

Strefy ochronne ujęć wód podziemnych – analiza ryzyka i projektowanie

PORADNIK METODYCZNY

CZĘŚĆ 2

**Metodyka wyznaczania stref ochronnych
ujęć wód podziemnych**



Strefy ochronne ujęć wód podziemnych – analiza ryzyka i projektowanie

PORADNIK METODYCZNY

CZĘŚĆ 2

**Metodyka wyznaczania stref ochronnych
ujęć wód podziemnych**



Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy

Redakcja naukowa:

Mirosław LIDZBARSKI

Zespół autorski:

Robert DUDA¹, Józef GÓRSKI², Piotr HERBICH³, Rafał JANICA³,
Mirosław LIDZBARSKI³, Jan PRAŻAK², Andrzej RODZUCH,
Stanisław STAŚKO⁴, Ewa TARNAWSKA³, Małgorzata WOŹNICKA³

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

² Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

³ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

⁴ Uniwersytet Wrocławski

Projekt okładki i opracowanie typograficzne: Łukasz BORKOWSKI

Redakcja tekstu: Monika MASIĄK

Zdjęcie na okładce: Wirestock (www.freepik.com)

ISBN 978-83-68399-14-1

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2024

Adres redakcji:

Dział Wydawnictw

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; tel. 48 22 459 2480

Nakład: 400 egz.

Druk i oprawa: Drukarnia Braci Grodzickich S.J., ul. Geodetów 47a, 05-500 Piaseczno

SPIS TREŚCI

1. Informacje wstępne (<i>A. Rodzoch, M. Woźnicka, M. Lidzbarski</i>)	5
2. Ochrona wód podziemnych w świetle obowiązującego prawa (<i>A. Rodzoch</i>)	6
2.1. Strefy ochronne ujęć wód podziemnych w polityce i przepisach UE	6
2.2. Obowiązująca procedura wyznaczania i ustanawiania stref ochronnych ujęć wód podziemnych w Polsce	7
2.2.1. Strefy ochronne ujęć wód podziemnych w Polsce – krótki zarys historii	7
2.2.2. Aktualna sytuacja prawna w zakresie wyznaczania i ustanawiania stref ochronnych ujęć wód podziemnych w Polsce	10
3. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia lub dodatek do dokumentacji, jako podstawa wyznaczania stref ochronnych	16
3.1. Podstawy prawne opracowania dokumentacji (<i>M. Lidzbarski</i>)	16
3.2. Zawartość dokumentacji hydrogeologicznej (<i>E. Tarnawska</i>)	19
3.3. Praktyczne uwagi do opracowania dokumentacji hydrogeologicznej (<i>R. Duda, A. Rodzoch, M. Lidzbarski</i>)	20
4. Procedury i metody badań wykorzystywane w projektowaniu stref ochronnych	24
4.1. Etapy prac oraz przegląd wybranych metod badawczych (<i>R. Duda, M. Lidzbarski</i>)	24
4.2. Podstawy prawne opracowania dokumentacji (<i>R. Duda, M. Lidzbarski</i>)	29
4.3. Wyznaczanie obszaru zasilania oraz obszaru spływu wód do ujęcia (<i>R. Duda, M. Lidzbarski</i>)	31
4.4. Czas dopływu wód do ujęcia – izochrona 25 lat, jako kryterium hydrogeologiczne wyznaczania TOP (<i>R. Duda, M. Lidzbarski</i>)	33
4.5. Wyznaczenie terenu ochrony pośredniej (<i>R. Duda, M. Lidzbarski, R. Janica</i>)	37
4.5.1. Kryteria wpływające na wyznaczenie stref ochronnych	37
4.5.2. Badania modelowe	38
4.5.3. Metody analityczne i graficzne	42
4.5.4. Obliczanie czasu pionowego przesączania wody poprzez nadkład z powierzchni terenu do ujmowanej warstwy wodonośnej	47
4.6. Ocena podatności wód podziemnych na zagrożenia antropogeniczne (<i>R. Duda, M. Lidzbarski</i>)	56
4.7. Wyznaczenie szczegółowego przebiegu granicy terenu ochrony pośredniej (<i>M. Lidzbarski</i>) ...	57
4.8. Teren ochrony bezpośredniej (<i>E. Tarnawska</i>)	58

5. Koncepcja ochrony ujęcia	59
5.1. Wskazania wynikające z analizy ryzyka (<i>M. Lidzbarski</i>)	59
5.2. Użytkowanie terenu, plan zagospodarowania przestrzennego (<i>J. Górski, M. Lidzbarski</i>) ...	59
5.3. Ocena zagrożenia wód podziemnych, identyfikacja rzeczywistych i potencjalnych ognisk zanieczyszczeń (<i>J. Górski, M. Lidzbarski</i>)	60
5.4. Ograniczenia, zakazy i nakazy w użytkowaniu terenu w granicach terenu ochrony bezpośredniej i pośredniej (<i>E. Tarnawska</i>)	62
5.5. Monitoring osłony ujęcia (<i>J. Prażak</i>)	67
5.6. Koszty społeczne ustanowienia strefy ochronnej oraz ocena zakładanego efektu ekologicznego (<i>E. Tarnawska</i>)	70
6. Wskazania do wyznaczania stref ochronnych ujęć w nietypowych warunkach hydrogeologicznych	71
6.1. Ujęcia w skałach szczelinowych, szczelinowo-krasowych oraz w skałach o podwójnej porowatości (<i>R. Duda, P. Herbich</i>)	72
6.2. Ujęcia infiltracyjne i brzegowe oraz wskazania do oceny ilości wód powierzchniowych IP infiltrujących do warstwy wodonośnej (<i>P. Herbich</i>)	77
6.3. Ujęcia drenażowe (<i>M. Lidzbarski</i>)	79
6.4. Ujęcia źródeł i źródeł (<i>S. Staśko</i>)	80
6.5. Ujęcia galeriowe, kopalnianie i sztolnie (<i>S. Staśko</i>)	80
6.6. Ujęcia zagrożone skutkami powodzi oraz zmianami klimatu (<i>M. Lidzbarski</i>)	81
6.7. Ujęcia zagrożone ingresją wód morskich lub ascencją wód zasolonych (<i>M. Lidzbarski</i>)	81
6.8. Ujęcia położone na terenach silnej antropopresji lub w sąsiedztwie zanieczyszczeń historycznych (<i>M. Lidzbarski</i>)	83
6.9. Ujęcia eksploatowane w warunkach współdziałania (<i>P. Herbich</i>)	83
6.10. Ujęcia ujmujące poziom wodonośny o zasobach podatnych na ograniczenie zasilania w cyklu lat posusznych (<i>P. Herbich</i>)	85
6.11. Ujęcia o sezonowo zmiennym poborze wód (<i>P. Herbich</i>)	87
6.12. Ujęcia zlokalizowane na terenach o słabym rozpoznaniu warunków hydrogeologicznych (<i>M. Lidzbarski</i>)	75
7. Uwagi końcowe i wnioski	88
8. Literatura (<i>E. Tarnawska</i>)	89
9. Wykaz skrótów oznaczeń parametrów i skrótów stosowanych w poradniku (<i>E. Tarnawska</i>)	95
Załączniki:	100
Załącznik 1. Katalog wybranych ognisk zanieczyszczeń (<i>J. Górski, E. Tarnawska</i>)	100
Załącznik 2. Charakterystyka stref ochronnych wybranych ujęć	101
Załącznik 2.1. Ujęcie wiejskie wód podziemnych Chorzemin (<i>J. Górski</i>)	101
Załącznik 2.2. Ujęcie wód powierzchniowych i infiltracyjne dla Wrocławia (<i>S. Staśko</i>)	115
Załącznik 2.3. Ujęcie wód podziemnych źródła Zrecze (<i>S. Staśko</i>)	119

Stan prawny w poradniku przytaczano na dzień 30 sierpnia 2023 r.

1. INFORMACJE WSTĘPNE

Wody podziemne stanowią bardzo ważne, a najczęściej jedyne, źródło zaopatrzenia ludności w wodę do picia. Z uwagi na walory użytkowe i ograniczone zasoby są powszechnie traktowane jako dobro o strategicznym znaczeniu, również w świetle postępujących zmian klimatu. Należy więc, poddać wody podziemne szczególnym przepisom dotyczącym ich wykorzystania i ochrony. Zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju oraz potrzebą zapewnienia bezpieczeństwa zaopatrzenia ludności w wodę w przyszłości, ochrona zasobów wód podziemnych przed degradacją ilościową i jakościową powinna dotyczyć obszarów zasilania ujęć wody zbiorowego zaopatrzenia ludności.

Za ochroną wód przemawiają ważne argumenty. W warunkach wzrastających presji oraz postępujących zmian klimatu, zagrożenie dla stanu ilościowego i jakościowego wód podziemnych jest realne i coraz częściej dostrzegane. Antropopresja i związane z nią oddziaływanie na stan wód podziemnych ze strony różnych ognisk zanieczyszczenia są często lekceważone z uwagi na powolność tych procesów. Ponadto zanieczyszczone wody bardzo trudno jest przywrócić do stanu naturalnego, a podejmowane działania interwencyjne są z reguły mało skuteczne, niekiedy brakuje też właściwej kontroli zagrożenia.

W warunkach zróżnicowanej i wzrastającej antropopresji, ochrona zasobów wodnych eksploatowanych na ujęciach powinna być prowadzona w ramach trzech działań. Pierwszym z nich jest analiza i ocena ryzyka wraz z identyfikacją zagrożeń prowadzona zgodnie z wymaganiami Ustawy *Prawo wodne* z 20 lipca 2017 r. (tekst jednolity Dz. U. z 2023 r. poz. 1478).

Drugi etap to **ustanawianie stref ochronnych zgodnie z wymaganiami ww. ustawy**, które mają na celu eliminowanie i ograniczanie zagrożeń przez właściwe użytkowanie terenu oraz korzystanie z wód w obszarach zasobowych ujęć. W ostatnim etapie należy prowadzić stałą kontrolę stanu eksploatowanych wód za pomocą monitoringu wewnętrznego i osłonowego.

Niezwykle ważne jest, żeby projektowanie stref ochronnych było realizowane z zachowaniem najwyższych standardów. Dlatego też Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie powierzyły państwowej służbie hydrogeologicznej opracowanie niniejszego poradnika *Metodyka wyznaczania stref ochronnych ujęć wód podziemnych*. Stanowi on kontynuację oraz uzupełnienie pierwszej części, która dotyczyła analizowania ryzyka dla ustanowienia stref ochronnych ujęć wód podziemnych.

Głównym celem części drugiej poradnika jest podanie wytycznych do wyznaczenia strefy ochronnej, zwłaszcza terenu ochrony pośredniej. Jest adresowany zarówno do hydrogeologów wyznaczających strefy ochronne ujęcia położonego w różnych regionach hydrogeologicznych i jednostkach administracyjnych, jak i do właścicieli ujęć wód podziemnych. Powinien być także pomocny dla organów właściwych zatwierdzających dokumentację hydrogeologiczną oraz wydających decyzje i rozporządzenia w procesie ustanawiania stref ochronnych ujęć.

Przy realizacji poradnika autorzy korzystali z doświadczeń zawodowych, publikacji naukowych, wcześniejszych poradników metodycznych (Macioszczyk i in., 1993; Duda i in., 2013), dotyczących wyznaczania stref ochronnych oraz innych zagadnień hydrogeologicznych.

Dołożono starań, żeby opracowanie nosiło cechy poradnika metodycznego. Niemniej jednak, niezbędne było uzupełnienie jego treści o informacje podręcznikowe, mające na celu dokładniejsze opisanie zjawisk zachodzących w środowisku gruntowo-wodnym.

Opracowanie jest podzielone na sześć części. W pierwszych trzech zostały omówione zagadnienia formalno-prawne, regulujące tryb postępowania przy wyznaczaniu stref ochronnych oraz zakres dokumentacji hydrogeologicznej, zawierającej wyniki tych prac. Czwarta część dotyczy zagadnień metodycznych i zasad wyznaczania granic stref ochronnych. W piątej omówiono elementy, które należy uwzględnić, opracowując koncepcję ochrony wód podziemnych oraz skomentowano poszczególne zakazy wynikające z Prawa wodnego. W ostatniej części przeanalizowano wyznaczanie stref ochronnych wokół ujęć w nietypowych warunkach hydrogeologicznych i środowiskowych. W formie załączników dołączono katalog potencjalnych ognisk zanieczyszczeń oraz przykłady projektów stref ochronnych.

Autorzy składają podziękowania recenzentom, członkom Komisji Dokumentacji Hydrogeologicznych oraz innym osobom, które wsparły powstanie poradnika poprzez zgłaszane konstruktywne uwagi, merytoryczne refleksje i przyczyniły się do ostatecznego kształtu poradnika.

2. OCHRONA WÓD PODZIEMNYCH W ŚWIETLE OBOWIĄZUJĄCEGO PRAWA

2.1. Strefy ochronne ujęć wód podziemnych w polityce i przepisach UE

Jednym z naczelných zadań wspólnej polityki europejskiej w zakresie gospodarki wodnej jest zapewnienie skutecznej ochrony zasobów wody przeznaczonych do zaopatrzenia ludności, żeby utrzymać dobry stan chemiczny i ilościowy, w miarę możliwości zbliżony do ich stanu naturalnego. Ogólną koncepcję i zasady ochrony zawiera Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Wspólnoty Europejskiej z dnia 23 października 2000 r., zwanej potocznie Ramową Dyrektywą Wodną (RDW), która jest podstawowym dokumentem regulującym gospodarowanie wodami w krajach członkowskich. W odniesieniu do problemu ochrony zasobów wodnych ujęć wód podziemnych zbiorowego zaopatrzenia ludności przed ich degradacją ilościową i jakościową, w RDW jak również w Dyrektywie o ochronie wód podziemnych 2006/118/EC (GWD) i w opracowaniu metodycznym WFD CIS – Guidance document No.16, *Groundwater in Drinking Water Protected Area*, brak jest szczegółowych wskazówek jak ochronę tę należy zapewnić. RDW jest nastawiona na diagnozę stanu zasobów wodnych, rozumianą jako stałą kontrolę ich stanu jakości i ilości poprzez monitoring. Kwestia ich ochrony, w formie specjalnie wprowadzanych zakazów, nakazów i ograniczeń w użytkowaniu terenu, jest pozostawiona do decyzji poszczególnych krajów.

W większości krajów europejskich ujęcia zbiorowego zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia są chronione w tym trybie już od wielu lat (np. we Francji już od początków XX w.). W wielu krajach strefy ochronne traktuje się jako główny element programów działań na rzecz ochrony zasobów wodnych przeznaczonych do spożycia. Podejście do tego zagadnienia oraz zasady wyznaczania i ustanawiania stref ochronnych ujęć w różnych krajach często się różnią, tak jak i skuteczność tych działań dla ochrony wód podziemnych.

W większości państw europejskich ustanawianie stref ochronnych jest obowiązkowe dla ujęć zbiorowego zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia o udokumentowanej, wysokiej podatności eksploatowanych wód na zanieczyszczenie. Jednak brakuje jednolitego sposobu podejścia do tego zagadnienia – są przyjmowane różne kryteria, stąd też i wielkości wyznaczonych stref są znacznie zróżnicowane. Regułą jest jednak, że strefa składa się z trzech, a czasem czterech

terenów ochronnych, różnie nazywanych. We wszystkich krajach, podobnie jak w Polsce, granice stref wyznacza się na podstawie rozpoznania hydrogeologicznego. Różnice metodyczne dotyczą zakresu i szczegółowości rozpoznania hydrogeologicznego oraz stosowanych metod obliczeniowych. Uproszczone metody analityczne są stosowane na ogół w odniesieniu do małych, jedno- lub dwuotworowych ujęć wody o stosunkowo niedużych obszarach zasilania i braku współdziałania z innymi ujęciami. W przypadku dużych ujęć, zwłaszcza wielootworowych i tych, które pracują w warunkach współdziałania z innymi ujęciami, powszechnie stosuje się modelowanie numeryczne, bez którego wiarygodne wyznaczenie obszarów spływu wody (OSW) i czasu jej dopływu do poszczególnych studni, jest praktycznie niemożliwe, zwłaszcza dla warunków prognozowanej wielkości poboru wody. W wielu krajach przy wyznaczaniu stref wymaga się sporządzania dla całego obszaru zasilania ujęcia mapy wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie (ang. *vulnerability*). Są one niezbędne do ustalania działań w celu ograniczenia antropopresji na jakość wody, efektywnych i adekwatnych do skali zidentyfikowanego zagrożenia. Zakres wprowadzanych ograniczeń w użytkowaniu terenu i korzystaniu z wód oraz skuteczność ich egzekwowania są zróżnicowane. W krajach o podejściu bardziej restrykcyjnym (np. Niemcy, Holandia) sposób wyznaczania stref oraz wprowadzania w nich zakazów, nakazów i ograniczeń w użytkowaniu terenu jest ściśle regulowany prawnie. Natomiast w państwach o podejściu bardziej liberalnym (np. Francja, Belgia, Dania) nie ma ścisłych regulacji w tym zakresie, a proponowane działania ochronne są dostosowane do wyników analizy ryzyka zanieczyszczenia wód, wykonanej dla całego obszaru zasilania ujęcia. Bierze się pod uwagę również aspekt ekonomiczny i społeczny.

W większości krajów kontrola i odpowiedzialność merytoryczna za jakość opracowań dokumentujących strefy spoczywa na państwowych służbach geologicznych lub agencjach rządowych ds. ochrony środowiska, np. w USA, Wielkiej Brytanii, Szwecji. Decyzje administracyjne lub rozporządzenia ustanawiające strefy są zazwyczaj wydawane przez średni szczebel samorządowy zgodnie z zasadą, że sprawy lokalne są rozstrzygane lokalnie. W przypadku większych ujęć często kompetencje w tym zakresie przejmują jednostki administracji wyższego szczebla.

Doświadczenia różnych krajów pokazują, że ujęcia są skutecznie chronione tam, gdzie jest to uregulowane administracyjnie przy równoczesnej skutecznej egzekucji obowiązujących przepisów prawa (np. Niemcy) lub tam, gdzie program ochrony ujęć jest realizowany przy silnym wsparciu państwa (np. Węgry, Francja).

2.2. Obowiązująca procedura wyznaczania i ustanawiania stref ochronnych ujęć wód podziemnych w Polsce

Podstawą wyznaczania nowych lub weryfikacji istniejących stref ochronnych ujęć wód podziemnych jest dokumentacja hydrogeologiczna. Przy korzystaniu z istniejących (archiwalnych) dokumentacji, które miały na celu wyznaczenie terenu ochrony pośredniej ujęcia, istotna jest wiedza o uwarunkowaniach prawnych, jakie obowiązywały w czasie kiedy były wykonywane. Uwarunkowania te istotnie decydowały o zakresie merytorycznym i sposobie wykonywania dokumentacji.

2.2.1. Strefy ochronne ujęć wód podziemnych w Polsce – krótki zarys historii

Pierwszym aktem prawnym, dotyczącym ochrony ujęć była Ustawa wodna z dnia 19 września 1922 r. (Dz.U.nr 122, poz. 936). W art. 131 zapisano m in.:

- 1) Dla ochrony zakładów, zaopatrujących w wodę do picia i użytkową, przed zanieczyszczeniem lub zmniejszeniem ich wydajności, tudzież dla ochrony naturalnych

albo sztucznie ujętych źródeł, zasilających wodociągi, może władza wodna ustanowić obszary ochronne i wydać zarządzenia co do użytkowania i zagospodarowania gruntów w obrębie tych obszarów.

- 2) Jeżeli skutkiem tych zarządzeń właściciel gruntu ograniczony jest w swobodnym jego używaniu, przysługuje mu prawo żądania odszkodowania.

W okresie powojennym można wyróżnić pięć okresów, różniących się sposobem podejścia do kwestii stref ochrony ujęć:

- okres do 31 grudnia 1991 r.;
- okres od 19 listopada 1991 r. do końca 2001 r.;
- okres od 1 stycznia 2002 r. do końca 2012 r.;
- okres od 1 stycznia 2013 r. do końca 2017 r.;
- okres od 1 stycznia 2018 r. do dziś.

Okres do 31 grudnia 1991 r., tj. do czasu wejścia w życie Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa (MOŚZNiL) z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie zasad ustanawiania stref ochronnych źródeł i ujęć wody, ogłoszonego 16 grudnia 1991 r. (Dz.U. nr 116 poz. 504).

Pierwszym aktem po II wojnie światowej dotyczącym stref była Ustawa *Prawo wodne* z dnia 30 maja 1962 r. (Dz.U. nr 34 poz.158). Zostały w niej zawarte podstawowe zasady ochrony ujęć rozwinięte następnie w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 24 marca 1965 r. w sprawie ustanawiania stref ochronnych ujęć i źródeł wody (Dz.U. 1965 nr 13 poz. 93). Kryteria wymiarowania stref zostały określone w Zarządzeniu Prezesa Centralnego Urzędu Gospodarki Wodnej z dnia 7 lutego 1969 r. Obowiązywały one formalnie do 1991 r. Jednak już w latach 70. ub.w. niektórzy projektanci stosowali zasady wymiarowania zbliżone do obecnie obowiązujących. Obowiązkowo wyznaczano i ustanawiano strefy ochrony sanitarnej, obejmującej wygrodzony teren wokół studni.

Okres od 19 listopada 1991 r. do końca 2001 r., tj. czas obowiązywania Rozporządzenia MOŚZNiL z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie zasad ustanawiania stref ochronnych źródeł i ujęć wody (Dz.U. nr 116 poz. 504), uchylonego wraz z opublikowaniem nowej Ustawy *Prawo wodne* z dnia 18 lipca 2001 r. (Dz.U. nr 115 poz. 1229).

W okresie tym strefy ochronne ujęć wody były wyznaczane zgodnie z wymaganiami ww. rozporządzenia MOŚZNiL. Był to ważny akt prawny, który dostosowywał polskie przepisy i praktykę w zakresie ochrony ujęć wód do standardów światowych. W celu ułatwienia wprowadzenia w życie przepisów rozporządzenia, w 1993 r. Departament Geologii MOŚZNiL wydał poradnik metodyczny (Macioszczyk i in., 1993). Nowe podejście do ochrony ujęć wód zawierało ważne elementy:

- prawny, obligatoryjny wymóg ochrony źródeł i ujęć wody służących zbiorowemu zaopatrzeniu ludności w wodę do spożycia oraz do produkcji artykułów żywnościowych i farmaceutycznych przez ustanawianie dla nich stref ochronnych w obrębie terenu ochrony pośredniej (TOP);
- możliwość obejmowania ochroną także innych ujęć wód z uwagi na interes użytkownika lub względy społeczne;
- trójstrefowy model ochrony ujęć wód podziemnych, zgodny z podejściem stosowanym powszechnie na świecie wszędzie tam, gdzie ten problem jest prawnie uregulowany: **teren ochrony bezpośredniej** (TOB) – obligatoryjny, o stałym promieniu 8–20 m od studni (w zależności od typu ujęcia wody) oraz **teren ochrony pośredniej** (TOP) – fakultatywny, dzielący się na dwie części: teren wewnętrzny wyznaczony 30-dniowym czasem dopływu wody do ujęcia (teren ochrony bakteriologicznej) i teren zewnętrzny, obejmujący obszar zasilania ujęcia ograniczony 25-letnim czasem wymiany wody w warstwie wodonośnej (teren ochrony chemicznej);

- możliwość rezygnacji z ustanawiania terenu ochrony pośredniej ujęcia i pozostawienia jedynie terenu ochrony bezpośredniej w wypadkach uzasadnionych lokalnymi warunkami środowiska (naturalnymi oraz sposobu zagospodarowania gruntów);
- zasady ustalania działań ochrony biernej ujęcia (zakazów i ograniczeń w użytkowaniu gruntów na obszarze strefy ochronnej), czynnej (nakazów podejmowania pewnych działań) oraz pośredniej (prowadzenia monitoringu osłonowego ujęcia);
- ustanawianie stref ochronnych odbywało się w trybie postępowania administracyjnego na podstawie decyzji wojewody a po reformie administracyjnej kraju w 1998 r. także decyzją starosty dla ujęć o zatwierdzonych zasobach eksploatacyjnych mniejszych niż 50 m³/h. Taki podział kompetencji obowiązywał do końca 2001 r.;
- konieczność dostosowania w ciągu 5 lat od daty wejścia w życie Rozporządzenia MOŚZNiL z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie zasad ustanawiania stref ochronnych źródeł i ujęć wody (Dz.U. nr 116 poz. 504), wszystkich ustanowionych wcześniej stref ochronnych ujęć do wymagań w nim określonych.

Analizowane rozporządzenie stanowiło istotny postęp w tworzeniu prawa mającego na celu skuteczną ochronę zasobów wodnych ujęć wód podziemnych i powierzchniowych. Zawierało jednak wiele nieprecyzyjnych zapisów, które w praktyce dokumentowania i ustalania stref ochronnych budziły wiele wątpliwości i trudności interpretacyjnych. Problemy związane z niejednoznacznością i niedostatkami uregulowań prawnych były wielokrotnie podnoszone przez geologów wojewódzkich, inspektorów sanitarnych oraz wykonawców dokumentacji stref. Problematyka ta była również poruszana na licznych hydrogeologicznych sympozjach i konferencjach naukowych. Przez wiele lat nie wprowadzono proponowanych zmian w przepisach i działaniach dotyczących wyznaczania i ustanawiania stref ochronnych ujęć wód. Przełom nastąpił wraz z opublikowaniem Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2011 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Należy jednak podkreślić, że mimo niedoskonałości przepisów prawnych, w opisywanym okresie nastąpił szybki wzrost liczby wydanych decyzji ustanawiających strefy ochronne dla ujęć wody i istotnie wzrosła świadomość społeczna wagi i potrzeby takiej ochrony.

Okres od 1 stycznia 2002 r. do końca 2012 r., tj. od momentu obowiązywania Ustawy *Prawo wodne* z dnia 18 lipca 2001 r., do czasu wygaszenia na mocy art. 21 ust. 1 Ustawy z dnia 5 stycznia 2011 r. o zmianie ustawy *Prawo wodne oraz niektórych innych ustaw* (Dz.U. 2011 nr 32 poz. 159), ważności wszystkich stref ochronnych ujęć wód ustanowionych przed 1 stycznia 2002 r. W stosunku do obowiązujących dotąd zasad zostały wprowadzone istotne zmiany. Zachowując zasadę, że strefę ochronną ustanawia się na wniosek właściciela ujęcia, zniesiono dotychczasowy obowiązek ustanawiania stref ochronnych dla ujęć wód zbiorowego zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia, wprowadzając w art. 51 zapis, że strefy „mogą być ustanawiane”. W konsekwencji wielu właścicieli ujęć rezygnowało z ochrony zasobów wodnych eksploatowanych na swoim ujęciu. Rezygnowano z wydzielenia terenu wewnętrznego ochrony pośredniej, wyznaczonego 30-dniowym czasem dopływu wody do studni, przyjmując jeden teren ochrony pośredniej (TOP) ujęcia, obejmujący obszar jego zasilania ograniczony 25-letnim „czasem wymiany wody w warstwie wodonośnej”.

W związku ze zmianami w organizacji administracji rządowej, zmieniono kompetencje organów ustanawiających strefy ochronne. Strefy zawierające teren ochrony pośredniej, były ustanawiane rozporządzeniem dyrektora właściwego Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej (RZGW). W przypadku, gdy wniosek dotyczył ustanowienia strefy obejmującej jedynie teren ochrony bezpośredniej, decyzję ustanawiającą wydawał jak dotychczas organ właściwy do wydania pozwolenia wodnoprawnego (starosta lub wojewoda). Zmieniono także tryb ustanawiania stref ochronnych. Od 2002 r. decyzje ustanawiające tereny ochrony pośredniej zaczęły

wydawać dyrektorzy RZGW w formie rozporządzenia o charakterze aktu prawa miejscowego, a nie w trybie decyzji administracyjnej, jak to było poprzednio.

W dniu 18 marca 2011 r. weszła w życie Ustawa z dnia 5 stycznia 2011 r. o zmianie ustawy – *Prawo wodne oraz niektórych innych ustaw* (Dz.U. 2011 nr 32 poz. 159), która na mocy art. 21 ust. 1, z dniem 31 grudnia 2012 r. wygasła ważność wszystkich stref ochronnych ujęć wód ustanowionych przed 1 stycznia 2002 r. Ponieważ stanowiły zdecydowaną większość wszystkich ustanowionych stref (ponad 93%, wg Rodzoch i in., 2004), po zniesieniu ich ważności i w sytuacji braku obowiązku ponownego wyznaczenia po 2012 r., nastąpił bardzo duży regres w ochronie zasobów wodnych ujęć zbiorowego zaopatrzenia ludności, ponieważ większość właścicieli nie widziała potrzeby ponownego ich ustanawiania. Równocześnie, od 1 stycznia 2012 r. weszło w życie Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2011 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. nr 291 poz. 1714). Utrzymało ono zasadę, że strefę ochronną wyznacza się w dokumentacji hydrogeologicznej, ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia oraz wprowadziło szczególne wymagania i zasady dotyczące metodyki wyznaczenia TOP, a także zakresu tekstu i załączników graficznych dokumentacji. Rozporządzenie to w sposób istotny przyczyniło się do poprawy jakości opracowań wyznaczających strefy ochronne ujęć wód podziemnych w naszym kraju. W następnych latach zostały wydane dwa kolejne rozporządzenia w tym zakresie: z 8 maja 2014 r. a następnie z 18 listopada 2016 r., które obowiązują do dziś. Nie zmieniły one w sposób istotny wymagań w zakresie wyznaczenia stref ochronnych ujęć wody, zawartych w rozporządzeniu z 23 grudnia 2011 r.

Okres od 1 stycznia 2013 r. do końca 2017 r., tj. do czasu wejścia w życie znowelizowanej Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. *Prawo wodne* (Dz.U. 2017 poz. 1566).

W zakresie procedury wyznaczenia i ustanawiania stref ochronnych ujęć wody nadal obowiązywały przepisy Ustawy *Prawo wodne* z dnia 18 lipca 2001 r. (Dz.U. 2001 nr 115 poz. 1229). Podobnie w zakresie metodyki wyznaczenia stref ochronnych obowiązywały zasady określone po raz pierwszy w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2011 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. nr 291, poz. 1714), które następnie zostały powtórzone w prawie niezmienionej formie w dwóch następnych rozporządzeniach dotyczących tej samej sprawy, z dnia 8 maja 2014 r. a następnie z dnia 18 listopada 2016 r. (Dz.U. 2016 poz. 2033), które obowiązują do dziś.

Okres od 1 stycznia 2018 r. do chwili obecnej, tj. od wejścia w życie nowej Ustawy z dnia 20 lipca 2017 r. *Prawo wodne* (Dz.U. 2017 poz. 1566) – **czyli aktualne wymogi prawne**.

W zakresie wyznaczenia stref ochronnych ujęć wód nowa ustawa wprowadziła ważne, pozytywne zmiany dotyczące poprawy efektywności ochrony zasobów wodnych ujęć zbiorowego zaopatrzenia ludności w wodę do picia – w szczególności zniósła dowolność decyzji właścicieli ujęć dotyczącej potrzeby wyznaczenia i ustanowienia TOP. Druga istotna zmiana to wprowadzenie obowiązku wykonania analizy ryzyka (AR), jako podstawy podjęcia decyzji o potrzebie wyznaczenia i ustanowieniu strefy ochronnej lub rezygnacji z niej.

2.2.2. Aktualna sytuacja prawna w zakresie wyznaczenia i ustanawiania stref ochronnych ujęć wód podziemnych w Polsce

Wyznaczanie i ustanawianie stref ochronnych dla ujęć wód podziemnych odbywa się na podstawie trzech aktów prawnych:

- Ustawa *Prawo wodne* z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 1566 z późniejszymi zmianami);

- Ustawa *Prawo geologiczne i górnicze* z dnia 9 czerwca 2011 r. (Dz.U. 2011 nr 163 poz. 981);
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie *dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej* (dalej pisane jako rozporządzenie dhig-i) (Dz.U. 2016 poz. 2033).

Ustawa Prawo wodne, stanowiąca implementację do prawa krajowego dyrektywy 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r. zwanej potocznie Ramową Dyrektywą Wodną (RDW), dotyczy kwestii proceduralnych wyznaczania i ustanawiania stref ochronnych dla ujęć wody, natomiast ww. rozporządzenie Ministra Środowiska odnosi się do kwestii metodycznych wyznaczania terenu ochrony pośredniej źródeł i ujęć wód podziemnych. Poniżej krótko scharakteryzowano sposób ujęcia i uregulowania w ustawie Prawo wodne najważniejszych zagadnień związanych z wyznaczaniem i ustanawianiem stref ochronnych ujęć wód podziemnych.

Pojęcie strefa ochronna ujęcia wody – według definicji przedstawionej w art. 121 Prawa wodnego strefę ochronną stanowi obszar „na którym obowiązują nakazy, zakazy i ograniczenia w zakresie użytkowania gruntów oraz korzystania z wód”. Strefa ochronna obejmuje wyłącznie teren ochrony bezpośredniej albo teren ochrony pośredniej i pośredniej. Podział strefy ochronnej na dwa tereny ochronne obowiązuje w Polsce od 2002 r.

Obowiązek ustanawiania stref ochronnych – strefę ochronną obejmującą wyłącznie teren ochrony bezpośredniej ustanawia się dla każdego ujęcia wody, z wyłączeniem ujęć wody służących do zwykłego korzystania z wód (art. 3 ust. 3). W przypadku terenu ochrony pośredniej obowiązek ustanowienia dotyczy wszystkich ujęć wody zbiorowego zaopatrzenia ludności w wodę do picia, dostarczających więcej niż 10 m³ wody na dobę lub służących zaopatrzeniu w wodę więcej niż 50 osób. Dotyczy to także indywidualnych ujęć, eksploatowanych na potrzeby działalności handlowej, usługowej i przemysłowej oraz budynków użyteczności publicznej o ile spełniają powyższy warunek (art. 133 ust. 5 ustawy Prawo wodne). Jednak obowiązek ten dotyczy tylko ujęć, dla których analiza ryzyka wykazała potrzebę ustanowienia TOP (art. 133 ust. 2 pkt 2 ww. ustawy).

Podstawa ustanowienia strefy ochronnej – art. 133 ust. 3 ustawy Prawo wodne stanowi, że „strefę ochronną ustanawia się na podstawie analizy ryzyka obejmującej ocenę zagrożeń zdrowotnych z uwzględnieniem czynników negatywnie wpływających na jakość ujmowanej wody, przeprowadzoną na podstawie analizy hydrogeologicznej lub hydrologicznej oraz dokumentację hydrogeologiczną lub hydrologiczną, analizę identyfikacji źródeł zagrożenia wynikających ze sposobu zagospodarowania terenu, a także o wyniki badania jakości ujmowanej wody”. Tak sformułowany zapis rozumiany dosłownie może wydawać się sprzeczny z zapisem z art. 123 ust. 1 tej samej ustawy o treści „teren ochrony pośredniej ujęcia wód podziemnych wyznacza się na podstawie ustaleń zawartych w dokumentacji hydrogeologicznej tego ujęcia”. Przytoczona wyżej treść obu artykułów, bez właściwego zrozumienia trudnego zagadnienia wyznaczania stref ochronnych ujęć wody, może prowadzić do ich różnej interpretacji prawnej i przypisywaniu opracowaniu *Analiza ryzyka* niewłaściwej roli w procedurze wyznaczania i ustanawiania stref ochronnych ujęć wód podziemnych. Nieprawidłowa interpretacja i rozumienie treści obu artykułów może powodować różny i niezgodny z dotychczasową praktyką sposób podejścia do wyznaczania i ustanawiania stref ochronnych ujęć wód podziemnych w naszym kraju, wywołując niepotrzebne konflikty i spory. Aby uniknąć tej sytuacji, przytoczony wyżej zapis artykułu 133 ust. 3 ustawy Prawo wodne należy rozumieć w ten sposób, że wykonana analiza ryzyka stanowi podstawę podjęcia decyzji o wyznaczeniu i ustanowieniu strefy ochronnej przez fakt stwierdzenia takiej potrzeby. Samą strefę ochronną należy natomiast wyznaczyć w dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia (lub w dodatku do niej). Podważanie podstawowej

roli dokumentacji hydrogeologicznej w wyznaczaniu TOP byłoby niezgodne z dotychczasową praktyką oraz intencją prawodawcy.

Zgodnie z Prawem wodnym, analizę ryzyka wykonuje się w celu ustalenia, czy z uwagi na stwierdzony stopień zagrożenia eksploatowanych wód i związane z nim ryzyko zdrowotne ludzi, ujęcie wymaga ustanowienia TOP czy też nie. Jeśli z analizy ryzyka wynika potrzeba wyznaczenia i ustanowienia TOP, zgodnie z art. 134 ust. 3 ustawy Prawo wodne, należy przekazać do wojewody dokumentację hydrogeologiczną, w której wyznaczono TOP dla ujęcia. Zgodnie z nadal obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2016 poz. 2033), TOP dla ujęcia wód podziemnych wnioskowany o ustanowienie w trybie aktu prawa miejscowego, może być wyznaczony tylko w dokumentacji hydrogeologicznej tego ujęcia w sposób ustalony w tym rozporządzeniu. Dokumentacja podlega procedurze zatwierdzenia przez organ administracji geologicznej odpowiedniego szczebla.

Kryteria i zasady wyznaczania granic terenów ochronnych – ustawa Prawo wodne nie precyzuje jak należy wyznaczać TOB, wymaga tylko jego ogrodzenia i oznakowania. W przypadku wyznaczania TOP również nie wprowadzono zmian. Nadal tereny te wyznacza się na podstawie ustaleń zawartych w dokumentacji hydrogeologicznej (art. 123 ust. 1 Ustawy *Prawo wodne*). Utrzymano zasadę, że teren ochrony pośredniej obejmuje obszar zasilania ujęcia, a w przypadku jeżeli czas przepływu wód od granicy obszaru zasilania do ujęcia jest dłuższy od 25 lat, to maksymalny zasięg TOP dla ujęcia wyznacza się z uwzględnieniem obszaru wyznaczonego 25-letnim czasem wymiany wód w warstwie wodonośnej (art. 123 ust. 2 ww. ustawy).

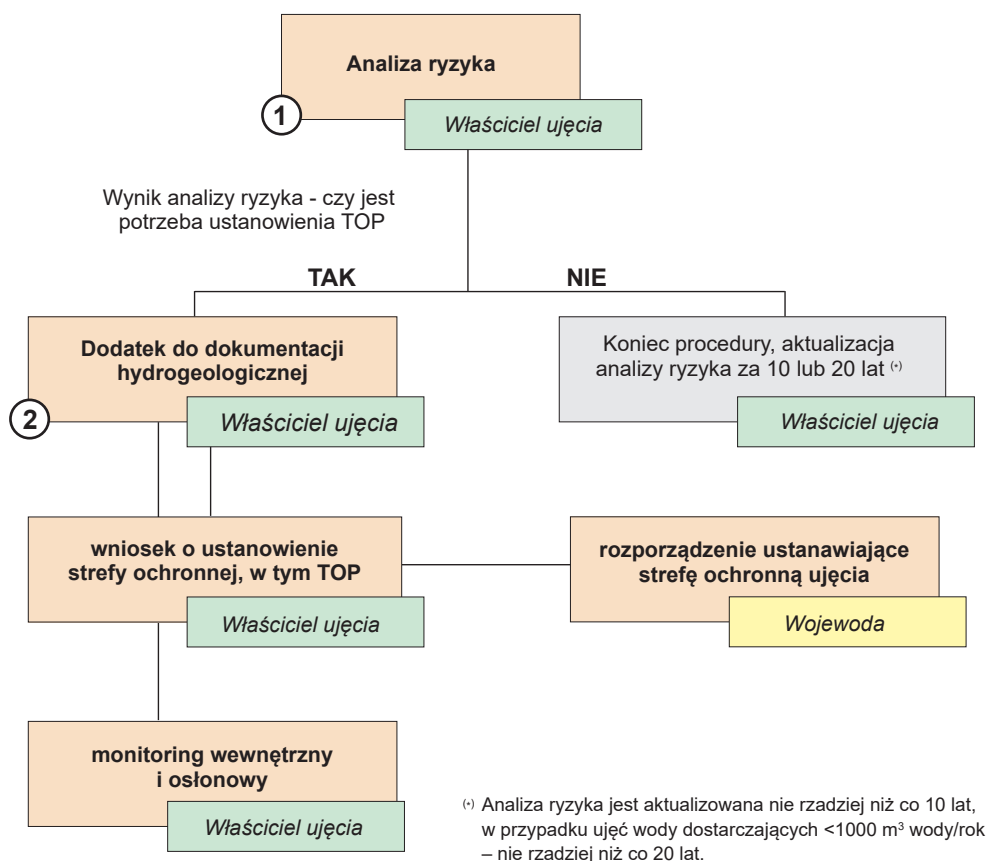
Metodyka wyznaczania granicy strefy ochronnej – teren ochrony pośredniej ujęcia wód podziemnych wyznacza się na podstawie szczegółowego rozpoznania hydrogeologicznego i sozologicznego całego obszaru zasilania ujęcia. Sposób wyznaczania TOP musi spełniać wymagania szczegółowo określone w § 6. ust. 2. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2016 poz. 2033), w części dotyczącej sporządzania dokumentacji ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia.

Zasady ustalania zakazów i ograniczeń w obrębie stref ochronnych – w odniesieniu do TOB ustawa Prawo wodne z 20 lipca 2017 r. nie wprowadziła istotnych zmian dotyczących zakazów i nakazów obowiązujących w TOB. Sposób organizacji terenu oraz zakres i sposób ochrony określają art. 128–129 tej ustawy. Inaczej jest w przypadku TOP, dla którego rozbudowano listę robót i czynności, których wykonywanie może być zakazane lub ograniczone.

Lista obejmująca 26 pozycji wyszczególnionych w art. 130 ustawy Prawo wodne ma charakter zamknięty oraz obligatoryjny, ponieważ art. 137 ust. 1 pkt 2 ww. ustawy wskazuje, że na obszarze TOP można wskazać odpowiednie nakazy, zakazy i ograniczenia spośród tych, o których mowa w art. 130. Tak sformułowany przepis powoduje, że w sytuacji zidentyfikowania zagrożenia nie uwzględnionego na liście, nie ma możliwości jego uwzględnienia w decyzji ustanawiającej strefę. Ponadto, w ustawie Prawo wodne brak jest zalecenia, aby ustalając zakres zakazów, nakazów i ograniczeń w użytkowaniu terenu na obszarze strefy ochronnej, uwzględniać również ważny aspekt ekonomiczny i społeczny. Artykuł 131 ustawy Prawo wodne stanowi, że „przy wprowadzaniu zakazów, nakazów i ograniczeń dotyczących użytkowania gruntów na terenie ochrony pośredniej uwzględnia się warunki infiltracji zanieczyszczeń do poziomu wodonośnego, z którego woda jest ujmowana”. Tak sformułowany zapis daje podstawę do różnicowania zakazów i ograniczeń, ale tylko z uwagi na zróżnicowanie podatności na zanieczyszczenie ujmowanego poziomu wodonośnego. **Kwestia kryterium społecznego i ekonomicznego nie jest brana pod uwagę.**

Zakres i typ opracowań wykonywanych w celu ustanowienia strefy ochronnej dla ujęcia wód podziemnych (rys. 1):

- 1) **Analiza ryzyka** – przygotowana zgodnie z wymaganiami przedstawionymi w art. 133 ust. 3 ustawy Prawo wodne. Opracowanie jest przekazywane do Wojewody, gdzie jest rejestrowane, nie podlega procedurze zatwierdzania.
- 2) **Dokumentacja hydrogeologiczna wyznaczająca TOP dla ujęcia wody**. Najczęściej będzie to *Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych, w zakresie ustanowienia dla niego terenu ochrony pośredniej*. Wykonana jest w przypadku, gdy z analizy ryzyka wynika konieczność wyznaczenia i ustanowienia TOP. Jest to najważniejsze opracowanie w procedurze ustanawiania strefy ochronnej i podlega zatwierdzeniu przez właściwy organ administracji geologicznej.



Strefy ochronne ujęć wód podziemnych. Poradnik metodyczny.

- 1) Część 1 – Analiza ryzyka dla ustanowienia stref ochronnych ujęć wód podziemnych
- 2) Część 1 – Analiza ryzyka dla ustanowienia stref ochronnych ujęć wód podziemnych

Rys. 1. Procedura ustanawiania strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych

Wniosek o ustanowienie strefy ochronnej dla ujęcia (łącznie TOB i TOP). Zgodnie z art. 138 ust. 2 i 3 ustawy Prawo wodne do wniosku składanego do Wojewody dołącza się zatwierdzoną dokumentację hydrogeologiczną, analizę ryzyka oraz kopię decyzji ustanawiającej teren ochrony bezpośredniej (jeżeli została wydana). Zakres i sposób przygotowania wniosku określa art. 138 ust. 1 ustawy Prawo wodne.

Po pozytywnym rozpatrzeniu wniosku, strefa ochronna obejmująca łącznie TOB i TOP zostaje ustanowiona rozporządzeniem Wojewody w trybie aktu prawa miejscowego, w którym wskazuje się zakazy, nakazy i ograniczenia w użytkowaniu terenu oraz korzystania z wód podziemnych w zasięgu strefy ochronnej ujęcia.

Tryb ustanawiania stref ochronnych – art. 133 ustawy Prawo wodne stanowi, że strefę ochronną obejmującą wyłącznie TOB ustanawia się z urzędu, natomiast strefa ochronna obejmująca łącznie teren ochrony bezpośredniej i pośredniej może być ustanowiona na wniosek właściciela ujęcia wody lub z urzędu, jeżeli właściciel ujęcia wody nie złożył wniosku, a z przeprowadzonej analizy ryzyka wynika potrzeba jej ustanowienia.

Kontrola i odpowiedzialność merytoryczna za jakość opracowań przygotowywanych w celu ustanowienia strefy ochronnej dla ujęcia wód podziemnych – w aktualnym stanie prawnym jedynym opracowaniem podlegającym merytorycznej kontroli poprawności wykonania jest dokumentacja hydrogeologiczna lub dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych, w zakresie ustanowienia dla niego terenu ochrony pośredniej, która jest zatwierdzana przez organ administracji geologicznej. Natomiast opracowanie będące **analizą ryzyka** nie podlega żadnej kontroli merytorycznej ani zatwierdzeniu. Praktycznie więc, jeśli spełnia wymagania formalne, nie ma podstaw do odrzucenia z uwagi na niewłaściwie wykonaną analizę problemu.

Organy administracji geologicznej, w tym głównie geolodzy wojewódzcy i w mniejszym zakresie geolodzy powiatowi, pełnią bardzo ważną rolę w całej procedurze ustanawiania stref ochronnych dla ujęć wód podziemnych. To od ich decyzji zależy czy dokumentacja hydrogeologiczna lub dodatek, które ustalają potrzebę ustanowienia TOP dla ujęcia zostaną zatwierdzone czy też nie. Stanowiąc praktycznie jedyny i najważniejszy element merytorycznej kontroli jakości opracowań, organy administracji geologicznej w sposób istotny wpływają na jakość i efektywność ochrony wód podziemnych ujęć wód zbiorowego zaopatrzenia ludności w naszym kraju.

Podmioty ustanawiające strefy ochronne – od 2002 r. do końca 2017 r. strefy ochronne były ustanawiane rozporządzeniem dyrektora właściwego RZGW. Od początku 2018 r. na mocy Ustawy *Prawo wodne* z 20 lipca 2017 r. (art. 135 ust. 1 pkt 1) kompetencje Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie (PGW Wody Polskie) zostały ograniczone do ustanawiania z urzędu tylko terenów ochrony bezpośredniej ujęć wody. Strefy ochronne obejmujące łącznie TOB i TOP, są ustanawiane rozporządzeniem właściwego terytorialnie Wojewody w drodze aktu prawa miejscowego (art. 135 ust. 1 pkt 2). Zgodnie z art. 135 ust. 4 ustawy Prawo wodne, przygotowany przez Wojewodę rozporządzenia ustanawiającego strefę ochronną (SO) dla ujęcia podlega uzgodnieniu z PGW Wody Polskie.

Państwowa Inspekcja Sanitarna, sprawująca kontrolę nad jakością wody przeznaczaną do spożycia przez ludzi i produkcji artykułów spożywczych nie jest instytucją, która uczestniczy w procedurze wyznaczania i ustanawiania stref ochronnych dla ujęć wody zbiorowego zaopatrzenia ludności. W aktualnym stanie prawnym inspekcja ta nie ma żadnych formalnych kompetencji w zakresie opiniowania projektów decyzji ustanawiających SO dla ujęć wody ani w zakresie opiniowania sposobu wykonywania analiz ryzyka zgodnie z wymaganiami Ustawy *Prawo wodne* z 20 lipca 2017 r.

Wniosek o ustanowienie strefy ochronnej dla ujęcia jest końcowym etapem procesu jej ustanawiania. Jego właściwe przygotowanie jest niezwykle istotne, ponieważ stanowi formalną podstawę wydania decyzji o bardzo poważnych konsekwencjach dla funkcjonowania społeczności lokalnych. Wniosek jest dokumentem formalnym, stanowiącym podstawę wydania aktu prawnego o ustanowieniu strefy i każde zawarte w nim słowo ma swoją wagę i konkretne znaczenie. Tekst wniosku powinien zawierać sformułowania precyzyjne, jednoznaczne i konkretne.

Właściwe przygotowanie wniosku jest ze swej natury zadaniem interdyscyplinarnym i w jego przygotowaniu oprócz hydrogeologa, który wyznaczył strefę ochronną, powinni uczestniczyć także specjaliści gminnych służb od planowania przestrzennego, rolnictwa, budownictwa i innych w zależności od potrzeb, a czasem także specjaliści zewnętrzni. Nie jest to tylko zadanie hydrogeologa. Wskazane jest również, aby treść wniosku została skonsultowana z komórką prawną obsługującą użytkownika ujęcia, której rolą powinno być czuwanie nad zgodnością treści wniosku z obowiązującym prawem.

Wniosek o ustanowienie strefy ochronnej dla ujęcia wody nie musi zgadzać się we wszystkich szczegółach z propozycjami zawartymi w dokumentacji hydrogeologicznej (lub dodatku) wyznaczającym strefę. Granice strefy ochronnej oraz katalog nakazów, zakazów i ograniczeń w użytkowaniu gruntów w obrębie tej strefy, przedstawione w dokumentacji hydrogeologicznej, należy traktować jako propozycję. Dokumentacja powinna być postrzegana i traktowana, jako niezależna ekspertyza hydrogeologiczno-socjologiczna dostarczająca wskazówek i argumentów hydrogeologicznych do opracowania treści wniosku. Zawarte w niej ustalenia i informacje dotyczące granic strefy ochronnej oraz proponowanych działań mających na celu ochronę zasobów wodnych ujęcia, w tym zakazów i ograniczeń w użytkowaniu terenu i korzystaniu z wód proponowanych do ustanowienia, należy traktować jako propozycje eksperta hydrogeologa. Wnioskodawca opierając się na ustaleniach dokumentacji (oraz ewentualnie innych opracowań i ekspertyz) ma prawo zaproponować własny sposób ochrony ujęcia przy założeniu, że cele ochrony zostaną osiągnięte. Wniosek powinien wykorzystywać ustalenia dokumentacji, ale nie musi literalnie uwzględniać wszystkich zawartych w niej propozycji. Ponieważ strefa ochronna jest ustanawiana na koszt i odpowiedzialność użytkownika ujęcia, zakres i sposób ochrony zasobów wodnych nie może być mu narzucony z góry i powinien uwzględniać szczególne uwarunkowania lokalne każdego ujęcia. Oczywiście, ponieważ co do zasady, merytoryczną podstawą przygotowania wniosku jest dokumentacja hydrogeologiczna, w której wyznaczono strefę ochronną (stanowi ona niezbędny załącznik do wniosku), oba dokumenty nie mogą być ze sobą sprzeczne.

Z uwagi na przyjętą w naszym kraju obowiązującą procedurę postępowania, wniosek nie musi zawierać żadnych uzgodnień z użytkownikami i właścicielami nieruchomości położonych w obrębie strefy. Nie wymaga się również przeprowadzania szerszych konsultacji społecznych. Jednak wnioskodawca, we własnym interesie, jeśli chce uniknąć ewentualnych zaskarżeń decyzji, powinien zadbać o dokonanie odpowiednich uzgodnień jeszcze przed złożeniem wniosku, zwłaszcza z gminami sąsiednimi, jeśli strefa obejmuje fragment ich terenu, a także z instytucjonalnymi właścicielami lub użytkownikami terenów mających być objętych ochroną (np. PKP, Lasy Państwowe, Wojsko Polskie, dyrekcje dróg i inni). Równie ważne mogą okazać się także wcześniejsze uzgodnienia z organizacjami społecznymi np. zrzeszenia działkowców, niezależne organizacje ekologiczne itp. oraz ze stowarzyszeniami mieszkańców.

Celem rozporządzenia Wojewody ustanawiającego strefę ochronną dla ujęcia wody jest stworzenie warunków dla rzeczywistej i efektywnej ochrony jego zasobów wodnych przez wprowadzenie ograniczeń w użytkowaniu terenu i korzystaniu z wód na wyznaczonym terenie. Ponieważ w aktualnym stanie prawnym strefa ochronna ustanawiana jest w trybie aktu prawa miejscowego a nie administracyjnego, zakazy i ograniczenia zawarte w rozporządzeniu mają charakter prewencyjny

a nie nakazowy. Tym niemniej, w dokumentacji wyznaczającej strefę ochronną, oprócz wskazania zakazów i ograniczeń w użytkowaniu terenu i korzystaniu z wód w obrębie wyznaczonej strefy, hydrogeolog powinien zidentyfikować wszystkie istniejące i potencjalne ogniska zanieczyszczenia wód podziemnych i zasygnalizować użytkownikowi ujęcia potrzebę wdrożenia odpowiednich działań naprawczych lub zabezpieczających. Propozycji tych działań nie umieszcza się jednak we wniosku, ponieważ nie można ich zawrzeć w akcie prawa miejscowego. Należy unikać sytuacji, gdy z uwagi na ewentualne roszczenia i odwołania od decyzji ustanawiającej strefę, rezygnuje się z zapisów trudnych do wyegzekwowania lub zbyt kosztownych, ale niezbędnych do zapewnienia właściwej ochrony ujęcia. Z drugiej strony proponowane zakazy, nakazy i ograniczenia w użytkowaniu terenu i korzystaniu z wód powinny brać pod uwagę także skutki społeczne i ekonomiczne wydanej decyzji. Proponując konkretne działania ochronne należy dokonać oceny planowanego efektu ekologicznego w stosunku do kosztów planowanych działań, oraz oceny wpływu planowanych zakazów i ograniczeń na sposób funkcjonowania społeczności lokalnych.

3. DOKUMENTACJA HYDROGEOLOGICZNA UJĘCIA (LUB DODATEK DO DOKUMENTACJI), JAKO PODSTAWA WYZNACZANIA STREF OCHRONNYCH

3.1. Podstawy prawne opracowania dokumentacji

Zgodnie z art. 90 ust. 1 ustawy Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2011 nr 163 poz. 981) dokumentację hydrogeologiczną sporządza się w celu:

- ustalenia zasobów oraz właściwości wód podziemnych;
- określenia warunków hydrogeologicznych związanych z zamierzonym:
 - ustanawianiem obszarów ochronnych zbiorników wód podziemnych;
 - [...].

Ustawa wskazuje także, że dokumentacja hydrogeologiczna, zależnie od celu jej sporządzenia, określa m.in.: granice projektowanych stref ochronnych ujęć wód podziemnych oraz obszarów ochronnych zbiorników wód podziemnych.

Zgodnie z prawem wyrażonym w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. *w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej* (Dz.U. 2016 poz. 2033) TOP dla ujęcia wód podziemnych, może być wyznaczony tylko w dokumentacji hydrogeologicznej tego ujęcia (lub w dodatku do takiej dokumentacji), które podlegają zatwierdzeniu przez organ administracji geologicznej odpowiedniego szczebla. Zapis ten jest powtórzony także w art. 123 ust. 1 ustawy Prawo wodne. Przywołane rozporządzenie nie przewiduje specjalnego rodzaju dokumentacji hydrogeologicznej wykonywanej w celu wyznaczenia strefy ochronnej ujęcia wody. W sytuacji, gdy w podstawowej dokumentacji ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia strefy ochronnej nie wyznaczono lub wyznaczono niewłaściwie, albo niezgodnie z obecnie (2021 r.) obowiązującymi przepisami, a dotyczy to większości dokumentacji dotychczas opracowanych, jedynym rozwiązaniem jest przygotowanie dodatku do już istniejącej dokumentacji zasobowej, który podlega zatwierdzeniu przez organ administracji geologicznej.

3.2. Zawartość dokumentacji hydrogeologicznej

Szczegółowe wymagania w zakresie formy i treści dokumentacji hydrogeologicznej zawiera Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. *w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej* (Dz.U. 2016 poz. 2033).

Dokumentacja hydrogeologiczna składa się z części tekstowej i graficznej.

Część tekstowa ww. dokumentacji (§ 2.3) obejmuje m.in.: stronę tytułową, część opisową oraz spis literatury i materiałów archiwalnych wykorzystanych przy sporządzeniu dokumentacji.

Część opisowa dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych zawiera (§ 6.1):

- *ustalenie, na podstawie pomiarów przeprowadzonych w terenie, położenia otworów wchodzących w skład ujęcia w państwowym układzie współrzędnych i rzędnej terenu przy otworach;*
- *opis zagospodarowania terenu oraz charakterystykę ujęć wód podziemnych, znajdujących się w obszarze zasobowym (będącym fragmentem zbiornika wód podziemnych ograniczonym zasięgiem spływu wód podziemnych do ujęcia, w obrębie którego formuje się co najmniej połowa zasobów eksploatacyjnych tego ujęcia) dokumentowanego ujęcia;*
- *opis zakresu i wyników badań wykonanych w celu ustalenia zasobów eksploatacyjnych w stosunku do projektu prac geologicznych lub projektu robót geologicznych, w tym wyników próbnych pompowań;*
- *opis morfologii i hydrografii terenu, pozycji stratygraficznej ujętego poziomu wodonośnego na tle budowy geologicznej oraz charakterystykę warunków hydrogeologicznych na podstawie dotychczasowego i prognozowanego poboru wód podziemnych, w tym odniesienie do ustalonych zasobów dyspozycyjnych;*
- *wyniki obliczeń parametrów hydrogeologicznych ujętego poziomu wodonośnego oraz oceny sprawności technicznej ujęcia, ustalone na podstawie wyników próbnych pompowań lub testów hydrodynamicznych;*
- *opis parametrów techniczno-eksploatacyjnych ujęcia, liczby otworów wchodzących w jego skład, ich rozmieszczenia, głębokości i sposobu ujmowania utworów wodonośnych, z uwzględnieniem zastosowanego rodzaju filtrów;*
- *ustalenie zasobów eksploatacyjnych dokumentowanego ujęcia, depresji w otworach wchodzących w skład ujęcia oraz depresji rejonowej (będącej wielkością obniżenia poziomu zwierciadła wód podziemnych wyrażonego wartością izol linii depresji obejmującej wszystkie współdziałające otwory eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych) i depresji regionalnej (będącej wielkością obniżenia poziomu zwierciadła wód podziemnych w jednostce hydrogeologicznej, wywołanego współdziałaniem eksploatowanych ujęć lub systemów odwadniających), zasięgu oddziaływania ujęcia, bilansu zasilania, kierunków dopływu wód do ujęcia, granic obszaru zasilania i obszaru zasobowego, z uwzględnieniem współoddziaływania z sąsiednimi ujęciami wód;*
- *charakterystykę i prognozę trwałości oraz wahań właściwości fizycznych, składu chemicznego i stanu bakteriologicznego wody;*
- *opis stanu środowiska w obrębie obszaru zasobowego ujęcia oraz ocenę zagrożeń dla jakości ujmowanych wód podziemnych ze strony rozpoznanych ognisk zanieczyszczeń;*
- *analizę potrzeby ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych;*
- *zalecenia co do racjonalnej eksploatacji ujęcia dla jego właściciela, w tym do prowadzenia obserwacji i pomiarów podczas jego eksploatacji oraz uzasadnienie do prowadzenia monitoringu osłonowego ujęcia (będącego systemem cyklicznych obserwacji i pomiarów oraz ocen i prognoz ilości oraz właściwości fizyczno-chemicznych wód podziemnych, prowadzonych w otoczeniu ujęcia, umożliwiającym wczesne ostrzeżenie o pojawiającym się zagrożeniu degradacji ilościowej i jakościowej eksploatowanych wód podziemnych);*

- kopię dokumentu potwierdzającego istnienie prawa do korzystania z informacji geologicznej, którą wykorzystano przy sporządzaniu tej dokumentacji.

W przypadku, gdy dla ujęcia wód podziemnych istnieje potrzeba ustanowienia **strefy ochronnej ujęcia**, w dokumentacji hydrogeologicznej określa się ponadto proponowane granice tej strefy oraz przedstawia propozycje zakazów, nakazów i ograniczeń w użytkowaniu gruntów w obrębie tej strefy, zgodnie z przepisami Ustawy Prawo wodne (Dz.U. z 2015 r. poz. 469, z późn. zm.), na podstawie co najmniej (§ 6.2):

- pomiarów poziomu zwierciadła wód podziemnych w dostępnych otworach hydrogeologicznych w zasięgu spływu wód do ujęcia wód podziemnych;
- wyznaczenia na podstawie mapy hydroizohips, metodami analitycznymi lub na podstawie badań modelowych, obszaru spływu wody do ujęcia wód podziemnych (OSW), a w przypadku poziomów wodonośnych izolowanych od powierzchni utworami słabo przepuszczalnymi – izochrony 25-letniego czasu dopływu wody w warstwie wodonośnej do ujęcia wód podziemnych, z uwzględnieniem czasu przesączania wód przez utwory izolujące;
- tendencji zmian jakości wód podziemnych eksploatowanego ujęcia wód podziemnych;
- oceny zagrożenia uwzględniającej analizę naturalnej podatności poziomów wodonośnych oraz szczegółową inwentaryzację istniejących i potencjalnych ognisk zanieczyszczeń wód podziemnych w granicach proponowanej strefy ochronnej;
- szczegółowej charakterystyki stanu zagospodarowania terenu oraz postanowień miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dotyczącego obszaru proponowanej strefy ochronnej ujęcia, a w przypadku braku tego planu – na podstawie studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy;
- oceny planowanego efektu ekologicznego w stosunku do szacunkowych kosztów proponowanych działań ochronnych oraz oceny wpływu planowanych zakazów, nakazów i ograniczeń na sposób funkcjonowania społeczności lokalnych;
- badań modelowych, przy zastosowaniu których wyznaczono granice proponowanej strefy ochronnej, biorąc pod uwagę eksploatację wszystkich ujęć wód podziemnych zlokalizowanych w rejonie badań – w przypadku obszarów o intensywnej eksploatacji wód podziemnych i silnym współoddziaływaniu różnych ujęć tych wód.

Część graficzna dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych zawiera (§ 6.3):

- mapę przeglądową z lokalizacją terenu przeprowadzonych prac geologicznych;
- mapę dokumentacyjną sporządzoną na podkładzie map topograficznych z naniesionymi ujęciami wód podziemnych i otworami wiertniczymi w rejonie dokumentowanego ujęcia, liniami przekrojów hydrogeologicznych oraz siecią hydrograficzną;
- plan lub mapę hydrogeologiczno-sozologiczną sporządzoną na podkładzie map topograficznych, w skali co najmniej 1 : 25 000, z zaznaczoną lokalizacją dokumentowanego ujęcia wód podziemnych i ujęć sąsiednich, granicami oddziaływania tego ujęcia, przebiegiem hydroizohips, kierunkami przepływu wód podziemnych, granicami obszaru spływu i obszaru zasobowego oraz lokalizacją rozpoznanych ognisk zanieczyszczeń;
- przekroje hydrogeologiczne;
- geodezyjny szkic wytyczenia lokalizacji i wykonania pomiarów niwelacyjnych rzędnej terenu w miejscu lokalizacji otworów ujęcia wód podziemnych;
- wykresy wyników próbnego pompowania, testów hydrodynamicznych lub eksploatacji ujęcia wód podziemnych;

- zestawienie zbiorcze wyników wiercenia;
- wyniki badań fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych wody;
- wyniki badań granulometrycznych – jeżeli były wykonywane;
- wyniki pozostałych badań wykonanych w celu ustalenia zasobów eksploatacyjnych ujęcia wód podziemnych.

W odniesieniu do **strefy ochronnej ujęcia** część graficzna dokumentacji hydrogeologicznej oprócz elementów wymienionych powyżej zawiera ponadto (§ 6.4):

- *mapę dokumentacyjną proponowanych granic strefy ochronnej, sporządzoną na podkładzie topograficznym, w skali co najmniej 1 : 25 000, z zaznaczonymi jej proponowanymi granicami, podziałem obszaru strefy na rejon o zróżnicowanym stopniu naturalnej podatności poziomu wodonośnego na zanieczyszczenie oraz lokalizacją zinventaryzowanych ognisk zanieczyszczeń;*
- *mapę poglądową czasu przesączania wód z powierzchni terenu do ujętego poziomu wodonośnego, prezentującą naturalną podatność poziomu na zanieczyszczenie;*
- *mapę hydroizohips eksploatowanego poziomu wodonośnego z zaznaczeniem obszaru spływu wód do ujęcia oraz izochrony 25-letniego czasu dopływu wody w warstwie wodonośnej do ujęcia wód podziemnych;*
- *mapę poglądową sumarycznego czasu dopływu wody do dokumentowanego ujęcia wód podziemnych z powierzchni terenu i w warstwie wodonośnej;*
- *mapę aktualnego przeznaczenia terenu, sporządzoną na podstawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, a w przypadku braku tego planu – na podstawie studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy.*

Część opisowa dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej **zasoby eksploatacyjne** źródła naturalnego zawiera (§ 7.1):

- *ustalenie, na podstawie pomiarów przeprowadzonych w terenie, położenia źródła naturalnego w państwowym układzie współrzędnych i rzędnej wypływu wody z tego źródła;*
- *opis stanu środowiska i zagospodarowania terenu w obszarze zasilania źródła naturalnego, z uwzględnieniem zagrożeń dla jakości wody, wskazanie i opis sąsiednich źródeł naturalnych oraz ujęć wód podziemnych, zlokalizowanych w rejonie dokumentowanego źródła;*
- *opis morfologii, hydrografii i warunków klimatycznych w rejonie źródła naturalnego;*
- *opis budowy geologicznej terenu oraz litologii i stratygrafii utworów, z których wypływa źródło naturalne;*
- *opis warunków hydrogeologicznych kształtujących źródło naturalne, w szczególności położenia i zasięgu obszaru zasilania, a także wpływu eksploatacji innych ujęć wód podziemnych na wydajność dokumentowanego źródła;*
- *ustalenie zasobów eksploatacyjnych z podaniem zmierzonej wydajności, zmienności jednorocznej i wieloletniej źródła naturalnego, a jeżeli to źródło stanowi początek ciekła zagospodarowanego przyrodniczo lub gospodarczo – także z uwzględnieniem odpływu nienaruszalnego;*
- *charakterystykę i prognozę trwałości oraz wahań właściwości fizycznych, składu chemicznego i stanu bakteriologicznego wody ze źródła naturalnego;*
- *opis sposobu ujmowania wody ze źródła naturalnego;*
- *analizę potrzeby ustanowienia strefy ochronnej źródła naturalnego;*
- *zalecenia co do racjonalnej eksploatacji źródła naturalnego, w tym wskazania dla jego właściciela dotyczące prowadzenia obserwacji i pomiarów podczas jego eksploatacji, oraz uzasadnienie prowadzenia monitoringu osłonowego dokumentowanego źródła.*

W przypadku, gdy istnieje potrzeba ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych będącego obudowanym źródłem naturalnym, dokumentacja zawiera ponadto te same elementy, które dotyczą ujęcia wód podziemnych (§ 7.2).

Część graficzna dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej **zasoby eksploatacyjne źródła naturalnego** zawiera (§ 7.3):

- *mapę przeglądową z lokalizacją terenu przeprowadzonych prac geologicznych;*
- *mapę geologiczną i hydrogeologiczną rejonu badań;*
- *mapę dokumentacyjno-hydrogeologiczną sporządzoną na podkładzie topograficznym, w skali co najmniej 1 : 25 000, z zaznaczonymi położeniem źródła naturalnego na tle sieci hydrograficznej, działami wodnymi, lokalizacjami ujęć wód podziemnych oraz linią przekroju hydrogeologicznego;*
- *schematyczny przekrój hydrogeologiczny;*
- *wyniki badań fizyczno-chemicznych i bakteriologicznych wody;*
- *wykresy monitoringu wydajności źródła naturalnego, temperatury i składników chemicznych wody z dokumentowanego źródła w powiązaniu z wynikami obserwacji hydrologicznych i meteorologicznych;*
- *rysunek lub zdjęcie przedstawiające sposób ujęcia wody ze źródła naturalnego.*

W przypadku, gdy istnieje potrzeba ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych będącego obudowanym źródłem naturalnym, część graficzna dokumentacja zawiera ponadto te same elementy, które dotyczą strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych.

Skale map stanowiących część graficzną dokumentacji hydrogeologicznej dostosowuje się do powierzchni terenu objętego rozpoznaniem hydrogeologicznym, stopnia tego rozpoznania i złożoności treści prezentowanych na mapie.

Dokumentację hydrogeologiczną sporządza się w postaci:

- papierowej;
- elektronicznej zapisanej na informatycznym nośniku danych, zabezpieczonej przed ingerencją w jej treść.

Przepisy rozporządzenia dhig-i odnoszą się także do dodatku do dokumentacji hydrogeologicznej (§ 3).

3.3. Praktyczne uwagi do opracowania dokumentacji hydrogeologicznej

Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych lub dodatek do dokumentacji jest podstawowym dokumentem, pozwalającym na ustanawianie stref ochronnych ujęć wód podziemnych, zwłaszcza TOP. Nie zawsze opracowania archiwalne spełniają wszystkie obecne wymogi formalne i metodyczne. Na słabe punkty tych opracowań zwrócił uwagę Rodzoch i in. (2004) oraz Duda i in. (2013). Wskazywali na brak szczegółowego rozpoznania hydrogeologicznego, analizy ochronnej roli nadkładu warstwy wodonośnej oraz szczegółowej analizy jakości wód. Zwracali uwagę na zbyt częste i bezkrytyczne stosowanie metod analitycznych do wyznaczenia TOP. Opracowanie państwowej służby hydrogeologicznej z 2009 r. potwierdzało te uwagi (Nowicki i in., 2009a). Dlatego też zasięg obszaru spływu i TOP w wielu przypadkach jest niewłaściwie wyznaczony. Słabością dokumentacji archiwalnych było pomijanie badań modelowych, które powinny być wykonywane w większości przypadków, omówionych w rozdz. 4.5.2 i zalecanych w innych publikacjach (Rodzoch i in., 2004; Duda i in., 2013).

Częściowe wskazania do zawartości dokumentacji hydrogeologicznej znajdują się w opracowaniu Dąbrowskiego i in. (2004). Natomiast obszernie omówienie tych zagadnień zawiera praca Dudy i in. (2013), gdzie został określony szczegółowy zakres prac w odniesieniu do poszczególnych punktów wskazanych w rozporządzeniu dhig-i.

Właściwe przygotowanie dokumentacji hydrogeologicznej ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych, która ma na celu ustalenie strefy ochronnej dla ujęcia, jest niezwykle istotne, ponieważ decyduje o skuteczności działań podjętych dla ochrony jego zasobów wodnych. Przygotowując dokumentację hydrogeologiczną wykazującą potrzebę ustanowienia strefy ochronnej (czyli TOP) należy zwrócić uwagę na właściwą analizę i opracowanie następujących zagadnień:

- 1) Szczegółowe rozpoznanie hydrogeologiczne (kartowanie hydrogeologiczne) rejonu lokalizacji ujęcia, obejmującego jego obszar zasilania i innych ujęć zlokalizowanych w pobliżu (w celu rozpoznania wzajemnego oddziaływania). Identyfikacja ujęć współdziałających lub ujęć zlokalizowanych na obszarze spływu wód, obszarze zasobowym. W przypadku wielowarstwowych systemów wodonośnych, należy omówić stan wód w poszczególnych warstwach/poziomach wodonośnych, kierunki przepływu, leje depresji. Jeżeli występuje bariera hydrodynamiczna, należy podkreślić jej rolę w zabezpieczeniu ujmowanych wód przed presjami antropogenicznymi lub zagrożeniami ascenzji wód zmineralizowanych. Pojęcie obszaru zasilania należy rozpatrywać w układzie trójwymiarowym, w niektórych przypadkach elementami strefy ochronnej mogą być części systemu wodonośnego, które nie stanowią użytkowego poziomu wodonośnego. Należy mieć na uwadze, że dokładne rozpoznanie warunków krążenia wód i wykreślenie mapy hydroizohips bezpośrednio wpływa na wyznaczenie obszaru spływu wody do ujęcia i w konsekwencji wyznaczenia zasięgu terenu ochrony pośredniej.
- 2) Pełna charakterystyka warstwy wodonośnej, zwłaszcza jej litologia, kontakt z innymi warstwami/poziomami wodonośnymi, parametry hydrogeologiczne, opis panujących w warstwie warunków ciśnień hydrodynamicznych (naporowe, mieszane, swobodne), zachodzące zmiany hydrodynamiczne.
- 3) Wykonanie szczegółowego kartowania sozologicznego na całym obszarze wyznaczonej strefy ochronnej (inwentaryzacja i charakterystyka ognisk zanieczyszczeń), wraz z oceną zagrożenia dla stanu jakościowego ujmowanych wód, stwarzanego przez zidentyfikowane ogniska zanieczyszczeń.
- 4) Dokładna analiza ochronnej roli nadkładu ujętej warstwy wodonośnej na całym obszarze zasilania ujęcia, w celu właściwej oceny jego zagrożenia. Istotny jest charakter utworów powierzchniowych oraz warstw stanowiących nadkład poziomu wodonośnego (porowy, porowo-szczelinowy, szczelinowo-porowy, szczelinowy, kawernowo-szczelinowy). Należy przeanalizować możliwość występowania spękań i okien hydrogeologicznych, których obecność zwiększa szybkość przesączania wody z powierzchni terenu. Oceny tej nie można ograniczać tylko do rejonu samego ujęcia, bo jest to daleko niewystarczające. Efektem tej analizy powinna być mapa podatności na zanieczyszczenie ujmowanej warstwy wodonośnej, przygotowana dla całego OSW ujęcia.
- 5) Wykonanie pełnej charakterystyki stanu chemicznego wód podziemnych na podstawie danych archiwalnych (najlepiej od początku eksploatacji ujęcia), wyniki monitoringu lokalnego (jeżeli jest prowadzony) oraz innych użytkowników wód podziemnych. Prognozę trwałości oraz wahań właściwości fizycznych, składu chemicznego i stanu bakteriologicznego wód podziemnych. Należy uzasadnić i wskazać na celowość wykonania uzupełniających badań

jakości wód pod kątem wpływu istniejących ognisk zanieczyszczeń szczególnie jeśli nie jest to uwzględnione w ramach monitoringu ujęcia czy ognisk zanieczyszczeń.

- 6) Charakterystyka warunków klimatycznych, zwłaszcza suma rocznych opadów atmosferycznych (na podstawie danych z wielolecia), zmienność sezonową i trendy wieloletnie, wpływ zmian klimatycznych na system wodonośny i spływ powierzchniowy (okresy posuszne, deszcze nawalne).
- 7) W przypadku ujęć infiltracyjnych oraz ujęć, gdzie wody powierzchniowe są związane hydrodynamicznie z wodami podziemnymi konieczne jest opracowanie pełnej charakterystyki hydrologicznej, wskazanie na charakter kontaktu hydraulicznego, oporności filtracyjnej osadów dennych ciekłu lub zbiornika.
- 8) Należy szczegółowo omówić warunki hydrogeologiczne i hydrochemiczne ujęć wód podziemnych zlokalizowanych w pobliżu brzegu morskiego lub zbiorników wód podziemnych z wodami zmineralizowanymi, słonymi. Wskazać sposoby ograniczające te zagrożenia dla ujmowanych wód.
- 9) Istotne jest poprawne metodycznie wyznaczenie obszaru spływu wody do ujęcia i poszczególnych jego studni oraz izochron czasu dopływu wody, jako podstawy wyznaczenia zasięgu strefy ochronnej. Do poprawnego i wiarygodnego wyznaczenia tych obszarów często konieczne jest zastosowanie metody modelowania matematycznego. Metoda modelowania jest wymagana przez Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w *sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej* w przypadku wyznaczania granic TOP dużych, wielootworowych ujęć, oraz w rejonach intensywnie eksploatowanych przez wiele różnych ujęć wzajemnie na siebie oddziałujących. Opracowany model matematyczny, stanowiąc bardzo użyteczne narzędzie wspomaganie decyzji w zakresie gospodarowania wodami i ich ochrony, umożliwia m.in.:
 - szczegółowe ustalenie granic obszarów zasobowych i stref ochronnych dla wytypowanych ujęć wód dla różnych wariantów eksploatacji (które mogą się zmieniać w czasie);
 - zweryfikowanie ustalonych zasobów eksploatacyjnych i wielkości pozwoleń wodnoprawnych poszczególnych ujęć wód, które mogą przekraczać naturalną odnawialność zasobów;
 - wybranie optymalnego wariantu eksploatacji poszczególnych studni ujęcia, aby wyznaczona strefa ochronna była jak najmniej uciążliwa dla funkcjonowania społeczności lokalnych (przykładowo: zasięg strefy ochronnej ujęcia wielootworowego zależy od sposobu rozłożenia poboru wody na poszczególne studnie);
 - wydzielenie obszarów mniej i bardziej zagrożonych na zanieczyszczenie wód podziemnych, co pozwoli zróżnicować zakres proponowanych ograniczeń w użytkowaniu terenu;
 - dokonanie oceny wpływu prognozowanych poborów wody na różne elementy środowiska i ustalenie wzajemnego oddziaływania pomiędzy eksploatowanymi studniami;
 - obliczenie czasu dopływu wody do poszczególnych studni od wybranych, istniejących lub potencjalnych ognisk zanieczyszczeń;
 - wytypowanie najlepszych lokalizacji dla nowych studni z uwzględnieniem różnych kryteriów, w tym wpływu na pracę istniejących ujęć;
 - dokonanie oceny możliwości lokalizacji inwestycji mogących stanowić zagrożenie dla środowiska wód podziemnych;
 - sporządzenie oceny szybkości i zasięgu rozprzestrzeniania się skażeń oraz zagrożenia poszczególnych studni w sytuacjach awarii lub katastrof związanych z przedostaniem szkodliwych substancji do środowiska gruntowo-wodnego.

- 10) Właściwe sformułowanie propozycji działań ochronnych. Do działań tych należy zaliczyć zakazy i ograniczenia proponowane do ustanowienia w strefie ochronnej zgodnie z art. 130 ustawy Prawo wodne, które można traktować jako działania prewencyjne, oraz działania naprawcze i zabezpieczające dotyczące zidentyfikowanych ognisk rzeczywistego lub potencjalnego zanieczyszczenia wód podziemnych, które użytkownik powinien podjąć we własnym zakresie. W dokumentacji należy wyraźnie odróżnić te dwa typy działań ochronnych. Wszystkie proponowane działania powinny być dobrze przemyślane i uzasadnione. Nie mogą się ograniczać tylko do bezrefleksyjnego przepisывania treści zakazów i ograniczeń wprost z ustawy Prawo wodne. Powinny brać pod uwagę także specyficzne uwarunkowania poszczególnych ujęć: środowiskowe, społeczne, plany zagospodarowania przestrzennego i kierunków rozwoju, oraz ważny aspekt ekonomiczny. Proponując konkretne działania należy dokonać ogólnej oceny planowanego efektu ekologicznego w stosunku do kosztów planowanych działań, bez przedstawiania szczegółowego rachunku ekonomicznego
- 11) Charakter i typ ujęcia oraz sposób ujmowania i eksploatacji wody może mieć istotne znaczenie dla wyznaczania TOB i TOP oraz sformułowania koncepcji ochrony wód podziemnych.
- 12) Zasięg terenu ochrony pośredniej wyznaczonego na podstawie czasu wymiany wody w ujmowanej warstwie wodonośnej może być zbyt mały w stosunku do rzeczywistych warunków, jeżeli w obliczeniach uwzględnia się całą strukturalną miąższość warstwy wodonośnej, podczas gdy często dopływ do ujęcia pochodzi w większości z określonego wydzielenia litofacjalnego o lepszych właściwościach filtracyjnych, niż pozostała część utworów wodonośnych. Dlatego do obliczeń nie należy przyjmować jej całkowitej miąższości, lecz miąższość efektywną, czyli bez udziału wkładek utworów słabiej przepuszczalnych. Zwięźleniem opisu warunków środowiskowych powinien być opis modelu hydrogeologicznego obszaru spływu wód do ujęcia wraz z ilustracją graficzną omawianych zagadnień, tj.: pole hydrodynamiczne, rozkład parametrów hydrogeologicznych, przekroje hydrogeologiczne, itp.

Jedną z ważniejszych części dokumentacji ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych jest analiza i uzasadnienie ustanowienia strefy ochronnej (czyli TOP). Należy dokładnie omówić sposób oraz wynik obliczenia czasu pionowego przesączania wody z powierzchni terenu do ujmowanej warstwy wodonośnej w granicach OSW, przyjętych do obliczeń wartości wszystkich parametrów hydrogeologicznych utworów litologicznych. Kolejnym krokiem jest uzasadnienie wyboru metody wyznaczenia OSW oraz izochron sumarycznego czasu dopływu wody do studni ujęcia. Rekomenduje się metodę badań modelowych, chociaż można ją zastąpić metodami analitycznymi w przypadku tzw. małego ujęcia, prostych warunków hydrogeologicznych i braku istotnego oddziaływania innych ujęć wody. Niezależnie od wybranej metody należy szczegółowo udokumentować przyjęte założenia i proces obliczeń.

Zasięg OSW oraz izochrony dopływu wody, stanowiące podstawę wyznaczenia TOP, najczęściej będą wyznaczone dla średniej dobowej wielkości poboru wody na ujęciu, ustalonej w pozwoleniu wodnoprawnym. Można również przyjąć wielkość poboru wody w wysokości zasobów eksploatacyjnych ujęcia, jeżeli taką potrzebę zgłosi właściciel ujęcia a wielkość tych zasobów odzwierciedla rzeczywiste zapotrzebowania użytkownika na wodę. W przypadku bardzo wielu ujęć wody, zwłaszcza tych, dla których zasoby eksploatacyjne ustalono w dawnych latach, ich wysokość bardzo często wielokrotnie przekracza wielkość rzeczywistego zapotrzebowania na wodę. W takiej sytuacji nie należy wyznaczać zasięgu TOP dla poboru wody w wysokości ustalonych zasobów eksploatacyjnych, ponieważ powierzchnia wyznaczonego TOP byłaby znacznie większa niż to wynika z rzeczywistej potrzeby ochrony zasobów

wodnych ujęcia. Należy pamiętać, że formalną podstawą gospodarowania wodami w naszym kraju są pozwolenia wodnoprawne a nie zasoby eksploatacyjne ujęć wody.

W razie potrzeby przy wyznaczaniu TOP należy także uwzględnić planowany sposób poboru wód na ujęciu, który zakłada nierównomierne rozłożenie ciężaru eksploatacji na poszczególne studnie. Może to mieć szczególne znaczenie przy dużych ujęciach komunalnych, gdzie studnie są rozlokowane na znacznym obszarze lub liniowym ułożeniu.

Najważniejsze zagadnienia zawarte w dokumentacji hydrogeologicznej powinny być zilustrowane odpowiednimi mapami tematycznymi. Szczególną uwagę należy zwrócić na prezentację trzech parametrów: czas poziomego przepływu wody w ujmowanej warstwie wodonośnej, czas przesączania pionowego oraz sumaryczny czas przepływu wody z powierzchni terenu do studni ujęcia. W uzasadnionych przypadkach wybraną mapę można uzupełnić o presje geogeniczne i antropogeniczne, np. możliwy przepływ wód słonych lub zdegradowanych z sąsiednich warstw wodonośnych.

Istotną jest także mapa aktualnego i planowanego przeznaczenia terenu, sporządzona na podstawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego lub studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gminy oraz mapa z proponowanymi granicami strefy ochronnej.

Jeżeli w zasięgu TOP jest zalecany przestrzennie zróżnicowany sposób ochrony wód, to wydzielone obszary muszą być zgodne z mapą naturalnej podatności poziomu wodonośnego na zanieczyszczenie i lokalizacją potencjalnych ognisk zanieczyszczeń.

Dopiero tak opracowana dokumentacja hydrogeologiczna może stanowić podstawę podjęcia prac nad przygotowaniem wniosku o ustanowienie strefy ochronnej ujęcia i w dalszej kolejności wydania odpowiednich rozporządzeń przez Wojewodę. Dokumentacja hydrogeologiczna, wykazująca potrzebę ustanowienia strefy ochronnej ma charakter niezależnej ekspertyzy hydrogeologicznej, której zadaniem jest przedstawienie wskazówek oraz dostarczenie danych i argumentów do przygotowania skutecznego oraz realnego programu ochrony ujęcia, a nie podawanie gotowych i ostatecznych rozwiązań. Czasem może być ona niewystarczająca i dlatego powinna być uzupełniona innymi opiniami oraz ekspertyzami.

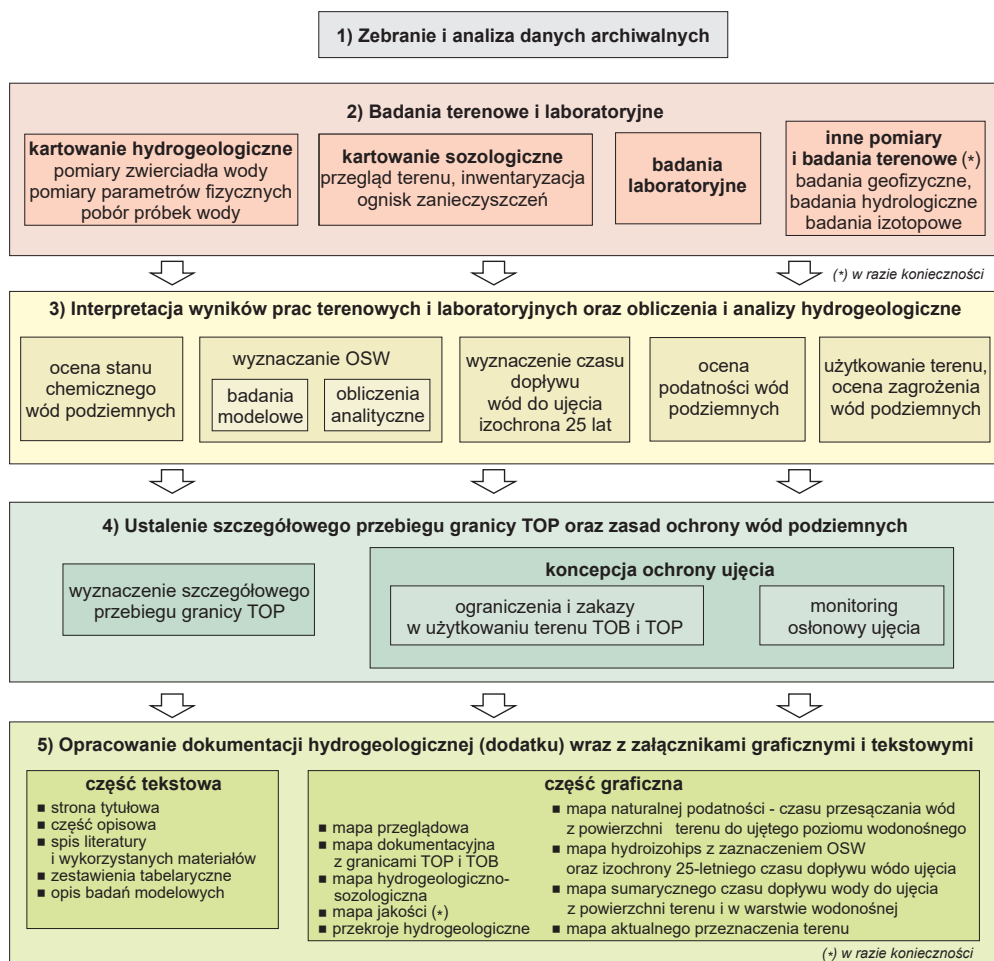
Przygotowanie ostatecznego programu ochrony ujęcia, zawierającego konkretne rozwiązania, harmonogram działań, szacunkowe koszty ich realizacji, jest zadaniem właściciela ujęcia i powinno być wykonane na etapie sporządzania wniosku o ustanowienie strefy. W żadnym razie nie jest to zadanie dla hydrogeologa, chociaż powinien on w nim uczestniczyć jako ekspert i dokumentator strefy.

4. PROCEDURY I METODY BADAŃ WYKORZYSTYWANE W PROJEKTOWANIU STREF OCHRONNYCH

4.1. Etapy prac oraz przegląd wybranych metod badawczych

Wyznaczanie stref ochronnych ujęć wód podziemnych reguluje rozporządzenie dhig-i. Na podstawie przepisów zawartych w tym rozporządzeniu można wskazać procedury i etapy prac obowiązujące przy wyznaczaniu stref ochronnych, zwłaszcza TOP. Obejmują one pięć etapów (rys. 2):

- 1) zebranie i analizę materiałów archiwalnych;
- 2) prace terenowe i laboratoryjne;
- 3) interpretację wyników prac terenowych i laboratoryjnych oraz obliczenia i analizy hydrogeologiczne;



Rys. 2. Etapy prac przy wyznaczaniu strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych

- 4) ustalenie szczegółowego przebiegu granicy TOP oraz zasad ochrony wód podziemnych;
- 5) opracowanie dokumentacji hydrogeologicznej (dodatku) wraz z załącznikami graficznymi i tekstowymi.

Szczegółowy zakres prac konieczny do wykonania na każdym etapie będzie wynikał m.in. z:

- wielkości i typu ujęcia (liczby studni, wysokości zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych, współdziałania z wodami powierzchniowymi);
- stopnia rozpoznania oraz złożoności warunków hydrogeologicznych;
- stanu chemicznego wód podziemnych oraz zagrożeń antropogenicznych i geogenicznych;
- aktualność danych w dokumentacji źródłowej (zasobowej).

- 1) **Zebranie i analiza materiałów archiwalnych** poprzedza zasadnicze prace dokumentacyjne, mające na celu wyznaczenie TOP. Istotne jest, żeby zgromadzić kompletny zestaw informacji, pozwalających na analizowanie warunków hydrogeologicznych w rejonie ujęcia. Najważniejsze informacje będą zawarte w dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych oraz w dodatkach, aneksach, które zwykle

zawierają dane o kolejnych studniach, dodatkowych badaniach hydrogeologicznych lub zmienionych wartościach zasobów eksploatacyjnych. Przy gromadzeniu danych hydrochemicznych należy zwrócić szczególną uwagę na zmianę jaka nastąpiła przy określaniu stężeń azotanów po wejściu Polski do UE. Aktualnie stężenia azotanów podaje się w mgNO_3/l , poprzednio natomiast stężenie podawano w $\text{mgN}_{\text{NO}_3}/\text{l}$ (tzw. azot azotanowy), przy czym nie zawsze było to jednoznacznie określone tj. wyniki były czasami zapisane jako azotany, a w rzeczywistości podawano stężenie azotu azotanowego.

Niezbędne będzie zgromadzenie informacji z całego obszaru spływu wód do studni, który może wykraczać poza obszar zasobowy. Cenne informacje mogą także zawierać inne opracowania hydrogeologiczne lub sozologiczne, które były wykonywane w formie ekspertyz, opinii, sprawozdań. Konieczne będzie zebranie wiarygodnych danych o opadach atmosferycznych, a w niektórych przypadkach także dane hydrologiczne.

Istotne są materiały kartograficzne, zwłaszcza: seryjne mapy geologiczne i hydrogeologiczne, mapy jakości i wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie, przekroje geologiczne i hydrogeologiczne. Zgromadzenie ww. informacji ułatwiają elektroniczne źródła danych, które można pozyskać w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym (PIG-PIB):

- karty otworów zawarte w CBDH;
- baza danych GIS *Mapy hydrogeologicznej Polski* w skali 1 : 50 000:
 - główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW),
 - pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika (PPW-WH); wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód (PPW-WJ);
- arkusze mapy geologiczno-gospodarczej i geośrodowiskowej w skali 1 : 50 000;
- granice jednolitych części wód podziemnych (JCWPd);
- punkty sieci monitoringu wód podziemnych wraz z wynikami obserwacji i badań.

Przydatne będą podręczniki, także dostępne w formie elektronicznej, np.:

- *Hydrogeologia regionalna Polski*, tom I, wody słodkie (Paczyński, Sadurski, 2007);
- *Wody podziemne miast Polski. Miasta powyżej 50 000 mieszkańców* (Nowicki, 2009c);
- *Charakterystyka geologiczna i hydrogeologiczna zweryfikowanych JCWPd. Zadania Państwowej Służby Hydrogeologicznej w 2009 r. Zadanie 28* (Nowicki, 2009b);
- *Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych – poradnik metodyczny* (Dąbrowski i in., 2004);
- *Metody znacznikowe w badaniach hydrogeologicznych – poradnik metodyczny* (Zuber i in., 2007);
- *Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych – poradnik metodyczny* (Dąbrowski i in., 2011);
- *Słownik hydrogeologiczny* (Dowgiałło i in., 2002);
- *Informator PSH Główne Zbiorniki Wód Podziemnych w Polsce* (Mikołajków, Sadurski, 2017);
- *Metodyka wyboru optymalnej metody wyznaczania zasięgu stref ochronnych ujęć zwykłych wód podziemnych z uwzględnieniem warunków hydrogeologicznych obszaru RZGW w Krakowie* (Duda i in., 2013).

2) Prace terenowe i laboratoryjne są podstawową metodą zebrania wiarygodnych informacji o aktualnym stanie wód podziemnych i warunkach sozologicznych i obejmują przede wszystkim:

- **kartowanie i inwentaryzacja hydrogeologiczna** – dostarczą informacji o dynamice wód podziemnych w otoczeniu ujęcia oraz wykorzystaniu wód przez innych użytkowników;
- **kartowanie sozologiczne** – pozwoli na identyfikację oraz weryfikację rzeczywistych i potencjalnych ognisk zanieczyszczeń, a także dostarczy dane o aktualnym sposobie użytkowania terenu (szczegółową informację na ten temat zawiera rozdz. 5.3);
- **pobór próbek wody do badań laboratoryjnych, terenowe oznaczenia parametrów fizycznych wód podziemnych i powierzchniowych** – umożliwią wykonanie badań laboratoryjnych, będą podstawą oceny jakości wód podziemnych;
- **badania laboratoryjne**, niejednokrotnie zachodzi konieczność rozpoznania pełnego składu chemicznego ujmowanych wód podziemnych. Zakres oznaczeń jest regulowany Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2017 poz. 2294). Coraz częściej jest zalecany rozszerzony zakres badań chemicznych, uwzględniający obecność substancji specyficznych w wodzie. Dotyczy to zwłaszcza związków organicznych. Zakres tych badań należy starannie zaplanować, ponieważ wpływają znacząco na koszt wykonania opracowania.

Niekiedy przy niedostatecznie rozpoznanych lub skomplikowanych warunkach hydrogeologicznych, zwłaszcza w odniesieniu do dużych ujęć, będą konieczne badania izotopowe i znacznikowe, badania geoelektryczne oraz badania hydrologiczne:

- **badania izotopowe i znacznikowe** mogą pomóc w rozpoznaniu dróg krążenia oraz czasu przepływu wód podziemnych lub związanych z nimi wód powierzchniowych. Szczególnie przydatne będą na obszarach słabo rozpoznanych warunkach hydrogeologicznych lub skomplikowanych drogach krążenia wód podziemnych. Badania znacznikowe w wodach podziemnych są szczegółowo opisane w poradniku pod redakcją Zuberera i in. (2007) oraz w pracach: Najman i in. (2012), Najman i Śliwka (2013);
 - **badania geoelektryczne** są wskazane do stosowania w przypadku niepełnego rozpoznania budowy geologicznej. Mogą być szczególnie przydatne do rozpoznania miąższości i litologii nadkładu ujmowanej warstwy wodonośnej. Mogą ułatwić identyfikację kontaktów hydraulicznych między warstwami wodonośnymi oraz ewentualnych uprzywilejowanych dróg infiltracji i przesączania wód opadowych z powierzchni terenu (Duda i in., 2013);
 - **badania hydrologiczne** przepływu wód płynących i inne pomiary i badania hydrologiczne – mogą być konieczne w przypadku współdziałania wód powierzchniowych i podziemnych, np. w rejonie ujęć infiltracyjnych, brzegowych, studni promienistych, źródeł. Mogą być przydatne badania znacznikowe, służące do oceny samooczyszczania się wód płynących lub badania izotopowe do oceny udziału zasilania podziemnego.
- 3) Interpretacja wyników prac terenowych i laboratoryjnych oraz obliczenia i analizy hydrogeologiczne** są najważniejszą częścią dokumentacji hydrogeologicznej, która ma na celu wyznaczenie terenu ochrony pośredniej. Wyniki prac terenowych, laboratoryjnych i kameralnych powinny zostać zestawione w odpowiednich tabelach oraz na mapach tematycznych wyszczególnionych w rozporządzeniu dhig-i. Na podstawie badań modelowych lub innych metod (analitycznych, graficznych, map hydroizohips) należy wyznaczyć OSW. W obrębie tego obszaru zostanie oceniony czas przesączania pionowego do warstwy wodonośnej oraz czas przepływu poziomego w warstwie wodonośnej. Konieczne jest przy tym opracowanie map czasu przesączania wód z powierzchni terenu oraz

izochron poziomego przepływu wód w warstwie wodonośnej wraz z sumarycznym czasem dopływu wody do dokumentowanego ujęcia wód podziemnych z powierzchni terenu i w warstwie wodonośnej. Te informacje będą podstawą wyznaczenia TOP bazujących na przesłankach hydrogeologicznych. Na podstawie zebranych informacji oraz wyników badań laboratoryjnych należy ocenić jakość wód ujmowanych na ujęciu oraz w obrębie OSW, a także określić tendencje zmian jakości. Znacznym ułatwieniem wykonania tego zalecenia będą wyniki monitoringu osłonowego realizowanego przez użytkownika ujęcia. W przypadku braku takich danych można ocenić kierunki zachodzących zmian, porównując dane archiwalne z wynikami własnych badań. Charakterystyka stanu zagospodarowania terenu oraz postanowień planu zagospodarowania przestrzennego powinna być uzupełniona o mapę aktualnego przeznaczenia terenu. Wykorzystując te dane należy ocenić stopień zagrożenia wód podziemnych w obrębie TOP oraz wskazać rejon (miejsca), w których wody podziemne są lub mogą być w przyszłości, najbardziej narażone na niekorzystne zmiany.

Zaleca się, aby **badania modelowe** (modelowanie numeryczne przepływu wód podziemnych oraz transportu zanieczyszczeń) były standardowym narzędziem, pozwalającym na wyznaczenie OSW, TOP oraz zagrożeń związanych z migracją rzeczywistych i potencjalnych zanieczyszczeń. Szczególnie są one zalecane dla dużych ujęć, skomplikowanych warunków hydrogeologicznych, współdziałania ujęć oraz sąsiedztwa wód zanieczyszczonych. Krótki komentarz do modelowania numerycznego przepływu wód podziemnych znajduje się w rozdziale 4.5.2.

Zgodnie z rozporządzeniem dhig-i należy opracować mapę naturalnej podatności poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia. Należy przy tym skorzystać z obliczeń czasu przesączania pionowego do warstwy wodonośnej (poziomu wodonośnego).

Wyznaczenie TOP powinno być realizowane zgodnie z następującymi etapami:

- a) określenie obszaru zasilania i obszaru spływu wód do ujęcia,
- b) obliczenie czasu przesączania wody z powierzchni terenu do poziomu wodonośnego,
- c) określenie zasięgu TOP, jako sumy czasu przesączania pionowego i przepływu poziomego wód w warstwie wodonośnej.

4) Ustalenie szczegółowego przebiegu granicy TOP oraz zasad ochrony wód podziemnych.

Zasięg granicy TOP wyznaczony według przesłanek hydrogeologicznych należy dowiązać do podziałów geodezyjnych i innych charakterystycznych elementów zagospodarowania przestrzennego. Pomocna przy tym będzie mapa ewidencyjna 1 : 5000 lub mapa podstawowa w większej skali (1 : 1000).

Na podstawie Ustawy *Prawo wodne* z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 1566 z późniejszymi zmianami) zwłaszcza art. 127, 128 oraz art. 130 należy wprowadzić odpowiednie nakazy i ograniczenia w użytkowaniu terenów ochrony bezpośredniej i pośredniej. Należy przy tym uwzględnić warunki infiltracji zanieczyszczeń do poziomu wodonośnego, z którego woda jest ujmowana. Skutkiem czego proponowane zakazy i ograniczenia mogą być zróżnicowane w różnych częściach terenu ochrony pośredniej.

W nawiązaniu do warunków hydrogeologicznych, stopnia zagrożenia wód podziemnych i presji antropogenicznych należy sformułować odpowiednie zalecenia, dotyczące monitoringu osłonowego ujęcia.

5) Opracowanie dokumentacji hydrogeologicznej (dodatku) wraz z załącznikami graficznymi i tekstowymi.

Wszystkie wyniki prac należy przedstawić w formie dokumentacji hydrogeologicznej (dodatku do dokumentacji) zgodnie z rozporządzeniem dhig-i.

4.2. Parametry hydrogeologiczne konieczne do wyznaczenia terenu ochrony pośredniej

Do wyznaczania terenu ochrony pośredniej niezbędna jest, przede wszystkim, znajomość następujących charakterystyk warunków hydrogeologicznych ujmowanego systemu wodonośnego:

- miąższość warstwy wodonośnej (wodonośca), współczynnik filtracji, współczynnik porowatości aktywnej, porowatość matrycy skalnej (mikroporowatość), współczynnik szczelinowatości;
- dynamika wód podziemnych: gradient hydrauliczny, intensywność zasilania bezpośredniego, lateralnego, ascenzyjnego, udział wód powierzchniowych w zasilaniu ujęcia;
- charakter litologiczny i miąższość nadkładu warstwy wodonośnej, w tym strefy aeracji;
- typ zwierciadła wód podziemnych w rejonie ujęcia: swobodne, napięte;
- głębokość do statycznego zwierciadła wód podziemnych ujętej warstwy lub ujętego poziomu wodonośnego;
- głębokość posadowienia i długość filtra;
- wydajność ujęcia, studni i depresja;

a także:

- budowa geologiczna i warunki hydrostrukturalne: litologia i charakter ośrodka wodonośnego (porowy, porowo-szczelinowy, szczelinowo-porowy, szczelinowy, szczelinowo-krasowy, skały o podwójnej porowatości);
- położenie ujęcia w systemie krążenia wód podziemnych (strefy hydrodynamiczne).

W pierwszej części poradnika (*Analiza ryzyka dla ustanowienia stref ochronnych ujęć wód podziemnych* Lidzbarski i in., 2022) zastosowano termin porowatość aktywna n_a , który przez Szestakowa i Witczaka (w: Kleczkowski, 1984) nie jest utożsamiany z porowatością efektywną (n_e). Według tych autorów współczynnik porowatości aktywnej charakteryzuje tę część porów, które są wypełnione wodą wolną i otwarte dla filtracji. Natomiast współczynnik porowatości efektywnej, oznaczony symbolem n_e , uwzględnia dodatkowo zjawisko sorpcji składników przez ośrodek skalny. Pazdro i Kozerski (1990) nazywają ten rodzaj porowatości zastępczą porowatością efektywną (Okońska, 2006). W przypadku braku informacji o wartości porowatości aktywnej można do obliczeń stosować porowatość efektywną.

W przypadku stosowania badań modelowych, zwłaszcza w modelowaniu migracji zanieczyszczeń, konieczna będzie także znajomość dodatkowych parametrów np.: współczynnik filtracji pionowej, współczynnik porowatości aktywnej, współczynnik dyspersji hydrodynamicznej podłużnej lub stała dyspersji, współczynnik opóźnienia migracji spowodowanego sorpcją. Szczegółowe omówienie tych kwestii zawierają dostępne publikacje (Małecki, 2006; Kulma, Haładus, 2014).

Wiarygodność parametrów hydrogeologicznych przyjmowanych do obliczeń analitycznych lub modelowania jest zależna od stopnia rozpoznania warunków hydrogeologicznych. Na niepewność obliczeń będzie wpływał niedostatek informacji, wynikający ze zbyt małej liczby otworów hydrogeologicznych oraz zmienności budowy geologicznej, litologii i geometrii warstwy wodonośnej, a także innych przyczyn (tab. 1).

Przed przystąpieniem do prac obliczeniowych niezbędna jest ocena niepewności danych hydrogeologicznych i uwzględnienie jej przy wyznaczaniu zasięgu TOP oraz niezbędnych zaleceń ochronnych. W trakcie obliczeń najczęściej wykorzystuje się uśrednione wartości

**Wpływ wybranych czynników na niepewność parametrów hydrogeologicznych
(Duda i in., 2013, zmodyfikowane i uzupełnione)**

Parametr	Wybrane czynniki wpływające na niepewność
Współczynnik filtracji Przewodność hydrauliczna Miąższość warstwy wodonosnej Miąższość nadkładu	Zbyt krótkie lub nieprawidłowo przeprowadzone próbne pompowanie studni lub piezometru. Stosowanie niewłaściwych wzorów i metod obliczeniowych, nieadekwatnych do warunków hydrogeologicznych lub ich stopnia rozpoznania Do obliczeń przewodności, a na dalszym etapie czasu wymiany wody w ujmowanej warstwie wodonosnej nie należy przyjmować jej całkowitej miąższości, lecz jej miąższość efektywną, czyli bez udziału wkładek utworów słabiej przepuszczalnych Niedostateczne rozpoznanie warunków hydrogeologicznych w otoczeniu ujęcia, zwłaszcza na obszarze spływu wód
Budowa geologiczna Warunki hydrostrukturalne	Brak pełnych informacji o systemie wodonosnym, zwłaszcza udziale innych warstw/poziomów wodonosnych w zasilaniu ujęcia Brak wiarygodnych informacji o pierwotnym położeniu zwierciadła wód podziemnych
Porowatość aktywna Mikroporowatość, współczynnik szczelinowatości	Brak badań laboratoryjnych lub znacznikowych, lub ich niewłaściwa interpretacja. Niewłaściwy dobór parametrów na podstawie danych literaturowych
Poziom zwierciadła wód podziemnych	Brak możliwości pomiarów zwierciadła wody w OSW Ograniczona lub niewystarczająca liczba dostępnych otworów hydrogeologicznych do pomiarów zwierciadła wody Zmienność sezonowa lub długotrwały trend zmiany położenia zwierciadła Brak danych o zeskoku hydraulicznym i/lub depresji rejonowej
Gradient hydrauliczny	Niewystarczająca liczba piezometrów lub innych punktów pomiarowych, głównie wokół małych ujęć
Zasilanie z infiltracji opadów	Istotne zróżnicowanie czynników wpływających na zasilanie infiltracyjne: typ litologiczny utworów powierzchniowych, urozmaicona morfologia i znaczne spadki terenu i charakter pokrycia powierzchni terenu Brak wieloletnich danych o opadach atmosferycznych (sumy roczne i zróżnicowanie sezonowe)
Zasilanie z infiltracji wód powierzchniowych	Brak informacji lub niepełnie dane o charakterze osadów dennych rzeki i ich przepuszczalności Brak danych wieloletnich o przepływach wód powierzchniowych. Brak informacji o procesach samooczyszczania się wód
Parametry migracji zanieczyszczeń	Brak badań terenowych i laboratoryjnych, pozwalających na ustalenie wartości potrzebnych parametrów (np. dyspersji, sorpcji, rozpadu i biodegradacji) Konieczność korzystania z danych literaturowych

parametrów. Wskazane jest jednak analizowanie także innych założeń, które uwzględniają mniej korzystne wartości i rozkład parametrów hydrogeologicznych.

Dotyczy to zwłaszcza współczynnika filtracji, porowatości aktywnej, pola hydrodynamicznego (zwłaszcza w strefach o dużych spadkach hydraulicznych). Istotny wpływ na prędkość przepływu wód oraz drogi krążenia może mieć przyjęty schemat hydrostrukturalny, w którym założono obecność okien hydrogeologicznych lub innych połączeń hydraulicznych w pionie i poziomie między poziomami wodonosnymi. W niektórych sytuacjach należy rozważyć ekstremalne przypadki klimatyczne i meteorologiczne:

- narastające zjawisko suszy, skutkujące niżówką hydrogeologiczną (obniżenie położenia zwierciadła wody i zasobów wodnych, zmiany kierunków oraz natężenia przepływu wód podziemnych, odwrócenie układu hydrodynamicznego między poziomami wodonośnymi);
- ulewne deszcze, które mogą wywołać krótkotrwałe podtopienia i powodzie, co może prowadzić do zanieczyszczenia powierzchni terenu wokół ujęcia lub w skrajnych sytuacjach do zalania urządzeń wodnych (obudowy studni).

Aby zapewnić obiektywną i pełną ocenę warunków klimatycznych konieczne jest zebranie danych o opadach atmosferycznych z najbliższej stacji opadowej co najmniej z 25 lat (minimum – sumy roczne, optymalnie – sumy miesięczne). W przypadku współdziałania wód podziemnych i powierzchniowych lub położenia ujęcia w pobliżu ciekłu, zebranie informacji powinno dotyczyć także danych hydrologicznych (stany i przepływy).

Istotną informacją przy projektowaniu TOP jest stan chemiczny ujmowanych wód na ujęciu oraz na obszarze spływu wód. Wymagane jest zatem zebranie wyników badań jakości wody surowej z ujęcia, najlepiej od początku jego eksploatacji. Ponadto zebrane i przeanalizowane powinny być dane z monitoringów lokalnych, o ile takie badania były prowadzone. Ocena stanu chemicznego wód powinna dotyczyć nie tylko samego ujęcia ale także obszaru spływu wód. Ważne jest ustalenie trendów zachodzących zmian hydrochemicznych, zwłaszcza tych parametrów, które są wskaźnikami presji antropogenicznych.

Charakter, typ ujęcia oraz sposób ujmowania i eksploatacji wody może mieć istotne znaczenie dla wyznaczania TOB i TOP oraz sformułowania koncepcji ochrony wód podziemnych.

Do obliczeń czasu wymiany wody w ujmowanej warstwie wodonośnej należy przyjmować miąższość efektywną, czyli bez udziału wkładek utworów słabiej przepuszczalnych. Dzięki temu zostanie uwzględniony dopływ do ujęcia, który pochodzi z wydzielenia litofacjalnego o lepszych właściwościach filtracyjnych niż pozostała część utworów wodonośnych. Takie podejście zapewni prawidłowe wyznaczenie zasięgu TOP.

4.3. Wyznaczanie obszaru zasilania oraz obszaru spływu wód do ujęcia

Ważnym etapem wyznaczenia terenu ochrony pośredniej jest ustalenie obszaru zasilania oraz obszaru spływu wód do ujęcia. W wielu przypadkach te informacje są zawarte w dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia lub dodatku do dokumentacji. W odniesieniu do dokumentacji, które były opracowane na podstawie metod uproszczonych (analitycznych) jest wskazane zweryfikowanie tych parametrów bazując na badaniach modelowych. Dotyczy to zwłaszcza ujęć komunalnych o poborze przekraczającym 50 m³/h, ujęć współdziałających lub ujęć zlokalizowanych w skomplikowanych warunkach hydrogeologicznych.

Obszar zasilania ujęcia wód podziemnych obejmuje tę część systemu wodonośnego, gdzie opady atmosferyczne lub wody powierzchniowe przenikają bezpośrednio lub pośrednio (przez utwory przykrywające) do ujętego poziomu wodonośnego (Dowgiałło i in., 2002). W przypadku ujęć infiltracyjnych lub brzegowych do obszaru zasilania będą także należeć wody sztucznie magazynowane. Na obszarze zasilania formułuje się dopływ wód do ujęcia i kształtują jego zasoby odnawialne. Do obszaru zasilania zaliczamy także tereny wychodni warstw wodonośnych, które są zasilane bezpośrednio infiltracją opadów atmosferycznych, a następnie dopływem lateralnym zasilają ujęcie. Obszary zasilania wglębnych struktur wodonośnych, izolowanych od powierzchni terenu mogą znajdować się w znacznej odległości od ujęcia i stanowić nawet kilka oddzielonych obszarów

Granice obszaru zasilania tworzą elementy hydrodynamiczne – działy wodne, ciekły i zbiorniki wód powierzchniowych, a także strukturalne elementy geologiczne, jak granica wychodni warstwy wodonośnej czy granica nieprzepuszczalnego nadkładu. Na brzegach OSW ograniczają neutralne linie prądu strumienia wód podziemnych. (Duda i in., 2013). Jeżeli ujęcie jest zlokalizowane w warstwie o swobodnym zwierciadle wód podziemnych, to obszar zasilania zazwyczaj ograniczony jest lokalnym wododziałem.

Obszar zasilania należy rozpatrywać w układzie trójwymiarowym, a elementami obszaru zasilania mogą być części systemu wodonośnego, które nie stanowią użytkowego poziomu wodonośnego eksploatowanego danym ujęciem. Wyznaczając obszar zasilania ujęcia należy przeanalizować cały układ hydrostrukturalny wraz z systemem krążenia wód. Wskazane jest uwzględnienie nie tylko granic ujętej warstwy wodonośnej, ale również nadległych, płytko występujących poziomów wodonośnych, często nie mających charakteru użytkowego, lecz mogących doprowadzać zanieczyszczenie do ujęcia.

Przykładowo dotyczyć to może studni ujmujących głębszy poziom wodonośny zasilany z pierwszego poziomu wodonośnego w wyniku dopływu wody poprzez okno hydrogeologiczne w warstwie rozdzielającej.

Niektóre ujęcia wód podziemnych są także zasilane wodami powierzchniowymi poprzez przesączanie przez dno rzeki lub zbiornika powierzchniowego. Dotyczy to ujęć infiltracyjnych lub ujęć położonych w dolinie w pobliżu cieków o charakterze infiltracyjnym. Jeżeli wody powierzchniowe są zanieczyszczone lub narażone na zanieczyszczenie, to należy rozważyć włączenie do obszaru zasilania ujęcia części zlewni tych cieków, z których spływ zanieczyszczeń może stanowić zagrożenie dla ujmowanych wód.

Zasięg i kształt OSW w istotny sposób zależą od wielkości poboru wody w studni oraz od geometrii strumienia wód, a więc od przestrzennej lokalizacji stref drenażu warstwy wodonośnej, jej granic i działów wód podziemnych. OSW ujęcia zlokalizowanego w strumieniu przepływających wód podziemnych w prostych, mogących być uznanymi za jednorodne, warunkach hydrogeologicznych ma zazwyczaj elipsoidalny kształt wydłużony w górę strumienia i skrócony w dół strumienia.

Wraz ze zwiększeniem wydajności ujęcia zwiększa się zasięg OSW. Wydajność aktualna (rzeczywista) ujęcia zazwyczaj jest mniejsza od wydajności z pozwolenia wodnoprawnego, lecz w każdej chwili może zostać zwiększona przez właściciela aż do wartości z pozwolenia. Jednak w obecnych uwarunkowaniach prawnych może to powodować potencjalny problem w przyszłości. Opłata jaką wnosi właściciel ujęcia za zagwarantowaną na przyszłość, ale obecnie niewykorzystaną ilość wody, podnosi cenę jaką płaci użytkownik końcowy. W tej sytuacji właściciele ujęć wnioskuje o wielkość poboru w pozwoleniu wodnoprawnym mniejszą, czyli zbliżoną do aktualnego zapotrzebowania, aby koszt płacony przez odbiorców był najniższy z możliwych. Jednak skutkuje to tym, że właściciel ujęcia nie gwarantuje odbiorcom zaspokojenia ich przyszłego zwiększonego zapotrzebowania na wodę dobrej jakości. Powodem braku możliwości zwiększenia poboru mogą być możliwe zmiany w sposobie użytkowania powierzchni terenu bezpośrednio poza granicą obecnie ustanowionego TOP, ponieważ poza nią nie obowiązują już zasady szczególnej ochrony wód w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego. Dlatego też przy ustalaniu zasięgu OSW należy rozpatrzyć co najmniej dwa warianty poboru wód podziemnych: prognozowany określony parametrami pozwolenia wodnoprawnego lub wielkością zasobów eksploatacyjnych. Zmiany wielkości poboru wód podziemnych, a nawet zasobów eksploatacyjnych mogą ulec podwyższeniu w przypadku rozbudowy ujęcia lub jego rekonstrukcji. W przypadku nowego ujęcia rozpatrujemy pobór wód określony wartością zasobów eksploatacyjnych.

Przy wyznaczaniu OSW należy mieć na uwadze, że kierunki przepływu wód mogą być zakłócone pracą ujęć, zlokalizowanych w innych poziomach wodonośnych, a nawet poza granicami OSW. Zagrożenia te powinny być przeanalizowane i uwzględnione w ustalaniu zasięgu TOP i zaleceń ochronnych.

W sytuacji współdziałania dwóch lub więcej ujęć należy uwzględnić prognozowane zmiany w eksploatacji innych ujęć. Na zasięg OSW mogą mieć także wpływ stałe odwodnienia budowlane lub górnicze, melioracje gruntów, regulacje rzek, a nawet skutki zmian klimatycznych.

4.4. Czas dopływu wód do ujęcia – izochrona 25 lat, jako kryterium hydrogeologiczne wyznaczenia TOP

Zgodnie z obowiązującym Prawem wodnym, TOP obejmuje obszar zasilania ujęcia, a w przypadku jeżeli czas przepływu wód od granicy obszaru zasilania do ujęcia jest dłuższy od 25 lat, to maksymalny zasięg TOP wyznacza się z uwzględnieniem wyznaczonego 25-letnim czasem wymiany wód w warstwie wodonośnej (art. 123 ust. 2). Sposób dokumentowania tych ustaleń zawiera rozporządzenie dhig-i, zgodnie z którym na odpowiednich mapach należy zaznaczyć obszar splotu wód do ujęcia, a ponadto izochrony:

- 25-letniego czasu dopływu wody w warstwie wodonośnej do ujęcia;
- izochronę 25 lat sumarycznego czasu dopływu wody z powierzchni terenu do ujętej warstwy wodonośnej i przepływu wody w warstwie wodonośnej.

Innymi słowy, w dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia winien być w obrębie OSW obliczony czas wymiany wody w warstwie wodonośnej z uwzględnieniem nadkładu. Jeżeli jest on większy od 25 lat, to można zrezygnować z ustanawiania TOP. A więc ocenę sumarycznego czasu dopływu wód należy wykonać na całym OSW ograniczonego izochroną 25 lat czasu dopływu lateralnego. Uzyskuje się wtedy pewność, że w granicach TOP zostaną uwzględnione odległe wychodnie, mimo że w bliskiej odległości od ujęcia występuje izolujący nadkład z długimi czasami przesączania pionowego.

Wymianę wód w warstwie wodonośnej można utożsamiać z odnawialnością wód podziemnych, która jest związana z czasem dopływu wód opadowych, infiltrujących do warstwy wodonośnej (Paczyński, Sadurski, 2007). Można ją rozumieć, jako uzupełnianie zasobów wód podziemnych określonego zbiornika drogą naturalnej infiltracji w miejsce ich ubytku na skutek drenażu naturalnego i sztucznego. Intensywność (tempo) odnawialności zależy od budowy geologicznej, warunków i parametrów hydrogeologicznych systemu wodonośnego, a głównie właściwości hydrogeologicznych utworów nadkładu poziomu wodonośnego, na którą wpływa budowa geologiczna, wykształcenie litologiczne i właściwości hydrogeologiczne tych utworów. Na odnawialność zasobów mają także wpływ warunki klimatyczne, zwłaszcza wysokość opadów oraz zasilanie systemu wodonośnego z otoczenia: zasilanie lateralne, ascenzyjne (Dowgiałło i in., 2002).

Biorąc pod uwagę wskazania wynikające z Prawa wodnego oraz zapisów rozporządzenia dhig-i przez 25-letni czas wymiany wody w warstwie wodonośnej (t_{25}) należy rozumieć czas przepływu wody od granicy obszaru zasilania, tj. od powierzchni terenu, gdzie następuje infiltracja wód opadowych w grunt, do ujęcia, (rys. 3). Tak określony czas wymiany wody w warstwie wodonośnej uwzględnia sumę czasu pionowego przesączania wody przez nadkład, z powierzchni terenu do ujmowanej warstwy (t_a) oraz czasu lateralnego przepływu wody w warstwie wodonośnej (t_p).

$$t_{25} = t_a + t_p \quad (1)$$

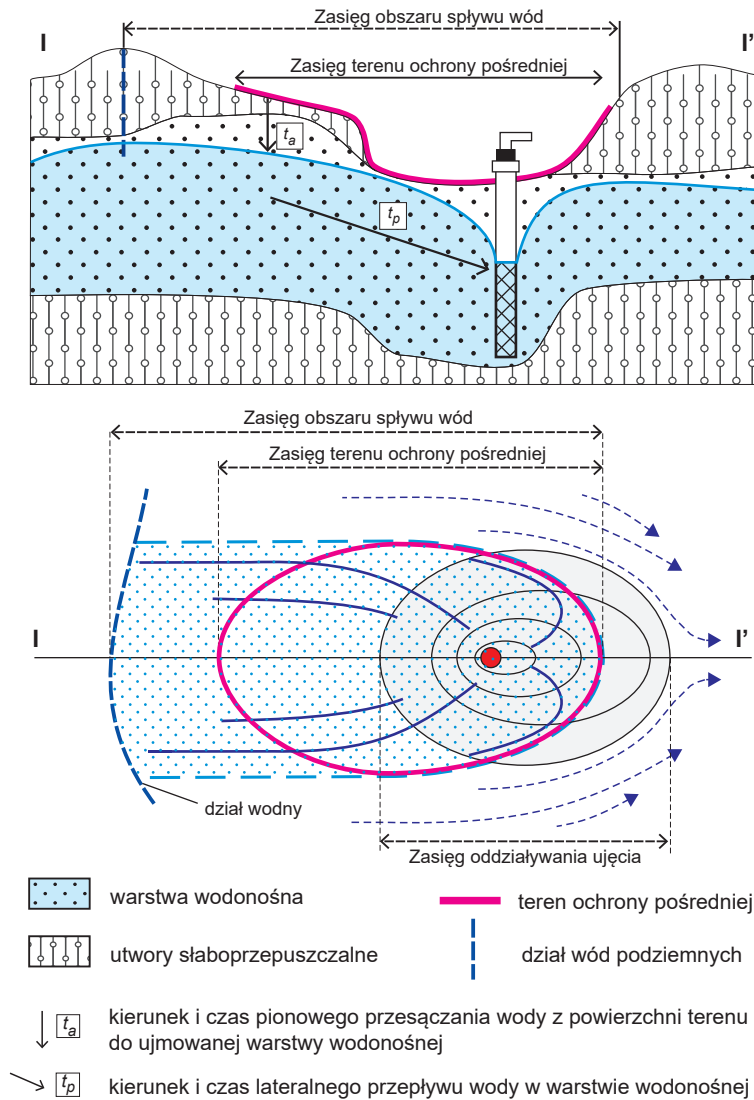
gdzie:

t_{25} – 25-letni czas wymiany wody w warstwie wodonośnej;

t_a – czas pionowego przesączania wody przez nadkład, z powierzchni terenu do ujmowanej warstwy [lata];

t_p – czas lateralnego przepływu wody w warstwie wodonośnej [lata].

W przypadku, gdy w obrębie OSW t_a przekracza 25 lat, nie wyznacza się TOP. Natomiast gdy w OSW do ujęcia czas przesączania przez utwory nadkładu warstwy wodonośnej (t_a) jest krótszy niż 25 lat, zachodzi konieczność wyznaczenia TOP (rys. 3). Zasięg TOP wyznacza



Rys. 3. Model koncepcyjny obliczania czasu 25 lat wymiany wody w warstwie wodonośnej (Macioszczyk i in., 1993; Duda i in., 2013, zmienione)

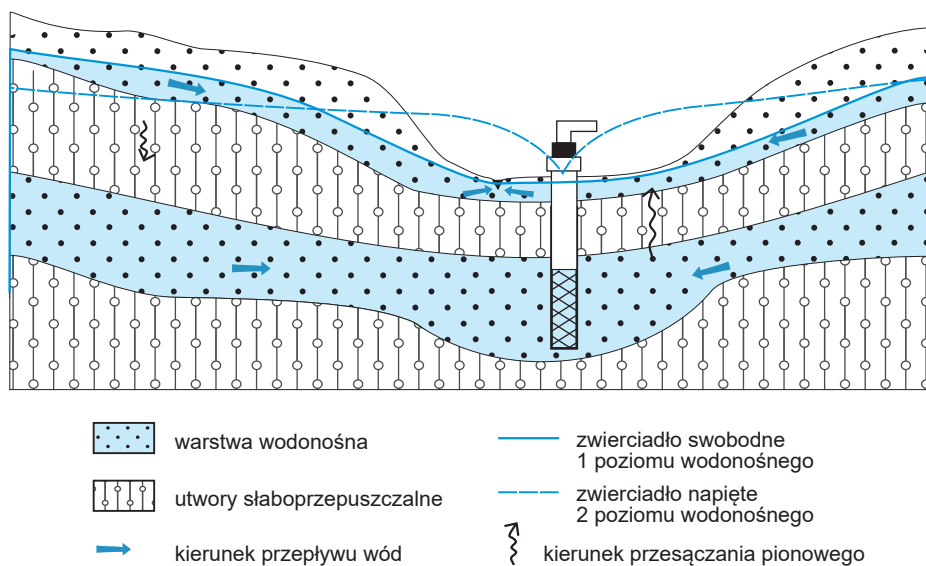
izochrona o wartości t_p wynikającej z różnicy między 25 lat a długością czasu t_a przesączania pionowego wody przez nadkład warstwy wodonośnej.

Przyjęte założenia spełniają warunki migracji zanieczyszczeń konserwatywnych rozpuszczonych w wodzie, które podlegają przenoszeniu w strumieniu adwekcyjnym od ognisk zanieczyszczeń zlokalizowanych na powierzchni terenu do studni. Substancje rozpuszczone nie podlegają procesom sorpcji, degradacji, wymiany jonowej czy rozpadu. W efekcie przepływ tych zanieczyszczeń jest równy maksymalnej prędkości, z jaką mogą przemieszczać się w warstwie wodonośnej substancje chemiczne. Taki sposób wyznaczania czasów przepływu wód jest zgodny z zasadą ostrożności i maksymalnie zabezpiecza ujęcie na możliwe skażenia.

Należy mieć świadomość, że znaczna część składników chemicznych lub ich związków ulega procesom opóźnienia migracji w wyniku sorpcji i/lub degradacji chemicznej, biodegradacji lub wymiany jonowej. W efekcie ich rzeczywista prędkość przemieszczania się i/lub stężenie są znacznie niższe, niż w momencie iniekcji z ogniska zanieczyszczenia do gruntu. Tę właściwość niektórych składników lub związków należy uwzględnić w prognozowaniu zagrożeń, które występują lub mogą się pojawić w rejonie ujęcia.

Szczególnym sposobem naturalnej ochrony ujęcia jest bariera hydrodynamiczna, zapewniająca warunki artezyjskie lub wyższe ciśnienie wody w ujmowanej warstwie od ciśnienia wody w warstwie nadległej (rys. 4). Takie warunki chronią ujmowane wody przed dopływem zanieczyszczeń antropogenicznych. Rezygnując w takim przypadku z wyznaczania TOP należy mieć pewność, że taki stan hydrodynamiczny zostanie utrzymany w przyszłości podczas kilkudziesięcioletniego funkcjonowania ujęcia.

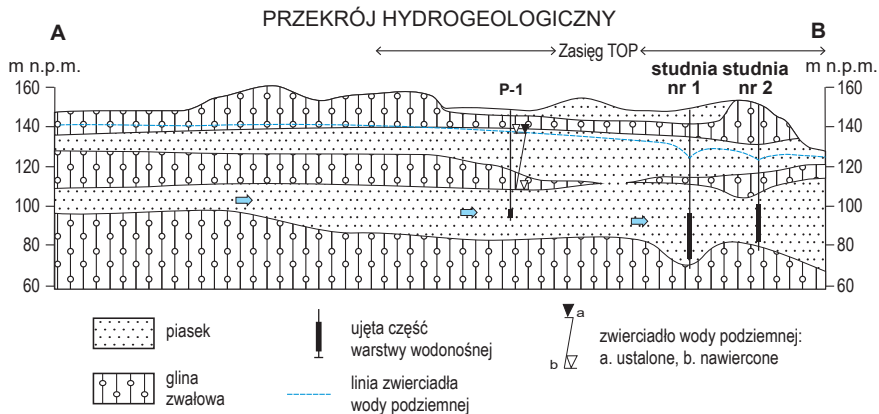
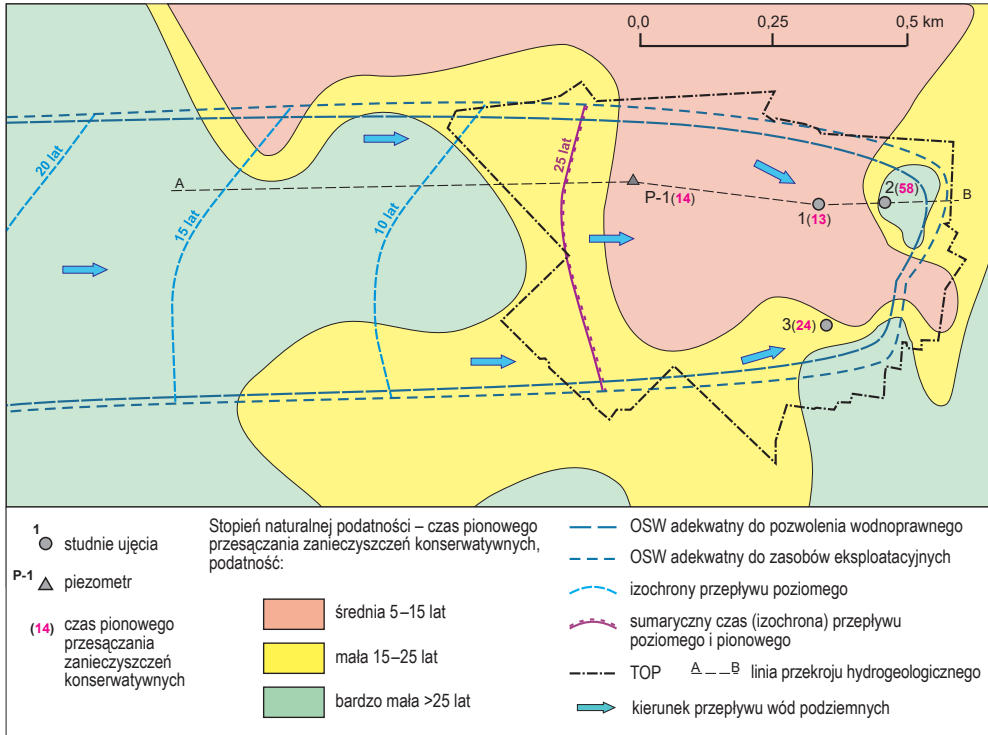
W niektórych przypadkach budowa geologiczna i wynikające z niej warunki hydrogeologiczne w rejonie ujęcia mogą być bardzo zmienne. Może się zdarzyć, że w otoczeniu niektórych studni nadkład osadów słabo przepuszczalnych będzie wydłużał się czas przesączania pionowego powyżej 25 lat, a przy innych studniach ten czas może być znacznie krótszy. Podobne różnice mogą występować na pozostałej części obszaru spływu wód. W takim przypadku TOP powinien objąć tą część OSW, z której łączny czas przepływu wód do studni będzie mniejszy



Rys. 4. Model koncepcyjny bariery hydrodynamicznej

od 25 lat. Ilustruje to rysunek 5, przedstawiający ujęcie składające się z trzech studni, gdzie czas przesączania pionowego t_a jest bardzo zróżnicowany, a na dopływie zmienia od zakresu 5–15 lat (co odpowiada średniej podatności warstwy wodonośnej na zanieczyszczenie) do powyżej 25 lat (mała podatność).

W omawianym przykładzie TOP objął także otoczenie studni, gdzie czas pionowego przesączania jest większy niż 25 lat, ponieważ właściciel ujęcia chciał zarezerwować teren pod rozbudowę ujęcia o nowe studnie.



Rys. 5. Wyznaczenie izochrony 25 lat przy zróżnicowanym czasie pionowego przesączania w otoczeniu poszczególnych studni ujęcia (Szelewicka i in., 2019)

4.5. Wyznaczenie terenu ochrony pośredniej

4.5.1. Kryteria wpływające na wyznaczanie stref ochronnych

Do wyznaczenia TOP stosowane mogą być metody: modelowania numerycznego, graficzna lub analityczna. Wybierając odpowiednią metodę wyznaczania strefy należy mieć na uwadze, że dla ujęć o zasobach eksploatacyjnych lub rzeczywistym poborze ponad 50 m³/h są wskazane badania modelowe. Różne metody analityczne zasadniczo dają zbliżone wyniki niezależnie od tego, którą użyto do obliczeń (Duda i in., 2013).

Dobór odpowiedniej metody wyznaczenia TOP jest uwarunkowany szeregiem kryteriów. Główne kryteria doboru metody wyznaczania TOP i metodę zalecaną w danych warunkach przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Kryteria doboru metody wyznaczania terenu ochrony pośredniej

1. Warunki hydrogeologiczne, stopień złożoności ujmowanego poziomu wodonośnego	
<i>Charakter ośrodka wodonośnego, sposób formowania odnawialnych zasobów wód podziemnych i system obiegu wody, litologia i miąższość strefy aeracji, stopień heterogeniczności ośrodka, przestrzenna zmienność wartości parametrów hydrogeologicznych (miąższość warstwy wodonośnej, współczynnik filtracji, współczynnik porowatości aktywnej, gradient hydrauliczny, miąższość strefy aeracji, intensywność zasilania), tektonika, stopień rozpoznania budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych</i>	
Ośrodek porowy, proste warunki zasilania i krążenia wody; warunki zbliżone do homogenicznych i izotropowych; słabe rozpoznanie warunków hydrogeologicznych, brak danych o parametrach warstwy wodonośnej w obrębie OSW, uniemożliwiających wykonanie obliczeń numerycznych	metody: Wysslinga, graficzna,
Ośrodek szczelinowy, szczelinowo-porowy, szczelinowo-krasowy; warunki heterogeniczne i anizotropowe	modelowanie numeryczne
2. Warunki techniczne ujęcia	
<i>Studnie zlokalizowane w jednowarstwowym lub wielowarstwowym systemie wodonośnym o skomplikowanych warunkach zasilania i krążenia wód podziemnych lub studnia ujmująca wodę z kilku poziomów wodonośnych (zafiltrowanie wielopoziomowe)</i>	
Ujęcie wody z systemu jednowarstwowego	metody: graficzna, Wysslinga
Ujęcia wody z systemu wielowarstwowego	modelowanie numeryczne
3. Rodzaj ujęcia	
Jednootworowe	metody: graficzna, Wysslinga
Wielootworowe	modelowanie numeryczne
4. Współdziałanie z innym ujęciem/ujęciami, ujęcie infiltracyjne	
Współdziałanie	modelowanie numeryczne
Infiltracyjne	modelowanie numeryczne

4.5.2. Badania modelowe

Jako podstawową metodę wyznaczenia TOP ujęcia rekomenduje się badania modelowe. Są one zalecane w § 6. ust. 2. pkt. 7 rozporządzenia dhig-i do wyznaczania terenu ochrony pośredniej. Jest to metoda najbardziej obiektywna i pozwalająca na najdokładniejsze określenie obszaru spływu wód do ujęcia oraz izochron czasu dopływu.

Obliczenia numeryczne zapewnią poprawne wyznaczenie obszaru spływu wody do ujęcia i poszczególnych jego studni oraz izochron dopływu wody, jako podstawy wyznaczenia zasięgu TOP. Poprawnie przygotowany matematyczny model przepływu wód można wykorzystać także do analizowania innych zagadnień np. weryfikowania stanu chemicznego wód podziemnych, prognozowaniu zagrożeń związanych z ogniskami zanieczyszczeń. Stosowanie modelowania numerycznego powinno być obligatoryjne dla:

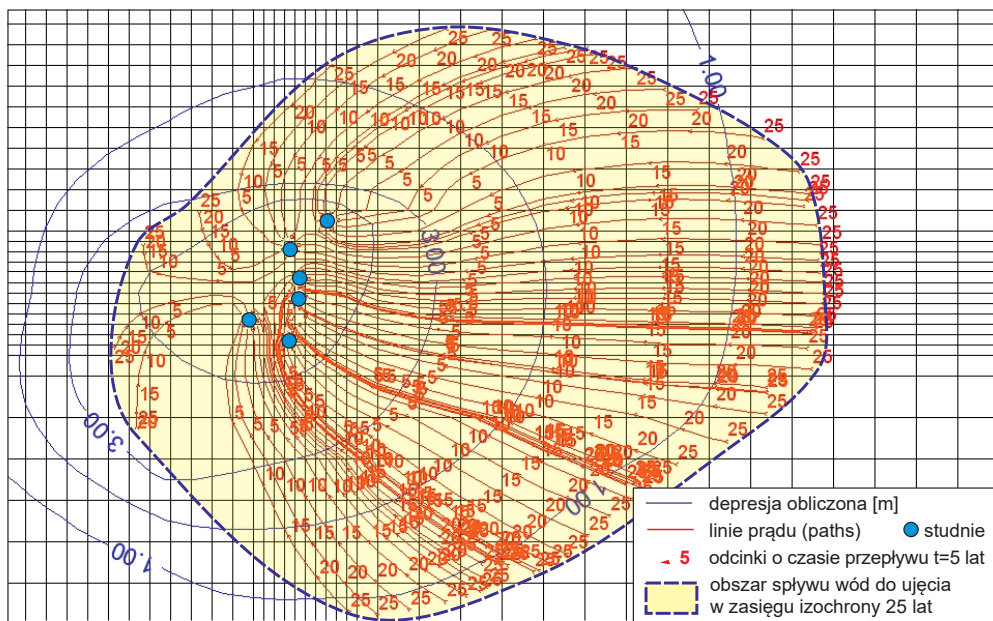
- ujęć wielootworowych;
- ujęć zlokalizowanych na obszarach o skomplikowanej budowie geologicznej i warunkach hydrogeologicznych lub w wielowarstwowych strukturach wodonośnych;
- ujęć współdziałających lub znajdujących się w zasięgu innych lejów depresji oraz będących pod wpływem odwodnień górniczych;
- ujęć zlokalizowanych w rejonie występowania zagrożeń geogenicznych lub skumulowania presji antropogenicznych;
- ujęć o poborze lub zasobach eksploatacyjnych ponad 50 m³/h.

Głównym celem prac modelowych realizowanych w celu określenia stref ochronnych ujęcia jest sporządzenie prognozy hydrodynamicznej, na podstawie której będą wykonane obliczenia czasów przepływu wód. W pierwszym etapie obliczeń należy zweryfikować przyjęte założenia modelu hydrogeologicznego, zwłaszcza warunki brzegowe, parametry hydrogeologiczne warstw modelowych, zasilanie. Wynikiem obliczeń powinno być sporządzenie bilansu krążenia wód podziemnych, ocena warunków hydrodynamicznych przy założonej eksploatacji wód (pobór aktualny, pobór regulowany pozwoleniem wodnoprawnym i/lub wysokością zasobów eksploatacyjnych). Na tej podstawie zostanie wyznaczony OSW oraz izochrony dopływu wód do poszczególnych studni, które są wymagane dla określenia granic TOP.

Model powinien uwzględniać efektywną miąższość warstw wodonośnych, w których zachodzi przepływ wód podziemnych oraz możliwie zbliżony do rzeczywistości współczynnik porowatości aktywnej, co pozwoli odwzorować rzeczywiste prędkości przepływu wód. Należy podkreślić, że nie nadają się do tego celu modele hydrostrukturalne czyli oparte o rzeczywiste litostratygraficzne głębokości warstw geologicznych i o wartości przewodnictwa wodnego $T = k \cdot m$ (gdzie m jest miąższością strukturalną warstwy wodonośnej, która może obejmować także osady słabo przepuszczalne), które są często stosowane dla analiz zasobowych.

Do określenia TOP i wyznaczenia izochrony odpowiadającej konkretnemu czasowi przepływu poziomego t_p który łącznie z czasem przesączania pionowego t_a w obrębie TOP jest mniejszy niż 25 lat, zaleca się wykorzystać narzędzia do wizualizacji linii prądu (ang. *path-lines*). Narzędziem takim jest np. moduł MODPATH dostępny w powszechnie wykorzystywanej bibliotece MODFLOW. Narzędzie to pozwala na zobrazowanie przebiegu linii prądu od wskazanego miejsca (PARTICLES) w górę (BACKWARD) lub w dół (FORWARD) strumienia wód podziemnych (rys. 6).

Po wyborze odpowiedniego punktu startowego należy podać tzw. OFFSET, który oznacza startową głębokość linii prądu (0 w przypadku startu z głębokości spągu warstwy, 1 w przypadku stropu). Przy wykorzystaniu opcji śledzenia wstecz przepływu cząstki wody wzdłuż linii prądu (BACKWARD), przeważnie podaje się wysokość środka filtru studni



Rys. 6. Przykład wyznaczenia izochrony 25 lat przepływu wody (t_p) w czwartorzędowej warstwie wodonośnej do ujęcia

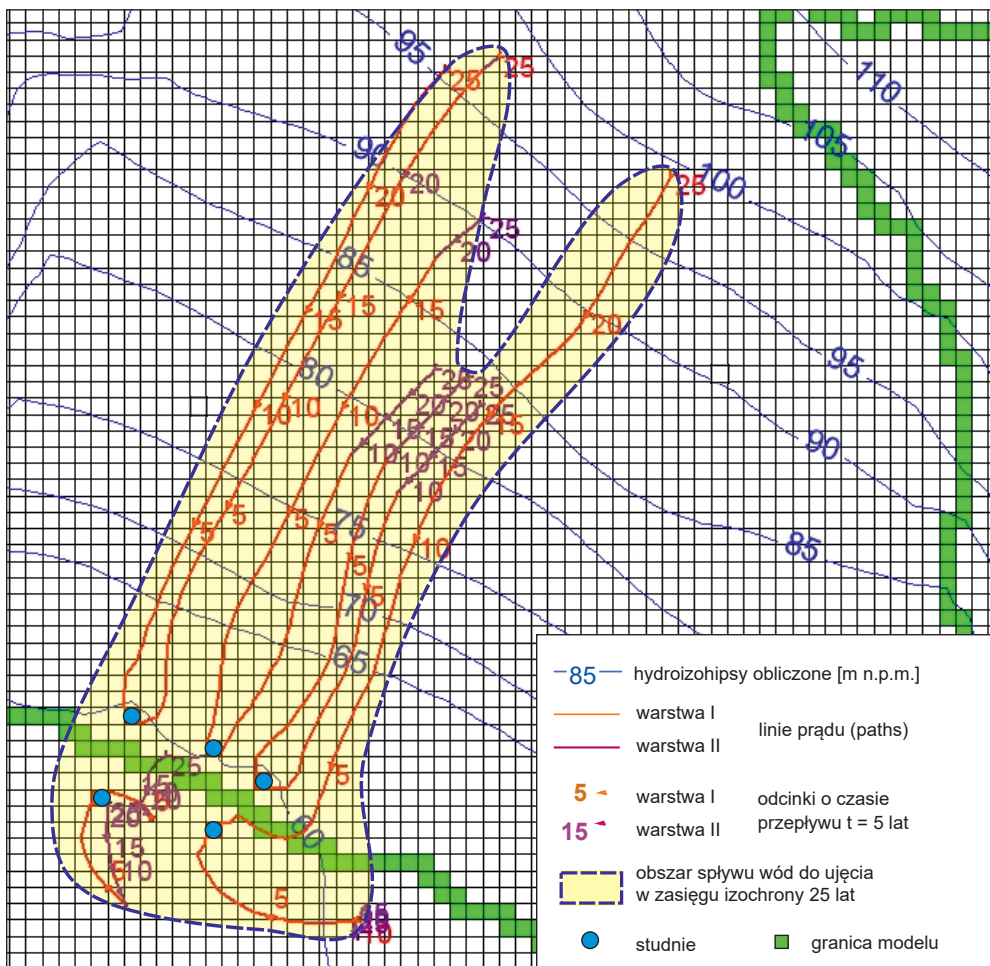
(np. 0,5 jeśli środek filtra wypada w środku miąższości warstwy wodonośnej). Na liniach prądu można przedstawiać czas przepływu cząstki wody w warstwie wodonośnej, w ustalonych, oznaczonych strzałkami interwałach (doby, lata). Rysunek 6 przedstawia przykład z przebiegiem linii prądu strumienia wody wygenerowanych w opcji śledzenia wstecz (czyli od studni w górę strumienia) dla ujęcia wielootworowego. Rysunek 7 ilustruje zasięg izochrony 25 lat przepływu wody do studni ujęcia zlokalizowanego w dolinie rzecznej, w dwuwarstwowym układzie hydrostrukturalnym.

Przykład wyznaczenia izochrony 25 lat przepływu wody w czwartorzędowej (I) i neogeńskiej (II) warstwie wodonośnej do studni ujęcia zlokalizowanego w pobliżu rzeki. Rysunek 8 ilustruje wpływ nadkładu na redukcję zasięgu izochrony 25 lat łącznego dopływu wód z powierzchni terenu do ujęcia.

Analizowane ujęcie wody jest zasilane wielopoziomową strukturą wodonośną. Układ hydrostrukturalny komplikuje zmienna budowa geologiczna oraz udział zasilania acenzyjnego z głębiej zalegających poziomów wodonośnych. Obszar spływu wód rozprzestrzenił się na znaczne odległości i obejmuje teren o powierzchni kilkudziesięciu km².

Zaznaczone na rysunku linie prądu dotyczą strumieni wody przepływających w obu warstwach wodonośnych, a ponieważ lokalnie mają skomplikowany przebieg, dlatego na mapie przecinają się ze sobą. Zaznaczone izochrony przepływu poziomego (lateralnego) wody odnoszą się do pierwszego poziomu wodonośnego.

W kolejnym etapie obliczeń można analizować zagrożenia ilości i jakości wód podziemnych wynikających z uwarunkowań hydrodynamicznych oraz wpływu ognisk zanieczyszczeń. Ogólne zasady metodyczne prowadzenia badań modelowych oraz przykłady wykonania takich



Rys. 7. Przykład wyznaczenia izochrony 25 lat przepływu wody w czwartorzędowej (I) i neogeńskiej (II) warstwie wodonośnej do studni ujęcia zlokalizowanego w pobliżu rzeki

prac są dostępne w poradnikach) i publikacjach, np.: Duda i in. (2013), Lidzbarski i in., (2022), Kulma i in. (2009), Dąbrowski i in. (2004), Michalak i in. (2011).

Wyniki badań modelowych powinny być dobrze udokumentowane i wyjaśnione w treści dokumentacji hydrogeologicznej. W tekście szczególną uwagę należy zwrócić na:

- opis granic obszaru badań modelowych – przebieg granic modelu w odniesieniu do granic hydrodynamicznych i hydrostrukturalnych, powierzchnia modelu;
- przyjęte zasady schematyzacji – opis podstawowych uproszczeń zastosowanych w stosunku do modelu hydrogeologicznego (pojęciowego), sformułowanie założeń modelowych (jednorodność, izotropowość warstw na modelu, szczelny spąg itp.);
- dyskretyzacja obszaru badań, warunki brzegowe, rodzaj i rozmiar siatki dyskretyzacyjnej, rodzaj przyjętych warunków brzegowych, zewnętrznych i wewnętrznych;

- wskazanie użytego programu obliczeniowego z krótkim omówieniem zasadności stosowanego algorytmu;
- identyfikacja i weryfikacja modelu, opis przyjętych kryteriów identyfikacji, ocena dokładności wytarowania (kalibracji) modelu, omówienie danych do weryfikacji i wyników tej weryfikacji;
- zestawienie tabelaryczne bilansu krążenia wód, omówienie głównych czynników kształtujących zasoby ujęcia i drenaż wód;
- zasięg obszaru spływu wód w zależności od przyjętej eksploatacji;
- kierunki i prędkość przepływu wód podziemnych, izochrony;
- omówienie pozostałych symulacji prognoz modelowych.

Wykonanie obliczeń numerycznych w złożonych warunkach hydrogeologicznych lub przy ograniczonej liczbie danych może być utrudnione. Tym niemniej zaleca się ich stosowanie ponieważ wyniki obliczeń będą znacznie wiarygodniejsze od metod analitycznych lub graficznych. Należy mieć na uwadze, że w obu przypadkach dostępne będą te same dane, na podstawie których będzie przygotowany ten sam schemat hydrogeologiczny.

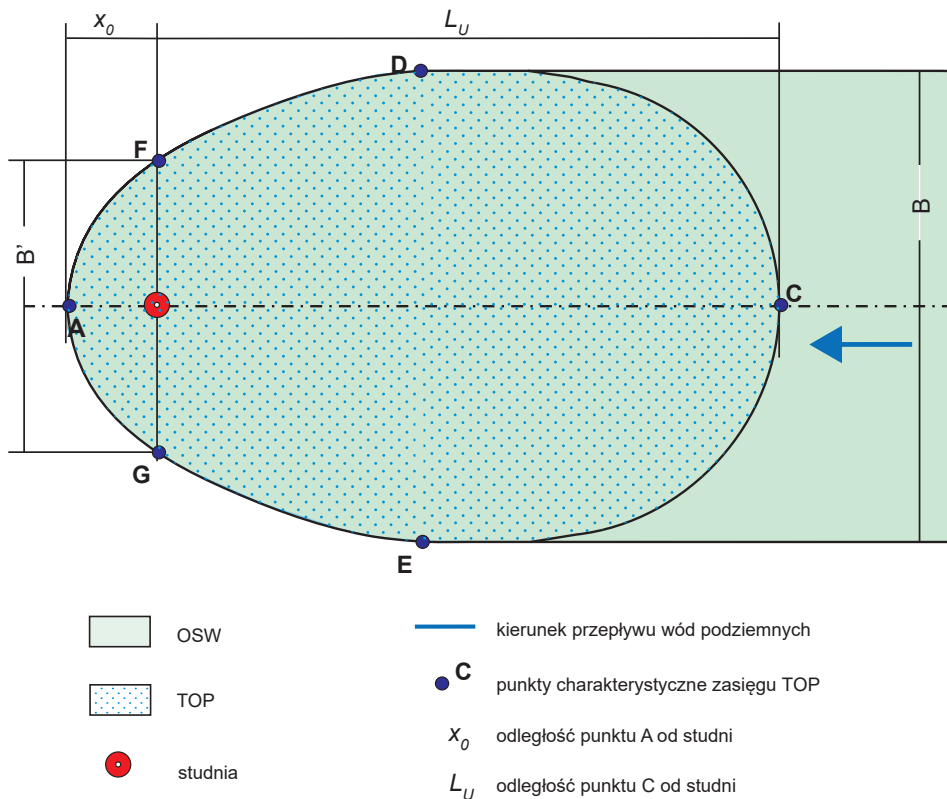
4.5.3. Metody analityczne i graficzne

Stosowanie uproszczonych metod analitycznych i graficznych do wyznaczania TOP powinno być ograniczone tylko do przypadków małych, pojedynczych ujęć (do 50 m³/h) zlokalizowanych w prostych warunkach hydrogeologicznych oraz ujęć, gdzie niedostateczne rozpoznanie warunków hydrogeologicznych nie pozwala na wykonanie badań modelowych. Warstwa wodonośna powinna cechować się jednorodnym wykształceniem litologicznym w niewielkim stopniu zaburzonym przez procesy geologiczne m.in. mało zmienna miąższość, brak nieciągłości i wyklinowań, niewielka intensywność deformacji ciągłych i nieciągłych. Określanie granic TOP do ujęcia z zastosowaniem metody analitycznej należy oprzeć na analizie ogólnodostępnych danych geologicznych i hydrogeologicznych, w szczególności opracowań regionalnych, map geologicznych i hydrogeologicznych: Szczegółowej Mapie Geologicznej Polski w skali 1:50 000 (SMGP), Mapie hydrogeologicznej Polski 1:50 000 (MhP) i in. Ma to na celu wstępną identyfikację przybliżonego kierunku przepływu wód podziemnych w rejonie ujęcia. Mogą być konieczne pomiary terenowe w dostępnych otworach hydrogeologicznych w otoczeniu analizowanego ujęcia, dla określenia aktualnego stanu warunków hydrodynamicznych, a ich efektem będzie aktualna mapa hydroizohips.

Jedną z bardziej popularnych i zweryfikowanych pod względem jakości uzyskiwanych efektów jest metoda Wysslinga (1979), która została opisana w wielu publikacjach, np.: Macioszczyk i in. (1993), Strobl i Robillard (2006), Duda i in. (2013). Za jej pomocą można wyznaczyć TOP w oparciu o kryteria hydrogeologiczne bez uwzględnienia przesączania przez nadkład. Aby w przybliżeniu określić zasięg TOP konieczne jest obliczenie jego szerokości w 4 punktach charakterystycznych, a następnie oszacowanie odległości do 2 kolejnych punktów położonych na kierunku przepływu wód (rys. 9). Symbolikę oznaczeń i wzorów zaczerpnięto z pracy Dudy i in. (2013), gdzie metoda jest szczegółowo opisana. W efekcie połączenie punktów charakterystycznych (A, C, D, E, F, G) powstaje krzywa zbliżona do elipsy, która określa zasięg TOP.

punkt **A** – położony jest na kierunku przepływu wód podziemnych, punkt neutralny na neutralnej linii prądu, w dół strumienia wód podziemnych w odległości x_0 od studni S (rys. 9);

punkty **D** i **E** – określają maksymalną szerokość OSW i są wyznaczone na neutralnej linii prądu, a długość łączącego je odcinka, który je łączy wynosi:



Rys. 9. Szkic położenia oraz odległości od studni do punktów charakterystycznych (na podstawie Wysslinga, 1979)

$$B = \frac{Q}{kmI} \quad (2)$$

gdzie:

Q – wydatek studni [L^3/T], np. [m^3/d];

k – współczynnik filtracji utworów wodonośnych [L/T], np. [m/d];

m – miąższość warstwy wodonośnej [L], np. [m];

I – gradient hydrauliczny strumienia wód poza zasięgiem oddziaływania studni lub w warunkach naturalnych przed uruchomieniem studni [-].

Punkty **F** i **G** wyznaczają szerokość OSW na wysokości ujęcia – B' . Odległość B' określana prostopadłe do centralnej linii prądu wyznaczająca odcinek pomiędzy punktami F oraz G, wynosi (Wyssling, 1979):

$$B' = \frac{B}{2} = \frac{Q}{2kmI} \quad (3)$$

Punkt charakterystyczny A (neutralny) jest położony na granicy OSW, na kierunku odpływu wód podziemnych w dół strumienia. Odległość x_0 od ujęcia do punktu neutralnego, można obliczyć za pomocą równania:

$$x_0 = \frac{Q}{2\pi kmI} \quad (4)$$

Punkt C – znajduje się na centralnej linii prądu wód podziemnych biegnącej osiowo do studni w górę strumienia wód, w stosunku do studni S. Punkt C został jest wyznaczony w odległości L_u od studni S, którą wyznacza wybrana izochrona. Jest to odległość, która odpowiada drodze, jaką przepływa woda do studni w ciągu określonego czasu. Jeżeli przyjmiemy izochronę 25-lat, to punkt C wyznacza zasięg TOP w górę strumienia wód podziemnych.

Odległość L_u od studni do punktu charakterystycznego C, położonego w górę strumienia wód na kierunku ich spływu do studni, zależy od przyjętego czasu t . Można ją obliczyć wg wzoru:

$$L_u = \frac{L + \sqrt{L^2 + L\delta X_0}}{2} \quad (5)$$

gdzie:

L – odległość odpowiadająca zakładanemu czasowi t dopływu wód podziemnych do ujęcia, w [m], określona wzorem:

$$L = Ut \quad (6)$$

gdzie:

U – prędkość rzeczywista przepływu wód podziemnych w osadach porowych, np. [m/d], określona wzorem:

$$U = \frac{kl}{n_a} \quad (7)$$

gdzie:

n_a – porowatość aktywna utworów wodonośnych [-].

Dla ośrodka szczelinowego prędkość przepływu wód podziemnych określa wzór 22 (rozdz. 6.1).

Oszacowaną wstępnie odległość L_u do punktu charakterystycznego C położonego na zadanej izochronie dopływu wody do ujęcia, należy zweryfikować metodą prób i błędów na podstawie wzoru (Wyssling, 1979):

$$t = \frac{x_L - x_0 \ln \left(1 + \frac{x_L}{x_0}\right)}{U} \quad (8)$$

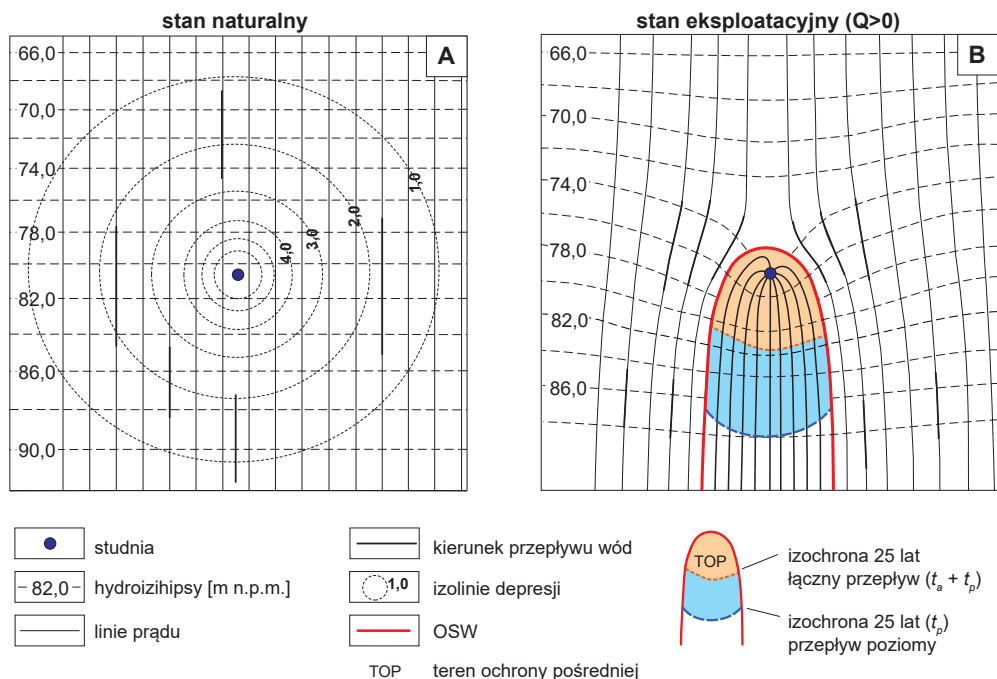
gdzie za x_L jest podstawiane L_u .

Jeżeli obliczony wzorem (8) czas t dopływu wody do studni jest krótszy niż jego wartość przyjęta do określenia zasięgu TOP, np. 25 lat, to odległość L_u należy zwiększyć. Natomiast, jeżeli obliczony czas t jest dłuższy niż jego przyjęta wartość, to odległość L_u należy zmniejszyć. Proces ten należy powtarzać, aż do uzyskania zadowalającej zgodności obu czasów (przyjętego i obliczonego), przy dopasowanej wartości L_u .

Znając lokalizacje 6 punktów charakterystycznych A, C, D, E, F oraz G, położonych na granicy TOP, interpoluje się przebieg granicy tak, aby przypominała elipsę (rys. 9).

Z uwagi na proste procedury i sposób obliczeń do wyznaczania OSW rekomenduje się metodę Wysslinga. Tym niemniej można skorzystać także z innych metod analitycznych, np. opartych na schemacie Beara-Jacoba, metody Krijgsmana i Lobo-Ferreiry, metody elementów analitycznych (AEM) opisanych w pracy Dudy i in. (2013).

Podobnie jak metody analityczne, również metody graficzne wyznaczania TOP sprawdzają się w prostych warunkach hydrogeologicznych i pełnej informacji o położeniu zwierciadła wód podziemnych. Przyjmuje się, że długotrwała eksploatacja studni zapewnia ustalone warunki przepływu wód. Konieczne są zatem pomiary nie tylko ze studni ujęcia, ale także z otoczenia ujęcia. OSW wyznacza się na podstawie hydroizohips ustalonych na podstawie pomiarów odwzorowujących stan naturalny, poprzedzający pompowanie studni. Praktyczne stosowanie metody graficznej zostało szczegółowo omówione m.in. przez Dąbrowskiego i in. (2004) oraz Dudę i in. (2013). Ustalenie pola hydrodynamicznego, które zostanie zmienione przez odwzorowanie przyjętej eksploatacji, polega na naniesieniu obliczonych izolinii depresji na mapę hydroizohips stanu naturalnego (rys. 10a). W kolejnym kroku od wartości hydroizohips odejmuje się wartości depresji, w punktach ich przecięcia. W ten sposób powstaje nowy obraz hydroizohips, który pozwala na wyznaczenie przebiegu linii prądu strumienia wód, zgodnego z prognozowaną eksploatacją studni (rys.10b). Powstaje więc nowa siatka hydrodynamiczna obrazująca układ pola hydrodynamicznego podczas eksploatacji. Na tej podstawie przy wykorzystaniu neutralnej linii prądu strumienia wód podziemnych graficznie wyznacza się OSW do studni. Prognozowane zasięgi izolinii depresji wokół studni oblicza się na podstawie równań (9 lub 10).



Rys. 10. Graficzne wyznaczenie OSW i TOP (Dąbrowski i in., 2004 zmienione)

Zastosowanie wzoru Dupuita, który po odpowiednim przekształceniu umożliwia obliczenie promienia R izolacji depresji, o kolejnych podstawianych wartościach $s(R)$:

dla warstwy o napiętym zwierciadle wody:

$$R = r_0 e^{\frac{2\pi T (H - s(R) - h_0)}{Q}} \quad (9)$$

gdzie:

T – przewodność hydrauliczna [m^2/d] warstwy wodonośnej o miąższości m , [m]
i współczynnika filtracji k , [m/d] czyli $T = km$;

H – wysokość hydrauliczna w warunkach naturalnych, tj. przed pompowaniem [m];

$s(R)$ – depresja zwierciadła wody w dowolnej odległości R od osi studni [m];

h_0 – wysokość dynamicznego zwierciadła wody w studni [m];

Q – wydatek pompowania [m^3/d];

r_0 – promień studni [m];

e – podstawa logarytmu naturalnego, $e = 2,718$.

Dla warstwy o swobodnym zwierciadle wody:

$$R = r_0 e^{\frac{\pi k \{ [H - s(R)]^2 - h_0^2 \}}{Q}} \quad (10)$$

gdzie:

k – współczynnik filtracji utworów wodonośnych [m/d];

pozostałe oznaczenia symboli jak wyżej.

Wartość dynamicznego zwierciadła wody w studni h_0 , powinna być ustalona podczas próbnego pompowania po osiągnięciu stabilizacji zwierciadła wody. Jeżeli brakuje takich danych można ją obliczyć wykorzystując wzory na ustalony dopływ do studni i przy wykorzystaniu formuły ograniczającej zasięg oddziaływania ujęcia, np. wzorem Sichardta. Należy mieć na uwadze, aby wartość współczynnika filtracji obsypki w strefie przyfiltracyjnej była zbliżona do współczynnika filtracji utworów warstwy wodonośnej (Dąbrowski i in., 2004).

Omawiana metoda wyznaczania OSW jest uzupełniona o obliczenia prędkości przepływu wód podziemnych w warstwie wodonośnej. Korzystając z wzoru (11) można ustalić czas t_p poziomego przepływu wody wzdłuż linii prądu na odległość L od studni w górę strumienia filtracyjnego:

$$t_p = \frac{L^2 n_a}{k \Delta H} \quad (11)$$

gdzie:

t_p – czas poziomego przepływu wody wzdłuż linii prądu [d];

n_a – porowatość aktywna utworów wodonośnych [-];

k – współczynnik filtracji utworów wodonośnych [m/d];

ΔH – różnica ciśnień na wydzielonym odcinku linii prądu [m].

Obliczenie zasięgu dowolnej izochrony przepływu poziomego wody w warstwie wodonośnej powinno się prowadzić odcinkami wzdłuż wybranych linii prądu siatki hydrodynamicznej. Sposób tego obliczenia opisali Duda i in. (2013).

Do tej procedury należy dodać szacowanie czasu przesączania pionowego wody przez utwory nakładu (t_a). Sposób jego określenia omówiono w rozdz. 4.5.4. Połączenie dwóch składowych przepływu wód z powierzchni terenu do ujęcia określa czas wymiany wody w ujmowanym poziomie wodonośnym. Tym samym zostanie wyznaczony TOP.

4.5.4. Obliczanie czasu pionowego przesączania wody poprzez nakład z powierzchni terenu do ujmowanej warstwy wodonośnej

Obliczenie czasu przesączania pionowego wody przez utwory nakładu pomija się gdy są równocześnie spełnione dwa warunki: głębokość do zwierciadła wody jest <2 m oraz na obszarze są zlokalizowane ogniska zanieczyszczeń występujące poniżej powierzchni terenu, np. szamba, sieci kanalizacyjne o różnym stopniu szczelności, nieużywane studnie kopane, studnie kopane zlikwidowane poprzez zasypanie materiałem przepuszczalnym.

Obliczenie czasu pionowego przesączania wody poprzez nakład z powierzchni terenu do ujmowanej warstwy wodonośnej jest związane z założeniem migracji zanieczyszczeń konserwatywnych. Substancje konserwatywne są prawie zawsze obecne w różnego typu ogniskach zanieczyszczenia wód podziemnych. Nie ulegają reakcjom fizykochemicznym z otaczającym środowiskiem gruntowo-skalnym podczas migracji w wodach podziemnych, tj. nie ulegają procesom sorpcji, biodegradacji, degradacji, wymiany jonowej, dekompozycji składu chemicznego czy rozpadu. Stanowią więc potencjalnie największe zagrożenie dla ujęcia. Jest tak dlatego, że składniki konserwatywne cechuje przemieszczanie się z prędkością, z jaką woda przesącza się przez strefę nienasyconą, a następnie przepływa w warstwie wodonośnej. Powoduje to, że czas migracji składnika konserwatywnego między ogniskiem a poziomem wodonośnym jest taki sam, jak czas przesączania pionowego wody, czyli najkrótszy z możliwych.

W konsekwencji oszacowanie czasu pionowej migracji zanieczyszczeń konserwatywnych przez strefę nienasyconą (t_{kons}), przy założeniu przemieszczania się masy według modelu tłokowego, tj. bez uwzględnienia dyspersji hydrodynamicznej, może zostać zrealizowane poprzez obliczenie czasu przesączania wody przez tą strefę t_a (Duda i in., 2011, 2013; Witczak, 2011):

$$t_{kons} = t_a = \frac{\sum_{i=1}^n (m_{ai} \cdot w_{oi})}{I_e} \quad (12)$$

gdzie:

w_{oi} – wilgotność objętościowa utworów i -tej warstwy litologicznej w strefie aeracji [-];

m_{ai} – miąższość i -tej warstwy litologicznej wydzielonej w profilu pionowym strefy aeracji [m],

przykładowo: przewarstwienie utworów słabo przepuszczalnych wśród utworów przepuszczalnych lub odwrotnie, itp. (rys. 11);

I_e – infiltracja efektywna opadów [m/rok].

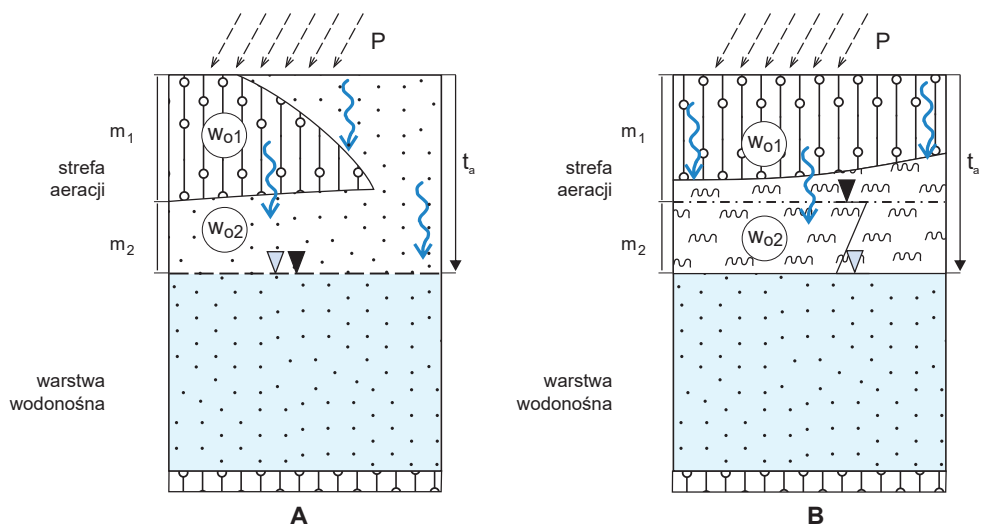
Wzór (12) ma zastosowanie do oszacowania czasu przesączania wody przez utwory strefy aeracji, czyli strefy nienasyconej. Jest to strefa między powierzchnią terenu, a swobodnym zwierciadłem wody w utworach dobrze przepuszczalnych. Określenie strefa aeracji dotyczy także strefy między powierzchnią terenu a spągiem utworów słabo przepuszczalnych (np. glin, pyłów, mułków, itp.), pod którymi występuje poziom wodonośny o naporowych warunkach ciśnienia wody (rys. 11). We wzorze (12) dwa parametry charakteryzujące typ litologiczny utworów, przez które następuje przesączanie wody, czyli wilgotność objętościowa i intensywność infiltracji efektywnej, pozwalają na uwzględnienie obu typów warunków hydrostrukturalnych w obliczeniu czasu przesączania.

Miąższość strefy aeracji (m_a) to miąższość utworów występujących powyżej nawierconego zwierciadła wody. Na wydłużenie czasu migracji zanieczyszczeń przez strefę aeracji, oprócz miąższości, znacząco wpływa również obecność utworów słabo przepuszczalnych. Oba te czynniki są zmienne przestrzennie zarówno w pionie, jak i poziomie. Istotne jest więc rozpoznanie ich zmienności przestrzennej – szczególnie zasięgu i typu litologicznego utworów słabo przepuszczalnych. Należy wykorzystać dane pochodzące z kilku otworów, czyli z profilu studni danego ujęcia, profili pobliskich otworów wierconych zawartych w Centralnym Banku Danych Hydrogeologicznych (CBDH) – Banku Hydro.

Przy dużej zmienności przestrzennej wykształcenia litologicznego utworów strefy nienasyconej, w celu właściwej oceny jej zmienności można wykorzystać także sondowania geoelektryczne. Pozwolą one na ustalenie reprezentatywnej miąższości oraz profilu litologicznego tej strefy. Jednak w bardzo złożonych warunkach hydrogeologicznych interpretacja wyników sondowań geoelektrycznych może być obciążona pewnym stopniem niepewności, co należy wyraźnie zaznaczyć w opisie analizy niepewności.

W przypadku, gdy wykształcenie litologiczne strefy aeracji wykazuje dużą zmienność przestrzenną, np. obecność przewarstwień utworów gliniasto-pyłastych o niewielkiej miąższości lub brak ciągłości takiego przewarstwienia, to obliczenie czasu przesiąkania przez te utwory należy pominąć – traktując to jako współczynnik bezpieczeństwa, wpływający na zwiększenie stopnia ochrony ujęcia. W obliczeniach należy uwzględnić tylko najkorzystniejsze warunki dla migracji zanieczyszczeń z powierzchni terenu do ujmowanej warstwy wodonośnej, czyli przyjmując takie wartości parametrów, które spowodują, że obliczony czas przesączania wody przez strefę nienasyconą będzie możliwie najkrótszy. Na skrócenie obliczonego czasu przesączania pionowego wody wpływa:

- przyjęcie mniejszej miąższości utworów nadkładu;
- pominięcie obecności utworów słabo przepuszczalnych o niewielkiej miąższości, a gdy miąższość jest zmienna przyjęcie mniejszej miąższości;
- przyjęcie mniejszej wartości wilgotności objętościowej;



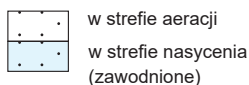
t_a czas przesączania wód przez strefę aeracji, [T]

m_1, m_2 miąższość poszczególnych przewarstwień strefy aeracji, [L]

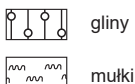
w_{01}, w_{02} wilgotność objętościowa poszczególnych przewarstwień strefy aeracji, [1]

P wysokość rocznych opadów atmosferycznych [m/rok]

utwory przepuszczalne

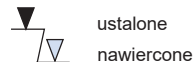



utwory słabo przepuszczalne:




zwierciadło wody podziemnej

--- swobodne - - - - napięte



 P opad atmosferyczny

 przesączanie wód przez strefę aeracji

A warunki swobodne

B warunki naporowe

Rys. 11. Model koncepcyjny strefy aeracji dla obliczeń czasu przesączania pionowego wody z powierzchni terenu do pierwszej warstwy wodonośnej

- przyjęcie większych wartości współczynników wpływających na intensywność infiltracji efektywnej opadów.

Wilgotność objętościowa (w_o) dla poszczególnych typów gleby i utworów w profilu pionowym strefy aeracji jest przyjmowana na podstawie wyników badań laboratoryjnych próbek gleby, gruntów, o ile są dostępne, lub materiałów archiwalnych dotyczących ujęcia (lub związanych z jego rejonem).

Tabela 3

Wilgotność objętościowa gleb (w_{og}) typowa dla przyjętych kategorii gleb i ich zdolności ochronne
(Witczak i in., 2011)

Kategoria gleby	Grupa granulometryczna [wg klasyfikacji glebowej]	Rodzaje i gatunki gleb	w_{og} [-]	Zdolność ochronna gleby
Bardzo lekka	piasek: luźny, luźny pylasty, słabo gliniasty i pylasty	gleby żwirowe (ż), piaski luźne (pl), piaski słabogliniaste (ps), gleby skaliste (sk), gleby szkieletowe (sz), gleby piaszczyste (p)	0,12	bardzo słaba
Lekka	piasek: gliniasty lekki, pylasty mocny i pylasty, pył piaszczysty	piaski gliniaste (pg); piaski słabogliniaste i gliniaste (pgs), rędziny neogeńskie i paleogeńskie (Rtr), rędziny jurajskie (Rj), rędziny starszych formacji geologicznych (Rs), rędziny gipsowe (Rg), mady piaszczyste (Fp), gleby murszowe i murszowate (M)	0,17	słaba
Średnia	glina lekka i pylasta oraz pył gliniasty	gleby gliniaste lekkie (gl), gleby pyłowe (plw), gleby lessowe i lessowate (ls), gleby gliniaste (g), gleby pyłowe (pl), rędziny kredowe (Rk), mady (F)	0,24	średnia
Ciężka	glina: średnia i pylasta, ciężka i pylasta, pył ilasty oraz il pylasty	gleby gliniaste średnie (gs), gleby gliniaste ciężkie (gc), gleby ilaste (il), torfy (T), gleby mułowo-bagienne (E)	0,36	dobra

W przypadku braku tych materiałów, charakterystyczne wilgotności objętościowe gleb można przyjąć według tabeli 3, a gruntów i skał według tabeli 4. Dla utworów fliszu karpackiego, gdzie o przepuszczalności strefy nienasyconej decyduje szczelinowatość kompleksu piaskowcowo-łupkowego, należy przyjąć wilgotność objętościową $w_o = 0,05$, nie traktując łupków jako wkładek skał izolujących.

Tabela 4

Zmienność wartości niektórych właściwości hydrogeologicznych wybranych gruntów i skał
(na podst. Witczak i Żurek (1994) zmienione i innych prac)

Lp.	Typ litologiczny	Wilgotność objętościowa skał w_o [%]	Współczynnik infiltracji efektywnej α [%]	Porowatość aktywna n_a [%]
1.	skały magmowe, metamorficzne i inne skały lite spękane i szczelinowate (ośrodek szczelinowy)	0,1–1 (1,5)	12	0,01–0,05*
2.	skały węglanowe (wapienie, dolomity) skrasowiałe, silnie spękane i szczelinowate (ośrodek szczelinowo-krasowy), wapienie detrytyczne	2	20–25	0,001–0,01*
3.	piaskowce, flisz karpacki – serie piaskowcowe z łupkami, opoki, gezy, kreda, spękane, szczelinowate (ośrodek szczelinowo-porowy)	4–7	(10) 13–17	0,01–0,12*
4.	margle, kreda – mikroszczelinowate, porowate (ośrodek porowo-szczelinowy)	10	17	15

Tabela 4 cd.

Lp.	Typ litologiczny	Wilgotność objętościowa skał w_v [%]	Współczynnik infiltracji efektywnej α [%]	Porowatość aktywna n_a [%]
5.	rumosze niezailone, czyste żwiry	5–7	25–30	30–35
6.	żwiry zapiaszczone, piaski ze żwirami	8–11	22–25	25–30
7.	piaski gruboziarniste	11–12	20–22	20–25
8.	piaski średnioziarniste	12–14	16–18	18–22
9.	piaski drobnoziarniste i pylaste	15–17	14–16	14–16
10.	piaski pylaste i gliniaste	18–23	12–14	12–14
11.	gliny piaszczyste morenowe, gliny zwałowe, gliny lekkie	24–26	12	10–12
12.	gliny zwięzłe morenowe, gliny ciężkie	28–32	8–10	8–10
13.	pyły, lessy	30–32	12–13	8
14.	pyły ilaste, lessy ilaste	33–35	8–10	6–7
15.	iły pylaste	36	5–8	5
16.	iły	38	3–4	3
17.	namuły, muły	40–49	3–4	4

* – współczynnik szczelinowatości

Intensywność infiltracji efektywnej (I_e) można oszacować wykorzystując różne metody, w tym metodę infiltracyjną, czyli z uwzględnieniem takich czynników wpływających na intensywność infiltracji, jak rodzaj utworów przypowierzchniowych, ukształtowanie powierzchni terenu, rodzaj pokrycia i zagospodarowania powierzchni, a także głębokość występowania wód podziemnych w obszarach drenażowych. Intensywność zasilania wód podziemnych z opadów atmosferycznych tą metodą można określić poprzez wzór (Witczak i in., 2011):

$$I_e = P \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \quad (13)$$

gdzie:

P – średnia wieloletnia wysokość rocznych opadów atmosferycznych [m/rok];

α – współczynnik infiltracji efektywnej [–], zależny od rodzaju utworów przypowierzchniowych;

β – współczynnik zależny od rodzaju pokrycia i zagospodarowania powierzchni [–],

w razie braku danych szczegółowych można przyjąć wartość przybliżoną, czyli:

lasy i mokradła $\beta = 0,9$; odsłonięte powierzchnie z ubogą roślinnością lub

bez roślinności, plaże, wydmy, odsłonięte skały, roślinność rozproszona,

zwałowiska, hałdy itp. $\beta = 1,2$; pozostałe typy pokrycia i zagospodarowania

terenu $\beta = 1,0$; γ – współczynnik zależny od stopnia nachylenia powierzchni

terenu (tab. 5) [–];

δ – współczynnik zależny od głębokości występowania pierwszego zwierciadła wód podziemnych:
 $\delta = 0.6$ gdy głębokość jest <2 m; $\delta = 1,0$ gdy głębokość jest >2 m (Herbich i in., 2009; Witczak i in., 2011; Szilagy i in., 2013).

Tabela 5

Wartości współczynnika γ zależne od stopnia nachylenia terenu (Witczak i in., 2011)

γ	Nachylenie terenu		γ	Nachylenie terenu	
	%	stopnie [°]		%	stopnie [°]
1,0	<5	<2	0,8	14–17	7–8
0,9	5–9	2–4	0,75	18–20	9–10
0,85	10–13	5–6	0,7	>20	>10

Średnią wieloletnią z rocznych wysokości opadów atmosferycznych można pozyskać z bazy danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). Współczynnik infiltracji efektywnej zależny od litologii utworów przypowierzchniowych (α), można przyjąć na podstawie dostępnych materiałów archiwalnych i publikacji lub można wykorzystać wartości zestawione w tabeli 4.

W niektórych warunkach hydrogeologicznych, powyżej ujętej warstwy wodonośnej występuje płytsza warstwa, przy czym obie są rozdzielone osadami słabo przepuszczalnymi (rys. 12). W takim przypadku czas przesiąkania wody przez słabo przepuszczalną warstwę rozdzielającą określa wzór:

$$t_{sp} = \frac{(m')^2 \cdot n_a}{\Delta H \cdot k'} \quad (14)$$

gdzie:

t_{sp} – czas przesiąkania wody przez warstwę słabo przepuszczalną;

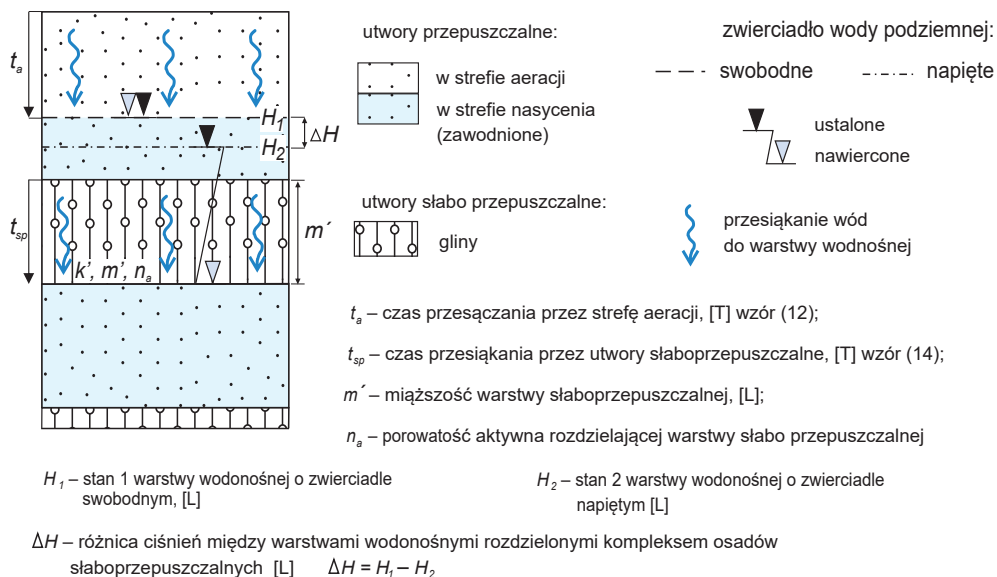
m' – miąższość warstwy słabo przepuszczalnej [m];

n_a – porowatość aktywna [–];

ΔH – różnica ciśnień między kolejnymi warstwami wodonośnymi rozdzielonymi kompleksem osadów słabo przepuszczalnych [m];

k' – współczynnik filtracji osadów słabo przepuszczalnych [m/rok].

Przy wyborze odpowiedniego wzoru do obliczeń czasu pionowego przesączania należy uwzględnić warunki hydrostrukturalne, stopień rozpoznania parametrów warstw wodonośnych i osadów słabo przepuszczalnych oraz typ litologiczny nadkładu. Przy stosowaniu wzoru (14) należy uwzględnić zwiększoną różnicę ciśnienia wody (ΔH) między warstwami wodonośnymi rozdzielonymi kompleksem osadów słabo przepuszczalnych, powstałą na skutek poboru wody w głębszym poziomie wodonośnym, określonego przez pozwolenie wodnoprawne lub wysokość zasobów eksploatacyjnych ujęcia. W przypadku trwałej bariery hydrodynamicznej, opisanej



Rys. 12. Schemat pionowego przesączania wody przez strefę aeracji oraz przesiákania przez kompleks słabo przepuszczalny do głębszego poziomu wodonośnego

w rozdz. 4.4 (rys. 5) zwierciadło wody głębszej warstwy wodonośnej (H_2) będzie stabilizowało wyżej od zwierciadła płytszej warstwy (H_1) przez cały czas funkcjonowania ujęcia.

Do obliczania czasu pionowego przesączania wody poprzez nadkład z powierzchni terenu do ujmowanej warstwy wodonośnej przy uwzględnieniu czasu migracji zanieczyszczeń konserwatywnych, można zastosować także modelowanie numeryczne. Szczególnie wyróżnia się program HYDRUS-1D (Šimůnek, van Genuchten, 2008; Šimůnek i in., 2008; Rassam i in., 2018) umożliwiający modelowanie zarówno migracji składników konserwatywnych, jak i niekonserwatywnych. Zastosowanie tego programu jest teraz łatwiejsze, ponieważ został bezpośrednio dołączony do pakietu MODFLOW (Beegum i in., 2019) umożliwiając modelowanie migracji masy przez strefę aeracji i strefę nasyconą w jednym pakiecie programów standardowo stosowanym w modelowaniu hydrogeologicznym. Jednak warunkiem przyjęcia programu HYDRUS-1D do obliczenia czasu migracji zanieczyszczeń przez strefę aeracji jest znajomość wiarygodnych wartości wielu parametrów hydrogeologicznych i migracji masy w wodach podziemnych, co w wielu wypadkach może być trudne do spełnienia.

Przy pogłębionej analizie zagrożeń, występujących w TOP, może być przydatny uproszczony sposób obliczenia stężenia niektórych związków chemicznych, migrujących w strefie aeracji. Przykładem składników konserwatywnych są chlorki. Składniki niekonserwatywne to składniki ulegające adsorpcji na fazie stałej strefy aeracji (metale ciężkie, związki organiczne – np. węglowodory czy rozpuszczalniki) oraz degradacji/biodegradacji (związki organiczne). Obliczenie ilościowe będzie przybliżone, tj. wykonane podstawowymi wzorami analitycznymi według przyjętych z literatury wartości parametrów migracji zanieczyszczeń. Takie obliczenie pozwoli jednak uwzględnić czynniki najistotniej wpływające na opóźnienie migracji. Czynniki takimi są zdolności sorpcyjne strefy aeracji zależące od litologii, decydującej o przepuszczalności, porowatości aktywnej, zawartości minerałów ilastych itp., a także zawartość węgla organicznego w glebie i gruncie.

Stężenie osiągnięte przez zanieczyszczenie dla chwili dotarcia do zwierciadła wód podziemnych można oszacować metodą analityczną z uwzględnieniem procesów związanych z transportem masy danego związku w wodzie przesączającej się przez strefę nienasyconą. Głównymi elementami złożonego procesu migracji masy to adwekcja, adsorpcja, degradacja lub biodegradacja. W obliczeniu nie uwzględnia się dyspersji hydrodynamicznej przyjmując w uproszczeniu, że transport substancji chemicznej przez strefę aeracji odbywa się według modelu tłokowego.

Wielokrotność opóźnienia migracji (R) składnika nieorganicznego ulegającego adsorpcji na fazie stałej gruntu, w stosunku do czasu migracji składników konserwatywnych, określa wzór (Witczak i in., 2013):

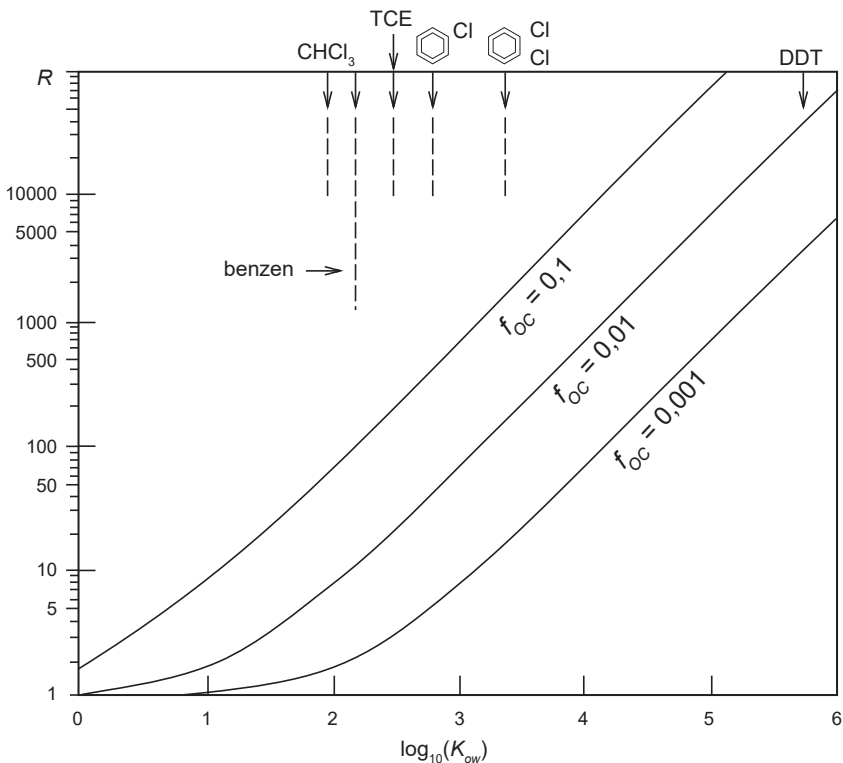
$$R = 1 + \frac{(K_d \cdot \rho_s)}{n_a} \quad (15)$$

gdzie:

K_d – stała podziału reakcji sorpcji, [dm³/kg];

ρ_s – gęstość objętościowa szkieletu gruntowego, [kg/dm³];

n_a – porowatość aktywna gruntu [-].



Rys. 13. Przybliżona ocena wielokrotności opóźnienia (R) migracji zanieczyszczeń organicznych w zależności od stałej podziału oktanol-woda (K_{ow}) oraz zawartości węgla organicznego w gruncie (wg Roberts, Valocchi, 1981 zmodyfikowane przez Małeckiego, 2006). 1 – wielkości R , K_{ow} , f_{oc} są bezwymiarowe

Wielokrotność opóźnienia migracji związku organicznego, który ulega adsorpcji na fazie stałej gruntu, w stosunku do czasu migracji składników konserwatywnych, można określić metodą uproszczoną na podstawie nomogramu (rys. 13). Nomogram ten pozwala oszacować wartość wielokrotności opóźnienia R dla danego związku organicznego na podstawie zawartości węgla organicznego w gruncie i stałej podziału oktanol–woda K_{ow} tego związku. Rysunek pokazuje opóźnienie migracji zanieczyszczeń (R) wybranych substancji. Na przykład: migracja chloroformu CHCl_3 o $K_w = 93$ ($\log K_w = 1,97$) w gruncie o zawartości węgla organicznego $\text{Corg} = 1\%$ wag ($f_{oc} = 0,01$) będzie opóźniony ok. $R = 7$ razy ($\log R = 0,85$).

Stężenie migrującego przez strefę aeracji związku chemicznego ulegającego degradacji lub biodegradacji określa się według modelu:

$$c = c_s \cdot e^{-k_r \cdot t_a} \quad (16)$$

$$k_r = \frac{\ln 2}{t_{0,5}} \quad (17)$$

gdzie:

c – stężenie migrującego przez strefę aeracji związku chemicznego ulegającego degradacji lub biodegradacji [mg/L];

c_s – stężenie związku chemicznego w ognisku zanieczyszczenia [mg/L];

t_a – czas pionowej migracji związku przez strefę nienasyconą [lata];

k_r – stała reakcji degradacji [1/rok];

$t_{0,5}$ – czas, po którym stężenie związku ulegającego degradacji zmaleje o połowę [lata];

e – podstawa logarytmu naturalnego, $e = 2,718$.

W celu uzyskania stężenia iniekcji azotanów migrujących przez strefę aeracji do wód podziemnych pod terenem rolniczym, należy ładunek azotu przekraczający potrzeby nawozowe uprawianych roślin (czyli migrujący w gruncie poniżej warstwy gleby) podzielić przez średnie roczne zasilanie:

$$c_{\text{NO}_3} = \frac{F_N}{I_e} \cdot 443 \quad (18)$$

gdzie:

c_{NO_3} – stężenie azotanów w wodzie przesączającej się przez strefę nienasyconą [mg/L];

F_N – ładunek azotu przekraczający potrzeby nawozowe uprawy [kg N/ha/rok];

I_e – zasilanie poziomu wodonośnego z opadów (infiltracja efektywna) [mm/rok];

443 – współczynnik obejmujący przeliczenie jednostek parametrów ujętych wzorem oraz proporcję gramorównoważników NO_3 i N.

Podobnie oblicza się stężenie iniekcji innych związków rozpuszczalnych w wodzie, które występują w formie stałej w potencjalnym ognisku zanieczyszczenia.

Stężenie związków chemicznych występujących w formie ciekłej w ognisku zanieczyszczenia i intensywność infiltracji cieczy do gruntu podczas wycieku itp., przyjmuje się na podstawie danych zebranych podczas inwentaryzacji stanu technicznego potencjalnych ognisk zanieczyszczeń.

4.6. Ocena podatności wód podziemnych na zagrożenia antropogeniczne

Z czasem przesączania wód z powierzchni terenu do ujętego poziomu wodonośnego jest związana podatność poziomu na zanieczyszczenie. Można wyróżnić podatność naturalną (właściwą) warunkowaną wyłącznie budową geologiczną i warunkami hydrogeologicznymi oraz podatność specyficzną, która oprócz podatności właściwej uwzględnia także rodzaj zanieczyszczenia, np. azotany pochodzenia rolniczego.

Podatność naturalna wód podziemnych jest związana z parametrami hydrogeologicznymi utworów strefy aeracji i intensywnością zasilania. Stopień podatności wynika głównie z głębokości do zwierciadła wód podziemnych, czyli miąższości strefy aeracji oraz z charakteru litologicznego utworów tej strefy. Typ litologii wpływa na prędkość pionowej migracji zanieczyszczeń z powierzchni terenu, w tym na warunki adsorpcji masy zanieczyszczenia na materiale gleby i gruntu. Podatność zależy więc od stopnia izolacji poziomu wodonośnego od powierzchni terenu. Przykładowo, występujące ponad ujmowanym poziomem wodonośnym utwory bardzo słabo przepuszczalne, jak gliny ilaste czy ły, obniżają podatność poziomu wodonośnego bardziej, niż słabo przepuszczalne gliny piaszczyste, mułki piaszczyste, pyły.

Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie antropogeniczne zasadniczo ma charakter regionalny lub ponad lokalny, dlatego wynikiem oceny jest mapa zmienności przestrzennej podatności poziomu wodonośnego lub zbiornika wód podziemnych. Takie podejście jest zgodne z rozporządzeniem dhig-i.

W ramach wyznaczania TOP ocenia się zazwyczaj podatność naturalną. Na bazie tej oceny jest możliwe, w zależności od przyjętego scenariusza oddziaływania ze strony wybranego typu zanieczyszczenia lub sposobu zagospodarowania terenu, dokonanie oceny podatności specyficznej, np. podatności na zanieczyszczenie azotanami pochodzenia rolniczego.

Ocena podatności wód podziemnych może mieć charakter ilościowy lub jakościowy. Przy wyznaczaniu TOP zaleca się stosowanie metody ilościowej, w której miarą podatności wód podziemnych jest czas pionowej migracji (transportu) masy zanieczyszczeń konserwatywnych poprzez profil strefy aeracji do warstwy wodonośnej (Bachmat, Collin 1987; Kleczkowski i in., 1990; Herbich i in., 2008, 2020; Witczak i in., 2011; Yu i in., 2014; Wachniew i in., 2016). Stosowanie tej metody jest opisane w rozdz. 4.5.4 oraz w pierwszej części poradnika metodycznego *Analiza ryzyka dla ustanowienia stref ochronnych ujęć wód podziemnych* (Lidzbarski i in., 2022). W nawiązaniu do tego proponuje się następujące stopnie podatności naturalnej poziomu wodonośnego w zależności od czasu przesączania konserwatywnych zanieczyszczeń z powierzchni terenu:

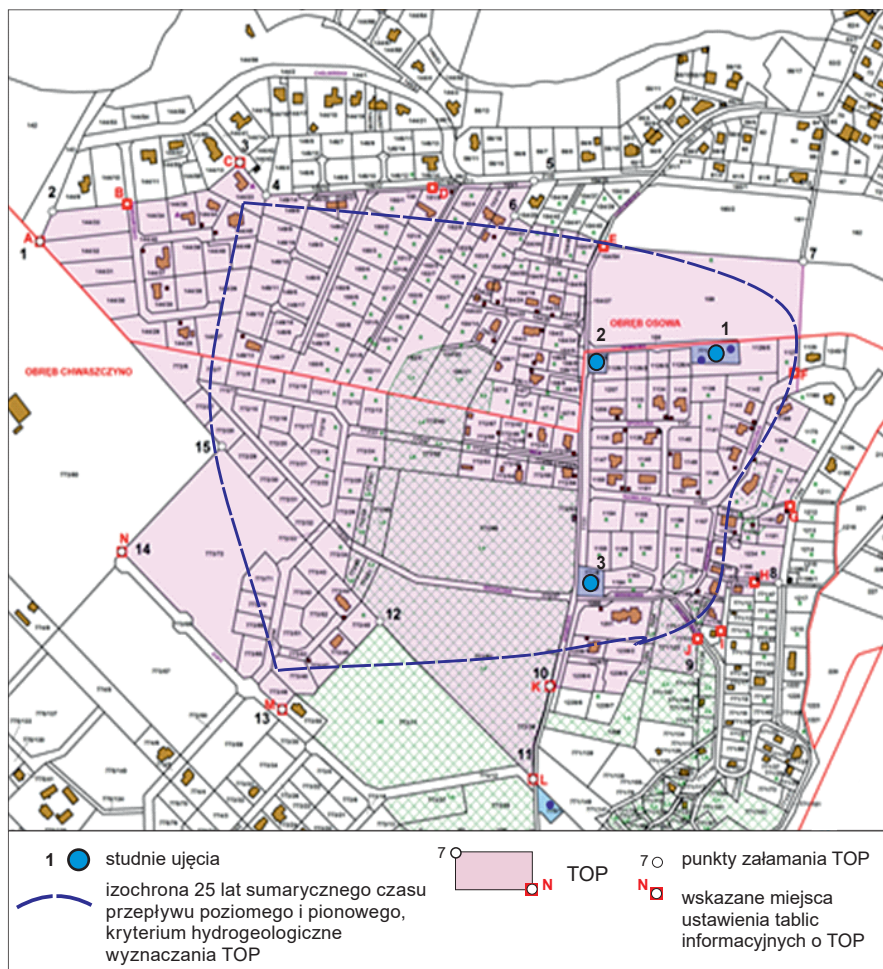
bardzo podatny <5 lat, podatny 5–25 lat, średnio i mało podatny >25 lat.

W razie potrzeby mapę podatności naturalnej można uzupełnić dodatkowymi izochronami przesączania konserwatywnych zanieczyszczeń z powierzchni terenu, które pozwolą na szczegółową ocenę zagrożenia wód podziemnych.

Na mapie podatności powinny być zaznaczone obszary chronione hydrodynamicznie przed dopływem zanieczyszczeń z powierzchni terenu. Najczęściej będą to strefy o ciśnieniu artzejskim oraz strefy o wysokości hydraulicznej w ujętej warstwie wodonośnej ukształtowane na poziomie wyższym od wysokości hydraulicznej w warstwie występującej ponad warstwą ujętą.

4.7. Wyznaczenie szczegółowego przebiegu granicy terenu ochrony pośredniej

Uszczegółowienie zasięgu granicy TOP należy dowiązać do najbliższych istniejących trwałych linii rozgraniczających elementy zagospodarowania przestrzennego, takie jak drogi, ulice, linie kolejowe, drogi lokalne, polne i leśne, granice lasów, pól, łąk, przecinki leśne, napowietrzne przesyłowe linie energetyczne, rzeki, potoki, strumienie, stawy, jeziora, zbiorniki wodne, itp. (rys. 14).



Rys. 14. Szczegółowy przebieg TOP na mapie nieruchomości gruntowych (Szelewicka i in., 2019)

Przyjętą zasadą jest wyznaczanie przebiegu TOP w dowiązaniu do podziałów geodezyjnych (rys. 14). Tylko w uzasadnionych przypadkach jest dopuszczalne dzielenie działek, np. kiedy mają dużą powierzchnię lub nietypowy kształt (np. podłużne działki). Należy przy tym uwzględnić planowane funkcje terenu lub planowane inwestycje, które mogą potencjalnie wpływać na stan środowiska gruntowo-wodnego. W uzasadnionych przypadkach granica TOP może, a nawet powinna wykraczać poza OSW, np. uwzględniając lokalne spadki terenu lub przebieg cieków, infrastruktury odprowadzającej wody opadowe lub ścieki itp. Jeżeli w przyszłości właściciel ujęcia planuje zwiększyć jego pobór, np. do ustalonej wartości zasobów eksploatacyjnych, to należy ten fakt uwzględnić przy wyznaczaniu TOP.

Przedstawione zasady szczegółowego wytyczania granic TOP będą także obowiązywały w sytuacji wyodrębniania wewnątrz TOP obszarów o zróżnicowanych zasadach ochrony.

4.8. Teren ochrony bezpośredniej

Zgodnie z art. 121 ust. 2 ustawa Prawo wodne wprowadza obowiązek ustanowienia terenu ochrony bezpośredniej dla każdego ujęcia wody, z wyłączeniem ujęć wody służących do zwykłego korzystania z wód. TOB jest ustanawiany z urzędu przez właściwy organ PGW Wody Polskie w drodze decyzji (art. 135 ust. 1 ww. ustawy). Organem tym jest Dyrektor właściwego terytorialnie zarządu zlewni. Natomiast strefę ochronną obejmującą teren ochrony bezpośredniej i teren ochrony pośredniej ustanawia wojewoda w drodze aktu prawa miejscowego.

Na właścicieli ujęć, które służą w całości lub częściowo do zbiorowego zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia i dla których do tej pory nie ustanowiono TOP, nałożono obowiązek wykonania analizy ryzyka w terminie do końca 2022 r. i złożenia wniosku o ustanowienie strefy ochronnej obejmującej TOB i TOP, jeżeli będzie to uzasadnione wynikami tej analizy (art. 551 ust. 2 ustawy Prawo wodne).

Na terenie ochrony bezpośredniej zakazuje się użytkowania gruntów do celów niezwiązanych z eksploatacją ujęcia wody. Należy zadbać, aby wody opadowe lub roztopowe były odprowadzane w sposób, który uniemożliwia przedostawanie się ich do urządzeń, służących do poboru wody. Teren powinien być zagospodarowany zielenią. Przebywanie osób niezatrudnionych przy obsłudze urządzeń służących do poboru wody należy ograniczyć wyłącznie do niezbędnych potrzeb. Ścieki z urządzeń sanitarnych przeznaczonych do użytku dla osób zatrudnionych przy obsłudze urządzeń służących do poboru wody powinny być odprowadzone poza granice TOB.

Przy ustanawianiu strefy ochronnej, obejmującej wyłącznie teren ochrony bezpośredniej, właściwy organ Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wód Polskich określa jej obszar, a także wskazuje do stosowania obowiązki wynikające z art. 128 ustawy Prawo wodne.

Teren ochrony bezpośredniej należy ogrodzić, a jego granice przebiegające przez wody powierzchniowe oznaczyć za pomocą rozmieszczonych w widocznych miejscach stałych znaków stojących lub pływających. Na ogrodzeniu oraz znakach należy umieścić tablice zawierające informację o ustanowieniu strefy ochronnej i zakazie wstępu osób nieupoważnionych. Ustawa zakazuje niszczenia, uszkodzenia lub przemieszczania znaków i tablic, zawierających informacje o ustanowieniu strefy ochronnej i zakazie wstępu osób nieupoważnionych.

5. KONCEPCJA OCHRONY UJĘCIA

5.1. Wskazania wynikające z analizy ryzyka

Zasadniczym celem analizy ryzyka jest ustalenie, czy teren ochrony pośredniej jest potrzebny, czy nie. W trakcie wykonywania AR są także identyfikowane istniejące oraz potencjalne ryzyka/zagrożenia, które mogą wpływać na stan ilościowy i jakościowy wód podziemnych. Przy projektowaniu stref ochronnych należy skorzystać z tych ustaleń. Przy projektowaniu TOP powinny być uwzględnione również wstępne wskazania lub zalecenia ochronne, które pojawiły się już na pewnych etapach wykonywania analizy ryzyka. Nieodzowne jest omówienie i wykorzystanie ich w trakcie analizowania zagrożeń oraz formułowania koncepcji ochrony ujęcia. Dotyczy to także potencjalnego zagrożenia, które może dotyczyć sytuacji awaryjnych, zagrożeń naturalnych lub następstw zmian klimatycznych, np. deszczy nawalnych, głębokich niżówek hydrogeologicznych.

5.2. Użytkowanie terenu, plan zagospodarowania przestrzennego

Sposób użytkowania terenu w obrębie projektowanej strefy ochronnej może istotnie oddziaływać na wody podziemne, zwłaszcza na ich stan chemiczny. Dlatego też bardzo ważne będzie zebranie wszystkich koniecznych informacji. Najważniejsze dane w tym zakresie zawiera miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego, a w przypadku jego braku, studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego.

Na tej podstawie oraz bazując na przeglądzie terenu należy dokonać szczegółowej charakterystyki stanu jego zagospodarowania oraz planowanych przedsięwzięć w przyszłości. Wskazać dominujące rodzaje użytkowania terenu, m.in.:

- tereny rolnicze, lasy;
- tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej i wielorodzinnej;
- tereny zabudowy usługowej, sportu i rekreacji;
- tereny przemysłowe, obiektów produkcyjnych, składów i magazynów;
- obszary i tereny górnicze;
- tereny zieleni urządzonej (np. parki, ogrody działkowe);
- tereny dróg publicznych i wewnętrznych;
- tereny infrastruktury technicznej (elektroenergetyka, gazownictwo, wodociągi; kanalizacja, telekomunikacja, gospodarka odpadami, ciepłownictwo).

Należy uwzględnić, bardzo ważne dla ochrony wód podziemnych tereny zieleni objęte formami ochrony przyrody zgodnie z przepisami o ochronie przyrody, np. obszary NATURA 2000, parki narodowe, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu i rezerваты.

Należy także zwrócić uwagę na wojewódzki plan zagospodarowania przestrzennego oraz inne dokumenty, które mogą dostarczyć ważnych informacji o terenie, np. plany i strategie, dotyczące odpadów, ochrony środowiska, a na terenach leśnych plany urządzania lasów.

Najważniejsze informacje należy przedstawić na mapie aktualnego przeznaczenia terenu oraz planowanych funkcji. W przypadku znaczących różnic między istniejącym zagospodarowaniem a planowanym, konieczne jest ich szczegółowe omówienie wraz z oceną skutków dla wód podziemnych. W końcu, po skonfrontowaniu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego z proponowaną koncepcją ochrony ujęcia, należy wskazać wszystkie możliwe kolizje, dotyczące sposobu zagospodarowania terenu.

5.3. Ocena zagrożenia wód podziemnych, identyfikacja rzeczywistych i potencjalnych ognisk zanieczyszczeń

Rozpoznanie zagrożeń wód podziemnych w obszarze zasilania ujęcia, ze szczególnym uwzględnieniem strefy ochronnej powinno być dokonane na podstawie:

- aktualnych planów zagospodarowania przestrzennego – szczególnie planów miejscowych, a tam gdzie ich brak – studiów zagospodarowania przestrzennego wykonanych dla gmin;
- map dostępnych w portalach internetowych – np. Google Earth, Geoportal, Google Maps;
- seryjnych opracowań kartograficznych, a w szczególności map hydrogeologicznych, sozologicznych, hydrograficznych i glebowych;
- wyników badań dotyczących oddziaływania niektórych ognisk zanieczyszczeń na wody podziemne prowadzonych w ramach monitoringów lokalnych;
- kartowania sozologicznego i hydrogeologicznego oraz wizji terenowych potencjalnych ognisk zanieczyszczeń.

Na podstawie analizy planów zagospodarowania przestrzennego należy dokonać wyodrębnienia ognisk, stanowiących potencjalne zagrożenie oraz tych, które mogą pojawić się w przyszłości ze względu na przyjęte założenia planistyczne.

W materiałach planistycznych zazwyczaj nie są uwzględniane takie ogniska jak „zlikwidowane” i „zrehabilitowane” wysypiska śmieci, składowiska odpadów, mogilniki i wylewiska ścieków. Należy podkreślić, że pojęcia likwidacja i rekultywacja w odniesieniu do takich obiektów nie oznaczają, że nie stanowią zagrożenia dla wód podziemnych nawet, jeśli zostały zrehabilitowane. Rekultywacja polega najczęściej tylko na uporządkowaniu powierzchni terenu. Odpady czy zanieczyszczone grunty rzadko są usuwane przed rekultywacją, tak jak stosowano to w przypadku mogilników. Ponadto w otoczeniu powyższych obiektów dochodziło najczęściej do nagromadzenia zanieczyszczeń w środowisku gruntowym, które mogą długotrwale oddziaływać na wody podziemne. Informacje o takich ogniskach, jeśli brak ich w materiałach planistycznych i kartograficznych, należy gromadzić bazując na wywiadach w jednostkach administracyjnych oraz instytucjach zajmujących się ochroną środowiska i gospodarką wodną tj. PGW Wody Polskie, wojewódzkich inspektoratach ochrony środowiska, regionalnych dyrekcjach ochrony środowiska, stacjach sanitarno-epidemiologicznych. Pomocne mogą być również wywiady z miejscową ludnością. W trakcie kartowania sozologicznego powinny być zinwentaryzowane także takie ogniska jak np.: duże przyzmy obornika, silosy kiszonkowe, miejsca gromadzenia i stosowania na polach odpadów jak podłoża z upraw pieczarek, odpady z gorzelnii i tym podobne.

Wszystkie zinwentaryzowane obiekty stanowiące potencjalne ogniska zanieczyszczeń wód podziemnych powinny być wskazane na mapie oraz w tabeli – katalogu ognisk zanieczyszczeń. Zinwentaryzowane ogniska należy w miarę posiadanych danych sklasyfikować wg następujących kryteriów:

- ogniska potencjalne i rzeczywiste, które oddziałują na wody podziemne;
- stopień szkodliwości dla wód oparty na takich przesłankach jak rodzaj i ilość substancji stanowiących zagrożenie, podatność wód podziemnych na zanieczyszczenie, kierunki migracji zanieczyszczeń, odległość od ujęcia;
- ogniska o długotrwałym oddziaływaniu oraz ogniska o dotychczas krótkotrwałym oddziaływaniu będące najczęściej skutkiem awarii.

Podział na ogniska potencjalne i rzeczywiste powinien być dokonany na podstawie:

- informacji uzyskanych z monitoringów lokalnych;

- sporządzonej oceny podatności wód na zanieczyszczenie w miejscu ogniska;
- kierunków przepływu wód;
- dokonanej oceny parametrów fizyczno-chemicznych wód badanych na terenie obszaru zasilania ujęcia tj. wód z analizowanego ujęcia oraz z otworów monitoringu osłonowego.

Ponadto należy uwzględnić badania hydrochemiczne wód z ujęć istniejących na terenie obszaru zasilania oraz wyniki prowadzonych badań w ramach monitoringu krajowego czy też regionalnego. Przy ocenie można posłużyć się również metodą analogii uwzględniając wyniki badań dla podobnych ognisk w analogicznych warunkach hydrogeologicznych.

Rejestr ognisk powinien zawierać charakterystykę ogniska obejmującą: nazwę, lokalizację i ilość zanieczyszczeń oraz w miarę możliwości, kiedy powstało ognisko, kiedy zostało zrekułtywowane, na czym polegała rekułtywacja. Należy również podać wskazówki dotyczące likwidacji ogniska lub działań ograniczających oddziaływanie na wody podziemne. W przypadku składowisk odpadów istotne są informacje o sposobie zabezpieczenia przed migracją zanieczyszczeń do wód podziemnych i powierzchniowych tj. jak jest wykonane uszczelnienie podłoża, np.: brak uszczelnienia, tylko folia PEHD, warstwa gruntu mineralnego i folia oraz sposób utylizacji odcieków (odcieki wywożone do oczyszczalni lub rozdeszczane na odpadach). W przypadku składowisk zrekułtywowanych istotne jest określenie sposobu izolacji odpadów oraz monitoringu oddziaływania na wody podziemne i powierzchniowe.

W identyfikacji i klasyfikacji potencjalnych ognisk zanieczyszczeń pomocny może być katalog, który znajduje się w załączniku nr 1.

Wskazówki dotyczące czynnych działań ochronnych w odniesieniu do zarejestrowanych ognisk mogą zawierać:

- rozpoznanie oddziaływania na wody podziemne, a w przypadku ognisk szczególnie szkodliwych zalecenie wykonania monitoringu lokalnego;
- kontrola okresowa szkodliwości ogniska np. szczelność zbiorników i rurociągów;
- budowa oczyszczalni ścieków lub odcieków ze składowisk;
- zmiana technologii na mniej uciążliwą dla wód podziemnych np. likwidacja bezściółkowej hodowli zwierząt;
- zmiana lokalizacji projektowanego ogniska;
- budowa kanalizacji dla jednostek osadniczych ze wskazaniem priorytetów ze względu na ochronę ujęcia wody;
- rekułtywacja wysypisk śmieci i składowisk odpadów oraz pól filtracyjnych ścieków;
- wyposażenie gospodarstw rolnych w zbiorniki na gnojówkę i gnojowicę oraz tace obornikowe.

W przypadku obszarowych ognisk zanieczyszczeń (tereny rolne, obszary zwartej zabudowy) należy w szczególności zebrać informacje dotyczące:

- rodzaju stosowanych nawozów sztucznych i środków ochrony roślin (określenie przynajmniej dominującego udziału i wielkości zużycia);
- stosowania płynnych nawozów organicznych oraz rolniczego wykorzystania odpadów gorzelnianych czy też z produkcji pieczarek lub innych tego typu;
- stopnia kanalizacji jednostek osadniczych, w tym stosowania indywidualnych systemów oczyszczania ścieków z drenażem rozsączającym;
- stopnia wyposażenia gospodarstw rolnych w zbiorniki na gnojówkę i gnojowicę oraz szczelnych tac obornikowych.

W trakcie kartowania sozologicznego oraz zbierania danych o terenie częstym problem jest dostęp do wiarygodnych informacji. Dlatego należy jednoznacznie wskazać w dokumentacji hydrogeologicznej, które informacje są niepełne lub niepewne i jaki to może mieć wpływ na ocenę zagrożeń.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2016 poz. 2033), zebrane informacje o aktualnym i planowanym użytkowaniu terenu oraz dane dotyczące rzeczywistych i potencjalnych ognisk zanieczyszczeń należy skonfrontować z mapą naturalnej podatności uzupełnioną o izochrony poziomego przepływu wód podziemnych. Na tej podstawie należy ocenić, jaki stopień i charakter zagrożenia dla wód podziemnych stanowią analizowane elementy zagospodarowania terenu. Istotny przy tym będzie czas migracji i stopień redukcji zanieczyszczeń, które mogą się znacząco różnić w tym zakresie. Miejsca lub ogniska stanowiące szczególne zagrożenie dla wód podziemnych można dodatkowo analizować przy wykorzystaniu badań modelowych transportu zanieczyszczeń. Wynik obliczeń może być pomocny przy szacowaniu zagrożeń oraz ustalaniu koncepcji ochrony wód podziemnych w TOP. Ujęcie wody może być w różnym stopniu zagrożone, w zależności od rodzaju substancji zanieczyszczających – konserwatywnych lub niekonserwatywnych. Taki przypadek ilustruje rysunek 15, na którym jest pokazane ujęcie wody S-2, zlokalizowane na drodze przepływu wód skażonych poprzez odcieki ze składowiska substancji niebezpiecznych i infiltracji wód ze zbiornika w wyrobisko po eksploatacji żwirów.

Ujęcie jest zlokalizowane ok. 600 m od składowiska i skażonych wód w wyrobisku. Pesticydy, w tym atrazyna oraz inne niekonserwatywne substancje zanieczyściły wody podziemne. Stężenie konserwatywnych chlorków wzrosło do 100 mg/l.

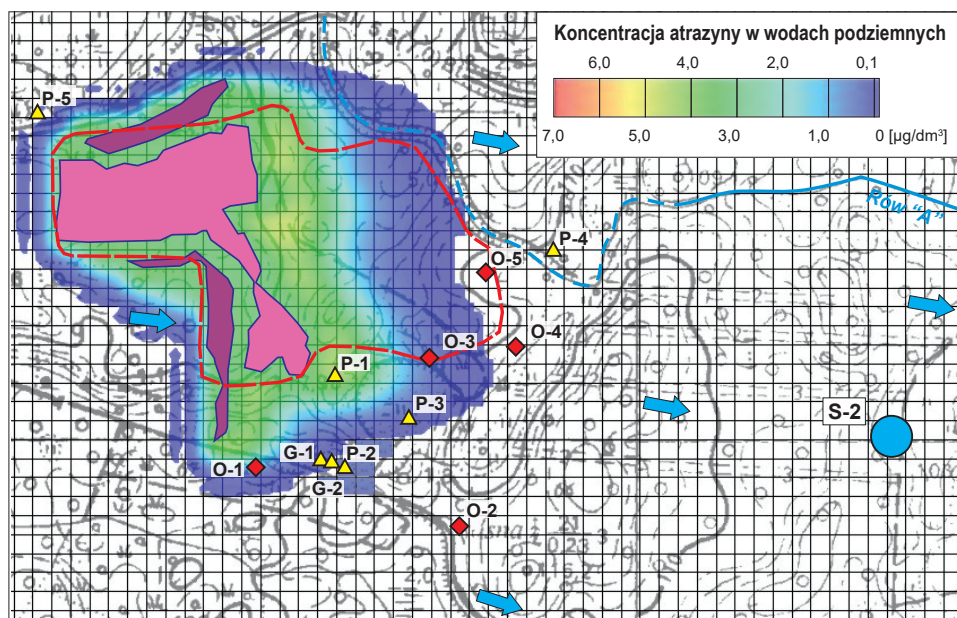
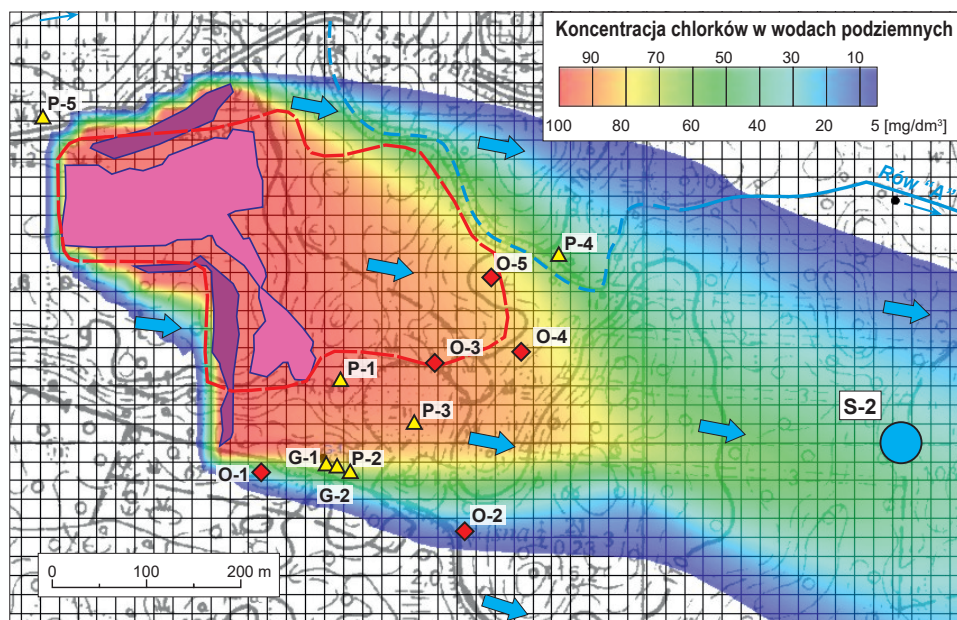
Warstwę wodonośną o miąższości 20 m cechuje wysoki współczynnik filtracji (26 m/d), a spadek hydrauliczny wynosi 0,0095. Wyniki obliczeń numerycznych zostały potwierdzone wynikami kilkuletnich obserwacji stanu chemicznego wód podziemnych w piezometrach. W przypadku substancji konserwatywnej – chlorki – po trzech latach od zanieczyszczenia wód podziemnych strefa skażeń sięgnie ujęcia wody. Na froncie przepływu wód zanieczyszczonych koncentracja chlorków w wyniku procesu dyspersji hydrodynamicznej w niejednorodnym ośrodku gruntowym obniży się od 40 do 50% pierwotnego stężenia. Natomiast w przypadku substancji reaktywnej – atrazyny – tempo przemieszczania się tej substancji w wodach podziemnych jest w wyniku adsorpcji na fazie stałej gruntu kilkukrotnie mniejsze niż konserwatywnych chlorków. Koncentracja atrazyny w wyniku biodegradacji i dekompozycji składu chemicznego ulegnie znacznie większej redukcji niż chlorków. W efekcie łącznego działania tych procesów atrazyna nie będzie zagrażać jakości wody ujętej studnią S-2.








Inne substancje niebezpieczne dla wód podziemnych zwłaszcza metale, związki organiczne będą miały bardzo różny wpływ na stopień skażenia wód podziemnych i zróżnicowany stopień redukcji. Obliczenia numeryczne będą zwłaszcza pomocne przy analizowaniu zagrożeń z terenu składowisk odpadów komunalnych oraz przemysłowych, tras komunikacyjnych, rurociągów przesyłowych, terenów poprzemysłowych, zanieczyszczeń historycznych, zbiorników i magazynów naziemnych oraz podziemnych.

5.4. Ograniczenia, zakazy i nakazy w użytkowaniu terenu w granicach terenu ochrony bezpośredniej i pośredniej

Na terenie ochrony bezpośredniej zakazuje się użytkowania gruntów do celów niezwiązanych z eksploatacją ujęcia wody. Zgodnie z Art. 128. Prawa Wodnego (Dz.U. 2017 poz. 1566) na terenie ochrony bezpośredniej należy:

1. odprowadzać wody opadowe lub roztopowe w sposób uniemożliwiający przedostawanie się ich do urządzeń służących do poboru wody;
2. zagospodarować teren zielenią;



- | | | | |
|---|--|---|------------------------------------|
|  | teren kopalni |  | P-1 piezometry sieci obserwacyjnej |
|  | filary ochronne z odpadami niebezpiecznymi |  | O-1 tymczasowe otwory badawcze |
|  | wyrobisko wypełnione zanieczyszczoną wodą |  | S-2 ujęcie wody |
|  | kierunek przepływu wód podziemnych | | |

Rys. 15. Różnica zasięgów zanieczyszczenia wód podziemnych w wyniku migracji substancji o różnym stopniu reaktywności (Lidzbarski i in., 2016)

3. odprowadzać poza granicę terenu ochrony bezpośredniej ścieki z urządzeń sanitarnych przeznaczonych do użytku dla osób zatrudnionych przy obsłudze urządzeń służących do poboru wody;
4. ograniczyć wyłącznie do niezbędnych potrzeb przebywanie osób niezatrudnionych przy obsłudze urządzeń służących do poboru wody.

Art. 129. 1. Teren ochrony bezpośredniej należy ogrodzić, a jego granice przebiegające przez wody powierzchniowe oznaczyć za pomocą rozmieszczonych w widocznych miejscach stałych znaków stojących lub pływających.

Zgodnie z obowiązującym prawem sposób ochrony wód podziemnych w granicach terenu ochrony pośredniej można planować na podstawie zamkniętego katalogu nakazów/zakazów umieszczony w ustawie Prawo wodne. Proponowane zalecenia mają charakter bierny (profilaktyczny), zostały wskazane w art. 130 ust. 1.

Art. 130. 1. Na terenie ochrony pośredniej może być zakazane lub ograniczone wykonywanie robót lub czynności powodujących zmniejszenie przydatności ujmowanej wody lub wydajności ujęcia, obejmujących:

1. wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi;
2. rolnicze wykorzystanie ścieków;
3. przechowywanie lub składowanie odpadów promieniotwórczych;
4. stosowanie nawozów oraz środków ochrony roślin;
5. budowę nowych dróg, linii kolejowych, lotnisk lub lądowisk;
6. wykonywanie urządzeń melioracji wodnych oraz wykopów ziemnych;
7. lokalizowanie zakładów przemysłowych oraz ferm chowu lub hodowli zwierząt;
8. lokalizowanie magazynów produktów ropopochodnych oraz innych substancji, a także rurociągów do ich transportu;
9. lokalizowanie składowisk odpadów niebezpiecznych, innych niż niebezpieczne i obojętne oraz obojętnych;
10. mycie pojazdów mechanicznych;
11. urządzenie parkingów, obozowisk oraz kąpielisk i miejsc okazjonalnie wykorzystywanych do kąpieli;
12. lokalizowanie nowych ujęć wody;
13. lokalizowanie cmentarzy oraz grzebanie martwych zwierząt;
14. wydobywanie kopaliny;
15. wykonywanie odwodnień budowlanych lub górniczych;
16. lokalizowanie budynków mieszkalnych oraz obiektów budowlanych związanych z turystyką;
17. używanie statków powietrznych do przeprowadzania zabiegów rolniczych;
18. urządzenie przyzmykiszonkowych;
19. chów lub hodowlę ryb, ich dokarmianie lub zanęcanie;
20. pojenie oraz wypasanie zwierząt;
21. wydobywanie kamienia, żwiru, piasku oraz innych materiałów, a także wycinanie roślin z wód lub brzegu;
22. uprawianie sportów wodnych;
23. użytkowanie statków o napędzie spalinowym;
24. lokalizowanie nowych przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko;
25. składowanie opakowań po nawozach i środkach ochrony roślin;
26. stosowanie i składowanie chemicznych środków zimowego utrzymania dróg.

2. *Na gruntach rolnych lub leśnych położonych na terenach ochrony pośredniej może być wprowadzony obowiązek stosowania odpowiednich upraw rolnych lub leśnych.*

Głównym celem proponowanych zakazów jest ochrona wód podziemnych przed możliwym zanieczyszczeniem w wyniku prowadzenia różnorodnej działalności lub użytkowania terenu. W nawiązaniu do poszczególnych zaleceń podaje się krótkie uzasadnienia ich wprowadzenia.

Ad. 1, 2) Proponowany zakaz ma na celu ograniczenie dopływu do warstwy wodonośnej potencjalnych zanieczyszczeń. Ścieki oraz komunalne osady ściekowe mogą stanowić źródło zanieczyszczenia wód podziemnych substancjami trwałymi (np. Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, WWA). W miejscach płytkiego występowania i słabą izolację poziomu wodonośnego istnieje ryzyko zanieczyszczenia wód podziemnych. W przypadku wprowadzania ścieków do wód lub do ziemi mogą one szybko migrować do wód podziemnych i przyczynić się do ich degradacji jakościowej. Wprowadzenie tego zakazu na terenach nieskanalizowanych powinny wspierać inwestycje, mające na celu budowę kanalizacji sanitarnej – tak niezbędnej w infrastrukturze dla wszystkich mieszkańców i użytkowników. Towarzyszyć temu powinna likwidacja szamb, zbiorników bezodpływowych oraz niewłaściwie eksploatowanych przydomowych oczyszczalni ścieków.

Ad. 3, 5, 7–9) W trakcie eksploatacji obiektów wyszczególnionych we wskazanych punktach i towarzyszących im urządzeń nie można wykluczyć powstawania odcieków oraz sytuacji awaryjnych, w trakcie których może dochodzić do skażenia gruntów i wód podziemnych. Z uwagi na charakter potencjalnych zanieczyszczeń w przypadku skażenia może dojść do trwałej degradacji wód podziemnych pierwiastkami promieniotwórczymi, związkami ropopochodnymi, metalami lub innymi niebezpiecznymi substancjami. Z funkcjonowaniem omawianych obiektów jest także związany duży ruch samochodów ciężarowych, zapewniający dostawy i odbiór substancji niebezpiecznych. Mogą im towarzyszyć magazyny paliw oraz ich dystrybucja. Będzie to znacząco wpływało na dodatkowe zagrożenie dla wód podziemnych.

Ad. 4, 17, 18) Stosowanie nawozów, środków ochrony roślin lub urządzenie przyzmyk kiszonkowych w pobliżu ujęcia, zwłaszcza gdzie nie ma izolacji poziomu wodonośnego, może narazić wody podziemne na skażenie. Stosowane środki chemiczne, nawozy oraz odcieki z przyzmyk mogą dostać się do wód podziemnych, a krótki czas dopływu nie pozwoli na ich pełną degradację (rozpad) lub rozcieńczenie. Podobne zagrożenie może wynikać z wypasania zwierząt (ad. 20).

Ad. 6, 14, 15, 21) Podczas wydobywania kopalin często dochodzi do usunięcia nadkładu, co zwiększa podatność wód podziemnych na potencjalne zagrożenia. Wystąpienie sytuacji awaryjnej podczas pozyskiwania kopalin może powodować skażenie gruntu i wód podziemnych. Funkcjonowanie zakładów górniczych jest także związane z dużym ruchem samochodów ciężarowych. Może to powodować dodatkowe zagrożenie dla wód podziemnych. Eksploatacja kopaliny powoduje odsłonięcie warstwy wodonośnej, przyczynia się to do zwiększonego parowania terenowego, co zmniejsza zasoby wodne w strefie dopływu wód do ujęcia. Podobna sytuacja występuje w przypadku eksploatacji kopaliny spod wody. Prowadzone wykopy, zwłaszcza na dużym obszarze także mogą stanowić zagrożenie dla wód podziemnych, poprzez redukcję strefy aeracji.

Ad. 10) Zakaz ma na celu wykluczenie możliwych skażeń gruntów i wód podziemnych na skutek mycia pojazdów mechanicznych. Powstające w trakcie mycia pojazdów mechanicznych ścieki (zawierające detergenty, samary, oleje) mogą migrować do wód podziemnych, trwale je zanieczyszczając.

Ad. 11) Miejsca parkingowe bez sprawnego systemu odprowadzania i oczyszczania wód opadowych mogą stanowić ognisko skażeń dla wód podziemnych.

Ad. 12) Zakaz ten najczęściej będzie dotyczył ujęć eksploatujących wodę w ramach szczególnego korzystania z wód. Służy ochronie zasobów wód wykorzystywanych na potrzeby

zbiorowego zaopatrzenia w wodę. Lokalizowanie innych ujęć zakładowych lub komunalnych w strefie ochronnej mogłoby zmienić dynamikę, kierunki i prędkość przepływu wód podziemnych. Co mogłoby negatywnie wpłynąć na warunki ochrony wód. Ponadto zakaz ma na celu ochronę zasobów eksploatacyjnych ujęcia.

Ad. 13) Jakość wód podziemnych może być zagrożona z uwagi na potencjalne skażenie związkami azotowymi. Zakaz ten proponuje się także ze względów sanitarnych.

Ad. 24) Uzasadnienie stosowania tego zakazu dotyczy dużej grupy przedsięwzięć, wyszczególnionych w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie *przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko* (Dz.U. 2019 poz. 1839). Należą do nich różnego rodzaju instalacje, obiekty lub inne formy użytkowania terenu, które w trakcie budowy i ich eksploatacji mogą wywierać niekorzystne presje na środowisko, w tym na wody podziemne. Nie można także wykluczyć sytuacji awaryjnych lub katastrof, które mogą przyczynić się szybkiej degradacji wód podziemnych. Mając na uwadze wysoką podatność wód podziemnych na presje, można zakładać że nawet lokalne skażenia powstające podczas użytkowania obiektów z grupy przedsięwzięć mogących oddziaływać na środowisko, mogą być niekorzystne dla bezpiecznej pracy ujęcia. Ich funkcjonowanie może być także związane z dużym ruchem samochodów osobowych i ciężarowych, zapewniającego dostawy i odbiór różnych towarów w tym substancji niebezpiecznych. Będzie to znacząco wpływało na dodatkowe zagrożenie dla wód podziemnych.

Ad. 25, 26) W trakcie składowania opakowań po nawozach i środkach ochrony roślin oraz środków zimowego utrzymania dróg nie można wykluczyć powstawania odcieków oraz sytuacji awaryjnych, w trakcie których może dochodzić do skażeń gruntu i płytko występujących wód podziemnych. Ich funkcjonowanie może być także związane z dużym ruchem samochodów ciężarowych. Będzie to znacząco wpływało na dodatkowe zagrożenie dla wód podziemnych. Chemiczne środki stosowane do zimowego utrzymania dróg najczęściej mają charakter substancji konserwatywnych, niereaktywnych, łatwo migrujących w środowisku gruntowo-wodnym i mogą spowodować podwyższenie koncentracji chlorków w wodach ujmowanych na ujęciu.

Niektóre uprawy rolne lub leśne wymagają częstego nawożenia oraz stosowania innych środków chemicznych. Mając to na uwadze w miejscach najbardziej podatnych na to zagrożenie można wprowadzić obowiązek stosowania odpowiednich upraw rolnych lub leśnych.

Ad. 16, 19, 22, 23) Zakazy można stosować w odniesieniu do ujęć infiltracyjnych lub brzegowych zlokalizowanych w sąsiedztwie akwenów wodnych. Lokalizowanie budynków mieszkalnych oraz obiektów budowlanych związanych z turystyką w pobliżu akwenu, a także prowadzenie hodowli ryb, uprawianie sportów wodnych lub użytkowanie statków o napędzie spalinowym może spowodować emisję zanieczyszczeń do wód powierzchniowych. Może to negatywnie wpłynąć na jakość wód podziemnych, które na ujęciach brzegowych lub infiltracyjnych są w znacznym stopniu zasilane wodami powierzchniowymi.

Zgodnie z art. 131 ww. ustawy przy wprowadzaniu zakazów, nakazów i ograniczeń dotyczących użytkowania gruntów na terenie ochrony pośredniej uwzględnia się warunki infiltracji zanieczyszczeń do poziomu wodonośnego, z którego woda jest ujmowana. Z tego wynika, że sposób ochrony ujęcia może być zróżnicowany na wybranych obszarach w zasięgu TOP, np. poprzez wprowadzenie obszarów szczególnej ochrony (podstref). Z praktyki ustanawiania stref ochronnych wynika, że taki sposób ochrony jest często dopuszczalny przez organy zaangażowane w formalny proces wprowadzania ochrony ujęć. Zróżnicowane podejście do ochrony wód nie jest niczym nowym, nawiązuje np. do ochrony biologicznej i chemicznej. Na ogół zasięg TOP wyznacza się pod kątem zanieczyszczeń konserwatywnych. Niektóre zanieczyszczenia (np. bakteriologiczne oraz niektóre chemiczne) mają natomiast ograniczony

zasięg przestrzenny i zagrożenia z nim związane powinny być uwzględniane przede wszystkim w bliskim otoczeniu ujęcia np. ograniczonym izochroną 5 lat.

Przepisy Prawa wodnego (art. 132) nie dają możliwości czynnej ochrony wód poprzez likwidację uciążliwych ognisk zanieczyszczeń, z wyjątkiem likwidacji nieczynnych studni, które mogą stanowić potencjalne ognisko skażeń. Tym niemniej warto w dokumentacji przedstawić zalecenia dotyczące likwidacji lub ograniczenia oddziaływania ognisk zanieczyszczeń, a nawet objęcia ich monitoringiem lokalnym. Być może właściciele tych obiektów lub urzędy odpowiedzialne za planowanie przestrzenne będą mogły ograniczyć ich szkodliwe działanie lub zmienić funkcje terenu.

5.5. Monitoring osłonowy ujęcia

Celem monitoringu ujęcia jest stała wiedza o ilości i jakości ujmowanych wód podziemnych w warunkach jego bieżącej eksploatacji. Ewentualne zmiany zdolności eksploatacyjnej studni i składu chemicznego ujmowanej wody mogą być skutkiem oddziaływania zarówno czynników zewnętrznych jak i wewnętrznych samego ujęcia. Ustalenie przyczyn tych zmian jest zadaniem hydrogeologa prowadzącego/nadzorującego monitoring. Wyniki badań pozwolą właścicielowi/użytkownikowi ujęcia na wczesne poznanie ewentualnych zagrożeń ilości i jakości zasobów wodnych bądź stanu technicznego ujęcia i podjęcie odpowiednich działań ochronnych.

Monitoring ujęcia wód podziemnych mieści się w grupie monitoringów lokalnych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w *sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej* (Dz.U. 2016 poz. 2033) uzasadnienie jego prowadzenia powinno być jednym z elementów dokumentacji hydrogeologicznej (dodatku do dokumentacji). Zgodnie z § 6., pkt. 11. rozporządzenia dokumentacja powinna zawierać *zalecenia co do racjonalnej eksploatacji ujęcia dla jego właściciela, w tym do prowadzenia obserwacji i pomiarów podczas jego eksploatacji oraz uzasadnienie do prowadzenia monitoringu osłonowego ujęcia (będącego systemem cyklicznych obserwacji i pomiarów oraz ocen i prognoz ilości oraz właściwości fizyczno-chemicznych wód podziemnych), prowadzonych w otoczeniu ujęcia, umożliwiającym wczesne ostrzeżenie o pojawiającym się zagrożeniu degradacji ilościowej i jakościowej eksploatowanych wód podziemnych)*. Jeśli organizacja monitoringu wymaga prac geologicznych np. wykonanie nowych lub renowację już istniejących otworów obserwacyjnych powinny być przedmiotem odrębnego projektu, a po ich wykonaniu sporządzona odpowiednia dokumentacja geologiczna.

Ustawa *Prawo wodne* z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz.U. z 2017 r. poz. 1523, z 2020 poz. 310 z późn. zm.) w art. 403., ust. 2., pkt. 6. wskazuje wyraźnie, że w pozwoleniu wodnoprawnym, a tym samym i w operacie wodnoprawnym, powinny zostać podane:

- zakres i częstotliwość pomiarów zwierciadła wody i wydajności eksploatowanych studni;
- badania jakości wody pierwotnej (w stanie surowym, przed przejściem przez urządzenia do uzdatniania wody).

Ewentualna potrzeba prowadzenia monitoringu osłonowego ujęcia może być także wskazana w sporządzanej dla niego analizie ryzyka.

Sieć punktów obserwacyjnych i zakres badań monitoringowych ujęcia wód podziemnych powinny być dostosowane do wielkości ujęcia oraz stanu jego zagrożenia ze strony innych użytkowników wód podziemnych oraz istniejących ognisk zanieczyszczeń. W sieci można ogólnie wyróżnić 1 – punkty wewnętrzne obejmujące otwory eksploatacyjne (studnie wiercone czynne, nieczynne, awaryjne i piezometry na terenie ochrony bezpośredniej ujęcia) oraz 2 – punkty zewnętrzne położone głównie na terenie ochrony pośredniej, na kierunkach oddziaływania sąsiednich ujęć lub dopływu wody ze strony udokumentowanych i potencjalnych ognisk zanieczyszczeń.

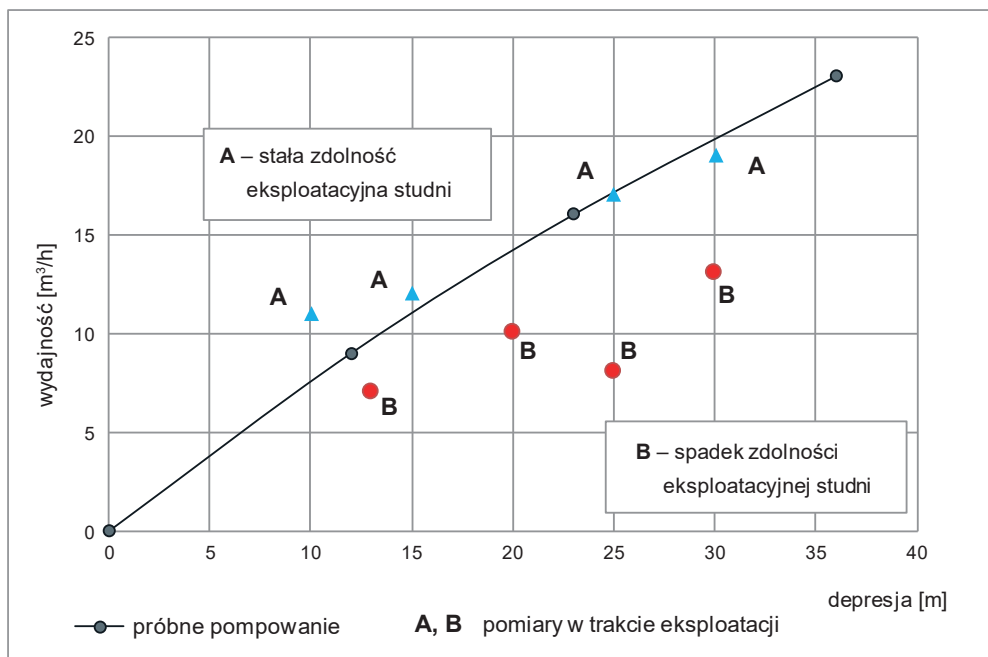
Mogą nimi być nieczynne studnie wiercone, studnie kopane i piezometry. Przy ich typowaniu lub wyznaczaniu nowych otworów (piezometrów) należy mieć na uwadze fakt, że niemal zawsze będą one znajdować się na terenie działek innych właścicieli. Założenie punktu będzie wymagało ich zgody, co może stanowić znaczne utrudnienie w organizacji sieci i prowadzeniu badań. W przypadku ujęć infiltracyjnych może wystąpić także potrzeba badań jakości wód powierzchniowych, a w uzasadnionych przypadkach, także pomiarów objętości przepływu wód rzecznych.

Siec punktów obserwacyjnych monitoringu ujęć o określonym w pozwoleniu wodnoprawnym poborze wody do 50 m³/h (średnim rocznym), bez istotnych zagrożeń zewnętrznych, może obejmować tylko punkty wewnętrzne. Jeśli ujęcie stanowi jedna studnia wiercona, to będzie ona jedynym punktem obserwacyjnym monitoringu. W przypadku większych ujęć (wielotworowych lub o poborze wody > 50 m³/h) i ujęć zagrożonych w sieci powinny znajdować się także punkty zewnętrzne, zlokalizowane głównie na kierunkach zagrożenia. Ważną pomocą metodyczną przy projektowaniu monitoringu stanowi praca *Monitoring osłonowy ujęć wód podziemnych – metody badań* (Hordejuk i in., 1999).

Wszystkie punkty sieci monitoringu powinny być przystosowane do badań stanu ilościowego (hydrodynamicznego) i/lub jakości wód podziemnych. Adaptacja do pomiarów stanu ilościowego obejmuje zaznaczenie na obudowie studni lub piezometru punktu odniesienia pomiarów i zaniwelowanie go w dowiązaniu do Państwowej Sieci Geodezyjnej wraz z pomierzeniem różnicy (poprawki) w stosunku do powierzchni terenu. W czynnych studniach wierconych winny być dodatkowo zamontowane rurki piezometryczne do zapuszczania przyrządów pomiarowych. Adaptacja studni wierconych do badań jakości wód podziemnych wymaga dodatkowo zamontowania na rurze pompowej kranika do poboru do badań próbki wody surowej.

Badania stanu ilościowego (hydrodynamicznego) wód podziemnych obejmują pomiary głębokości zwierciadła wody w punktach obserwacyjnych, a w pracujących studniach także ich wydajności chwilowej w trakcie wykonywania pomiaru. W punktach zewnętrznych pomiary dostarczają informacji o kształcie pola hydrodynamicznego w rejonie ujęcia, natomiast pomiary w pracujących studniach (punkty wewnętrzne) pozwalają dodatkowo zauważyć ewentualne zmiany zdolności eksploatacyjnej studni. Ocena zdolności eksploatacyjnej studni wymaga przeprowadzenia prostego testu. Na wykresie $Q = f(S)$ próbnego pompowania wykonanego na etapie ustalanych zasobów eksploatacyjnych należy nanieść wyniki pomiarów wydajności i depresji w trakcie bieżącej eksploatacji studni (depresja liczona od powierzchni terenu). Gdy punkty z okresu eksploatacji mieszczą się na krzywej z okresu próbnego pompowania lub jej bezpośrednim otoczeniu to można uznać, że zasoby eksploatacyjne i zdolność eksploatacyjna studni nie uległy zmianie. Jeśli natomiast układają się one znacznie poniżej krzywej, świadczy to o zmniejszeniu zdolności eksploatacyjnej studni. Może to być spowodowane np. oddziaływaniem sąsiednich ujęć, odwodnień górniczych i budowlanych lub złym stanem technicznym samej studni np. zasyp, kolmatacja (rys. 16). Przyczynę powinien ustalić wówczas hydrogeolog z odpowiednimi uprawnieniami (kategoria 5) opiekujący się monitoringiem. Jeżeli wokół ujęcia jest zewnętrzna sieć obserwacyjna (piezometry, nieczynne studnie itp.) to o trwałości zasobów eksploatacyjnych może wskazywać także zachowanie się leja depresji w trakcie eksploatacji ujęcia. O ewentualnym zmniejszeniu się zasobów eksploatacyjnych świadczyć będzie brak jego stabilizacji lub większy rozmiar niż prognozowany w dokumentacji hydrogeologicznej. Pomiary głębokości zwierciadła wody w punktach obserwacyjnych powinny być wykonywane z częstotliwością od 1 raz na dwa tygodnie do 1 raz w miesiącu.

Próbki wody do badań jakości wody podziemnej w rejonie ujęcia należy pobierać bezpośrednio z zamontowanego na rurze pompowej studni kranika, przed urządzeniami do uzdatniania wody



Rys. 16. Test na zdolność eksploatacyjną studni

(uwaga: Sanepid pobiera próbkę wody z pierwszego punktu czerpalnego, już po ewentualnym uzdatnieniu przez np. odżelaziacz). W punktach, w których nie ma ciągłego poboru wody (nieczynne studnie, piezometry) niezwykle ważne jest wcześniejsze wykonanie pompowania oczyszczającego, aby próbka reprezentowała jakość wody w ujętych przez nie warstwach wodonośnych, a nie wody stagnującej w rurze nadfiltrowej. Badania terenowe próbki wody najczęściej obejmują pH i temperaturę wody. Wykonana w akredytowanym laboratorium analiza chemiczna powinna obejmować wszystkie wskaźniki wymienione w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 11 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2017 poz. 2294). W niektórych sytuacjach zakres analizy chemicznej może być rozszerzony, uwzględniający wskaźniki zależne od spodziewanych zagrożeń ze strony ognisk zanieczyszczeń.

Analizę chemiczną próbek wody musi wykonywać laboratorium posiadające akredytację w zakresie wszystkich oznaczanych składników chemicznych wody. W zależności od stanu zagrożenia ujęcia częstotliwość badań powinna wynosić od jednego do czterech razy w roku. W przypadku mniejszych ujęć (o wydajności $<50 \text{ m}^3/\text{h}$) badaniami mogą być objęte tylko punkty wewnętrzne, natomiast w przypadku większych ujęć i ujęć zagrożonych – także i zewnętrzne punkty sieci monitoringu.

Wyniki badań monitoringowych zawarte w okresowych sprawozdaniach powinny być gromadzone i przechowywane przez właściciela/użytkownika ujęcia wody. Zaleca się, żeby sprawozdania z monitoringu ujęcia były wykonywane co 5 lat, za wyjątkiem ujęć zagrożonych, dla których sprawozdania należy sporządzać z większą częstotliwością. Szczególną uwagę należy zwrócić na ewentualną tendencję zmian stanu hydrodynamicznego i własności fizyczno-chemicznych wody.

Bezpośrednim beneficjentem prowadzonego monitoringu ujęcia jest jego właściciel/ użytkownik, który na podstawie uzyskanych wyników badań może z wyprzedzeniem reagować na zachodzące zmiany np. pogorszenie jakości wody lub zmniejszenie zdolności eksploatacyjnej studni. Aktualne Prawo geologiczne i górnictwa, Prawo wodne oraz przepisy dotyczące stanu sanitarnego ujęcia wody podziemnej nie określają jednoznacznie, kto ma sprawować nadzór nad prowadzeniem monitoringu osłonowego ujęć wody. O ile w przypadku eksploatowanych studni (punktów wewnętrznych) może to czynić organ wydający pozwolenie wodnoprawne, to w przypadku punktów zewnętrznych nie ma takiego obowiązku.

5.6. Koszty społeczne ustanowienia strefy ochronnej oraz ocena zakładanego efektu ekologicznego

Proponowane zasady ochrony wód podziemnych, zwłaszcza formułowane w formie zakazów, powinny uwzględniać nie tylko przesłanki hydrogeologiczne, ale także koszty społeczne i gospodarcze. Istotny jest także zakładany efekt ekologiczny, spodziewany po ustanowieniu strefy ochronnej (TOP), który można rozumieć jako zmniejszenie ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska wodnego, czyli do wód podziemnych po realizacji inwestycji tzn. ustanowieniu strefy ochronnej z TOP. W następstwie ustanowienia strefy ochronnej powinno być powstrzymanie dalszego pogarszania oraz poprawa jakości wód podziemnych pozyskiwanych z ujęcia. W nawiązaniu do warunków hydrogeologicznych i sozologicznych, które występują w rejonie ujęcia należy wskazać, które zanieczyszczenia będą ograniczone.

Ustanowienie strefy ochronnej będzie implikować dodatkowe pozytywne efekty ekologiczne, m.in:

- racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi, co zapewni właściwe kształtowanie stosunków wodnych i wzmocni ochronę środowiska wodnego;
- gwarancję, że do pobieranych wód podziemnych nie przedostaną się żadne zanieczyszczenia, mogące obniżyć ich jakość lub też spowodować niezdatność do spożycia;
- zmniejszanie ilości wprowadzanych do wód lub do ziemi substancji, mogących negatywnie oddziaływać na wody oraz ekosystemy zależne od wód podziemnych.

Efekt ekologiczny będzie wzmocniony w przypadku braku alternatywnych źródeł pozyskiwania wody. W takich sytuacjach należy podkreślić dodatkowe korzyści z wprowadzenia ograniczeń na terenie ochrony pośredniej. W przypadku ujęć, które cechuje bardzo dobra jakość wód podziemnych i brak ewidentnych ognisk zanieczyszczeń trzeba wskazać na potencjalne zagrożenia, które mogłyby w przyszłości wystąpić. Na tej podstawie ocenić pozytywny wpływ prewencyjnej roli TOP.

Przedstawione w projekcie strefy ochronnej (dokumentacji hydrogeologicznej lub dodatku) nakazy i zakazy najczęściej uwzględniają funkcje i przeznaczenie terenów zgodnie z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego. Tym niemniej jest konieczne porównanie planowanych funkcji terenu, aktualnego użytkowania terenu z proponowanymi zakazami oraz ograniczeniami. Jeżeli proponowana koncepcja ochrony ujęcia jest zgodna z dotychczasowym sposobem użytkowania terenu, to wprowadzona strefa ochronna nie powinna nieść za sobą kosztów społecznych oraz powodować zakłóceń w funkcjonowaniu społeczności lokalnych. Tym niemniej przy ustalaniu katalogu zakazów i nakazów w obrębie TOP należy przestrzegać zasad zalecanych przy wyznaczaniu obszarów ochronnych GZWP, które mogą przyczynić się także do ograniczenia niekorzystnych kosztów społecznych i gospodarczych (Mikołajków i in., 2017):

- proponowane działania ochronne nie powinny w istotny sposób ograniczać rozwoju terenów włączonych do TOP;

- zakaz lokalizowania tych obiektów, których profil jest zgodny z MPZP, ale które jednocześnie mogą niekorzystnie oddziaływać na wody podziemne, powinny być stosowany w skrajnych przypadkach, mając na uwadze, że takie decyzje mogą się wiązać z koniecznością udzielania odszkodowań;
- ta sama zasada powinna być stosowana do istniejących obiektów, które nie spełniają obowiązujących ogólnych wymagań ochrony środowiska. Zaleca się w takich przypadkach rozważenie zmiany profilu działalności lub daleko idącą przebudowę obiektu zamiast jego likwidacji.

Należy mieć również na uwadze, że proponowane zakazy i koncepcja ochrony wód podziemnych dotyczyć będzie terenów, pozostających we władaniu różnych właścicieli: skarbu państwa, samorządu lokalnego, podmiotów gospodarczych, osób prywatnych. Mogą one w różnym stopniu wyrażać dezaprobatę na proponowane ograniczenia.

Stosując proponowane zasady przy formułowaniu koncepcji ochrony wód podziemnych w obrębie TOP znacząco nie ograniczymy rozwoju społeczno-gospodarczego i zminimalizujemy roszczenia o wypłatę odszkodowań.

W sytuacjach, gdy pakiet zakazów i ograniczeń jednak istotnie narusza planowane funkcje i przeznaczenie terenów, konieczna jest pogłębiona analiza kosztów i strat. Powinien ją wykonać użytkownik lub właściciel ujęcia. Po uwzględnieniu tych okoliczności decyzję o wprowadzeniu strefy ochronnej (TOP) musi podjąć właściciel ujęcia w porozumieniu z samorządem gminy.

Należy podkreślić, że zaproponowana koncepcja ochrony wód podziemnych uwzględnia w gospodarowaniu wodami zasadę wspólnych interesów i współdziałania administracji publicznej, użytkowników wód oraz przedstawicieli lokalnych społeczności w celu uzyskania maksymalnych korzyści społecznych i zrównoważonego rozwoju.

6. WSKAZANIA DO WYZNACZANIA STREF OCHRONNYCH UJĘĆ W NIETYPOWYCH WARUNKACH HYDROGEOLOGICZNYCH

Poza standardowymi ujęciami studziennymi ujmowanie wód podziemnych może się odbywać za pomocą nietypowych ujęć, studni oraz innych obiektów i urządzeń. Szczególnie występują one na obszarach górskich Sudetów i Karpat, wysoczyzn, gdzie stwierdza się niekorzystne warunki hydrogeologiczne związane z występowaniem skał o niskiej porowatości i pojemności wodnej takie jak: gnejsy, granity, łupki łuszczyste, margle lub mułowce (Buczyński i in., 2007, 2011). W tych przypadkach sposoby ujmowania wód podziemnych obejmują: ujęcia szybowe, kopalniane, sztolnie, dreny i galerie drenażowe, ujęcia źródeł, studnie promieniste (Staško, Wojtkowiak, 2004). Do grupy ujęć specyficznych należą także ujęcia infiltracyjne, brzegowe i mieszane na ogół zlokalizowane w dolinach rzek. Niektóre ujęcia są eksponowane na ryzyko powodzi rzecznej, morskiej oraz na skutki zmian klimatu. Jeszcze inną specyfiką wyróżniają się ujęcia nadmorskie narażone naingersje wód morskich lub ujęcia, będące pod presją zagrożeń geogenicznych, np. wód zmineralizowanych (ascenzja wód słonych). Szczęólnego podejścia będą wymagać także ujęcia o zmiennym poborze w ciągu roku.

Sposób wyznaczania stref ochronnych dla ujęć nietypowych może się znacząco różnić od wcześniej sformułowanych zasad. W każdym przypadku należy zwrócić uwagę na szczególne cechy ujęcia, specyfikę skały zbiornikowej, parametry systemu wodonośnego oraz sposobu ujmowania wód. Istotny będzie także stopień rozpoznania warunków hydrogeologicznych oraz specyfika uwarunkowań środowiskowych i presji antropogenicznych.

6.1. Ujęcia w skałach szczelinowych, szczelinowo-krasowych oraz w skałach o podwójnej porowatości

Wyznaczanie SO ujęcia wód podziemnych opiera się na czasie wymiany wody w warstwie wodonośnej. Pojęcie to utożsamia się z prędkością migracji całkowicie rozpuszczonych w wodzie zanieczyszczeń konserwatywnych (trwałych), czyli nie ulegających procesom sorpcji, biodegradacji czy rozpadu. Jest to podejście właściwe, ponieważ ujęcie chroni się nie przed wodą, tylko przed rozpuszczonym w niej zanieczyszczeniem, które jest zagrożeniem dla jakości ujmowanej wody. W przypadku porowych poziomów wodonośnych, charakteryzujących się jednorodną porowatością aktywną, nie występują praktycznie żadne problemy obliczeniowe.

Przy obliczaniu czasu wymiany wody w zbiornikach szczelinowych należy uwzględnić ich szczególną specyfikę. Tworzą je zwięzłe skały magmowe, wulkaniczne, metamorficzne oraz niektóre grupy skał osadowych, np. silnie zdiagenezowane i scementowane piaskowce. W tych skałach za przepływ wody odpowiadają przede wszystkim szczeliny i wówczas do obliczeń rzeczywistej prędkości przepływu wody podziemnej określonej wzorem (7) za porowatość aktywną przyjmuje się współczynnik porowatości szczelinowej. Udział szczelin (szczelinowatość) w spękanych masywach skał silnie zwięzłych, który zwykle można utożsamiać z ich zasobnością wodną zazwyczaj nie przekracza 1% (czyli 0,01). Lokalnie mogą się jednak zdarzać strefy zagęszczenia spękań, np. strefy brekcji czy strefy przyuskokowe, w których szczelinowatość dochodzi do kilku procent.

Szczeliny tworzą sieć poligenetycznych pustek, wyraźnie zorientowanych w przestrzeni. Pomiar ich umiejscowienia w przestrzeni dotyczy kierunku rozciągłości, a także stopnia i kierunku zapadania. Cechy geometryczne szczelin mają także pustki syngenetyczne, jak oddzielności międzyławicowe, czy cios termiczny powstały w procesie krzepnięcia skał magmowych i wulkanicznych. Szczeliny grupują się na ogół wzdłuż pewnych kierunków i występują w określonych odstępach od siebie, dlatego zbiorniki typu szczelinowego cechuje silna niejednorodność oraz anizotropia własności hydrogeologicznych.

Ponieważ wodoprzepuszczalność szczelin zależy od kwadratu ich rozwarcia, to skały spękane charakteryzują się szczególnie dużym zakresem zmienności wartości współczynnika filtracji, który dodatkowo jest znacznie zróżnicowany w zależności od tego, czy przepływ wody odbywa się wzdłuż kierunku rozwarcia szczelin czy nie. Najczęściej współczynniki filtracji skał spękanych uzyskiwane próbnymi pompowaniami nie są zbyt duże, a dodatkowo są silnie zmienne przestrzennie wynosząc $n \cdot 10^{-7}$ – 10^{-5} m/s. Tylko w strefach gęstych spękań skał współczynniki filtracji mogą lokalnie mieścić się w przedziale $n \cdot 10^{-4}$ – 10^{-3} m/s.

Wskazane cechy hydrogeologiczne skał szczelinowych powodują określone reakcje takich zbiorników wód podziemnych. Przepływ szczelinowy występuje wzajemnie połączonymi szczelinami i spękaniem, co skutkuje znacznymi prędkościami przepływu. Zbiorniki reagują bardzo szybko na zmiany ciśnień hydrodynamicznych, wywołanych pompowaniem wody, a odpowiedź takich systemów wodonośnych przypomina raczej reakcję typową dla naporowych warunków ciśnień. W przypadku eksploatacji wód, należy się liczyć z wystąpieniem nieoczekiwanych obniżen zwierciadła wody w dużych odległościach od studni i w pewnych określonych kierunkach. W niektórych sytuacjach w bezpośrednim sąsiedztwie studni mogą występować bardzo duże gradienty hydrauliczne, co wywołać może powstanie wokół studni stosunkowo szerokiej strefy turbulentnego ruchu wody, a to wpływa na obniżenie wydajności studni.

W warstwie wodonośnej zbudowanej ze skał szczelinowych o współczynniku porowatości aktywnej $n_a = 0,003 \div 0,01$, prędkość przepływu wód podziemnych U , będzie 20–80 razy wyższa niż w piaszczystej warstwie wodonośnej o współczynniku porowatości na 0,1–0,25.

Podobnie kształtuje się zróżnicowanie wartości współczynnika odsączalności grawitacyjnej μ i odsączalności sprężystej β oraz zróżnicowanie ilości zasobów statycznych zmagazynowanych w warstwie utworów szczelinowych oraz piaszczystych.

Szczelinowe poziomy wodonośne w porównaniu z piaszczystymi lokalnie mogą się charakteryzować niską inercją (bezwładnością) systemu wodonośnego i wysokim piezoprzewodnictwem. Wymuszone depresją pompowanej studni zmiany wysokości hydraulicznej w tym ośrodku rozchodzą się z relatywnie dużą prędkością, co wpływa na zasięg i tempo rozwoju lejów depresji. Zasięg promienia lejów depresji $R_{t(pomp)}$, w zależności od czasu upływającego od początku pompowania, można obliczyć dla warunków swobodnych wzorem (19), a dla naporowych wzorem (20):

$$R_{t(pomp)} = a \sqrt{\frac{mkt}{\mu}} \quad (19)$$

$$R_{t(pomp)} = a \sqrt{\frac{mkt}{\beta}} \quad (20)$$

gdzie:

a – współczynnik liczbowy; najczęściej przyjmuje się $a = 1,5$;

m – miąższość warstwy wodonośnej [m];

k – współczynnik filtracji [m/d];

$t_{(pomp)}$ – czas upływający od początku pompowania [d];

μ – współczynnik odsączalności grawitacyjnej;

β – współczynnik odsączalności sprężystej.

Analiza powyższych wzorów prowadzi do wniosku o konieczności szacowania w szczelinowych poziomach wodonośnych zasięgu izochron czasu dopływu wody do ujęcia, szczególnie w przypadku oceny zagrożenia zanieczyszczeniem. Wskazują na to obliczenia-zasięgu X izochrony $t = 30$ dni, podane w tabeli 6, wykonane wzorem:

$$X = t \frac{k \cdot I}{n_a} \quad (21)$$

gdzie:

X – zasięg izochrony $t = 30$ dni [m];

k – współczynnik filtracji [m/d];

I – spadek hydrauliczny;

t – czas dopływu wód do ujęcia (we wzorze odnosi się do 30 dni) [d];

n_a – porowatość aktywna [-].

Zalecenie wyznaczenia izochrony 30-dniowego dopływu mają na celu racjonalne zróżnicowanie obszarowe wykazu ograniczeń, zakazów i nakazów w strefie ochronnej (co m.in. wynika z danych zamieszczonych w tabeli 6), dotyczących emisji niosących zanieczyszczenia bakteriologiczne.

Efektom dotychczasowych rozważań są następujące wnioski, które należy uwzględnić wyznaczając TOP ujęcia w zbiorniku szczelinowym:

- zasięg oddziaływania ujęcia może być odmienny w różnych kierunkach, w związku z tym analityczne metody obliczenia zasięgu TOP muszą uwzględniać niejednorodność i anizotropowość zbiorników wód podziemnych;
- kierunkowe prędkości migracji potencjalnych zanieczyszczeń mogą być dużo większe, niż wynika to z rezultatów obliczeń zakładających jednorodność i izotropowość ośrodka skalnego. Dlatego obszar zasilania ujęcia powinien być związany z orientacją przestrzenną uskoków oraz głównych szczelin, czyli cechujących się największym rozwarciem.

W warstwach wodonośnych o charakterze szczelinowym, a więc o dużej heterogeniczności, TOP wyznacza się na podstawie mapy podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie, wykonanej dla obszaru zasilania ujęcia

Tabela 6

Zasięg izochrony 30 dni (X) w zależności od wartości parametrów hydrogeologicznych

k	I	n_e	X
[m/d]	[-]	[-]	[m]
20	0,005	0,003	1000
		0,25	12
		0,01	300
		0,15	20
5	0,01	0,003	500
		0,25	6
		0,01	150
		0,15	10

gdzie:

k – współczynnik filtracji [m/d];

I – spadek hydrauliczny [-];

n_e – porowatość aktywna;

X – zasięg izochrony 30 dni.

Oprócz nieciągłości strukturalnych, takich jak uskoki i szczeliny, wpływających na prędkość przepływu wód podziemnych pomiędzy miejscem infiltracji w obszarze zasilania, a ujęciem, na wrażliwość wód podziemnych wpływa również typ litologiczny nadkładu warstwy wodonośnej.

Ocena ochronnej roli nadkładu polega na uwzględnieniu obecności i miąższości utworów słabo przepuszczalnych – glin i innych utworów zboczowych oraz utworów ilastych pokrywających warstwę wodonośną. Uzyskana, na przykład w wyniku procedury rangowej, mapa wrażliwości ulega następnie korekcie. Tereny wrażliwe na zanieczyszczenie powiększa się lokalnie o fragmenty obszarów o mniejszej podatności, z których spływ powierzchniowy może zagrażać obszarom wrażliwym. Możliwość spływu określa się na podstawie gradientu nachylenia terenu i przepuszczalności gleby.

Pod względem cech hydrogeologicznych zbiornikowe skały szczelinowo-krasowe (szczelinowo-kawernowe) są podobne do zbiorników szczelinowych. Odróżnia je obecność kawern, które umożliwiają bardzo szybki przepływ wód podziemnych. Systemy kanałów pogłębiają niejednorodność i anizotropię własności hydrogeologicznych zbiorników szczelinowo-krasowych. Występują głównie w skałach węglanowych wapieniach i dolomitach, a czasami także w skałach siarczanowych (gipsy, anhidryty). Na przepływ wód mogą wpływać różnorodne czynniki:

- rozwinięta i wzajemnie połączona sieć kanałów szczelin, kawern, pustek krasowych;
- obecność brekcji krasowo-zapadliskowych, tektonicznych oraz sedymenty naniesione przez przepływającą wodę;
- sufozja, która może się pojawić podczas eksploatacji wód.

Skomplikowana struktura i geneza szczelinowo-krasowych skał zbiornikowych wpływa na system krążenia wód i prędkość przepływu wody. Bardzo zróżnicowane są wartości współczynnika filtracji skał szczelinowo-krasowych wynosząc $n \cdot 10^{-6}$ – 10^{-3} m/s, a nawet do $n \cdot 10^{-2}$ m/s. Reagują szybko na impulsy związane z pompowaniem lub infiltracją opadów. Również amplituda wahań poziomu zwierciadła wody w tych skałach jest bardzo duża, nierzadko sięga kilkunastu metrów. W zbiornikach szczelinowo-krasowych mogą się tworzyć rozległe strefy wewnętrznego drenażu zgodnego z kierunkiem rozwoju sieci kawern. Strefy takie są korzystne z punktu widzenia ujmowania wody podziemnej, ale też stwarzają zagrożenie dla jakości ujmowanej wody, gdyż mogą nimi szybko migrować zanieczyszczenia z odległych ognisk, pozornie z racji odległości nie uwzględniane jako zagrożenie.

Cechą szczególną zbiorników typu szczelinowo-krasowego jest bardzo szybki przepływ wody i ewentualnych zanieczyszczeń w sieci kawern oraz szerzej rozwartych szczelin. Przepływ często może mieć charakter turbulentny. Badania prędkości pionowego przemieszczania się wody w strefie aeracji w wapieniach górnej jury wykazały, że prędkość wynosi kilka metrów na dobę (zazwyczaj 1–4 m/d), a w kierunkach lateralnych (czyli prawie poziomych) 1 m/d (ale notowano nawet ok. 9 m/d). W przypadku, gdy wody z powierzchni wpływają przez studnie krasowe, prędkości pionowych przepływów przez strefę aeracji są jeszcze większe (Duda i in., 2013).

Podczas wyznaczania stref ochronnych w obrębie szczelinowo-krasowych poziomów wodonośnych należy szczególną uwagę zwrócić na następujące zagadnienia:

- dopływ wody do ujęcia może następować uprzywilejowanymi drogami przepływu, np. tylko jednym lub kilkoma kanałami krasowymi;
- przepływ wód czasem może być bardzo szybki, turbulentny i nie podlegać prawu Darcy'ego;
- poziomy wodonośne o charakterze krasowym cechują się dużymi sezonowymi wahaniami stanu wód;
- poziom szczelinowo-krasowy przykryty słabo przepuszczalnym nadkładem może być zasilany z poziomu przypowierzchniowego bezpośrednio przez okna hydrogeologiczne i pośrednio poprzez przesiąkanie.

Zbiorniki wód podziemnych typu szczelinowo-porowego tworzą skały spękaną i równocześnie charakteryzujące się stosunkowo dużą porowatością matrycy skalnej. Ośrodkami o podwójnej porowatości są np. kreda, opoki, margle, różne odmiany piaskowców oraz ziarnistych skał węglanowych – dolomitów oraz wapieni oolitowych i detrytycznych.

Określenie kierunku i prędkości przepływu wody w obszarze spływu do ujęć komunalnych, przemysłowych i drenażu górniczego w szczelinowo – porowych utworach kredowych regionu lubelskiego było przedmiotem badań terenowych z zastosowaniem iniekcji roztworu soli NaCl (Herbich i in., 1992; Herbich, 1995; Herbich, Krajewski, 1995). Ich wyniki stały się podstawą do wymiarowania terenu ochrony pośredniej ujęć komunalnych oraz wprowadzenia ograniczeń, zakazów i nakazów, dotyczących zagospodarowania terenu, w szczególności z uwzględnieniem zasięgu izochrony dopływu 30-dniowego, wyznaczonej dla ochrony ujęć przed zanieczyszczeniami bakteriologicznymi, przemieszczających się systemem szczelin bez udziału porowatości matrycy skalnej (patrz tabela 6).

Zanik zanieczyszczenia, czyli oczyszczenie masywu skalnego w ośrodku o podwójnej porowatości jest opóźnione w stosunku do prędkości przepływu wody w masywie. Wynika to z dyfuzji molekularnej masy zanieczyszczenia z wody przepływającej szczelinami do wody immobilnej (stagnującej) w mikroporach matrycy skalnej (Motyka, Zuber, 1992). Następnie, gdy szczelinami (czyli drogami uprzywilejowanej migracji) znów zaczyna przepływać woda niezanieczyszczona, masa zanieczyszczenia znajdująca się w wodzie immobilnej w matrycy dyfunduje w wyniku różnicy stężeń, w kierunku odwrotnym – czyli do wody mobilnej w szczelinach. Uwzględnienie opóźnienia migracji ma istotne znaczenie w ocenie czasu trwania remediacji zanieczyszczonego ośrodka lub jego naturalnej atenuacji (samooczyszczenia). Jednak w celu wyznaczania TOP ujęć podejście to nie powinno być stosowane.

W rzeczywistości często występuje przemieszczanie się zanieczyszczeń zarówno szczelinami, jak i w wyniku dyfuzji do matrycy skalnej, a ich względny udział w ogólnej migracji masy jest trudny do określenia. W ośrodku o podwójnej porowatości pionowa migracja wielu zanieczyszczeń może następować wyłącznie szczelinami, praktycznie bez dyfuzji do porowatej matrycy skalnej. W warunkach, gdy zanieczyszczenia rozpuszczone w wodzie przemieszczają się generalnie drogami uprzywilejowanego przepływu wody, tj. szczelinami, to zasięg TOP wyznaczonego z uwzględnieniem mikroporowatości będzie zbyt mały w stosunku do zasięgu wynikającego z rzeczywistego zagrożenia stwarzanego dla ujęcia przez szybko zbliżające się zanieczyszczenie. Z powyższych powodów zaleca się, żeby wyznaczając TOP studni ujmujących wody ze skał szczelinowo-porowych pominąć proces dyfuzji zanieczyszczeń konserwatywnych do matrycy skalnej. Podobne podejście przyjęto również w metodyce wykonania mapy wrażliwości wód podziemnych w Polsce w skali 1:500 000 (Witczak i in., 2011).

Wyznaczając prędkość przepływu wód w skałach szczelinowych, szczelinowo-krasowych (wzór 22) należy, jako porowatość aktywną n_a przyjmować wartość współczynnika szczelinowatości:

$$U_{sz} = \frac{kI}{d} \quad (22)$$

gdzie:

U_{sz} – prędkość przepływu wód podziemnych w skałach szczelinowych, szczelinowo-krasowych [L/T], np. [m/d];

k – współczynnik filtracji utworów wodonośnych [L/T], np. [m/d];

I – gradient hydrauliczny;

d – współczynnik szczelinowatości [1].

Typowe współczynniki szczelinowatości większości skał o podwójnej porowatości występujących w Polsce nie przekraczają zazwyczaj 0,1% (0,001) (tabela 4; Motyka, Zuber, 1992). We wzorze (12), przy braku szczegółowych danych, jako wartość wilgotności objętościowej margli, opok i kredy można przyjąć $w_o = 0,05$.

6.2. Ujęcia infiltracyjne i brzegowe oraz wskazania do oceny ilości wód powierzchniowych IP infiltrujących do warstwy wodonośnej

Specjalną grupę ujęć stanowią ujęcia infiltracyjne, w których studnie ujmują przesączające się do warstwy wodonośnej wody powierzchniowe z rzeki, jeziora lub stawów. Ponadto, ujęcie infiltracyjne jest zasilane w różnym stopniu wodami podziemnymi. Woda pobierana jest najczęściej studniami usytuowanymi w formie bariery, biegnącej wzdłuż koryta rzeki lub stawów (basenów) infiltracyjnych. Przy wyznaczaniu OSW ujęcia konieczne jest uwzględnienie systemu hydrograficznego rzeki lub jeziora. Do oceny podatności na zagrożenia antropogeniczne ważny jest zarówno czas przesączania się wód ze stawów, (basenów) infiltracyjnych i rzeki, jak również czasu przepływu wód w warstwie wodonośnej. Niezbędne jest także rozpoznanie i uwzględnienie stanu chemicznego osadów dennych w stawach (basenach) infiltracyjnych oraz ich wpływ na jakość ujmowanych wód. Istotna jest również informacja o udziale wód podziemnych i powierzchniowych w kształtowaniu zasobów eksploatacyjnych oraz możliwość zanieczyszczenia wód powierzchniowych na obszarze zlewni.

Odmianą ujęć infiltracyjnych są ujęcia brzegowe i promieniste zlokalizowane pod dnem rzeki lub w jej pobliżu. Wyróżnia je wysoki udział wód powierzchniowych w zasobach eksploatacyjnych. Z tego powodu przy wyznaczaniu terenu ochrony pośredniej powinny być traktowane, jako ujęcia powierzchniowe.

Jednym z zasadniczych problemów, wymagającym uwzględnienia przy wyznaczaniu strefy ochronnej ww. ujęć, jest ustalenie pochodzenia wód pobieranych przez analizowane ujęcia. Dotyczy to okoliczności, gdy ich znaczącą część stanowią wody powierzchniowe, infiltrujące do ujętej warstwy wodonośnej z cieków i zbiorników naturalnych, znajdujących się w zasięgu spływu wód podziemnych do ujęcia. Taka sytuacja może wymagać nie tylko analizowania obszaru spływu wód podziemnych do ujęcia, ale także wód powierzchniowych zbiornika lub cieku wraz z częścią ich zlewni, znacząco wpływającej na stan tych wód. W przypadku ujęć zlokalizowanych przy małych rzekach, rzekach górskich i w górnych biegach rzek nizinnych należy wykonać kartowanie hydrologiczno-sozologiczne całej zlewni cieku powyżej ujęcia.

Udział wód powierzchniowych w stosunku do wód podziemnych jest zmienny i zależy głównie od stanu lustra wody w cieku lub zbiorniku powierzchniowym oraz od stopnia kolmatacji ich dna. W związku z tym również OSW do ujęcia wód podziemnych zmienia się w czasie. Dlatego też OSW oraz siatkę hydrodynamiczną należy wyznaczyć dla sytuacji, w której udział wód podziemnych w łącznej ilości ujmowanych wód jest największy, czyli dla średniego niskiego stanu wód powierzchniowych w wieloletciu i przy założeniu istotnej kolmatacji dna cieku lub zbiornika.

Prócz wyznaczenia zasięgu TOP bardzo ważne będzie ustalenie ochrony przed zanieczyszczeniami bakteriologicznymi objętej 30-dniowym czasem potencjalnego dotarcia zanieczyszczeń z powierzchni terenu do zbiornika wód powierzchniowych, a także ze zbiornika do studni/drenów eksploatacyjnych. Pozwoli to właściwie zaprojektować sposób ochrony ujęcia.

Źródłem danych dla dokonania oceny udziału przesączających się wód powierzchniowych w poborze ujęcia są głównie dokumentacje hydrogeologiczne, opracowania kartograficzne i pozwolenia wodnoprawne.

Należy wykonać badania modelowe, które pozwolą na stworzenie siatki hydrodynamicznej dla określonej wydajności ujęcia oraz na ocenę procentowego udziału wód podziemnych i powierzchniowych, w stosunku do całkowitej ilości eksploatowanej wody, dla przyjętego stopnia kolmatacji dna rzeki.

Ustalenie ilości wody powierzchniowej IP , wchodzącej w skład wody pobieranej z warstwy wodonośnej przez studnie wiercone, może być określone z wykorzystaniem źródeł uszeregowanych zgodnie ze stanem aktualności i dokładności ustalania zawartych w nich informacji:

- a) z wykorzystaniem informacji z pozwolenia wodnoprawnego na pobór wód przez ujęcie, w którym są podane dopuszczalne średnie w roku ilości wody $QUSpw$ pobierane przez ujęcie z wydzieleniem ilości wody $IPpw$ pochodzącej z infiltracji wód powierzchniowych. Ilości te mogą być zastosowane w szacunkowym ustaleniu zasięgu RQG obszaru spływu wód podziemnych kształtowanego poborem wód podziemnych QG pochodzących w infiltracji opadów atmosferycznych do ujętej warstwy wodonośnej:

$$QG = QUSpw - IPpw \quad [m^3/h] \quad (23)$$

$$RQG = \sqrt{\frac{24 QG}{\pi z_0}} \quad [m] \quad (24)$$

gdzie:

z_0 – średni wieloletni moduł zasobów odnawialnych wód podziemnych [$m^3/d \text{ km}^2$];

- b) z wykorzystaniem informacji z dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych, na podstawie której zostały zatwierdzone zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych w ilości $QUpe$, z określeniem ilości wody IPe pochodzącej z infiltracji wód powierzchniowych do ujętej warstwy wodonośnej w zasięgu OSW do ujęcia. Ilości te mogą być zastosowane w szacunkowym ustaleniu zasięgu $RQGe$ obszaru spływu wód podziemnych kształtowanego poborem wód podziemnych QGe pochodzących w infiltracji opadów atmosferycznych do ujętej warstwy wodonośnej:

$$QGe = QUpe - IPe \quad [m^3/h] \quad (25)$$

$$RQGe = \sqrt{\frac{24 QGe}{\pi z_0}} \quad [m] \quad (26)$$

Określenie ilości wód powierzchniowych IP infiltrujących do obszaru spływu wód podziemnych do tego ujęcia eksploatowanego z poborem QU może być oszacowane z następującej zależności:

$$IP = QU \cdot \frac{IPe}{QUpe} \quad [m^3/h] \quad (27)$$

Ustalenie zasięgu RQG obszaru spływu wód podziemnych kształtowanego poborem wód podziemnych QG pochodzących w infiltracji opadów atmosferycznych do ujętej warstwy wodonośnej może być dokonane szacunkowo z wykorzystaniem następującej zależności:

$$QG = QU - IP \quad [m^3/h] \quad (28)$$

$$RQG = \sqrt{\frac{24 QG}{\pi z_0}} \quad [m] \quad (29)$$

- c) z wykorzystaniem informacji zawartych w regionalnych dokumentacjach hydrogeologicznych, obejmujących swoim zasięgiem rozpatrywane ujęcie wód podziemnych, opracowanych po wykonaniu tego ujęcia (dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego lub warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych głównego zbiornika wód podziemnych, opracowanej z wykonaniem badań modelowych).

W zestawieniach danych wejściowych do obliczeń modelowych, pozyskanych z dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia i pozwolenia wodnoprawnego, podany jest pobór z ujęcia wód podziemnych w ilości QU_{pe} i QUS_{pw} oraz z określeniem ilości wody IPe i IP_{pw} , pochodzącej z infiltracji wód powierzchniowych do ujętej warstwy wodonośnej w zasięgu OSW.

Ilości te mogą być zastosowane w szacunkowym ustaleniu zasięgu $RQGe$ obszaru spływu wód podziemnych kształtowanego poborem wód podziemnych QGe pochodzących w infiltracji opadów atmosferycznych do ujętej warstwy wodonośnej (wzór 25 i 26).

Niezależnie od proponowanej procedury, przy wyznaczaniu terenu ochrony pośredniej ujęć infiltracyjnych i brzegowych **konieczne jest wykonanie badań modelowych**. Powinny dotyczyć procesów hydrogeologicznych zachodzących w wodach podziemnych w obrębie OSW, a zwłaszcza między zbiornikiem wód powierzchniowych a studniami/drenami, które ujmują wodę. W razie potrzeby badania modelowe powinny także objąć procesy hydrologiczne w granicach analizowanej zlewni lub jej części. Badania modelowe wód podziemnych powinny mieć na celu ustalenie dopływu wód podziemnych do rzeki/stawu i ich udziału w odpływie całkowitym. Zakłada się, że będą wykonane w obrębie OSW lub większego obszaru. W ramach badań należy także zweryfikować możliwą migrację rzeczywistych oraz potencjalnych zanieczyszczeń.

Zaleca się przeprowadzenie symulacji prognostycznych, przy uwzględnieniu zdarzeń nadzwyczajnych oraz skutków zmian klimatu (np. deszcze nawalne). W kontekście narażenia na zdarzenia niepożądane zagrażające wodom powierzchniowym proponuje się wykorzystać model hydrologiczny o parametrach przestrzennie rozłożonych, o strukturze zlewniowej, gdzie obliczenia prowadzone są w kroku dziennym, miesięcznym bądź rocznym – modelowanie w sposób ciągły. Modele hydrologiczne powinny być tworzone dla całego obszaru badań, z uwzględnieniem symulacji dla zlewni cząstkowych. Model hydrologiczny powinien być zintegrowany w środowisku GIS z modelem hydrogeologicznym. Do określenia wielkości odpływu ze zlewni wystarczający jest model typu opad-odpływ, np. HEC-HMS, HEC-RAS. Modelowanie transportu osadów dennych, bakterii, pestycydów, czy biogenów można wykonać przy użyciu modelu SWAT lub podobnego.

6.3. Ujęcia drenażowe

Ujęcia drenażowe ujmują płytkie wody dolin rzecznych, rozcięć erozyjnych w krawędziach morfologicznych lub wody stoków. Należą do najstarszych ujęć budowanych najczęściej już w XIX w. Opis przykładowego ujęcia drenażowego zawiera 1. część poradnika (Lidzbarski i in., 2022). Innymi przykładami są ujęcia z obszaru Sudetów i ich przedpola zlokalizowane w obszarach nisko wodonośnych skał krystalicznych np. dla miast Bielawy, Dzierżoniowa,

Walimia i Łącka Zdroju. Powstałe często ponad 100 lat temu dostarczają one 500–5000 m³/d dobrych jakościowo wód podziemnych (Staško, Wojtkowiak, 2004).

Ujęcia drenażowe najczęściej są zasilane przez bezpośrednią infiltrację opadów do płytkich poziomów i warstw wodonośnych. Z tego względu obszar spływu wód do ujęcia będzie wyznaczał dział topograficzny, określający powierzchniowy obszar spływu wód. Płytkie zaleganie wód podziemnych na OSW oraz w rejonie ujęcia będzie zwiększało podatność wód podziemnych na zagrożenia. Z tego względu ujęcia drenażowe zazwyczaj będą wymagały zróżnicowanej ochrony w obrębie wyznaczenia TOP. Otoczenie drenów (podstrefa o zaostrożonych rygorach) będą wyróżniały największe zakazy i ograniczenia w użytkowaniu terenu.

6.4. Ujęcia źródeł i źródlisk

Charakterystyczną cechą większości ujęć związanych ze źródłami i źródliskami jest ich lokalizacja. Na ogół są położone na terenach leśnych lub rolniczych, gdzie warunki hydrogeologiczne są słabo rozpoznane, a niekiedy cechują się wysokim stopniem skomplikowania. Ujęcia źródeł są powszechne w obszarach górskich Sudetów (gdzie stanowią 28% wszystkich ujęć (Staško, Wojtkowiak, 2004) oraz Karpat (np. Buczyński i in., 2011). Przykład dużego ujęcia źródła/źródliska opisano w załączniku 2.3. Często brakuje dokumentacji hydrogeologicznej lub innego opracowania, które zawierałyby potrzebne informacje. W efekcie precyzyjne ustalenie OSW i obszaru zasobowego oraz innych parametrów potrzebnych do wyznaczenia strefy ochronnej będzie utrudnione. W takich sytuacjach należy posługiwać się dostępnymi informacjami kartograficznymi, jak: MhP 1:50 000, Mapa Hydrograficzna 1:50 000, mapa topograficzna 1:10 000 oraz dokumentacjami regionalnymi.

Szczególą uwagę należy zwrócić na następujące zagadnienia:

- szczelinowo-krasowy charakter skał wodonośnych;
- typ źródła, rodzaj wypływu, zmienna wydajność;
- eksploatacja surowców, odwodnienia górnicze oraz oddziaływanie pobliskich ujęć wód podziemnych;
- naturalna podatność warstwy wodonośnej na zanieczyszczenie, zwłaszcza w szczelinowo-krasowych systemach wodonośnych.

W większości przypadków OSW będzie odpowiadał zlewni topograficznej. Istotne będzie ustalenie systemu zasilania źródła, a zwłaszcza litologii i miąższości nadkładu. Będzie to miało zasadniczy wpływ na wyznaczenie TOP.

6.5. Ujęcia galeriowe, kopalnianie i sztolnie

Z powodu odmiennego wykształcenia formacji wodonośnych w obszarach występowania skał krystalicznych i osadowych o niskim zawodnieniu najlepsze wyniki w zaopatrzeniu w wodę dają ujęcia horyzontalne, jak galerie czy sztolnie. Przykładem może być Unisław Śląski, gdzie sztolnia dostarcza ponad 3200 m³/dobę wód podziemnych (Staško, Wojtkowiak, 2004). Sposób postępowania z takimi ujęciami w procedurze wyznaczenia TOP będzie podobny jak w przypadku źródeł. Mogą wystąpić trudności w wyznaczeniu OSW i przy ustaleniu naturalnej podatności na zagrożenia antropogeniczne.

Wody ujmowane przez kopalnie są rzadko wykorzystywane dla zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia. Zestawienie takich ujęć przedstawili m.in. Paczyński i Sadurski (2007).

Przy wyznaczaniu stref ochronnych należy uwzględnić skutki długotrwałej działalności górniczej, ponieważ naturalne warunki hydrogeologiczne są na ogół znacznie przekształcone.

Powstają rozległe obniżenia zwierciadła wód podziemnych, zmiany kierunków przepływu i wytworzenie lokalnych lub regionalnych baz drenażu wokół kopalń.

Maksymalne obniżenia zwierciadła wody w niecce bytomskiej osiągają 100 m (Kowalczyk i in., 2007), a w rejonie kopalń Kombinatu Górniczo-Hutniczego Polska Miedź SA ponad 460 m w najgłębszych piętrach wodonośnych (Staško, Bylebył, 2018). W niektórych przypadkach planowano sztuczne zasilanie, np. wody z kopalni odkrywkowej wapieni Tarnów Opolski w ilości 10–65 tys. m³/d w celu zasilania ujęcia Grotowice–Utrata dla miasta Opole.

6.6. Ujęcia zagrożone skutkami powodzi oraz zmianami klimatu

Szczególnym zagrożeniem dla ujęć zlokalizowanych na terenach depresyjnych, polderowych i w dolinach rzek są powodzie. Obszary narażone na niebezpieczeństwo powodzi zawierają mapy zagrożenia powodziowego, dostępne na portalu PGW WP (wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/). Skutki tego niebezpieczeństwa mogą narazić wody podziemne na przejściowe lub trwałe skażenia, a obudowy studni na zalanie. W efekcie niekorzystnych zdarzeń ujęcie może być na jakiś czas wyłączone. W przypadku wyznaczenia TOP na tych obszarach należy uwzględnić prawdopodobieństwo zagrożenia powodziowego. Szczególnie należy zwrócić uwagę na potencjalne ogniska zanieczyszczeń, które w trakcie przejścia fali powodziowej mogą być destrukcyjne dla jakości wód podziemnych ujmowanych na ujęciu. Przy określaniu zakazów i ograniczeń w użytkowaniu terenu należy uwzględnić przede wszystkim te przedsięwzięcia, które w trakcie powodzi mogą być szczególnie dotkliwe dla wód podziemnych, np. szamba, składowiska odpadów, magazyny substancji niebezpiecznych, oczyszczalnie i przepompownie ścieków. Szczególnym zagrożeniem mogą być powodzie w strefie nadmorskiej wywołane wlewami morskimi w trakcie cofki lub długo trwających spiętrzeń sztormowych. Po ustąpieniu powodzi słona woda, która infiltrowała do wód podziemnych, może jeszcze przez długi czas stanowić zagrożenie dla pobliskich ujęć wód podziemnych. Należy to zagrożenie ocenić przy wyznaczaniu TOP. Obszary narażone na niebezpieczeństwo od strony morza także są dostępne pod adresem: wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/.

Podobne zagrożenia dla ujęć mogą pochodzić od tzw. powodzi miejskich, które w ostatnich latach występują coraz częściej. Przy wyznaczaniu TOP należy uwzględnić teren o znacznych spadkach, zwłaszcza skłony i krawędzie wysoczyzn, skarpy, które umożliwiają szybki spływ powierzchniowy. Mając to na uwadze należy przeanalizować, czy nie powinny być objęte strefą ochronną. Szczegółową analizę tego problemu zawierają miejskie plany adaptacji wykonane dla miast powyżej 100 tysięcy mieszkańców.

Jednym ze skutków obserwowanych zmian klimatycznych są długotrwałe susze przechodzące w głębokie niżówki hydrogeologiczne. Dotyczy to w szczególności ujęć, które korzystają z płytkich wód podziemnych w warstwie wodonośnej o warunkach swobodnych i o niewielkiej miąższości strefy saturacji (20–30 m). W trakcie przedłużającej się suszy stężenia szkodliwych substancji w ujmowanych wodach będą wzrastały, natomiast zasięg izochrony 25-lat przepływu poziomego będzie się zwiększał. Szczegółową analizę tego problemu zawiera rozdz. 9.10.

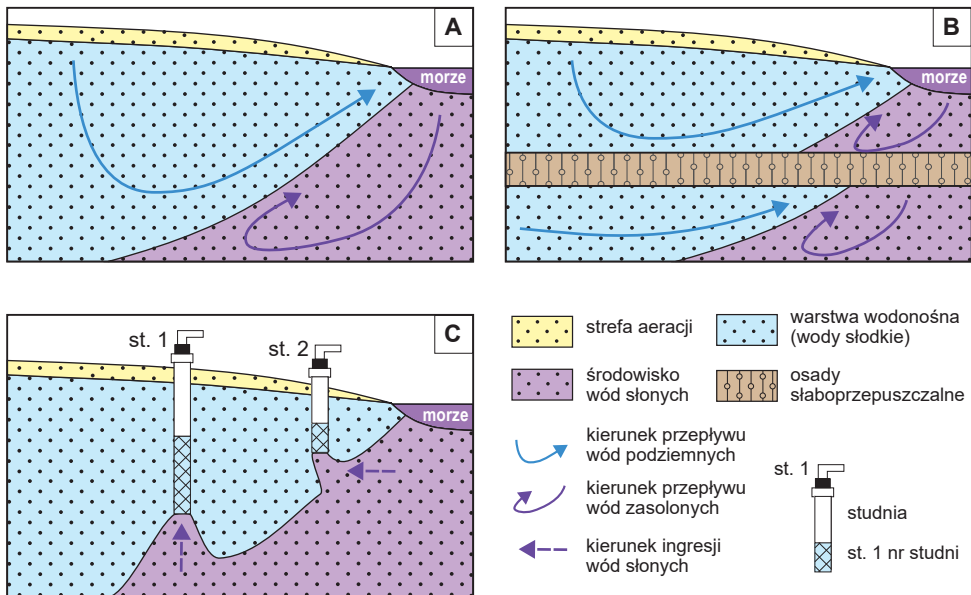
6.7. Ujęcia zagrożone ingresją wód morskich lub ascencją wód zasolonych

Wiele ujęć położonych w strefie nadmorskiej jest narażonych na ingresję wód morskich do warstw wodonośnych. Może się do tego przyczynić nadmierna eksploatacja wód podziemnych lub stopniowy wzrost poziomu morza. Najczęściej dotyczy to ujęć zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie brzegu morskiego. Niektóre przypadki były analizowane w publikacjach, np. Kachnica (1999), Przewłockiej (2003); Krawca (2013), Lidzbarskiego i in. (2022).

Szczególnym zadaniem do rozwiązania w przypadku ujęć zlokalizowanych w strefie nadmorskiej lub w pobliżu zasolonych warstw wodonośnych będzie ustalenie dopuszczalnej eksploatacji wód podziemnych (rys. 17). W takiej sytuacji zasięg TOP może być znacznie mniejszy niż wyznaczająca go izochrona łącznego dopływu wód z powierzchni terenu. Należy przy tym uwzględnić nie tylko parametry warstwy wodonośnej (k, m, I, n_a), ale także stopień zasolenia (gęstości) akwenu z wodą słoną lub koncentracje chlorków w warstwie wodonośnej. Aby wyznaczyć dopuszczalne wydajności, a następnie OSW należy do obliczeń przyjąć model wykorzystujący równania równowagi wód o różnej gęstości, np. program obliczeniowy SEAWAT (Langevin i in., 2008). Stanowi on połączoną wersją programów MODFLOW (Harbough i in., 2000) oraz MT3DMS (Zheng, Wang, 1999; Zheng, 2006), który umożliwia przeprowadzenie symulacji trójwymiarowego przepływu wód podziemnych o zmiennej gęstości przy uwzględnieniu transportu jednej lub wielu substancji rozpuszczonych.

Wpływ na analizowanie warunków hydrogeologicznych w strefie nadmorskiej będzie miał typ wybrzeża (klifowe, mierzejowe i nizinne) oraz rodzaj drenażu podmorskiego. Strefa kontaktu wód słodkich i słonych przybiera formę klina, a w systemie wielowarstwowym formę kilku klinów (rys. 17a, b). W zależności od uwarunkowań hydrochemicznych oraz wielkości poboru wody może dojść do ingresji pionowej (w rejonie studni 1) lub lateralnej (studnia 2) (rys. 17c).

Praktyka eksploatacji ujęć nadmorskich pokazuje, że w wielu przypadkach dochodziło do zaburzenia równowagi wód słodkich i słonych i w konsekwencji do zasolenia warstwy wodonośnej. Sytuacje te miały miejsce pomimo nie przekraczania dopuszczalnego poboru wód określonego w decyzji zasobowej lub pozwoleniu wodnoprawnym. Wynikało to najczęściej z uproszczonego trybu ustalania zasobów eksploatacyjnych lub dopuszczalnego poboru wód, bez badań modelowych równowagi wód o różnej gęstości. W przypadku wykonywania dodatku do dokumentacji w celu ustalenia TOP jest konieczne wykonanie badań modelowych wykorzystujących równania równowagi. Dopiero po ustaleniu bezpiecznego poziomu eksploatacji



Rys. 17. Ingresja wód morskich do warstwy wodonośnej

A, B – stan naturalnej równowagi hydrochemicznej, C – nadmierna eksploatacja wód podziemnych

wód podziemnych można wyznaczyć zasięg TOP. W przypadku, gdy wynik obliczeń będzie inny od wartości zasobów eksploatacyjnych konieczna jest ich weryfikacja.

Podobne zagrożenia mogą wystąpić w przypadku ujęć, pod którymi lub w sąsiedztwie występuje struktura wodonośna z wodami o geogenicznie wysokim zasoleniu lub niskiej jakości.

6.8. Ujęcia położone na terenach silnej antropopresji lub w sąsiedztwie zanieczyszczeń historycznych

Przy wyznaczaniu strefy ochronnej ujęcia zlokalizowanego na terenach miejskich lub przemysłowych oraz ustalaniu sposobu ochrony ujmowanych wód konieczna jest analiza szeregu czynników, a zwłaszcza:

- naturalnej i specyficznej podatności wód podziemnych w rejonie ujęcia oraz na obszarze spływu wód;
- rodzaju skażeń, ich charakteru – niereaktywne/reaktywne;
- kierunków i tempa przepływu wód podziemnych, w tym skażonych;
- możliwości sterowania eksploatacją wód na ujęciu, np. za pomocą studni bariery ochronnej lub ograniczonego poboru przez wskazane studnie;
- sposób zagospodarowania terenu oraz infrastruktury podziemnej.

Ocena i prognozowanie zagrożeń oraz optymalizacja poboru wód podziemnych na ujęciu zlokalizowanym w takim obszarze będzie możliwa wyłącznie przy wykorzystaniu badań modelowych. W trakcie obliczeń należy uwzględnić nie tylko dynamikę wód, ale także specyfikę, transport i stężenie zanieczyszczeń, a w niektórych przypadkach również wzajemne oddziaływanie środowiska gruntowo-wodnego i zidentyfikowanych skażeń (procesy interakcji woda–skała).

Sposób postępowania należy dobrać indywidualnie dla każdego przypadku z uwagi na różną lokalną specyfikę ujęć sposób zagospodarowania terenów przemysłowych i miejskich, w tym obecność różnego typu ognisk zanieczyszczeń. W przypadku dobrego rozpoznania warunków hydrogeologicznych i hydrochemicznych można tak wymiarować TOP, aby w nawiązaniu do warunków eksploatacji wód na ujęciu ograniczyć jego zasięg poza strefę skażeń.

Przykładem rozpoznawania zanieczyszczeń historycznych mogą być badania i prace prowadzone w rejonie byłych Zakładów Chemicznych Zachem w Bydgoszczy (Pierri i in., 2017) lub badania wykonane w rejonie byłej Fabryki Farb i Lakierów Polifarb w Gdańsku (Szelewicka i in., 2016).

6.9. Ujęcia eksploatowane w warunkach współdziałania

Szczególnym przypadkiem wymagającym indywidualnego podejścia jest projektowanie terenu ochrony pośredniej dla ujęcia eksploatowanego w warunkach współdziałania z innymi ujęciami. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji, gdy TOP dużego ujęcia obejmuje swym zasięgiem sąsiednie ujęcia, również wymagające ustanowienia strefy ochronnej (lub posiadających ustanowioną taką strefę), a dynamika zmian poboru i odnawialności wód podziemnych powoduje zmiany zasięgu OSW do poszczególnych ujęć.

W takiej sytuacji projektowanie terenu ochrony pośredniej ujęcia powinno obejmować kilka etapów:

Etap I. Wstępne rozpoznanie zasięgu TOP i zakresu prac projektowych.

- 1) Identyfikacja stanu pola hydrodynamicznego kształtowanego poborem rozpatrywanego ujęcia i ujęć sąsiednich, obejmująca wyznaczenie zasięgów OSW do poszczególnych ujęć jest dokonywana na podstawie wyników analizy dostępnych materiałów archiwalnych, czyli: dokumentacji hydrogeologicznych, ustalających zasoby eksploatacyjne wszystkich współ-

działających ujęć, dokumentacji hydrogeologicznych ustalających zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszarów bilansowych, dokumentacji określających warunki hydrogeologiczne w związku z projektowaniem obszarów ochronnych GZWP, Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, innych hydrogeologicznych opracowań studialnych.

- 2) W ramach wstępnego określenia zasięgów OSW do wszystkich współdziałających ujęć wskazane jest wykonanie obliczeń odpowiednimi wzorami analitycznymi i opracowanie siatki hydrodynamicznej dla strumienia wód podziemnych w rejonie rozpatrywanych ujęć zgodnie z zasadami podanymi w podręcznikach przedmiotu, m.in.: *Poradnik hydrogeologa* (Turek i in., 1971), *Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych zwykłych wód podziemnych* (Dąbrowski i in., 2004), *Hydrogeologia inżynierska* (Wieczysty, 1982), *Dynamika wód podziemnych* (Rogoż, 2007).

Etap II. Zebranie materiałów niezbędnych do przeprowadzenia analizy ryzyka.

- 1) Zebranie informacji o poborze aktualnym – rzeczywistym i dopuszczalnym pozwoleniami wodnoprawnym oraz o zasobach eksploatacyjnych rozpatrywanego ujęcia wód podziemnych i ujęć sąsiednich, znajdujących się w rejonie obszaru spływu do rozpatrywanego ujęcia.
- 2) Wstępna ocena możliwych zmian zasięgu obszarów spływu wód podziemnych do rozpatrywanego ujęcia i do ujęć sąsiednich w warunkach poboru uwzględnianego w projektowaniu stref ochronnych.
- 3) Określenie zasięgu obszaru wymaganego objęciem analizą warunków hydrogeologicznych zasilania, poboru i zagrożeń jakości wód podziemnych dla wyznaczenia TOP rozpatrywanego ujęcia z uwzględnieniem wzajemnych oddziaływań z ujęciami sąsiednimi.

Etap III. Analiza ryzyka.

- 1) Przeprowadzenie analizy ryzyka zgodnie z poradnikiem metodycznym: *Strefy ochronne ujęć wód podziemnych – analiza ryzyka i projektowanie. Część 1 – Analiza ryzyka dla ustanowienia stref ochronnych ujęć wód podziemnych* (Lidzbarski i in., 2022).
- 2) Podjęcie decyzji o dalszym postępowaniu zgodnie z wynikiem analizy ryzyka.

Etap IV. Plan prac dla sporządzenia projektu TOP rozpatrywanego ujęcia, obejmującego ustalenie trybu, zakresu, metodyki i efektu końcowego prac projektowych, a w szczególności:

- 1) Ustalenie zakresu prac uzupełniających rozpoznanie hydrogeologiczne i zoologiczne niezbędnego dla opracowania projektu TOP dla rozpatrywanego ujęcia.
- 2) Dokonanie z właścicielami współdziałających ujęć ustaleń formalnych i merytorycznych dotyczących formy i zakresu projektu TOP:
 - a) uzyskanie zgody właścicieli ujęć na objęcie projektem TOP, określenie formy współpracy właścicieli ujęć ze wskazaniem lidera i trybu kontaktów z wykonawcą projektu oraz ustalenie zasad partycypacji w kosztach prac projektowych;
 - b) ustalenie formy **wspólnego projektu TOP ujęć współdziałających** wskazującego na udział poszczególnych ujęć w kształtowaniu indywidualnych OSW w obrębie łącznego OSW, i wymagających ustanowienia ich TOP.
- 3) Analiza materiałów archiwalnych, ustalenie metodyki i zakresu prowadzenia prac projektowych.
- 4) Przeprowadzenie uzupełniającego rozpoznania terenowego dla dokonania identyfikacji pola hydrodynamicznego, obejmującego odpowiednio wykonane pomiary zwierciadła w otworach hydrogeologicznych – w studniach wierconych podczas pracy i postoju pomp, w piezometrach, studniach kopanych.
- 5) Ustalenie **zakresu badań modelowych** w celu wyznaczenia OSW do ujęć współdziałających z uwzględnieniem struktury i własności systemu wodonośnego, rozmieszczenia i poboru poszczególnych ujęć:

- a) określenie łącznego zasięgu indywidualnych OSW do ujęć współdziałających (eksploatowanych w zasięgu wspólnego obszaru spływu) dla poboru będącego podstawą dla ustalenia TOP;
 - b) wyznaczenie zasięgu izochrony 25-lat lateralnego (poziomego) dopływu wody w warstwie wodonośnej do ujęć w warstwach (poziomach) wodonośnych ujmowanych przez studnie współdziałające;
 - c) analiza warunków hydrogeologicznych dla infiltracji wód z powierzchni terenu i przesączania do warstw (poziomów) wodonośnych ujmowanych przez studnie współdziałające w zasięgu izochrony 25-lat dopływu poziomego wody do studni;
 - d) ustalenie czasu pionowej infiltracji i przesączania wód z powierzchni terenu do warstw lub poziomów wodonośnych ujmowanych przez studnie współdziałające;
 - e) wyznaczenie zasięgu TOP zabezpieczającego przed zanieczyszczeniami chemicznymi objętego izochroną 25-lat wymiany wody, czyli potencjalnego dotarcia zanieczyszczeń z powierzchni terenu do warstw lub poziomów wodonośnych ujmowanych przez studnie współdziałające i zasięgu TOP zabezpieczającego przed zanieczyszczeniami bakteriologicznymi objętego 30-dniowym czasem potencjalnego dotarcia tych zanieczyszczeń z powierzchni terenu.
- 6) Identyfikacja istniejących i potencjalnych ognisk zanieczyszczenia w obszarze ww. terenów ochrony pośredniej.

Etap V. Projekt terenu ochrony pośredniej zespołu ujęć współdziałających.

- 1) Wykonanie projektu terenu ochrony pośredniej zgodnie z przyjętym planem prac (Etap IV – punkt 3).
- 2) Ustalenie obowiązujących ograniczeń, zakazów i nakazów, w tym:
 - ograniczeń dla budowy nowych ujęć wód podziemnych;
 - zmiany warunków infiltracji i przesączania wód z powierzchni terenu;
 - dopuszczalnych zmian wysokości poboru przez poszczególne ujęcia współdziałające, przyjętego do zwymiarowania terenu ochrony pośredniej.
- 3) Opracowanie projektu monitoringu osłonowego ujęć dla identyfikacji zagrożenia zanieczyszczeniem w odległości określonej 10-letnim i 5-letnim czasem dopływu wód do ujęć.

Jedyną metodą pozwalającą na wyznaczenie TOP w sytuacji współdziałania ujęć są badania modelowe przepływu wód podziemnych. Muszą objąć nie tylko ujęcie, dla którego wyznacza się TOP, ale także wszystkie współdziałające ujęcia. Ostateczny zasięg TOP ujęcia, dla którego ustalamy strefę ochronną, powinien uwzględniać zarówno maksymalny możliwy wydatek współdziałających ujęć, jak i całkowity brak eksploatacji. Taki sposób wyznaczenia TOP, zabezpiecza operatora ujęcia przed skutkami niemożliwych dzisiaj do określenia decyzji właścicieli sąsiednich ujęć. Prawidłowa gospodarka wodna winna zabezpieczać dobrą jakość wód do picia przed każdym możliwym oddziaływaniem. Podobną procedurę wyznaczania stref ochronnych ujęć współdziałających proponowali Duda i in. (2013).

6.10. Ujęcia ujmujące poziom wodonośny o zasobach podatnych na ograniczenie zasilania w cyklu lat posusznych

Odrębnego podejścia wymaga projektowanie terenu ochrony pośredniej dla ujęcia eksploatującego wody podziemne z poziomu wodonośnego o zasobach odnawialnych silnie zależnych od bieżącego zasilania opadami atmosferycznymi. Przykładem typowym dla takich warunków jest pierwszy użytkowy poziomu wodonośny o zwierciadle swobodnym, bezpośrednio zasilany infiltracją wód opadowych z powierzchni terenu w warunkach dobrej przepuszczalności pionowej strefy aeracji.

Stan retencji takiego poziomu wodonośnego jest zatem silnie uzależniony od cyklicznych (okresowych) zmian średniej infiltracji efektywnej opadów i wyraźnie spada w okresach lat posusznych. Szczególnie istotna dla ustalenia czasu dopływu wody do ujęcia w obrębie terenu ochrony pośredniej jest sytuacja kształtowana redukcją zasilania poziomu wodonośnego w cyklu lat suchych.

W warunkach znacznie zmniejszonego zasilania infiltracją opadów atmosferycznych i długotrwałych okresów jej braku, zwiększa się obszar spływu wód do ujęcia. Z tego zwiększonego OSW szcerpywane są zasoby statyczne poziomu wodonośnego, bieżąc bilansujące pobór wody przez ujęcie. Na zwiększenie zasięgu obszaru spływu wód wpływa również okresowy wzrost poboru wody przez ujęcie, związany z większymi potrzebami użytkowników w okresie suszy. Jest to obserwowane zwłaszcza na ujęciach komunalnych zaopatrujących rozległe osiedla domów jednorodzinnych z ogródkami przydomowymi.

W trwającym 5–10 lat cyklu klimatycznym, obejmującym często powtarzające się lata posuszne, zwiększa się istotnie odległość przebiegu izochrony 5-letniego czasu dopływu do studni w stosunku do zasięgu tej izochrony, wyznaczonego dla warunków średniej wieloletniej odnawialności zasobów ujmowanego poziomu. Ustalenie maksymalnego zasięgu izochrony 5-letniej dla warunków panujących w cyklu 5-lecia skrajnie posusznego jest istotne dla planowania monitoringu ostrzegawczego, rejestrującego pojawienie się zagrożeń dla jakości wody w ujmowanym poziomie wodonośnym, mogących znacząco pogorszyć warunki eksploatacji ujęcia i uzdatniania wody.

Zasięg izochrony 25-letniego czasu dopływu wód do ujęcia zależy od średniej wieloletniej (30-letniej lub z całego okresu obserwacji hydrologicznych) wartości odnawialności zasobów wód podziemnych, kształtowane przez występujące w tym okresie cykle lat suchych, mokrych i przeciętnych.

Zakres zróżnicowania odnawialności wód podziemnych może być określony w drodze analizy przepływów niskich miesięcznych $SNMQ$ z korektą Kille'go w przekroju wodowskazowym rzeki z wieloletnimi obserwacjami (Herbich i in., 2013). Zróżnicowanie to zostało określone poprzez analizę zmienności wartości średnich ruchomych 5-letnich $SNMQ(5)$ ustalonych w poszczególnych zlewniach dla wielolecia 1951–2010. Stosunek wartości $SNMQ(5)$ maksymalnej do minimalnej zmieniał się w zakresie 117–316% zaś stosunek wartości $SNMQ(5)$ minimalnej do średniej w poszczególnych zlewniach: 45–94% (Herbich i in., 2013). W badanym zbiorze zlewni stosunek wartości $SNMQ(5)$ maksymalnej do minimalnej wynosił przeciętnie 172%, zaś stosunek wartości $SNMQ(5)$ minimalnej do średniej wynosiła przeciętnie 75%.

Podane wyżej wartości wskazują na zakres potencjalnych zmian obszaru spływu wód podziemnych do ujęcia, bilansującego jego pobór w okresie wielolecia. Ocena tej zmienności może opierać się na analizie wartości $SNMQ(5)$ określonych dla i-tej zlewni o warunkach hydrogeologicznych reprezentatywnych dla zlokalizowanego w jej obrębie ujęcia. Przeprowadzenie oceny wymaga pozyskania danych o przepływach niskich miesięcznych $SNMQ$ w wieloleciu dla wodowskazu zamykającego taką zlewnię.

Określona dla i-tej zlewni wartość $\alpha(i)$

$$\alpha(i) = \frac{SNMQ(MIN)5}{SNMQ(\overline{SR})W} (i) \quad (30)$$

pozwała oszacować stosunek $\beta(i)$ odległości $R(MIN)5$ izochrony 5-letniego dopływu do ujęcia w warunkach 5-lecia skrajnie posusznego – do odległości izochrony $R(W)5$ dopływu 5-cioletniego do ujęcia w warunkach średniej wieloletniej odnawialności ujmowanego poziomu:

$$\beta(i) = \frac{R(\text{MIN})5}{R(\text{W})5} \quad (i) = \sqrt{\frac{1}{\alpha(i)}} \quad (31)$$

Zatem w przypadku, gdy np. $\alpha(i) = 0,45$, to wartość $\beta(i) = 1,5$. Oznacza to, że zasięg izochrony 5-letniego dopływu wody do ujęcia w 5-leciu skrajnie posuszonym wzrośnie półtora-krotnie w stosunku do zasięgu tej izochrony wyznaczonego dla warunków średniej wieloletniej odnawialności zasobów ujętego poziomu wodonośnego.

6.11. Ujęcia o sezonowo zmiennym poborze wód

W celu wyznaczenia obszaru spływu wód do ujęcia o zmiennym poborze (OSWM) ważne jest ustalenie poboru miarodajnego (QUM). W przypadku ujęć o poborze znacznie zróżnicowanym w ciągu roku, np. eksploatowanych głównie w sezonie wysokiego zapotrzebowania na wodę w ośrodkach wczasowych, hotelach, pensjonatach, schroniskach oraz ujęć wodociągowych zaopatrujących takie ośrodki zlokalizowane w rejonach turystyczno-rekreacyjnych, należy uwzględnić pobór miarodajny QUM ustalony jako średni w roku:

$$QUM = \frac{n_{sw} \cdot Q_{UW} + n_{sn} Q_{UN}}{365} \quad (32)$$

gdzie:

Q_{UW} – pobór średni dobowy w okresie sezonu o wysokim zapotrzebowaniu na wodę trwającym n_{sw} -dni, [m³/d];

Q_{UN} – pobór średni dobowy w okresie sezonu o niskim zapotrzebowaniu na wodę trwającym n_{sn} -dni, [m³/d].

Źródłem danych o poborze Q_{UW} i Q_{UN} jest operat i pozwolenie wodnoprawne, na podstawie których ustalono wartość QUM lub dokument określający wysokość perspektywicznych potrzeb użytkownika ujęcia.

6.12. Ujęcia zlokalizowane na terenach o słabym rozpoznaniu warunków hydrogeologicznych

W niektórych przypadkach ujęcia są zlokalizowane na obszarze, gdzie w otoczeniu studni nie ma żadnych obiektów umożliwiających pomiar zwierciadła wody, zaś na arkuszach MhP lub w innych opracowaniach regionalnych brakuje dokładnych danych o warunkach występowania wód podziemnych i parametrach poziomu wodonośnego. Zdarzają się nawet takie sytuacje, gdzie na Mapach hydrogeologicznych (MhP, MhP PPW, WH,) występują znacznie zróżnicowane warunki występowania i własnościach warstw wodonośnych (zww) i bez GUPW. Brakuje zatem jakichkolwiek danych poza uzyskanymi w toku wykonania studni. W takiej sytuacji można posiłkować się przyjęciem parametrów i potrzebnych informacji przez analogię do terenów o podobnym typie budowy geologicznej i warunkach hydrogeologicznych. Mając na uwadze zasadę ostrożności proponuje się przyjmować dane i założenia sprzyjające ochronie wód podziemnych.

7. UWAGI KOŃCOWE I WNIOSKI

Jednym z istotnych działań zmierzających do ochrony zasobów wody przeznaczonymi do zaopatrzenia ludności w wodę jest ustanawianie stref ochronnych ujęć wód podziemnych. Ich wprowadzanie ma na celu eliminowanie i ograniczanie zagrożeń przez właściwe użytkowanie terenu oraz korzystanie z wód w obszarach zasobowych ujęć. Opracowanie niniejszego poradnika powinno zapewnić zachowanie najwyższych standardów przy projektowaniu i ustanawianiu stref ochronnych ujęć wód podziemnych.

Poradnik został opracowany w nawiązaniu do obowiązujących przepisów prawa europejskiego i krajowego, zwłaszcza Dyrektyw Europejskich dotyczących polityki wodnej i ochrony wód podziemnych oraz ustaw: Prawo geologiczne i górnicze, Prawo wodne i rozporządzenia regulującego opracowywanie dokumentacji hydrogeologicznej. Uwzględniono także ustalenia zawarte w pierwszej części poradnika, dotyczącej analizy ryzyka.

Podstawę do ustanowienia strefy ochronnej ujęcia obejmującego teren ochrony pośredniej jest dokumentacja hydrogeologiczna, która najczęściej jest opracowywana jako dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w *sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej* (Dz.U. 2016 poz. 2033). Wnioskuje się o znowelizowanie przepisów dotyczących dokumentacji hydrogeologicznej, przez wprowadzenie nowego typu dokumentacji dotyczącej ustanawiania stref ochronnych ujęć wód podziemnych, podobnie jak w dokumentacjach dotyczących wyznaczenia obszarów ochronnych dla GZWP. Przy tej okazji powinno się wznowić i dostosować dwie części poradnika do nowego rozporządzenia tak, aby kwestia analizy ryzyka oraz projektowania stref ochronnych były w jednym opracowaniu.

8. LITERATURA

- BACHMAT Y., COLLIN A., 1987 – Mapping to assess groundwater vulnerability to pollution. *W:* W. van Duijvenbooden, H.G. van Waegeningh (Eds.): Vulnerability of soil and groundwater to pollutants. TNO Commission on Hydrological Research, Proceedings and Information, Hague, *Verslagen en Medelingen*, **38**: 297–307.
- BEEGUM S., SIMUNEK J., SZYMKIEWICZ A., SUDHEER K.P., NAMBI I.M., 2019 – Implementation of solute transport in the vadose zone into the “HYDRUS package for MODFLOW”. *Groundwater*, **57** (3): 392–408.
- BUCZYŃSKI S., OLICHWER T., TARKA R., STAŚKO S., 2007 – Zawodnienie formacji fliszowej Karpat w oparciu o wyniki badań źródeł Beskidu Krynickiego w rejonie Tylicza. *Współczesne Problemy Hydrogeologii*, **13** (2): 403–412.
- BUCZYŃSKI S., STAŚKO S., MODELSKA M., OLICHWER T., TARKA R., 2011 – Charakterystyka krenologiczna masywów górskich Ziemi Kłodzkiej na podstawie bazy danych „Źródło”. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **445**: 17–26.
- BUSZTA K., SZKLARCZYK T., MALINA G., 2017 – Wpływ projektowanego odwodnienia kopalni wapienia „Celiny” (woj. Świętokrzyskie) na stan ilościowy wód podziemnych. *Przegląd Geologiczny*, **65** (11/1): 938–945.
- DĄBROWSKI S., GÓRSKI J., KAPUŚCIŃSKI J., PRZYBYŁEK J., SZCZEPAŃSKI A., 2004 – Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych. Poradnik metodyczny. Wydaw. Borgis, Warszawa.
- DĄBROWSKI S., KAPUŚCIŃSKI J., NOWICKI K., PRZYBYŁEK J., SZCZEPAŃSKI A., 2011 – Metodyka modelowania matematycznego w badaniach i obliczeniach hydrogeologicznych. Poradnik metodyczny. Ministerstwo Środowiska, Bogucki Wydaw. Nauk., Poznań.
- DOWGIAŁŁO J., KLECZKOWSKI A.S., MACIOSZCZYK T., RÓŻKOWSKI A. (red.), 2002 – Słownik hydrogeologiczny. Wyd. II, Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DUDA R., WITCZAK S., ŻUREK A., 2011 – Mapa wrażliwości wód podziemnych Polski na zanieczyszczenie, 1 : 500 000 – Metodyka i objaśnienia tekstowe. Ministerstwo Środowiska, Wyd. Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie, Wydz. Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Kraków.
- DUDA R., WINID B., ZDECHLIK R., STĘPIEŃ M., 2013 – Metodyka wyboru optymalnej metody wyznaczania zasięgu stref ochronnych ujęć zwykłych wód podziemnych z uwzględnieniem warunków hydrogeologicznych obszaru RZGW w Krakowie. Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie, Kraków.
- GOLDSZTEJN J. SUPEL M., SUPEL J., ZARĘBSKI M., GROCH G., PATEREK A., PATEREK M., PLUTA P., PUCHYRA J., FRANKOWSKI Z., MAJER K., JAROS M., MIODUSZEWSKA I., MADEJ M., BADURA J., DUBAJ-NAWROT J., KACZMAREK Z., NOCOŃ J., WSZEBOROWSKA B., BEDNAREK M., TARNAWSKI M., GROCHOWSKI P., WOJTASIUK P., GROCHOWSKA V., WINIARCZYK J., WALERCZYK I., 2009 – Atlas geologiczno-inżynierski aglomeracji wrocławskiej. Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu Proxima, Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GÓRKA J., 2000 – Projekt strefy ochronnej ze źródlika w Zreczu-Kaczorowie. Krakowskie Przedsiębiorstwo Geologiczne „Pro Geo” Sp.z.o.o., Kraków.
- GÓRSKI J., MATUSIAK M., DRAGON K., KRUC R., 2020 – Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne wód podziemnych z utworów czwartorzędowych

- dla ujęcia wiejskiego w Chorzeminie sporządzony w związku z wyznaczeniem strefy ochronnej ujęcia. Hydrokonsult, Poznań.
- HARBAUGH A.W., BANTA E.R., HILL M.C., MCDONALD M.G., 2000 – MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey modular ground-water model—user guide to modularization concepts and the ground-water flow process. U.S. Geological Survey. Open-File Report 00-92.
- HERBICH P., 1995 – Wyznaczanie stref ochronnych ujęć wód podziemnych ze szczelinowo-porowych utworów kredowych rejonu Chełma. Problemy wykorzystania wód podziemnych w gospodarce komunalnej. T. XI. „Strefy ochronne ujęć i głównych zbiorników wód podziemnych”: 64–68. PZTiS, Częstochowa.
- HERBICH P., KRAJEWSKI S., 1995 – Złożona pojemność wodna utworów górnokredowych niecki lubelskiej i jej rola w projektowaniu stref ochronnych ujęć. *W: J. Szczepańska, R. Kulma, A. Szczepański (red.): Współczesne problemy hydrogeologii t. VII: 283–287. Kraków–Krynica.*
- HERBICH P., KNYSZYŃSKI F., KRAJEWSKI S., KUBERSKI D., 1992 – Potencjalna prędkość migracji zanieczyszczeń w utworach górnej kredy lubelskiej jako wyznacznik stopnia zagrożenia wód podziemnych. *W: J. Szczepańska, R. Kulma, A. Szczepański (red.): W służbie polskiej geologii: 147–152. Wydaw. AGH, Kraków.*
- HERBICH P., ĆWIERTNIEWSKA Z., CZEBRESZUK J., GEJ K., FERT M., MORDZONEK G., NIDENTAL M., PRZYTUŁA E., WĘGLARZ D., WOŹNICKA M., 2008 – Wskazania metodyczne do opracowania warstw informacyjnych bazy danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód”. *Archiwum Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.*
- HERBICH P., KAPUŚCIŃSKI J., NOWICKI K., PRAŻAK J., SKRZYPCZYK L., 2009 – Metodyka wyznaczania obszarów ochronnych głównych zbiorników wód podziemnych dla potrzeb planowania i gospodarowania wodami w obszarach dorzeczy. Ministerstwo Środowiska, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- HERBICH P., MORDZONEK G., PRZYTUŁA E., 2011 – Stan rozpoznania i stopień wykorzystania dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych w Polsce. *Biul. Państw. Inst. Geol., 445: 193–202.*
- HERBICH P., KAPUŚCIŃSKI J., NOWICKI K., RODZUCH A., 2013 – Metodyka określania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w obszarach bilansowych z uwzględnieniem potrzeb jednolitych bilansów wodnogospodarczych. Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- HERBICH P., MORDZONEK G., ŚLIWIŃSKI Ł., PRAŻAK J., WOJTKOWIAK A., LIDZBARSKI M., FREI WALD P., PATORSKI R., RAZOWSKA-JAWOREK L., ZEMBAL L., 2014 – Prognoza zagrożeń dla dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych w warunkach spodziewanych zmian klimatycznych w perspektywie do 2030 r. i do 2050 r. wraz ze wskazaniem do programów działań łagodzących skutki lokalnych deficytów zasobów. Zadania państwowej służby hydrogeologicznej w 2013r. Zadanie 22, Etap II. *Archiwum Państw. Inst. Geo.-PIB, Warszawa.*
- HERBICH P., WOŹNICKA M., NIDENTAL M., 2020 – The methodology of assessing groundwater vulnerability applied to Hydrogeological Map of Poland scale 1:50 000. *W: A.J. Witkowski, S. Jakóbczyk-Karpierz, J. Czekaj, D. Grabala (Eds.): Groundwater Vulnerability and Pollution Risk Assessment. IAH – Selected Papers on Hydrogeology, 24: 183–190.*
- HERMAN G., PRAŻAK J., 1996 – Analiza przepływów rzeki Wschodniej i jej dopływów w rejonie ujęcia komunalnego wody w Zreczu-Kaczorowie w latach 1991–1995. *Archiwum Państw. Inst. Geol.-PIB, Oddział Świętokrzyski, Kielce.*
- HORDEJUK T. (red.), KAZIMIERSKI B., SADURSKI A., 1999 – *Monitoring osłony ujęć wód podziemnych: metody badań*: Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KACHNIC M., 1999 – Ingresja wód zasolonych na wyspie Uznam – ujęcie „Wydrzany”. *Współczesne problemy hydrogeologii, 9: 126–133.*
- KLECZKOWSKI A. (red), JORDAN H., SILAR J., SZESTAKOW W., WITCZAK A., 1984 – Ochrona wód podziemnych. Wydaw. Geologiczne, Warszawa.
- KLECZKOWSKI A.S. i in., 1990 – Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) wymagających szczególnej ochrony. CPBP 04.10. Ochrona i kształtowanie środowiska przyrodniczego. Wydaw. AGH, Kraków.

- KOŚLACZ R. (red.), 2002 – Koncepcja modernizacji i rozbudowy ujęć infiltracyjnych dla miasta Wrocławia. IMS, Wrocław.
- KOWALCZYK A., CHMURA A., RUBIN H., RUBIN K., WAGNER J., 2007 – Region górnej Odry. *W: B. Paczyński, A. Sadurski (red.): Hydrogeologia regionalna Polski. T.I: 289–306. Państw. Inst. Geol., Warszawa.*
- KRAWIEC A., 2013 – Pochodzenie anomalii chlorkowych w wodach podziemnych polskiego wybrzeża Bałtyku. Wydaw. Nauk. Uniw. M. Kopernika, Toruń.
- KRUCZKOWSKI J., 1973 – Dokumentacja hydrogeologiczna w kat. B ujęcie wód ze źródła w Kaczorowie-Zreczu. Przedsiębiorstwo Geologiczne w Kielcach. Maszynopis.
- KUCHARSKI M., 2019 – Analiza ryzyka na potrzeby ustanowienia stref ochronnych obejmujących teren ochrony pośredniej dla ujęcia wody Chorzemin. Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Wolsztynie, Wolsztyn.
- KULMA R., ZDECHLIK R., 2009 – *Modelowanie procesów filtracji*. Wydaw. Nauk.-Dydakt. AGH, Kraków.
- KULMA R., HAŁADUS A., 2014 – *Dynamika wód podziemnych: przykłady obliczeń. Cz. 2, Dopływy do ujęć wodnych*. Wydaw. AGH, Kraków.
- LANGVIN C.D., THORNE D.T., DAUSMAN A.M., SUKOP M.C., GUO W., 2008 – SEAWAT Version 4: A Computer Program for Simulation of Multi-Species Solute and Heat Transport: U.S. Geological Survey Techniques and Methods Book, 6. Reston, VA, USA.
- LEMITRY OCHRONA ŚRODOWISKA Sp. z o.o., 2015 – Operat wodnoprawny na szczególne korzystanie z wód rzeki Oławy dla potrzeb ujęć wody pitnej miasta Wrocławia oraz odprowadzanie ścieków. MPWiK we Wrocławiu S.A., Wrocław.
- LIDZBARSKI M., JANICA R., KORDALSKI Z., 2016 – Ocena stanu środowiska gruntowo-wodnego oraz stopnia zagrożenia użytkowych poziomów wodonośnych wraz z prognozą migracji zanieczyszczeń do ujęć wody pitnej w okolicy żwirowni w Ełganowie. Zadania państwowej służby hydrogeologicznej w 2015–2017. Zadanie 37: Prowadzenie działań zespołu ds. badań zasięgów zanieczyszczeń zaistniałych w wyniku zdarzeń incydentalnych, awarii lub katastrof. Archiwum Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- LIDZBARSKI M., CZOP M., HERBICH P., JANICA R., MULIK B., NIKIEL G., RODZUCH A., STAŚKO S., WOŹNICKA M., 2022 – *Strefy ochronne ujęć wód podziemnych – analiza ryzyka i projektowanie. Poradnik metodyczny. Część 1 – Analiza ryzyka dla ustanowienia stref ochronnych ujęć wód podziemnych*. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- MACIUSZCZYK T., RODZUCH A., FRĄCZEK E., 1993 – *Projektowanie stref ochronnych źródeł i ujęć wód podziemnych. Poradnik metodyczny*. Wydaw. MOŚZNiL, Dep. Geologii, Warszawa.
- MAŁECKI J. (red.), 2006 – Wyznaczanie parametrów migracji zanieczyszczeń w ośrodku porowatym dla potrzeb badań hydrogeologicznych i ochrony środowiska. Poradnik metodyczny. Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Warszawa.
- MAŁOSZEWSKI P., ZUBER A., 1985 – On the theory of tracer experiments in fissured rocks with a porous matrix. *J. Hydrol.*, **79**: 333–358.
- MICHALAK J., NAWALANY M., SADURSKI A., 2011 – Schematyzacja warunków hydrogeologicznych na potrzeby numerycznego modelowania przepływu w JCWPd. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- MIKOŁAJKÓW J., PIASECKA A., WĘGLARZ D., 2017 – Dokumentowanie warunków hydrogeologicznych głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w związku z wyznaczeniem ich obszarów ochronnych – podsumowanie projektu badawczego. *Przegląd Geologiczny*, **65** (11/2): 1225–1228.
- MIKOŁAJKÓW J., SADURSKI A., 2017 – Informator Państwowej Służby Hydrogeologicznej. Główne Zbiorniki Wód Podziemnych w Polsce. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- MOTYKA J., ZUBER A., 1992 – Przepływ znaczników i polutantów przez węglanowe skały szczelinowate. 1 – porowatość matrycy jako najważniejszy parametr. *W: Mat. konf. „Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski”*: 103–110. Zakład Geologii, Polit. Wrocławska, Wydaw. Sudety, Wrocław.
- MROCZKOWSKA B., MICHNIEWICZ M., 1974 – Atlas geologiczny Wrocławia. Cz. III. Mapy Hydrogeologiczne. Wydaw. Geologiczne, Warszawa.
- NAJMAN J., ŚLIWKA I., 2013 – Rozwój metody jednoczesnego pomiaru stężenia helu, argonu oraz neonu dla datowania wód podziemnych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **456**: 419–424.

- NAJMAN J., MOCHALSKI P., BIELEWSKI J., GRABOWSKA-POLANOWSKA B., ŚLIWKA I., 2012 – Metody analityczne dla określania odporności systemów hydrogeologicznych na wpływ zanieczyszczeń antropogenicznych. Raport Nr 2054/Ch, Archiwum IFJ PAN, Kraków.
- NOWICKI Z. (red.), 2009a – Zadania Państwowej Służby Hydrogeologicznej w 2008 r. Zadanie 12: Analiza uwarunkowań dla prowadzenia skutecznej ochrony zasobów wodnych ujęć wód podziemnych zbiorowego zaopatrzenia, po zniesieniu obowiązku ustanawiania stref ochronnych. Państw. Inst. Geol.-PIB, Państwowa Służba Hydrogeologiczna, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, Archiwum Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- NOWICKI Z. (red.), 2009b – Zadania Państwowej Służby Hydrogeologicznej w 2009 r. Zadanie 28: Charakterystyka geologiczna i hydrogeologiczna zweryfikowanych JCWPd. Państw. Inst. Geol.-PIB, Państwowa Służba Hydrogeologiczna, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej. Archiwum Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- NOWICKI Z. (red.), 2009c – Wody podziemne miast Polski. Miasta powyżej 50 000 mieszkańców. *Informator Państwowej Służby Hydrogeologicznej*, Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- OKOŃSKA M., 2006 – Identyfikacja parametrów migracji zanieczyszczeń w porowatym ośrodku hydrogeologicznym metodą modelowania eksperymentu kolumnowego. *Geologos Monographiae*, **3**.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski. Tom I – wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PASIEROWSKA B., KARWIK A., KORDALSKI Z., LIDZBARSKI M., 2019 – Dodatek do „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych z utworów plejstocénskich w kat. „A” na terenie ujęcia miejskiego Dolina Radości w Gdańsku-Oliwie”. Projekt strefy ochronnej. Archiwum Państw. Inst. Geol.-PIB, Gdańsk.
- PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1990 – Hydrogeologia ogólna. Wydaw. Geologiczne, Warszawa.
- PIERRI D., CZOP M., BORCZAK S., 2017 – Warunki występowania i migracji WWA w utworach czwartorzędowych w rejonie składowiska odpadów przemysłowych „Zielona” w Bydgoszczy. *Przełąd Geologiczny*, **65** (11/1): 1144–1148.
- PRZEWŁOCKA M., 2003 – Zmiany zasolenia na ujęciu „Czarny Dwór” w świetle eksploatacji czwartorzędowego poziomu wodonośnego. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*. T. 11, cz. 2: 273–280. Politechnika Gdańska, Gdańsk.
- RASSAM D., ŠIMŮNEK J., MALLANTS D., VAN GENUCHTEN M.Th., 2018 – The HYDRUS-1D software package for simulating the movement of water, heat, and multiple solutes in variably saturated media: Tutorial, ver. 1.00. CSIRO Land and Water, Australia. <https://www.researchgate.net/publication/326697868> (dostęp 26.11.2024).
- ROBERTS P.V., VALOCCHI A.J., 1981 – Principles of organic contaminant behavior during artificial recharge. *Science and the Total Environment*, **21**: 161–172.
- RODZOCH A., MUTER K., DUDA R., 2004 – Ocena zakresu i skutków ustanawiania stref ochronnych ujęć wód podziemnych. Ministerstwo Środowiska, Dep. Geologii i Koncesji Geologicznych, Warszawa.
- ROGOŹ M., 2007 – Dynamika wód podziemnych, Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
- SEREDYN R., 1983 – Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w rejonie Chorzemina dla wodociągu wiejskiego i PGR, gm. Wolsztyn. WZIR „Wodrol” w Zielonej Górze.
- SIEMIENIEC A., SIEMIENIEC M., 2014 – Operat wodnoprawny na pobór wód dla wodociągu grupowego ze źródeł w Zreczu gmina Chmielnik powiat kielecki woj. świętokrzyskie. Archiwum Przedsiębiorstwa Budownictwa Ekologicznego, Kielce.
- ŠIMŮNEK J., VAN GENUCHTEN M.Th., 2008 – Modeling nonequilibrium flow and transport processes using HYDRUS. *Vadose Zone Journal*, **7** (2): 782–797.
- ŠIMŮNEK J., VAN GENUCHTEN M.Th., ŠEJNA M., 2008 – Development and applications of the HYDRUS-1D and STANMOD software packages, and related codes. *Vadose Zone Journal*, **7** (2): 587–600.
- SOBOL L., CZERSKI M., MICHNIEWICZ M., WOJTKOWIAK A., 2007 – Wrocław *W: Z. Nowicki* (red.): Wody podziemne miast wojewódzkich Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- STAŠKO S., BYLEBYŁ P., 2018 – Tempo obniżania wód podziemnych w poziomach paleogeńsko – neogeńskich w południowym obszarze działalności kopalń miedzi KGHM. *Hydrogeologia*, **2** (1): 70–79.

- STAŚKO S., WOJTKOWIAK A., 2004 – Występowanie i jakość wód podziemnych w skałach krystalicznych Sudetów na podstawie badań ujęć. *Przegląd Geologiczny*, **52** (1): 69–75.
- STAŚKO S., TARKA R., OLICHWER T., WCISŁO M., BUCZYŃSKI S., 2016 – Model hydrogeologiczny obszaru ujęć infiltracyjnych MPWiK w granicach miasta Wrocław. Archiwum MPWiK Wrocław.
- STROBL R., ROBILLARD P.D., 2006 – Comparison of several US EPA-Recommended and German wellhead protection area delineation methods in agricultural settings. *Water SA*, **32** (4): 507–517.
- SZCZEPAŃSKI A., 2002 – Odporność na zanieczyszczenia. *W*: J. Dowgiałło, A.S. Kleczkowski, T. Macioszczyk, A. Rózkowski (red.): Słownik hydrogeologiczny. Wyd. II, Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- SZCZEPIŃSKI J., 2008 – Model matematyczny do oceny zasobów wód podziemnych w rejonie wrocławskiego ujęcia infiltracyjnego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **431**: 209–218.
- SZELEWICKA A., KOWALEWSKI T., LIDZBARSKI M., KORDALSKI Z., 2016 – Rozpoznanie zanieczyszczeń w wodach podziemnych w rejonie byłej Fabryki Farb i Lakierów „Polifarb” w Gdańsku. *Przegląd Geologiczny*, **47** (8): 399–407.
- SZELEWICKA A., KORDALSKI Z., LIDZBARSKI M., 2019 – Dodatek do „Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód podziemnych w kat. „B” z utworów czwartorzędowych na terenie ujęcia miejskiego Osowa”. Projekt strefy ochronnej. Archiwum Państw. Inst. Geol.-PIB, Gdańsk.
- SZILAGYI J., ZLOTNIK V.A., JOZSA J., 2013 – Net recharge vs. depth to groundwater relationship in the Platte River Valley of Nebraska, United States. *Groundwater*, **51** (6): 945–951.
- SZKLARCZYK T., MOTYKA J., BUSZTA K., JUŚKO K., 2006 – Dodatek nr 1 do dokumentacji hydrogeologicznej określającej warunki hydrogeologiczne w związku z projektowaniem odwodnienia złoża wapieni jurajskich „Celiny I”. Archiwum Hydro-Eko, Kraków.
- TUŁAZA A., PALUCH J., WOJTOWICZ J., 2012 – Operat stref ochronnych ujęć wody powierzchniowej dla miasta Wrocławia. Archiwum Biura Projektów Budownictwa Komunalnego we Wrocławiu Sp. z o.o., Wrocław.
- TUREK S. (red), DOWGIAŁŁO J., KOZERSKI B., KRAJEWSKI S., MACHER J., MACIOSZCZYK T., MALINOWSKI J., PACZYŃSKI B., PŁOCHNIWESKI Z., STENZEL P., SZYMANKO J., 1971 – Poradnik hydrogeologa, Wydaw. Geologiczne, Warszawa.
- WACHNIEW P., ZUREK A.J., STUMPP C., GEMITZI A., GARGINI A., FILIPPINI M., ROZANSKI K., MEEKS J., KVÆRNER J., WITCZAK S., 2016 – Toward operational methods for the assessment of intrinsic groundwater vulnerability: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **46** (9): 827–884.
- WCISŁO M., BUCZYŃSKI S., STAŚKO S., OLICHWER T., TARKA R., 2016 – Hydrogeologiczne uwarunkowania intensyfikacji poboru wód na potrzeby miasta Wrocławia w rejonie Mokrego Dworu. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **466**: 301–312.
- WIECZYSTY A., 1982 – Hydrogeologia inżynierska. PWN, Warszawa.
- WINNICKA G., 1988 – Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, Arkusz 64 – Wrocław, Wydaw. Geologiczne, Warszawa.
- WITCZAK S., DUDA R., ŻUREK A., 2011 – Mapa wrażliwości wód podziemnych Polski na zanieczyszczenie, 1:500 000. Ministerstwo Środowiska, Wydaw. AGH, Wydz. Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Kraków.
- WITCZAK S., ŻUREK A., 1994 – Wykorzystanie map glebowo-rolniczych w ocenie ochronnej roli gleb dla wód podziemnych. *W*: A.S. Kleczkowski (red.): Metodyczne podstawy ochrony wód podziemnych: 109–128. Wydaw. AGH, Kraków.
- WITCZAK S., KANIA J., KMIECIK E., 2013 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- WOJEWODA J., GOTOWAŁA R., SOBCZYK A., KOWALSKI A., 2015 – Dokumentacja i model budowy geologicznej na potrzeby intensyfikacji infiltracji na terenach wodonośnych. Raport dla MPWiK, Fundacja dla Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.
- WYSSLING L., 1979 – Eine neue Formel zur Berechnung der Zustromungsdauer (Laufzeit) des Grundwassers zu einem Grundwasser-Pumpwerk. *Eclogae geol. Helv.*, **72** (2): 401–406.

- Yu CH., YAO Y., CAO G., ZHENG Ch., 2014 – A field demonstration of groundwater vulnerability assessment using transport modeling and groundwater age modeling, Beijing Plain, China. *Environmental Earth Sciences*, 73 (9): 5245–5253.
- ZHENG C., 2006 – MT3DMS v5.2 supplemental user's guide: Technical report to the U.S. Army Engineer Research and Development Center, Department of Geological Sciences, University of Alabama.
- ZHENG C., WANG P.P., 1999 – MT3DMS—A modular three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion and chemical reactions of contaminants in ground-water systems: Documentation and user's guide: U.S. Army Corps of Engineers Contract Report SERDP-99-1.
- ZUBER A., RÓŻAŃSKI K., CIĘŻKOWSKI W. (red.), 2007 – Metody znacznikowe w badaniach hydrogeologicznych. *Poradnik metodyczny*. Ministerstwo Środowiska, Oficyna Wydaw. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- ŻUK U., 2000 – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000 ark. Wrocław. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

Inne źródła informacji: dyrektywy UE, ustawy, rozporządzenia

- DYREKTYWA 2000/60 /WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 23 października 2000 r. Ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Dz.U. L 327 z 22.12.2000, str. 1–73 z póź. zm.).
- DYREKTYWA 2006/118/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 12 grudnia 2006 r. (DWD) w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 372, Tom 49, 27 grudnia 2006.
- USTAWA WODNA z dnia 19 września 1922 r. (Dz.U. nr 122, poz. 936).
- USTAWA z dnia 30 maja 1962 r. *Prawo wodne* (Dz.U. nr 34 poz.158).
- USTAWA PRAWO WODNE z dnia 18 lipca 2001 r. (Dz.U. nr 115 poz. 1229).
- USTAWA z dnia 10 lipca 2007 r. *o nawozach i nawożeniu* (Dz.U. 2018 poz. 1259).
- USTAWA z dnia 5 stycznia 2011 r. *o zmianie ustawy – Prawo wodne oraz niektórych innych ustaw* (Dz.U. 2011 nr 32, poz. 159).
- USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. *Prawo geologiczne i górnicze* (tekst jednolity Dz.U. 2019 poz. 868 z późn. zm.).
- USTAWA z dnia 20 lipca 2017 r. *Prawo wodne* (Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 16 czerwca 2023 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo wodne Dz. U. z 2023 r. poz. 1478).
- USTAWA z dnia 11 września 2019 r. *o zmianie ustawy – Prawo wodne oraz niektórych innych ustaw* (Dz.U. 2019 poz. 2170).
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI MORSKIEJ I ŻEGLUGI ŚRÓDLĄDOWEJ z dnia 11 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2148).
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA OCHRONY ŚRODOWISKA ZASOBÓW NATURALNYCH I LEŚNICTWA (MOŚZNiL) z dnia 5 listopada 1991 r. w sprawie zasad ustanawiania stref ochronnych źródeł i ujęć wody (Dz.U. nr 116 poz. 504)
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ROLNICTWA I ROZWOJU WSI z dnia 20 lipca 2018 r. *zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego sposobu stosowania nawozów oraz prowadzenia szkoleń z zakresu ich stosowania* (Dz.U. 2018 poz. 1438).
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 23 grudnia 2011 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2011 nr. 291, poz. 1714).
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 8 maja 2014 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2014 poz. 596).
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2016 poz. 85).

- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2016 poz. 2033).
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 1 lipca 2019 r. w sprawie wzorów tablic informacyjnych o strefie ochronnej ujęcia wody (Dz.U. 2019 poz. 1217).
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2017 poz. 2294).
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2007 nr 61 poz. 417).
- ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 24 marca 1965 r. w sprawie ustanawiania stref ochronnych ujęć i źródeł wody (Dz.U. 1965 nr 13 poz. 93).
- ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2019 poz. 1839).
- ROZPORZĄDZENIE NR 1/2013 DYREKTORA RZGW WE WROCŁAWIU z dnia 04 lutego 2013 r. w sprawie ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wody powierzchniowej dla miasta Wrocławia. Dz.U. Województwa Dolnośląskiego z 8 lutego 2013 r. poz. 918.
- UCHWAŁA NR V/51/2019 RADY MIEJSKIEJ W WOLSZTYNIE z dnia 27 lutego 2019 r. w sprawie zmiany Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta i gminy Wolsztyn, obejmującej teren w Chorzeminie.
- UCHWAŁA NR XII/133/2019 RADY MIEJSKIEJ W WOLSZTYNIE z dnia 30 października 2019 r. Zmiana studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta i gminy Wolsztyn. Tekst ujednolicony ze zmianami nr 1–7.

9. WYKAZ SKRÓTÓW I OZNACZEŃ PARAMETRÓW STOSOWANYCH W PORADNIKU

Skróty:

- AEM – (ang. *analytic element method*) – metoda elementów analitycznych
- AR – analiza ryzyka
- CBDH – Centralny Bank Danych Hydrogeologicznych
- GIS – (ang. *geographic information system*) – system informacji geograficznej
- GUPW – główny użytkowy poziom wodonośny
- GWD – Dyrektywa o ochronie wód podziemnych
- GZWP – główny zbiornik wód podziemnych
- IMGW – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
- JCWpd – jednolita część wód podziemnych
- MhP – Mapa hydrogeologiczna Polski 1 : 50 000
- MhP PPW WH – Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1 : 50 000 Pierwszy Poziom Wodonośny Występowanie i Hydrodynamika
- MOŚZNIŁ – Ministerstwo Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa
- OSW – obszar spływu wód (do ujęcia wód podziemnych)
- OSWM – obszar spływu wód do ujęcia o zmiennym poborze
- PGWWP – Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie
- PIG-PIB – Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
- PIS – Państwowa Inspekcja Sanitarna
- PPW-WH – pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika
- PPW-WJ – pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenia i jakość wód
- PSH – państwowa służba hydrogeologiczna

RDW	– Ramowa Dyrektywa Wodna
RZGW	– Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej
SmgP	– Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000
SNMQ	– średnia przepływów niskich miesięcznych
SO	– strefa ochronna (ujęcia wód podziemnych)
TOB	– teren ochrony bezpośredniej (ujęcia wód podziemnych)
TOP	– teren ochrony pośredniej (ujęcia wód podziemnych)
UE	– Unia Europejska
WFD CIS	– (<i>ang.</i>) <i>Water Framework Directive Common Implementation Strategy</i>) Wspólna strategia wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej
zww	– obszar o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania i własnościach warstw wodonośnych ,zwierciadło nieciągłe o zmiennych charakterze

Parametry:

A	– punkt charakterystyczny tożsamy z tzw. punktem neutralnym, znajduje się na przecięciu neutralnej linii prądu ograniczającej OSW w dół strumienia wód podziemnych od studni i centralnej linii prądu tego strumienia (rysunek 9)
B	– maksymalna szerokość OSW, wyznaczana prostopadle do centralnej linii prądu strumienia wód; odległość pomiędzy punktami charakterystycznymi D oraz E [L]
B'	– szerokość OSW określona na wysokości ujęcia, wyznaczana prostopadle do centralnej linii prądu strumienia wód; odległość pomiędzy punktami charakterystycznymi F oraz G [L]
C	– punkt charakterystyczny położony na zadanej izochronie dopływu wody do studni, znajduje się w odległości L_u od studni w górę strumienia wód podziemnych, wyznaczonej wzdłuż centralnej linii prądu tego strumienia (rysunek 9)
c	– stężenie migrującego przez strefę aeracji związku chemicznego ulegającego degradacji lub biodegradacji [mg/L]
c_s	– stężenie związku chemicznego w ognisku zanieczyszczenia [mg/L]
c_{NO_3}	– stężenie azotanów w wodzie przesączającej się przez strefę nienasyconą [mg/L]
d	– współczynnik szczelinowatości [1]
D, E	– punkty charakterystyczne położone na neutralnych liniach prądu strumienia wód podziemnych określające największą szerokość OSW; wyznaczają zasięg SO (rysunek 9)
e	– podstawa logarytmu naturalnego, $e = 2,718$
F_N	– ładunek azotu przekraczający potrzeby nawozowe uprawy [kg N/ha/rok];
F, G	– punkty charakterystyczne położone na neutralnych liniach prądu strumienia wód podziemnych określające szerokość OSW na wysokości ujęcia; wyznaczają zasięg SO (rysunek 9)
H	– wysokość hydrauliczna w warunkach naturalnych, tj. przed pompowaniem [L]
h_0	– wysokość dynamicznego zwierciadła wody w studni [L]
h_1	– miąższość warstwy o swobodnym zwierciadle [L]

H_1	– stan warstwy o zwierciadle swobodnym
H_2	– stan warstwy o zwierciadle napiętym
ΔH	– różnica ciśnień wody na wydzielonym odcinku linii prądu [L] (wzór 11)
ΔH	– różnica ciśnień wody między kolejnymi warstwami wodonośnymi rozdzielonymi kompleksem osadów słabo przepuszczalnych [L] (wzór 12)
I	– gradient hydrauliczny strumienia wód poza zasięgiem oddziaływania studni lub w warunkach naturalnych przed uruchomieniem studni [-] (wzór 2)
I_e	– infiltracja efektywna opadów atmosferycznych [L/T]
IP	– ilość wód powierzchniowych infiltrujących do warstwy wodonośnej w obszarze spływu wód podziemnych do ujęcia eksploatowanego z poborem QU [L ³ /T]
IPe	– ilość wody pochodzącej z infiltracji wód powierzchniowych do warstwy wodonośnej określona w zasobach eksploatacyjnych ujęcia $QUpe$ [L ³ /T] (wzór 25, 27)
$IPpw$	– ilość wód powierzchniowych infiltrujących do warstwy wodonośnej pobierana przez ujęcie [L ³ /T]
k	– współczynnik filtracji utworów wodonośnych [L/T]
k_i	– współczynnik filtracji utworów warstwy wodonośnej, przyjęty jako reprezentatywny dla wydzielonego odcinka cząstkowego linii prądu [L/T]
k'	– współczynnik filtracji pionowej rozdzielającej warstwy słabo przepuszczalnej [L/T]
k'_i	– współczynnik filtracji rozdzielającej warstwy słabo przepuszczalnej i jej i-tego przewarstwienia [L/T]
K_d	– stała podziału reakcji sorpcji, [dm ³ /kg]
k_r	– stała reakcji degradacji [1/rok]
L_u	– odległość od studni do punktu charakterystycznego C, wyznaczana w górę strumienia wód podziemnych wzdłuż centralnej linii prądu; określa zasięg TOP od studni w górę strumienia [L]
m	– miąższość warstwy wodonośnej [L]
m_2	– miąższość warstwy o zwierciadle napiętym [L]
m'	– miąższość rozdzielającej warstwy słabo przepuszczalnej [L]
m_a	– miąższość strefy wadycznej [L]
m_{ai}	– miąższość i-tej warstwy litologicznej wydzielonej w profilu pionowym strefy nienasyconej [L]
n_a	– porowatość aktywna [-]
n_e	– porowatość efektywna [-]
n_p	– porowatość matrycy skalnej (mikroporowatość) [-]
nsw	– liczba dni w roku z wysokim QUW poborem wody z ujęcia o sezonowo zmiennym poborze [-]

- nsn – liczba dni w roku z niskim QUN poborem wody z ujęcia o sezonowo zmiennym poborze [-]
- P – wysokość rocznych opadów atmosferycznych [L/T]
- Q – wydatek studni [L³/T]
- QG – średni w roku dopuszczalny pobór wód podziemnych [L³/T]
- QGe – pobór wód podziemnych pochodzących w infiltracji opadów atmosferycznych określony w zasobach eksploatacyjnych ujęcia [L³/T]
- QU – pobór wód z ujęcia [L³/T]
- QUM – pobór z ujęcia miarodajny dla ustalenia obszaru spływu wód [L³/T]
- QUW – pobór średni dobowy w okresie sezonu o wysokim zapotrzebowaniu na wodę trwającym nsw dni [L³/T]
- QUN – pobór średni dobowy w okresie sezonu o niskim zapotrzebowaniu na wodę trwającym nsn dni [L³/T]
- $QUSpw$ – dopuszczalna średnia w roku ilość wody pobierana przez ujęcie [L³/T]
- $QUpe$ – zasoby eksploatacyjne ujęcia wód podziemnych [L³/T]
- R – zasięg leja depresji (wzór 9)
- $R_{t(pomp)}$ – zasięg promienia leja depresji w zależności od czasu upływającego od początku pompowania (wzór 19, 20)
- R – opóźnienie migracji zanieczyszczeń konserwatywnych rozpuszczonych w wodzie (wzór 15)
- $R(MIN)5$ – odległość izochrony 5-letniego dopływu do ujęcia w warunkach 5-lecia skrajnie posusznego
- $R(W)5$ – odległość izochrony dopływu 5-cioletniego do ujęcia w warunkach średniej wieloletniej odnawialności ujmowanego poziomu
- RQG – zasięg obszaru spływu wód podziemnych kształtowanego poborem wód z ujęcia [L]
- $RQGe$ – zasięg obszaru spływu wód podziemnych kształtowanego poborem wód podziemnych QGe pochodzących w infiltracji opadów atmosferycznych
- r_0 – promień studni [m]
- $SNMQ$ – przepływ w rzece średni z niskich miesięcznych
- $SNMQ(5)$ – średni ruchomy 5-letni przepływ niski miesięczny
- $SNMQ(MIN)5$ – minimalny średni ruchomy 5-letni przepływ niski miesięczny
- $SNMQ(\acute{S}R)W$ – przepływ w rzece średni z niskich miesięcznych w wieloleciu
- $s(R)$ – depresja zwierciadła wody w dowolnej odległości R od osi studni [m]
- t – czas dopływu wód do ujęcia [T] (wzór 6, 8)
- $t_{(pomp)}$ – czas upływający od początku pompowania [T] (wzór 19, 20)

T	– przewodność hydrauliczna [L^2/T] (wzór 9)
\bar{T}	– bezwymiarowy parametr czasu dopływu wody do studni stosowany w metodzie AEM [-]
t_a	– czas pionowego przesączania wody poprzez nadkład, z powierzchni terenu do ujmowanej warstwy wodonośnej [T]
t_{kons}	– czas pionowej migracji zanieczyszczeń konserwatywnych przez strefę aeracji [T]
t_p	– czas lateralnego przepływu wody w warstwie wodonośnej [T]
t_{25}	– 25-letni czas wymiany wody w warstwie wodonośnej [T]
$t_{0.5}$	– czas, po którym stężenie związku ulegającego degradacji zmaleje o połowę [lata].
U	– prędkość rzeczywista przepływu wód podziemnych [L/T]
U_i	– prędkość przepływu wód podziemnych, obliczona dla wydzielonego odcinka linii prądu [L/T]
w_o	– wilgotność objętościowa utworów w strefie aeracji [-]
w_{oi}	– wilgotność objętościowa dla poszczególnych wydzielen litologicznych w profilu pionowym strefy aeracji [-]
w_{og}	– wilgotność objętościowa gleb
zo	– średni wieloletni moduł zasobów odnawialnych wód podziemnych [$L^3/T.L$]
x_0	– odległość od studni do tzw. punktu neutralnego czyli punktu charakterystycznego A, wyznaczana w dół strumienia wód podziemnych wzdłuż centralnej linii prądu; określa zasięg TOP od studni w dół strumienia wód podziemnych [L]
X	– zasięg izochrony (wzór 21 – dla czasu $t = 30$ dni dopływu wód do ujęcia) [L]
α	– współczynnik infiltracji efektywnej [-] (wzór 13)
α	– współczynnik liczbowy, najczęściej przyjmuje się $\alpha = 1,5$ (wzór 30, 31)
$\alpha(i)$	– stosunek wartości minimalnego do średniego w wieloleciu przepływu niskiego miesięcznego średniego ruchomego 5-letniego w i-tej zlewni [-] (wzór 30, 31)
β	– współczynnik zależny od rodzaju pokrycia i zagospodarowania powierzchni [-] (wzór 13)
β	– współczynnik odsączalności sprężystej [-] (wzór 20)
$\beta(i)$	– stosunek odległości $R(MIN)5$ izochrony 5-letniego dopływu do ujęcia w warunkach skrajnie posuszonego 5-lecia – do odległości izochrony $R(W)5$ dopływu 5-cioletniego do ujęcia [-] (wzór 31)
γ	– współczynnik zależny od stopnia nachylenia powierzchni terenu [-]
δ	– współczynnik zależny od głębokości występowania pierwszego od powierzchni zwierciadła wód podziemnych [-]
ρ_s	– gęstość objętościowa szkieletu gruntowego, [kg/dm^3]
μ	– współczynnik odsączalności grawitacyjnej [-]

ZAŁĄCZNIK 1.

Katalog wybranych potencjalnych ognisk zanieczyszczeń, które mogą niekorzystnie oddziaływać na wody podziemne

1) Rolnictwo i hodowla:

- a) tereny rolne, ogrodnicze i warzywnicze, na których stosuje się intensywne nawożenie i środki ochrony roślin, rolnictwo wielkoobszarowe, melioracje łąk, pastwisk lub nieużytków;
- b) fermy przemysłowej hodowli zwierząt i drobiu oraz chów i hodowla ryb w stawach;
- c) silosy kiszonkowe i gnojowniki urządzone na nieuszczelnionym podłożu;
- d) nawozy mineralne magazynowane na nieuszczelnionym podłożu;
- e) obejścia gospodarskie, a w tym: obory, chlewy, stajnie, kurniki, szamba, gnojowniki, doły kloaczne, śmietniki;
- f) systemy melioracyjne w zasięgu oddziaływania ujęć wód podziemnych.

2) Przemysł:

- a) zakłady przemysłu wydobywczego, chemicznego, paliwowego, farmaceutycznego;
- b) elektrownie, elektrociepłownie lub inne instalacje do spalania paliw;
- c) zakłady przemysłu metalurgicznego, elektromaszynowego, mineralnego i budowlanego;
- d) zakłady przemysłu drzewno-papierniczego, spożywczego;
- e) wysypiska, zwałowiska, hałdy odpadów stałych;
- f) stawy ściekowe i osadniki;
- g) magazynowane na terenie zakładów bez zabezpieczeń surowce, półprodukty i wyroby finalne;
- h) wycieki z nieuszczelnionych urządzeń technologicznych oraz oczyszczających ścieki;
- i) wody powierzchniowe, do których zrzucają się słone wody pompowane z kopalń;
- j) zatopione kopalnie głębinowe;
- k) zbiorniki końcowe po eksploatacji surowców metodą odkrywkową;
- l) emisje pyłowo-gazowe.

3) Gospodarka komunalna

- a) istniejące i zrehabilitowane obiekty gospodarki odpadami zarówno komunalnymi, jak i przemysłowymi, w tym składowiska odpadów i odpadów niebezpiecznych, zakłady związane z przetwarzaniem odpadów i odpadów niebezpiecznych;
- b) obiekty gospodarki ściekowej, w tym sieci kanalizacyjne, oczyszczalnie ścieków komunalnych i przemysłowych, dawne wylewiska ścieków oraz dawne pola filtracyjne ścieków;
- c) rowy i małe cieki, do których zrzucają się nieoczyszczone i oczyszczone ścieki;
- d) indywidualne systemy oczyszczania ścieków z drenażem rozsączającym;
- e) kompostownie;
- f) cmentarze;

- g) ogrody zoologiczne;
 - h) nieskanalizowane tereny osadnictwa.
- 4) Transport i inne usługi:
- a) drogi intensywnego ruchu pojazdów;
 - b) zbiorniki wód opadowych zmywanych z tras intensywnego ruchu;
 - c) środki zimowego utrzymania dróg magazynowane na nieuszczelnionym podłożu;
 - d) bazy transportu samochodowego;
 - e) garaże, parkingi samochodowe;
 - f) lotniska, porty, linie kolejowe;
 - g) infrastruktura związana z magazynowaniem oraz przesyłem i dystrybucją gazu, ropy naftowej, produktów naftowych, gazów łatwopalnych (w tym dwutlenku węgla), kopalnych surowców energetycznych;
 - h) zakłady napraw pojazdów;
 - i) obiekty naftowe, a w tym: bazy paliw, stacje dystrybucji paliw.
- 5) Inne:
- a) dawne gazownie;
 - b) tartaki i inne zakłady stosujące impregnacje drewna;
 - c) zakłady produkcyjne mas bitumicznych;
 - d) mogilniki istniejące i zlikwidowane;
 - e) poligony wojskowe i magazyny paliw i smarów na terenie obiektów wojskowych;
 - f) obiekty gospodarki wodnej.

Szczegółowy wykaz potencjalnych ognisk zanieczyszczeń, przedsięwzięć, które mogą niekorzystnie oddziaływać na wody podziemne, zawiera Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2019 poz. 1839).

ZAŁĄCZNIK 2.

CHARAKTERYSTYKA STREF OCHRONNYCH WYBRANYCH UJĘĆ

Załącznik 2.1. Ujęcie wiejskie wód podziemnych Chorzemin

Rysunki 18–24 oraz 26 pochodzą z pracy Górskiego i in. (2020).

Ujęcie wiejskie w Chorzeminie cechuje niewielki ok. 17 m³/h pobór wód podziemnych. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne na obszarze zasilania są słabo rozpoznane. Ujęcie bazuje na odkrytym zbiorniku porowym. Wyznaczenie oraz ustanowienie strefy ochronnej było niezbędne z uwagi na:

- dużą wrażliwość odkrytego zbiornika wodonośnego na oddziaływanie zanieczyszczeń;
- systematyczne pogorszenie się jakości wód podziemnych, szczególnie w zakresie azotanów;
- postępujące, niekorzystne zmiany zagospodarowania przestrzennego w obszarze zasilania ujęcia.

Na konieczność ustanowienia strefy ochronnej wskazywała także opracowana analiza ryzyka.

Metodyka opracowania strefy ochronnej – model matematyczny systemu wodonośnego opracowany w ramach dodatku do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia (Górski i in., 2020).

Lokalizacja

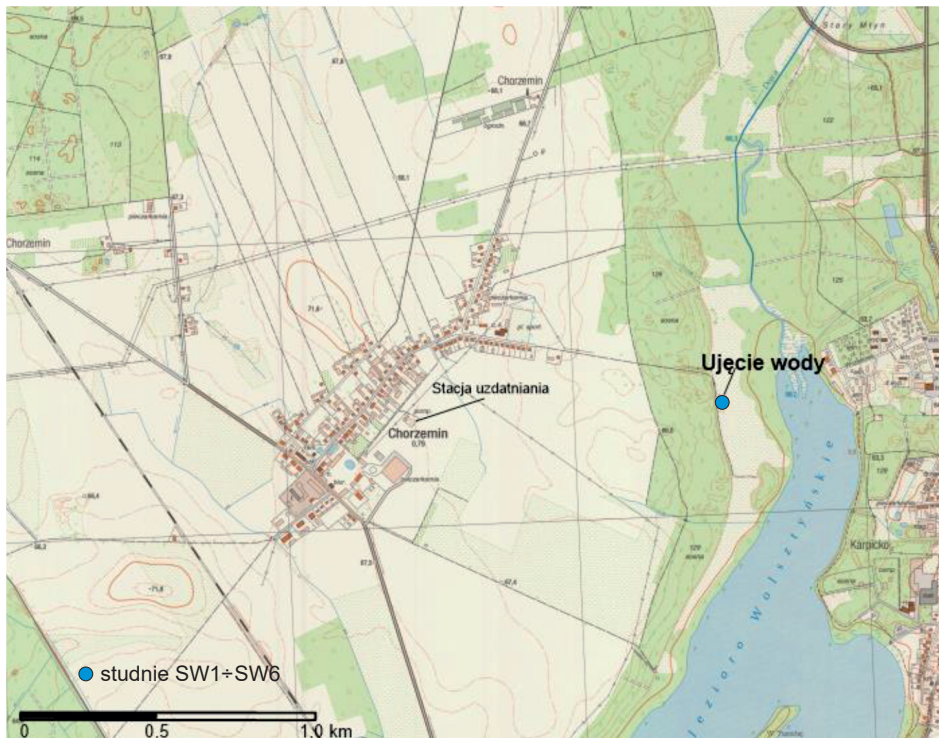
Ujęcie Chorzemin jest położone w gminie Wolsztyn, w powiecie wolsztyńskim na terenie województwa wielkopolskiego. Zlokalizowane zostało w obrębie rynny glacialnej wykorzystywanej przez rzekę Dojcę i Jezioro Wolsztyńskie. Studnie ujęcia są zlokalizowane przy krawędzi rynny w odległości 200 m od jeziora i ok. 1 km od wsi Chorzemin (rys. 18).

Obszar zasilania ujęcia obejmuje teren rynny glacialnej oraz fragment wysoczyzny morenowej z cienką pokrywą piasków sandrowych i spiaszczonych glin.

Charakterystyka ujęcia

Ujęcie powstało w 1983 r., kiedy odwiercono dwie studnie ujmujące płytki poziom wodonośny przy krawędzi rynny glacialnej. W studni SW1 o głębokości 26 m uzyskano wydajność 55 m³/h przy depresji 2,6 m, a w studni SW2 o głębokości 22 m wydajność wyniosła 45m³/h przy depresji 3,5 m. Na podstawie próbnych pompowań ustalono zasoby eksploatacyjne w wysokości 55 m³/h przy depresji 2,6 m.

Od 2016 r., pracuje trzecia generacja studni o następujących parametrach: SW5 – głębokość 16,6 m, Q – 48,6 m³/h, s – 3,2 m, SW6 – głębokość – 13,4 m, Q – 50 m³/h, s – 2,0 m. Pozwolenie wodnoprawne na pobór wód wynosi: $Q_{\text{hmax}} - 47 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_{\text{śrd.}} - 410 \text{ m}^3/\text{d}$, $Q_r - 150 \text{ 000 m}^3/\text{a}$.

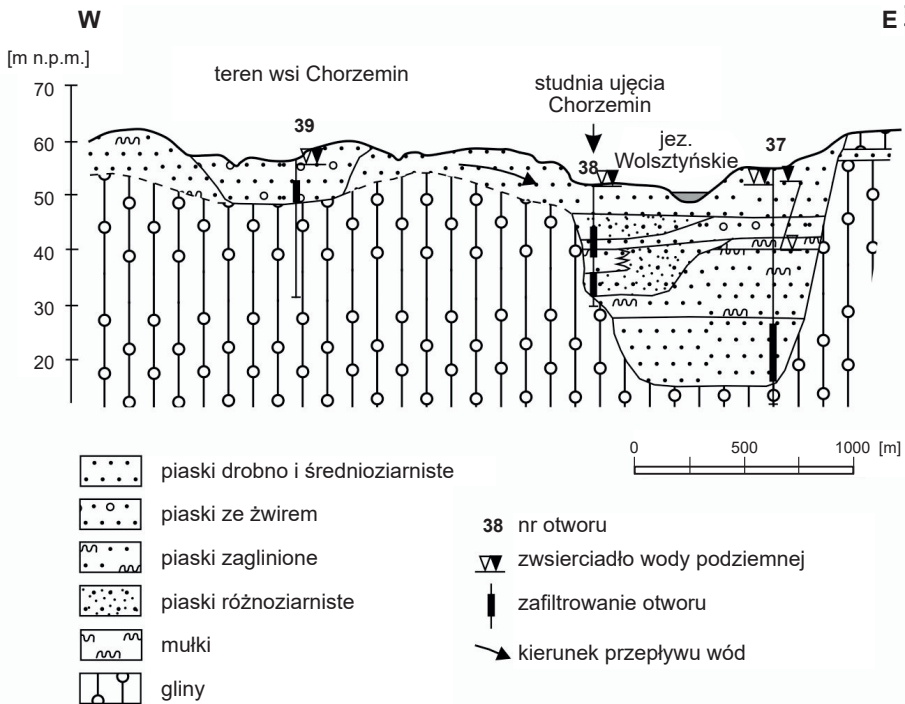


Rys. 18. Lokalizacja ujęcia wód podziemnych w Chorzeminie

serii glin zwałowych przewarstwionych lokalnie osadami piaszczystymi pochodzenia fluwioglacjalnego oraz fluwialnego. W obrębie rynny glacialnej występują natomiast osady piaszczyste i zastoiskowe o miąższości 35–57 m.

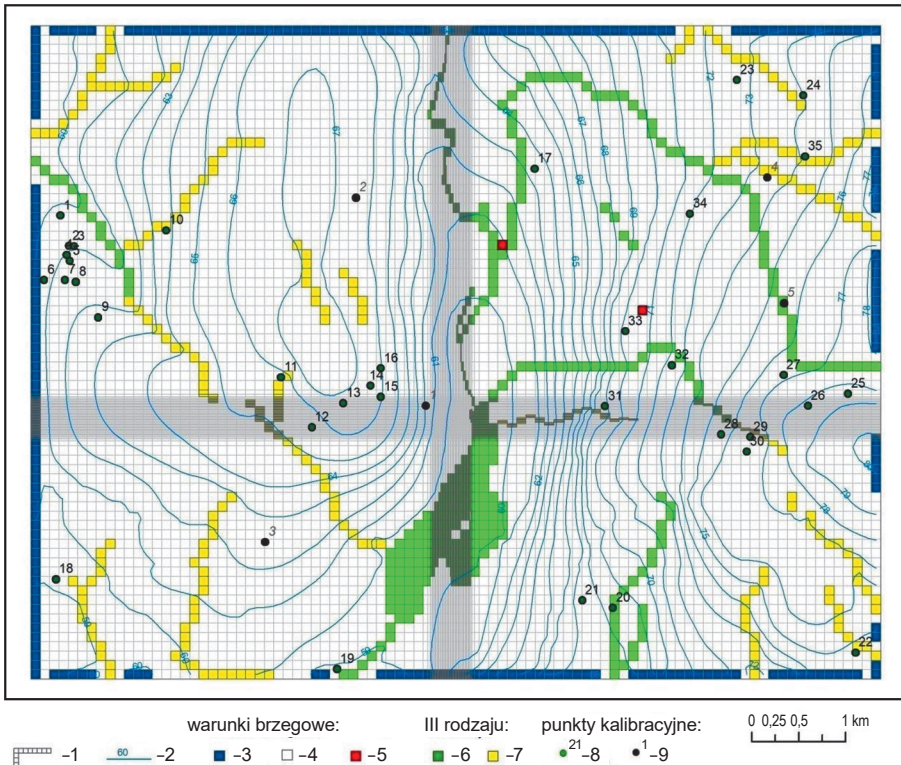
Na terenie wysoczyzn w utworach czwartorzędu wydzielono poziom wód gruntowych w piaskach sandrowych i dolinach małych cieków, poziom międzyglinowy środkowy, poziom międzyglinowy dolny, lokalnie również poziom podglinowy oraz międzyglinowy górny. Natomiast w obrębie rynny glacialnej wydzielono poziom gruntowy kontaktujący się z poziomem gruntowym na wysoczyznach oraz poziom wgłębny przykryty serią osadów zastoiskowych.

Poziom wód gruntowych o znaczeniu użytkowym występuje przede wszystkim w rymnie glacialnej doliny rzeki Dojcy. Największą miąższość (20,5 m) osiąga w rejonie ujęcia Chorzemin. Poziom wgłębny w rymnie glacialnej został rozpoznany w Karpicku, na wschód od ujęcia Chorzemin. Zbudowany jest z piasków drobno- i średnioziarnistych pochodzenia fluwialnego (rys. 20).



Rys. 20. Przekrój hydrogeologiczny przez obszar zasilania ujęcia wody w Chorzeminie

W rozpatrywanym obszarze objętym modelem matematycznym system wodonośny jest kształtowany w nawiązaniu do głównych elementów strukturalnych i morfologicznych jakie stanowi rymna glacialna oraz położony na wschód od rymny Wał Lwówecko-Rakoniewicki, oraz Obniżenie Obrzańskie na zachodzie. W układzie tym, w poziomie gruntowym kształtują się strumienie wód spływające do rymny od wschodu. Od zachodu zaznacza się natomiast wododział rozgraniczający strumienie wód spływających do rymny i do Obniżenia Obrzańskiego (rys. 21). Wykonane rozpoznanie warunków hydrogeologicznych na obszarze objętym modelem matematycznym wykazało, że ujęcie w Chorzeminie może być zasilane z poziomów wodonośnych w obrębie rymny glacialnej



Rys. 21. Mapa hydroizohips i warunków brzegowych I modelowej warstwy wodonośnej (poziom wód gruntowych) wg odwzorowania modelowego

1 – zarys siatki dyskretyzacyjnej, 2 – hydroizohipsy warstwy I [m n.p.m.] – stan z czerwca 2019 r.; Warunki brzegowe: 4 – I rodzaju, 5 – II rodzaju (infiltracja), 6 – II rodzaju (ujęcia); III rodzaju: 7 – RIVER, 8 – DRAIN, Punkty kalibracyjne: 9 – studnie kopane

oraz z poziomu gruntowego na wysoczyźnie morenowej pomiędzy ujęciem a wsią Chorzele. W rynnę glacialnej rozpoznany został poziom gruntowy zbudowany z osadów fluwialnych i fluwioglacjalnych o miąższości 20 m w rejonie ujęcia Chorzele (rys. 20). Poziom ten kontynuuje się w Karpicku po wschodniej stronie rzeki Dojcy i Jeziora Wolsztyńskiego, gdzie ma miąższość 12,5 m.

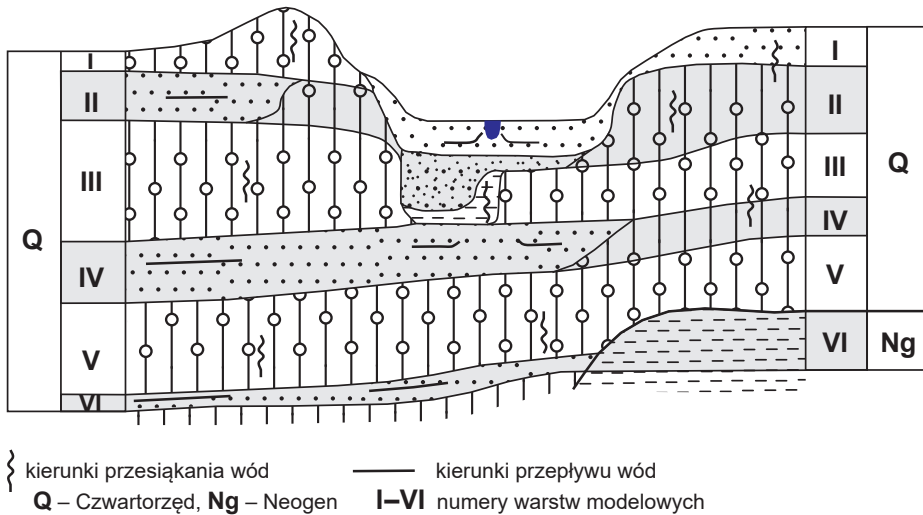
W Karpicku został również rozpoznany głęboki poziom wodonośny o miąższości 12 m pod przykryciem serii osadów zastoiskowych. W związku z tym wody tego poziomu mają ograniczony kontakt z poziomem gruntowym o czym świadczy wyższe o 1,1 m ciśnienie w poziomie głębokim. Poziom gruntowy na ujęciu charakteryzuje się korzystnymi parametrami hydrogeologicznymi. Współczynnik filtracji wynosi 1,5–2,1 m/h, a wydajność jednostkowa 13,5–21,7 m³/h/lms.

Poziom gruntowy na wysoczyźnie morenowej przylegającej do rynnicy glacialnej od strony Chorzele jest natomiast słabo rozpoznany. Jest zbudowany z cienkiej 1–3 m warstwy piasków sandrowych i lokalnie spiaszczonych glin. Miąższość poziomu rozpoznana została za pomocą sond badawczych i płytkich otworów geologiczno-inżynierskich.

Na podstawie płytkich otworów i pomiarów w studniach kopanych ustalono, że zwierciadło poziomu wodonośnego zmieniało się od 63,8 do 59,84 m n.p.m., a spadek hydrauliczny wynosił ok. 0,007.

Model matematyczny i wyniki modelowania

W celu wyznaczenia obszaru zasilania i obszaru zasobowego ujęcia w Chorze minie oraz obliczenia czasu 25-letniej wymiany wód opracowany został model matematyczny systemu wodonośnego w obrębie utworów czwartorzędu w obszarze o powierzchni 63,7 km³. Do konstrukcji modelu wykorzystano program Visual Modflow, wersja 6. Istniejący układ hydrostrukturalny odwzorowano w postaci 6 warstw modelowych, w tym 3 wodonośnych (rys. 22).

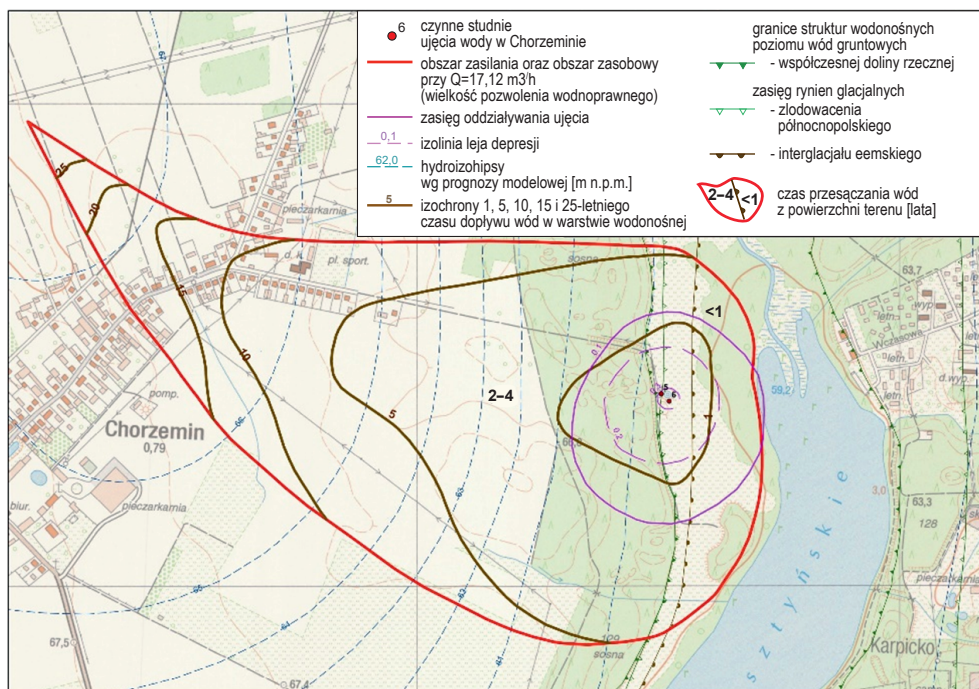


Rys. 22. Schemat modelowego systemu wodonośnego

Obszar filtracji zdyskretyzowano siatką bloków o wymiarach 100×100 m, a w rejonie ujęcia wody w Chorze minie siatkę zagęszczono do bloków o wymiarach 10×10 m. Na modelu odwzorowano pobór wód podziemnych z ujęcia wg stanu z czerwca 2019 r. W celu określenia stanów wód podziemnych w czerwcu 2019 r. wykonano pomiary zwierciadła wody w 35 studniach kopanych. Ponadto wykonano 5 płytkich sond penetracyjnych do zwierciadła wody oraz pomiary stanów wód powierzchniowych. Dane zostały wykorzystane do kalibracji modelu. Do weryfikacji poprawności działania modelu w rejonie ujęcia Chorze min wykorzystano natomiast porównanie zwierciadła wody mierzonego w studniach ujęcia w czerwcu 2019 r. ze zwierciadłem obliczonym na modelu. Wyniki kalibracji i weryfikacji wykazały poprawność działania modelu, co dawało podstawę do opracowania symulacji prognostycznej eksploatacji ujęć w wielkości obowiązujących pozwoleń wodnoprawnych i w wysokości 17,12 m³/h z ujęcia w Chorze minie, co uzgodniono z Użytkownikiem.

Uzyskana z powyższej symulacji prognostyczna mapa hydroizohips stanowiła podstawę do wyznaczenia obszaru zasilania i obszaru zasobowego w obrębie gruntowego poziomu wodonośnego o powierzchni 0,852 km² (rys. 23).

W obszarze tym zasoby ujęcia tworzą się głównie w wyniku infiltracji opadów w wysokości 13,5 m³/h oraz w mniejszym stopniu z przesiąkania wód z głębokiego poziomu izolowanego kompleksem słabo przepuszczalnych osadów pylastych i mułkowatych (patrz rys. 20). Modelowanie nie wykazało natomiast dopływu wód z rzeki Dojcy i Jeziora Wolsztyńskiego.



Rys. 23. Mapa obszaru zasilania i obszaru zasobowego ujęcia wody w Chorzeminie

W wyznaczonym obszarze zasilania ujęcia obliczono czasy przesiąkania wód przez strefę aeracji przy użyciu wzoru (11).

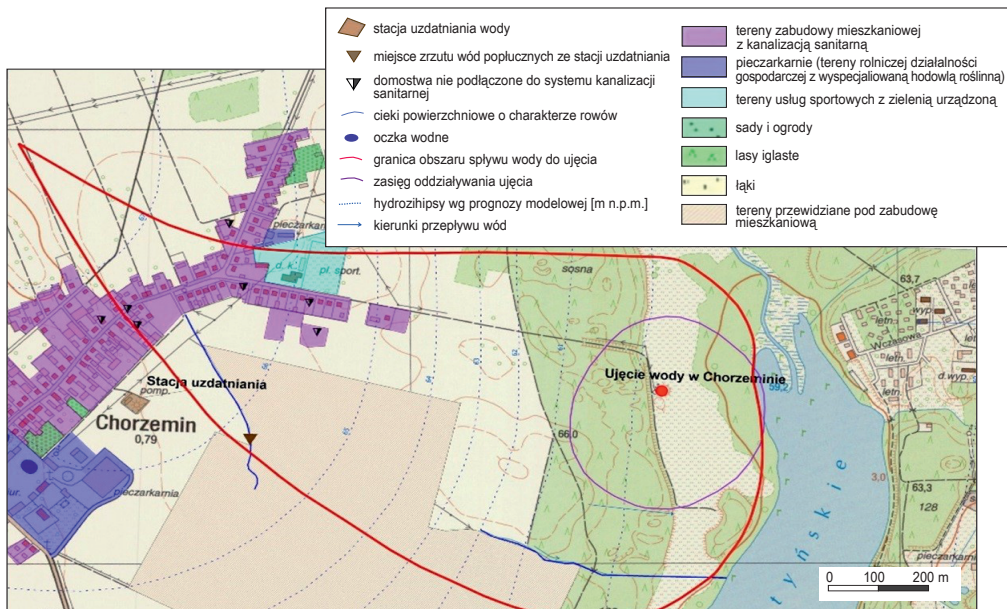
Obliczenia wykazały, że czas przesiąkania w dolinie rzeki Dojcy wynosi poniżej 1 roku, a na wysoczyźnie w przedziale 2–4 lata. Biorąc jednak pod uwagę możliwość oddziaływania ścieków bytowych z nieszczelnych szamb lub wylewnych bezpośrednio na polach, czas przesiąkania przez strefę aeracji nie został uwzględniony przy określeniu czasu dopływu zanieczyszczeń do ujęcia. Korzystając natomiast z programu Modpath wyznaczono izochrony czasu dopływu wody od granic obszaru zasilania do ujęcia, co stanowiło podstawę określenia granic strefy ochronnej (rys. 24).

Zagospodarowanie obszaru zasilania ujęcia

W obszarze zasilania ujęcia występują różne formy zagospodarowania terenu w układzie pasmowym:

- łąki na terenie doliny Dojcy, na których jest zlokalizowane ujęcie;
- pas lasu o szerokości 100–300 m;
- grunty rolne pomiędzy lasem a zabudową wsi Chorzemin;
- zabudowa wsi Chorzemin.

Łąki użytkowane są przez różnych właścicieli, przy czym zagrożenie dla ujęcia może stanowić zapis w *Studium zagospodarowania przestrzennego* określający możliwość zabudowy letniskowej lub mieszkaniowej.



Rys. 24. Mapa hydrogeologiczno-sockologiczna

Tereny gruntów rolnych należały w większości do dawnego PGR Chorzemin. Obecnie wg *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta i gminy Wolsztyn, obejmującej teren w Chorzeminie* (Uchwała nr V/51/2019, Uchwała nr XII/133/2019) są przeznaczone pod zabudowę mieszkaniową z dopuszczeniem nieuciążliwej działalności usługowej. Część działek jest aktualnie zagospodarowywana. Pozostałe grunty rolne wykorzystywane są przez indywidualnych rolników ze wsi Chorzemin.

Zabudowa wsi Chorzemin od 2002 r. posiada sieć kanalizacji sanitarnej, jednak część mieszkańców nie korzysta z kanalizacji, a ścieki gromadzi w tradycyjnych, najczęściej nieuszczelnionych szambach. Kilka gospodarstw prowadzi również hodowlę zwierząt. W budynkach dawnego PGR-u jest zlokalizowana duża pieczarkarnia położona wprawdzie poza obszarem zasilania, jednak zużyte podłoże po produkcji pieczarek jest w dużej ilości gromadzone i wykorzystywane, jako nawóz na polach indywidualnych rolników.

Reasumując należy stwierdzić, że w przeszłości i aktualnie główne ogniska zanieczyszczeń wód podziemnych stanowią: zabudowa wsi Chorzemin (ścieki bytowe, hodowla) oraz tereny rolne (nawozy sztuczne i organiczne). W przyszłości zagrożenia związane będą głównie z planowaną zabudową lotniskową i mieszkaniową.

Chemizm i jakość wód podziemnych

Badania chemizmu wód w trakcie dokumentowania ujęcia w Chorzeminie w 1983 r. wykazały korzystną jakość wód (tab. 7, rys. 25).

Woda wykazywała śladowe stężenie azotanów i azotynów oraz niskie stężenia chlorków i siarczanów. Generalnie chemizm odzwierciedlał warunki typowe dla naturalnego środowiska hydrochemicznego osadów fluwiogłacjalnych tworzących zafiltrowaną w studniach dolną część warstwy wodonośnej. Nie zaznaczał się natomiast wyraźnie wpływ zanieczyszczeń migrujących niewątpliwie od dawna z terenu wsi Chorzemin i z gruntów rolnych do doliny

Tabela 7

**Porównanie chemizmu i jakości wód na ujęciu w Chorze minie w 1983 r.
(przed uruchomieniem ujęcia) i w 2019 r.**

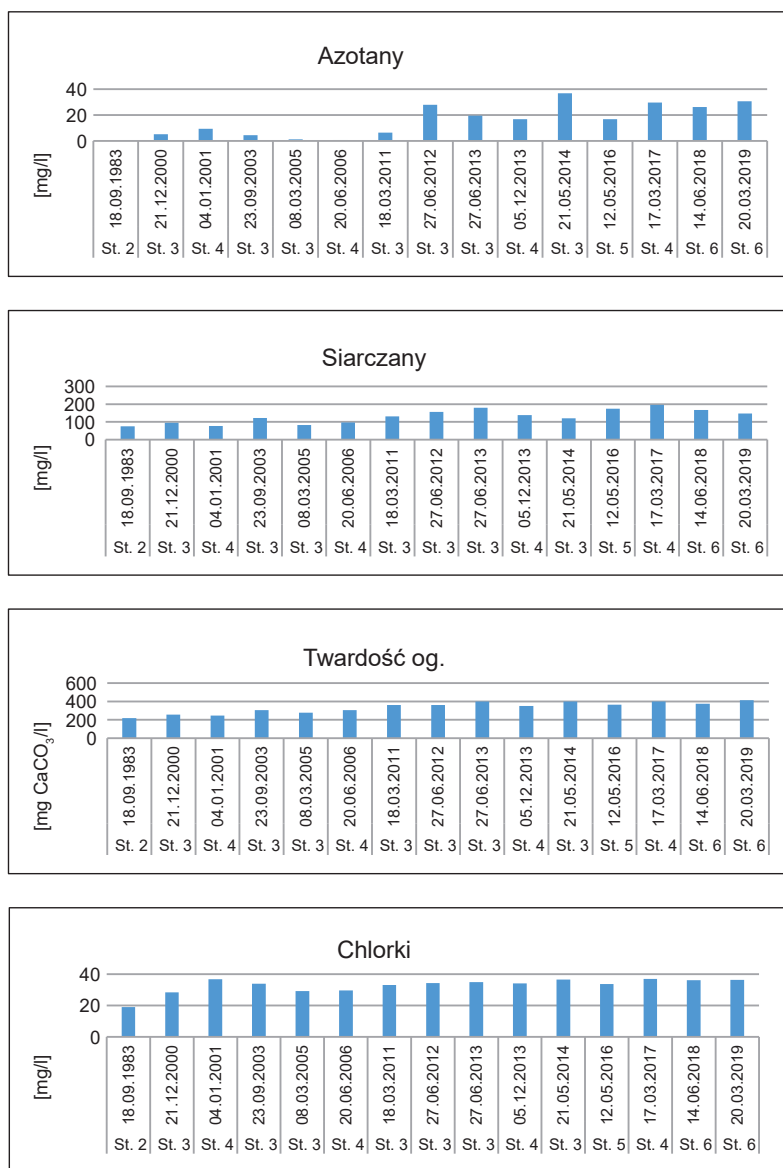
Parametr	Jednostka	Stan w 1983 r.		Stan w 2019 r.	
		Studnia 1	Studnia 2	Studnia 5	Studnia 6
pH	[–]	7,1	7,2	6,7	6,8
Twardość	mgCaCO ₃ /l	200	220	430	415
Utlenialność	mgO ₂ /l	2	1,6	–	–
Jon amonowy	mg/l	n.w	0,2	<0,1	<0,1
Azotyny	mg/l	n.w	0,009	0,092	0,102
Azotany	mg/l	1,95	n.w.	20,8	30,58
Chlorki	mg/l	19,5	19	45,41	36,33
Siarczany	mg/l	69,1	74,5	161	147
Żelazo	mg/l	1,7¹	1,4¹	0,24¹	0,1
Mangan	mg/l	0,26¹	0,24¹	0,19¹	0,28¹
Sucha pozostałość	mg/l	278	289	–	–

¹ pogrubiony zapis wskazuje na przekroczenie dopuszczalnej wartości zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wód przeznaczonych do spożycia przez ludzi* (Dz.U. 2007 nr 61 poz. 417)

rzeki Dojcy. Zanieczyszczenia te przepływały bowiem górną częścią warstwy wodonośnej. Po rozpoczęciu eksploatacji ujęcia następowała stopniowa zmiana chemizmu wód widoczna w szczególności w zakresie chlorków, siarczanów, azotanów i twardości wód (rys. 25). Zmiana ta odzwierciedlała wpływ zanieczyszczeń spływających z terenów rolnych i wsi Chorze min. Jednocześnie dopływ wód z górnej części warstwy wodonośnej, gdzie występowały bardziej utleniające warunki, spowodował znaczne zmniejszenie stężeń żelaza i manganu, co było związane również z wpływem zwiększających się stężeń azotanów, jako czynnika utleniającego.

Najbardziej negatywny wpływ na jakość wód ujęcia mają azotany, których źródłem są nawozy sztuczne i organiczne oraz ścieki bytowe. Stężenia azotanów ulegały wahaniom w nawiązaniu do sytuacji hydrologicznej. Obniżenia stężeń występowały w okresach długotrwałych suszy (lata 1989–1992; 2003–2006), co było efektem kumulowania się azotanów w glebie i strefie aeracji. W związku z tym po suszy zaznaczył się wzrost stężeń nawet do ponad 30 mg/l. Do czynników, które mogły mieć wpływ na wzrost stężeń azotanów po suszy w latach 2003–2006 należy zaliczyć ugorowanie części gruntów rolnych po likwidacji PGR-u, przeznaczonych pod zabudowę mieszkaniową oraz rozwój wielkoskalowej produkcji pieczarek i związane z tym wykorzystanie podłoży po produkcji tych grzybów do nawożenia gruntów. Oprócz azotanów efektem ognisk zanieczyszczeń jest również wzrost siarczanów i chlorków oraz twardości, a w pewnym stopniu również manganu.

Wykonana w 2017 r. rozszerzona analiza wody z ujęcia nie wykazała natomiast zanieczyszczenia wód pestycydami oraz wykazała niskie stężenia metali ciężkich.



Rys. 25. Zmiany stężeń wybranych parametrów hydrochemicznych podczas eksploatacji ujęcia Chorzemin

Uzasadnienie potrzeby ustanowienia strefy ochronnej i analiza ryzyka

Ujęcie wody dla Chorzemina jest zasilane z płytkiej odkrytej warstwy wodonośnej wrazliwej na oddziaływanie zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego. Dotyczy to zarówno warstwy wodonośnej na wysoczyźnie morenowej, jak i warstwy w rynnach glacialnej, gdzie jest zlokalizowane ujęcie wody. Wrażliwość na oddziaływanie zanieczyszczeń odkrytej warstwy wodonośnej potęguje mała miąższość strefy aeracji, która w rejonie wysoczyzny morenowej

wynosi ok. 2–4 m, a w strefie rynny glacialnej zmniejsza się do poniżej 1 m, nawet przy samym ujęciu, kiedy nie pracują studnie.

Drugi istotny czynnik wskazujący na potrzebę ustanowienia strefy to istniejące i planowane zagospodarowanie terenu w obszarze zasilania ujęcia. Są to zarówno tereny rolne, na których stosuje się nawozy sztuczne i organiczne, w tym duże ilości podłoża po produkcji pieczarek oraz środki ochrony roślin. Ognisko zanieczyszczeń stanowi również nie w pełni skanalizowana zabudowa wsi Chorzemin oraz pojedyncze gospodarstwa rolne prowadzące hodowle zwierząt.

Jakości wód ujęcia może zagrażać również planowana zabudowa mieszkaniowa i rekreacyjna. Czynnikiem, który dobitnie wskazuje na potrzebę ustanowienia strefy jest pogarszająca się jakość wód ujmowanych w studniach, co wykazano w dokumentacji.

Efektom oddziaływania ognisk zanieczyszczeń są stosunkowo wysokie stężenia siarczanów (197 mg/l) i twardości wody (379 mgCaCO₃/l) oraz przede wszystkim azotanów (22,8–27,9 mg/l). Wprawdzie są to stężenia nieprzekraczające normy dla wód do zaopatrzenia ludności, ale dalsze zwiększenie stężeń siarczanów i twardości wody może spowodować przekroczenie dopuszczalnych zawartości. Ponadto należy dążyć do zmniejszenia stężeń azotanów, ze względu na ich niekorzystne oddziaływanie zdrowotne.

Potrzebę ustanowienia strefy potwierdza również wykonana analiza ryzyka (Kucharski, 2019), gdzie w konkluzji zapisano m.in.: „Na podstawie wykonanych analiz stwierdzono potrzebę ustanowienia ochrony pośredniej dla ujęcia Chorzemin. Przemawia za tym przede wszystkim potrzeba zawarcia zasad ochrony wód w dokumentach z zakresu planowania przestrzennego oraz prewencyjne działania zmierzające do wyeliminowania potencjalnych źródeł zanieczyszczeń wód podziemnych w bezpośrednim sąsiedztwie ujęcia”.

Koncepcja ochrony ujęcia i projekt granic strefy ochronnej

Jak wynika z ustaleń poprzedniego rozdziału oraz wykonanej analizy ryzyka, w celu ochrony ujęcia w Chorzeminie niezbędne jest wyznaczenie i ustanowienie strefy ochronnej zgodnie z przepisami zawartymi w ustawie Prawo wodne (tekst jedn. Dz.U. 2020 poz. 310).

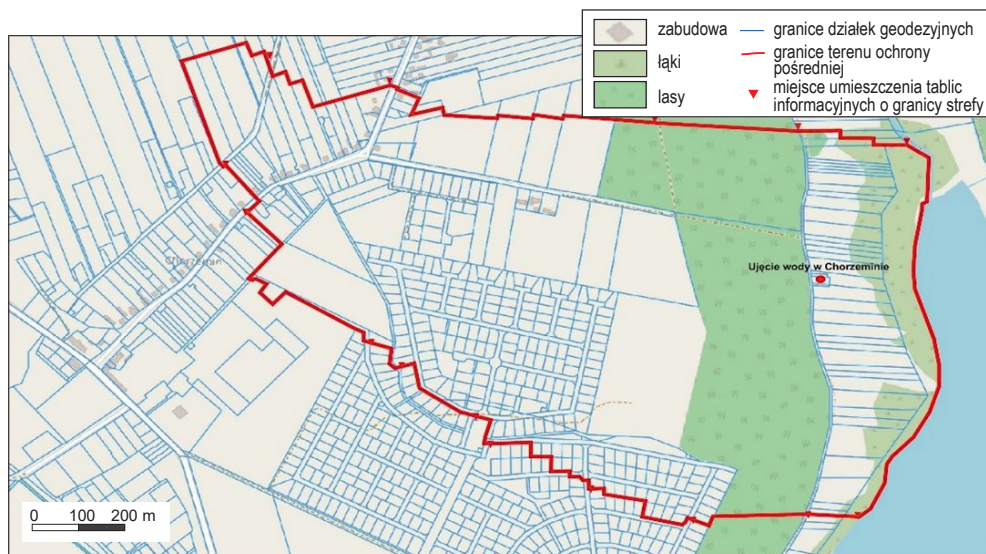
Na podstawie rozpoznania warunków zasilania ujęcia przy poborze odpowiadającym pozwoleniu wodnoprawnemu przyjmuje się, że powinna to być strefa ochronna wód podziemnych. Nie przewiduje się natomiast objęcia strefą rzeki Dojcy i Jeziora Wolsztyńskiego.

Strefę ochronną wód podziemnych, w porozumieniu z Użytkownikiem ujęcia projektuje się na pobór wód w wielkości 17,12 m³/h.

Podstawę wyznaczenia granic strefy ochronnej stanowią prognozy systemu wodonośnego w rejonie i w otoczeniu ujęcia opracowane na modelu matematycznym. Na modelu tym wyznaczono obszar zasilania i obszar zasobowy ujęcia oraz izochrony czasu dopływu wody do ujęcia (rys. 23). Na podstawie tych danych ustalono, że granica strefy będzie pokrywać się z wyznaczonym obszarem zasilania poza niewielkim fragmentem tego obszaru, gdzie czas dopływu wody do ujęcia przekracza 25 lat.

Granice strefy w nawiązaniu do granic obszaru zasilania i wyznaczonej izochrony 25 lat poprowadzono tam gdzie było to możliwe, uwzględniając również przebieg elementów topograficznych z uwzględnieniem podziału na działki własności gruntu (rys. 26). Wyznaczona strefa obejmuje teren rynny glacialnej, na której usytuowane jest ujęcie, a jej wschodnia granica dochodzi do zachodniego brzegu rzeki Dojcy i Jeziora Wolsztyńskiego.

W obrębie strefy znalazły się również fragmenty kompleksu leśnego przebiegającego na zachód od rynny glacialnej, a dalej pola orne oraz fragmenty zabudowy wsi Chorzemin. Na granicy strefy w miejscach jej przecięcia z drogami oraz w innych charakterystycznych punktach zaprojektowano ustawienie tablic zawierających informację o ustanowieniu strefy



Rys. 26. Mapa zasięgu strefy ochronnej ujęcia w Chorzele

ochronnej. Tablice powinny być wykonane zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2019 r. w sprawie wzorów tablic informacyjnych o strefie ochronnej ujęcia wody (Dz.U 2019 poz. 1217).

W obrębie projektowanej strefy znajduje się teren ochrony bezpośredniej ujęcia ustanowiony decyzją Państwowego Gospodarstwa Wodnego Wody Polskie Zarządu Zlewni w Gorzowie Wielkopolskim z dnia 13.11.2019 r. (Znak PO.ZUZ.1.4100.184.2018.KO).

Propozycje zakazów, ograniczeń i nakazów

Teren ochrony bezpośredniej.

Ustanowiony teren ochrony bezpośredniej jest ogrodzony siatką stalową i urządzony zgodnie z zasadami dotyczącymi zagospodarowania terenów ochrony bezpośredniej, zawartych w ustawie Prawo wodne. Na ogrodzeniu jest umieszczona tablica informująca o ustanowieniu strefy ochronnej i zakazie wstępu osób nieupoważnionych.

Teren ochrony pośredniej.

Na terenie ochrony pośredniej zgodnie z art. 130 ustawy Prawo wodne zakłada się wprowadzenie zakazów, nakazów i ograniczeń.

Zakazuje się lub ogranicza:

- wprowadzanie ścieków do wód lub do ziemi, w tym utylizację ścieków za pomocą drenaży rozsączających;
- rolnicze wykorzystanie ścieków lub osadów ściekowych;
- przechowywanie lub składowanie odpadów promieniotwórczych;
- stosowanie nawozów oraz środków ochrony roślin w zakresie stosowania płynnych nawozów organicznych i środków ochrony roślin na terenie doliny rzeki Dojcy.

Na pozostałym terenie strefy zakazuje się stosowania środków ochrony roślin z wyłączeniem środków dopuszczalnych do stosowania w strefach ochronnych ujęć wody na podstawie odrębnych przepisów. Zakazuje się stosowania nawozów sztucznych i natu-

ralnych w dawkach przekraczających zalecenia nawozowe zawarte w Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi *zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowego sposobu stosowania nawozów oraz prowadzenia szkoleń z zakresu ich stosowania* (Dz.U. 2018 poz. 1438);

- gromadzenia i przechowywania na polach podłoża po produkcji pieczarek;
- budowę nowych dróg, linii kolejowych, lotnisk i lądowisk, z wyłączeniem dróg osiedlowych na terenie projektowanego osiedla;
- wykonywanie urządzeń melioracji wodnych oraz wykopów ziemnych;
- lokalizowanie zakładów przemysłowych oraz ferm chowu i hodowli zwierząt;
- lokalizowanie magazynów produktów ropopochodnych oraz innych substancji, a także rurociągów do ich transportu;
- lokalizowanie składowisk odpadów niebezpiecznych, innych niż niebezpieczne i obojętne oraz obojętnych, stosowanie popiołów i żużli do utwardzenia nawierzchni gruntowych;
- urządzenie parkingów, obozowisk oraz kąpielisk i miejsc okazjonalnie wykorzystywanych do kąpieli;
- mycie pojazdów mechanicznych;
- lokalizowanie nowych ujęć wody;
- lokalizowanie cmentarzy oraz grzebania martwych zwierząt;
- wydobywanie kopaliny;
- wykonywanie odwodnień budowlanych lub górniczych;
- lokalizowanie budynków mieszkalnych oraz obiektów budowlanych związanych z turystyką, a w szczególności zakazuje się lokalizowanie budynków i obiektów budowlanych związanych z turystyką i rekreacją na terenie doliny rzeki Dojcy. Istnieje możliwość budowy pojedynczych budynków mieszkalnych podłączonych do kanalizacji na pozostałym terenie strefy;
- urządzenie przyzmy kiszonkowych bez uszczelnionego podłoża i drenażu odcieków;
- lokalizowanie nowych przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko zgodnie z aktualnymi przepisami – Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. *w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko* (Dz.U. 2019 poz. 1839);
- składowanie opakowań po nawozach i środkach ochrony roślin;
- stosowanie i składowanie chemicznych środków zimowego utrzymania dróg;
- na terenie planowanego osiedla mieszkaniowego należy maksymalnie ograniczyć stosowanie nawozów i środków ochrony roślin, a także spalanie węgla i drewna. Należy również ograniczyć wielkość powierzchni utwardzonych blokujących infiltrację wód opadowych. Czyste wody opadowe powinny być wprowadzone do gruntu.

Ocena planowanego efektu ekologicznego w stosunku do szacunkowych kosztów proponowanych działań ochronnych oraz oceny wpływu planowanych zakazów, nakazów i ograniczeń na sposób funkcjonowania społeczności lokalnych

Efektem ekologicznym, który powinien być uzyskany w wyniku ustanowienia strefy ochronnej jest przede wszystkim powstrzymanie dalszego pogarszania się jakości wód podziemnych pozyskiwanych z ujęcia oraz poprawa jakości tych wód. Dotyczy to przede wszystkim azotanów, których stężenia dochodzą do 30 mg/l i ze względów zdrowotnych ich stężenie powinno być obniżone przynajmniej do poziomu 20–25 mg/l. Istotne jest również obniżenie stężeń siarczanów i twardości wody. W przypadku dalszego pogarszania się jakości wód ich stężenia mogą bowiem przekroczyć poziom dopuszczalny dla wód do picia.

Ustanowienie strefy jest również istotne w celu wykluczenia lub przynajmniej ograniczenia dopływu do ujęcia mikrozanieczyszczeń, takich jak pestycydy czy farmaceutyki. Zanieczyszczenia takie nie zostały dotychczas wprowadzone (farmaceutyki nie były badane), ale nie można wykluczyć ich pojawienia się na ujęciu.

Ogniskami, z których farmaceutyki przedostają się do środowiska mogą być ścieki odprowadzane z oczyszczalni ścieków komunalnych, niewłaściwa utylizacja na składowisku niewykorzystanych środków farmaceutycznych, rozprzestrzenianie się obornika zwierzęcego, akwakultura, w której farmaceutyki są często dodawane do paszy dla zwierząt.

Ochrona ujęcia w Chorzemiu jest również bardzo istotna ze względu na brak w tym rejonie alternatywnego poziomu wodonośnego, który można by wykorzystać w przypadku całkowitej degradacji jakości wód pozyskiwanych z ujęcia.

W kontekście powyższych efektów ekologicznych koszty ustanowienia strefy, nie licząc kosztów projektowania, obejmą tylko koszty ustanowienia tablic informujących o strefie (szacunkowy koszt – kilkadziesiąt tysięcy złotych). Natomiast wszystkie zakazy, nakazy i ograniczenia nie powinny generować kosztów. Ich podstawą są zasady racjonalnej gospodarki przestrzennej oraz ochrony środowiska, a także zasady racjonalnego stosowania nawozów i środków ochrony roślin zawarte w odpowiednich przepisach i instrukcjach. Powstające w związku z tym pewne utrudnienia dla właścicieli terenów nie powinny w istotny sposób wpłynąć na sposób funkcjonowania społeczności lokalnych.

Monitoring strefy ochronnej ujęcia

Przy obecnym sposobie użytkowania terenu nie zachodzi konieczność zakładania dodatkowych punktów sieci monitoringu jakości wód podziemnych i oddziaływania ognisk zanieczyszczeń.

Za konieczne uznaje się stosowanie zaleceń dotyczących prowadzenia kontroli jakości wody do picia (po uzdatnianiu) zawartych w załączniku nr 3 do Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w *sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi* (Dz.U. 2017 poz. 2294). Zgodnie z treścią powyższego załącznika minimalna częstotliwość pobierania próbek wody przeznaczonej do picia, w przypadku omawianego ujęcia, powinna wynosić:

- do analiz podstawowych – grupa A, 2 próbki w ciągu roku;
- do analiz rozszerzonych z ujęcia wód podziemnych – 1 próbka w ciągu roku.

Zakres wskaźników analizy podstawowej określa załącznik nr 2, pkt. A wymienionego rozporządzenia. Natomiast zakres wskaźników analizy rozszerzonej zawarty jest w punkcie B załącznika.

W ramach monitoringu strefy ochronnej, za konieczne uznaje się prowadzenie kontroli jakości wody surowej z obu studni ujęcia. Jako wystarczające, przyjmuje się wykonywanie badań fizyczno-chemicznych 1 raz w ciągu roku (w maju) o następującym zakresie wskaźników: odczyn, utlenialność, twardość, chlorki, siarczany, jon amonowy, azotyny, azotany, żelazo, mangan, zasadowość, sucha pozostałość.

Monitoring ilości eksploatowanej wody powinien obejmować pobór wód podziemnych oraz położenie zwierciadła wody w obu studniach ujęcia (zwierciadło dynamiczne, zwierciadło statyczne, wydajność studni).

Użytkownik powinien dokonywać pomiarów co najmniej 1 raz w miesiącu, a wyniki pomiarów odnotowywać w książkach eksploatacji studni. Wskazane jest, żeby pomiary były prowadzone w tych samych dniach miesiąca (np. pierwszego dnia każdego miesiąca).

Załącznik 2.2. Ujęcie wód powierzchniowych i infiltracyjnych dla Wrocławia

System zaopatrzenia w wodę Wrocławia to ujęcie infiltracyjne Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji (MPWiK) i wód powierzchniowych (ujęcie brzegowe) rzek Oławy i Nisy Kłodzkiej. Jest to jedno z najstarszych i największych ujęć tego typu w kraju – fotografia 1, zlokalizowane we Wrocławiu i częściowo na terenie gminy Siechnice (powiat wrocławski). Produkcja wody przez Zakład Produkcji Wód (ZPW) Na Grobli (wody infiltracyjne) oraz ZPW Mokry Dwór (wody powierzchniowe) kształtuje się średnio odpowiednio na poziomie ok. 61 tys. m³/d i 65 tys. m³/d. Zasilanie ujęcia infiltracyjnego odbywa się poprzez 63 stawy o powierzchni 59,9 ha oraz wodami rzek Oławy i Odry (fot. 1). Woda poddana procesowi infiltracji pobierana jest dziewięcioma barierami, w których znajduje się 557 studni lewarowych (Szczepiński, 2008; Wcisło i in., 2016). Dodatkowo dla uzupełnienia zasobów wód powierzchniowych uruchomiono w latach 60. ubiegłego stulecia kanał przerzutowy wód z Nisy Kłodzkiej. Ujęcie posiada w pełni zautomatyzowaną sieć obserwacyjną 18 piezometrów oraz kilka profili badawczych piezometrów dla poszczególnych barier studni.



Fot. 1. Fragment terenów wodonośnych MPWiK Wrocław – widoczne stawy infiltracyjne (zdjęcie z zasobów i za zgodą MPWiK Wrocław)

Pozwolenie wodnoprawne wydane decyzją Starosty Powiatu Wrocławskiego z sierpnia 2015 r. zezwala na szczególnie korzystanie z wód, które obejmuje pobór wód z rzeki Oławy i Nisy Kłodzkiej. Eksploatacja wód z ujęć infiltracyjnych odbywa się za pomocą dziewięciu grup studni lewarowych i piętrzenie wód rzeki Oławy. Pozwolenie uprawnia do poboru wód powierzchniowych średniodobowo w ilości 163 tys. m³, a dla ujęcia infiltracyjnego 72,73 tys. m³. Decyzja o 20-letnim okresie ważności obłożona jest 18 warunkami dotyczącymi utrzymania urządzeń wodnych, jazów, rowów i stawów infiltracyjnych, pomiarów ilości wody, prowadzenia monitoringu wód powierzchniowych i podziemnych itp. W uzasadnieniu stwierdzono, że pobór wód nie wpływa na zmianę istniejących stosunków wodnych oraz, że pozwolenie nie naruszy poziomu równowagi biologicznej na obszarach Natura 2000.

Strefa ochronna ujęcia

Ujęcie wody powierzchniowej posiada ustanowioną strefę ochronną, którą stanowią tereny ochrony bezpośredniej i pośredniej, opracowane i przedstawione w operacie stref ochronnych (Tułaza i in., 2012). Została ustanowiona na podstawie Rozporządzenia nr 1/2013 Dyrektora RZGW we Wrocławiu z dnia 4 lutego 2013 r. w sprawie ustanowienia strefy ochronnej ujęcia wody powierzchniowej dla miasta Wrocławia zlokalizowanej na terenie miasta Wrocław obejmuje powiaty: wrocławski, oławski w województwie dolnośląskim oraz powiat brzeski w województwie opolskim. Teren ochrony bezpośredniej ujęcia wody i dla barier studni obejmuje powierzchnię 1111,95 ha, natomiast teren ochrony pośredniej składa się z dwóch obszarów o powierzchni 2685,00 i 41,63 ha. Sposób ochrony wód regulują odpowiednie nakazy i zakazy. Teren ochrony bezpośredniej jest oznakowany za pomocą tablic informacyjnych.

Sposób monitoringu pracy ujęcia i stanu zasobów wodnych

Na terenach wodonośnych funkcjonuje nowoczesna sieć monitoringu wyposażona w rejestracje parametrów wód podziemnych i powierzchniowych w czasie rzeczywistym. Wody na dopływie ujęcia brzegowego podawane są codziennym analizom chemicznym w zakresie 12 parametrów (Lemitor, 2015).

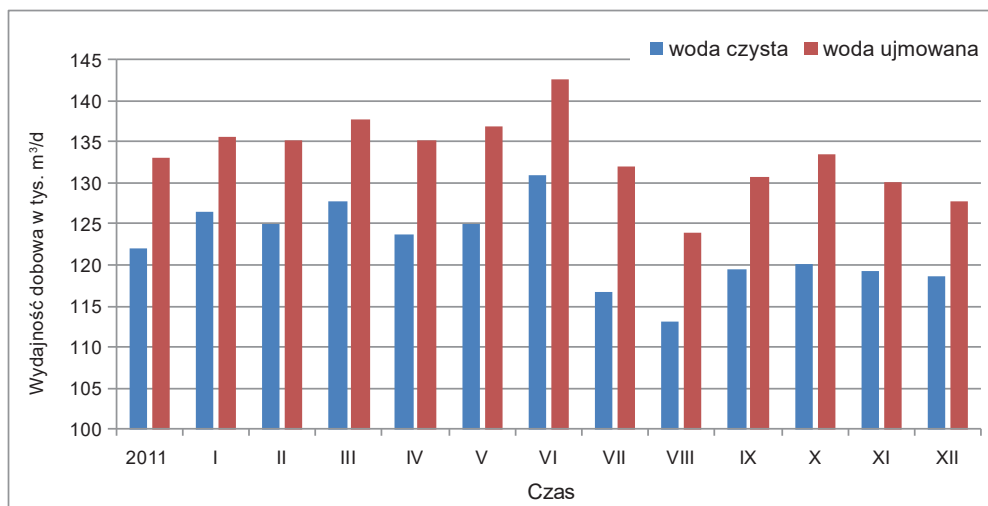
Monitoring wód powierzchniowych rzeki Oława wykazuje, że stan ekologiczny JCWP PLRW600019133499 jest zły, natomiast pod względem elementów fizykochemicznych wody zlewni Oławy wykazują stan dobry. Monitoring wód powierzchniowych opisano na podstawie klasyfikacji stanu ekologicznego i chemicznego JCWP w przekrojach rzek Oławy (PLRW600019133499) i Zielonej (PLRW6000161334899). Rzeka Oława od Gnojnej do Odry oraz rzeka Zielona wykazywały stan chemiczny poniżej dobrego i klasę elementów biologicznych – IV. Monitoring badawczy wykazywał niekorzystny wpływ obiektów przemysłowych na jakość wód na terenach wodonośnych.

Przebieg i aktualny stan eksploatacji wód

MPWIK zaopatruje w wodę zarówno miasto, aglomerację miejską Wrocławia, czyli ponad 680 tys. mieszkańców oraz liczne zakłady i przedsiębiorstwa. W latach 2010–2020 pobierano 120–145 tys. m³/d wód powierzchniowych. W wyniku procesów uzdatniania produkcja wody czystej zmieniała się w zakresie 110–134 tys. m³/d, z czego średnie dobowe pobory wód z ujęcia infiltracyjnego kształtowały się w przedziale 79–53 tys. m³/d. Zmiany sezonowe ilości dostarczanej wody ilustruje rysunek 27. Maksymalne pobory w aglomeracji miejskiej Wrocławia przypadają na maj–czerwiec (ok. 125–130 tys. m³/d), a najniższe notowane są od sierpnia do grudnia (średnio 105–120 tys. m³/d).

Charakterystyka obszaru zasilania ujęcia

Powierzchnia zlewni rzeki Oława wynosi 957 km². Średni przepływ rzeki wynosi 1,41 m³/s, a niski 0,4 m³/s. Natomiast tereny wodonośne obejmują powierzchnię 1026 ha, z czego 641 ha na terenie gminy Siechnice w dolinie rzek Oławy i Odry. Składają się na skomplikowany system ujęcia brzegowego, osadnika, rowów melioracyjnych i nawadniających, stawów infiltracyjnych, jazów, słuz, wałów przeciwpowodziowych oraz studni lewarowych. Ujmowanie wód powierzchniowych odbywa się za pomocą pięciu jazów, dwóch upustów i słuzы wałowej. Tereny wodonośne położone są na polderze Oławka. Ilość substancji stosowanych dla uzdatniania wody wynosi dzienne ponad 5 ton.



Rys. 27. Sezonowe zmiany produkcji wody MPWiK Wrocław

Obszar spływu wody do ujęcia

Obszar spływu do ujęcia infiltracyjnego jest dobrze rozpoznany i został określony między innymi za pomocą badań modelowych. Badania numeryczne wykazały maksymalną możliwość eksploatacji 65 287 m³/d wód, przy znacznych depresjach powodujących zmiany składu chemicznego (rys. 28). Oznacza to ograniczone zdolności produkcyjne warstwy wodonośnej (Szczepiński, 2008; Wcisło i in., 2016), podczas gdy w niewielkiej odległości od granic miasta (w rejonie Oleśnicy i Bogdaszowic) znajdują się bardzo zasobne struktury wodonośne. Mogą one pokrywać w znacznej mierze zapotrzebowanie miasta w czyste oraz bezpieczne wody.

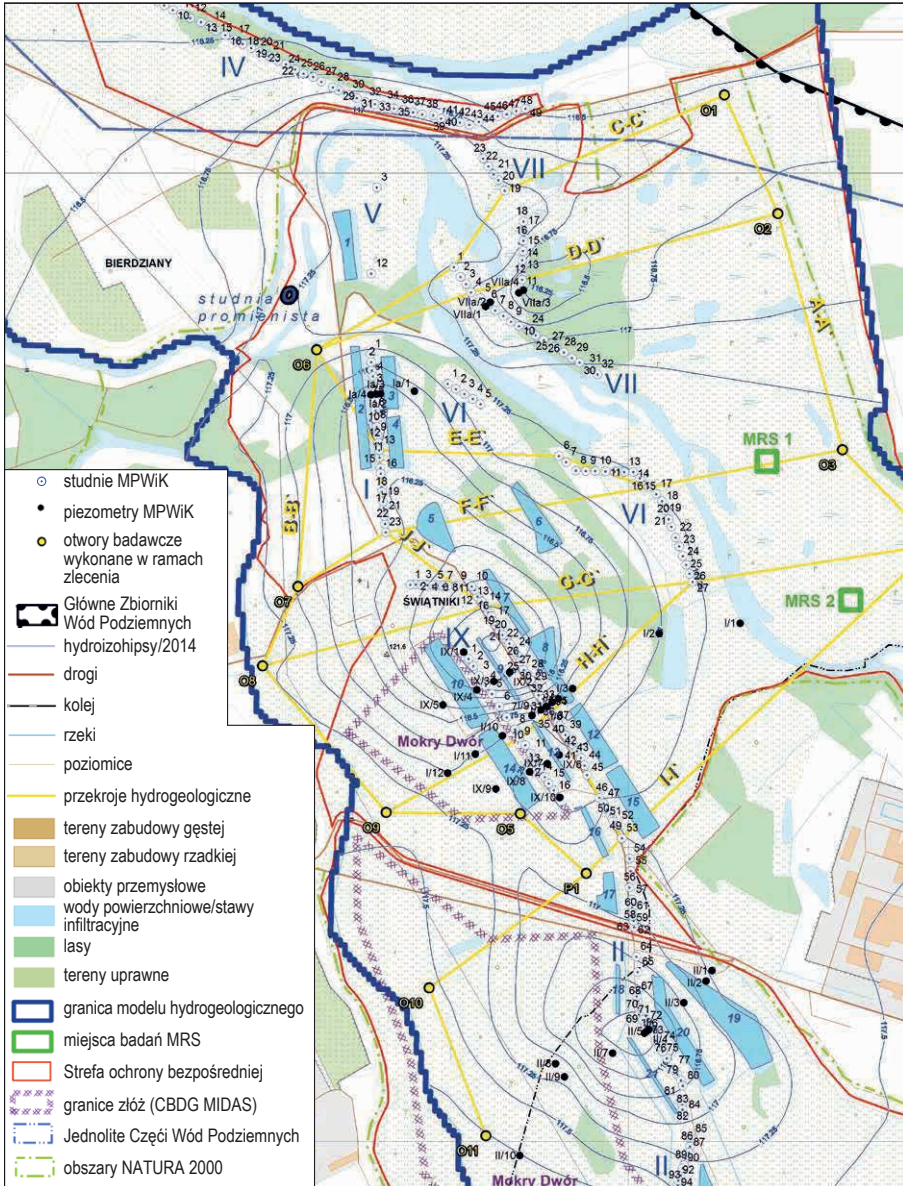
Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

W budowie geologicznej terenów wodonośnych biorą udział osady holocenu i plejstocenu o miąższości do 46 m, głównie glin moreny dennej o miąższości 40–50 m. Piaszczysto-żwirowe osady tworzą górną warstwę o miąższości 6–13 m. Poniżej, do głębokości 168–174 m, stwierdzono osady pliocenu i miocenu o miąższości 90–150 m. Podścielają je, rozpoznane do głębokości 402 m, osady triasu reprezentowane przez osady kajpru, wapienia muszlowego i pstrego piaskowca. Na znacznych fragmentach terenu występują niezbyt miąższe namuły, osady glin piaszczystych i ilaste pokrywy oraz lokalnie nasypy antropogeniczne (Mroczkowska, Michniewicz, 1974; Winnicka, 1988; Sobol i in., 2007; Goldsztejn i in., 2009; Wojewoda i in., 2015).

Na terenach wodonośnych wody podziemne występują w warstwie plejstocenu o niskiej miąższości 6,4–8,2 m, jedynie lokalnie do 13,4 m (Wojewoda i in., 2015). Współczynnik filtracji utworów przepuszczalnych wynosi 30–50 m/d, średnio ok. 40 m/d. Swobodne zwierciadło wód układa się na głębokościach od 0,8–1,2 m w dolinach Oławy do 2–3,5 m w rejonach podniesionych. Przepływ wód podziemnych następuje zgodnie z biegiem doliny Oławy i ku Odrze. Zasilanie wód podziemnych pochodzi głównie ze sztucznej infiltracji z rowów i stawów (z prędkością ok. 0,151 m/d) oraz w drugiej kolejności z opadów atmosferycznych (Koślacz, 2002).

Podatność naturalna poziomów wodonosnych na zanieczyszczenie

Z Mapy hydrogeologicznej Polski arkusz Wrocław (Żuk, 2000) oraz Mapy wrażliwości wód podziemnych Polski na zanieczyszczenie (Witczak, 2011) wynika, że opisywany płytki poziom wodonosny jest bardzo podatny na zanieczyszczenie. Brak izolacji pierwszego poziomu wodonosnego oraz znaczna ilość ognisk zanieczyszczenia w otoczeniu, w tym liczne zakłady przemysłowe, stanowią zagrożenie dla jakości wód.



Rys. 28. Modelowanie numeryczne terenów wodonosnych MPWiK Wrocław – mapa ujęcia infiltracyjnego (Stąsko i in., 2016)

Zagospodarowanie przestrzenne i sposób użytkowania terenu

Tereny wodonośne Wrocławia pokrywają 807 działek będących własnością MPWiK oraz dawnego Regionalnego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych, Gminy Miejskiej Wrocław, Zarządu Dróg i Komunikacji, Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa, Gminy Siechnice, Starostwa Powiatu Wrocławskiego, Skarbu Państwa oraz licznych właścicieli prywatnych. Większość terenów wodonośnych stanowią łąki miejscami zakrzewione i zadrzewione w dolinie starorzecza. Na terenie tym odprowadzane są do rowów ścieki (wody popłuczne i drenażowe) powstające na terenie ZPW Mokry Dwór. Wrocławskie tereny wodonośne położone są w granicach dwóch obszarów Natura 2000: obejmujących Grądy w Dolinie Odry o kodzie PLH020017 oraz OSO Grądy Odrzańskie kod PLB020002.

Komentarz

Niezwykle rozległe ujęcie o powierzchni 1026 ha w obrębie 807 działek, położone w znacznej mierze w granicach wielkiego miasta, jest narażone na różnorodne zagrożenia. Skomplikowany system ujmowania oraz rozprowadzania wód powierzchniowych wymaga wysokich nakładów. Podobnie zlewnie rzek Oławy i Nysy Kłodzkiej o łącznej powierzchni powyżej 1000 km², są trudne do efektywnej ochrony. Z tego powodu ujęcia i tereny wodonośne są w wysokim stopniu zagrożone.

Udokumentowane znaczne zasoby wód podziemnych wysokiej jakości w dolinach kopalnych rejonu Oleśnicy i Bogdaszowic, położone w bliskiej odległości od granic miasta, winny być wykorzystane dla zaopatrzenia ludności.

Załącznik 2.3. Ujęcie wód podziemnych źródła Zrecze

Ujęcie wód podziemnych ze źródła Zrecze o powierzchni ok. 200 m² położone w korycie ciekłu od Łagiewnik (dopływ Wschodniej, zlewnia rzeki Czarna) przy drodze Chmielnik–Łagiewniki, jest zlokalizowane w miejscowości Zrecze–Kaczorów w gminie Chmielnik, powiecie kieleckim, województwie świętokrzyskie (fot. 2). Samowypływ wód z neogeńsko–jurajskiego kompleksu wodonośnego skał węglanowych, ma miejsce na rzędnej 220,54 m n.p.m.

Zarządcą wód jest Zakład Usług Komunalnych Sp. z o.o. w Chmielniku powołana w 2011 r., z siedzibą w miejscowości Zrecze, ul. Zrecze Duże 1A.

Aktualny stan techniczny ujęcia

Ujęcie zaopatruje w wody miasta Chmielnik i Busko Zdrój oraz 33 miejscowości w gminie Busko Zdrój i 17 w gminie Chmielnik, jak również 7 w gminie Wiślica w województwie świętokrzyskim. Liczba odbiorców wód wynosi ok. 32 tysiące i obejmuje 11 tysięcy użytkowników w mieście i gminie Chmielnik oraz ok. 20 tysięcy w mieście Busko Zdrój. Wypływ wody o charakterze rozproszonym ze źródła, ujmowany jest z ciekłu przy progu typu tyrolskiego, poniżej źródła. W skład ujęcia wchodzi ponadto piaskownik i komora czerpalna. Woda ze zbiornika wody czystej o pojemności 200 m³ poprzez pompownię i budynek chlorowni dostarczana jest siecią przesyłową o długości 18,9 km do Buska Zdroju.

Stan formalnoprawny

Ujęcie Zrecze posiada pozwolenie wodnoprawne wydane przez Starostę Powiatowego w Kielcach z dnia 7 maja 2015 roku ważne do 2035 r. Decyzja pozwala na szczególne korzystanie z wód podziemnych dla zaopatrzenia gmin Busko, Chmielnik i Wiślica w ilościach maksymalnej wy-

dajności godzinowej 598 m³/h, dobowej 5 969 m³/d i rocznej – 2 178 685 m³/rok. Pozwoleniem objęto również Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej w Busku Zdroju Sp. z o.o. Decyzja nakłada obowiązki utrzymania urządzeń we właściwym stanie techniczno-sanitarnym i prowadzenia pomiarów wydajności oraz jakości wód. Pozwolenie wydano na podstawie Operatu wodnoprawnego (Siemieniec, Siemieniec, 2014).

Zasoby eksploatacyjne ujęcia

Ujęcie posiada zatwierdzone zasoby eksploatacyjne z formacji neogeńsko-jurajskiej decyzją z 26 marca 1974 r. o wydajności 600 m³/h, czyli 166,7 l/s. Dokumentacja hydrogeologiczna z 1973 (Kruczkowski) została zatwierdzona decyzją Centralnego Urzędu Geologii. Wydajność



Fot. 2. Ujęcie wód podziemnych – źródłisko Zrecze gmina Chmielnik

źródłiska badana PIG Oddział Świętokrzyski w latach 1990–1993, wynosiła 648–1008 m³/h (Herman, Prażak, 1996).

Charakter ujęcia

Ujęcie wykorzystuje naturalny wypływ wód podziemnych w źródłisku położonym w strefie nakładania się stref nieciągłości (uskoków i dyslokacji tektonicznych) w utworach neogenu i jury. Jest to jedno z największych ujęć źródła tego typu w kraju.

Strefa ochronna ujęcia

Teren ujęcia od 1990 r. posiadał oznaczone strefy ochrony pośredniej i bezpośredniej opracowane w 1990 r. Nowy projekt stref ochronnych ujęcia wody podziemnej ze źródłiska Zrecze

opracowało w 2000 r. Krakowskie Przedsiębiorstwo Pro Geo (Górka, 2000). Teren ochrony bezpośredniej o powierzchni 1,13 ha jest ogrodzony i oznakowany tablicami informacyjnymi. Podobnie oznaczono teren ochrony pośredniej.

Czas przepływu poziomego wód podziemnych określono wg wzorów analitycznych, dla okresu 30-dniowego i izochrony 25 lat. Teren ochrony pośredniej został podzielony na:

- strefę A – teren ochrony pośredniej wewnętrznej o powierzchni 157 ha;
- strefę B – teren ochrony zewnętrznej o powierzchni 7,5 km².

Przebieg granic ww. terenów ochronnych został wyznaczony na mapach. Na podstawie mapy topograficznej oraz MhP 1:50 000 została wyodrębniona zlewnia morfologiczna OSW o powierzchni 25,5 km². Określono nakazy i zakazy w terenach ochronnych ujęcia. Projekt przedłożono i zatwierdzono w Wydziale Ochrony Środowiska Świętokrzyskiego Urzędu Wojewódzkiego w Kielcach.

Monitoring ujęcia

Ujęcie jest punktem monitoringu lokalnego nr 91 w sieci obserwacyjnej w województwa świętokrzyskiego. Analizy fizykochemiczne wód gromadzone są od 1992 r. Pozwolenie wodnoprawne nakłada obowiązek rejestracji dobowych ilości pobieranej wody oraz wydajności przepływu w cieku przed miejscem poboru raz w miesiącu.

Monitoring lokalny w zakresie i częstotliwości poboru ustalono z powiatowym inspektorem sanitarnym: 22 próbki w roku i 5 próbek przeglądowych w roku.

Brakuje punktów monitoringu w obszarze spływu wód. Najbliżej jest zlokalizowany punkt obserwacyjny w sieci PSH – Chmielnik.

Monitoring stanu zasobów wodonośnych

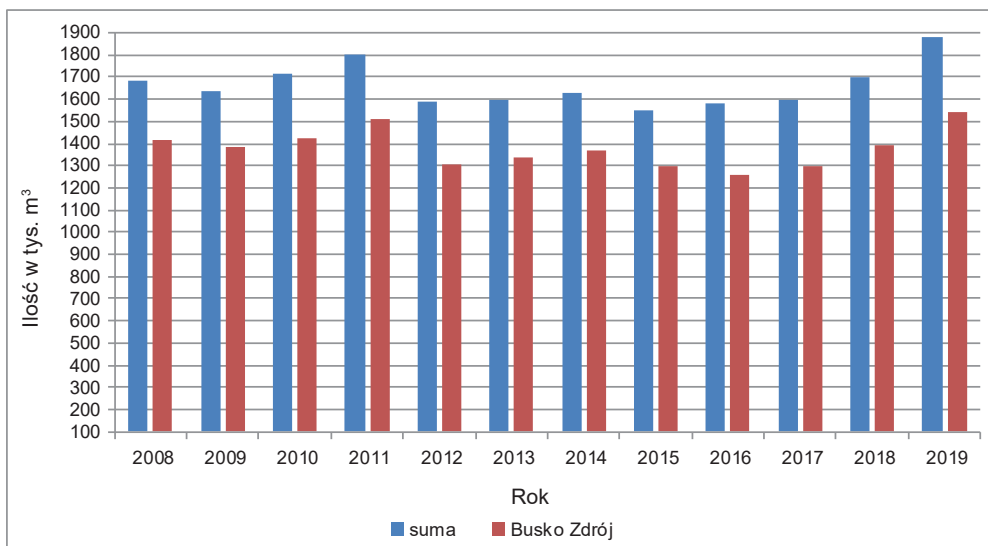
Nie jest prowadzony monitoring ilościowy, ponieważ zasoby eksploatacyjne ujęcia są w niewielkim stopniu wykorzystywane (30%). Ponadto na obszarze zasobowym ujęcia nie ma innych poborów wód, które znacząco wpływałyby na obniżenie dostępnych zasobów na ujęciu (Herbich i in., 2011).

Przebieg i aktualny stan eksploatacji wód

Jak wynika z pozwolenia wodnoprawnego średni pobór w latach 2008–2019 zmienił się od 1 550 tys. m³/rok do 1 877 tys. m³/rok (czyli 4 247–5 143 m³/d lub 177–214 m³/h) i wykazywał nieznaczną tendencję wzrostową. Oznacza to, że pobieranych jest ok. 30 % zasobów wodnych wypływających w źródłisku. Wielkość produkcji wody ilustruje rysunek 29. Znaczący udział w wykorzystaniu wód (83%) mają miasto i gmina Busko Zdrój. Zmiany sezonowe zaznaczają się nieznacznie, bowiem najniższy pobór w lutym wynosi ok. 4 300 m³/d, a maksymalny w lipcu i sierpniu to 4 700–4 800 m³/d. Konsumentami są głównie mieszkańcy Busko Zdrój, obiekty uzdrowiskowe i rolnictwo. Udział odbiorców przemysłowych jest nieznacznym.

Stan ilościowy eksploatowanych wód podziemnych

W okresie eksploatacji ujęcia nie stwierdzono znacznych zmian wydajności. Jak wynika z Dokumentacji hydrogeologicznej (Kruczkowski, 1973) i Dodatku nr 1 do dokumentacji hydrogeologicznej (Szkłarczyk i in., 2006) wahania zwierciadła wód podziemnych, w studniach najbliższej położonych od źródłiska, wykazywały niskie amplitudy mieszczące się w zakresie 0,4–0,9 m. Świadczy to o wysokiej zasobności zbiornika wód podziemnych. Pomiary w sieci obserwacyjnej PSH w blisko położonym punkcie Chmielnik II/377/1 w latach 1982–2017 nie wykazały również zmian położenia zwierciadła wód podziemnych przekraczających 1,5 m. Co potwierdza wysoką zasobność ujętych warstw wodonośnych, pomimo znacznych zmian



Rys. 29. Produkcja wody na ujęciu Zrecze w latach 2008–2019

warunków zasilania i opadów w tych latach. Natomiast, na zachód od ujęcia, obserwuje się obniżenie odpływu z cieków, a nawet ich okresowe wyschnięcie. Należy nadmienić, że w obszarze zlewni przebiega eksploatacja wapiennych surowców skalnych.

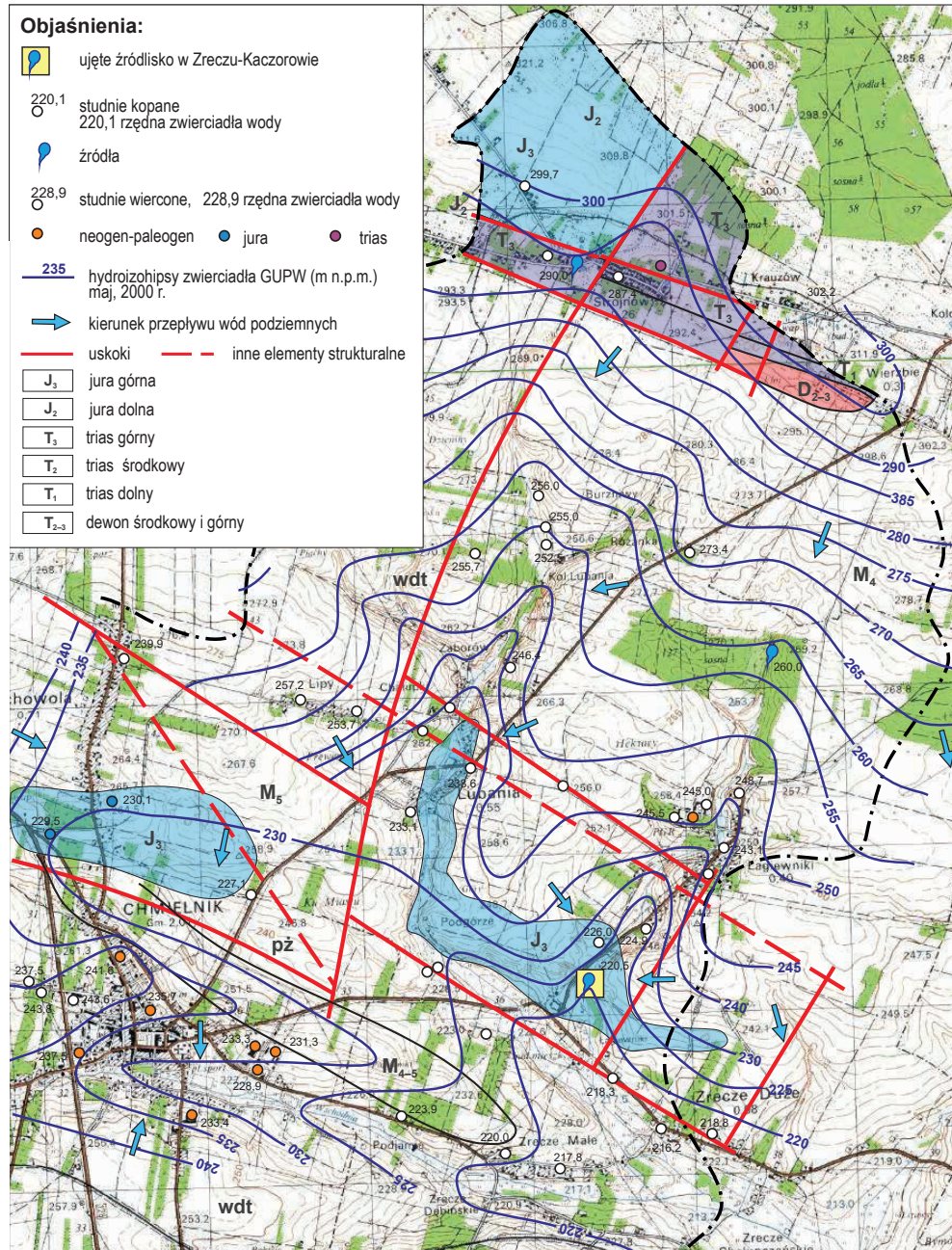
Jakość i stan chemiczny wód podziemnych eksploatowanych na ujęciu

Ujmowane wody wykazują wysoką jakość (przeważa I i II klasa jakości zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej z dnia 7 października 2019 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2019 poz. 2148) i spełniają przyjęte normy dla zaopatrzenia ludności w wody. Zarówno archiwalne analizy składu chemicznego z okresu budowy (1973 r.), jak i lat 90. ubiegłego stulecia wykazywały pH w zakresie 7,3–7,8 i średnią mineralizację, suchą pozostałość w zakresie 286–306 mg/dm³. Zawartości wybranych jonów stwierdzano w zakresach Fe 0,0–0,04 mg/dm³, Cl 6,0–14,0 mg/dm³, NO₃ 1,7–4,9 mg/dm³, SO₄ 16,4–19,4 mg/dm³, Ca 80–95 mg/dm³, Mg 4,8–6,8 mg/dm³. Odnotowano śladowe ilości amoniaku i azotynów. Skład chemiczny jest stabilny. Niemniej jednak, analizy z lat 2001–2019 wzrost zawartości azotanów w wodach podziemnych do ilości 17–24 mg/dm³, co świadczy o wpływach rolnictwa w obszarze spływu wód.

Obszar spływu wody do ujęcia

Obszar spływu w kompleksie wodonośnym węglanowych skał neogeńsko-jurajskich a najprawdopodobniej neogeńsko-jurajsko-triasowych stanowi główne wyzwanie dla tego ujęcia. W pierwszej fazie jego działalności obszar spływu został określony na podstawie zlewni morfologicznej i przedstawiono na załączniku nr 2 do Dokumentacji hydrogeologicznej (Kruczkowski, 1973), a następnie potwierdzone badaniami modelowymi (Szklarczyk i in., 2006 oraz Buszta i in., 2017). Należy jednak pamiętać, że dla zlewni zbudowanej ze skał węglanowych o krasowym charakterze zasięg obszaru spływu znacznie odbiega/przekracza zlewnię morfologiczną. Granice strefy ochrony pośredniej oparto o zasięg występowania ilów krakowieckich. Teren ochrony

bezpośredniej natomiast został wyznaczony w zasięgu 100 m i w związku z tym zaplanowano niezbędne działania ochronne obejmujące: zmianę przebiegu drogi i ciekę powierzchniowego dopływ z Łagiewnik oraz usunięcie gospodarstwa rolnego. Bardziej szczegółowe rozpoznanie obszaru spływu opracowano w ramach operatu wodnoprawnego (Siemieniec, Siemieniec, 2014).



Rys. 30. Mapa zwierciadła wód podziemnych w rejonie ujęcia Zrecze wg Siemieniec, Siemieniec, 2014 (Operat wodnoprawny)

Autorzy na mapie geologicznej odkrytej z elementami hydrogeologii w skali 1:25 000 opracowali układ powierzchni piezometrycznej i na tej podstawie w precyzyjny sposób oznaczyli obszar spływu wód (rys. 30). Taka interpretacja w pełni uzasadnia wyznaczenie OSW i TOP.

Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

Ujęcie jest położone w południowo-zachodnim obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich na pograniczu Niecki Połanieckiej i Synklinorium Szydłowskiego. Formacja wodonośna drenowana przez źródła obejmuje utwory neogenu, jury i najprawdopodobniej triasu. Z mapy geologicznej wynika, iż pod płatami osadów czwartorzędowych zalegają wapienie litotamniowe tortonu, piaski, żwiry oraz piaskowce i ropy sarmatu. Utwory jury górnej to wapienie oolitowe, płytowe i margle. Poszczególne ławice zapadają monoklinalnie na południowy zachód zgodnie z biegiem rzek.

Kompleks wodonośny skał neogeńsko–jurajskich i triasowych stanowi złożony system wodonośny w obrębie skał węglanowych o znacznej porowatości (10–20%). Nakładanie się zjawisk szczelinowatości i rozwijającego na ich podstawie krasu komplikuje środowisko występowania wód podziemnych. Zbiornik wód podziemnych jest bardzo zasobny, świadczą o tym zarówno niewielkie wahania zwierciadła wód podziemnych, jak też niemal stała i wysoka wartość wypływu w źródłisku. Wskaźnik zmienności wieloletniej wynosi 1,63 co klasyfikuje źródłisko jako stałe. Względnie stała i wysoka temperatura wód podziemnych (10,5°C) świadczy o głębokim krążeniu. Dominują zasoby zgromadzone w przestrzeni porowej, a szczelinowatość i zjawiska krasowe mają mniejsze znaczenie. Ponad 40 letnia eksploatacja jest potwierdzeniem tych faktów.

Podatność naturalna poziomów wodonośnych na zanieczyszczenie

Ujęcie w chwili obecnej nie posiada oceny podatności na zanieczyszczenie wód podziemnych. Dotychczas wykonane dokumentacje dotyczące źródłiska nie uwzględniły tego parametru ani z Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000, ani z innych opracowań. Niemniej, jak wynika z Mapy wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie w skali 1:500 000 (Witczak, 2011), obszar ten należy do słabo podatnych na zanieczyszczenie z powierzchni terenu.

Zagospodarowanie przestrzenne i sposób użytkowania terenu

W operacie wodnoprawnym uwzględniono rodzaje zagospodarowania terenu oraz plany i mapy zagospodarowania obszaru zlewni. Ponadto wzięto pod uwagę plany gospodarowania wodami w zlewni, zarządzania ryzykiem powodziowym i skutkom suszy oraz program oczyszczania ścieków. Wykazano, że sposób zagospodarowania terenu, zagrożenie powodziowe oraz skutki suszy nie wpływają negatywnie na obszary podlegające ochronie. Wydaje się więc, że ujęcie jest bezpieczne i mogą jedynie mieć miejsce incydentalne zagrożenia antropogeniczne

Tym niemniej dla ujęcia Zrecze należy opracować analizę ryzyka, która obejmie identyfikację zagrożeń stanu zasobów wodnych ujęcia i ich jakość, ewaluację ryzyka, wybór metody oceny oraz analizę wyników oraz ocenę zagrożeń.

WYKAZ RYSUNKÓW, TABEL I ZDJĘĆ

Rysunki

Rys. 1.	Procedura ustanawiania strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych	13
Rys. 2.	Etapy prac przy wyznaczaniu strefy ochronnej ujęcia wód podziemnych	25
Rys. 3.	Model koncepcyjny obliczania czasu 25 lat wymiany wody w warstwie wodonośnej (Macioszczyk i in., 1993; Duda i in., 2013 zmienione)	34
Rys. 4.	Model koncepcyjny bariery hydrodynamicznej	35
Rys. 5.	Wyznaczanie izochrony 25 lat przy zróżnicowanym czasie pionowego przesączania w otoczeniu poszczególnych studni ujęcia (Szelewicka i in., 2019)	36
Rys. 6.	Przykład wyznaczenia izochrony 25 lat przepływu wody (t_p) w czwartorzędowej warstwie wodonośnej do ujęcia	39
Rys. 7.	Przykład wyznaczenia izochrony 25 lat przepływu wody w czwartorzędowej (I) i neogeńskiej (II) warstwie wodonośnej do studni ujęcia zlokalizowanego w pobliżu rzeki	40
Rys. 8.	Porównanie przebiegu izochrony 25 lat lateralnego dopływu wody do ujęcia i izochrony 25 lat łącznego czasu dopływu pionowego i lateralnego wyznaczającej zasięg TOP (Pasierowska i in., 2019)	41
Rys. 9.	Szkic położenia oraz odległości od studni do punktów charakterystycznych (na podstawie Wysslinga, 1979)	43
Rys. 10.	Graficzne wyznaczenie OSW i TOP (Dąbrowski i in., 2004 zmienione)	45
Rys. 11.	Model koncepcyjny strefy aeracji dla obliczeń czasu przesączania pionowego wody z powierzchni terenu do pierwszej warstwy wodonośnej	49
Rys. 12.	Schemat pionowego przesączania wody przez strefę aeracji oraz przesiąkania przez kompleks słabo przepuszczalny do głębszego poziomu wodonośnego	53
Rys. 13.	Przybliżona ocena wielokrotności opóźnienia (R) migracji zanieczyszczeń organicznych w zależności od stałej podziału oktanol–woda (K_{ow}) oraz zawartości węgla organicznego w gruncie (wg Roberts, Valocchi, 1981 zmodyfikowane przez Małeckiego 2006). 1 – wielkości R , $K_{ow, foc}$ są bezwymiarowe.	54
Rys. 14.	Szczegółowy przebieg TOP na mapie nieruchomości gruntowych (Szelewicka i in., 2019)	57
Rys. 15.	Różnica zasięgów zanieczyszczenia wód podziemnych w wyniku migracji substancji o różnym stopniu reaktywności (Lidzbarski i in., 2016)	63
Rys. 16.	Test na zdolność eksploatacyjną studni	69
Rys. 17.	Ingresja wód morskich do warstwy wodonośnej	82

Rys. 18.	Lokalizacja ujęcia wód podziemnych w Chorzeminie	102
Rys. 19.	Mapa dokumentacyjna obszaru badań modelowych	103
Rys. 20.	Przekrój hydrogeologiczny przez obszar zasilania ujęcia wody w Chorzeminie	104
Rys. 21.	Mapa hydroizohips i warunków brzegowych I modelowej warstwy wodonośnej (poziom wód gruntowych) wg odwzorowania modelowego	105
Rys. 22.	Schemat modelowego systemu wodonośnego	106
Rys. 23.	Mapa obszaru zasilania i obszaru zasobowego ujęcia wody w Chorzeminie	107
Rys. 24.	Mapa hydrogeologiczno-sozologiczna	108
Rys. 25.	Zmiany stężeń wybranych parametrów hydrochemicznych podczas eksploatacji ujęcia Chorzemin	110
Rys. 26.	Mapa zasięgu strefy ochronnej ujęcia w Chorzeminie	112
Rys. 27.	Sezonowe zmiany produkcji wody MPWiK Wrocław	117
Rys. 28.	Modelowanie numeryczne terenów wodonośnych MPWiK Wrocław – mapa ujęcia infiltracyjnego (Staśko i in., 2016)	118
Rys. 29.	Produkcja wody na ujęciu Zrecze w latach 2008–2019	122
Rys. 30.	Mapa zwierciadła wód podziemnych w rejonie ujęcia Zrecze wg Siemieniec, Siemieniec, 2014 (Operat wodnoprawny)	123

Tabele

Tab. 1.	Wpływ wybranych czynników na niepewność parametrów hydrogeologicznych (Duda i in., 2013 zmodyfikowane i uzupełnione)	30
Tab. 2.	Kryteria doboru metody wyznaczania terenu ochrony pośredniej	37
Tab. 3.	Wilgotność objętościowa gleb (W_{og}) typowa dla przyjętych kategorii gleb i ich zdolności ochronne (Witczak i in., 2011)	50
Tab. 4.	Zmienność wartości niektórych właściwości hydrogeologicznych wybranych gruntów i skał (na podst. Witczak i Żurek (1994) zmienione i innych prac)	50
Tab. 5.	Wartości współczynnika γ zależne od stopnia nachylenia terenu (Witczak i in., 2011)	52
Tab. 6.	Zasięg izochrony 30 dni (X) w zależności od wartości parametrów hydrogeologicznych	74
Tab. 7.	Porównanie chemizmu i jakości wód na ujęciu w Chorzeminie w 1983 r. (przed uruchomieniem ujęcia) i w 2019 r.	109

Zdjęcia

Fot. 1.	Fragment terenów wodonośnych MPWiK Wrocław – widoczne stawy infiltracyjne	115
Fot. 2.	Ujęcie wód podziemnych – źródłisko Zrecze gmina Chmielnik	120



ISBN 978-83-68399-14-1