

Stefan Satora

**STUDNIE WIERCONE I WODY ARTEZYJSKIE
PÓŁNOCNEJ CZĘŚCI WOJEWÓDZTWA
MAŁOPOLSKIEGO**

***DRILLED WELLS AND ARTESIAN WATERS
OF THE EXTRA CARPATHIAN PART
OF MAŁOPOLSKA PROVINCE***

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono charakterystykę studni wierconych oraz ujętych nimi wód artezyjskich występujących w utworach czwartorzędowych, mioceńskich, kredowych, jurajskich, triasowych oraz karbońskich na terenie pozakarpacciej części województwa małopolskiego. Teren badań obejmuje środkową i północną część województwa małopolskiego na której zlokalizowane są takie jednostki morfologiczne i tektoniczne jak kotlina oświęcimska i sandomierska (zapadlisko przedkarpaccie), niecka miechowska (nidziańska), wyżyna (monoklina) śląsko-krakowska i wyżyna (zapadlisko) górnośląska. Wody artezyjskie ujęte na omawianym terenie 116 studniami wierconymi o głębokości od 14,5 (czwartorzęd) do 1923,5 m (miocen) i wydajności jednostkowej od 0,001 (jura) do 375,0 (trias) $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ charakteryzują się ciśnieniami artezyjskimi od 2,0 do 702,1 m H_2O oraz użytecznymi od 0,1 do 18,5 m H_2O . Wydajność jednostkowa studni czwartorzędowych waha się w zakresie od 0,54 do 7,06 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, mioceńskich 0,01–10,38 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, kredowych 0,03–52,94 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, jurajskich 0,001–14,8 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, triasowych 9,35–375,0 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, a karbońskich 2,99 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. Najwyższe wydajności jednostkowe związane są z utworami triasowymi, a najniższe z czwartorzędowymi. Na omawianym obszarze największa liczba studni wynosząca 43 (36,8% ogółu) charakteryzuje się ciśnieniem artezyjskim w przedziale 10,0–50,0 m H_2O , natomiast ciśnieniem użytecznym (47 studni – 40,2%) 1,0–5,0 m H_2O . W dalszej kolejności 40 studni (34,2% ogółu) ujmuje wody z ciśnieniem artezyjskim 50,0–100,0 m H_2O , a 34 studnie (29,1%) wody z ciśnieniem użytecznym poniżej 1,0 m H_2O .

Najwyższe ciśnienia artezyjskie dochodzące do 702,1 m H₂O, a użyteczne do 18,5 m H₂O, stwierdzono w studniach ujmujących klastyczne (okruchowe) warstwy miocenijskie zapadliska przedkarpackiego, a najniższe odpowiednio 10,4 i 1,0 m H₂O w studniach alimentowanych przez utwory czwartorzędowe.

Przeprowadzona analiza zależności głębokości studni od wielkości ciśnienia artezyjskiego wód stwierdzonego w każdej ze studni wskazuje na to, że wraz ze zwiększającą się głębokością studni wierconych rośnie proporcjonalnie ciśnienie artezyjskie ujmowanych wód. Największa liczba studni artezyjskich na omawianym terenie wynosząca 65 (56,8% ogółu) jest alimentowana przez węglanowe warstwy ery mezozoicznej.

Słowa kluczowe: studnie wiercone, wody artezyjskie, ciśnienie piezometryczne i użyteczne

Summary

In this study characteristics of drilled wells and artesian waters taken from them that occurred in the formations of Quaternary, Miocene, Cretaceous, Jurassic, Triassic and Carboniferous period of the Extra Carpathian part of Malopolska province, was presented. The study area includes the central and northern part of Malopolska province, where such a morphological and tectonic units like Oświęcim and Sandomierz Valleys (the Carpathian Depression), Miechów (Nida) Trough, Śląsko-Krakowska Upland (Monocline) and Górnos Śląska Upland (Depression) were located. The artesian waters of study area taken from 116 drilled wells with depth from about 14,5 (Quaternary) to 1923,5 m (Miocene) and unitary yield from 0,001 (Jurassic) to 375,0 (Triassic) m³·h⁻¹·m⁻¹ were characterised by artesian pressure from 2,0 up to 702,1 m H₂O and useful pressure from 0,1 up to 18,5 m H₂O. The unitary yield of Quaternary wells varied from 0,54 to 7,06 m³·h⁻¹·m⁻¹, Miocene wells 0,01–10,38 m³·h⁻¹·m⁻¹, Cretaceous 0,03–52,94 m³·h⁻¹·m⁻¹, Jurassic 0,001–14,8 m³·h⁻¹·m⁻¹, Triassic 9,35–375,0 m³·h⁻¹·m⁻¹ and Carboniferous 2,99 m³·h⁻¹·m⁻¹. The highest unitary yield was detected in Triassic and the lowest in Quaternary formation. The artesian pressure ranged from 10,0 to 50,0 m H₂O and useful pressure 1,0–5,0 m H₂O characterised majority of wells in the study area, respectively 43 (36,8% of all) and 47 (40,2%) wells. In further order 40 wells (34,2% of all) take waters with 50,0–100,0 m H₂O artesian pressure and 34 wells (29,1%) with 1,0 m H₂O useful pressure. The highest artesian pressure up to 702,1 m H₂O and useful pressure up to 18,5 m H₂O were affirmed in the wells which taken waters from clastic Miocene layers of the Carpathian Depression, and the lowest respectively 10,4 and 1,0 m H₂O in wells recharged by Quaternary formations. Conducted analysis of dependence the well depth on artesian pressure quantity of studied wells showed that the artesian pressure of taken waters increased in proportion to drilled well depth. Majority of artesian wells (65 wells, 56,8% of all) is recharged by carbonate rock of Mesozoic era.

Key words: drilled wells, artesian waters, piezometr and useful pressure

WPROWADZENIE

Wykorzystanie wód podziemnych eksploatowanych studniami wierconymi jest wtedy bardziej opłacalne, kiedy zwierciadło nawierconych wód znajduje się blisko powierzchni terenu. Najdoskonalszym przypadkiem są wody podziemne, które po odsłonięciu mają tak duże ciśnienie piezometryczne, że powoduje ono wynoszenie wody ponad powierzchnię terenu czyli powstaje tzw. samowypływ. Wodami takimi są naporowe, artezyjskie wody podziemne, które w skrajnych przypadkach mają tak duże ciśnienie złożowe, że powoduje ono wystąpienie wysokiego słupa wody ponad powierzchnią terenu, umożliwiającego eksploatację tych wód bez potrzeby stosowania pomp głębinowych. Występowanie wód artezyjskich umożliwia szczególna budowa geologiczna terenu związana z lokalizacją nieckowatych, synklinalnych lub monoklinalnych struktur tektonicznych tworzących niecki lub baseny artezyjskie [Pazdro, Kozerski 1991]. Sprzyjające warunki zalegania tego typu wód mają miejsce także w Polsce na niewielkich obszarach zlokalizowanych w środkowej i północnej części województwa małopolskiego, gdzie struktury geologiczne mają charakter zapadliskowy i monoklinalny.

Niniejsze opracowanie ma na celu charakterystykę ujętych wód artezyjskich z takiego właśnie obszaru, na którym występuje wiele struktur tektonicznych zbudowanych ze skał kenozoicznych, mezozoicznych i paleozoicznych.

METODYKA BADAŃ

Przedstawione w opracowaniu parametry techniczne i hydrogeologiczne studni artezyjskich pochodziły z elektronicznej formy Regionalnego Banku Danych Hydrogeologicznych HYDRO udostępnionej przez Dyрекcję Instytutu Geologicznego w Warszawie. Informacje te zostały poddane szczegółowej weryfikacji i zestawione w tabelach zawierających m.in.: lokalizację studni, rok wykonania, rzędną terenu, stratygrafię i litologię warstwy wodonośnej, konstrukcję poszczególnych części filtra, głębokość studni i zalegania zwierciadła wód podziemnych, wydajność, wielkość depresji i współczynnika filtracji oraz parametry związane ze składem chemicznym ujętych wód. Na podstawie różnicy rzędnych nawierconego i ustabilizowanego zwierciadła wody obliczono wielkości artezyjskiego i użytecznego ciśnienia wód. Przedstawione w tabelach dane posegregowano w zależności od wieku ujmowanej warstwy wodonośnej. Wydzielono studnie i wody czwartorzędowe, mioceńskie, kredowe, jurajskie, triasowe i karbońskie. Przy wykorzystaniu programu Microsoft Excel określono parametry statystyczne, takie jak współczynnik regresji oraz ekstremalne wartości (minimalne, maksymalne i średnie). Na podstawie tego programu ustalono częstości występowania liczby studni w różnych przedziałach ciśnień piezometrycznych wody.

CHARAKTERYSTYKA TERENU

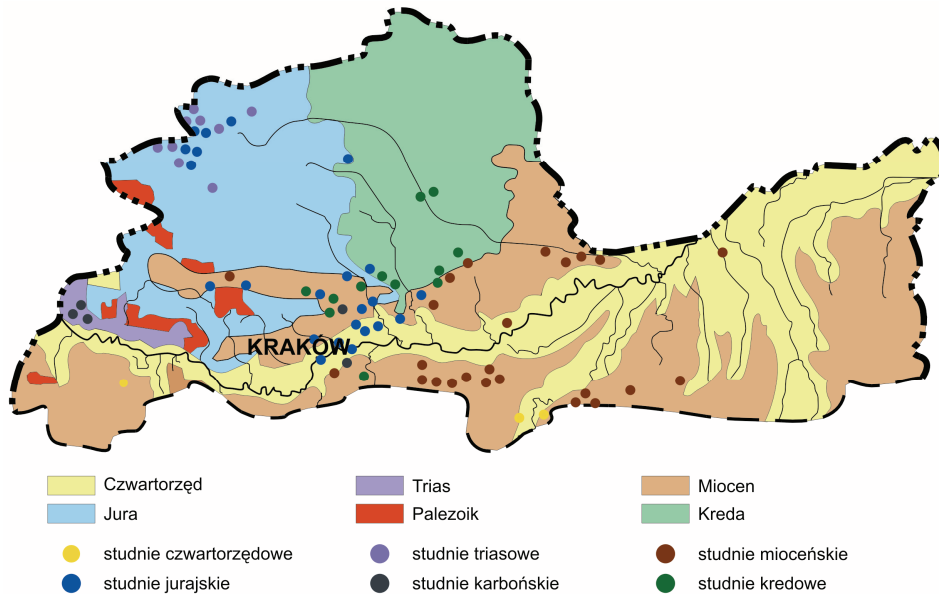
Teren badań obejmuje środkową i północną część województwa małopolskiego, na której zlokalizowane są takie jednostki morfologiczne i tektoniczne, jak kotlina oświęcimska i sandomierska (zapadlisko przedkarpackie), niecka miechowska (nidziańska), wyżyna (monoklina) śląsko-krakowska i wyżyna (zapadlisko) górnośląska. Zapadlisko przedkarpackie wypełniają mioceńskie, klastyczne utwory pylaste i piaszczysto-ilasto-piaskowcowe. W niecce nidziańskiej zalegają kredowe margle, wapienie, gezy i opoki. Monoklinę śląsko-krakowską budują jurajskie wapienie skaliste, pyłowe i margliste oraz triasowe skały dolomityczno-wapniste z wkładkami ilów i margli. W zapadlisku górnośląskim występują paleozoiczne klastyczne i węglanowe skały karbońskie, dewońskie i permskie. Warstwę przypowierzchniową w obrębie dolin rzecznych tworzą holocenijskie utwory piaszczyste oraz piaszczysto-żwirowe lokalnie zaglinione, a w wyższych partiach terenu zalegają plejstocenijskie lessy oraz gliny lessopodobne.

Pod względem hydrogeologicznym omawiany teren znajduje się w obrębie dwóch makroregionów południowopolskiego i środkowopolskiego. W skład makroregionu południowopolskiego, występującego na omawianym terenie, wchodzi region przedkarpacki utworzony przez zapadlisko przedkarpackie, natomiast makroregion środkowopolski składa się z regionów: górnośląskiego, krakowsko-śląskiego i niecki miechowskiej. W obrębie regionu górnośląskiego występują trzy piętra wodonośne związane ze strukturami paleozoicznymi (karbonu, dewonu i permu).

Region krakowsko-śląski składa się z dwóch subregionów: jury krakowsko-wieluńskiej oraz triasu śląskiego. Subregion jury krakowsko-wieluńskiej leży na monoklinie śląsko-krakowskiej. Można wydzielić na nim dwie jednostki niższego rzędu (rejony): wschodnią i zachodnią. Rejon wschodni obejmuje obszar wychodni wapieni jury górnej stanowiących poziom szczelinowo-krasowy, objęty jest on granicami województwa małopolskiego. Rejon zachodni jest położony na zachód od kuesty górnourajskiej i obejmuje obszar wychodni utworów jury środkowej i dolnej i w niewielkim stopniu wchodzący w skład omawianego województwa.

WYNIKI I ANALIZA BADAŃ

Na obszarze obejmującym część poza karpacką wchodzącą w skład województwa małopolskiego, a zbudowaną z czterech jednostek tektonicznych Zapadliska Przedkarpackiego, Niecki Nidy, Monokliny Krakowsko-Częstochowskiej oraz Zapadliska Górnośląskiego w latach 1952–2004 wykonano 116 studni wierconych, ujmujących wody artezyjskie pochodzące z warstw czwartorzędowych, mioceńskich, kredowych, jurajskich, triasowych i karbońskich.



Rysunek 1. Mapa lokalizacji artezyjskich studni wierzonych
Figure 1. Localization map of artesian drilled wells

Głębokości studni czwartorzędowych wahają się od 14,5 do 15,7 m, mioceńskich 19,5–1923,5 m, kredowych 30,0–118,0 m, jurajskich 25,0–650,0 m, triasowych 50,0–262,8 m, a karbońskich 180,0 m.

Wydajność jednostkowa przy studniach czwartorzędowych waha się w zakresie od 0,54 do 7,06 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, mioceńskich 0,01–10,38 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, kredowych 0,03–52,94 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, jurajskich 0,001–14,8 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, triasowych 9,35–375,0 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, a karbońskich 2,99 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$. Najwyższe wydajności jednostkowe związane są z utworami triasowymi, a najniższe z czwartorzędowymi.

Największa liczba studni artezyjskich, wynosząca 32 (27,4% ogółu), na omawianym obszarze charakteryzuje się wydajnością jednostkową 1,0–5,0 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, w dalszej kolejności 14 (12,0%) wydajnością 0,3–0,7 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ i 9 studni (7,7%) wydajnością 5,0–10,0 $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$.

Studnie czwartorzędowe ujmują warstwy wodonośne o miąższości 3,8–9,5 m, mając długości części czynnych 2,0–4,0 m, międzyfiltrowych 1,0 m (20% ogółu) i średnicę filtra 246–305 mm. Studnie mioceńskie ujmują warstwy wodonośne o miąższości 2,0–510,6 m, mając długości części czynnych 2,0–174,0 m, międzyfiltrowych 1,0–190,0 m i średnicę filtra 102–356 mm. Filtry trzyczęściowe występują w 21,7% studni, a dwuczęściowe w 17,4% studni. Studnie kredowe ujmują warstwy wodonośne o miąższości 5,5–56,0 m, przy długości części czynnych 2,5–18,0 m i międzyfiltrowych 1,5–5,0 m oraz średnicach filtra

152–438 mm. Filtry dwuczęściowe występują w co czwartej studni. Studnie jurajskie ujmują warstwy wodonośne o miąższości 3,0–289,0 m mając długości części czynnych 0,1–130,0 m i międzyfiltrowych 0,5–18,0 m oraz średnicę filtra 102–356 mm. Filtry trzyczęściowe występują w co 8 studni, a dwuczęściowe w co 24 (4,2% ogółu). Studnie triasowe ujmują warstwy wodonośne o miąższości 1,3–163,9 m, mając długości części czynnych 4,5–129,1 m, międzyfiltrowych 0,1–32,0 m i średnicę filtrów 140–254 mm. Filtry dwuczęściowe występują w 8 studniach (25,8% ogółu). Studnia karbońska ujmuje warstwę wodonośną miąższości 111,0 m, mając część czynną filtra długości 78,0 m, międzyfiltrową 8,1 m i średnicę filtra 146 mm.

Bardzo ważną cechą charakteryzującą zarówno studnie, jak i wody artezyjskie jest wielkość ciśnienia piezometrycznego, artezyjskiego (złożowego w ujętej warstwie wodonośnej) i użytecznego (różnica między rzędną ustabilizowanego zwierciadła wody – wysokością artezyjskiego zwierciadła wody a rzędną terenu przy studni) wychodzącego ponad powierzchnię terenu. Na omawianym obszarze największa liczba studni wynosząca 43 (36,8% ogółu) charakteryzuje się ciśnieniem artezyjskim w przedziale 10,0–50,0 m H₂O, natomiast ciśnieniem użytecznym (47 studni – 40,2%) 1,0–5,0 m H₂O. W dalszej kolejności 40 studni (34,2% ogółu) ujmuje wody z ciśnieniem artezyjskim 50,0–100,0 m H₂O, a 34 studnie (29,1%) wody z ciśnieniem użytecznym poniżej 1,0 m H₂O.

Najwyższe ciśnienia artezyjskie wynoszące 702,1 m H₂O i użyteczne 18,1 m H₂O są związane z wodami mioceńskimi, w dalszej kolejności dużo mniejsze artezyjskie 181,1 i użyteczne 17,5 m H₂O z wodami jurajskimi. Najniższe ciśnienia artezyjskie 10,4 m H₂O i użyteczne 1,0 m H₂O występują w czwartorzędowym poziomie wodonośnym (tab. 1).

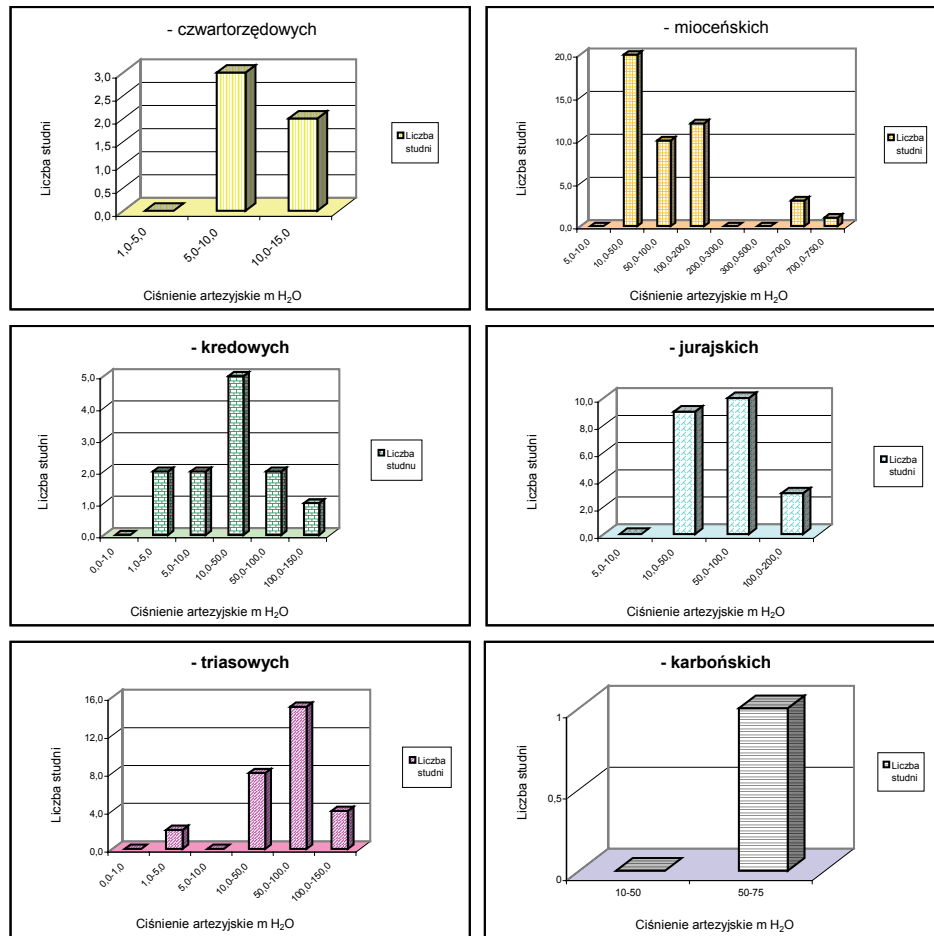
Największa liczba studni ujmuje wody czwartorzędowe o ciśnieniu artezyjskim 5–10 m H₂O i użytecznym poniżej 1,0 m H₂O, wody mioceńskie i kredowe o ciśnieniu artezyjskim 10–50 m H₂O i użytecznym 1–5 m H₂O oraz wody jurajskie, triasowe i karbońskie o ciśnieniu artezyjskim 50–100 m H₂O i użytecznym 1–5 m H₂O (tab. 2) [Frankiewicz 2006].

Wody mioceńskie w największej liczbie przypadków 17,1% ogółu (w stosunku do ogólnej liczby studni) mają ciśnienie artezyjskie 10–50 m H₂O, w dalszej kolejności 13,7% wody triasowe o ciśnieniu artezyjskim 50–100 m H₂O (tab. 2).

Największa liczba studni artezyjskich, wynosząca 46 (39,3% ogółu) alimentowana jest przez piaszczysto-iłowe warstwy mioceńskie, w dalszej kolejności węglanowe utwory triasowe (26,5%) i jurajskie (20,5%).

Przeprowadzona analiza zależności głębokości studni od wielkości ciśnienia artezyjskiego wód stwierdzonego w każdej ze studni wskazuje na to, że wraz ze zwiększającą się głębokością studni wierconych rośnie proporcjonalnie ciśnienie artezyjskie ujmowanych wód. Ustalono wielkości współczynników

korelacji pomiędzy analizowanymi parametrami wskazują przy artezyjskich wodach czwartorzędowych na dodatnią korelację o średnim natężeniu (0,3816), natomiast przy wodach mioceńskich, kredowych, jurajskich i triasowych na korelację dodatnią bardzo silną (odpowiednio 0,931; 0,814; 0,942 i 0,769).



Rysunek 2. Histogramy liczby studni wierconych oraz wielkości ciśnień artezyjskich wód podziemnych ujętych na obszarze pozakarpaccim

Figure 2. Histograms of the number of drilled wells and artesian pressure quantity intaken on the Extra Carpatian area

Tabela 1. Zbioreze zestawienie parametrów hydrogeologicznych studni artezyjskich na obszarze pozakarpackim woj. Małopolskiego
Table 1. The total chart of hydrogeological parameters of artesian wells in the area outside Carpathian of Małopolska province

| Jednostka tektoniczna | Era | Wiek warstwy | Liczba studni | Głębokość | | | Wydajność | | | Ciśnienie [m H ₂ O] | | | Litologia warstwy wodonośnej |
|-----------------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------------------|------------|--------|---|--|--------|--------------------------------|--------|--------|------------------------------|
| | | | | zwierciadła wody [m ppf] | studni [m] | maks. | jednostkowa [m ³ h ⁻¹ m ⁻¹] | eksploatacyjna [m ³ h ⁻¹] | średn. | maks. | min. | średn. | |
| Koryta rzeczne | Kenozoiczna | Czwartorzęd | 3 | min. | 14,5 | 15,7 | 0,54 | 3,85 | 7,06 | 6,6 | 8,3 | 10,4 | Żwiry, otoczaki |
| | | | | średn. | 5,6 | 7,8 | 4,3 | 24,6 | 54,4 | 0,1 | 0,53 | 1,0 | |
| Zapadlisko przedkarpacie | Kenozoiczna | Miocen | 46 | min. | 19,5 | 1923,5 | 0,01 | 2,31 | 10,38 | 12,4 | 115,85 | 702,1 | Piaski, p-ce, iły |
| | | | | średn. | 11,0 | 110,5 | 0,36 | 37,4 | 218,0 | 0,1 | 5,31 | 18,5 | |
| Niecka Nidy | Kreda | Kreda | 12 | min. | 30,0 | 118,0 | 0,03 | 11,09 | 52,94 | 4,5 | 32,9 | 102,0 | Wapienie, margle |
| | | | | średn. | 4,0 | 30,3 | 2,1 | 30,62 | 90,0 | 0,3 | 2,6 | 14,0 | |
| Monoklina Krakowsko-Częstochowska | Mezozoiczna | Jura | 23 | min. | 25,0 | 123,8 | 0,001 | 2,02 | 14,81 | 14,6 | 64,8 | 181,0 | Wapienie |
| | | | | średn. | 14,0 | 60,7 | 0,1 | 10,71 | 80,0 | 0,1 | 4,05 | 17,5 | |
| Zapadlisko Górnosląskie | Paleozoiczna | Trias | 30 | min. | 50,0 | 168,6 | 0,35 | 89,8 | 375,0 | 2,0 | 63,6 | 128,0 | Dolomit, wapień |
| | | | | średn. | 1,6 | 61,0 | 0,9 | 111,4 | 535,0 | 0,4 | 2,61 | 8,4 | |
| Górnosląskie | Paleozoiczna | Karbon | 1 | min. | — | — | — | — | — | — | — | — | Piaskowiec |
| | | | | średn. | — | 63,0 | — | 67,0 | — | — | — | — | |

Tabela 2. Liczba studni artezyjskich różnego wieku w zależności od wielkości ciśnienia artezyjskiego i użytecznego
Table 2. The number of artesian wells of different age depending on artesian and useful pressure quantity

| Jednostka tektoniczna | Era i wiek ujętej warstwy wodonośnej | | Ciśnienie [m H ₂ O] | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------|------|------|-------|--------|---------|---------|---------|----------|
| | | | artezyjskie użyteczne | | | | | | | | |
| | | | < 1 | 1-5 | 5-10 | 10-50 | 50-100 | 100-200 | 200-500 | 500-700 | 700-1000 |
| Koryta rzeczne | Kenozoiczna | czwartorzęd | 0/3 | 0/0 | 2/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| Zapadlisko przedkarpackie | | miocen | 0/9 | 0/16 | 0/13 | 20/8 | 10/0 | 12/0 | 0/0 | 3/0 | 1/0 |
| Niecka Nidy | Mezozoiczna | kreda | 0/5 | 2/6 | 2/0 | 5/1 | 2/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| Monoklina Krakowska | | jura | 0/7 | 0/9 | 0/5 | 8/3 | 11/0 | 3/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| Zapadlisko górnośląskie | | trias | 0/10 | 2/15 | 0/5 | 8/0 | 16/0 | 4/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |
| | Paleozoiczna | karbon | 0/0 | 0/1 | 0/0 | 0/0 | 1/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 | 0/0 |

PODSUMOWANIE

1. Na terenie pozakarpaccim obejmującym środkową i północną część województwa małopolskiego zlokalizowanych jest 116 studni wierconych (w tym 5 czwartorzędowych, 46 miocenijskich, 12 kredowych, 23 jurajskie, 30 triasowych i 1 karbońska) ujmujących podziemne wody artezyjskie.

2. Wiercone studnie artezyjskie mają głębokości w zakresie od 14,5 (czwartorzęd) do 1923,5 m (miocen) oraz jednostkowe wydajności wynoszące od 0,001 (jura) do 375,0 (trias) m³·h⁻¹·m⁻¹.

3. Najwyższe ciśnienia artezyjskie dochodzące do 702,1 m H₂O, a użyteczne do 18,5 m H₂O stwierdzono w studniach ujmujących klastyczne warstwy miocenijskie zapadliska przedkarpackiego a najniższe odpowiednio 10,4 i 1,0 m H₂O w studniach alimentowanych przez utwory czwartorzędowe.

4. Na omawianym obszarze największa liczba studni wynosząca 43 (36,8% ogółu) charakteryzuje się ciśnieniem artezyjskim w przedziale 10,0–50,0 m H₂O, natomiast ciśnieniem użytecznym (47 studni – 40,2%) 1,0–5,0 m H₂O. W dalszej kolejności 40 studni (34,2% ogółu) ujmują wody z ciśnieniem artezyjskim 50,0–100,0 m H₂O, a 34 studnie (29,1%) wody z ciśnieniem użytecznym poniżej 1,0 m H₂O.

5. Największa liczba studni wynosząca 20 (16,9 % ogółu) o ciśnieniu artezyjskim 10-50 m H₂O i 16 (13,6 % ogółu) o ciśnieniu użytecznym 1–5 m H₂O ujmuje podziemne wody mioceńskie.

6. Największa liczba studni artezyjskich wynosząca 65 (56,0% ogółu) jest alimentowana przez węglanowe skały ery mezozoicznej.

BIBLIOGRAFIA

Bocheńska T., Dowgiałło J., Kleczkowski A. S. i inni. *Słownik hydrogeologiczny*. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2002.

Frankiewicz M. *Wody artezyjskie województwa małopolskiego*. Praca magisterska Wydz. Inż. Środowiska i Geodezji AR w Krakowie, 2006.

Pazdro Z., Kozerski B. *Hydrogeologia ogólna*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1990.

Dr inż. Stefan Satora
Katedra Zaopatrzenia Osiedli w Wodę i Kanalizacji
Akademia Rolnicza w Krakowie
Al. Mickiewicza 24/28
30-059 Kraków
e-mail: rmsatora@cyf-kr.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Stanisław Węglarczyk*