studni i otworów wiertniczych co umożliwia dopływ zanieczyszczeń z płytkich przypowierzchniowych poziomów wodonośnych. Zanieczyszczenia migrujące tą drogą ujawniają się głównie po postoiu studni, a ich przejawem może być również zanieczyszczenie bakteriologiczne.



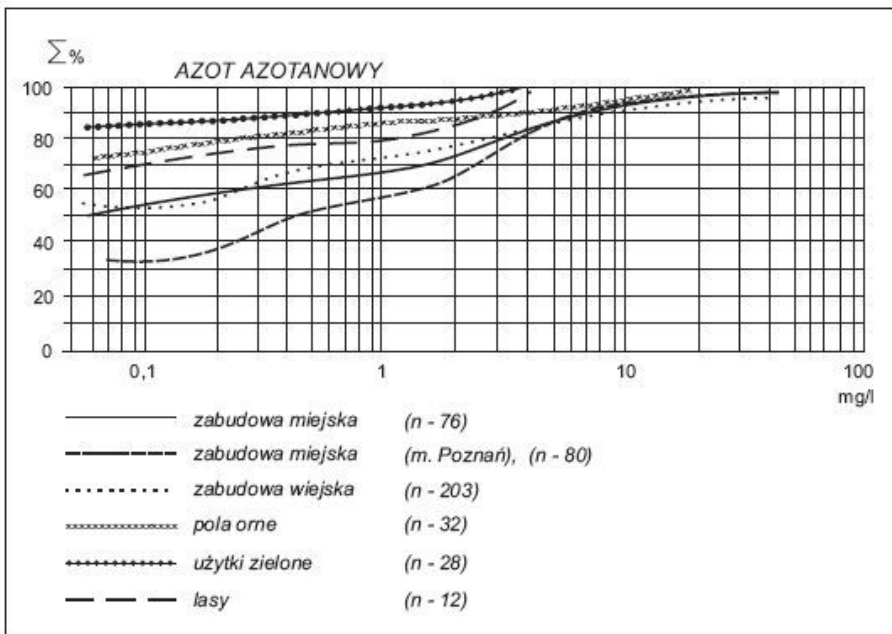
Rys.7. Wpływ zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego na jakość wód podziemnych w zależności od stopnia izolacji poziomu wodonośnego (na podstawie danych z rejonu środkowej Wielkopolski)

Fig. 7. The influence of anthropogenic contaminations on groundwater quality according to confining conditions of aquifers (on the base of data from the Central Great Poland region)

Przyczyną zanieczyszczenia antropogenicznego mogą być różnego typu ogniska o charakterze punktowym, liniowym lub małopowierzchniowym takie jak: składowiska odpadów, hałdy, mogilniki, pola filtracyjne ścieków, fermy, uciążliwe dla środowiska zakłady przemysłowe, bazy i stacje paliw itp.

W wyniku oddziaływania tego rodzaju ognisk notowane były w przeszłości przypadki całkowitej degradacji jakości ujęć wód podziemnych prowadzące do ich likwidacji. Dotyczyło to np. ujęć dla Częstochowy, Czarnkowa, Gostynia, Połańca, Cekcy na Pomorzu, Piły.

Najczęściej jednak zanieczyszczenie jest efektem sumarycznego oddziaływania ognisk związanych z terenami nieskanalizowanej zabudowy miejskiej i wiejskiej oraz intensywnego rolnictwa. Najbardziej zanieczyszczone są płytkie wody podziemne w rejonach nieskanalizowanego osadnictwa gdzie od wielu lat następuje kumulacja zanieczyszczeń związanych ze ściekami, komunikacją (środki zimowego utrzymania dróg) nawożeniem i hodowlą (rys. 8).



Rys. 8. Azotany w płytkich wodach podziemnych w zależności od zagospodarowania terenu w rejonie ujęcia (dane dla studni o głębokości < 30 m z rejonu środkowej Wielkopolski)

Fig. 8. Nitrates in shallow groundwater according land use around the wells (data for the wells below 30 m depth, Central Great Poland region)

Najbardziej uciążliwym zanieczyszczeniem wynikającym z oddziaływania tych ognisk są azotany. Badania wykazują, że w płytkich poziomach wodonośnych na terenie nieskanalizowanego osadnictwa ich stężenia często przekraczają normę dla wód do zaopatrzenia

ludności. Przejawem zanieczyszczenia są również podwyższone stężenia chlorków i siarczanów. Zanieczyszczenie azotanami stanowi szczególny problem w odkrytych zbiornikach szczelinowych, gdzie azotany mogą migrować na znaczne głębokości.

W zbiornikach porowych migrację azotanów do głębszych poziomów wodonośnych ogranicza w pewnym stopniu denitryfikacja azotanów. Proces ten prowadzi jednak do dużego wzrostu stężeń siarczanów i twardości wody. Zjawisko to zaobserwowano m.in. na ujęciach dla Inowrocławia i Gorzowa.

6. Podsumowanie i wnioski

Na większości ujęć wód podziemnych obserwuje się pogarszanie jakości wód w warunkach eksploatacji. Pogorszenie może być związane ze zmianą systemu krążenia wód, przemianami środowiska hydrogeochemicznego oraz oddziaływaniem ognisk zanieczyszczeń.

Pogorszenie się jakości wody w wyniku zmian systemu krążenia jest efektem mieszania się wód z różnych środowisk hydrogeochemicznych i zaznacza się głównie w zbiornikach wodonośnych dolin i pradolin polodowcowych, a w mniejszym stopniu dolin kopalnych. Zjawisko to może występować również w masywach szczelinowych zasilanych w warunkach eksploatacji z utworów aluwialnych dolin. Efektem powyższego zjawiska jest w szczególności wzrost stężeń żelaza i manganu, a często również azotu amonowego, utleniałości i barwy.

Znaczne pogorszenie jakości wód podziemnych w wyniku zmian krążenia może zachodzić również przy poborze wód z mioceńskich zbiorników wodonośnych, w przypadku usytuowania ujęć w pobliżu naturalnie ukształtowanych stref o wysokim zabarwieniu i/lub zasoleniu. Zjawisko to zaobserwowano na kilku ujęciach w Wielkopolsce i doprowadziło ono do konieczności likwidacji ujęć lub zastosowania drogich technologii uzdatniania wody.

Największe zmiany jakości wód objawiające się wzrostem stężeń żelaza, siarczanów, twardości i manganu. Związane są one z trwałym obniżeniem zwierciadła wody podczas eksploatacji i rozwojem w tych warunkach procesów utleniania siarczków i substancji organicznych. Zjawisko to rozwija się w szczególności w zbiornikach dolin i pradolin polodowcowych.

Pogorszenie jakości wód podziemnych w wyniku oddziaływania zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego obserwuje się w odkrytych i słabo izolowanych zbiornikach wodonośnych. Dotyczy to w szczególności słabo izolowanych masywów szczelinowo-krasowych i szczelinowych, sandrów, dolin i pradolin oraz słabo izolowanych poziomów międzymorenowych, przykrytych warstwa glin o miąższości poniżej 20 m. Zanik wpływu antropopresji obserwuje się przy miąższości izolujących glin zwałowych powyżej 50-60 m.

Dopływ zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego zaznacza się czasami również w wodzie pobieranej z głębokich, dobrze izolowanych poziomów wodonośnych. W tym przypadku jest to jednak efekt wad konstrukcyjnych studni lub niewłaściwa likwidacja studni nieeksploatowanych.

Pogorszenie się jakości wody w wyniku antropopresji jest najczęściej efektem oddziaływania obszarowych ognisk zanieczyszczeń, a w szczególności nieskanalizowanego osadnictwa miejskiego i wiejskiego oraz intensywnego rolnictwa. Przejawem oddziaływania tych ognisk jest głównie wzrost stężeń azotanów i siarczanów, a także chlorków w rejonie osadnictwa.

Powszechność zjawiska pogarszania się jakości wód podziemnych w trakcie eksploatacji wskazuje na konieczność prognozowania zmian na etapie projektowania ujęcia. Istotne znaczenie ma również właściwy wybór lokalizacji i konstrukcji ujęcia na podstawie odpowiedniego rozpoznania warunków hydrogeochemicznych. Jednak ze względu na bardzo orientacyjny najczęściej charakter prognoz jakości wód ważne znaczenie ma monitoring eksploatacyjny wody surowej oraz monitoring osłonowy ujęcia. Systematyczne prowadzenie tych monitoringów pozwala na podejmowanie z odpowiednim wyprzedzeniem odpowiednich działań w zakresie zmiany reżimu eksploatacji oraz systemu uzdatniania wód, a także ochrony ich jakości.

Bibliografia

- [1] Błaszyk T., Górski J. Groundwater quality changes during exploitation. *Ground Water*, z. 1-2. 1981
- [2] Dragon K., Górski J., Marciniak M., Kasztelan D. Geneza i warunki migracji intensywnie zabarwionych wód w poziomie wielkopolskiej doliny kopalnej. *GEOLOGOS 12, Monographiae 4*, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, 2007
- [3] Górski J. Kształtowanie się jakości wód podziemnych utworów czwartorzędowych w warunkach naturalnych oraz wymuszonych eksploatacją. *IKŚ warszawa*, 1981.
- [4] Górski J. Główne problemy chemizmu wód podziemnych utworów kenozoiku Środkowej Wielkopolski. *Zesz. Nauk. AGH nr 45 Kraków*, 1989
- [5] Kleczkowski A.S. (red.). *Ochrona wód podziemnych*. Wyd. Geol., Warszawa, 1984.
- [6] Kubisz E., Ratajczak W. Przyczyny i wielkość zanieczyszczenia komunalnego ujęcia wód podziemnych w pradolinie Odry. *Prz. Inform. Inst. Gosp. Kom., Wodociągi i Kanalizacja, Nr 5 Warszawa*, 1972