

## ZASOBY DYSPOZYCYJNE WÓD PODZIEMNYCH DORZECZY W POLSCE W ŚWIELE ZRÓWNOWAŻONEGO GOSPODAROWANIA WODAMI

### DISPOSABLE GROUNDWATER RESOURCES OF RIVER BASINS IN POLAND IN THE LIGHT OF SUSTAINABLE MANAGEMENT

ANDRZEJ SADURSKI<sup>1,2</sup>, ELŻBIETA PRZYTUŁA<sup>1</sup>

**Abstrakt.** Termin zasoby wód podziemnych wprowadzono do hydrogeologii ponad 100 lat temu przez analogię do stosowanego w geologii złóż pojęcia zasobów kopalin stałych. Określenie to wykorzystano na potrzeby planowania przestrzennego i inwestowania w budowę ujęć wód podziemnych. Dyskusja na temat zasobów wód podziemnych jest ściśle związana z wprowadzaniem nowych metod badawczych w hydrogeologii – najpierw metod analitycznych, następnie metod wykorzystujących modele fizyczne, a obecnie modele numeryczne. Wskazane w Ramowej Dyrektywie Wodnej zasady zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi i ekologiczne potrzeby wodne ekosystemów są przyjęte do obowiązujących planów gospodarowania wodami w dorzeczach i regionach wodnych. Porównanie wielkości dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych z ich aktualnym poborem jest podstawą zrównoważonego gospodarowania rezerwami tych wód. Wielkość zasobów zwykłych wód podziemnych możliwych do zagospodarowania, rozumianych jako suma zasobów dyspozycyjnych (21,4 mln m<sup>3</sup>/d) i perspektywicznych (15 mln m<sup>3</sup>/d), wynosi w Polsce ok. 36,4 mln m<sup>3</sup>/d (wg stanu rozpoznania na 31.12.2015 r.).

**Słowa kluczowe:** zasoby wód podziemnych i ich wykorzystanie, zasoby dyspozycyjne, zasoby gwarantowane, zasoby dostępne do zagospodarowania.

**Abstract.** The term “groundwater resources” was introduced to hydrogeology from economic geology similarly to the resources of ore bodies almost a hundred years ago. It has been used for the need of physical planning, investment in new water intakes, and water management. Discussion on the groundwater resources started in the past after implementation of new methods of their evaluation, e.g. analytical approaches, and physical and then numerical modelling techniques. The ecological aspects of water demand, indicated in the Water Framework Directive, oblige the EU countries to introduce a new idea for the estimation of groundwater resources. This idea is also presented in the water management plans for river catchment areas. Distribution of available groundwater resources in the country and comparison with the groundwater exploitation is the background of proper, sustainable management of its resources. Available groundwater resources of the country, understood as a total amount of disposable and prospective groundwater resources, is 36.4 million m<sup>3</sup>/day (as of December 31, 2015), including 21.4 million m<sup>3</sup>/day of disposable resources, and 15 million m<sup>3</sup>/day of estimated prospective resources.

**Key words:** groundwater resources and their exploitation, disposable groundwater resources, ensured groundwater resources, available resources.

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00–975 Warszawa; e-mail: andrzej.sadurski@pgi.gov.pl, elzbieta.przytula@pgi.gov.pl.

<sup>2</sup> Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń.

## WSTĘP

Zachowanie nadrzędnej zasady zrównoważonego gospodarowania wodami wymaga korzystania z zasobów wodnych w sposób zapewniający ich dobry stan chemiczny, zaspokojenie potrzeb przyszłych pokoleń i ochronę ekosystemów zależnych od wód podziemnych. Zrównoważone gospodarowanie zasobami wód wymaga planowania w obszarze gospodarki wodami, uwzględniające taką alokację wody, żeby zaspokoić popyt, zgodnie z różnorodnym przeznaczeniem. Wskazane w Ramowej Dyrektywie Wodnej (RDW) zasady zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi i ekologiczne potrzeby wodne ekosystemów są uwzględ-

niane w obowiązujących planach gospodarowania wodami w dorzeczeniach i regionach wodnych. Wynika to z wyrażonej w RDW zasady zlewniowego zarządzania wodami, zgodnie z wymogami i standardami Unii Europejskiej (Dyrektywa 2000/60/WE).

Termin zasoby wód podziemnych został wprowadzony do hydrogeologii ponad 100 lat temu przez analogię do stosowanego w geologii złóż terminu zasobów kopalin stałych (Pazdro, 1964; Paczyński, 1972; Kleczkowski, 1978). Dyskusja na temat zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych jest ściśle związana z ewolucją definicji oraz metod ich ustalania (fig. 1).

## ZASOBY WÓD PODZIEMNYCH W SKALI KRAJU

Aktualna definicja zasobów dyspozycyjnych jest następująca: „zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego – będące, z wyłączeniem zasobów dyspozycyjnych solanek, wód leczniczych i termalnych, zasobami wód podziemnych dostępnymi do zagospodarowania, stanowiącymi średnią z wielolecia wielkość całkowitego zasilania wód podziemnych określonego obszaru bilansowego – będącego jednostką hydrogeologiczną, wytypowaną w celu ustalenia zasobów odnawialnych i zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych wraz z oceną

stopnia ich zagospodarowania – pomniejszoną o średnią z wielolecia wielkość przepływu wód, tak aby nie dopuścić do znacznego pogorszenia stanu wód powierzchniowych związanych z wodami podziemnymi i do powstania znaczących szkód w ekosystemach lądowych zależnych od wód podziemnych, a także określonymi z zachowaniem warunku niepogarszania stanu chemicznego wód podziemnych, ustalonymi z uwzględnieniem występującego w obszarze bilansowym przestrzennego zróżnicowania warunków zasilania, występowania, parametrów hydrogeologicznych

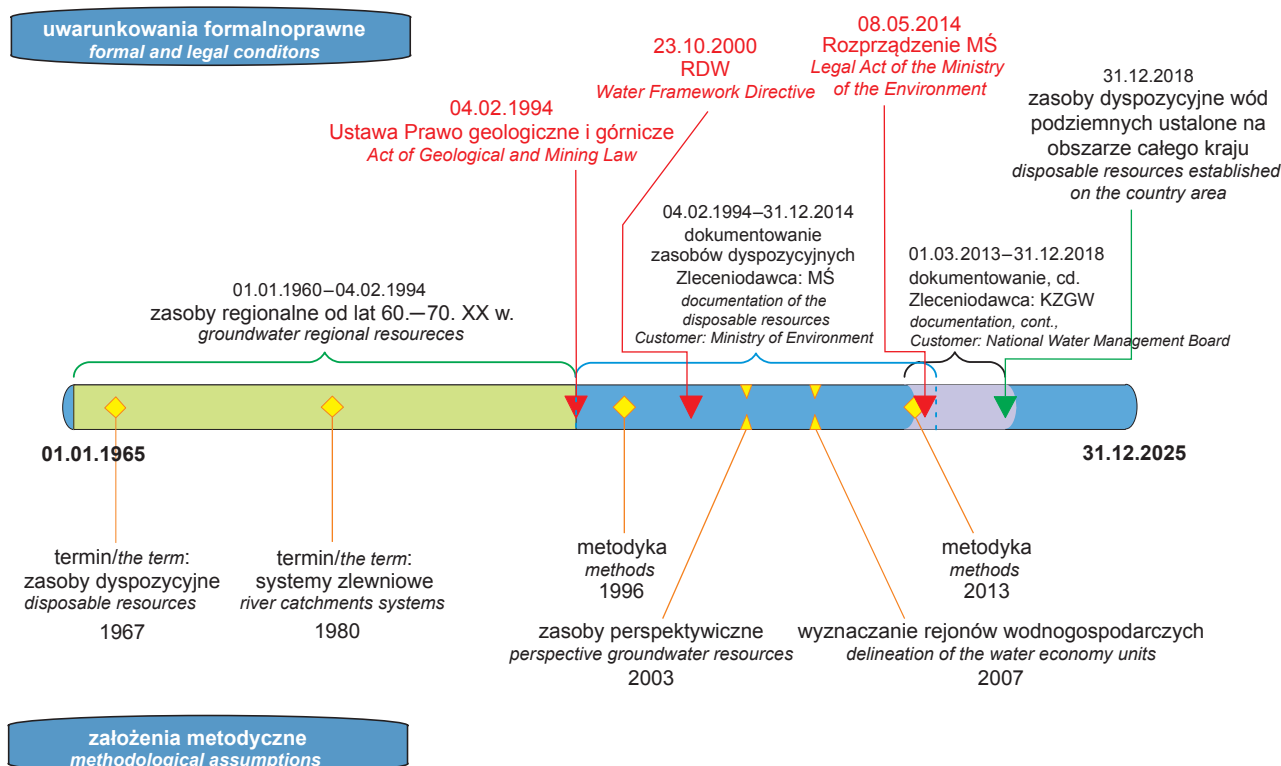


Fig. 1. Etapy w ewolucji definicji zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych i metod ich ustalania

Milestones in the evolution of the definition and estimation methods of groundwater resources

i kontaktów hydraulicznych poziomów wodonośnych, przestrzennego rozkładu środowiskowych i hydrogeologicznych ograniczeń dla stopnia zagospodarowania zasobów oraz przestrzennego rozkładu istniejącego użytkowania wód podziemnych, wyznaczonymi bez wskazywania szczególnej lokalizacji i warunków techniczno-ekonomicznych ujmowania wód” (Rozporządzenie MŚ z dnia 8.05.2014 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej) (fig. 1).

Według słownika hydrogeologicznego (Dowgiałło i in., 2002) termin zasoby wód podziemnych to ilość wód podziemnych traktowanych jako surowiec, wyrażana najczęściej w jednostkach objętościowych na jednostkę czasu, zawarta w zbiorniku wód podziemnych, zlewni podziemnej lub innej jednostce hydrogeologicznej. Ocena ilościowa i jakościowa tych zasobów jest dokonywana dla określonego czasu i na podstawie danych z okresu wieloletniego (Paczyński i in., 1996).

Ramowa Dyrektywa Wodna UE (nazywana także polityką wspólnotową w zakresie gospodarki wodnej), której głównym celem jest utrzymanie i ewentualna poprawa stanu wód w jednolitych częściach wód podziemnych (JCWPd), zawiera termin zasoby dostępne do zagospodarowania. W dużym stopniu odpowiadają one definicji zasobów dyspozycyjnych. W RDW przyjęto jako naczelną zasadę, że zarządzanie zasobami wodnymi jest realizowane w granicach obszarów hydrograficznych (dorzecza – fig. 2 i zlewnie rzeczne). Obszary zagregowanych JCWPd wyznaczonych na początku lat 2000 pokrywają się ze zlewniami rzek. Przyjęto założenie, że duża zlewnia rzeczna jest w przybliżeniu zgodna ze zlewnią podziemną. Stąd odpływ podziemny rzek można wiązać z zasobami odnawialnymi zlewni rzeki, jed-

nak o zróżnicowanym prawdopodobieństwie wystąpienia. Zasoby dyspozycyjne muszą być zatem wyznaczone w sposób, który zapewni gwarancję przepływu nienaruszalnego rzek w wyniku poboru wód podziemnych w zlewniach (Herbich i in., 2013).

W RDW oraz w dyrektywie wód podziemnych podano ogólną definicję zasobów dostępnych do zagospodarowania (rozumianych w kraju jako zasobów dyspozycyjnych), z której wynika, że stanowią one różnicę pomiędzy zasobami odnawialnymi systemu wód podziemnych a wielkością nienaruszalnych przepływów rzecznych. W praktyce sformułowanie to oznacza dostępne do zagospodarowania objętości wód, które stanowią ilość wód podziemnych możliwych do pobrania z systemu hydrogeologicznego stanowiącego obszar bilansowy – bez pogarszania ich stanu chemicznego oraz z zachowaniem pożądanego stanu ekosystemów zależnych od wód podziemnych. Zasoby te są wyrażone w jednostkach objętości na jednostkę czasu. Bilansowym systemem hydrogeologicznym jest zlewnia podziemna rzeki wraz z obszarami spływu wód podziemnych do ujęć znajdujących się w granicach zlewni (Szczepański, 2008).

Właściwe oszacowanie zasobów dyspozycyjnych jest podstawą do oceny zarówno wód zwykłych, jak i w wielu przypadkach także odnawialnych zasobów wód leczniczych i termalnych.

W słowniku hydrogeologicznym (Dowgiałło i in., 2002) występują w odniesieniu do wód podziemnych także definicje zasobów naturalnych, sztucznych, sprężystych, stałych, zmiennych, regionalnych i wzbudzonych. W ostatnim okresie pojawiło się jeszcze dodatkowe pojęcie perspektywicznych zasobów wód podziemnych (ZP), rozumianych jako zasoby ustalane orientacyjnie dla obszaru, dla którego nie przepro-



Fig. 2. Podział Polski na dorzecza (www.kzgw.gov.pl)

River basins in the territory of Poland (www.kzgw.gov.pl)

wadzano jeszcze formalnej oceny zasobów dyspozycyjnych (Herbich i in., 2003; Herbich, 2005).

Prażak, Witczak i Żurek (2001) traktują zasoby dyspozycyjne wód podziemnych w zlewniach rzek o przepływie limitowanym przez odpływ podziemny jako część całkowitych zasobów dyspozycyjnych wodnych na obszarze bilansowym, tj. łącznych zasobów wód powierzchniowych i podziemnych. Dla takich zlewni podstawowym kryterium

oceny zasobów wód podziemnych jest według nich kryterium hydrologiczne, zgodnie, z którym dyspozycyjną część zasobów wód podziemnych na rozpatrywanym obszarze stanowi różnica pomiędzy ich zasobami odnawialnymi a przepływem nienaruszalnym rzeki w profilu kontrolnym z uwzględnieniem kryterium intensywności wymiany wód podziemnych. To podejście jest obecnie powszechnie przyjęte w praktyce hydrogeologicznej (Śmietański, 2006).

## METODY OCENY ZASOBÓW WÓD PODZIEMNYCH

Możliwość oceny zasobów dyspozycyjnych (ZD) wód podziemnych, łącznie ze skutkami hydrogeologiczno-środowiskowymi ich poboru, daje wyłącznie zastosowanie metod modelowania matematycznego procesu filtracji wód podziemnych, co ze szczególnym natężeniem jest widoczne w Polsce w ostatnich latach (Dąbrowski i in., 2004; Śmietański, 2006; Dąbrowski i in., 2011; Dąbrowski, Przybyłek, 2012; Sadurski, Śmietański, 2015).

Punktem wyjścia do oceny ZD na obszarze bilansowym przy użyciu tej metody jest oszacowanie odnawialności zasobów wód podziemnych. Wielkość tej odnawialności jest określona wartością średniego z wielolecia odpływu podziemnego do rzek, który jest przyjmowany najczęściej jako równy średniemu z wielolecia przepływowi niskiemu (SNQ) w korytach rzek. Wartość SNQ jest konkretnym wynikiem pomiarów hydrologicznych, a nie wielkością oszacowaną na podstawie przyjmowanych wskaźników infiltracji. Utożsamiając odnawialność z efektywnym zasilaniem infiltracyjnym Śmietański (2006) zastosował metodę przekształcenia stałoobjętościowego, według której dokonał obliczeń rozkładu tego zasilania w granicach wybranego obszaru bilansowego – zlewni rzeki. Czynniki wagowymi sterującymi rozkładem zasilania są w tej metodzie litologia utworów powierzchniowych i rozkład średniej z wielolecia wysokości opadów.

Po skonstruowaniu deterministycznego modelu matematycznego przepływu wód podziemnych, w którym oszacowano rozkład zasilania, równy odpływowi podziemnemu do rzek, są definiowane kryteria oceny zasobów dyspozycyjnych oraz czynniki wagowe sterujące ich rozkładem. Metodą kolejnych przybliżeń ustala się jaką część zasobów odnawialnych stanowią zasoby dyspozycyjne oraz w jakiej proporcji zasoby dyspozycyjne są rozdzielone pomiędzy modelowane warstwy wodonośne. Rozkład zasobów dyspozycyjnych w poszczególnych warstwach wodonośnych modelu jest obliczany algorytmem przekształcenia stałoobjętościowego (Śmietański, 2006, 2012). Metoda tego przekształcenia wiąże bezpośrednio w procesie obliczeniowym zasoby dyspozycyjne z odpływem podziemnym do rzek, który jest określany na drodze pomiarów hydrologicznych.

Oprócz zasobów dyspozycyjnych, ustalanych na podstawie oceny średniej wieloletniej odnawialności wód podziemnych, funkcjonuje termin zasoby gwarantowane (ZGw), które są określane w cyklu lat o przewadze warunków po-

susznych. W ramach prac państwowej służby hydrogeologicznej (PSH) dla poszczególnych dorzeczy (fig. 2) oszacowano gwarantowane zasoby wód podziemnych, możliwe do zagospodarowania w warunkach o zmniejszonym zasilaniu bilansowanego systemu wodonośnego. Do ich określenia zastosowano metody przybliżonej oceny odnawialnych zasobów wód podziemnych bez modelowego odwzorowania warunków hydrogeologicznych jednostki bilansowej – obszaru bilansowego i rejonu wodnogospodarczego (Herbich, 2005; Herbich, Przytuła, 2012; Przytuła i in., 2013; Filar i in., 2015).

Do oceny cytowanych obliczeń zasobów przyjęto wielolecie 1951–1970, dla którego dysponowano wartościami średniego rocznego przepływu rzeczno pochodzącego z zasilania podziemnego ( $QG_R$ ) dla 185 zlewni (Atlas hydrologiczny Polski, 1986). Podstawę obliczeń stanowiła ocena czasu inercji (CI) systemu wodonośnego zlewni oraz wartości średniego rocznego odpływu podziemnego  $QG_R$  do rzek zlewni reprezentatywnych. Najniższą z wartości odpływu podziemnego – średniego z okresu kolejnych lat równych czasowi CI – traktowano jako wartość odpływu podziemnego reprezentatywnego do ustalenia zasobów gwarantowanych. Potrzeby ekosystemów dolinnych uwzględniono przez zachowanie rezerwy odpływu podziemnego do rzek w wysokości hydrobiologicznego przepływu nienaruszalnego rzeki w przekroju wodowskazowym zamykającym zlewnię (Kostrzewa, 1977), które traktowano jako środowiskowe ograniczenie dla stopnia wykorzystania zasobów wód podziemnych zlewni reprezentatywnej i kolejno rejonu wodnogospodarczego i obszaru bilansowego. Zagadnienie to było przedmiotem cyklu publikacji, prezentujących syntetyczne wyniki prac prowadzonych przez PSH w zadaniu „Ustalenie możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi” (Herbich, Przytuła, 2012; Przytuła i in., 2013; Filar i in., 2015). Wielkość zasobów wód podziemnych możliwych do zagospodarowania, rozumianych jako zasoby gwarantowane, wynosi w Polsce ok. 31,1 mln m<sup>3</sup>/d (tab. 1).

Zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania (ZDG) są ustalane na obszarach bilansowych, tj. wyznaczonych zlewniach rzek, które są w związku hydraulicznym z wodami podziemnymi i obejmują strefy zasilania ujęć wód podziemnych. Podział na obszary

bilansowe nawiązuje do określonego Rozporządzeniem MŚ z dnia 27 czerwca 2006 r. podziału na dorzecza i regiony wodne. Mniejszymi jednostkami, ustalonymi na potrzeby zarządzania gospodarką zasobami wód podziemnych z uwzględnieniem ich wzajemnych związków z wodami powierzchniowymi, w obrębie kraju są rejony wodnogospodarcze. Wydzielono ich 645 (Herbich i in., 2003, 2007), aktualnie ich liczba wynosi 668 w 104 obszarach bilansowych (Biuletyn..., 2015) i stanowią podstawowe jednostki bilansowe wód podziemnych.

Sumaryczna wielkość zasobów zwykłych wód podziemnych możliwych do zagospodarowania, rozumianych jako suma zasobów dyspozycyjnych i perspektywicznych, wynosi w Polsce ok. 36,4 mln m<sup>3</sup>/d (wg stanu rozpozna-

nia na 31.12.2015 r. – fig. 3), w tym blisko 21,4 mln m<sup>3</sup>/d ustalonych jako dyspozycyjne oraz 15 mln m<sup>3</sup>/d oszacowanych jako zasoby perspektywiczne (tab. 1, fig. 4). Procedura standardowa w zakresie przetwarzania danych o zasobach na potrzeby oceny stanu ilościowego wód podziemnych w jednostkach bilansowych (Rozporządzenie MŚ z dnia 6.11.2008 r.) jest wymagana w procesie bilansowej oceny stanu ilościowego wód podziemnych w JCWPd (Dyrektywa 2006/118/WE). Jej wynikiem jest mapa zasobów (w skali 1:500 000) oraz wykaz ustalonych zasobów dyspozycyjnych i zaktualizowanych zasobów perspektywicznych wód podziemnych, sporządzane raz w roku. Natomiast informacja do raportu ministra środowiska dla Sejmu RP jest przygotowana w dwuletnim interwale czasowym.

Tabela 1

**Dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych w podziale na dorzecza i regiony wodne  
(stan na 31.12.2015 r.) (Biuletyn..., 2015)**

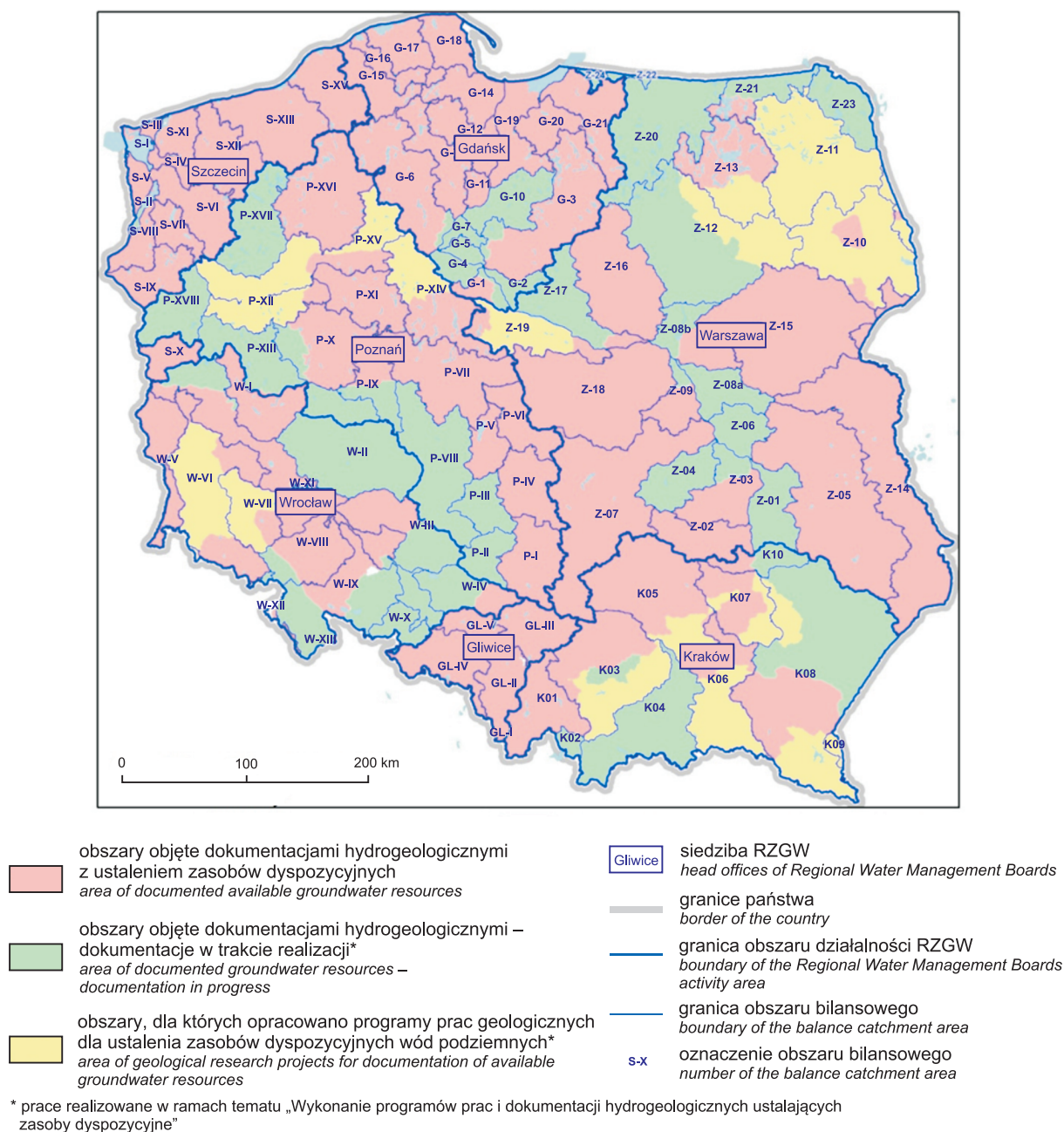
Available groundwater in the individual river basins and water management regions of Poland  
(as of December 31, 2015) (Biuletyn..., 2015)

Dorzecze	Region wodny	Powierzchnia	ZD	ZP	ZDG (ZD+ZP)	ZGw
		[km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /d]			
Dniestru	Dniestru	233,06	0	27 000	27 000	19 872
Dunaju	Czadeczki	24,59	655	0	655	1 728
	Czarnej Orawy	359,67	0	41 000	41 000	37 152
	Morawy	0,71	0	86	86	69
Jarft	Jarft	210,08	0	0	36 155	32 832
Łaby	Izery	47,12	0	5 713	5 713	21 600
	Łaby i Ostrożnicy (Upa)	19,42	0	2 355	2 355	
	Metuje	99,38	0	12 051	12 051	
	Orlicy	72,52	0	8 795	8 795	
Niemna	Niemna	2 515,14	14 694	299 998	314 692	304 956
Odry	Dolnej Odry i Przymorza Zachodniego	20 405,78	2 682 855	18 755	2 701 610	2 596 539
	Górnej Odry	3 829,79	518 962	0	518 962	476 930
	Środkowej Odry	39 299,68	2 497 191	2 070 783	4 567 974	4 427 493
	Warty	54 480,00	3 453 214	3 701 696	7 154 910	6 321 024
Pregoły	Łyny i Węgorapy	7 521,69	72 511	1 226 065	1 298 576	1 100 222
Świeżej	Świeżej	161,41	0	27 779	27 779	16 416
Ücker	Ücker	14,71	2 945	0	2 945	2 765
Wisły	Dolnej Wisły	35 084,10	3 107 412	423 585	3 530 997	3 330 080
	Górnej Wisły	43 110,31	1 521 075	3 033 720	4 554 795	4 281 110
	Małej Wisły	3 942,47	961 879	7 912	969 791	704 160
	Środkowej Wisły	101 039,94	6 626 366	4 054 454	10 680 820	7 426 080
Obszar kraju		312 471,57	21 459 759	14 997 902	36 457 661	31 101 028

Zasoby wód podziemnych: ZD – dyspozycyjne, ZP – perspektywiczne, ZDG – dostępne do zagospodarowania, ZGw – gwarantowane

Groundwater resources: ZD – disposable, ZP – estimated prospective, ZDG – available, ZGw – ensured





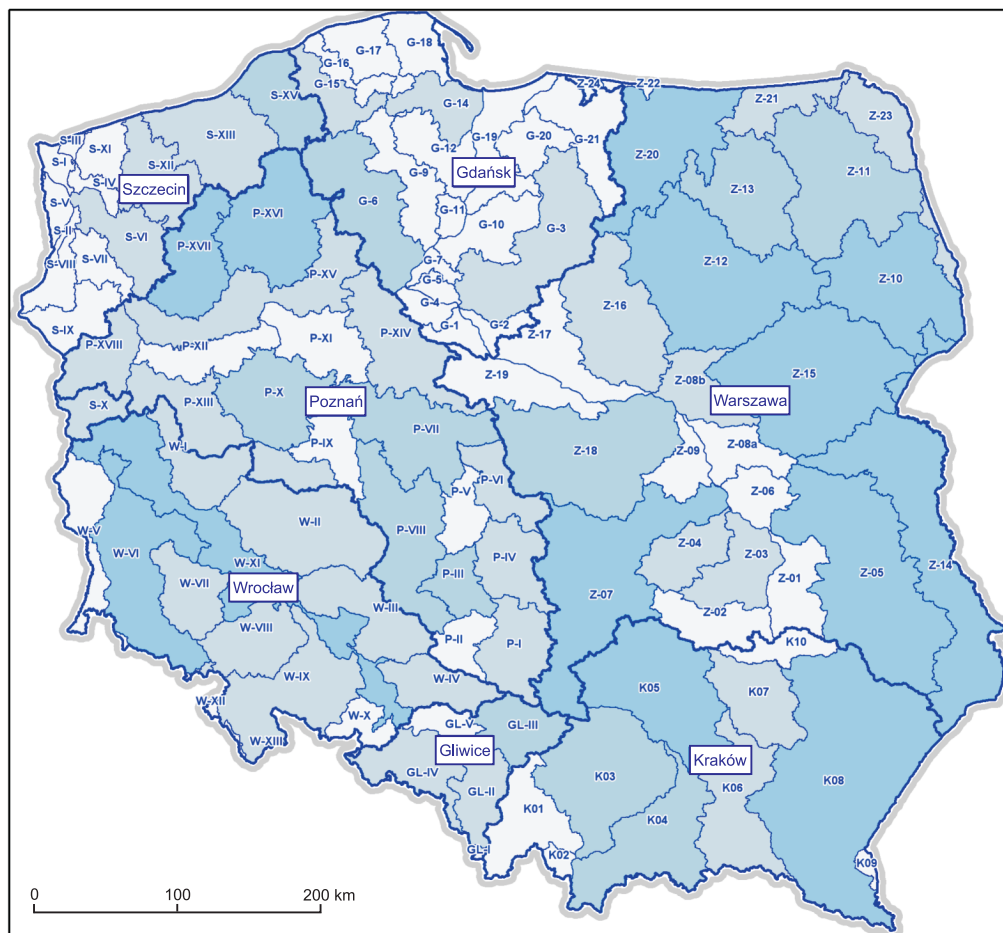
**Fig. 3. Stan rozpoznania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w Polsce na dzień 31.12.2015 r. (Biuletyn..., 2015)**

State of recognition of disposable groundwater resources in Poland, as of December 31, 2015 (Biuletyn..., 2015)

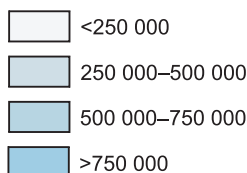
Zasoby odnawialne i dyspozycyjne wód podziemnych są ustalane na podstawie oceny średniej wieloletniej odnawialności wód podziemnych. W dotychczas zrealizowanych dokumentacjach (fig. 1, 3) dobór wielolecia do obliczeń zasobów był determinowany głównie dostępnością danych hydrologicznych (roczniki hydrologiczne i Atlas hydrologiczny Polski (1986)). W aktualnie opracowywanych 40 dokumentacjach hydrogeologicznych, realizowanych od 2013 r. według jednolitej metodyki (Herbich i in., 2013), wielolecie rekomendowanym do oceny odnawialności za-

sobów wód podziemnych jest 30-lecie 1981–2010. W wyniku realizowanego pod nadzorem merytorycznym PIG-PIB przedsięwzięcia dokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w 2019 r. zasoby te będą ustalone na obszarze całego kraju (Przytuła, 2015).

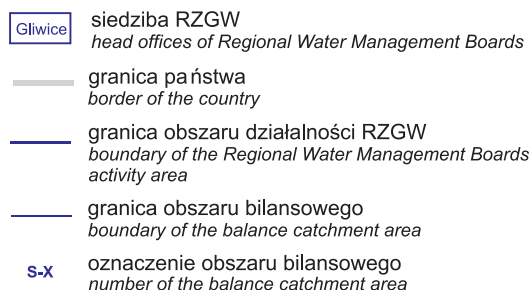
W przygotowywanych dokumentacjach, oprócz oceny zasobów odnawialnych reprezentatywnych dla wielolecia średniego, rekomendowanego w metodyce 30-lecia 1981–2010, wykonuje się również ocenę wielkości zasobów odnawialnych dla okresu posuszego, reprezentatywnego



Suma zasobów dyspozycyjnych i perspektywicznych wód podziemnych na obszarze bilansowym [ $\text{m}^3/\text{d}$ ]:  
Total disposable and prospective groundwater resources in the balance catchment area:



Według stanu na 31.12.2015 r.  
As of 31.12.2015



**Fig. 4. Zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania ustalone jako dyspozycyjne i/lub perspektywiczne (Biuletyn..., 2015)**

Available groundwater resources estimated as disposable and/or prospective resources (Biuletyn..., 2015)

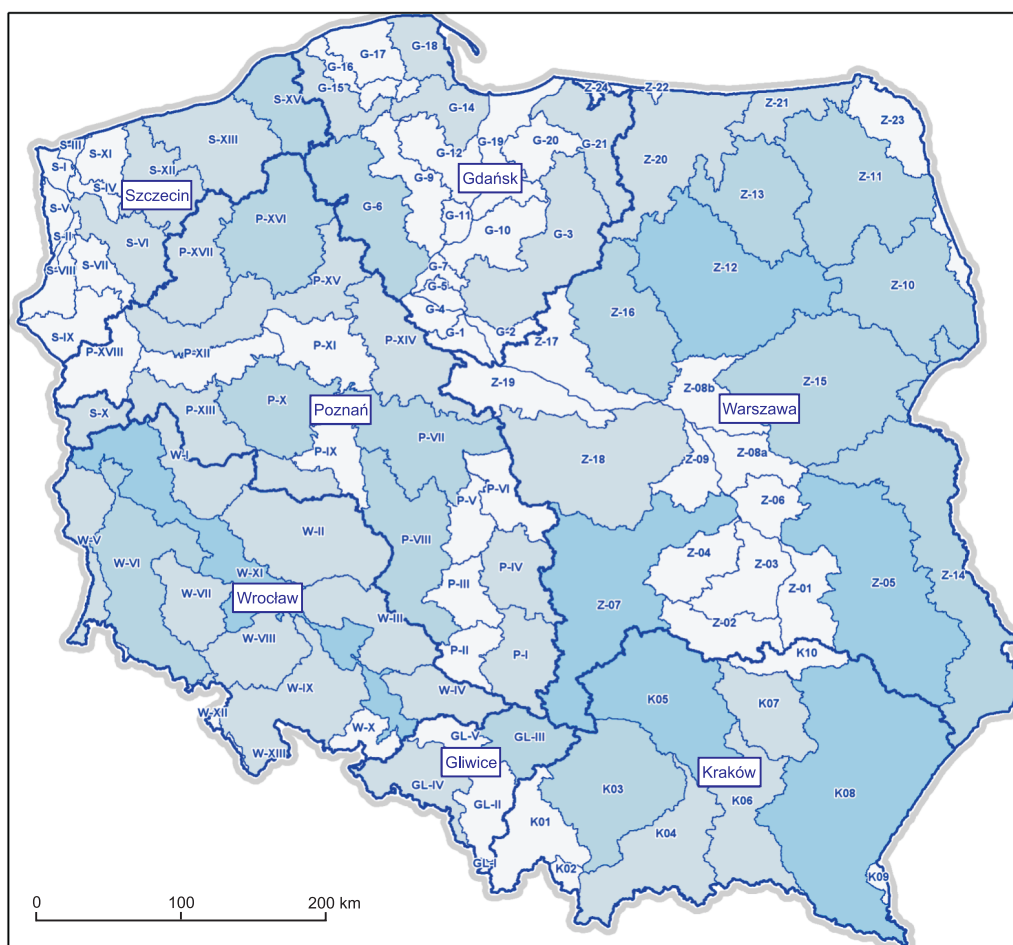
dla okresu o obniżonej odnawialności systemu wodonośnego. W celu ustalenia szacunkowej wielkości zasobów odnawialnych dla okresów posusznych określa się współczynnik zmniejszający zasilanie infiltracyjne w okresach długotrwałych niżówek przepływów w rzekach. Podstawą obliczeń są wartości średnie niskich miesięcznych przepływów SNQ, przedstawiane jako średnie CI – przesuwane z kolejnych wartości średnich rocznych, gdzie CI to wielkość odzwierciedlająca inercyjność systemu wodonośnego (opóźnienie (w latach) dotarcia wód infiltracyjnych

do warstwy wodonośnej). Najmniejsza z wartości SNQ o określonym czasie przesunięcia jest utożsamiana z odpływem podziemnym w okresie posuszny. Na podstawie otrzymanej wartości ustala się stopień redukcji zasilania określonego dla cyklu lat posusznych ( $R$  – współczynnik zmienności zasilania), zmniejszający wielkość zasobów odnawialnych ustalonych dla wielolecia średniego – normalnego. Wprowadzona na modelu korekta zasilania uwzględnia przestrzenne zróżnicowanie zasilania, jednak nie odzwierciedla w pełni okresowego zmniejszenia za-

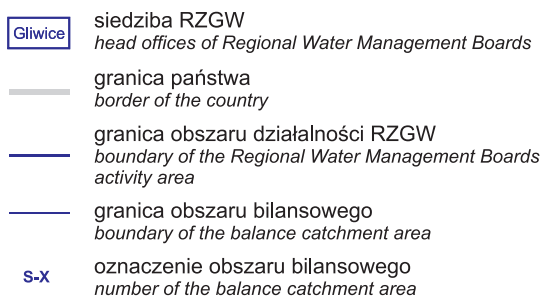
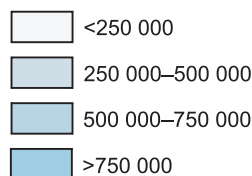
sobów w wyniku mniejszych opadów w okresie posusz-  
nym. Efekt obniżonego zasilania jest równoważony inercją  
systemu wodonośnego, czego nie uwzględnia stacjonarny  
model matematyczny. Zasoby odnawialne dla reprezen-  
tatywnego cyklu posusznego są ustalane w celu kontroli  
stopnia zaspokojenia potrzeb środowiskowych ustalonych  
dla JCWPd, objętych zlewniami na analizowanym obszarze  
bilansowym.

Wyznaczenie zasobów gwarantowanych wód podziem-  
nych dostępnych do zagospodarowania, które określono

uwzględniając kryteria środowiskowe dla warunków dłu-  
gotrwalej niskiej odnawialności, pozwoliło na identyfikację  
zagrożeń dla dobrego stanu ilościowego wód podziemnych,  
dokonywaną na podstawie wyniku bilansu wodnogospodar-  
czego. Wielkość oszacowanych metodami przybliżonymi  
gwarantowanych zasobów wód podziemnych, możliwych  
do zagospodarowania w warunkach o zmniejszonym zasil-  
aniu bilansowanego systemu wodonośnego wynosi w Polsce  
31,1 mln m<sup>3</sup>/d (Herbich, Przytuła, 2012; Przytuła i in., 2013;  
Filar i in., 2015) (tab. 1, fig. 5).



Suma zasobów gwarantowanych wód podziemnych  
na obszarze bilansowym [m<sup>3</sup>/d]:  
Total ensured groundwater resources  
of the balance catchment area:



**Fig. 5. Zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania oszacowane jako gwarantowane (Herbich, Przytuła, 2012; Przytuła i in., 2013; Filar i in., 2015)**

Available groundwater resources estimated as ensured groundwater resources in Poland (Herbich, Przytuła, 2012; Przytuła *et al.*, 2013; Filar *et al.*, 2015)



## PODSUMOWANIE

W dominującej części rejonów wodnogospodarczych, zajmujących łącznie ok. 90% powierzchni kraju, oraz odpowiadającym im obszarach JCWPd występują duże rezerwy zasobów dostępnych do zagospodarowania – stopień wykorzystania zasobów wód podziemnych wynosi tu poniżej 30%. Brak rezerw zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania lub zagrożenie, że może ich nie być występuje na obszarze ok. 1,4% powierzchni kraju – stopień wykorzystania zasobów jest tu powyżej 90%. Są to rejon wodnogospodarcze, w których istnieją **odwodnienia obszarów górniczych**, zwłaszcza węgla brunatnego, kamiennego, rud cynku i ołowiu oraz duża koncentracja ujęć komunalnych w wielkich aglomeracjach miejsko-przemysłowych.

Ocena tendencji zmian zasobów jest prowadzona na podstawie wyników monitoringu wód powierzchniowych

i podziemnych. Realizacja tego zadania i kontrola stanu wód podziemnych wynika z RDW i zadań w niej sformułowanych na potrzeby raportowania do Komisji Europejskiej UE. Procedura ta wymaga sprawnego systemu informatycznego i gromadzenia danych z monitoringu stanu ilościowego i chemicznego zasobów wód podziemnych.

Stosowane obecnie w praktyce hydrogeologicznej metody numerycznego modelowania przepływu wód podziemnych oraz metody hydrologiczne pozwalają na ocenę wielkości i rozkładu zasobów dyspozycyjnych wielowarstwowych systemów wodonośnych. Na podstawie znajomości zasobów odnawialnych (odnawialności zasobów wód podziemnych), metody numeryczne umożliwiają dokonywanie wiarygodnych ocen zasobów dyspozycyjnych (dostępnych do zagospodarowania) wód podziemnych w zlewniach rzecznych.

## LITERATURA

- ATLAS HYDROLOGICZNY POLSKI, 1986. Praca zbiorowa pod kier. J. Stachy. Wydaw. IMGW, Warszawa.
- BIULETYN państwowej służby hydrogeologicznej. Zadania państwowej służby hydrogeologicznej w 2015 r. Synteza. Internet: [www.psh.gov.pl/synteza-psh-2015.html](http://www.psh.gov.pl/synteza-psh-2015.html).
- 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.
- DĄBROWSKI S., PRZYBYŁEK J., 2012 — Ocena prognoz zasobów eksploatacyjnych poprzez porównanie szacunków zasobowych z wynikami długotrwałej eksploatacji ujęć wód podziemnych (studium metodyczne). Bogucki Wydaw. Nauk., Poznań.
- DOWGIAŁO J., KLECZKOWSKI A.S., MACIOSZCZYK T., RÓŻKOWSKI A., (red.), 2002 — Słownik hydrogeologiczny. Wyd. II. PIG-PIB, Warszawa.
- DYREKTYWA 2000/60/WE – Ramowa dyrektywa wodna Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej, Bruksela.
- DYREKTYWA 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu (DzU L 372 z 27.12.2006).
- FILAR S., MORDZONEK G., PRZYTUŁA E., WĘGLARZ D., 2015 — Ustalenie możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi w polskiej części dorzeczy: Dniepru, Dunaju, Jarft, Łaby, Niemna, Pregoly, Świeżej i Ücker. Informator państwowej służby hydrogeologicznej. PIG-PIB, Warszawa.
- HERBICH P., DĄBROWSKI S., NOWAKOWSKI C., 2003 — Ustalenie zasobów perspektywicznych wód podziemnych w obszarach działalności Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej (raport końcowy). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- HERBICH P., 2005 — Zasoby perspektywiczne wód podziemnych – cel ustalenia i metodyka obliczeń dla zlewniowych systemów wodonośnych. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, 12: 261–268. Wydaw. UMK, Toruń.
- HERBICH P., DĄBROWSKI S., NOWAKOWSKI C., 2007 — Wydzielenie rejonów wodnogospodarczych dla potrzeb zintegrowanego zarządzania zasobami wód podziemnych i powierzchniowych kraju. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- HERBICH P., PRZYTUŁA E., 2012 — Ustalenie możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi w dorzeczu Wisły. Informator państwowej służby hydrogeologicznej. PIG-PIB, Warszawa.
- HERBICH P., KAPUŚCIŃSKI J., NOWICKI K., RODZIOCH A., 2013 — Metodyka określania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w obszarach bilansowych z uwzględnieniem potrzeb jednolitych bilansów wodnogospodarczych. Poradnik metodyczny. HYDROEKO, Warszawa.
- KLECZKOWSKI A.S., 1978 — Hydrogeologia ziem wokół Polski. Wydaw. Geol., Warszawa.
- KOSTRZEWA H., 1977 — Weryfikacja kryteriów i wielości przepływu nienaruszalnego dla rzek Polski. Materiały badawcze. IMGW, Warszawa.
- PACZYŃSKI B., 1972 — Metodyczne zasady oceny zasobów wód podziemnych w strukturach regionalnych. Wydaw. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B., MACIOSZCZYK T., KAZIMIERSKI B., MITRĘGA J., 1996 — Ustalenie dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych. Poradnik metodyczny. MŚ, Warszawa.
- PAZDRO Z., 1964 — Hydrogeologia ogólna. Wydaw. Geol., Warszawa.

- PRAŻAK J., WITCZAK S., ŻUREK A., 2001 — Problemy związane z oceną zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w zlewniach rzek o przepływie limitowanym przez odpływ podziemny. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, **10**: 235–243. Wydaw. UWroc., Wrocław.
- PRZYTUŁA E., FILAR S., MORDZONEK G., 2013 — Ustalenie możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi w polskiej części dorzecza Odry. Informator państwowej służby hydrogeologicznej. PIG-PIB, Warszawa.
- PRZYTUŁA E., 2015 — Programy prac i dokumentacje hydrogeologiczne ustalające zasoby dyspozycyjne wód podziemnych dla potrzeb przeprowadzania bilansów wodnogospodarczych oraz opracowania warunków korzystania z wód regionu wodnego i zlewni – założenia metodyczne, stan realizacji przedsięwzięcia. *Prz. Geol.*, **63**, 10/2: 1027–1032.
- ROCZNIKI hydrologiczne wód powierzchniowych. Wydaw. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Rady Ministrów z dnia 27 czerwca 2006 r. w sprawie przebiegu granic obszarów dorzeczy i regionów wodnych (DzU 2006, Nr 126, poz. 878).
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 6.11.2008 r. w sprawie standardowych procedur zbierania i przetwarzania informacji przez państwową służbę hydrologiczno-meteorologiczną oraz państwową służbę hydrogeologiczną (DzU 2008, Nr 225, poz. 1501).
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 8.05.2014 w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (DzU 2014, poz. 596).
- SADURSKI A., ŚMIETAŃSKI L., 2015 — Problem zasobów wód podziemnych. *Prz. Geol.*, **63**, 10/2: 1047–1052.
- SZCZEPAŃSKI A., 2008 — Metodyka modelowanego bilansowania zasobów wód podziemnych w ich zlewniowym zagospodarowaniu. *Biul. Państ. Inst. Geol.*, **432**: 201–208.
- ŚMIETAŃSKI L., 2006 — Studium zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Łeby w świetle badań modelowych [pr. doktor.]. *Nard. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- ŚMIETAŃSKI L., 2012 — Zastosowanie przekształcenia stałoobjętościowego do oceny odnawialności zasobów wód podziemnych wschodniej części Pojezierza Pomorskiego. *Biul. Państ. Inst. Geol.*, **451**: 227–234.

## SUMMARY

There are two terms in Polish hydrogeology, which concern groundwater resources according to the legal act: exploitation resources that refer to water extraction from water intakes, and disposable resources for areas such as a river basin, catchment area, and water economic management region. These resources are established for groundwater bodies, water intakes and for water management authorities in Poland. Many other kinds of groundwater resources are mentioned in the hydrogeological manuals and monographs published in the last fifty years.

Directives 2000/60/EU and 2006/118/EU are oriented towards the Integrated Water Resources Management (IWRM), that means groundwater and surface water resources should be based on the water balance and estimated for the regional circulation systems. The surveying data used in hydrology and hydrogeology are rainfalls, evapotranspiration and outflow of the rivers. The ecological needs of water and especially solicitude of water quality are included in the EU water policy act. This approach to groundwater resources obliges the EU countries to introduce new understanding of groundwater resources, which is introduced to the water management plans for river catchment areas. Distribution of

available groundwater resources in the country and comparison with the groundwater exploitation is the background of proper, sustainable management of its resources. The mean annual outflow of the rivers could be interpreted as renewable groundwater resources. It depends on different probability of its occurrence. River outflow at the state that assure good ecological state of the river allows to estimate the so-called ensured (warranted) groundwater resources of the catchment area (river basin).

Total groundwater resources of Poland exceed 35 million m<sup>3</sup>/day and are distributed among 668 water-economic units. It is shown in [Figures 4 and 5](#). Groundwater resources distributions among 10 river basins in Poland are listed in [Table 1](#). The Vistula and Odra river basins prevail in the country. The groundwater resources exploitation in Poland is less than 30% of total disposable resources. The scarcity of groundwater for water supply occurs only in less than 1.4% of the country area. Ninety percent of groundwater bodies delineated in the country have considerable groundwater reserves, over 70% of the estimated resources. The regional scarcity of groundwater can occur only temporarily during drought, which happened in the last two years.