

Identyfikacja wielkości zasilania wód podziemnych z wykorzystaniem nowoczesnych technik modelowych

Krótki opis uzyskanych wyników badań projektu

Badania nad oceną zasilania wód podziemnych polegały przede wszystkim na badaniach modelowych. Metody te jako jedyne integrują wiele różnego rodzaju informacji o systemie wodonośnym oraz jego połączeniu z otoczeniem, co istotnie wpływa na wiarygodność uzyskanych wyników, szczególnie w obszarze silnie przekształconym działalnością człowieka, jak GZWP Gliwice.

Jako pierwszy zbudowano model hydrologiczny SWAT. Na modelu starano się uwzględnić wszystkie czynniki naturalne, które mogą wpływać na składowe bilansu wodnego oraz czynniki antropogeniczne np. zrzuty ścieków. Model SWAT w obliczeniach infiltracji do wód podziemnych uwzględniał opóźnienie przepływu wynikające z przewodności hydraulicznej gleby, z kolei prędkość, z jaką woda opuszczała ostatnią warstwę profilu glebowego i strefy aeracji przesączając się do pierwszej warstwy wodonośnej była uzależniona od położenia zwierciadła wody oraz właściwości hydraulicznych gruntu, zgodnie z funkcją zaproponowaną przez Venetis'a.

Głównym wynikiem uzyskanym z modelu były informacje o potencjalnym zasilaniu wód podziemnych zbiornika gliwickiego. Oszacowana infiltracja wód w poszczególnych miesiącach była bardzo zmienna i wahała się od 2 do ponad 50 mm na miesiąc. Ponadto, ilościowo określono pozostałe elementy bilansu wodnego w zlewni, jak np. spływ powierzchniowy i podpowierzchniowy, parowanie itd., które są odpowiedzialne za ilość infiltrującej wody, jaka ostatecznie może dotrzeć do warstwy wodonośnej.

Rozległy i skomplikowany obszar badań powodował, że najważniejsze informacje o czynnikach, które wpływają na zasilanie wód podziemnych należało analizować na modelu SWAT w mniejszych i bardziej jednorodnych obszarach. Szczegółowa analiza w obrębie zlewni cząstkowych oraz w najmniejszych obszarach modelu tzw. jednolitych częściach hydrologicznych (HRU) wskazuje na dużą dynamikę zmian wielkości zasilania wód podziemnych. Badania modelowe wykazały wyraźną zależność wielkości zasilania od ilości opadów deszczu w poszczególnych miesiącach oraz od zagospodarowania terenu. Na przykład w latach 2007-2010 opady przeważały w okresie od kwietnia do sierpnia (około 50% rocznego opadu). Wówczas na obszarach rolniczych (przewaga gruntów ornych), które stanowią ponad 56% powierzchni GZWP Gliwice, infiltracja wód opadowych do wód podziemnych była niższa w stosunku do obszarów o innym typie zagospodarowania. Przyczyną mniejszej infiltracji do wód podziemnych był przede wszystkim zwiększony w tym czasie pobór wody przez rośliny, które znajdują się w okresie intensywnego wzrostu. Sytuacja odwrotna obserwowana jest wczesną wiosną, przeważnie w marcu, kiedy w wyniku topnienia śniegu po zimie i wczesnego stadium wzrostu roślin zasilanie wód podziemnych jest wyższe na tych obszarach.

Kolejnym przykładem miejsc, w których odnotowano większe zasilanie w okresie zimowym są zwarte połacie lasów. Wytworzony tu mikroklimat powoduje, że temperatura powietrza jest wyższa niż na otwartych obszarach i okres występowania zjawiska przemarzania gruntu jest krótszy. W

konsekwencji, w miesiącach zimowych infiltracja do wód podziemnych zachodzi częściej niż na otwartych terenach rolniczych, gdzie przemarzanie gruntu trwa dłużej, uniemożliwiając przesączenie się wody.

Model SWAT pozwala także na szczegółową analizę wpływu wielu pojedynczych czynników decydujących o zasilaniu wód podziemnych w obrębie pojedynczej zlewni cząstkowej. Na przykład analiza dwóch jednolitych części hydrologicznych w obrębie tej samej zlewni cząstkowej, różniących się między sobą tylko rzeźbą terenu wskazuje, że infiltracja wód opadowych w HRU o nachyleniu terenu powyżej 15% może być nawet o 30% mniejsza w stosunku do HRU charakteryzującej się spadkami terenu w granicach 7-15%

Wyniki uzyskane z poprawnie skonstruowanego modelu SWAT zostały wykorzystane w celu opracowania prawidłowego modelu konceptualnego dla modelu hydrogeologicznego wykonanego w programie FEFLOW oraz posłużyły jako dane do kalibracji tego modelu. Model FEFLOW uzupełnia słabe strony modelu SWAT, dzięki możliwości znacznie dokładniejszego odwzorowania procesów zachodzących w warstwach wodonośnych. Jednocześnie SWAT dostarcza informacji o potencjalnym zasilaniu wód podziemnych i o stratach wód opadowych związanych z innymi procesami zachodzącymi przed infiltracją do wód podziemnych, takimi jak parowanie, spływ powierzchniowy i podpowierzchniowy, pobór wody przez rośliny czy retencja glebowa. Integracja tych dwóch modeli sprzyja więc wytworzeniu efektu synergii, który, dzięki odmiennemu podejściu do wyznaczenia szukanej wartości zasilania wód podziemnych, wpływa znacząco na ograniczenie niepewności uzyskanych wyników.

GZWP Gliwice to zbiornik węglanowy wyznaczony w skałach wapienia muszlowego i retu. Jest zbiornikiem hydrogeologicznie półzakrytym, silnie zuskokowanym, znajdującym się pod silnym wpływem antropopresji. Działalność człowieka uwidacznia się przede wszystkim w intensywnym poborze wód w celu zaopatrzenia ludności i przemysłu w wodę oraz w drenażu wód podziemnych sztolniami na obszarze dawnego wydobywania rud cynku i ołowiu. Wybór modelu FEFLOW jest najbardziej korzystny więc optymalny ze względu na możliwość lepszego odwzorowania tak skomplikowanego obszaru elastyczną siatką opartą na elementach skończonych. Podczas budowy modelu wykorzystano także elementy dyskretne do odwzorowania sztolni, wykorzystując prawo Hagen-Poiseuille.

Przestrzenny rozkład zasilania wód podziemnych w obrębie zbiornika gliwickiego zmienia się w szerokim zakresie od kilku do ponad 300 mm/rok. Najmniejsze wartości zasilania obserwowane są w zachodniej części zbiornika gliwickiego, gdzie utwory wodonośne są przykryte grubą warstwą słaboprzepuszczalnych osadów miocenu oraz w północno-centralnej części zbiornika, gdzie w górnej części profilu triasowych skał węglanowych występują słaboprzepuszczalne utwory warstw miedarskich i boruszowickich. Oszacowane dla tych obszarów zasilanie na modelu FEFLOW zmieniało się w zakresie od 4 do maksymalnie 20-30 mm. Średnie zasilanie z opadów dla całego modelu wynosiło około 74 mm/rok, natomiast największe wartości zasilania wód podziemnych dla GZWP

Gliwice przekraczające 250 mm/rok zostały odnotowane we wschodniej części zbiornika w rejonie Tarnowskich Gór.

Wyniki modelu FEFLOW wskazują, że dominującym elementem zasilania wód podziemnych w zbiorniku gliwickim jest infiltracja wód opadowych, wynosząca w roku 2014 ponad 92 000 m³/d, co stanowi ponad 10% rocznego opadu. W roku 2010, który charakteryzował się ekstremalnie wysokimi opadami (w rejonie badań około 1000 mm/rok) oszacowane zasilanie wód podziemnych wodami infiltracyjnymi było o 25% większe w stosunku do roku 2014 i wynosiło prawie 116 000 m³/d. Należy jednak podkreślić, że w 2010 roku drenaż wód podziemnych w zbiorniku Gliwickim był o ponad 9000 m³/d większy niż w 2014 roku. Zmniejszony drenaż wód związany jest z obserwowanym od lat 90-tych ubiegłego wieku ograniczaniem poboru wody podziemnej na największych ujęciach. Nadal jednak, prawie 60% zasobów dynamicznych ze zbiornika gliwickiego jest wykorzystywana do zaopatrywania ludności i przemysł w wodę.

Znaczny pobór wód podziemnych ze zbiornika sprzyja występowaniu wzbudzonego intensywnego zasilaniu wód podziemnych. Jest to wynik obniżonych ciśnień piezometrycznych w kompleksie wodonośnym triasu, szczególnie w rejonie dużych ujęć, i zwiększonego udziału przesączania z czwartorzędowej warstwy wodonośnej. Wpływ ten został odnotowany między innymi w zachodniej części zbiornika gliwickiego. Zasilanie na tym obszarze, rzędu 4-20 mm/rok, odbywa się poprzez przesączanie przez słabo przepuszczalne utwory miocenu oraz przez dwa okna hydrogeologiczne o łącznej powierzchni około 9 km², które odpowiadają za znaczną część zasilania w tym rejonie. W roku 2010, kiedy 5 studni ujęcia Gliwice-Łabędy w analizowanej części GZWP Gliwice pompowało wody ze średnim wydatkiem prawie 15 tys. m³/d, wzbudzone zasilanie przez okna hydrogeologiczne wynosiło prawie 4000 m³/d (158 mm/rok). Jednak znaczne ograniczenie poboru w roku 2014 do wartości poniżej 5 tys. m³/d spowodowało, że zasilanie przez okna hydrogeologiczne zmalało do około 50 mm/rok co odpowiada 1160 m³/d. Wartość intensywnego zasilania przez okna hydrogeologiczne kompleksu węglanowego triasu w analizowanym obszarze spadła więc aż o 70%.

Bardzo wysokie wartości zasilania wód podziemnych otrzymane we wschodniej części GZWP Gliwice są związane przede wszystkim z dwoma czynnikami. Po pierwsze, jest to obszar, gdzie znajdują się bezpośrednio wychodnie utworów węglanowych triasu na powierzchni terenu lub są one przykryte niewielkiej miąższości przepuszczalnymi utworami czwartorzędu. Po drugie, jest to teren pogórnicy, na którym wydobywano rudy cynku, ołowiu srebra i żelaza. Intensywnie rozwijane przez wiele stuleci górnictwo kruszcowe w rejonie Tarnowskich Gór i na południowy zachód od miasta w nieodwracalny sposób naruszyło i zmieniło właściwości górotworu. Wywołane górnictwem zmiany w udrożnieniu górotworu następowały stopniowo wraz z rozwojem technik wydobywania rud i odwadniania złoża, które umożliwiały schodzenie z eksploatacją coraz głębiej. W efekcie, powstałe zmiany obserwowane są od powierzchni terenu, aż do głębokości kilkudziesięciu metrów. Powstałe pustki po wyeksploatowanym złożu, szyby, szybiki i sztolnie o różnych rozmiarach i na różnych głębokościach stanowią obecnie uprzywilejowane drogi dla infiltracji i przepływu wód podziemnych. Wyniki badań modelowych

wskazują, że obszary charakteryzujące się maksymalnymi wartościami zasilania wód podziemnych wyraźnie nawiązują do miejsc występowania największej gęstości sztolni i szybów. Zasilanie wód podziemnych dla tego obszaru zostało oszacowane na podstawie badań modelowych i wyniosło od 260 mm/rok do ponad 300 mm/rok, co stanowi od 36 do prawie 42% rocznego opadu w 2014 roku. Zasilanie na obszarach przyległych do analizowanego fragmentu jest już znacznie mniejsze i kształtuje się w granicach od 75 na zachodnim obrzeżeniu obszaru pogórniczego do maksymalnie 220 mm/r.

Występowanie w tym obszarze uprzywilejowanej strefy zasilania dodatkowo potwierdzają wyniki uzyskane na podstawie badań znaczników środowiskowych. Pobrane w ramach projektu próby wody do badań zawartości trytu pozwoliły na podstawie otrzymanych wyników obliczyć średni czas przebywania wód w systemie. Wyniki jednoznacznie wskazują, że dla głębokiego ujęcia wód podziemnych "Staszic", którego filtr znajduje się na głębokości od 50 do 170 metrów, oszacowany średni czas przebywania wody wynosi zaledwie 8 lat, co dodatkowo potwierdza wpływ działalności górniczej na sferowanie górotworu. Ponadto, także inne znaczniki środowiskowe m.in. SF₆, TCE i PCE oraz freony oznaczone w obszarze Tarnowskich Gór, w rejonie dawnej aktywności górniczej, potwierdzają szybką wymianę wód.

Powierzchnia GZWP Gliwice w ponad 15% pokryta jest zwartą zabudową miejską i przemysłową. Na obszarze zbiornika znajdują się miasta lub fragmenty miast, takich jak: Gliwice, Zabrze, Tarnowskie Góry czy Pyskowice. Z danych uzyskanych od firm wodociągowych wynika, że straty związane z nieszczelnością sieci wodociągowej i jej awariami w tych miastach oscylują od kilkunastu do 30%. Są to więc znaczne zasoby dodatkowej wody, które zasilają zbiornik. Na podstawie danych z modelu SWAT i FEFLOW udało się ustalić, że w przypadku centrum miasta Tarnowskie Góry dodatkowe zasilanie z sieci wodociągowej wynosi około 25-33 mm/rok. W obrębie całego miasta co najmniej 10% całkowitego zasilania wód podziemnych stanowią ucieczki z sieci wodociągowej. Należy jednak podkreślić, że obliczone wartości związane z urbanizacją mogą być zaniżone ze względu na fakt, iż brak jest informacji o stratach z sieci burzowej i kanalizacyjnej, które również mogą mieć udział w zasilaniu wód podziemnych.

Jedną z dodatkowych składowych zasilania wód podziemnych zbiornika gliwickiego są infiltrujące wody z rzek. Z danych archiwalnych oraz z wykonanych w ramach projektu pomiarów natężenia przepływu wody w ciekach wynika, że infiltracja wód dotyczy głównie rzeki Dramy. W latach 90-tych ubiegłego wieku pobór wód podziemnych ujęciami w pobliżu rzeki był na tyle duży, że przepływ w rzece zanikał. Obecnie sytuacja uległa znacznej poprawie i poza górnym odcinkiem, od ujścia do rzeki wód ze sztolni rzeka ta stale prowadzi wody, aż do ujścia do kanału gliwickiego. Jak wynika z badań modelowych i pomiarów terenowych miejsca, w których dochodzi do infiltracji wód rzeki Dramy to przede wszystkim odcinek za zrzutem wód ze sztolni Czarnego Pstrąga oraz środkowy odcinek rzeki. Dopływające do rzeki w 2014 roku wody z drenażu sztolniami na podstawie pomiarów terenowych i badań modelowych stanowiły około 19 tys. m³/d wody, przy średniej z 10 lat wynoszącej około 25 tys. m³/d, co odpowiada około 18% całkowitego drenażu wód podziemnych ze zbiornika

gliwickiego. Drugim ważnym odcinkiem infiltracji wód podziemnych jest rejon miejscowości Zawada i Karchowice, gdzie ujęcia Zawada, Jelina oraz studnie ujęcia Gliwice-Czechowice pobierając wodę podziemną prowadzą do obniżenia ciśnienia wód podziemnych i ułatwiają tym samym przesączanie wód rzecznych do górotworu. Łącznie dopływ wód powierzchniowych z rzeki Dramy do górotworu na podstawie badań modelowych został oszacowany na około 10 tys. m³/d.

Opisane powyżej wyniki badań modelowych stanowiły zasadniczą część projektu, którego celem było wiarygodne oszacowanie zasilania wód podziemnych na obszarze GZWP Gliwice. Zastosowanie dwóch odrębnych metod modelowych umożliwiło holistyczne ujęcie wielu różnego rodzaju danych i informacji o systemie hydrogeologicznym, wraz z jego powiązaniem z otoczeniem, które wpłynęły na wiarygodność oceny zasilania wód podziemnych.

Dodatkowo w projekcie wykonano obliczenia zasilania wód podziemnych innymi metodami. O wyborze metod decydowała możliwość ich zastosowania dla zbiornika GZWP Gliwice oraz dostępność danych potrzebnych do ich obliczeń. W porównaniu do przeprowadzonych badań modelowych wybrane metody charakteryzują się znacznie mniejszą ilością danych potrzebnych do zgromadzenia na potrzeby obliczeń. Uzyskane na ich podstawie wyniki informują o całkowitej ilości infiltrującej wody bez możliwości określenia poszczególnych składowych zasilania.

Pierwsza z wykorzystanych metod opierała się na analizie wahań zwierciadła wody. W tym celu wytypowano dwa otwory obserwacyjne spełniające założenia metody, gdzie widoczny jest związek wahań obserwowanego zwierciadła wody podziemnej z opadami atmosferycznymi. Pierwszy z otworów - P4 znajduje się na północny wschód od Tarnowskich Gór, drugi, PT-3, w północnej części miasta. Oba piezometry zostały zafiltrowane w wapieniu muszlowym, w warstwach gogolińskich. Długość ciągu obserwacyjnego wahań zwierciadła wód podziemnych była różna ze względu na fakt, że w otworze PT-3 obserwacje zwierciadła były prowadzone dopiero na potrzeby projektu, więc obejmują okres maj 2014 - lipiec 2016, w przypadku piezometru P4 analizowano dane z lat 2006-2015. Głębokość do zwierciadła wód podziemnych jest różna w badanych piezometrach i w PT-3 zmieniała się w granicach 27.4 – 29.2 m p.p.t, natomiast w P4 wahało się w przedziale 15.3 – 21.3 m p.p.t.

Różnica głębokości zalegania zwierciadła wody podziemnej w piezometrach uwidacznia się w opóźnieniu reakcji zwierciadła na zwiększone opady i w amplitudzie wahań. W obu przypadkach najmniejsze zasilanie wód podziemnych, wynoszące ponad 65 i 76 mm/rok, odpowiednio dla P4 i PT-3, zostało odnotowane w roku 2015, co związane jest z ekstremalnie niskimi opadami notowanym w rejonie, na przykład dla posterunku opadowego w Świerklańcu roczna suma opadów atmosferycznych wynosiła wówczas 460 mm/rok. Natomiast w roku 2010, charakteryzującym się ekstremalnie wysokim opadem, zasilanie wód podziemnych obliczone metodą wahań zwierciadła wody dla otworu P4 wyniosło aż 309 mm/rok. Średnia wartość infiltracji efektywnej dla lat 2006-2015, obliczona metodą wahań zwierciadła wód podziemnych dla piezometru P4 wynosi 130 mm/rok. Wartość ta jest porównywalna z wynikami otrzymanymi z modelu FEFLOW. Głównym ograniczeniem stosowalności

tej metody jest brak możliwości przeniesienia otrzymanych wyników o zasilaniu wód podziemnych na cały zbiornik, ze względu na fakt, że warunki hydrogeologiczne, szczególnie w przypadku zbiorników w skałach węglanowych, są bardzo niejednorodne, w tym wartość współczynnika odsączalności, który w głównej mierze decyduje o wynikach zasilania wód podziemnych otrzymanych metodą wahania zwierciadła wód podziemnych. Jednakże, uzyskane dane mogą mieć zastosowanie w skali lokalnej w sąsiedztwie punktu obserwacyjnego, dla którego dokonano obliczeń, co pozwala na miejscową, ale wiarygodną weryfikację poprawności wykonania modeli numerycznych.

Druga metoda obliczenia zasilania wód podziemnych polegała na analizie strefy drenażowej dużych ujęć. W granicach GZWP Gliwice ujęciem, które tworzy rozległą strefę drenażową jest studnia "Staszic" wraz ze sztolniami górniczymi, które łączą się w rejonie ujęcia, by następnie odprowadzić zdrenowane wody z górotworu na północny zachód do rzeki Dramy. Sztolnie drenują poziom wapienia muszlowego podczas gdy studnia drenuje dolną część wapienia muszlowego i ret. Średni całkowity drenaż dla lat 2007-2015 na podstawie danych archiwalnych został określony na około 17 tys. m³/d, z czego średnio 58% wód stanowiły wody ze studni, a 42% wody pochodzące z odwodnienia górotworu sztolniami. Obszar strefy spływu wód, wyznaczony na podstawie wykonanej mapy hydroizohips wynosi około 25 km². Obliczone całkowite średnie zasilanie wód podziemnych na tym obszarze wynosi około 250 mm/rok. Otrzymana wartość świadczy o bardzo dogodnych warunkach zasilania wód podziemnych w obrębie analizowanej strefy drenażowej. Wysoka wartość zasilania wód podziemnych jest związana z występowaniem na analizowanym obszarze w znacznej części sztucznie perforowanego górotworu, w związku z działalnością górniczą w przeszłości. Podobne wysokie wartości zasilania wód podziemnych dla tego obszaru uzyskano także na modelu FEFLOW.

Trzecia metoda polegała na oszacowaniu średniego wieku wód podziemnych w wybranych studniach na podstawie zawartości trytu w wodach. Obliczony wiek wód podziemnych został w kolejnym kroku wykorzystany do obliczenia zasilania wód podziemnych na podstawie wzoru uwzględniającego miąższość strefy saturacji, porowatość matrycy skalnej oraz szczelinowatość systemu wodonośnego. Do obliczeń wieku wód wykorzystano tzw. modele komorowe, w których stężenie znacznika w wodzie eksploatowanej przez studnię zależy od udziału wód o konkretnym czasie przebywania w systemie. W ramach projektu pobrano 12 prób wód ze studni rozmieszczonych na całym obszarze zbiornika Gliwice. Wszystkie studnie charakteryzują się dużą strefą filtrową (od 30 m do 130 m), która sprzyja mieszaniu się wód zasilanych na dużych obszarach i dużej rozpiętości czasu dopływu do studni, dlatego do obliczeń wykorzystano model dyspersyjny ze zróżnicowanymi wartościami parametru dyspersji. Próby pobrano na przełomie 2014 i 2015 r. Obliczony średni wiek zbadanych prób wód podziemnych wynosi od 8 lat w przypadku studni zlokalizowanych w Tarnowskich Górach i Zbrosławicach do ponad 300 lat w studni S-7 ujęcia Gliwice Łabędy, która zlokalizowana jest najdalej od strefy zasilania. Uzyskany wiek wód w studniach znajdujących się w strefie zasilania zbiornika jest bardzo niski zważywszy na dużą głębokość opróbowanych studni oraz dużą strefę zafiltrowania.

Wskazuje to jednoznacznie na duży udział wód młodych, co świadczy o zwiększonym zasilaniu w tym obszarze i dużym znaczeniu wód migrujących uprzywilejowanymi drogami przepływu.

Wielkość zasilania wód podziemnych obliczona na podstawie wieku „trytonowego” jest mocno zróżnicowana w obrębie zbiornika. Najniższe wartości, podobnie jak na modelu hydrogeologicznym, stwierdzono w południowo-zachodniej części zbiornika w studniach ujęcia Gliwice Łabędy (9-14 mm/rok). Najwyższe wartości zasilania obliczono dla wód ze studni zlokalizowanych w Tarnowskich Górach (324 – 743 mm/rok), Zbrośławicach (316 mm/rok) i studniach w Wieszowej oraz Szałszy (380-430 mm/rok). Są to wartości znacznie wyższe od zasilania obliczonego na podstawie modelu numerycznego, a w skrajnych przypadkach wyższe od średnich wysokości opadów z wielolecia wynoszących około 700 mm/rok. Powody uzyskania tak wysokich wyników zasilania mogą być różne w zależności od lokalizacji. W rejonie Tarnowskich Gór górotwór jest znacznie bardziej udrożniony w wyniku działalności antropogenicznej, przez co faktyczne wartości porowatości oraz/lub szczelinowatości mogą się różnić od wartości literaturowych użytych we wzorze na zasilanie.

Dodatkowo, poza harmonogramem zadań w projekcie dokonano porównania zasilania wód podziemnych otrzymanego z modelu SWAT z wartościami obliczonymi na podstawie metody infiltracyjnej w granicach zlewni rzeki Dramy, która przepływa przez obszar zbiornika Gliwice. Obydwie metody badawcze, pomimo odmiennej metodologii, w skali całej zlewni dostarczyły podobnych wyników. Wartość infiltracji efektywnej do pierwszej warstwy wodonośnej w metodzie infiltracyjnej jest mniejsza od wyników z modelu SWAT o około 15%. Jednak analizując otrzymane wyniki dla mniejszych obszarów, jakimi były zlewnie cząstkowe, otrzymane rozbieżności były znaczące. Przyczyną tych rozbieżności są różnice w założeniach metodycznych modelu SWAT i metody infiltracyjnej. Metoda infiltracyjna uzależnia otrzymane wyniki tylko od rodzaju skał przypowierzchniowych, podczas gdy w metodzie SWAT jest to tylko jeden z wielu czynników, który decyduje o ostatecznej wartości infiltracji do wód podziemnych.

Wykonane badania określenia zasilania wód podziemnych wskazują, że w tak skomplikowanym obszarze, jak GZWP Gliwice, najbardziej wiarygodnymi metodami obliczenia zasilania wód podziemnych są numeryczne badania modelowe. Pozwalają one, pomimo pewnych ograniczeń, na najbardziej holistyczne ujęcie czynników wpływających na ostateczną ilość infiltrującej wody do systemu wodonośnego.

Badania wykonano w ramach projektu PRELUDIUM dzięki wsparciu Narodowego Centrum Nauki na podstawie decyzji nr DEC-2012/07N/ST10/03481