

Budowa geologiczna i wody podziemne okolic Wrocławia

Mariusz Mądrala

Rejon Wrocławia położony jest na granicy dwóch dużych jednostek geologicznych (Różycki M., 1968, Winnicka G., 1988). Starszą z nich stanowi blok przedsudecki, rozciągający się na północny wschód od Sudetów pomiędzy uskokiem brzeźnym i uskokiemi środkowej Odry (rys. 1). Blok przedsudecki tworzy proterozoiczno-paleozoiczna seria skał krystalicznych odsłaniająca się na powierzchni jako masywy Ślęży, Strzegomia–Jawora i Strzelina. Strefa uskokowa środkowej Odry oddziela blok przedsudecki od drugiej jednostki geologicznej jaką tworzy permsko-mezozoiczna seria skał osadowych monokliny przedsudeckiej. Obie te jednostki przykrywa kompleks kenozoicznych osadów trzeciorzędowych i czwartorzędowych (rys. 2). Przedtrzeciorzędowa seria skał osadowych na omawianym obszarze nie wychodzi nigdzie na powierzchnię i znana jest przede wszystkim z wierzeń, podobnie jak część krystaliniku leżąca poza wspomnianymi masywami.

Stratygrafia utworów przedtrzeciorzędowych

W obrębie bloku przedsudeckiego krystaliczne podłoże okolic Wrocławia tworzą proterozoiczne łupki metamorficzne (wapienno-krzemianowe, łyszczykowe), gnejsy i granitoidy, bardziej na południe także amfibolity i serpentynity. (Oberc J., 1972, Winnicka G., 1988, Kłapciński J., 1993). W przeważającej większości skały te powstały w wyniku metamorficznego przobrażenia skał osadowych skał paleozoicznych i starszych. Skały proterozoiczne spoczywają bezpośrednio pod osadami karbońskimi bądź też permскими piaskowcami monokliny przedsudeckiej. Osady karbonu reprezentowane są przez szarobrunatne piaskowce i zlepieńce z wkładkami łupków ilastych. W proterozoiczne skały metamorficzne intrudowały skały magmowe zarówno głębinowe jak i wylewne, z których część odsłania się na powierzchni. Są to waryscyjskie granitoidy Strzegomia i Strzelina, gabra Ślęży oraz trzeciorzędowe bazalty Strzegomia. Według niektórych poglądów masyw serpentynitowo-gabrowy Ślęży stanowi ofiolit będący fragmentem skorupy oceanicznej (Pin C., Majerowicz A., Wojciechowska I., 1988).

Monoklinę przedsudecką tworzą osady permskie, triasowe i kredowe (Kłapciński J., 1971, 1993). Perm wykształcony jest w postaci piaskowców i zlepieńców czerwonego piaskowca oraz cechsztyńskich iłowców, anhydrytów, dolomitów, wapieni i piaskowców. Stwierdzona w otworach wiertniczych miąższość czerwonego spągowca przekracza 200 m, a cechsztynu 100 m. Osady triasu na tym obszarze reprezentują ogniwa stratygraficzne pstrego piaskowca, wapienia muszlowego i kajpru. W spągowej części osady pstrego piaskowca budują piaskowce z wkładkami iłowców, natomiast w części stropowej reprezentowane są przez margliste iłowce licznie przewarstwiane anhydrytami, wapieniami i dolomitami. Miąższość osadów pstrego piaskowca waha się od 100 do ponad 400 m. Powyżej zalegają skały wapienia muszlowego o miąższości od 150 do 200 m. W utworach tych dominują różne odmiany wapieni oraz podrzędnie występujące dolomity i margle o różnym stopniu porowatości i kawernowatości. Najwyższą część triasu stanowi kajper zbudowany z 200 m serii łupków i iłowców z wkładkami piaskowców i dolomitów. Na osadach triasu kończy się w większej części rejonu Wrocławia seria osadowa monokliny przedsudeckiej. Jedynie na południowy wschód od miasta, od Oławy począwszy, na triasie zalegają jeszcze osady górnej kredy wykształcone jako piaskowce, miejscami zlepieńcowate, przechodzące ku górze w margle.

Utwory Kenozoiku

Z wyjątkiem wzniesień zbudowanych ze skał krystalicznych podłoże kenozoiku przykrywa ciągła pokrywa utworów trzeciorzędowych o miąższości 100-150 m (rys. 2). Składają się one prawie wyłącznie z luźnych skał osadowych wykształconych jako mioceńskie ropy, piaski i mułki, w stropowej części z cienkimi soczewkami węgla. W części omawianego obszaru trzeciorzędową sedymentację kończą plioceńskie gliny, piaski i żwiry serii Gozdnicy. Trzeciorzęd często odkrywa się na powierzchni terenu. W obrębie Wrocławia odsłania się w zachodniej części miasta w rejonie Pilczyc, Stabłowic i Żernik na terenie wyrobisk po byłych cegielniach.

Na przełomie trzeciorzędu i czwartorzędu, w Sudetach i na obszarze przedsudeckim, rozwinęła się sieć rzeczna, która wytworzyła system kopalnych dolin w rozmywanych na skutek erozji rzecznej osadach trzeciorzędu (Dyjur S., 1987 Kryza J., Poprawski L., 1987). We wczesnym plejstocenie doliny kopalne, stwierdzone także w rejonie Wrocławia, były zasypywane piaskami i żwirami akumulacji rzecznej. Utwory czwartorzędowe w rejonie Wrocławia związane są głównie z osadami wysoczyzn morenowych wykształconych jako kompleks glin zwałowych rozdzielanych nieciągłymi przewarstwieniami piasków i żwirów wodnolodowcowych, powstałych na skutek plejstocenijskich zlodowaceń (Winnicka G., 1988). Lokalnie w profilu spotykane są również mułki, piaski i ropy zastoiskowe, a także utwory eoliczne o charakterze wydymowym. U schyłku epoki lodowcowej powstaje pradolina Odry, będąca szerokim obniżeniem wypełnionym osadami fluwioglacjalnymi. W trakcie ostatniego zlodowacenia ostatecznie formuje się współczesna dolina Odry wraz z tarasami nadzalewowymi. W holocenie wody Odry tworzą tarasy zalewowe wykształcone w postaci piasków i żwirów oraz namulów. Na skutek naturalnych procesów rzecznych a także prac regulacyjnych prowadzonych przez człowieka w dolinie Odry powstało szereg starorzeczy.

Tektonika

Utwory przedtrzeciorzędowe podlegały kilkakrotnie ruchom tektonicznym. Proterozoiczne skały metamorficzne i utwory karbońskie podlegały fałdowaniu i tektonice uskokowej (Winnicka G., 1988). Zalegające na nich osady permo-mezozoiczne tworzą monoklinę zapadającą maksymalnie pod kątem kilku stopni na północny wschód. Na skutek ruchów tektonicznych z przełomu kredy i trzeciorzędu utwory monokliny zostały pocięte systemem uskoków, o zrzutach osiagających setki metrów, na szereg wzajemnie poprzesuowanych bloków tektonicznych. Dominujący system uskoków jest równoległy do przebiegu doliny Odry (rys. 1, 3). W efekcie ruchów tektonicznych w zachodniej części Wrocławia obserwujemy pod utworami kenozoiku wychodnie permu i dolnego triasu, natomiast we wschodniej części miasta kajpru i wapienia muszlowego. W trzeciorzędzie zapoczątkowane zostały obniżające i wznoszące ruchy tektoniczne, które trwają prawdopodobnie do dzisiaj. Z czwartorzędem związane są z kolei deformacje glacitektoniczne mające w rejonie Wrocławia ograniczony zasięg.

Charakterystyka warunków geologiczno-inżynierskich

W rejonie Wrocławia można wyróżnić dwa obszary o wyraźnie odmiennych warunkach geologiczno-inżynierskich (Buksiński S. i inni, 1974, Winnicka G, 1988). Jeden związany z obszarem wysoczyzny morenowej obejmujący generalnie południową część miasta oraz drugi związany z doliną Odry (rys. 2). Na obszarze wysoczyzny morenowej dominują gliny morenowe oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe. Gliny wykazują stałą miąższość rzędu 3-5 m, jedynie na obszarze samego miasta pokrywa tych utworów nie jest ciągła. Zwierciadło

wód gruntowych występuje przeważnie poniżej 2 metrów. Gliny zwałowe charakteryzują się dobrymi parametrami wytrzymałościowymi stwarzając korzystne warunki dla posadowienia obiektów budowlanych. Piaski i żwiry zajmują niewielką część wysoczyzny i wykazują małe zróżnicowanie własności fizyczno-mechanicznych co pozwala na ograniczenie zakresu badań geologiczno-inżynierskich. Holocenijska dolina Odry wykształcona jest w postaci piasków, żwirów i namulów tarasów zalewowych i starorzeczy. Namuły wykazują dużą plastyczność i wilgotność natomiast piaski i żwiry charakteryzują się niskim stopniem zagęszczenia. Poziom wód gruntowych występuje na głębokości 0-2 m. Mozaikowa zmienność tych osadów, silne zawodnienie oraz słabe własności geotechniczne utrudniają i komplikują prowadzenie prac budowlanych na tym obszarze. Dodatkowo na obszarze pradoliny Odry mamy do czynienia ze stałą subsydencją podłoża wskutek diagenety osadów co powoduje problemy z osiadaniem obiektów budowlanych. Niekorzystne warunki posadowienia budowli związane są także z obszarami wychodni iłów trzeciorzędowych. W rejonie Pilczyc zaobserwować można nierównomiernie osiadanie i pękanie budowli spowodowane złym odwadnianiem i zasoleniem ilastego podłoża. Obszar Wrocławia charakteryzuje się także występowaniem wód agresywnych w stosunku do betonu i żelaza. W płytkich wodach czwartorzędowych doliny Odry i jej dopływów stwierdzona została agresywność siarczanowa, węglanowa i kwasowa (Winnicka G., 1988, Szadorski J., 1996, Jerz U., 1997).

Złoża kopalin mineralnych

Na tle Dolnego Śląska miasto i jego okolice nie posiada licznych i bogatych złóż kopalin. Z osadów czwartorzędu przedmiotem eksploatacji są piaski i żwiry rzeczne oraz fluwioglacjalne dostarczające kruszywa budowlanego. Znacznie większą wartość przedstawiają złoża glin i iłów trzeciorzędowych stosowane w produkcji ceramiki budowlanej. Na obszarze zachodniej części Wrocławia, w rejonie Pilczyc i Stabłowic, spotkać można zalane wyrobiska po zakończonej eksploatacji tych kopalin. Na głębokościach kilkuset metrów stwierdzono okruszczowanie minerałami Cu, Zn i Pb wapieni i łupków cechsztyńskich a także złoża triasowych i permskich anhydrytów. Na obszarze Wrocławia nawiercone zostały również wody termalne w utworach wodonośnych permu i triasu.

Poziomy wodonośne w rejonie Wrocławia.

Na obszarze Wrocławia i w jego najbliższym otoczeniu wydzielić można cztery piętra wodonośne występujące w utworach czwartorzędu, trzeciorzęd, triasu i permu (Różycki M., 1969, Mroczkowska B., Michniewicz M., 1974, Malinowski J., 1991). Najpłycej położone piętro wodonośne czwartorzędu stanowi najbardziej dostępny, a przez to najczęściej wykorzystywany zbiornik wód podziemnych.

W utworach czwartorzędowych poziomy wodonośne tworzą osady dolin kopalnych, piaski i żwiry fluwioglacjalne oraz osady rzeczne (rys. 3, 4, 5). Piaski i żwiry wodnolodowcowe nie tworzą ciągłego poziomu lecz szereg lokalnych, izolowanych zbiorników wód podziemnych rozdzielanych glinami zwałowymi. Piaski i żwiry tarasów zalewowych jedynie w dolinie Odry i Oławy tworzą poziomy wodonośne o znacznym rozprzestrzenieniu i zmiennych miąższościach osiagających maksymalnie kilkanaście metrów. Od powierzchni utwory wodonośne izolowane są często słabo przepuszczalnymi namułami. Poziomy wodonośne w aluwiach Odry i Oławy nie umożliwiają eksploatacji znacznych ilości wód podziemnych, ale stwarzają sprzyjające warunki do budowy ujęć infiltracyjnych. Najbardziej wodonośne utwory czwartorzędu tworzą przepuszczalne osady dolin kopalnych związanych z systemem eoplejstocenijskiej sieci rzecznej. Struktury wodonośne dolin kopalnych rozpoznane zostały w bezpośrednim sąsiedztwie Wrocławia w

okolicach Oleśnicy, Wołowa i Kątów Wrocławskich (Dendewicz A., Krawczyk J., 1989). Są to następujące jednostki: oleśnicka, nieciszowska i bogdaszowicka. Zazwyczaj w utworach czwartorzędowych występuje jeden użytkowy poziom wodonośny, jedynie w obrębie struktur kopalnych dwa, a niekiedy, jak np. w okolicy Oleśnicy, nawet trzy poziomy wodonośne. Utwory wodonośne czwartorzędu, z wyjątkiem dolin kopalnych, posiadają niewielką miąższość rzędu od kilku do kilkudziesięciu metrów. W obrębie struktur kopalnych miąższości utworów wodonośnych są znaczne i wahają się od kilkudziesięciu do ponad 100 m w jednostce bogdaszowickiej. W utworach fluwialnych i fluwiogłacjalnych zwierciadło wód podziemnych ma charakter swobodno-aporowy i położone jest na głębokości od kilku do kilkunastu metrów. Zasilanie tych utworów odbywa się poprzez infiltrację wód opadowych. Zasilanie subartezyjskich lub artezyjskich warstw wodonośnych w dolinach kopalnych jest związane z dopływami wódaporowych pochodzących z utworów trzeciorzędowych. Poziomy wodonośne w tych strukturach są dobrze izolowane od powierzchni osadami słabo przepuszczalnymi.

Piętro wodonośne trzeciorzędu stanowią piaski, rzadziej żwiry, miocenu tworzące soczewy o zróżnicowanej miąższości i rozciągłości w obrębie dominujących utworów ilastych. W utworach trzeciorzędu występuje od jednego do trzech poziomów wodonośnych, często rozczłonkowanych, tworzących wielowarstwowy system o zmiennych miąższościach. Ze względu na małą zasobność i niską jakość eksploatacja tych wód na obszarze Wrocławia odbywa się jedynie w rejonie Leśnicy, Maślic, Muchoboru, Zakrzowa i Swojczyc. Utwory wodonośne o miąższości kilkudziesięciu metrów zalegają na głębokości od 40 do ponad 100 m poniżej powierzchni terenu. Zwierciadło wód ma charakteraporowy lokalnie artezyjski. Stwierdzone wcześniej na obszarze miasta samowypływy, wskutek intensywnej eksploatacji, straciły swój artezyjski charakter. Poza Wrocławiem użytkowe warstwy wodonośne trzeciorzędu występują także w obszarze pomiędzy Wiązowem, Oławą i Oleśnicą oraz Trzebnicą, Wołowem i Środą Śląską (Krawczyk J. i inni, 1996).

Rozpoznanie utworów wodonośnych triasu i permu umożliwiło wykonanie pod koniec lat 70. głębokich otworów wiertniczych położonych na terenie Wrocławia (Biel Z, Dendewicz A., Młodzianowski S., 1983). Triasowe piętro wodonośne obejmuje poziom wodonośny wapienia muszlowego i pstrego piaskowca. Znaczenie użytkowe dla eksploatacji wód posiada poziom wapienia muszlowego. Wodonośne wapienie i dolomity rozpoznane zostały w całym profilu wapienia muszlowego. Strop tych warstw nawiercono na głębokości od 180 do 380 metrów. Zwierciadło wód szczelinowych środkowego triasu ma charakter artezyjski i stabilizuje się na wysokości kilku lub kilkunastu metrów nad powierzchnią terenu.

Zalegający poniżej szczelinowo-porowy poziom wodonośny pstrego piaskowca charakteryzuje się niską wodonośnością i wysokim zasoleniem wód. Zwierciadło wód tego poziomu ma charakter artezyjski i nawiercone zostało w drobnoziarnistych piaskowcach na głębokości kilkuset metrów. Z uwagi na wysoką mineralizację wody pstrego piaskowca tworzą prawdopodobnie jeden poziom z niżej występującymi osadami czerwonego spągowca.

Warunki hydrogeologiczne w obrębie permskiego piętra wodonośnego nie są w rejonie Wrocławia bliżej rozpoznane. Wody podziemne występują w piaskowcach czerwonego spągowca i cechsztyńskich dolomitach, na głębokościach od 138 m w rejonie Muchoboru Wielkiego do 610 m w północnej części miasta. Cechsztyńskie dolomity zawierają wody termalne (20 °C) o silnej mineralizacji, podczas gdy wody dolnopermskich piaskowców wykazują niskie zawodnienie i niewielkie zmineralizowanie.

Skład chemiczny i jakość wód podziemnych.

Warunki hydrogeologiczne w rejonie Wrocławia oraz stopień antropopresji wpływają znacząco zarówno na skład chemiczny jak też jakość wód podziemnych. Czwartorzędowe

piętro wodonośne wykazuje dużą zmienność składu chemicznego wód w profilu pionowym, jak i w poziomie. Wody w osadach rzecznych i fluwioglacjalnych stanowią pierwszy, zazwyczaj nie izolowany od powierzchni poziom wodonośny szczególnie podatny na zanieczyszczenie. W obszarach nie objętych antropopresją wody czwartorzędu należą do obojętnych (pH = 6,5-7,5), miękkich lub średnio twardych o mineralizacji rzędu od 200 do 600 mg/l i dominującym udziale jonów wodorowęglanowych. W wodach tych stwierdza się zazwyczaj podwyższone stężenia żelaza i manganu. Wyraźne pogorszenie jakości przypowierzchniowego poziomu wód podziemnych czwartorzędu obserwuje się na obszarach zurbanizowanych, zarówno w mieście jak i na przyległych terenach wiejskich. Na obszarach wiejskich obserwuje się podwyższoną mineralizację ogólną rzędu 1-2, a nawet 3 g/l oraz wysokie zawartości siarczanów, chlorków, żelaza, manganu, potasu i związków azotowych (Mroczkowska B., 1995, Kryza i inni, 1995). Stan ten wynika głównie z nieuregulowanej na obszarach wiejskich gospodarki ściekowej i intensywnego nawożenia przy dużej podatności na zanieczyszczenia skał wodonośnych tego poziomu.

Na terenie aglomeracji Wrocławia, szczególnie w dolinie Odry, wody płytkiego poziomu wodonośnego wykazują również podwyższoną mineralizację dochodzącą miejscami do 2 g/l przy wzrastającej ilości siarczanów do około 0,6-0,7 mg/l (Mroczkowska B., Michniewicz M., 1974, Winnicka G., 1988, Roszak W., 1993). Wody wykazują stosunkowo wysoką twardość, generalnie obojętny odczyn i wysokie stężenia manganu i żelaza rzędu kilku a nawet kilkunastu mg/l. Niekorzystne zmiany w składzie chemicznym, w zakresie jonów siarczanowych i chlorkowych tłumaczy się ascenzyjnym dopływem silnie zmineralizowanych wód podziemnych trzeciorzędu oraz ładunkiem zanieczyszczeń wprowadzanych do warstwy wodonośnej wraz z infiltrującymi opadami. Wysokie zawartości w wodach siarczanów a także żelaza i manganu wynikają również z procesów hydrogeochemicznych w dolinach rzecznych na skutek wahań zwierciadła wód i intensywnej eksploatacji (Górski J., 1982, Mądrała M., 2000). Przykładem katastrofalnego wzrostu zawartości żelaza i manganu w ujmowanych wodach, na skutek niekorzystnych procesów hydrogeochemicznych, jest właśnie infiltracyjne ujęcie we Wrocławiu położone w dolinie Oławy (Beyschlag, Michael, 1907).

Najlepsze jakościowo wody występują w piaszczysto-żwirowych osadach dolin kopalnych. Wody te charakteryzują się niską mineralizacją rzędu 0,2-0,6 g/l przy dominującym udziale jonów wodorowęglanowych i wapniowych. W przeważającej większości są to wody obojętne, średnio twarde o podwyższonych zawartościach żelaza i manganu co wymaga prostego uzdatniania. Stężenia pozostałych elementów składu chemicznego spełniają wymagania dla wód pitnych.

Chemizm wód podziemnych w utworach wapienia muszlowego charakteryzuje się podwyższoną mineralizacją 1,7-2,1 g/l, dużą twardością oraz wysokimi stężeniami siarczanów, żelaza, manganu i fluoru (Biel Z., Dendewicz A., Młodzianowski S., 1983).

Zasoby wód podziemnych i stan ich wykorzystania

Główne zasoby wód podziemnych w rejonie Wrocławia zgromadzone są osadach trzeciorzędu i czwartorzędu. W głębiej położonych piętach wodonośnych zasoby wód są niskie co przy podwyższonej ich mineralizacji sprawia, że są mniej przydatne dla eksploatacji. Wyjątek stanowią jeszcze słabo rozpoznane wody podziemne dolnego i środkowego triasu (Kłapciński J., 1993). W obrębie struktur geologicznych czwartorzędowego piętra wodonośnego wydzielone zostały tak zwane „Główne Zbiorniki Wód Podziemnych” (GZWP) w oparciu o umownie ustalone kryteria ilościowe i jakościowe (Kleczkowski A., 1990). W rejonie wrocławskim wyróżniono początkowo cztery GZWP o numerach: 319, 320, 321 i 322 (rys. 1). W ciągu 10 lat istnienia istotnym zmianom uległy powierzchnia, przebieg granic i nazwy GZWP, a zbiornik 321 został wykreślony. Wielkość zasobów odnawialnych,

dyspozycyjnych i eksploatacyjnych wód podziemnych regionu wrocławskiego została zatwierdzona w oparciu o regionalną dokumentację niecki wrocławskiej (Krawczyk J., 1996). Dla piętra wodonośnego kenozoiku zasoby dyspozycyjne niecki wrocławskiej wyznaczone zostały na 730 tys. m³/d. Według nowszych obliczeń modelowych wynoszą one ponad 952 tys. m³/d (Poprawski i inni, 1999). Niewielkie zasoby dyspozycyjne dla piętra triasowego oszacowano na 4,4 tys. m³/d. Zatwierdzona suma zasobów eksploatacyjnych w zależności od rejonu stanowi od 50 do 90 % zatwierdzonych zasobów dyspozycyjnych. Natomiast pobór wód w czynnych ujęciach na obszarze niecki wrocławskiej, w końcu 2000 roku, wynosił zaledwie od kilku do kilkunastu procent ich zasobów eksploatacyjnych (Kryza J. i inni, 2001).

Większość małych miejscowości w rejonie Wrocławia, głównie wsi i małych osiedli, zaopatruje się w wodę z indywidualnych studni gospodarskich (Kryza J. i inni, 1995). Wody najpłytszych poziomów wodonośnych pochodzące ze studni gospodarskich nie spełniają najczęściej wymagań sanitarnych, a usunięcie zanieczyszczeń jest trudne i kosztowne. Zaledwie niewielka liczba wsi posiada własne ujęcia głębinowe lub jest podłączona do wodociągów grupowych. Miasta, w tym aglomeracja wrocławska, posiadają ujęcia oparte na eksploatacji wód podziemnych lub powierzchniowych. Zdecydowana większość studni ujmuje głębsze wody kenozoicznego piętra wodonośnego, a tylko niewielka ich liczba eksploatuje wody z utworów mezozoicznych lub paleozoiczno-prekambryjskich. Według badań przeprowadzonych przez Kryzę i innych (1995) na obszarze bloku przedsudeckiego znajduje się 779 ujęć wód podziemnych o łącznych zasobach eksploatacyjnych wynoszących 772 392 m³/d. Jedna studnia dostarcza zatem średnio 41 m³/h. Należy podkreślić, że studnie umożliwiają pobór kilkudziesięciu m³/h wód o wysokiej jakości nie wymagających wcale lub niewielkiego uzdatniania.

Wodociągi wrocławskie pobierają wodę surową z dwóch źródeł zlokalizowanych na obszarze miasta. Według danych MPWiK we Wrocławiu całkowita produkcja wody pitnej w roku 2000 wyniosła 52 945 534 m³, przy średniej wielkości dostaw dla miasta w wysokości 140 316 m³/h. Podstawowym źródłem wody surowej dla potrzeb wodociągowych jest woda z rzeki Oławy zasilanej systemem przerzutowym wody z Nysy Kłodzkiej. Przerzut wód realizowany jest przy wykorzystaniu przepompowni w miejscowości Michałów oraz uregulowanych i uszczelnionych koryt Pepickiego Potoku i Psarskiego Potoku. Wody z kanału przerzutowego wprowadzane są do rzeki Oławy w miejscowości Jaczkowice. Wody powierzchniowe rzeki Oławy pobierane są ujęciem brzegowym w Czechnicy i doprowadzane do Zakładu Produkcji Wody (ZPW) "Mokry Dwór". Ujęcie w Czechnicy zasila również stawy infiltracyjne na terenach wodonośnych. Wody infiltracyjne ujmowane są za pomocą 563 studni poborowych podłączonych do rurociągów lewarowych i kierowane do ZPW "Na Grobli". Awaryjnie ZPW "Na Grobli" mogą być zasilane również z ujęcia powierzchniowego w Bierdzanach. Tylko niewielka część surowca pochodzi z ujęcia wód podziemnych w utworach trzeciorzędowych położonego w Leśnicy. W roku 2000 wody podziemne eksploatowane były w następujących ilościach:

- 71 390 m³/d z utworów czwartorzędowych
- 1 279 m³/d z utworów trzeciorzędowych

W latach 90. wrocławskie wodociągi korzystały także z ujęcia wód podziemnych w utworach triasowych (Grobla II) w ilości około 3 000 m³/d. Na terenie miasta zlokalizowanych jest również kilkanaście studni ujmujących wody z utworów trzeciorzędowych i eksploatowanych przez indywidualnych użytkowników.

Perspektywiczne obszary zaopatrzenia w wodę Wrocławia

Do chwili obecnej zaopatrzenie Wrocławia w wodę opiera się w blisko 100 % o zasoby wód powierzchniowych z rzek Oława i Nysa Kłodzka. Pomimo tego, że część miasta

zaopatrywana jest w wodę z ujęcia infiltracyjnego to surowiec w dalszym ciągu pochodzi z wód powierzchniowych. Rozwiązanie to posiada wiele wad i jak przekonała nas powódź w 1997 roku dużą zawadność. Z uwagi na fakt, że Oława stanowi źródło wody do picia dla Wrocławia jakość jej wód powinna odpowiadać wymaganiom I klasy czystości powierzchniowych wód płynących. Analiza wskaźników zanieczyszczeń przeprowadzona przez WIOŚ we Wrocławiu w roku 2000 (Kwiatkowska-Szygulska B. (red.), 2001) pozwala zakwalifikować Oławę na całej długości rzeki do II i III klasy czystości. O takiej ocenie decydowały wskaźniki biochemiczne (BZT₅, ChZT), wielkość zawiesiny, zawartości związków fosforu, azotu, manganu, potasu oraz stan bakteriologiczny. Wody powierzchniowe znacznie częściej niż podziemne ulegają również zanieczyszczeniu przez fenole, WWA, tróchlorometany, pestycydy, detergenty, metale ciężkie oraz bakterie i wirusy chorobotwórcze. Natomiast eksploatacja studni głębinowych obejmuje zazwyczaj poziomy wodonośne, które posiadają naturalną izolację przed zanieczyszczeniami w postaci zalegających w nadkładzie słabo przepuszczalnych warstw skał. Wody podziemne nie tylko nie zawierają substancji szkodliwych, ale charakteryzują się zrównoważonym składem chemicznym zawierającym szereg korzystnych dla zdrowia człowieka mikroelementów jak np. magnez, stront, cynk, fluor i szereg innych. Także koszty uzdatniania wód podziemnych są niewspółmiernie niższe od kosztów skomplikowanych procesów technologicznych prowadzących do spełnienia przez wody powierzchniowe wymagań sanitarnych. Należy zauważyć, że w przypadku ujęcia wrocławskiego powierzchnia zlewni wodociągowej obejmuje łącznie powierzchnię zlewni Oławy, kanału przerzutowego i część zlewni Nysy Kłodzkiej co przysparza wielu kłopotów z praktyczną i formalno-prawną ochroną wód. Mając na uwadze aspiracje Wrocławia do organizacji Światowej Wystawy EXPO 2010 warto wspomnieć, że większość dużych miast europejskich oraz wiele miast polskich bazuje na wodach podziemnych w ilości 40-60 %. Zatem szereg ważnych argumentów przemawia za maksymalnym zwiększeniem udziału wód podziemnych w zaopatrzeniu wrocławskich wodociągów.

Warunki hydrogeologiczne rozpoznane w regionie wrocławskim nie pozwalają na zbudowanie jednego ujęcia miejskiego bazującego na wodach podziemnych o wydajności zaspokajającej perspektywiczne potrzeby Wrocławia. Obecny system wodociągowy Wrocławia będzie dominował przez najbliższe lata jednak można go stopniowo uzupełniać i zastępować przez włączenie kolejnych ujęć wód podziemnych zlokalizowanych wokół miasta. O możliwościach alternatywnego zaopatrywania w wodę Wrocławia traktowało szereg prac wrocławskich hydrogeologów począwszy od końca lat 80 (Dendewicz A., Krawczyk J., 1989, Kryza J., Poprawski L., Staško S., 1989, Kryza J., Dendewicz A., 1990). W 2001 roku na zlecenie Zarządu Miasta Wrocławia opracowana została analiza stanu rozpoznania i zasobów kenozoicznych struktur wodonośnych regionu wrocławskiego dla alternatywnego zaopatrzenia miasta w wodę (Kryza J, i inni, 2001). Do prac studialnych wytypowane zostały obszary wodonośne niecki wrocławskiej obejmujące (rys. 1):

- GZWP nr 319 - Prochowice - Środa Śląska - Jarosłów wraz z doliną kopalną Bogdaszowice-Radakowice,
- GZWP nr 321- Kąty Wrocławskie - Jelcz - Oława,
- GZWP nr 322 - Oleśnica wraz z dolinami kopalnymi Nieciszowa i Oleśnicy.

Przebieg granic i zasięg zbiornika nr 321, w stosunku do mapy Kleczkowskiego i innych (1990), zostały skorygowane według dokumentacji hydrogeologicznej niecki wrocławskiej (Krawczyk J., 1996). Przeprowadzone badania modelowe wykazały możliwość dodatkowego poboru 122 tyś. m³/d wód podziemnych po uwzględnieniu aktualnego jak i perspektywicznego zapotrzebowania na wodę miejscowości leżących w granicach poszczególnych zbiorników. W celu umożliwienia eksploatacji autorzy opracowania proponują budowę 6 ujęć (rys. 1): „Karczyce-Radakowice”, „Żórawina”, „Nadolice”,

„Oleśnica”, „Cesarzowice-Rakoszyce”, „Brodno” wraz z całą infrastrukturą obejmującą stacje uzdatniania i rurociągi przesyłowe. Całkowite koszty budowy ujęć, uzdatniania i tranzytu wód do Wrocławia obliczono na 295 905 000 zł. Inwestycje można realizować etapami, a poszczególne ujęcia byłyby sukcesywnie podłączane do systemu wodociągowego Wrocławia. Najszybciej poprawę jakości dostarczanej wody odczuliby mieszkańcy peryferyjnych części miasta, położonych najbliżej ujęć wód podziemnych. Należy podkreślić, że opracowana analiza uwzględnia istniejącą już infrastrukturę na obszarach proponowanych ujęć. Na przykład ujęcie „Karczyce-Radakowice”, w obrębie doliny kopalnej Bogdaszowic, wymaga jedynie zainstalowania pomp, doprowadzenia wody ze studni do stacji uzdatniania wody oraz rurociągu tranzytowego w rejon Muchoboru we Wrocławiu. Bezpośrednie koszty wydobycia i dostarczenia do miasta 1 m³ wody, z wyjątkiem najdalej położonego ujęcia „Brodno”, są zbliżone i wynoszą 0,25-0,27 zł. Wspomniane koszty należy rozpatrywać mając na uwadze koszt przesyłu wód do najdalszych dzielnic miasta awaryjnymi i będącymi najczęściej w złym stanie wodociągami należącymi do MPWiK we Wrocławiu. W analizie opracowanej przez Kryzę i innych (2001) pominięta została możliwość wykorzystania wód ze zbiorników triasowych oraz istniejących i potencjalnych ujęć wód podziemnych trzeciorzędu na terenie samego Wrocławia i jego peryferii. Zlokalizowanie ujęć wód na terenie miasta oraz na jego peryferiach wpłynie na ograniczenia kosztów inwestycyjnych i uczyni ujęcia uzupełniające atrakcyjniejszymi i znacznie tańszymi. W chwili obecnej rozwiązaniem alternatywnym dla mieszkańców Wrocławia jest stworzenie wzorem Krakowa i Warszawy źródeł ulicznych (Krawczyk J., 1990). Źródła uliczne mogą wykorzystywać istniejące i ewentualnie nowo odwiercone studnie ujmujące wody podziemne z utworów trzeciorzędu.

Zagrożenia środowiska naturalnego i ochrona wód podziemnych

Wysoki stopień urbanizacji i uprzemysłowienia oraz intensywna produkcja rolna stanowią główne zagrożenia dla środowiska naturalnego regionu wrocławskiego. Stan ten wynika z negatywnego oddziaływania różnorodnych ognisk zanieczyszczeń o charakterze wielkoobszarowym, liniowym oraz punktowym.

Zanieczyszczenia wielkoobszarowe związane są ściśle z emisją pyłów i gazów pochodzących z przemysłu, energetyki oraz transportu. W roku 2000 wielkość emisji zanieczyszczeń pyłowych wynosiła we Wrocławiu 8,2 tony, natomiast zanieczyszczeń gazowych 4,9 ton w przeliczeniu na 1 km² (Kwiatkowska-Szygulska B. (red.), 2001). Dodatkowe zagrożenie stwarza intensywne nawożenie stosowane w rolnictwie. Ładunki zanieczyszczeń infiltrują w głąb ziemi wraz z opadami atmosferycznymi powodując zanieczyszczanie płytkich poziomów wodonośnych w utworach czwartorzędowych.

Na ogniska zanieczyszczeń o charakterze liniowym składają się ciekły powierzchniowe, drogi i linie kolejowe, system kanalizacyjny oraz gazo- i ropociągi. Wody Odry i jej dopływów wykazują silne zanieczyszczenie szczególnie pod względem wskaźników biochemicznych, bakteriologii, związków azotu i fosforu. Największy ładunek zanieczyszczeń do cieków wprowadzają nie oczyszczone ścieki komunalne, ścieki przetwórstwa rolno-spożywczego oraz inne ścieki przemysłowe. Do rzek przepływających przez obszary zasobowe potencjalnych ujęć wód podziemnych dla Wrocławia zrzucane są znaczne ładunki ścieków w ilościach: Widawa-5,5 mln m³, Bystrzyca -1,7 mln m³, Oława-1,3 mln m³. Wrocław jest również dużym i ważnym węzłem komunikacyjnym. Intensywny transport kołowy związany jest z tranzytem w kierunkach przejść granicznych na południu i zachodzie kraju co jest szczególnie uciążliwe dla miasta nie posiadającego obwodnicy. Na terenie Wrocławia zlokalizowana jest także duża stacja przeładunkowa PKP w rejonie Brochowa. Stacja ta znajduje się w bezpośredniej bliskości terenów wodonośnych miasta.

Szczególne zagrożenie dla środowiska stwarza transport toksycznych środków produkcji przebiegający przez miasto.

Punktowe ogniska zanieczyszczeń to przede wszystkim: składowiska odpadów komunalnych i przemysłowych, magazyny i stacje paliw, oczyszczalnie i zrzuty ścieków, magazyny nawozów mineralnych i środków ochrony roślin, fermy hodowlane, zakłady przemysłowe. We Wrocławiu znajduje się szereg groźnych składowisk odpadów poprodukcyjnych jak np. Zakładu „Hutmen” S.A. i Fabryki Wagonów „Pafawag”. W bezpośrednim sąsiedztwie terenów wodociagowych Wrocławia znajdują się szczególnie groźne ogniska zanieczyszczeń związane ze składowiskami odpadów przemysłowych nieczynnej huty żelazochromu „Siechnice” i elektrociepłowni „Czechnica”. Obiekty te stwarzają realne zagrożenie skażenia wód podziemnych na ujęciu infiltracyjnym Wrocławia metalami ciężkimi. Według badań Roszaka (1991) z uwagi na wysokie wartości wskaźnika opóźnienia migracji tych metali, nie dotarły one jeszcze do wód podziemnych. W chwili obecnej zagrożenie ze strony tych obiektów zostało ograniczone poprzez ich zmogielnikowanie 50 cm warstwą słabo przepuszczalnych osadów. Niewątpliwie znaczne zagrożenie dla środowiska stanowią także komunikacyjne skażenia substancjami ropopochodnymi oraz coraz liczniejsze stacje i magazyny paliw płynnych.

Na obszarze miasta w dalszym ciągu najwyższą ochroną musi być objęty fragment pradoliny rzeki Odry (GZWP 320) będący przedmiotem eksploatacji i zasilania ujęcia infiltracyjnego Wrocławia. Wymaga to ograniczenia emisji pyłów i gazów, uporządkowanie gospodarki ściekowej i odpadami, w tym ukończenie części biologicznej wrocławskiej oczyszczalni ścieków i skanalizowanie pozostałej części miasta. Ważną sprawą jest także wybudowanie obwodnicy dla ruchu kołowego i ograniczenie ruchu samochodów w rejonie terenów wodonośnych.

Na obszarach struktur wodonośnych w rejonie Wrocławia ochroną muszą zostać objęte poziomy wodonośne czwartorzędu, a szczególnie doliny kopalne: bogdaszowicka, nieciszowska i oleśnicka wraz z obszarami zasilania. Główne zagrożenia dla wód podziemnych związane są z intensywną gospodarką rolną, nieuporządkowaną gospodarką ściekową i odpadami, emisją do atmosfery pyłów i gazów jak również pozaklasową jakością wód powierzchniowych. W regionie wrocławskim komunalne oczyszczalnie ścieków posiadają tylko nieliczne miejscowości, a symptomatyczne jest budowanie na obszarach wiejskich wodociągów bez ich jednoczesnego skanalizowania. Zjawiskiem powszechnym jest odprowadzanie ścieków z budynków indywidualnych do gruntu, rowów melioracyjnych lub potoków. Istniejące urządzenia do gromadzenia ścieków są często nieuszczelnione prowadząc do bezpośredniego zanieczyszczenia gruntów i warstw wodonośnych. Obiektami uciążliwymi ze względu na emisje pyłowe i gazowe są duże zakłady przemysłowe zlokalizowane w południowej części Wrocławia oraz Oławie, Jelczu, Kątach Wrocławskich i Brzegu Dolnym. Na obszarach wiejskich funkcjonują jeszcze ciągle nieformalne („dzikie”) wysypiska śmieci, usytuowane przeważnie w wyrobiskach po eksploatacji surowców mineralnych. Wyeliminowanie lub znaczące ograniczenie wymienionych zagrożeń zapewni właściwą ochronę wód podziemnych co umożliwi w przyszłości eksploatację wód o wysokiej jakości.

W rejonie Wrocławia poziomy wodonośne o znaczeniu użytkowym zagrożone są ascensją silnie zmineralizowanych wód z utworów permu i triasu. Eksploatacja głębiej położonych wód podziemnych powinna uwzględniać taki pobór aby zapobiegać degradacji jakości wód na skutek nadmiernego wydatku studni.

Literatura

1. Beyschlag F., Michael R., 1907; *Über die Grundwasserverhältnisse der Stadt Breslau. Zeitschrift für praktische Geologie*, Verlag von Julius Springer, Berlin

2. Biel Z., Dendewicz A., Młodzianowski S., 1983; *Wodonośność utworów triasu w rejonie Wrocławia*. (W:) Materiały II Ogólnopolskiego Sympozjum nt. "Współczesne Problemy Hydrogeologii Regionalnej", Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego.
3. Buksiński S. i inni, 1974; *Atlas geologiczny Wrocławia. Cz. II. Mapy geologiczno-inżynierskie*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
4. Chmal H., 1997; *Mapa geologiczna utworów czwartorzędowych okolic Wrocławia*. [W:] Pawlak W. (red.), *Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego*. Pracownia Atlasu Dolnego Śląska. Uniwersytet Wrocławski.
5. Dendewicz A., Krawczyk J., 1989; *Perspektywiczne struktury wodonośne w niecce wrocławskiej*. Materiały na konferencję naukowo-techniczną: Alternatywne źródła zaopatrzenia Wrocławia w wodę. Wrocław. s. 25-31.
6. Dyjor S., 1987; *Systemy kopalnych dolin Polski zachodniej i fazy ich rozwoju w młodszym neogenie i eoplejstocenie*. Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce. (85-101) Ossolineum Wrocław.
7. Górski J., 1981; *Kształtowanie się jakości wód podziemnych utworów czwartorzędowych w warunkach naturalnych oraz wymuszonych eksploatacją*. Instytut Kształtowania Środowiska, Warszawa.
8. Jerz U., 1997; *Mineralizacja i stężenie siarczanów w wodach gruntowych miasta Wrocławia – geneza i ekologiczne następstwa*. Praca magisterska. Archiwum Zakładu Hydrogeologii ING UWr.
9. Kleczkowski A. red., 1990; *Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000*. AGH, Kraków.
10. Kłapciński J., 1971; *Litologia, fauna, stratygrafia i paleogeografia permu monokliny przedsudeckiej*. Geol. Sudetica, vol. 5, Wrocław.
11. Kłapciński J., 1993; *Litostratygrafia profili głębokich otworów wiertniczych w regionie opolskim*. Prace Geol. Miner. XXXVII Acta Univers. Wratisl. Wrocław.
12. Krawczyk, J., 1990; *Ekspertyza: Źródła uliczne i studnie przemysłowe - ich lokalizacja i charakterystyka, chemizm ujmowanych wód, możliwości wykorzystania, zakres proponowanych rozwiązań..* Arch. Przeds. Geol. Proxima S.A., Wrocław. Praca niepublikowana.
13. Krawczyk J. i inni, 1996; *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w utworach czwartorzędowych, trzeciorzędowych i triasowych rejonu niecki wrocławskiej. (II etap) z uwzględnieniem GZWP*. Archiwum P.G. „Proxima”, Wrocław.
14. Kryza J., Poprawski L., 1987; *Próba rekonstrukcji plejstoceńskiego systemu dolin kopalnych w południowo-zachodniej Polsce*. W tomie: Problemy młodszego neogenu i eoplejstocenu w Polsce. Wyd. Ossolineum, Wrocław.
15. Kryza J., Poprawski L., Staśko S., 1989; *Główne zbiorniki wód podziemnych w rejonie wrocławskim - koncepcja optymalnego zagospodarowania i aktywnej ochrony*. Materiały na konferencję naukowo-techniczną: Alternatywne źródła zaopatrzenia Wrocławia w wodę. Wrocław. s. 33-38.
16. Kryza J., Dendewicz A., 1990; *Ekspertyza dotycząca możliwości wykorzystania wód podziemnych utworach czwartorzędowych i trzeciorzędowych obszaru Bogdaszowice, Oleśnica, Nieciszów oraz w utworach triasowych zbiornika wrocławskiego*. Urząd Miasta Wrocławia. Praca niepublikowana.
17. Kryza J. i inni, 1995; *Stan rozpoznania, udokumentowania i wykorzystania zasobów wód podziemnych na obszarze RZGW Wrocław*. Sprawozdania z I i II etapu prac. Aquator sp. z o.o., Wrocław.
18. Kryza J. i inni, 2001; *Analiza aktualnego stanu rozpoznania warunków hydrogeologicznych regionu wrocławskiego oraz wytypowanie zbiorników wód podziemnych i struktur wodonośnych dla alternatywnego zaopatrzenia w wodę miasta*

- Wrocławia. Instytut Nauk Geologicznych. Uniwersytet Wrocławski. Praca niepublikowana.
19. Malinowski J. (red), 1991; *Budowa geologiczna Polski*, tom VII. Hydrogeologia. Wyd. Geol. Warszawa.
 20. Mądrala M., 2000; *Wpływ warunków hydrogeochemicznych na formowanie się składu chemicznego wód podziemnych na ujęciach w dolinach rzecznych*. Praca doktorska. Instytut Nauk Geologicznych. Uniwersytet Wrocławski.
 21. Mroczkowska B., Michniewicz M., 1974; *Atlas geologiczny Wrocławia. Cz. III. Mapy hydrogeologiczne*. Wydawnictwo Geologiczne. Warszawa.
 22. Mroczkowska B., 1995; *Zmiany jakości wód kenozoiku w zachodniej części Wrocławia i okolicach.*, Materiały LXVI Zjazdu PTG., Wrocław.
 23. Oberc J., 1972; *Budowa geologiczna Polski*, t. IV, Tektonika cz. 2 - Sudety i obszary przyległe. Wyd. Geol. Warszawa.
 24. Pin C., Majerowicz A., Wojciechowska I., 1988; *Upper Paleozoic oceanic crust in the Polish Sudetes: Nd-Sr isotope and trace element evidence.*, Lithos. 21.
 25. Poprawski L. i in., 1999; *Dokumentacja hydrogeologiczna regionu wrocławskiego i sudeckiego-zlewni Bystrzycy i Nysy Kłodzkiej, zawierającej ocenę zasobów dyspozycyjnych wszystkich poziomów użytkowych wód podziemnych*. MOSZNiL. Praca niepublikowana.
 26. Kwiatkowska-Szygulska B. (red.), 2001; *Raport o stanie środowiska województwa wrocławskiego w roku 2000*. Biblioteka monitoringu środowiska, Wrocław.
 27. Roszak W., 1991; *Kształtowanie się składu chemicznego płytkich wód podziemnych w pradolinie Odry w rejonie Wrocławia*. Prace Geologiczno-Mineralogiczne XX. Wyd. Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
 28. Różycki M., 1968; *Budowa geologiczna okolic Wrocławia*. Biul. Inst. Geologicznego nr 214. Z badań geologicznych na Dolnym Śląsku. t. XIV. Warszawa.
 29. Różycki M., 1969; *Hydrogeologia niecki wrocławskiej z badań hydrogeologicznych w Polsce*. Biul. Inst. Geologicznego, t.V. WG, Warszawa.
 30. Sawicki L., 1997; *Mapa geologiczna utworów starszych od trzeciorzędu*. [W:] Pawlak W. (red.), *Atlas Śląska Dolnego i Opolskiego*. Pracownia Atlasu Dolnego Śląska. Uniwersytet Wrocławski.
 31. Szadorski J. 1996; *Charakterystyka agresywności w stosunku do materiałów budowlanych środowiska gruntowo-wodnego północno-wschodniej części Wrocławia*. Praca magisterska. Archiwum Zakładu Hydrogeologii ING UWr.
 32. Winnicka G. 1988; *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski*. Arkusz-Wrocław 1:50 000. Wyd. Geol. Warszawa.