

## Odnawialność wód podziemnych zlewni prawobrzeżnej Warty, Górnej Noteci i Zgłowiączki w układzie hydrodynamicznym silnie zmienionym odwodnieniami kopalnianymi

Stanisław Dąbrowski<sup>1</sup>, Witold Rynarzewski<sup>1</sup>, Joanna Zachaś-Janecka<sup>1</sup>

**Groundwater renewal in the dynamics system of the right-bank basin of Warta, Górna Noteć and Zgłowiączka rivers strongly affected by mine dewatering.** Pr. Geol., 63: 666–671.

*Abstract.* The article presents the evaluation of groundwater renewability due to effective infiltration in the hydrological system of the right-bank basin of Warta, Górna Noteć and Zgłowiączka rivers which is remarkably affected by productive lignite open mines (drainage process) as well as two closed mines (ceased dewatering process). The evaluation has been done using stationary model for groundwater circulatory system with four aquifers basing on groundwater exploitation state in 2012. The forecast of groundwater exploitation process in the next 25 years based on unsteady model for planned periods when mines will be productive and then closed indicates that effective infiltration amount is significantly overestimated for water table depression areas in the regions of open lignite mines. This results in large groundwater level increase (above ground level) in model forecast which needs to be corrected by decreasing the estimated effective infiltration amount to the average value for adjacent areas. This ostensible increase in effective infiltration amount in steady state model is the result of free and elastic groundwater resources detraction and not an actual effective infiltration increase (which was assumed so far for productive open mines areas by Sawicki, 2000 and Szczepiński, 2013).

**Keywords:** effective infiltration, renewal groundwater, renewal in mines dewatering area, recharge of groundwater flow system

W artykule przedstawiono część wyników regionalnego rozpoznania hydrogeologicznego dotyczącego zasilania systemu wodonośnego zlewni prawobrzeżnej Warty, Górnej Noteci, Zgłowiączki w ramach dokumentacji określającej zasoby dyspozycyjne (Dąbrowski i in., 2013). System wodny obszaru jest przekształcony antropogenicznie przez liczne kanały odwadniające i budowle hydrotechniczne istniejące od początków XIX w. Układy krążenia wód podziemnych są pod silną presją odwodnień kopalnianych od lat 60. XX w. i eksploatacji wód przez duże ujęcia, głównie w części południowej obejmującej zlewnie Warty prawobrzeżnej oraz Górna Noteć. Ocenę zasobów wód podziemnych badanych zlewni zrealizowano na modelu quasi-stacjonarnym na stan 2012 r. i niestacjonarnym dla przewidywanego 25-letniego funkcjonowania odwodnień kopalnianych i ich zakończenia. Model niestacjonarny jest pierwszym modelem realizowanym w celu oceny zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w skali regionalnej, o powierzchni 6614,4 km<sup>2</sup> przy obszarze systemu wodonośnego 4247,8 km<sup>2</sup> (ryc. 1).

Wykonana prognoza eksploatacji i likwidacji odwodnień kopalnianych na modelu niestacjonarnym wykazała, że określona wielkość zasilania infiltracyjnego w obszarach zdepresjonowanych w wyniku odwodnień jest na tym modelu zawyżona i konieczne było jej zmniejszenie do wielkości średniej w otoczeniu zasięgu leja depresji w poziomach czwartorzędowych. Powyższe wyniki wykazują, że przy odwodnieniach kopalnianych nie występuje duży przyrost infiltracji, co przyjmowano dla obszarów działania odkrywek kopalnianych (Sawicki, 2000; Szczepiński, 2013).

### SYSTEM WODONOŚNY

Na analizowanym obszarze badań wody podziemne o mineralizacji do 1 g/dm<sup>3</sup> występują średnio do głęboko-

ści 200 m w utworach wodonośnych czwartorzędowych, neogenu–paleogenu, kredy i jury (ryc. 2). Strukturę piętra czwartorzędowego tworzy zróżnicowany przestrzennie układ warstw (poziomów), w którym wyróżniono poziomy: gruntowy, międzyglinowy górny i międzyglinowy dolny, lokalnie z podglinowym. Poziomy te występują w obrębie struktur dolin rzecznych, kopalnych sandrów i poziomów fluwioglacjalnych międzyglinowych.

Piętro paleogeńsko-neogeńskie tworzą zespoły 1–3 warstw poziomu mioceńskiego, a tylko lokalnie oligoceńskiego, występujące na większości badanego systemu wodonośnego, często powiązane hydrostrukturalnie i hydrodynamicznie z poziomami piętra czwartorzędowego.

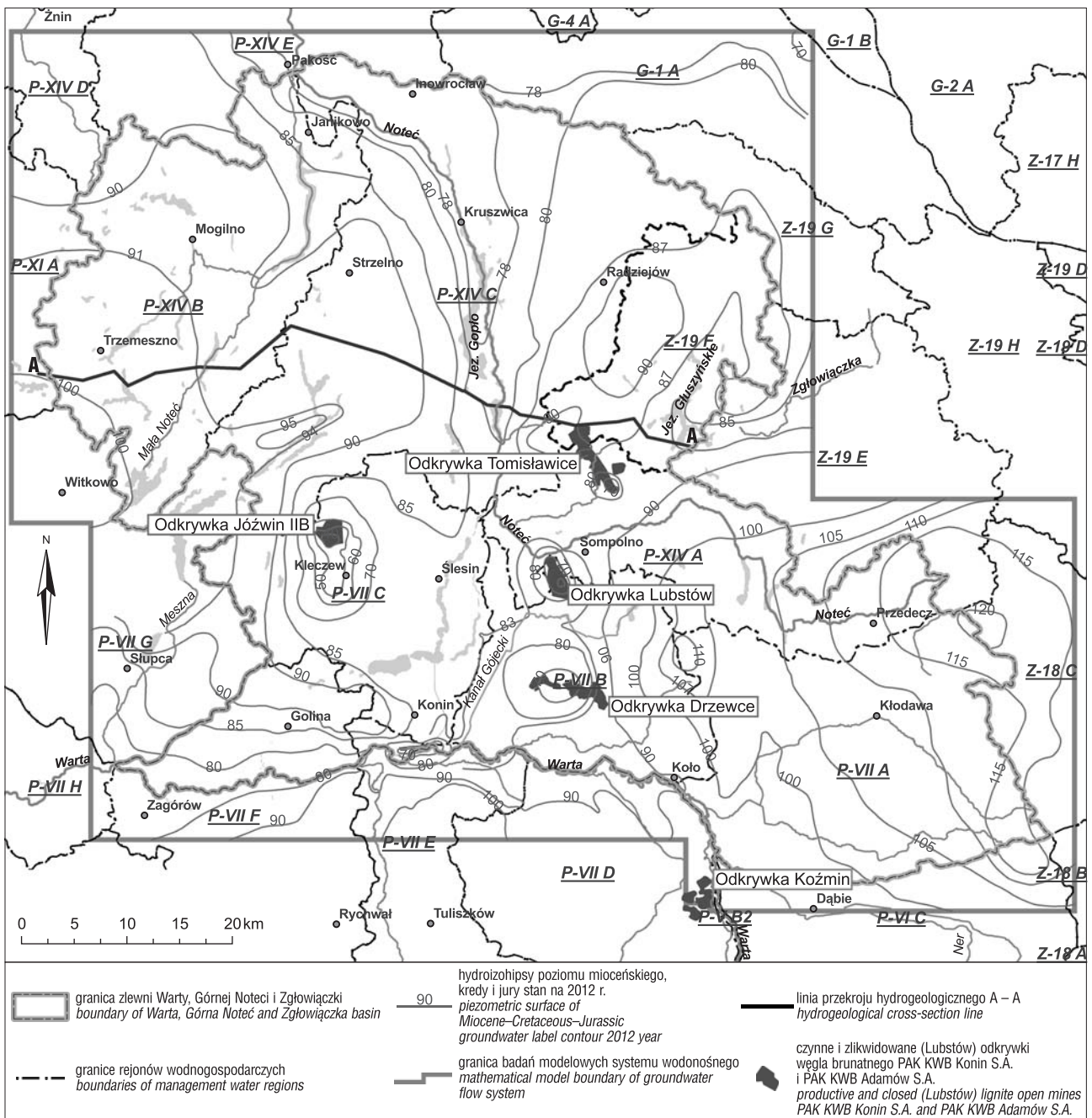
Wody w utworach kredowych i jurajskich tworzą poziomy użytkowe na większości obszaru i są dobrze rozpoznane w jego południowej części (GZWP nr 151 i GZWP nr 226). W części północnej są ujmowane sporadycznie ze względu na wydajność ujęć oraz zasolenie wód.

Układ hydrostrukturalny i hydrodynamiczny systemu wodonośnego w celu budowy modelu matematycznego sprowadzono do 4 warstw wodonośnych rozdzielonych warstwami słaboprzepuszczalnymi (ryc. 3):

- warstwa I – poziom gruntowy i międzyglinowy górny – na 41% obszaru,
- warstwa II – poziom międzyglinowy dolny i podglinowy – na 61,5% obszaru,
- warstwa III – poziom mioceński i oligoceński – na 73,8% obszaru,
- warstwa IV – poziom górnokredowy i jurajski – na całym obszarze systemu.

Warstwy te są powiązane w układzie pionowego krążenia wód między sobą i z wodami powierzchniowymi, zaś w planie – z systemami sąsiednich zlewni. Obszar systemu podzielono na rejony bilansowe (podsystemy) zgodnie z podziałem wodnogospodarczym regionów wodnych Warty i Środkowej Wisły (ryc. 1, tab. 1).

<sup>1</sup> Hydroconsult Sp. z o.o., ul. Smardzewska 15, 60-161 Poznań; poznan@hydroconsult.com.pl.



**Ryc. 1.** Mapa hydrogeologiczna rejonu badań zlewni Warta, Górną Noteć i Zgłowiączka  
**Fig. 1.** Hydrogeological map of study area Warta, Górna Noteć and Zgłowiączka basins

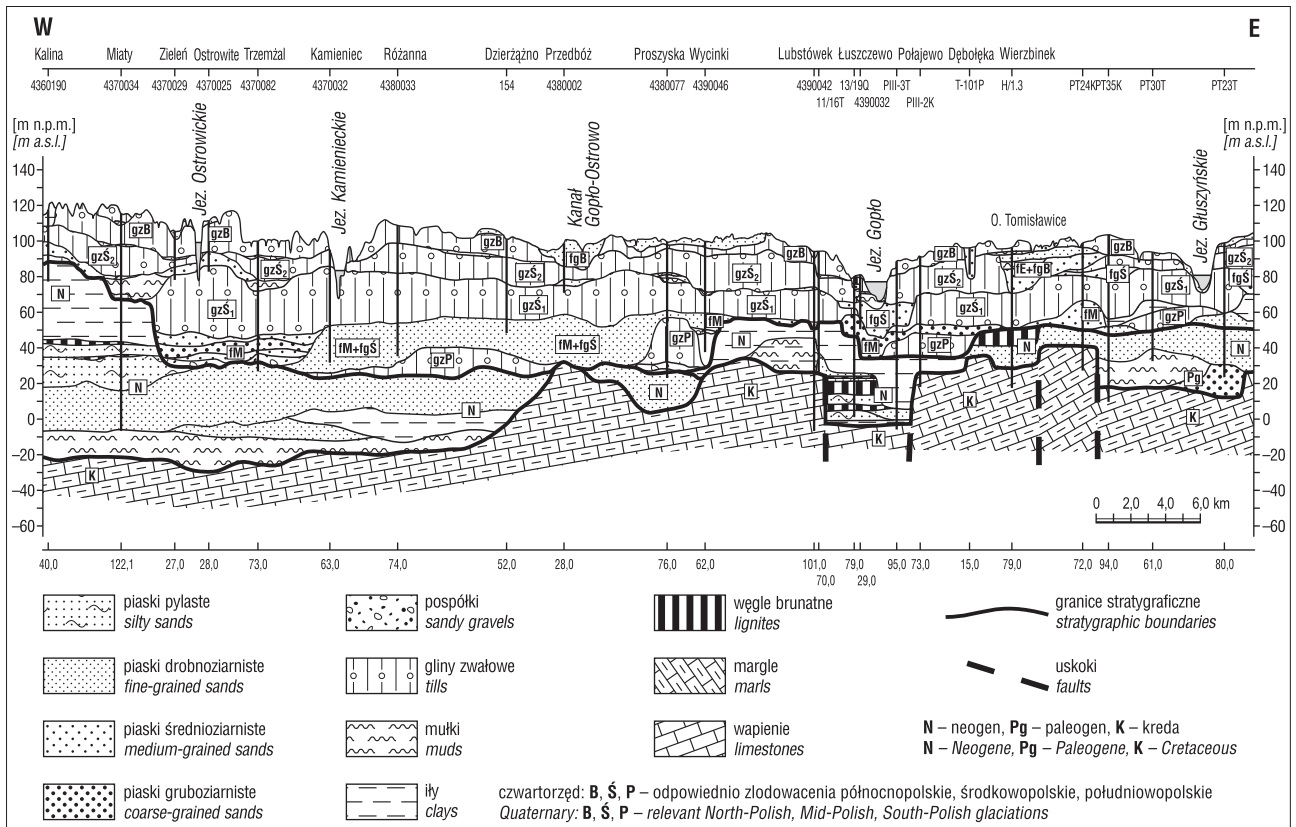
Analiza układu krążenia wód i ich gospodarczego wykorzystania wykazała, że w części południowej obszaru uległy zmianie naturalne systemy krążenia wód w zlewniach prawobrzeżnej Warty oraz w części zlewni Górną Noteć po jezioro Gopło, łącznie z obszarem górnej Zgłowiączki. Będą one w najbliższych 25 latach ulegały nadal zmianom związanym z postępowaniem eksploatacji węgla brunatnych i następnie jej zaniechania.

#### BADANIA MODELOWE SYSTEMU WODONOŚNEGO

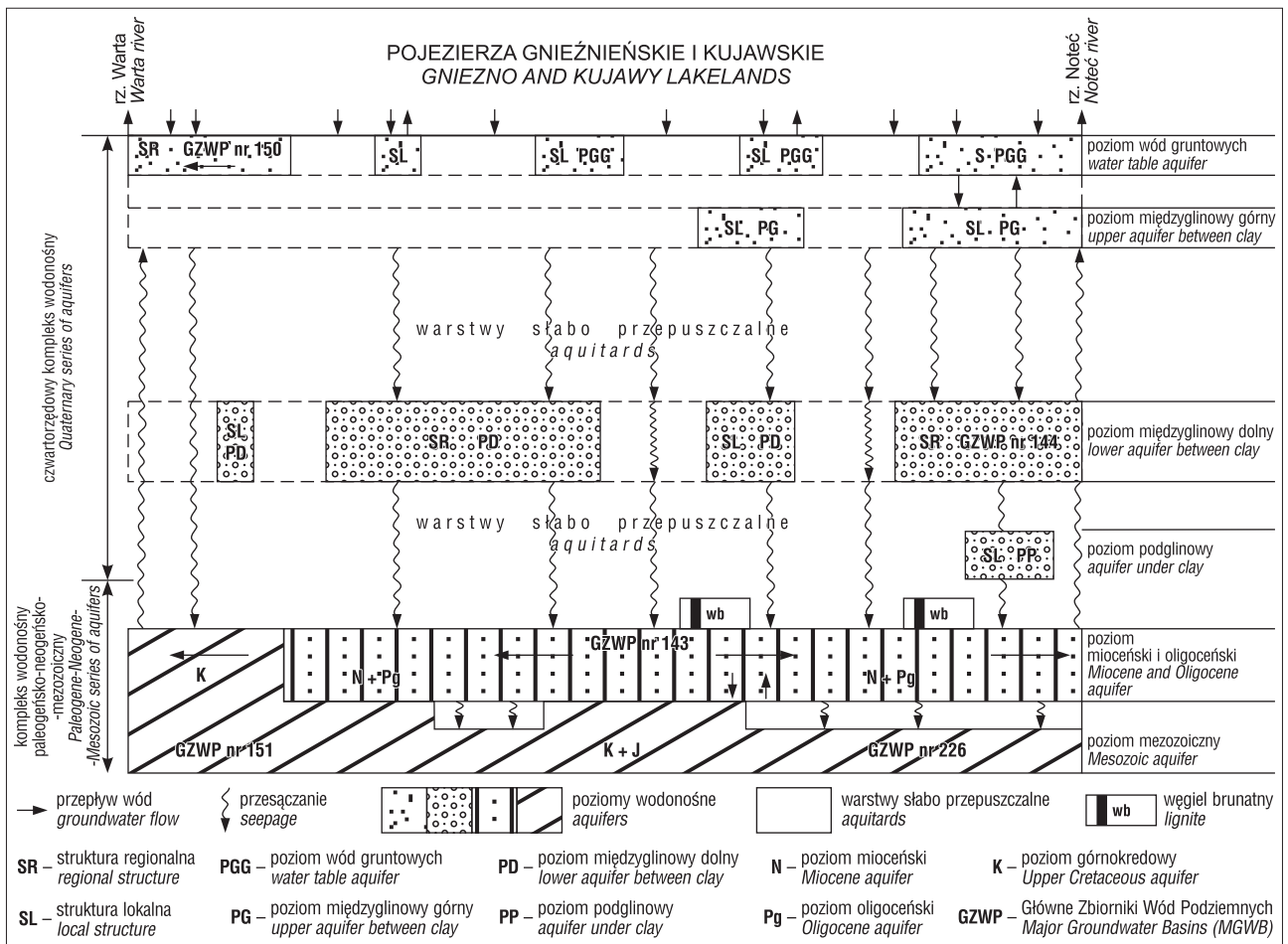
Badania modelowe wykonano na potrzeby oceny zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych oraz określenia bi-

lansu wód podziemnych. Podstawowym problemem w ustalaniu zasobów dyspozycyjnych tego systemu była identyfikacja zasobów odnawialnych, ciągle zmiennych w czasie i przestrzeni w wyniku szczypania zasobów sprężystych i statycznych oraz przejmowania odpływów naturalnych wód przez głębokie systemy odwadniania, odbudowę osuszonych poziomów i powrót zwierciadła wód do stanu pierwotnego.

Model ten stworzono dla układu krążenia wód systemu wodonośnego na obszarze 6614,4 km<sup>2</sup> (w tym badane zlewnie – 4247,8 km<sup>2</sup>) przy wykorzystaniu program Groundwater Vistas dla warunków filtracji ustalonej i nieustalonej dla stanu 2012 r. Model ten stanowił warunki początkowe zarówno dla określenia i identyfikowania wielkości



Ryc. 2. Przekrój hydrogeologiczny przez zlewnię Warta, Górną Noteć i Zgłowiączka  
Fig. 2. Hydrogeological cross-section of the Warta, Górną Noteć and Zgłowiączka basins



Ryc. 3. Schemat krążenia wód podziemnych zlewni Warta, Górną Noteć i Zgłowiączka  
Fig. 3. Scheme of groundwater circulation in Warta, Górną Noteć and Zgłowiączka basins



**Tab. 1.** Zasilanie przez infiltrację opadów w rejonach bilansowych zlewni Warta, Górna Noteć i Zgłowiączka  
**Table 1.** Effective infiltration recharge in balance areas Warta, Górna Noteć and Zgłowiączka basin

Wodnogospodarczy Water management		Bilansowy Balance	Nazwa rejonu Name of a region	Pow. rejonu Region area [km <sup>2</sup> ]	Infiltracja Moduł zasilania Infiltration Recharge modulus		Odwodnienie w 2012 r. Dewatering in 2012 [m <sup>3</sup> /h]
					stan z 2012 r. state in 2012	prognoza prognosis	
Obszar Area	Rejon Region				[m <sup>3</sup> /h] [m <sup>3</sup> /h·km <sup>2</sup> ]		
P-VII Warta od Neru do Proсны Warta river from Ner river to Proсна river	P-VII A	Rgilewka i Warta do Koła <i>Rgilewka river and Warta river till Kolo</i>	651,4	$\frac{4138}{6,35}$	$\frac{4138}{6,35}$	–	
	P-VII B	Warcica–Kanał Grójecki <i>Warcica river–Grójecki Channel</i>	366,0	$\frac{4485}{12,28}$	$\frac{2980}{8,14}$	3999	
	P-VII C	Kanał Ślesiński <i>Ślesiński Channel</i>	461,6	$\frac{3123}{6,77}$	$\frac{2211}{47,9}$	1254	
	P-VII F	Warta–Bawół (część N) <i>Warta river–Bawół (N part)</i>	169,3	$\frac{1005}{5,94}$	$\frac{1005}{5,94}$	–	
			<b>1648,3</b>	<b><math>\frac{12\ 751}{7,74}</math></b>	<b><math>\frac{10\ 334}{6,27}</math></b>	<b>5253</b>	
P-XIV Górna Noteć Upper Noteć river	P-XIV A	Noteć wschodnia–Noć Kalina <i>eastern Noteć river–Noć Kalina</i>	425,2	$\frac{4597}{1081}$	$\frac{3278}{7,71}$	2843	
	P-XIV B	Noteć zachodnia–Pakość <i>western Noteć river–Pakość</i>	720,2	$\frac{7713}{10,71}$	$\frac{7713}{10,71}$	–	
	P-XIV C	Noteć wschodnia–Pakość <i>eastern Noteć river–Pakość</i>	1153,2	$\frac{6954}{6,03}$	$\frac{6954}{6,03}$	–	
			<b>2298,7</b>	<b><math>\frac{19\ 263}{8,38}</math></b>	<b><math>\frac{17\ 930}{7,8}</math></b>	<b>2843</b>	
Z-19 Zgłowiączka Zgłowiączka river	Z-19 F	Kanał Głuszyński <i>Głuszyński Channel</i>	300,8	$\frac{1781}{5,92}$	$\frac{1687}{5,67}$	wpływ z P-XIV A <i>inflow from P-XIV A</i>	

odnawialności systemu, jak i wykonania symulacji prognozy. Zbudowano go dla układu strukturalnego hydrodynamicznego przedstawionego na rycinie 3.

#### OKREŚLENIE ODNAWIALNOŚCI SYSTEMU NA STAN QUASI-USTALONY (2012 R.)

Wytarowany model matematyczny na stan 2012 r. pozwolił określić bilans krążenia wód i odnawialność wód podziemnych w systemie badanych zlewni w warunkach ustalonych. Zasilanie zlewni Warty, Górnej Noteci i Zgłowiączki przez infiltrację opadów i odsączanie warstw wodonośnych z infiltracji cieków, jezior i rzepi wynosi 34 809 m<sup>3</sup>/h (9,39 m<sup>3</sup>/s) i 3466 m<sup>3</sup>/h (0,96 m<sup>3</sup>/s); natomiast drenaże i eksploatacja wód – 36 306 m<sup>3</sup>/h (10,08 m<sup>3</sup>/s) z czego drenaże cieków, jezior i przez rzepie – 24,695 m<sup>3</sup>/h (6,85 m<sup>3</sup>/s), a eksploatacja ujęć i odwodnień kopalnianych – 11 647 m<sup>3</sup>/h (3,69 m<sup>3</sup>/s). Średni moduł infiltracji opadów do poziomów i odsączanie warstw systemu wodonośnego zlewni wynosi 7,97 m<sup>3</sup>/h km<sup>2</sup>, tj. 13,4% opadu średniego 520 mm. W obszarach zlewni zasilanie wynosi: Warta (P-VII) – 7,75 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup>; Górna Noteć (P-XIV) – 8,39 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup>; Zgłowiączka (Z-19) – 5,92 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> (tab. 1, ryc. 4).

Zróżnicowanie modułów zasilania z infiltracji opadów, w rejonach przy podobnej wielkości opadów, zależy od głębokości i izolacji od powierzchni terenu oraz między

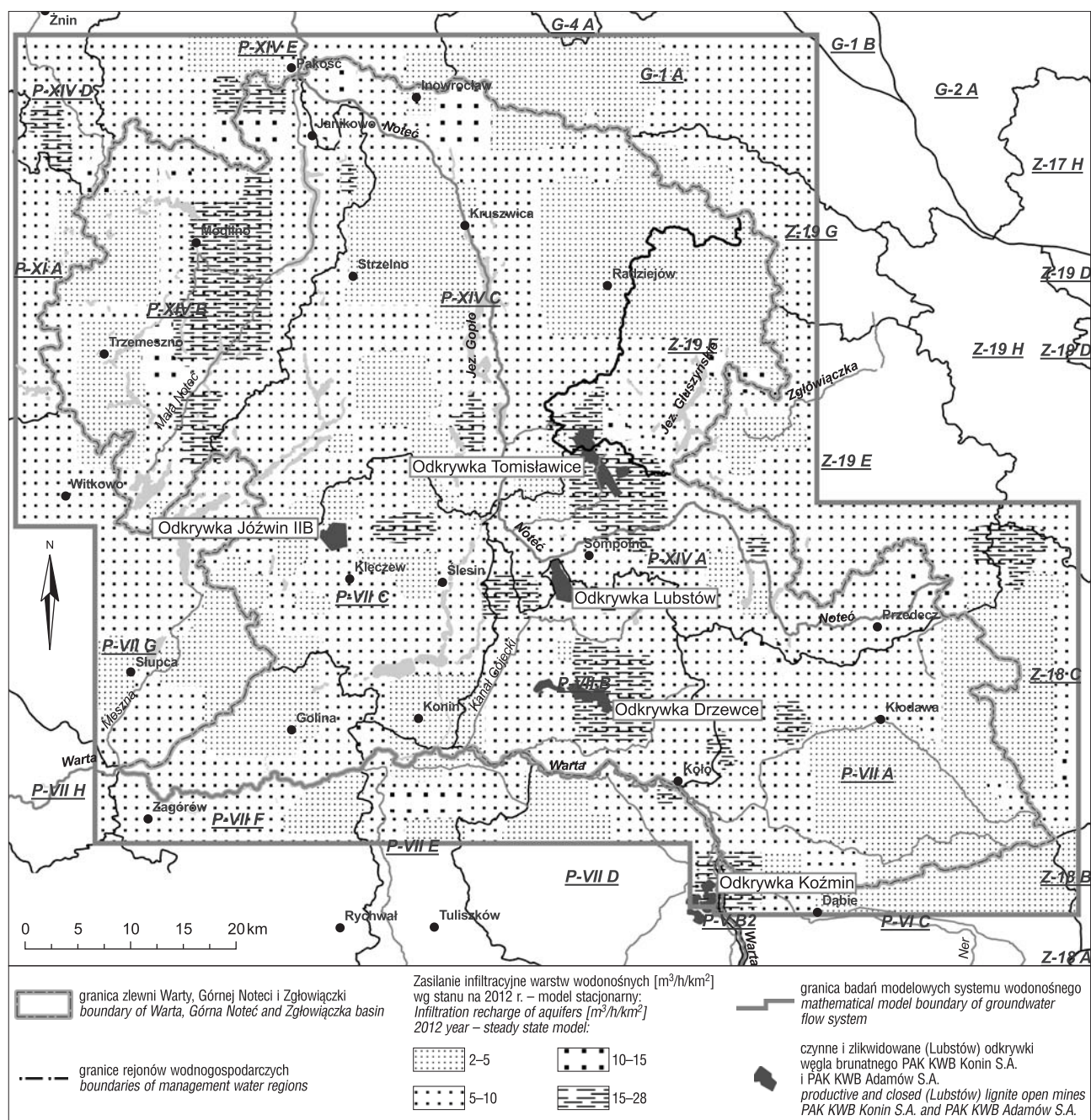
poziomami, a także od przewodności, układu stref hydrodynamicznych i oddziaływania odwodnień kopalnianych, gdzie w ich zasięgu obserwuje się wyraźne zwiększenie tego zasilania (ryc. 4).

#### OKREŚLENIE ZASILANIA OPADOWEGO W REJONACH WPŁYWU ODWODNIEŃ KOPALNIANYCH

W I etapie badań problem ten rozwiązano na modelu warunków nieustalonych przez wykonanie 25-letniej prognozy wyłączenia odwodnień kopalnianych przy ich przestrzennej i czasowej zmienności, przy zachowaniu zasilania infiltracyjnego systemu w 2012 r.

W prognozie tej w rejonach odwadnianych uzyskano nienaturalnie wysokie położenie zwierciadła wody wszystkich poziomów, nawet powyżej powierzchni terenu, nie występujące uprzednio w warunkach naturalnych. Również zmiany parametrów warstw wodonośnych, jak zasobność sprężysta, odsączalność oraz porowatość, nie pozwalały uzyskać realnych wyników.

Po analizie wyników tej prognozy uznano, że powodem odstępstw prognostycznych w tych obszarach było zawyżenie zasilania infiltracyjnego, przez włączenie w jego skład szczyptywania zasobów sprężystych i statycznych. W II etapie badań zdecydowano się na obniżenie



**Ryc. 4.** Zasilanie infiltracyjne według odwzorowania modelowego quasi-stacjonarnego stanu hydrodynamicznego zlewni Warta, Górną Noteć i Zgłowiączka

**Fig. 4.** Infiltration recharge according to model quasistationary simulation for hydrodynamic conditions Warta, Górna Noteć and Zgłowiączka basin

obliczonego zasilania w rejonach odwodnień odkrywek do wielkości uzyskanych na przyległych terenach, tj. do ok. 8,0 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup>, co spowodowało, że w prognozach modelowych uzyskano realne wyniki. Infiltracja w badanych systemach odwodnieniowych w wielkości 38 809 m<sup>3</sup>/h została umniejszona o 3823 m<sup>3</sup>/h, tj. 11,3%, którą uznano jako wielkość szczypty zasobów sprężystych i statycznych w wyniku prowadzonych odwodnień kopalnianych (tab. 1). W globalnej wielkości odwodnień odkrywek w 2012 r. w rejonie konińskim udział wód ze szczypty zasobów sprężystych i statycznych wynosił: Tomisławice – 42,9%, Drzewce i Lubstów – 44,5%, Józwin IIB i Kazimierz N – 72,7%.

Szczerpywanie zasobów sprężystych i statycznych pochodzi głównie z poziomów gruntowego i międzyglinowych – do 92,5%, zaś w mniejszym stopniu z poziomów mioceńskiego i górnokredowego – głównie z zasobów sprężystych – ok. 7,5% ich globalnej wielkości.

Przy umniejszeniu infiltracji opadowej średni moduł zasilania wynosi dla systemu 7,06 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> (1,96 dm<sup>3</sup>/s·km<sup>2</sup>) (tab. 1).

Największe obniżenie stopnia infiltracji, z uwzględnieniem szczypty zasobów, nastąpiło w rejonach bilansowych Noteć P-XIV E–Noć Kalina – 28,7% oraz w zlewni Warty P-VII B – 43,7% i P-VII C – 29,2%. Są to wielkości, które w sposób istotny wpływają na ustalenie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w analizowanych rejonach

bilansowych. Tę hipotezę potwierdziło porównanie prognozy modelowej zalewania odkrywki Lubstów przy zwiększonym zasilaniu opadowym dla końcowego etapu odwodnienia ze stanem obserwowanym w zbiorniku powyrobowym w 2012 r., który okazał się niższy o ok. 2,0 m od prognozowanego (Dąbrowski i in., 2012).

### WNIOSKI

1. Wiarygodna ocena zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych na obszarach podlegających silnej presji antropogenicznej i prowadzonych odwodnieniach kopalnianych, w obszarze rejonu konińskiego w obrębie zlewni: Warty, Górnej Noteci i Górnej Zgłowiączki jest poprawna jedynie w badaniach modelowych w warunkach filtracji ustalonej i nieustalonej.

2. W obrębie lejów depresyjnych wywołanych odwodnieniami kopalnianymi złóż węgla brunatnych przyjmowano dotąd powszechnie istnienie zwiększonej infiltracji opadów (Sawicki, 2000; Szczepiński, 2013). Prezentowane wyniki badań, jak i wyniki modelowania oraz obserwacje zalewania odkrywki Lubstów w warunkach naturalnych (Dąbrowski i in., 2013), wykazują, że w obszarach tych zasilanie z infiltracji opadów jest podobne do terenów

śsiednich, a stwierdzona w badaniach na modelach stacjonarnych jej zwiększona wielkość jest wynikiem szczypania zasobów sprężystych i statycznych.

3. Wyniki analizy modelowej badanych zlewni bilansowych wykazały, że w ocenie ich odnawialności 14,3% stanowi szczypanie zasobów sprężystych i statycznych, zaś w rejonach odwadnianych odkrywek wynosi ono 42,9–72,7%.

### LITERATURA

- DĄBROWSKI S., RYNARZEWSKI W., STRABURZYŃSKA-JANISZEWSKA R., MATUSIAK M., JANISZEWSKA B. & PAWLAK A. 2012 – Badania modelowa dla realizacji zbiornika wodnego w wyrobisku końcowym odkrywki węgla brunatnego „Lubstów” KWB Konin S.A. [Niepubl.] Arch. Hydroconsult Sp. z o.o. w Poznaniu.
- DĄBROWSKI S. i in. 2013 – Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych prawobrzeżnej zlewni Warty od zlewni Neru po zlewnię Meszny wraz ze zlewnią Górnej Noteci po Pakość i zlewnią Kanału Głuszyńskiego (zlewnia Zgłowiączki). [Niepubl.] Arch. Hydroconsult Sp. z o.o. w Poznaniu.
- SAWICKI J. 2000 – Zmiany naturalnej infiltracji opadów do warstw wodonośnych pod wpływem głębokiego górniczego drenażu. Oficyna Wyd. Polit. Wrocławskiej, Wrocław, s. 174.
- SZCZEPIŃSKI J. 2013 – Modelowanie numeryczne w badaniach hydrogeologicznych dla oceny wpływu kopalń odkrywkowych na środowisko wodne. Wyd. Geoinżynierii Górnictwa i Geologii Polit. Wrocławskiej, Wrocław.