

**Justyna MAZURKIEWICZ<sup>1</sup>**  
**Anna WACHOWICZ-PYZIK<sup>2</sup>**  
**Marcin KRÓLIKOWSKI<sup>3</sup>**

## **POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA CZWARTORZĘDOWYCH WÓD PODZIEMNYCH W INSTALACJACH NISKOTEMPERATUROWYCH**

Praca przedstawia potencjalne możliwości wykorzystania wód podziemnych z poziomu czwartorzędowego w instalacjach niskotemperaturowych dwuotworowych i jednootworowych wspomaganymi pompami ciepła typu woda/woda na obszarze Nowego Sącza. Takie instalacje umożliwiają zagospodarowanie zwykłych wód podziemnych, występujących na niewielkich głębokościach, których temperatura na wypływie jest mniejsza niż 20°C. Obowiązujące regulacje prawne w jasny sposób nie definiują pojęcia wody niskotemperaturowej. Zatem, odnosząc się do definicji wody termalnej określonej przez Prawo geologiczne i górnicze (PGG, Dz.U. Z 2011 Nr 163 poz. 981), wodą niskotemperaturową jest woda posiadająca na wypływie z ujęcia temperaturę mniejszą niż 20°C. Woda jako dolne źródło ciepła musi spełniać odpowiednie wymagania dotyczące parametrów fizykochemicznych. W niniejszej pracy szczególnej ocenie poddano wyniki oznaczeń wybranych parametrów fizykochemicznych istotnych w przypadku wykorzystania tych wód w instalacjach niskotemperaturowych: pH, przewodności elektrolitycznej właściwej oraz chlorków, siarczanów, azotanów, żelaza i manganu. Dane do analizy pozyskano z Centralnej Bazy Danych Hydrogeologicznej (CBDH tzw. BankuHydro) oraz baz danych Monitoringu Wód Podziemnych (MWP). Z bazy wybrano te ujęcia, w których oznaczony został przynajmniej podstawowy skład chemiczny wód podziemnych. Dane poddano analizie statystycznej – wyznaczono podstawowe statystyki opisowe i przedstawiono je na wykresach skrzynkowych. Na ich podstawie można stwierdzić, że stężenia chlorków, azotanów, wartości pH i przewodności elektrolitycznej właściwej nie przekraczają wartości granicznych podanych przez producenta urządzeń (firma Nibe-Biawar sp. z o.o.), natomiast stężenia żelaza, manganu i siarczanów w pojedynczych ujęciach przekraczają te wartości. Wykorzystywanie wód niespełniających wymogów stawianych przez producenta pompy jest możliwe w sposób pośredni, za pomocą dobranego indywidualnie wymiennika pośredniego.

<sup>1</sup> Autor do korespondencji: Justyna Mazurkiewicz, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: mazurkiewicz@geol.agh.edu.pl

<sup>2</sup> Anna Wachowicz-Pyzik, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: amwachowicz@poczta.fm

<sup>3</sup> Marcin Królikowski, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, e-mail: mkr@agh.edu.pl

**Słowa kluczowe:** geotermia niskotemperaturowa, wody podziemne, pompy ciepła, Nowy Sącz

## 1. Wprowadzenie

### 1.1. Informacje ogólne

Środowisko przyrodnicze posiada olbrzymie naturalne źródła energii o niskiej temperaturze. Ich wykorzystanie jest możliwe w celach grzewczych, poprzez zastosowanie pomp ciepła. Takie systemy mogą być stosowane do ogrzewania budynków oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej. Realizacja instalacji niskotemperaturowych wspomaganych pompami ciepła może przyczynić się także do wzrostu udziału energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii, co stanowi jeden z elementów założeń polityki ekologicznej państwa [10,11,22].

Obowiązujące regulacje prawne w jasny sposób nie definiują pojęcia wody niskotemperaturowej. Zatem, odnosząc się do definicji wody termalnej określonej przez Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2011 Nr 163 poz. 981)[21], wodą niskotemperaturową nazwiemy wodę posiadającą na wypływie z ujęcia temperaturę mniejszą niż 20°C [17,21]. Zwykle wody te występują na głębokościach do ok. 500 m p.p.t. [17].

Wykorzystanie zasobów wód podziemnych w instalacjach niskotemperaturowych odnosi się zarówno do systemów otwartych, w których nośnikiem energii jest woda, jak i systemów zamkniętych, w których wymiennik ciepła umiejscowiony zostaje w utworach zawodnionych [8]. Otwarte systemy niskotemperaturowe obejmują instalacji dwuotworowe i jednootworowe wspomagane pompami ciepła typu woda/woda.

W skład instalacji dwuotworowych wchodzi dwie studnie (eksploatacyjna i chłonna) ujmujące tę samą warstwę wodonośną. Woda za pomocą pompy umieszczonej w odwiercie eksploatacyjnym (produkcyjnym), pobierana jest i tłoczona do pompy ciepła, a po oddaniu ciepła (schłodzenie wody o ok. 5–7°C) wtłaczana z powrotem do warstwy, z której została pobrana (za pomocą studni chłonných)[6,8,24,26]. Instalacje tego typu są najbardziej efektywne pod względem wydajności energetycznej z uwagi na stałość temperatury wód podziemnych występujących na głębokościach do kilkudziesięciu metrów [8].

W instalacjach jednootworowych woda pobrana ze studni eksploatacyjnej, po oddaniu ciepła w pompie ciepła, nie zasila warstwy wodonośnej, lecz odprowadzana jest do cieków powierzchniowych, kanalizacji lub może zostać wykorzystana do innych celów (bezpośredniego spożycia, nawadniania, itp.) [8,24], jeśli spełnia wymagania określone rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. z 2007 r. Nr 61, Poz. 417 z późn. zm.)[33]. Wody odprowadzane do cieków powierzchniowych uznawane są jako ścieki, dlatego powinny spełniać wymagania przepisów o korzystaniu z wód określone rozporządzeniem Ministra Środowiska

z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełniać przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz.U. z 2014 r., Poz. 1800) [32].

Woda jako dolne źródło ciepła dla pompy ciepła musi spełniać odpowiednie wymagania odnośnie parametrów fizykochemicznych (m.in. temperatury, pH, przewodności elektrolitycznej właściwej, twardości ogólnej, obecności agresywnego CO<sub>2</sub>, stężenia chlorków, siarczanów, żelaza i manganu) [10,11,12]. Wymagania te wynikają głównie z uwarunkowań technicznych producentów pomp ciepła. Wartości te są zbliżone do wymagań dotyczących jakości wód przeznaczonych do spożycia przez ludzi określonych rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. [33]. Ocenę składu chemicznego oraz ocenę agresywności korozyjnej wody i możliwości wytrącania osadów wykonuje się na etapie projektowania systemu opartego na wodach podziemnych [29].

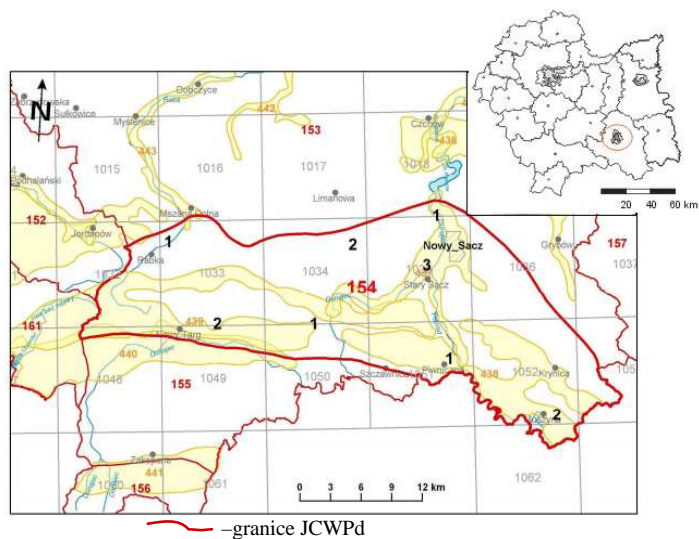
Przedmiotem niniejszej pracy jest analiza potencjalnych możliwości wykorzystania wód podziemnych na obszarze Nowego Sącza w instalacjach niskotemperaturowych dwuotworowych i jednootworowych wspomaganych pompami ciepła typu woda/woda. Szczególną uwagę skupiono na parametrach fizykochemicznych stawianym wodom wykorzystywanym w instalacjach niskotemperaturowych typu woda/woda podanych przez producenta pomp ciepła: pH, przewodności elektrolitycznej właściwej oraz zawartości chlorków, azotanów, siarczanów, żelaza i manganu [16]. Według informacji uzyskanych w Urzędzie Miasta, obecnie w obrębie Nowego Sącza nie funkcjonuje żadna instalacja niskotemperaturowa bazująca na wodach podziemnych.

## 2. Charakterystyka analizowanego obszaru

### 2.1. Informacje ogólne

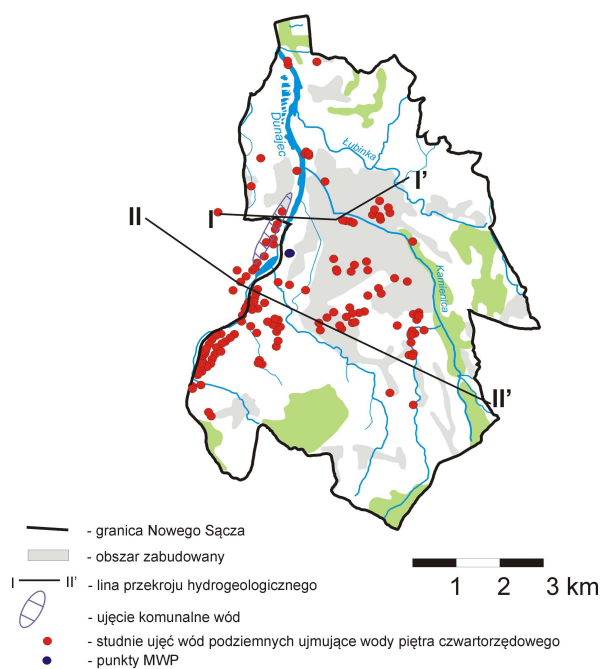
Nowy Sącz to trzecie pod względem liczby ludności i trzecie co do wielkości miasto w województwie małopolskim, zajmujące powierzchnię 58 km<sup>2</sup>. Liczba ludności wg danych GUS z 2013 roku wyniosła 83 947 [2,13]. Od 1 stycznia 1999 roku miasto funkcjonuje na prawach powiatu grodzkiego [30]. Nowy Sącz położony jest w południowo-wschodniej części województwa małopolskiego, w obrębie 154 JCWPd (Jednolitej Części Wód Podziemnych – Rys. 1), w widłach dwóch rzek: Dunajca i Kamienicy (Rys. 2) [7].

Pod względem fizycznogeograficznym obszar ten położony jest w prowincji Zewnętrznych Karpat Zachodnich, podprowincji Beskidów Zachodnich i makroregionie Kotliny Sądeckiej, rozciągającej się pasmem o szerokości od 3 do 8 km w widłach Dunajca, Popradu i Kamiennej. Dno doliny obniża się od 340 do 270 m. Na obszarze Nowego Sącza dominują formy pochodzenia rzeczno- [14]. We wschodniej części Kotliny Sądeckiej przeważają terasy erozyjno-akumulacyjne średnie (17–30 m n.p. rzeki) i niskie (6–12 m n.p. rzeki), natomiast w zachodniej szerokie terasy nadzalewowe (3–6 m n. p. rzeki) oraz terasy zalewowe i kamieńce rzeczne (1–3 m n. p. rzeki) [7,18,19].



Rys. 1. Położenie Nowego Sącza na tle JCWPd 154 [31]

Fig. 1. Location of the area of Nowy Sącz on the 154 GWB background [31]



Rys. 2. Położenie Nowego Sącza i lokalizacja punktów monitoringowych [1,3,7–zmienione]

Fig. 2. Location of Nowy Sącz and location of monitoring points [1,3,7–modified]

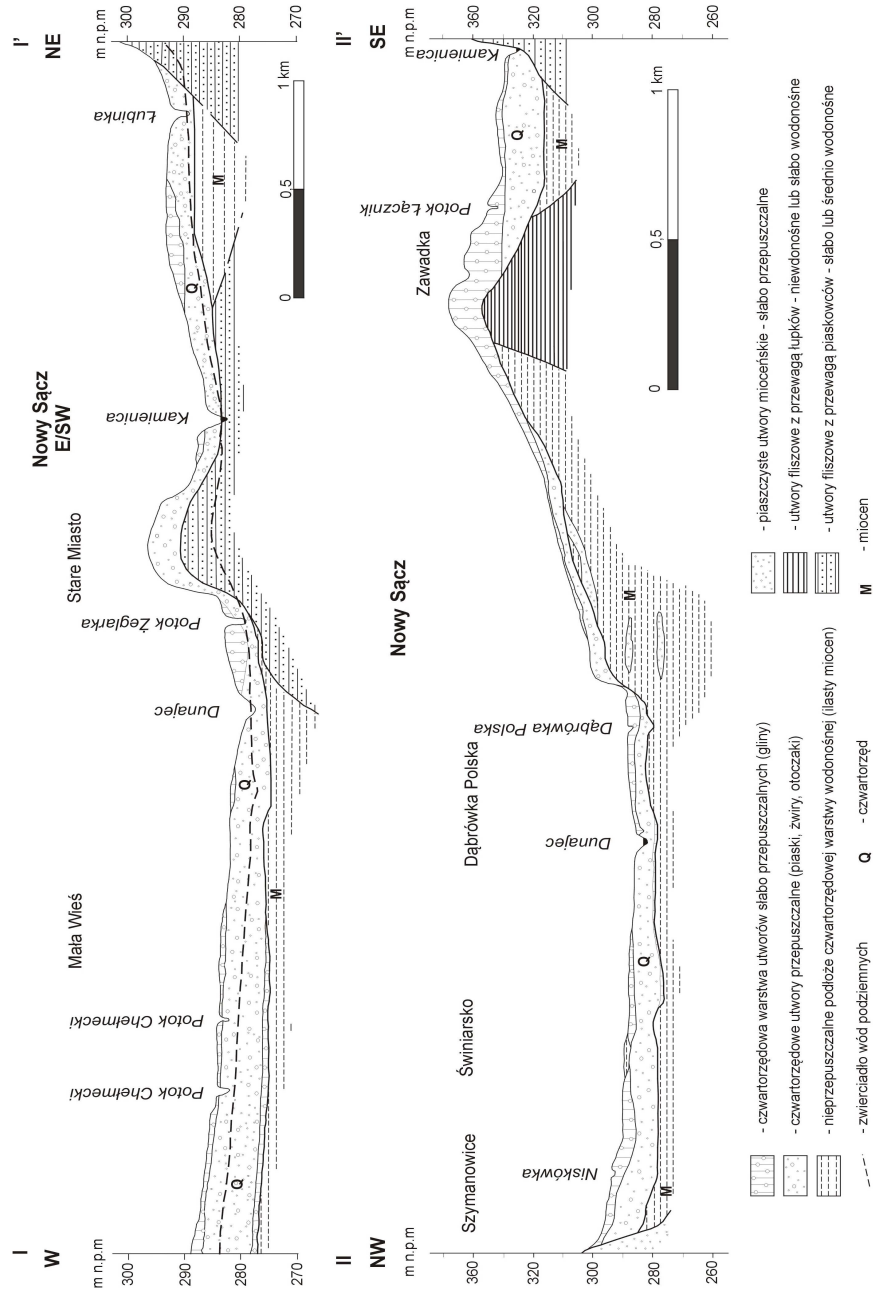
## 2.2 Zarys budowy geologicznej

Budowa geologiczna miasta Nowy Sącz obejmuje trzy piętra strukturalne. Najstarsze piętro strukturalne budują osady wieku kredowego i paleogeńskiego (po oligocen włącznie), środkowe osady miocenu środkowego, natomiast najmłodsze osady czwartorzędowe [18,19,23]. Utwory kredy górnej i paleogenu charakteryzują serię magurską, grybowską i dukielską. Na terenie miasta Nowy Sącz występują tylko utwory serii magurskiej (stref facjalnych bystrzyckiej i raczańskiej). Najstarsze utwory strefy facjalnej raczańskiej stanowią piaskowce gruboławicowe występujące w północno-zachodniej części miasta, w rejonie ujścia Kamienicy do Dunajca, na głębokości ok. 200 m p.p.t. Młodszyymi utworami są piaskowce muskowitzowe i glaukonitowe, margle globigerynowe z łupkami, piaskowce grubo- i cienkoławicowe oraz łupki pstre. Strefę facjalną bystrzycką budują piaskowce, łupki i margle [7,18,19]. Centralną część Kotliny Sądeckiej wypełniają osady miocenijskie (mułki, łupki ilaste, piaski oraz lignity warstw biegonickich). W rejonie miasta utwory czwartorzędowe budują utwory plejstocenijskie wykształcone w postaci żwirów i głazów rzecznych, piasków i glin terasów erozyjno-akumulacyjnych [19,23]. Utwory najstarszego zlodowacenia podlaskiego tworzą terasy o wysokości 80–95 m n.p. rzeki (rejon osiedli Gołąbkowice, Biegonice, Bielowice), natomiast utwory pozostałych zlodowaceń wykształcone zostały w postaci żwirów i głazów rzecznych, glin i ilów. Utwory powstałe w okresie zlodowacenia południowopolskiego tworzą terasy o wysokości 30–80 m n.p. rzeki (rejon Nowego Sącza, Zabełcza i Biegonic), w okresie zlodowacenia środkowopolskiego o wysokości 17–30 m n.p. rzeki (centrum miasta Nowy Sącz, na południu od Biegonic i Dąbrówki, po ujście Kamienicy do Dunajca) oraz zlodowacenia północnopolskiego o wysokości 6–12 m n.p. rzeki (prawy brzeg rzeki Kamienicy). Najmłodsze utwory czwartorzędowe stanowią holocenijskie żwiry, głazy rzeczne, piaski, gliny oraz ropy i pyły z domieszką piaskowców terasów nadzalewowych występujące w dolinach Dunajca, Popradu i Kamienicy [7,19,23].

## 3. Charakterystyka hydrogeologiczna

### 3.1 Informacje ogólne

Obszar Nowego Sącza położony jest w obrębie prowincji górskiej, regionie Karpackim (XV), subregionie Karpat Zewnętrznych (XV<sub>2</sub>)[20]. Na terenie miasta wody podziemne występują w utworach paleogeńsko-kredowych fliszu oraz osadach miocenijskich i czwartorzędowych. Wody w utworach fliszowych posiadają charakter szczelinowo-warstwowy, natomiast w osadach miocenijskich i czwartorzędowych charakter porowy (Rys. 3)[19]. Wody poziomu czwartorzędowego ze względu na dostępność i głębokość występowania, są najbardziej perspektywiczne pod względem wykorzystania w systemach niskotemperaturowych wspomaganych pompami ciepła.



Rys.3 Przekrój hydrogeologiczny I – I' i II – II' [27, zmieniony] – lokalizacja na Rys. 2

Fig. 3. Hydrogeological cross – section I – I' i II – II' [27, modified) – localization on Fig. 2

### 3.2 Charakterystyka czwartorzędowego poziomu wodonośnego

Największe rozprzestrzenienie i miąższość utwory czwartorzędowe w obrębie 154 JCWPd osiągają w Kotlinie Sądeckiej. Są to utwory pochodzenia rzeczno, zbudowane z osadów żwirowo–piaszczystych [31], częściowo zaglinionych, o miąższości ok. 10 m. Zasilanie piętra czwartorzędowego odbywa się przez infiltrację opadów atmosferycznych oraz poprzez dopływ boczny z utworów fliszu karpackiego i czwartorzędowych dolin rzecznych [4,5,7].

Wody podziemne poziomu czwartorzędowego występują w warstwach zbudowanych z otoczków, żwirów i piasków akumulacji rzecznej [19]. Poziom ten zalega płytko pod powierzchnią terenu, na głębokości ok. 1–6 m. Współczynnik filtracji w obrębie utworów budujących tarasy niskie i najniższe w dolinie Dunajca i Popradu, waha się od 8,64 do 864 m/d. Najwyższy współczynnik filtracji charakteryzuje żwiry w rejonie współczesnego i zasypanego koryta Dunajca i Popradu [27]. Poziom wodonośny w obrębie niskich tarasów rzecznych posiada korzystne warunki zasilania związane z zasilaniem ze wszystkich poziomów położonych wyżej morfologicznie (głównie przez wody podziemne terasu średniego). Tylko lokalnie zasilany jest wodami rzek zwłaszcza w najniższym tarasie [27]. Warstwę wodonośną tarasów średnich cechuje miąższość w granicach 2–5 m oraz wartość współczynnika filtracji wahająca się w granicach 0,86–86,4 m/d. Poziom wodonośny charakteryzuje silny drenaż związany ze stosunkowo wysokim położeniem nad dnem kotliny [4,5]. Poziom wód gruntowych nie związany hydraulicznie z wodami powierzchniowymi rzek występuje w żwirach tarasów wysokich i najwyższych. Warstwę wodonośną budują dobrze przemyte żwiry i otoczaki, o miąższości w granicach od 2 do 6 m i współczynnika filtracji rzędu 8,64–864 m/d [4,5,27]. Spąg warstwy wodonośnej stanowią najczęściej iły mioceńskie, rzadziej osady fliszowe. Zwierciadło wód gruntowych ma charakter swobodny. Najzasobniejszy poziom wodonośny związany jest z utworami aluwialnymi rzeki Dunajec i występuje w zachodniej części miasta (437 GZWP – Główne Zbiorniki Wód Podziemnych) [9,23].

### 4. Wartości graniczne parametrów fizykochemicznych wód wykorzystywanych w systemach niskotemperaturowych

Woda wykorzystywana jako dolne źródło ciepła w systemach niskotemperaturowych wspomaganych pompami ciepła typu woda/woda nie powinna przekraczać wartości granicznych podanych przez producenta pomp ciepła. Poniżej przedstawiono wartości graniczne wybranych parametrów fizykochemicznych jednego z producentów pomp ciepła [16]:

- odczyn pH od 6,5 do 8,5,
- stężenie chlorków – 300 mg/dm<sup>3</sup>,
- stężenie azotanów NO<sub>3</sub> – 100 mg/dm<sup>3</sup>,
- stężenie siarczanów SO<sub>4</sub> – 70 mg/dm<sup>3</sup>,

- stężenie żelaza i manganu – 3 mg/dm<sup>3</sup> <sup>\*)</sup>,
- przewodność elektrolityczna właściwa – 50 mS/cm.

Przekroczenie dopuszczalnych stężeń substancji chemicznych zawartych w wodach podziemnych może powodować m.in.: narastanie szlamu na ściankach studni, wytrącanie żelaza, ograniczenie dopływu świeżej wody, zanieczyszczenia biologiczne, zamulenie (kolmatację) oraz uszkodzenie obramowania studni zrzutowej [25,26], prowadząc (w określonych warunkach pH i temperatury) do skalingu i/lub korozji poszczególnych elementów, przez które przepływa woda podziemna [17]. Korozja i kolmatacja stanowią jeden z najistotniejszych problemów związanych z eksploatacją wód podziemnych, mających bezpośredni wpływ na koszty pozyskania energii [29]. Wskazanie potencjalnych zagrożeń, wynikających ze specyfiki ujmowanych wód podziemnych pozwala na podejmowanie odpowiednich decyzji z zakresu technicznego doboru elementów instalacji, odpornych na potencjalne zagrożenia [17] przyczyniających się do niewłaściwej pracy instalacji oraz wdrażania rozwiązań technicznych ograniczających ich negatywne skutki (m.in. zmniejszenie produktywności i chłonności otworów)[29]. Oceny składu chemicznego wód oraz oceny agresywności korozyjnej wody i możliwości wytrącania osadów dokonuje się na etapie projektowania systemu opartego na wodach podziemnych [29].

Jeżeli stopień mineralizacji wody nie jest zbyt wysoki i wody nie są agresywne względem materiałów, z których zbudowany jest parowacz, to mogą być one tłoczone bezpośrednio do parowacza pompy [25,26]. Natomiast wykorzystanie wód zanieczyszczonych, w przypadku kiedy woda nie spełnia wymogów stawianych przez producenta pompy, jest możliwe w sposób pośredni, za pomocą wymiennika pośredniego (np. płytowego) [11,25,26].

## 5. Metodyka badań i analiza danych

W niniejszej pracy analizie poddano wyniki oznaczeń wybranych parametrów fizykochemicznych (chlorków, azotanów, siarczanów, żelaza, manganu, pH i przewodności elektrolitycznej właściwej) w ujęciach wód podziemnych poziomu czwartorzędowego w obrębie miasta Nowy Sącz (Rys. 2, Tabela 1). Dane do analizy pozyskano z Centralnej Bazy Danych Hydrogeologicznych (CBDH, tzw. BankuHydro) oraz bazy danych Monitoringu Wód Podziemnych (MWP). Do analizy wytypowano te ujęcia, w których oznaczony został przynajmniej podstawowy skład chemiczny wód podziemnych. Zakres analiz nie był taki sam we wszystkich ujęciach, zatem liczby wyników dla poszczególnych wskaźników są różne. Analizy te wykonywane były w latach 1958–2009. W bazach brak jest danych o metodyce oznaczeń i laboratoriach wykonujących

<sup>\*)</sup> W przypadku żelaza i manganu podana wartość obowiązuje, gdy na drodze pomiędzy studnią eksploatacyjną, pompą ciepła i studnią zatłaczającą nie dostaje się tlen przez nieszczelności w systemie. Tlen prowadzi do wytrącania żelaza, tym samym powodując zamulenie studni zatłaczającej. Jest to główny powód położenia rur zasysania i odprowadzania wody wystarczająco głęboko poniżej lustra wody studni [16].

Tabela 1 Wartości graniczne parametrów fizykochemicznych wód stosowanych jako dolne źródło dla pomp ciepła wraz z charakterystyką parametrów fizykochemicznych wód podziemnych piętra czwartorzędowego na obszarze Nowego Sącza (na podstawie bazy danych PSH i materiałów firmy Nibe–Biawar)[1,16]

Table 1 Boundary values of physical – chemical parameters of waters used as a lower source for the heat pump (based on Nibe–Biawar Technical Materials) and physicochemical composition of quaternary groundwater in the area of Nowy Sacz (based on PSH Materials)[1,16]

Składnik	Jednostka	Liczba analiz	Wartość średnia	Minimum	Maksimum	Wartości graniczne**
pH	-	1482	7,39	6,57	8,32	6,5–8,5
chlorki	mg/dm <sup>3</sup>	97	27,16	3,55	140	300
azotany NO <sub>3</sub>	mg/dm <sup>3</sup>	6	22,99	3,5	36,46	100
siarczany SO <sub>4</sub>	mg/dm <sup>3</sup>	26	61,08	26,3	<b>87,63</b>	70
żelazo	mg/dm <sup>3</sup>	102	0,35	<DL*	<b>12</b>	3
mangan	mg/dm <sup>3</sup>	103	0,12	<DL*	<b>3,5</b>	3
przewodność elektrolityczna właściwa	mS/cm	60	0,9	0,46	2,01	50

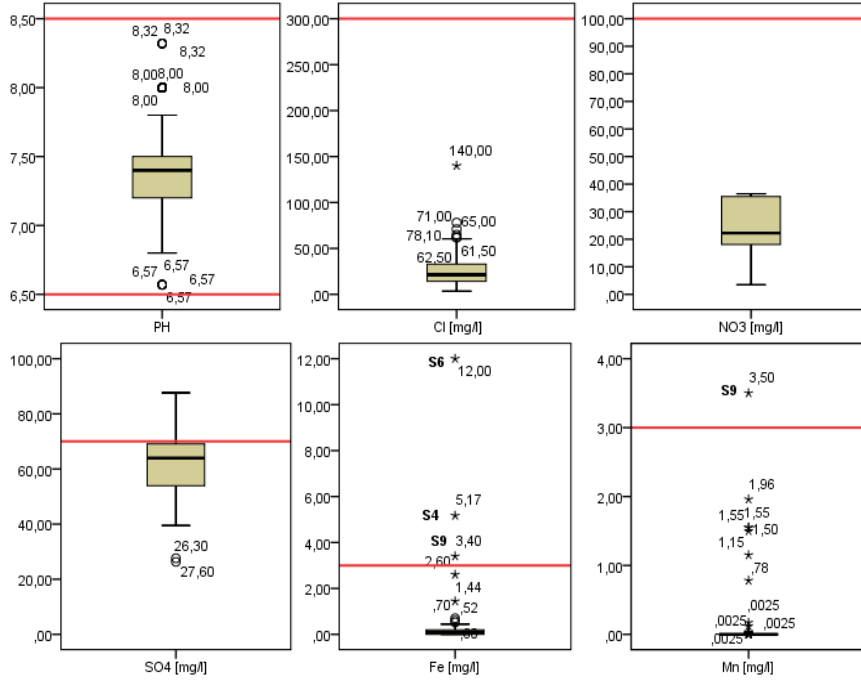
\* Granica oznaczalności \*\* Materiały techniczne firmy Nibe–Biawar Sp. z o.o.

oznaczenia. W tabeli 1 zestawiono podstawowe statystyki opisowe dla analizowanych wskaźników. Wartości te odniesiono do wartości granicznych dla wód wykorzystywanych w systemach niskotemperaturowych podanych przez producenta pomp ciepła [16].

Do zaprezentowania zmienności analizowanych parametrów fizykochemicznych w odniesieniu do wartości granicznych wykorzystano wykresy skrzynkowe (Box–and–Whisker Plots)<sup>4</sup> (rys. 4).

W niniejszej pracy poddano analizie wyniki oznaczeń parametrów fizykochemicznych, które mogą mieć wpływ na funkcjonowanie przyszłych instalacji niskotemperaturowych. Analiza wykresów skrzynkowych wykazała, że wartości stężeń chlorków i azotanów oraz pH i przewodności elektrolitycznej właściwej w wodach poziomu czwartorzędowego nie przekraczają wartości granicznych podanych przez producenta urządzeń [16]. Przekroczenie stężeń manganu ma miejsce tylko w jednym punkcie monitoringowym (S9), stężeń żelaza w trzech (S4, S6, S9), natomiast stężeń siarczanów w czterech otworach (S2, H5, H6, M). W punkcie S9 obserwuje się przekroczenie zarówno stężeń manganu, jak i żelaza. Lokalizację tych punktów przedstawiono na rysunku 5. W pozostałych punktach nie obserwuje się przekroczeń stężeń parametrów fizykochemicznych wód z poziomu czwartorzędowego względem wymagań stawianych przez producenta pomp ciepła [16], zatem na tym obszarze można stosować instalacje bezpośrednie.

<sup>4</sup> W obrębie skrzynki znajduje się 50% wartości cech. Górę i dół skrzynki (zawiasy) wyznacza wartość pierwszego i trzeciego kwartyla, natomiast linię w środku skrzynki wyznacza mediana. Wąsy leżą w zakresie 1,5 długości skrzynki od zawiasów i reprezentują rozstęp wartości. Obserwacje położone poza zasięgiem wąsów traktowane są jako obserwacje odstające [15, 28].



Rys. 4. Wykresy skrzynkowe parametrów fizykochemicznych wód czwartorzędowych na obszarze Nowego Sącza (ciągłą linią oznaczono wartości graniczne wg firmy Nibe-Biawar, na podstawie [16])

Fig. 4. Box-and-Whisker Plot for physicochemical parameters in the quaternary groundwater in the area of Nowy Sącz (solid line indicates the limit values according to Nibe-Biawar, based on [16])

Rys. 5. Obszar Nowego Sącza i lokalizacja punktów monitoringowych, w których przekroczone zostały wartości graniczne [1,7- zmienione]

Fig. 5. Location of the area of Nowy Sącz and points where the limit values are exceeded [1,7- modified]



Biorąc pod uwagę plan zagospodarowania przestrzennego Miasta Nowy Sącz przedstawionego w *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Miasta Nowego Sącza* z dnia 6 września 2011 r. (Uchwała Nr XIV/133/2011 z późn. zm.), ujęcia S2 i M położone są na obszarach osiedleńczych niskiej zabudowy mieszkaniowej realizowanej w formie zabudowy indywidualnej i osiedli zorganizowanych (S2) oraz różnej zabudowy mieszkaniowej: wielorodzinnej, jednorodzinnej i usług (M)[34], a zatem mogą to być ujęcia perspektywiczne w kontekście instalacji niskotemperaturowych, z zastosowaniem wymienników pośrednich.

Pozostałe ujęcia, w których stwierdzono przekroczenie wartości granicznych wybranych parametrów chemicznych położone są na obszarach przyrodniczych (H6 – tereny zielone, ogródki działkowe i H5 – lasy i zadrzewienia), obszarach osiedleńczych z dominacją działalności usługowej (S4) i obszarach infrastruktury technicznej (S9). Mogą być to również ujęcia perspektywiczne pod względem wykorzystania w systemach instalacji niskotemperaturowych, jednak ich położenie (ogródki działkowe, lasy zadrzewienia, obszary niezamieszkałe) w chwili obecnej nie jest atrakcyjne w kontekście wykorzystania w instalacjach niskotemperaturowych (brak infrastruktury mieszkaniowej), a istniejący stan zabudowy (osiedla mieszkaniowe-blokowiska) może uniemożliwiać wykonanie tego typu instalacji.

## 6. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę funkcjonujące na świecie instalacje niskotemperaturowe wspomagane pompami ciepła (otwarte systemy niskotemperaturowe), można stwierdzić, że stanowią one alternatywne rozwiązanie mogące w przyszłości zastąpić konwencjonalne nośniki energii.

W niniejszej pracy przeanalizowano ujęcia wód podziemnych z poziomu czwartorzędowego w obrębie powiatu grodzkiego Miasta Nowy Sącz, pod względem możliwości wykorzystania w instalacjach niskotemperaturowych dwuotworowych i jednootworowych wspomaganych pompami ciepła typu woda/woda. Przeprowadzona analiza wykazała iż wartości stężeń chlorków i azotanów oraz pH i przewodności elektrolitycznej właściwej w wodach poziomu czwartorzędowego nie przekraczają wartości granicznych podanych przez producenta urządzeń, natomiast stężenia żelaza, manganu i siarczanów w pojedynczych ujęciach przekraczają te wartości. Wstępna analiza uzyskanych wyników pozwala zatem stwierdzić, że pod względem parametrów fizykochemicznych, Miasto Nowy Sącz (powiat grodzki) posiada potencjalne możliwości wykorzystania wód z poziomu czwartorzędowego w instalacjach niskotemperaturowych bazujących na wodach podziemnych typu woda/woda na całym obszarze. Jednak w przypadku wód niespełniających wymogów stawianych przez producenta pompy będzie zachodziła konieczność zastosowania dobranego indywidualnie wymiennika pośredniego.

Z uwagi na to, że przedstawione wyniki analiz zostały wykonane w różnych latach i przez różne laboratoria, na etapie projektowania instalacji wskazane jest wykonanie kompleksowej analizy składu chemicznego wód, oceny jej agresywności korozyjnej i oceny możliwości wytrącania osadów. Analizy te najlepiej wykonywać w akredytowanych laboratoriach badawczych. Parametry te w dużej mierze będą decydowały o doborze poszczególnych elementów instalacji odpornych na potencjalne zagrożenia skalingu i/lub korozji.

Kompleksowe rozpoznanie możliwych do zagospodarowania niskotemperaturowych zasobów wód podziemnych na obszarze Nowego Sącza może przyczynić się do wzrostu zainteresowania potencjalnych inwestorów ich wykorzystaniem i zwiększyć udział OZE w bilansie energetycznym omawianego regionu.

*Praca częściowo finansowana w ramach umowy AGH 15.11.140.477*

## Literatura

- [1] Baza danych PSH, <http://spdpsh.pgi.gov.pl/PSHv7/>, 2014.
- [2] Budzyński I. (pod kier.), Kacperczyk E., Korczak-Żydaczewska K., Milusz M., Wójcikowska J., Szejder A., Marczak M.: Powierzchnia i ludność w przekroju terytorialnym w 2013 r., Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2001, [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcrgus/l\\_powierzchnia\\_i\\_ludnosc\\_przekroj\\_terytoryalny\\_2013.pdf](http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcrgus/l_powierzchnia_i_ludnosc_przekroj_terytoryalny_2013.pdf).
- [3] Cabalska J., Galczak M., Kazimierski B.(red.), Kostka A., Mikołajczyk A., Palak-Mazur P.: Rocznik Hydrogeologiczny Państwowej Służby Hydrogeologicznej Rok hydrogeologiczny 2013, PIG – PIB, Warszawa 2014.
- [4] Chowaniec J., Witek K.: Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1: 50 000, ark. Nowy Sącz, Centralne Archiwum Geologiczne, PIG, Warszawa 1997.
- [5] Chowaniec J., Witek K.: Objąsnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1: 50 000, ark. Nowy Sącz, Centralne Archiwum Geologiczne, PIG, Warszawa 1997.
- [6] Eugster W.J., Sanner B.: Technological Status of Shallow Geothermal Energy in Europe. Proceedings World Geothermal Congress 2007, Unterhaching, Germany, 30 May–1 June 2007, 2007, p. 1–8, <https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/EGC/2007/174.pdf>.
- [7] Gryczko-Gostyńska A., Olędzka D.: Nowy Sącz w: Wody Podziemne miast Polskich. Miasta powyżej 50 000 mieszkańców (pod red. Z. Nowickiego), Informator Państwowej Służby Hydrogeologicznej, PIG, Warszawa 2009, s. 259–274.
- [8] Kapuściński J., Rodzoch A.: Geotermia niskotemperaturowa w Polsce i na świecie. Stan aktualny i perspektywy rozwoju. Uwarunkowania techniczne, środowiskowe i techniczne, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2010.
- [9] Kleczkowski A.S.(red.): Objąsnienia do Mapy obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony: 1:500 000, Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH, Kraków 1990.
- [10] Kłojzy-Kaczmarczyk B., Kaczmarczyk A.: Systemy grzewcze z pompą ciepła jako element realizacji założeń programów ochrony środowiska, Polityka Energetyczna, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2005, t. 8, z. spec., s. 517–525.
- [11] Kłojzy-Kaczmarczyk B., Kaczmarczyk A.: Zanieczyszczone wody podziemne jako niskotemperaturowe źródło ciepła w systemach grzewczych, Polityka Energetyczna, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2006, t. 9, z.1, s. 73–80.

- [12] Kłojzy–Kaczmarczyk B.: Jakość wód podziemnych wybranych pięter makroregionu środkowopolskiego w aspekcie ich wykorzystania w systemach z pompą ciepła, *Polityka energetyczna*, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2008, t.11, z. 1, s. 201–210.
- [13] Kłósek M., Łacic M., Marczak W., Sienniak H. (pod kier), Stachańczyk A.: *Informator Statystyczny miasto Nowy Sącz*, Urząd Statystyczny w Krakowie, Kraków 2013, [http://old.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/krak/ASSETS\\_2013\\_informator\\_Nowy\\_Sacz.pdf](http://old.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/krak/ASSETS_2013_informator_Nowy_Sacz.pdf).
- [14] Kondracki J.: *Geografia regionalna Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
- [15] Malarska A.: *Statystyczna analiza danych wspomagana programem SPSS, Predictive Solutions*, Kraków 2005.
- [16] Materiały techniczne firmy Nibe–Biawar sp. z o. o.
- [17] Mazurkiewicz J., Tomaszewska B., Kmiecik E.: Program badań do określenia potencjału geotermii niskotemperaturowej bazującej na wodach podziemnych Małopolski, *Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój*, IGSMiE PAN, Kraków 2013, z. 2, s. 45–58.
- [18] Oszczytko N., Wójcik A.: *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1: 50 000*, ark. Nowy Sącz, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1993.
- [19] Oszczytko N., Wójcik A.: *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000*, ark. Nowy Sącz, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1993.
- [20] Paczyński B.: *Podstawy regionalizacji hydrogeologicznej*, *Hydrogeologia regionalna Polski*, T. I, Wody słodkie (pod red. Paczyński B., Sadurski A.), PIG, Warszawa 2007, s. 56–69.
- [21] PGG: *Prawo geologiczne i górnicze*, Dz.U. Z 2011r., Nr 163, poz. 981.
- [22] *Prognoza Oddziaływania na Środowisko projektu „Aktualizacji Programu Ochrony Środowiska dla miasta Nowego Sącza na lata 2013–2016 z perspektywą na lata 2017–2020”*, Nowy Sącz 2013, <http://www.nowysacz.pl/content/resources/miasto/informacje/komunikaty/2013/WO%C5%9A/program%20ochrony%20%C5%9Brodowiska.pdf>.
- [23] *Program Ochrony Środowiska i Plan Gospodarki Odpadami dla miasta Nowego Sącza*, cz. I. Program ochrony środowiska na lata 2005–2012, Nowy Sącz 2005, [http://www.nowysacz.pl/content/resources/sesje/U\\_XLVIII\\_597\\_2005.pdf](http://www.nowysacz.pl/content/resources/sesje/U_XLVIII_597_2005.pdf).
- [24] Rafferty K.: Design issues in the commercial application of GSHP systems in the U.S.. *Geo–Heat Center Quarterly Bulletin*, Klamath Falls 2000, OR, p. 6–1 (<http://geoheat.oit.edu/bulletin/bull21-1/bull21-1-all.pdf>).
- [25] Rubik M.: *Pompy ciepła w systemach geotermii niskotemperaturowej*, Monografia, wyd. MULTICO Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2011.
- [26] Sanner B.: Shallow geothermal energy. *Geo–Heat Center Quarterly Bulletin*, Klamath Falls 2001, OR, p. 19–25, <http://geoheat.oit.edu/bulletin/bull22-2/art4.pdf>.
- [27] Skąpski K., Szklarczyk T., Patorski R., Garecki J.: *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych na obszarze Kotliny Sądeckiej*, Centralne Archiwum Geologiczne, PIG, Warszawa 1997.
- [28] Szczepańska J., Kmiecik E.: *Ocena stanu chemicznego wód podziemnych w oparciu o wyniki badań monitoringowych*, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2005.
- [29] Tomaszewska B.: Prognozowanie kolmatacji instalacji geotermalnych metodą modelowania geochemicznego, *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, IGSMiE PAN, Kraków 2008, t. 24, z.2/3 s. 399–407.

- [30] Portal Nowy Sącz, <http://www.nowysacz.pl/>, maj 2014.
- [31] Charakterystyka JCWPd nr 154,  
[http://www.psh.gov.pl/plik/id,4958,v,artykul\\_5576.pd](http://www.psh.gov.pl/plik/id,4958,v,artykul_5576.pd), maj 2014.
- [32] RMZ, 2014 - Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełniać przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. z 2014 r., Poz. 1800).
- [33] RMZ, 2007 - Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. z 2007 r. Nr 61, Poz. 417), zmienione przez Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. z 2010 r. Nr 72, Poz. 466).
- [34] Uchwała Nr XIV/133/2011 w sprawie uchwalenia zmiany *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Miasta Nowego Sącza* z dnia 6 września 2011 r. (Uchwała Nr XIV/133/2011 z późn. zm.).

## POSSIBILITIES OF UTILIZATION OF QUATERNARY GROUNDWATER IN LOW-TEMPERATURE GEOTHERMAL SYSTEMS

### Summary

The paper presents the possibilities of utilization of quaternary groundwater in low – temperature geothermal systems by assisted by geothermal heat pumps (water/warter type, open loop heat pumps) in the area of Nowy Sącz. Low – temperature geothermal systems can be based on one (single well) or two wells (production well and injection well). These installation allows the use of groundwater occurring at shallow depths, where the temperature at the outlet is less than 20°C. Existing regulations do not clearly define the concept of low-temperature water. Referring to the definition of thermal water specified by the Geological and Mining Law (PGG, Journal of Laws of 2011 No. 163, item. 981), low – temperature water has at the outlet of the intake temperature less than 20°C. Water as a heat source must fulfill the relevant requirements for physicochemical parameters. In this paper, physicochemical parameters of water used in low temperature systems: temperature, pH, chloride, sulphate, iron and manganese have been evaluated. Data for this study were obtained from the Polish Hydrogeological Survey (PSH is carried out by the Polish Geological Institute – National Research Institute). For further analysis from all the intakes, only those in which chemical composition of groundwater, were marked. The results are shown in the graphs of Box – and – Whisker Plot. For the obtained results it can be concluded that concentration of chloride, nitrates, pH and electrical conductivity not exceed the limit values (threshold) specified by the devices manufacturer (Nibe–Biwar Technical Materials). The concentration of iron and manganese exceed the threshold in single well. The use of polluted waters which do not fulfill requirements set by the manufacturers of heat pumps is possible indirectly by using an intermediate heat exchanger.

**Keywords:** low-temperature geothermal, underground water, heat pumps, Nowy Sącz

*Przesłano do redakcji: 23.02.2015 r.*

*Przyjęto do druku: 22.06.2015 r.*

DOI:10.7862/rb.2015.59