

PRZEPŁYWY TRANSGRANICZNE WÓD PODZIEMNYCH W ZLEWNI NYSY ŁUŻYCKIEJ W PROFILU GRANICY PAŃSTWA W OBRĘBIE JCWPd 67 I 88

TRANSBOUNDARY GROUNDWATER FLOW WITHIN THE NYSA ŁUŻYCKA CATCHMENT AND GROUNDWATER BODIES 67 AND 88

JANUSZ KRAWCZYK¹, RAFAŁ SERAFIN¹, LINDA CHUDZIK¹, MAREK CZERSKI¹

Abstrakt. W artykule przedstawiono analizę porównawczą uzyskanych wyników dla określenia wielkości dopływów i przepływu transgranicznego systemu wodonośnego zlewni Nysy Łużyckiej. Wielkości drenażu z poziomu czwartorzędowego i przepływu transgranicznego w poziomie neogenu i kredy, określono metodą analityczną i modelowania numerycznego.

Słowa kluczowe: zlewnia, system wodonośny, drenaż, modelowanie numeryczne.

Abstract. This article presents transboundary groundwater flow and inflow values in the Nysa Łużycka catchment which has been determined by comparative analysis. The value of Quaternary groundwater drainage and transboundary flow in Neogene and Cretaceous multiaquifer formation has been evaluated by analytical and numerical modeling methods.

Key words: catchment, aquifer system, drainage, numerical modeling.

WSTĘP

Charakterystyka przepływów transgranicznych wód podziemnych w południowo-zachodniej Polsce została przedstawiona w obszernym opracowaniu PIG-PIB wykonanym w Oddziale Dolnośląskim w 2008 r. (Grzegorzyczyk i in., 2008). Wielkości dopływów i przepływów transgranicznych wzdłuż granicy, oszacowane zostały analitycznie na podstawie analizy pola hydrodynamicznego poszczególnych horyzontów wodonośnych w obrębie granicznych JCWPd. W dokumentacji hydrogeologicznej zasobów dyspozycyjnych zlewni Nysy Łużyckiej opracowanej również w Oddziale

Dolnośląskim PIG-PIB (Czerski i in., 2010), analizie na modelu numerycznym poddane zostały m.in. procesy dopływów i przepływów transgranicznych. Wspólną obszarowo częścią obu opracowań – w kontekście przepływów transgranicznych – są: JCWPd 67 leżące w dolnej i JCWPd 88 w środkowej części zlewni Nysy Łużyckiej. W artykule przedstawione i porównane zostały wyniki wielkości dopływów i przepływów transgranicznych w zlewni Nysy Łużyckiej dla profili granicznych obu JCWPd, uzyskane w rozwiązaniach analitycznych i procesie modelowania numerycznego.

WARUNKI GEOLOGICZNE

W budowie geologicznej podłoża rozpatrywanego obszaru, występują skały krystaliczne proterozoiku, przykryte na znacznym obszarze górnopaleozoiczno-mezozoicznymi

utworami pokrywowymi. Stanowią one bezpośrednie podłoże zalegających niezgodnie osadów paleogenu i neogenu oraz czwartorzędu.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski, al. Jaworowa 19, 52-122 Wrocław;
e-mail: linda.chudzik@pgi.gov.pl

Utwory neogenu odsłaniają się miejscami na powierzchni terenu – obszar Wzniesień Gubińskich na północy oraz Wału Mużakowskiego na południu (Poprawski i in., 1997; Czerski i in., 2010). Całkowita miąższość utworów paleogenu i neogenu jest bardzo zróżnicowana i wzrasta w kierunku północnym (maksymalnie do około 480 m). W głębokich rozcięciach erozyjnych brak jest osadów tego wieku lub ich miąższość jest niewielka, co powoduje, że miejscami utwory czwartorzędowe zalegają bezpośrednio na osadach triasu.

W obrębie kompleksu osadów paleogeńsko-neogeńskich wydziela się pięć odrębnych stratygraficznie serii (Czerski i in., 2010). Seria podwęglowa, o miąższości od kilku do 80 m, wykształcona jest w formie ilów z przewarstwieniami piaszczysto-żwirowymi. Zalegający powyżej dolny pokład węgla brunatnego maksymalnie osiąga miąższość 35 m.

Seria międzywęglowa składa się z naprzemianległych warstw ilastych (często zapiaszczonych) oraz piasków i towarzyszących im soczewek i wkładek węgla. Miąższość tej serii waha się od kilku do ponad 130 m. Miąższość górnego pokładu węgla brunatnego wynosi 5–35 m. Przykrywająca ją seria nadwęglowa charakteryzuje się zróżnicowanym wykształceniem litologicznym. Występują tu zazębające się warstwy ilów, piasków i żwirów, często zailonych, a także wkładek węgla. Stropową część reprezentuje częściowo gruboklastyczna, piaszczysto-żwirowa seria Gozdnicy. Seria nadwęglowa osiąga miąższość do 200 m.

Utwory czwartorzędowe zalegają bezpośrednio na serii paleogeńsko-neogeńskiej. Reprezentują je osady zlodowa-

ceń południowo-, środkowo- i północnopolskich oraz dwóch interglacjałów: wielkiego i eemskiego, a także działalności rzecznej w okresie holocenu. W zależności od głębokości zalegania stropu utworów młodszych i morfologii terenu, miąższość czwartorzędu oscyluje od kilku do około 200 m. W jego obrębie występuje na przemian szereg utworów glacialnych i interglacialnych reprezentowanych przez osady: zlodowaceń południowopolskich (gliny zwałowe, ropy, mułki oraz piaski i żwiry wodnolodowcowe, które wypełniają głęboko wcięte w podłoże rynny subglacialne), interglacjału mazowieckiego (piaski różnoziarniste z domieszką żwirów i mułków oraz torfy – miąższość tego kompleksu zwykle wynosi od kilku do kilkunastu metrów), zlodowaceń środkowopolskich (utwory zastoiskowe, wodnolodowcowe oraz morenowe, mułki, ropy, piaski zastoiskowe, piaski i żwiry wodnolodowcowe, a także gliny zwałowe zalegające bezpośrednio na powierzchni terenu lub pod osadami młodszymi) oraz interglacjału eemskiego reprezentowanego przez piaski i mułki rzeczne oraz torfy zlodowaceń północnopolskich (bałtyckich) piaski i mułki zastoiskowe, pradolinne piaski rzeczno-wodnolodowcowe, gliny zwałowe, piaski i żwiry stożków sandrowych, piaski, mułki i żwiry kemów morenowych, piaski i żwiry wodnolodowcowe.

Zasięg utworów holocenu ogranicza się do dolin rzecznych oraz zróżnicowanych genetycznie zagłębień podłoża, w których osadziły się piaski, żwiry, namuły piaszczyste, gytie i torfy.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Zgodnie z regionalną systematyką hydrogeologiczną zwykłych wód podziemnych (Paczyński, Sadurski, red., 2007) obszar jednostek JCWPd 67 i 88 znajduje się w makroregionie południowym, regionie wielkopolskim (IV), regionie dolnośląskim (V) oraz regionie sudeckim (XIV).

W analizowanym obszarze wody podziemne występują w utworach kenozoicznych i skałach podłoża. Poziomy wodonośne związane są z czterema piętrami wodonośnymi: czwartorzędowym, neogeńskim, górnokredowym (santon) oraz proterozoicznym.

W obrębie piętra czwartorzędowego występuje gruntowy (przypowierzchniowy) poziom wodonośny oraz dwa poziomy międzyglinowe (Mądrala i in., 2010; Zawistowski i in., 2010). Największe rozprzestrzenienie posiada poziom przypowierzchniowy, który poza przełomowym odcinkiem Nysy Łużyckiej na wysokości Łęknica–Trzebiel oraz południowej części obszaru JCWPd 88, stanowi główny poziom użytkowy. Poziomy międzyglinowe nie posiadają ciągłego rozprzestrzenienia, występują w formie przewarstwień. Ze względu na szerokie rozprzestrzenienie, wysokie parametry hydrogeologiczne i zasobność poziomu przypowierzchniowego, rozpoznanie niżej leżących poziomów czwartorzędowych jest niewielkie.

Poziom przypowierzchniowy związany jest bezpośrednio z plejstoceńską i holocieńską doliną Nysy Łużyckiej, w części środkowej ze strukturą pradoliny wrocławsko-magdeburskiej oraz ze strukturą pradoliny barycko-głogowskiej, a w części północnej z południowo-zachodnim fragmentem sandru Gubin–Krosno. Poziom ten budują piaski różnoziarniste i żwiry, o miąższości 5–45 m (maks. 80 m) w północnej i centralnej części analizowanego obszaru oraz 11–23 m w części południowej. Współczynnik filtracji utworów wodonośnych w zależności od granulacji waha się od 2 do 185 m/24h (0,1–7,7 m/h). Swobodny poziom wód gruntowych w samej dolinie Nysy Łużyckiej występuje najczęściej na głębokości 1–2 m i jest zależny ściśle od stanów wody w rzece. Poza doliną głębokość zalegania horyzontu wodonośnego sięga 15 m. Zasilanie poziomu przypowierzchniowego pochodzi głównie z infiltracji opadów, a także z drenażu wód z niżej zalegających poziomów.

Poziomy międzyglinowy górny i dolny związane są z osadami piaszczysto-żwirowymi rozdzielającymi gliny zlodowaceń bałtyckich i środkowopolskich oraz z występowaniem dolin kopalnych interglacjału zlodowacenia południowopolskiego (Sanu, Nidy) i jego fluwiogłacjałów. Nie posiada on ciągłego rozprzestrzenienia. W miejscach bez-

pośredniego braku kontaktów z poziomem przypowierzchniowym poziom ten zasilany jest przez opady na wychodniach oraz przez przesączanie z niżejleżących poziomów wodonośnych neogenu. Wykształcony jest w formie piasków średnio- i drobnoziarnistych, o zmiennej miąższości 5–30 m i współczynnika filtracji rzędu 1,4 do ponad 40 m/24h (0,058–2 m/h).

W utworach paleogenu i neogenu piętro wodonośne tworzą dwa poziomy wodonośne: plioceńsko-mioceński i oligoceński. Wody tego piętra występują na większości analizowanego obszaru z wyjątkiem rejonów, w których osady neogenu w obrębie rynien subglacjalnych zostały wyerodowane.

Poziom plioceńsko-mioceński tworzą generalnie dwie warstwy wodonośne. Zalega on na osadach permo-mezozoicznych, tworząc zbiornik o charakterze subartezyjskim. Wody podziemne gromadzą się w osadach piaszczystych miocenu i pliocenu, występujących wśród ilów, pyłów i węgla brunatnych na różnych głębokościach od 2 do 82 m. Górna warstwa posiada nieregularne rozprzestrzenienie i związana jest z nieciągłością warstw górnego miocenu. Dolna warstwa wykształcona w formie piasków drobnych,

często pylastych, o miąższości 20–100 m, charakteryzuje się regionalną rozciągłością. Współczynnik filtracji tych warstw waha się w przedziale 1–26 m/24h (0,04–1,08 m/h). Zasilanie poziomu zachodzi na drodze przesączania z nadleżących poziomów. Charakteryzuje się warunkami subartezyjskimi (lokalnie artezyjskimi +4,5 m p.p.t.).

Poziom oligoceński jest praktycznie nierozpoznany pod względem hydrogeologicznym (Poprawski i in., 1997). Zalega na głębokościach powyżej 150 m i tworzą go piaski drobnoziarniste pylaste, o miąższości 18–25 m. Poziom ten jest zasilany z przesączania z nadleżących warstw poziomu mioceńskiego w wielkości poniżej 0,1 m³/h km².

Warunki hydrogeologiczne w obrębie kenozoiku ilustruje przekrój (fig. 1). Wody podziemne czwartorzędowe i neogenu lokalnie wykazują więź hydrauliczną. Generalnie poziom neogeński cechują wyższe ciśnienia, do artezyjskich włącznie. Przepływ wód podziemnych w granicach charakteryzowanych JCWPd 67 i JCWPd 88 związany jest z regionalnymi bazami drenażu wód podziemnych: doliny Nysy Łużyckiej od strony zachodniej i doliny Odry na północy oraz obszarami alimentacji poziomów wodonośnych keno-

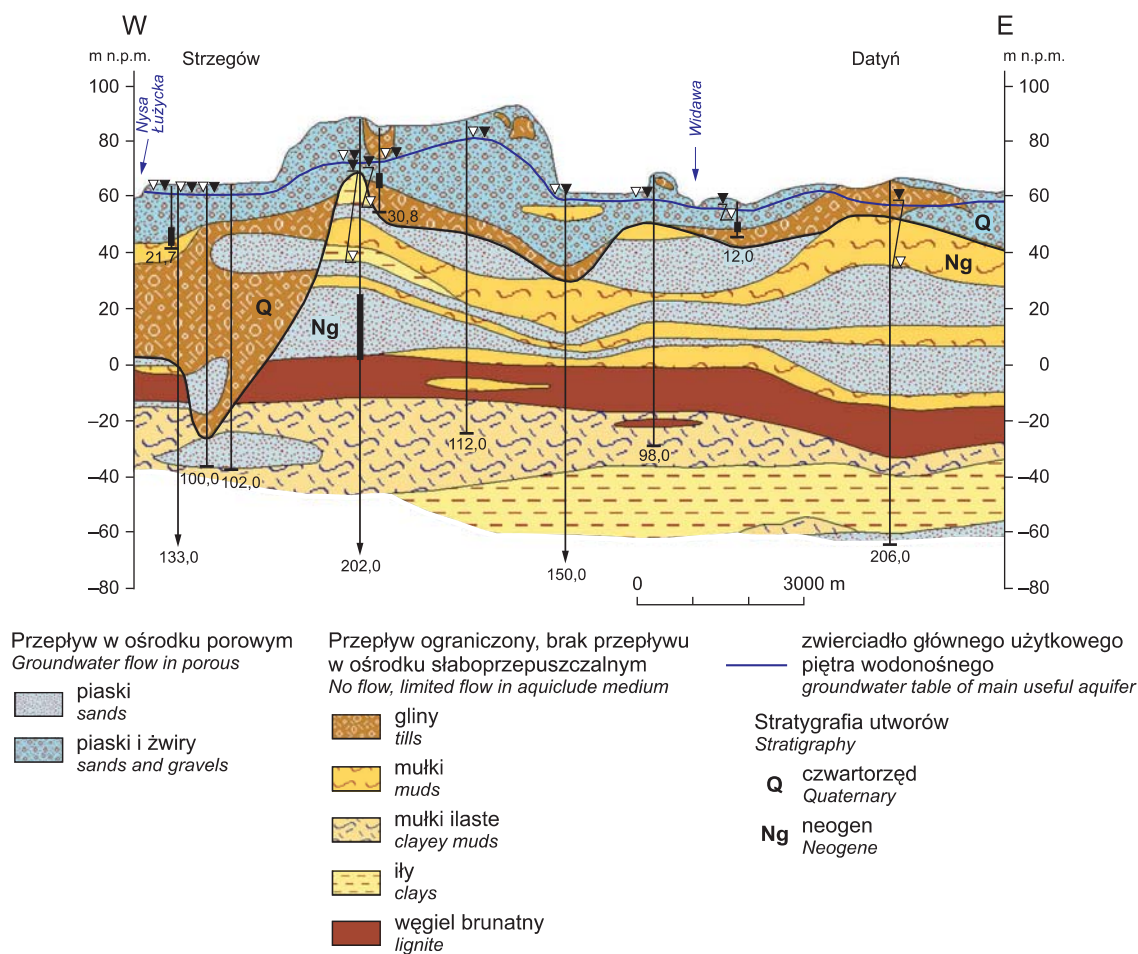


Fig. 1. Przekrój hydrogeologiczny

Hydrogeological cross-section

zoiku na obszarach równin i wysoczyzn (w części południowej również proterozoiku). Układ ten determinuje, jako główny, północno-zachodni kierunek przepływu wód podziemnych ku dolinie Nysy Łużyckiej, zarówno dla poziomu czwartorzędowego, jak i neogeńsko-paleogeńskiego. Obserwowane są lokalne zmiany kierunków przepływu wód podziemnych. W przypadku poziomu neogeńsko-paleogeńskiego regionalny północny i północno-zachodni kierunek przepływu wód podziemnych jest zmieniony w strefie przygranicznej w rejonie Strzegów–Sadzarzewice. Związane jest to z prowadzoną eksploatacją złóż węgla brunatnego kopalni Jänschalde po stronie niemieckiej i odwadnianiem górotworu. Spowodowało to zmianę naturalnego reżimu hydrodynamicznego w systemie neogeńskiego poziomu wodonośnego i kierunku przepływu – na północny (Czerski i in., 2010).

CHARAKTERYSTYKA DOPŁYWÓW WÓD PODZIEMNYCH W PROFILU GRANICY PAŃSTWA Z NIEMCAMI WZDŁUŻ GRANICY JCWPd 67 i 88 – METODA ANALITYCZNA

Omawiane jednostki w dużej mierze pokrywają się z dolną (JCWPd 67) i środkową (JCWPd 88) częścią zlewni Nysy Łużyckiej. Ich zasięg od strony zachodniej przebiega zgodnie z granicą państwa z Republiką Federalną Niemiec, wzdłuż doliny Nysy Łużyckiej (fig. 2, 3).

Określenie kierunku i oszacowanie wielkości dopływu wód podziemnych do Nysy Łużyckiej dokonano, opierając się na analizie pola hydrodynamicznego rozpoznanych poziomów wodonośnych (Grzegorzczak i in., 2008). Hydrogeologiczne parametry zawodnionych osadów poszczególnych poziomów wodonośnych określono na podstawie charakterystyki, wydzielonych na arkuszach MhP w skali 1:50 000, jednostek głównych poziomów użytkowych.

Stan rozpoznania warunków hydrogeologicznych poszczególnych poziomów wodonośnych, w aspekcie określenia kierunków i wielkości przepływów wód podziemnych, pozwoliła na scharakteryzowanie czwartorzędowego poziomu przypowierzchniowego i neogeńskiego (miocen). Ocenę wielkości dopływu do Nysy Łużyckiej w profilu granicznym z RFN określono metodą przekroju hydrodynamicznego (Pazdro, 1990),

$$Q = I \times T \times B$$

gdzie:

- Q – przepływ wód [m^3/h],
- I – spadek hydrauliczny,
- T – przewodność warstwy wodonośnej [m^2/h]
obliczony: $T = k \times m$,
- k – współczynnik filtracji [m/h],
- m – miąższość warstwy wodonośnej [m]
- B – średnia szerokość strefy dopływu do Nysy Łużyckiej [m].

Na potrzeby zastosowanej tu metody analitycznej określenia wielkości dopływu podziemnego do Nysy Łużyckiej, JCWPd 67 podzielono na pięć stref obliczeniowych (A, B,

Kredowe piętro wodonośne rozpoznane zostało na obszarze JCWPd 88. Zbudowane jest z piaskowców santonu przeławionych łałami z wkładkami węgla brunatnych. Strop poziomu wodonośnego zalega na głębokości 28,5–34,0 m. Zwierciadło wody ma charakter słabo naporowy i stabilizuje się na głębokości 10,7–19,6 m. Osady tego poziomu wodonośnego przykryte są utworami czwartorzędowymi i paleogeńsko-neogeńskimi. Poziom wodonośny kredy charakteryzuje się zmienną izolacją. W centralnej części JCWPd 88 występuje w łączności z poziomem miocenijskim. Wartość współczynnika filtracji waha się od 0,7 do 1,4 $\text{m}/24\text{h}$ (średnio 1 $\text{m}/24\text{h}$). Zasilanie piętra kredowego odbywa się z infiltracji wód opadowych poprzez nadkład piaszczysty osadów kenozoiku i dopływu z głębszego podłoża.

C, D i F) o różnej szerokości dopływu wód poziomu czwartorzędowego (tab. 1). Analogicznie postąpiono w przypadku poziomu neogeńskiego, wydzielając strefy o sygnaturze IV (tab. 2).

O ile w przypadku poziomu czwartorzędowego Nysa Łużycka ma charakter drenujący, to w odniesieniu do poziomu neogeńskiego zaznacza się zróżnicowanie jej charakteru. Generalnie mamy tu do czynienia z przepływem transgranicznym, ale w przekroju II (tab. 2), zaznacza się drenujący charakter Nysy Łużyckiej.

Szacunkowa wielkość bezpośredniego dopływu wód podziemnych do Nysy Łużyckiej z obszaru JCWPd 67 wynosi:

- z czwartorzędowego poziomu przypowierzchniowego – $Q = 2608,4 \text{ m}^3/\text{h}$,
- z poziomu neogeńskiego – $Q = 1360 \text{ m}^3/\text{h}$.

Sumaryczna wielkość dopływu wynosi $Q = 3968,4 \text{ m}^3/\text{h}$. W odniesieniu do poziomu neogeńskiego, Nysa Łużycka poza odcinkiem II, gdzie przepływa przez wychodnie neogenu związane z Wałem Mużakowa i ma charakter drenujący, nie stanowi bazy drenażu. Dlatego też, oszacowane wielkości dopływu, do profilu granicznego z RFN, strumieni wód podziemnych poziomu neogeńskiego w pozostałych czterech odcinkach (I, III, IV i V) mają charakter przepływu transgranicznego. Nakłada się na to oczywiście przepływ wymuszony związany z rozwojem leja depresji, wywołanego odwadnianiem tego poziomu po stronie niemieckiej, w związku z eksploatacją kopalni Jänschalde.

Szacunkowa wielkość przepływu o charakterze transgranicznym dla poziomu neogeńskiego z obszaru JCWPd 67 wynosi $Q = 680,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

W przypadku JCWPd 88, na potrzeby zastosowanej metody analitycznej obliczenia dopływu wód do doliny Nysy Łużyckiej oraz przepływu wód przez granice państwa, wydzielono wzdłuż granicy osiem stref obliczeniowych (I–VIII) dla dopływu czwartorzędowego (tab. 3) oraz pięć stref obliczenio-

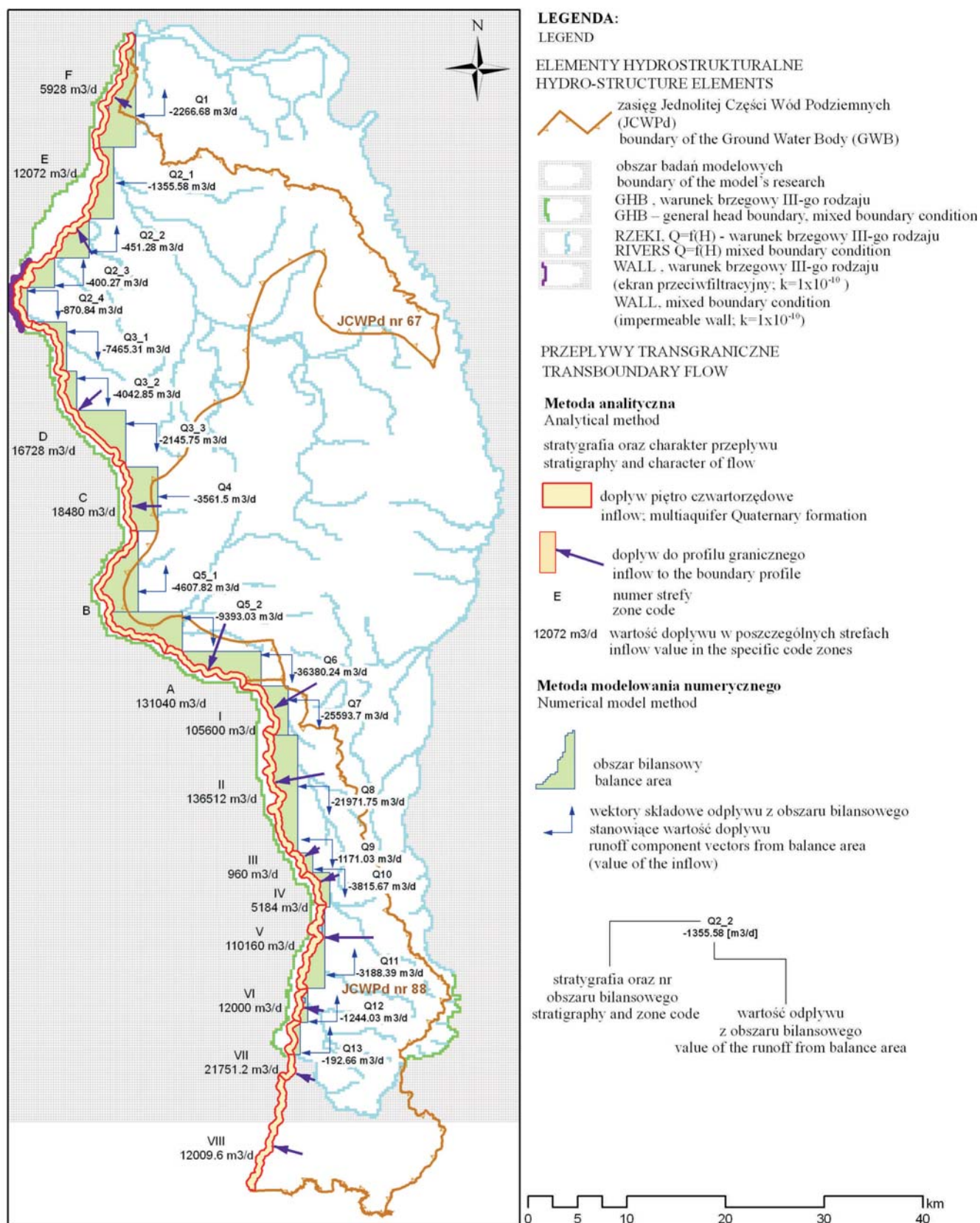


Fig. 2. Wartości dopływów wód podziemnych do Nysy Łużyckiej w piętrze czwartorzędowym

The values of the groundwater inflow to the Nysa Łużycka River in the multiaquifer Quaternary formation

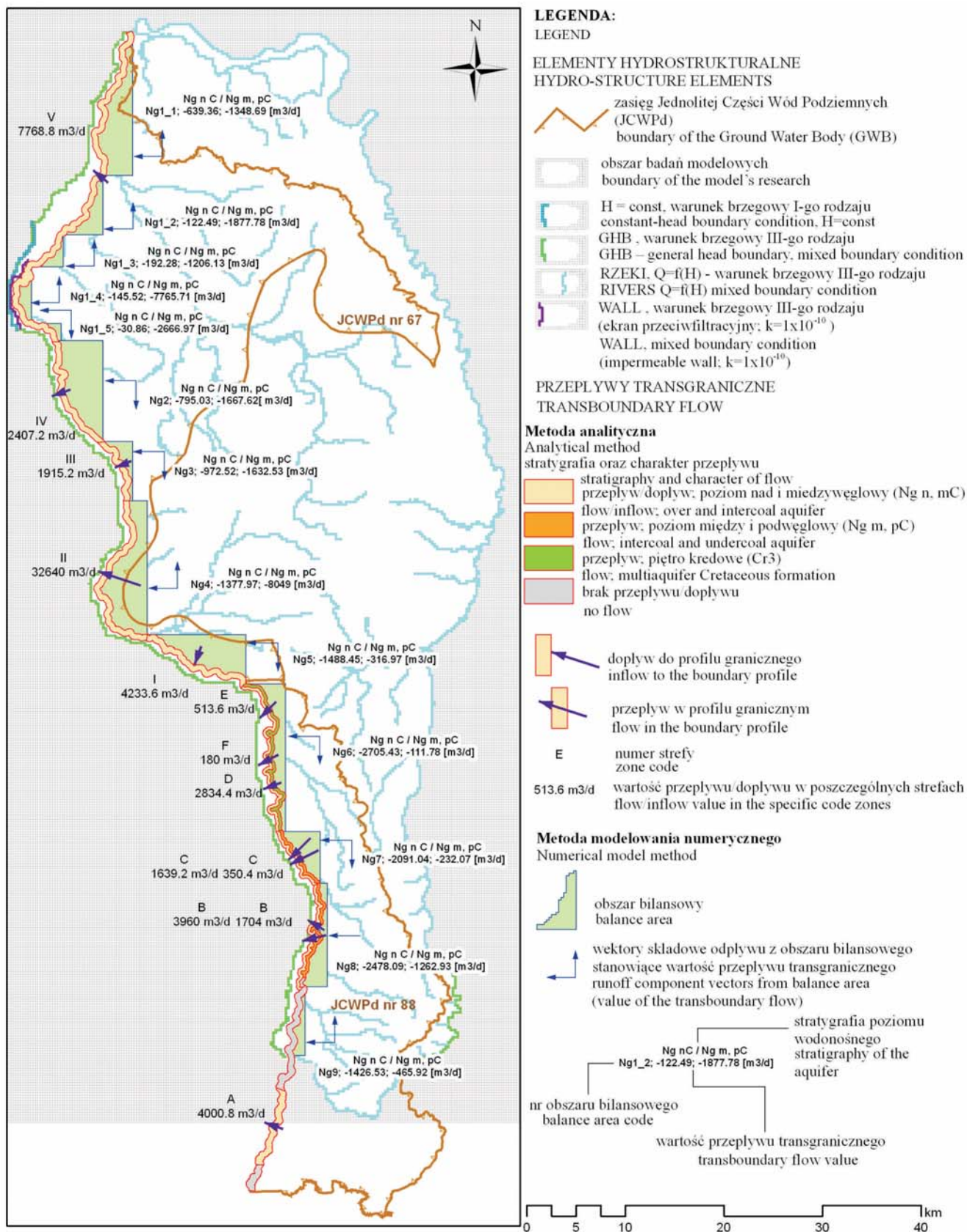


Fig. 3. Wartości dopływów wód podziemnych i przepływów transgranicznych w piętrze neogeńskim i kredowym

The values of the groundwater inflow and transboundary flow in the Neogene and Cretaceous multiaquifer formation

Tabela 1

Charakterystyka przepływów wód podziemnych piętra czwartorzędowego w strumieniach dopływających do Nysy Łużyckiej dla JCWPd 67

Characteristics of Quaternary groundwater flow in streams inflow to the Nysa Łużycka River at GWB-67

Składniki	Poziom przypowierzchniowy						Poziom międzyglinowy
	strefy dopływu						słabe rozpoznanie i brak poziomu wodonośnego w utworach strefy granicznej JCWPd 67
	A	B	C	D	E	F	
Miąższość warstwy m [m]	23,0	brak utworów wodonośnych (wschodnie neogenu)	22,0	38,0	23,0	28,0	
Współczynnik filtracji k [m/h]	0,42		0,5	0,54	0,46	0,46	
Przewodność T [m ² /h]	9,7		11,0	20,5	10,6	12,9	
Spadek hydrauliczny I	0,005		0,01	0,002	0,0025	0,0016	
Szerokość strefy dopływu do profilu granicznego i Nysy Łużyckiej B [m]	7500		7000	17 000	20 000	12 000	
Wielkość przepływu [m ³ /h]	363,7		770,0	697,0	530,0	247,7	
Razem	2608,4						

Tabela 2

Charakterystyka przepływów wód podziemnych poziomu neogenu (miocen) w strumieniach dopływających do profilu granicznego Nysy Łużyckiej dla JCWPd 67

Characteristics of Neogene (Miocene) groundwater flow in streams inflow to border profile of the Nysa Łużycka River at GWB – 67

Składniki	Poziom mioceniński					Poziom oligoceniński
	strefy dopływu					brak rozpoznania utworów wodonośnych w obrębie strefy granicznej JCWPd 67
	I	II	III	IV	V	
Miąższość warstwy m [m]	40,0	40,0	30,0	40,0	35	
Współczynnik filtracji k [m/h]	0,21	0,10	0,19	0,19	0,10	
Przewodność T [m ² /h]	8,4	4,0	5,7	7,6	3,5	
Spadek hydrauliczny I	0,002	0,02	0,002	0,0012	0,0025	
Szerokość strefy dopływu do profilu granicznego i Nysy Łużyckiej B [m]	10500	17000	7000	11000	37000	
Wielkość przepływu [m ³ /h]	176,4	1360,0	79,8	100,3	323,7	
Razem	2040,2					

wych dla przepływu wód podziemnych poziomu neogenu (miocen) i kredowego (A, B, C, D, E i F) o różnej szerokości (tab. 4).

Na odcinku granicznym z RFN, który stanowi Nysa Łużycka, z obszaru jednostki JCWPd 88 w kierunku zachodnim dopływa woda z poziomu czwartorzędowego w ilości

16842,7 m³/h. W przypadku poziomu czwartorzędowego Nysa Łużycka ma charakter drenujący.

Szacunkowa ilość wody przepływająca w charakterze wód transgranicznych do RFN poziomem neogenu (miocen) wynosi 623,6 m³/h, a poziomem kredowym 7,5 m³/h.

Tabela 3

**Charakterystyka przepływów wód podziemnych piętra czwartorzędowego
w strumieniach dopływających w profilu granicznym do Nysy Łużyckiej dla JCWPd 88**

Characteristics of Quaternary groundwater flow in streams inflow to border profile of the Nysa Łużycka River at GWB – 88

Składniki	Poziom przypowierzchniowy czwartorzędowy							
	strefy dopływu							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Miąższość warstwy m [m]	20	25	10	15	25	15	25	20
Współczynnik filtracji k [m/h]	4,0	1,25	1,0	1,2	1,7	1,7	1,45	0,417
Przewodność T [m ² /h]	80,0	31,3	10,0	18,0	42,5	25,5	36,3	8,34
Spadek hydrauliczny I	0,011	0,014	0,002	0,004	0,012	0,012	0,01	0,05
Szerokość strefy dopływu do profilu granicznego i Nysy Łużyckiej B [m]	5000	13 000	2000	3000	9000	3200	2500	12 000
Wielkość przepływu [m ³ /h]	4400,0	5688,0	40,0	216,0	4590,0	502,0	906,3	500,4
Razem	16 842,7							

Tabela 4

**Charakterystyka przepływów wód podziemnych piętra neogenu i kredy górnej
w strumieniach dopływających w profilu granicznym do Nysy Łużyckiej dla JCWPd 88**

Characteristics of Neogene Upper Cretaceous groundwater flow
in streams inflow through border profile to the Nysa Łużycka River at GWB – 88

Składniki	Poziom neogeński (nad i międzywęglowy)					Poziom neogeński (między- i podwęglowy) oraz górnej kredy		
	strefy dopływu							
	A	B	C	D	E	B	C	F _{Cr3}
Miąższość warstwy m [m]	10	14	14	14	6	8	6	40
Współczynnik filtracji k [m/h]	0,33	0,25	0,25	0,25	0,2	0,2	0,18	0,035
Przewodność T [m ² /h]	3,3	3,5	3,5	3,5	0,2	1,6	1,08	1,17
Spadek hydrauliczny I	0,007	0,004	0,003	0,004	0,003	0,004	0,002	0,002
Szerokość strefy dopływu do profilu granicznego i Nysy Łużyckiej B [m]	7000	11000	6500	9000	6000	11000	6500	21500
Wielkość przepływu [m ³ /h]	166,7	165	68,3	118,1	21,4	71,0,6	14,6	7,5
Razem	539,0					93,1		

**CHARAKTERYSTYKA DOPŁYWÓW I PRZEPLYWÓW TRANSGRANICZNYCH
WEDŁUG METODY MODELOWANIA NUMERYCZNEGO**

Na podstawie opracowanego modelu numerycznego (quasi-przestrzennego) zlewni Nysy Łużyckiej (Czerski i in., 2010), pokrywającego się ze strefą przygraniczną JCWPd nr 67 i stanowiącego znaczną część strefy przygranicznej JCWPd nr 88, w wyniku szczegółowej analizy obliczono

wartości przepływów transgranicznych dla poziomów piętra neogeńskiego oraz dopływów do Nysy Łużyckiej z piętra czwartorzędowego.

Obliczenia wartości przepływów wykonano poprzez podział strefy przygranicznej na obszary bilansowe. Poszcze-

gólne obszary bilansowe wyznaczone zostały zgodnie z przebiegiem stref stanowiących podstawę obliczenia przepływów metodą analityczną dla piętra czwartorzędowego i neogeńskiego (fig. 2, 3). Jednakże z uwagi na znaczną długość profili obliczeniowych przy metodzie analitycznej oraz określenie prawidłowego wektora składowego odpływu z obszaru bilansowego, podzielono wyznaczone strefy na podobszary bilansowe.

Powyższy podział jest szczególnie uzasadniony w obrębie oddziaływania kopalni węgla brunatnego Jänschwalde, gdzie w wyniku zastosowania odpowiednich warunków brzegowych na modelu numerycznym (wprowadzenia ekranu przeciwfiltracyjnego, obniżenia zwierciadła wód podziemnych do rzędnej odwodnienia kopalni (Fischer i in., 1995)). Otrzymujemy realne wartości przepływu podziemnego w warunkach wymuszonych, spowodowanych uwzględnieniem czynników antropogenicznych.

Obliczenia przepływów wykonano dla piętra czwartorzędowego jako suma składowych poziomów nadglinowego, międzyglinowego i podglinowego.

Po obliczeniu wartości odpływu dla piętra czwartorzędowego z obszarów bilansowych dla poszczególnych poziomów wodonośnych, jako sumy wektorów składowych odpływu (tab. 5), wykonano analizę porównawczą z wartościami drenażu rzeki Nysy Łużyckiej, wprowadzonej jako warunek brzegowy III-go rodzaju „rzeki”. W wyniku czego otrzymane wartości stanowią w całości wartość dopływu do Nysy Łużyckiej.

Dla piętra neogeńskiego, poziomy nadwęglowy i sumarycznie poziomy międzywęglowy i podwęglowy, obliczone wartości są tożsame z wartością przepływu transgranicznego, gdzie oddziaływanie rzeki, jako warunku brzegowego III-go rodzaju, jest uznane za pionowy odpływ z poziomu nadwęglowego, zasilający bezpośrednio piętro czwartorzędowe w obrębie obszaru bilansowego (pominięte w obliczeniach), a przepływ transgraniczny stanowi lateralny odpływ na zewnątrz obszaru bilansowego, zgodny z wektorem składowym odpływu (tab. 6).

Tak opracowana metodyka obliczeniowa oraz stopień dokładności modelu numerycznego (dyskretyzacja 250×250 m

Tabela 5

Schemat obliczenia odpływu wód podziemnych z rejonu bilansowego Q1 dla piętra czwartorzędowego

Schema of calculation of groundwater runoff from balance area Q1 for Quaternary multiaquifer formation

Q1	Qn (+)	Qn (-)	Qm (+)	Qm (-)	Qp (+)	Qp (-)	SUMA +	SUMA -	Wektory składowe odpływu
W	0,00	-1214,20	0,00	-300,11	0,00	-32,06	0,00	-1546,39	+
E	357,43	-128,63	6,027	-2,03	7,48	-2,67	370,94	-133,33	
N	0,00	-581,73	0,00	-127,07	0,00	-11,48	0,00	-720,29	+
S	0,00	0,00	29,98	-0,89	4,48	-0,99	34,45	-1,88	

Tabela 6

Schemat obliczenia odpływu wód podziemnych z rejonu bilansowego Ng1_1 dla poziomów wodonośnych neogenu

Schema of calculation of groundwater runoff from balance area Ng1_1 for Neogene aquifers

Ng1_1	Ng nC (+)	Ng nC (-)	Ng m, pC (+)	Ng m, pC (-)	Wektory składowe odpływu
W1	1,18	-399,99	261,09	-962,72	+
E	900,33	-15,91	856,04	-125,62	
N	0,00	-239,37	0,00	-385,97	+
S	83,35	-62,92	764,30	0,00	

w układzie 9 warstw w tym pięciu wodonośnych) pozwoliły na szczegółowe obliczenia wartości przepływów transgranicznych w układzie quasi-przestrzennym, uwzględniając wszystkie składowe przepływy strumieni wód podziemnych.

Stąd obliczona wartość dopływu wód podziemnych do Nysy Łużyckiej, na podstawie badań modelowych, z czwar-

torzędu dla JCWPd nr 67 wynosi 36 560,9 m³/d, natomiast dla JCWPd nr 88 jest równa 93 557,48 m³/d (tab. 7).

Dla neogenu obliczone wartości przepływów transgranicznych stanowią dla JCWPd nr 67 i JCWPd nr 88 odpowiednio: 48 291,67 m³/d i 10 773,79 m³/d (tab. 8).

Tabela 7

Charakterystyka przepływów wód podziemnych czwartorzędu wg metody modelowania numerycznego

Characteristics of Quaternary groundwater flow according to numerical modeling method

Nr JCWPd	Symbol obszaru bilansowego model numeryczny	Q [m ³ /d]	Symbol strefy metoda analityczna	Q [m ³ /d]	Q [m ³ /h]
67	Q1	-2266,68	F	5928,00	247,00
	Q2_1	-1355,58			
	Q2_2	-451,28			
	Q2_3	-400,27			
	Q2_4	-870,84			
	Q2 suma	-3077,97			
	Q3_1	-7465,31			
	Q3_2	-4042,85			
	Q3_3	-2145,75			
	Q3 suma	-13 653,91			
	Q4	-3561,50	C	18 480,00	770,00
	Q5_1	-4607,82			
	Q5_2	-9393,03			
	Q5 suma	14 000,84			
88	Q6	-36 380,24	A	131 040,00	5460,00
	Q7	-25 593,70	I	105 600,00	4400,00
	Q8	-21971,75	II	136 512,00	5688,00
	Q9	-1171,03	III	960,00	40,00
	Q10	-3815,67	IV	5184,00	216,00
	Q11	-3188,39	V	110 160,00	4590,00
	Q12	-1244,03	VI	12 000,00	500,00
	Q13	-192,66	BRAK	0,00	0,00

Tabela 8

Charakterystyka przepływów wód podziemnych neogenu wg metody modelowania numerycznego
Characteristics of Neogene groundwater flow according to numerical modeling method

Nr JCWPd	Symbol obszaru bilansowego model numeryczny	Ng_nC [m ³ /d]	Ng_m, pC [m ³ /d]	Symbol strefy metoda analityczna	Ng_n, mC [m ³ /d]	Ng_m, pC [m ³ /d]			
67	Ng1_1	-639,36	-1348,69	V	7768,8	/			
	Ng1_2	-122,49	-1877,78						
	Ng1_3	-192,28	-1206,13						
	Ng1_4	-145,52	-7765,71						
	Ng1_5	-30,86	-2666,97						
	Ng_1 suma	-1130,51	-14865,27						
	Ng2	-795,03	-1667,62				IV	2407,2	/
	Ng3	-972,52	-1632,53				III	1915,2	/
	Ng4	-1377,97	-8049,00				II	32 640	/
	Ng5	-1488,45	-316,97				I	4233,6	/
88	Ng6	-2705,43	-111,78	E	513,6	/			
				D	2834,4	/			
	Ng7	-2091,04	-232,07	C	1639,2	350,4			
	Ng8	-2478,09	-1262,93	B	3960	1704			
	Ng9	-1426,53	-465,92	BRAK	0	-			

Tabela 9

Wielkości przepływu transgranicznego zlewni Nysy Łużyckiej
Values of transboundary groundwater flow in Nysa Łużycka catchment

Poziom wodonośny	Rodzaj przepływu	Metoda analityczna [m ³ /d]	Modelowanie matematyczne [m ³ /d]
Czwartorzęd	dopływ	466 826	130 118
Neogen	dopływ	32 640	0
	przepływ transgraniczny	31 291	59 065
Kreda górna	przepływ transgraniczny	180	-

PODSUMOWANIE

Wielkości dopływów do Nysy Łużyckiej oraz przepływów transgranicznych w profilu granicznym JCWPd 67 i 88, liczone metodą analityczną (Grzegorzyczyk i in., 2008) i modelowania numerycznego, są wyraźnie zróżnicowane (tab. 9).

Przy zdecydowanie lepszym rozpoznaniu zróżnicowanego hydrogeologicznie poziomu czwartorzędowego, znaczna rozpiętość granicznych wartości poszczególnych jej parametrów powoduje, że ich uśrednienie, przyjmowane do obli-

czeń analitycznych, jest nieadekwatne (zawyżone) dla poszczególnych profili obliczeniowych. W przypadku poziomu neogeńskiego sytuacja jest dokładnie odwrotna; przy słabym rozpoznaniu mniej zróżnicowanego hydrogeologicznie poziomu uśrednienie parametrów bardziej odpowiada ich rzeczywistym wartościom.

Ponad 3-krotnie większe dopływy do Nysy Łużyckiej z piętra czwartorzędowego liczone analitycznie, wynikają z przyjętych założeń (uśredniona wodoprzewodność dla przyjętej strefy dopływu limitowanej zasięgiem GUPW wg MhP i układem hydroizohips). Przy bardzo dużym zróżnicowaniu miąższości i parametrów filtracyjnych piętra wodonośnego czwartorzędu, przyjęcie uśrednionych warunków dla

zbyt długich profili dopływu skutkuje zawyżeniem wyników obliczeń. Ponadto przyjęta schematyzacja sprowadza przepływ w poziomie czwartorzędowym wyłącznie w jednym kierunku, pomijając drenaż prawobrzeżnych dopływów Nysy Łużyckiej. Uwzględniając hydraulikę przepływu przez ośrodek porowy, gdzie przepływ zachodzi w przestrzeni porowej stanowiącej ok. 20% warstwy, oszacowane wielkości dopływu są ok. 5-krotnie zawyżone.

Duża zgodność wielkości przepływów transgranicznych wód podziemnych piętra neogeńskiego liczona obiema metodami, wynika głównie z bardzo małego zróżnicowania wodoprzewodności.

LITERATURA

- CZERSKI M., CHUDZIK L., SERAFIN R., WOJTKOWIAK A., 2010 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zlewni Nysy Łużyckiej (od granicy Państwa do ujścia do Odry). Arch. OD PIG-PIB, Wrocław.
- FISZER J., PLECZYŃSKI J., REICHEL F., SCHOENHEINZ D., 1995 — Ekspertyza dla określenia wpływu kopalni odkrywkowej węgla brunatnego Jänschwalde na terytorium Polski. Expertise zur Bewertung der Einflusses durch den Tagebau Jänschwalde auf polnisches Staatsgebiet. Geokom Sp. z o.o., Poznań Ingenieurburo für Grundwasser.
- GRZEGORCZYK K., KIELCZAWA J., NOWACKI F., WOJTKOWIAK A., SERAFIN R., 2008 — Oszacowanie kierunku i wielkości przepływów oraz określenie chemizmu wód podziemnych w profilu granicy Państwa z Republiką Czeską i Niemcami wzdłuż granicy JCWPd nr 67, 68, 88, 89 (zlewnia Nysy Łużyckiej). Arch. OD PIG-PIB, Wrocław.
- MAĐRALA D., RUSS D., BIEL A., 2010 — Wykonanie modeli pojęciowych JCWPd na obszarze Regionu Wodnego Środkowej Odry – JCWPd nr 92. Archiwum OD PIG-PIB. Wrocław.
- PACZYŃSKI B. SADURSKI A., (red.), 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PAZDRO Z., 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol. Warszawa.
- POPRAWSKI L., BINIAK G., JASIAK T., KILAR K., KRZEMPEK J., KUS S., LIMISIEWICZ P., MARSZAŁEK H., WAŚSIK M., 1997 — Bilans wodnogospodarczy wód podziemnych zlewni Nysy Łużyckiej wraz z wytycznymi dla warunków korzystania z wód dorzecza. Hydrogeo Ltd., Wrocław.
- ZAWISTOWSKI K., MAĐRALA D., BIEL A., 2010 — Wykonanie modeli pojęciowych JCWPd na obszarze Regionu Wodnego Środkowej Odry – JCWPd nr 76. Archiwum OD PIG-PIB. Wrocław.

SUMMARY

The transboundary Groundwater Bodies (GWB) 67 and 88 are located in SW Poland, on the Polish-German national boarder, in the Nysa Łużycka catchment. The groundwater inflow to the river and transboundary groundwater flow towards Germany, determined by the analytical and numerical modeling methods (Grzegorzczuk i in., 2008), vary very much along the river course within both GWBs.

The groundwater inflow to the Nysa Łużycka river from the Quaternary aquifer calculated by the analytical method show the values more than three times higher compared to the results of the numerical model. This is mainly caused by the medium value of transmissivity assumed for the inflow zone as delimited by the geographic extend of the main useful aquifer according to Hydrogeological Map of Poland in 1:50 000 scale as well as the groundwater table contours. Having in mind a high variation of thickness and filtration

parameters of the Quaternary aquifer it can be concluded that assuming the same mean values of the hydrogeological parameters for relatively long parts of the river course for the sake of analytical calculations yields the overestimated results. In addition the assumed groundwater flow scheme for the Quaternary aquifer takes place only in one direction – towards the Nysa Łużycka river, while the drainage by its right-side tributaries have not been taken into account. Considering the groundwater flow throughout the pore space accounting for up to about 20% of the aquifer, the calculated inflow values are overestimated about fivefold.

High conformity of the results yielded by both calculation methods – analytical and numerical modeling, of the transboundary groundwater flow for the Neogene aquifer results from relatively small differences of the extreme transmissivity values.