

TOMASZÓW MAZOWIECKI



Zbigniew **NOWICKI**
Marzena **JARMUŁOWICZ-SIEKIERA**
Dorota **OLĘDZKA**

INFORMACJE OGÓLNE

Tomaszów Mazowiecki położony jest w południowo-wschodniej części województwa łódzkiego, w centrum powiatu tomaszowskiego, w skład którego wchodzi 10 gmin: Będków, Budziszewice, Czerniewice, Inowłódz, Lubochnia, Rokiciny, Rzeczyca, Tomaszów, Ujazd, Żelechlin. Aktualnie liczy 66 606 mieszkańców (2007 r.) i zajmuje powierzchnię 41,298 km². Jest to ośrodek usługowo-przemysłowy, z wieloma zakładami: Zakład Przemysłu Wełnianego Tomtex SA, Zakład Tkanin Wełnianych Mazovia SA, Fabryka Dywanów Weltom, Tomaszowska Fabryka Filców Technicznych, Inter Aqua Sp. z o.o., Ceramika Paradyż oraz Zakład Drobiarski Roldrob. Ponadto w rejonie miasta zlokalizowane są dwie kopalnie odkrywkowe: Ludwików, gdzie eksploatowane są piaski formierskie i budowlane, oraz Tomaszowskie Kopalnie Surowców Mineralnych Biała Góra, eksploatujące największe złoża piasków kwarcowych w Europie, które stanowią około 80% krajowych zasobów piasków szklarskich i formierskich.

Tomaszów Mazowiecki leży w odległości 110 km od Warszawy, 55 km od Łodzi i 30 km od Piotrkowa Trybunalskiego. Przez miasto przebiegają ważne szlaki komunikacyjne: międzynarodowa droga E-67 łącząca Warszawę poprzez Wrocław z Pragą, droga krajowa 48 Tomaszów–Radom, droga wojewódzka 713 Łódź–Opoczno oraz linie kolejowe: Koluszki–Skarżysko-Kamienna i Koluszki–Radom.

Na wschód od Tomaszowa Mazowieckiego, na lewym brzegu Pilicy, rozpościera się zwarty kompleks leśny – Lasy Spalskie (1970,7 ha). Obszar ten w większości położony jest na terenie Spalskiego Parku Krajobrazowego. Pozostała część leży na terenie Piliczańsko-Radomszczańskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu.

W południowej części miasta, około 3 km od centrum, znajduje się Rezerwat Niebieskie Źródła, zajmujący powierzchnię 28,8 ha (fig. 1). Jest to zespół wywierzysk i źródeł krasowych wraz z rozlewiskami. Otoczenie stanowi kompleks lasów łęgowych i olsów oraz płaty zbiorowisk zaroślowych i szuwarowych. Rezerwat jest ostoją wielu gatunków ptaków i przez cały rok cieszy się dużym zainteresowaniem turystów.

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW ŚRODOWISKOWYCH

Geomorfologia

Według regionalizacji fizycznogeograficznej (Kondracki, 2002) Tomaszów Mazowiecki znajduje się w Dolinie Białobrzeskiej, która jest częścią makroregionu Wzniesienia Południowomazowieckie, należącego do Nizin Środkowopolskich. Dolina Białobrzaska jest odcinkiem doliny Pilicy między Białobrzegami a Tomaszowem Mazowieckim, długości około 65 km i powierzchni około 250 km². Szerokość doliny zalewowej i tarasów nadzalewowych dochodzi do 4 km. Od północy i północnego zachodu mezoregion ten sąsiaduje z Równiną Piotrkowską, od północy z Wysoczyzną Rawską, od wschodu z Równiną Kozienicką, od południa z Równiną Radomską i Wzgórzami Opoczyńskimi, a od południowego zachodu ze Wzgórzami Radomczańskimi.

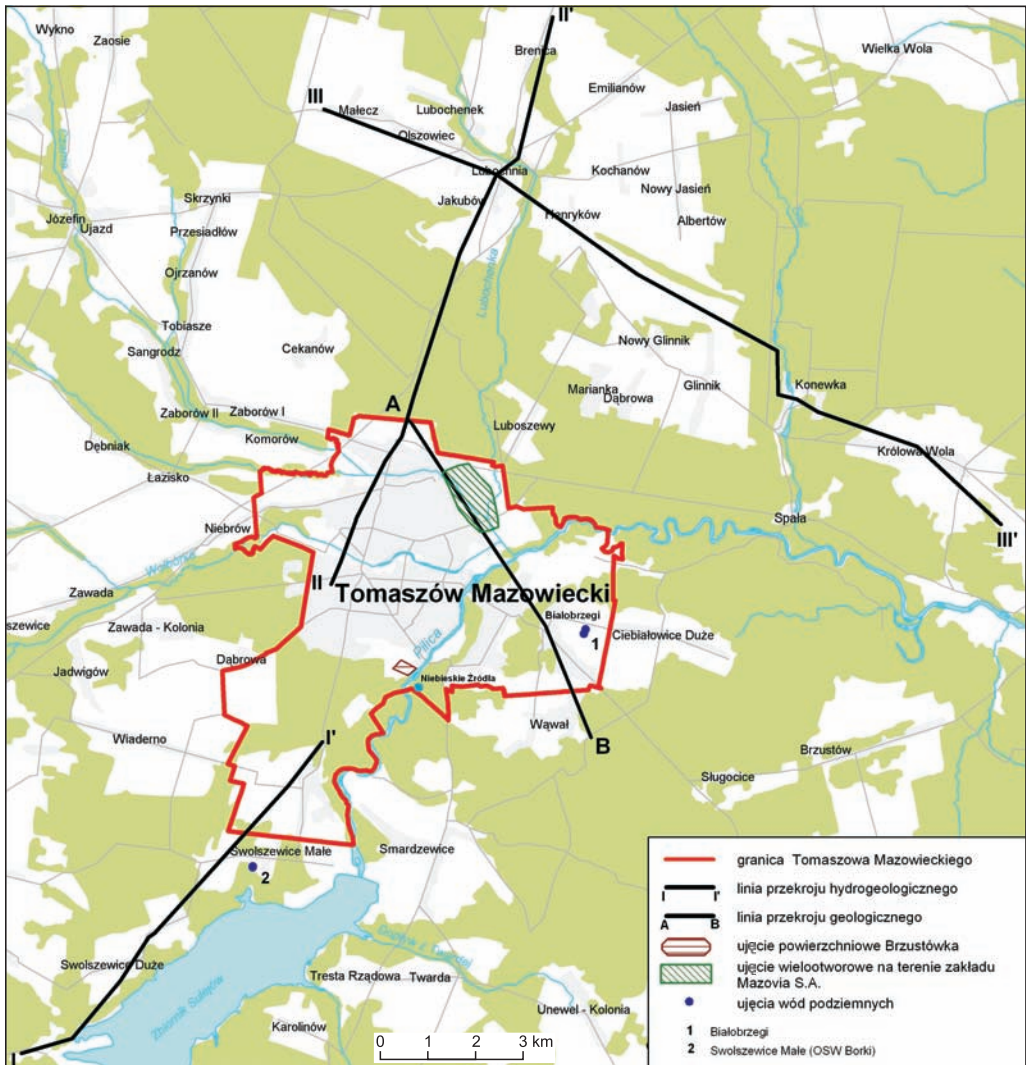


Fig. 1. Położenie obszaru Tomaszowa Mazowieckiego

W ukształtowaniu terenu dominują równiny i nie ma tu wyraźnego zróżnicowania powierzchni. Najważniejszym elementem rzeźby terenu jest dolina Pilicy i jej dopływów. Wysokości bezwzględne w dolinie tej rzeki osiągają wartości od 143 m n.p.m. w Inowłodzu do 154 m n.p.m. w Tomaszowie Mazowieckim. Lokalnie erozyjne wcięcie Pilicy w utwory czwartorzędowe i starsze może osiągać 20–30 m, odsłaniając miejscami skały podłoża, m.in. w Tomaszowie Mazowieckim, Wąwale, Teofilowie i Inowłodzu.

Hydrografia

Sieć hydrograficzna powiatu tomaszowskiego w południowej i centralnej części należy do zlewni Pilicy, a w części północnej do zlewni Bzury (rzeka Krzemionka). Przez Tomaszów Mazowiecki przepływa pięć rzek: Pilica, Wolbórka, Czarna Bielina, Piasecznica i Lubochenka. Największą z nich jest Pilica, do zlewni której należą Rajcha, Wolbórka, Czarna Bielina, Piasecznica, Lubochenka, Gać, Struga i Słomianka. Są to rzeki nizinne, o krętych korytach i z zabagnionymi dolinami. Spadek zwierciadła wody Pilicy wynosi około 0,45‰. Szerokie koryto (80–120 m) sprzyja meandrowaniu oraz częstym przerzutom nurtu (Pęczkowska, 2002b).

Na płaskim tarasie zalewowym Pilicy, w dzielnicy Tomaszowa Mazowieckiego Ludwikowie, znajdują się obfite wywierzyska wód krasowych tworzące Rezerwat Niebieskie Źródła. Są to silnie pulsujące, obfite (ok. 80 l/s) źródła, bijące z wapiennego podłoża. Woda posiada charakterystyczną turkusową barwę, od której pochodzi nazwa rezerwatu. Woda ze źródeł zasila akweny zajmujące powierzchnię ok. 5 ha.

Na południowy zachód od miasta znajduje się Zbiornik Sulejowski. Jest to sztucznie utworzony zbiornik wód powierzchniowych na Pilicy, usytuowany w okolicy Smardzewic, którego zadaniem było zapewnienie wody pitnej głównie dla Łodzi.

Zarys budowy geologicznej

Obszar Tomaszowa Mazowieckiego znajduje się w obrębie niecki tomaszowskiej (tzw. mała niecka), która jest brachysynkliną w stosunku do niecki mogileńsko-łódzkiej. Osiowe części niecki tomaszowskiej zbudowane są z utworów kredy górnej (Trzmiel, 1986, 1990).

Najstarszymi osadami występującymi w rejonie miasta są utwory jury środkowej reprezentowane przez piaskowce oraz podrzędnie iłowce i mułowce z wkładkami wapieni i iłów o miąższości kilkuset metrów. Powyżej zalegają utwory jury górnej, miąższości około 1000 m, wykształcone jako wapienie pelitowe oksfordu górnego, nawiercone w Cieślówicach i Spale; wapienie margliste, margle i iły margliste kimerydu stwierdzone w okolicach Białobrzegów, Tomaszowa-Wilanowa i Cieślówic, oraz magle, wapienie margliste, iły i iłowce margliste portlandu nawiercone w Brzustówce i Wąwale (fig. 2).

Kreda dolna reprezentowana jest przez mułowce i iły z syderytami beriasu i walańzynu, o miąższości nieprzekraczającej 35 m. Nawiercone zostały w okolicy Nieborowa, Tomaszowa Mazowieckiego oraz w Wąwale, w którym stwierdzono także występowanie iłów popielatoszarych i czarnych, mułków i mułowców z fauną amonitową hoterywu. W skarpie Pilicy, w okolicy Józefowa, odsłaniają się piaski drobnoziarniste bez glaukonitu oraz piaskowce drobno- i średnioziarniste, kwarcowe o spoiwie krzemionkowo-ilastym albu środkowego, natomiast w Nagórzycach nawiercono gezy, piaskowce i mułowce.

Utwory czwartorzędowe charakteryzują się zróżnicowaną miąższością, od 2 do 60 m. Reprezentowane są przez gliny zwałowe zlodowacenia południowopolskiego, napotkane w strefie krawędziowej wysoczyzny nad Wolbórką, w Tomaszowie Mazowieckim oraz w okolicach Józefowa, oraz piaski i żwiry rzeczne interglacjału mazowieckiego, odsłaniające się w okolicy Brzustowa. Osady stadiału maksymalnego reprezentowane są przez:

- piaski i żwiry wodnolodowcowe, które odsłaniają się w południowej skarpie doliny Pilicy, w Tomaszowie Mazowieckim-Ludwikowie i Brzustówce;

- mulki zastoiskowe – nawiercone w Tomaszowie Mazowieckim-Starzycach na głębokości 19,0–35,2 m oraz w dolinie Piasecznicy;

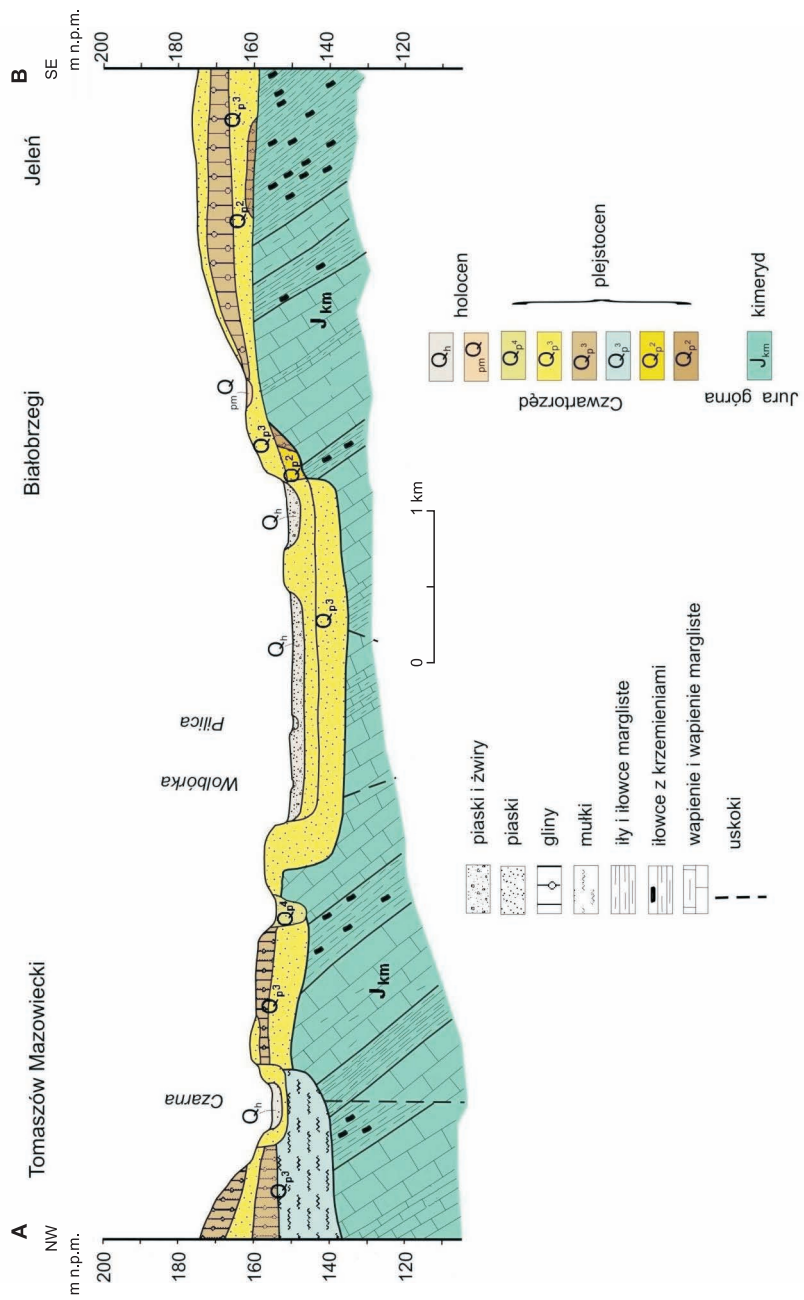


Fig. 2. Przekrój geologiczny A–B przez rejon Tomaszowa Mazowieckiego (wg Trzmiel, 1990) – lokalizacja na fig. 1

- gliny zwałowe o miąższości 8–10 m, występujące na południe od linii wyznaczonej przez doliny Wolbórki i Pilicy;
- żwiry i piaski moren czołowych stwierdzone w okolicy Białobrzegów jako pojedynczy pagór, wznoszący się 6 m ponad płaską, gliniastą powierzchnię moreny dennej;
- piaski i żwiry wodnolodowcowe, występujące płatami o miąższości 0,6–5,0 m w okolicach Wąwału, Jelenia, Cieblowic i Białobrzegów.

W strefach krawędziowych dolin Pilicy i Czarnej Bieliny oraz w okolicy Cekanowa odsłaniają się piaski wodnolodowcowe stadiału mazowiecko-podlaskiego (warty). W dolinie Pilicy, Czarnej Bieliny i Wolbórki osadziły się piaski rzeczne tarasów nadzalewowych interstadiału bużańskiego oraz piaski rzeczne tarasów nadzalewowych zlodowacenia północnopolskiego. Te ostatnie nawiercono w Spale oraz po południowej stronie doliny Pilicy.

Osady holocenu reprezentują piaski rzeczne tarasów zalewowych, piaski rzeczne o miąższości do 10 m w dolinie Pilicy oraz kreda jeziorna i torfy (Pęczkowska, 2002b).

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

W rejonie Tomaszowa Mazowieckiego zbiegają się granice kilku jednostek hydrogeologicznych (Paczyński red., 1993). Tereny położone na południe od Pilicy znajdują się w regionie środkowomazowieckim (X) z wydzielonym rejonem tomaszowskim (X_A). Na zachód od miasta znajduje się subregion łódzko-piotrkowski (VII_1), a na północy region kutnowski (VIII).

Charakterystyka poziomów wodonośnych zwykłych wód podziemnych

Na kształtowanie się warunków hydrogeologicznych w rejonie miasta zasadniczy wpływ mają wodonośne utwory jury, kredy i, podrzędnie, czwartorzędu (fig. 3), które stanowią podstawę dużego, regionalnego systemu wodonośnego.

Górnourajski poziom wodonośny (J_3) występuje w obrębie osadów węglanowych, które mają największe rozprzestrzenienie wśród utworów mezozoicznych i tworzą zbiornik wód podziemnych o charakterze szczelinowo-krasowym. Utwory te są najbardziej perspektywiczną pod względem zasobów wód podziemnych warstwą wodonośną. W jej obrębie zwierciadło wód podziemnych jest z reguły napięte przez serię osadów iłowcowo-mułowcowych i tylko w strefach bezpośredniego kontaktu hydraulicznego z wodami czwartorzędu jest swobodne. Wysokość zwierciadła zmienia się i wynosi około 170 m n.p.m. w rejonie Lubochni i Wąwału (fig. 4, 5), a 150 m n.p.m. w dolinie Pilicy na zachód od Inowłodza. Przepływ wód w poziomie jury górnej następuje ku dolinie Pilicy, która jest strefą drenażu w skali regionalnej. Głębokość występowania poziomu górnourajskiego jest bardzo zróżnicowana. Na północ od Tomaszowa Mazowieckiego aż po Lubochnię poziom użytkowy nawiercony jest na głębokości 50–100 m. Charakteryzuje się on znaczną zmiennością parametrów hydrodynamicznych na małych przestrzeniach. Świadczy o tym zmienność współczynnika filtracji od 0,02 do 93 m/d oraz zróżnicowanie wydajności maksymalnych w otworach studziennych od 5 do 283 m³/h. Następstwem tych różnic jest przestrzenna zmienność parametru przewodności hydraulicznej. Najkorzystniejsze parametry występują w rejonie Lubochnia–Glinnik oraz wzdłuż doliny Pilicy od Tomaszowa Mazowieckiego do Teofilowa.

Bardzo korzystne warunki panują również w rejonie Niebieskich Źródeł, gdzie wodoprzewodność wynosi 1000–1500 m²/d. Korzystne warunki stwierdza się również w rejonie miejscowości Luboszewy–Dąbrowa–Spała, gdzie przewodność przekracza 500 m²/d. Wyraźne pogor-

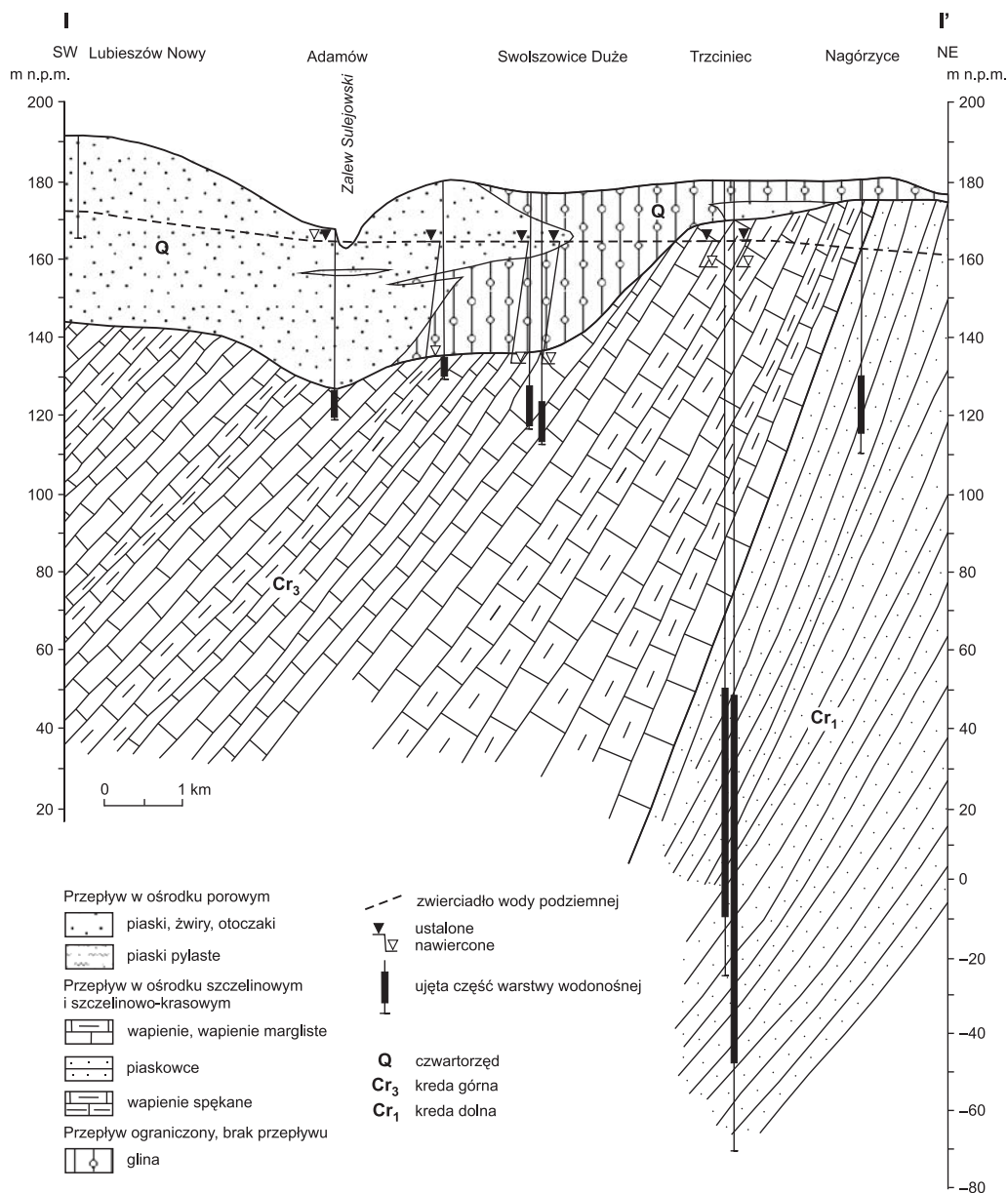


Fig. 3. Przekrój hydrogeologiczny I-I' przez rejon Tomaszowa Mazowieckiego (wg Cichockiej, 2002b) – lokalizacja na fig. 1

szenie tego parametru obserwuje się w rejonie Wąwłu (100–200 m²/d) oraz w centralnej części Tomaszowa Mazowieckiego (<100 m²/d). Jest to obszar występowania słabo wodonośnych wapieni kimerydu, często przeławiconych iłowcami. Na pozostałym obszarze występowania poziomu użytkowego przewodność hydrauliczna zawiera się w przedziale wartości 200–500 m²/d.

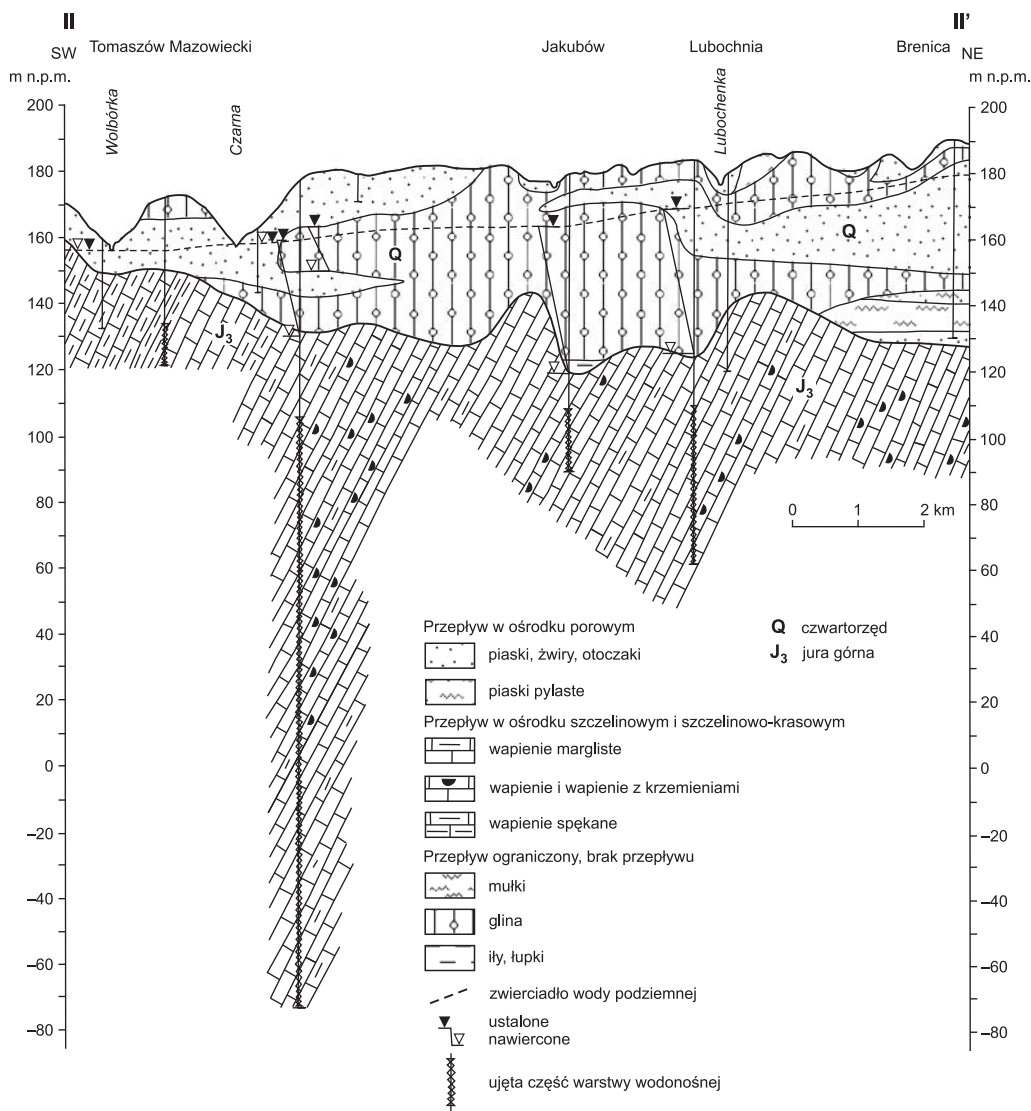


Fig. 4. Przekrój hydrogeologiczny II–II' przez rejon Tomaszowa Mazowieckiego (wg Pęczkowskiej i Figla, 2002b) – lokalizacja na fig. 1

Dużą przestrzenną zmienność wykazuje wydajność potencjalna studni; ponad 120 m³/h uzyskuje się w rejonie Niebieskich Źródeł, Zakładów Drobiarskich w Tomaszowie Mazowieckim oraz w Cyganie k. Tomaszowa Mazowieckiego, 70–120 m³/h w rejonie Lubochnia–Glennik oraz od Tomaszowa Mazowieckiego aż po Teofilów, 50–70 m³/h między Lubochnią a Tomaszowem Mazowieckim oraz w dolinie Pilicy w rejonie Tomaszów Mazowiecki–Cieblówce. W strefach słabszej wodonośności wydajności potencjalne studni wynoszą 10–30 m³/h (Pęczkowska, 2002b).

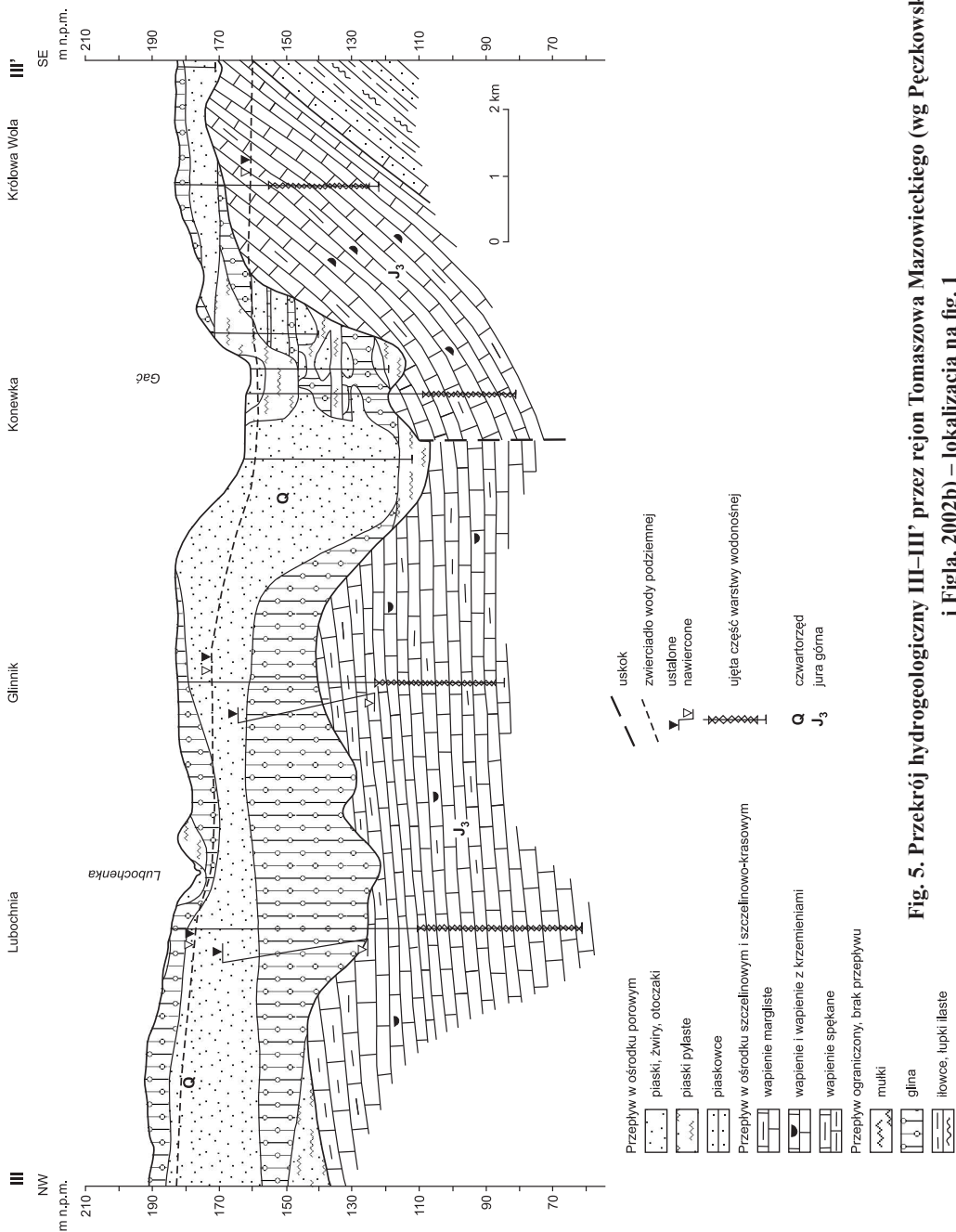


Fig. 5. Przekrój hydrogeologiczny III–III' przez rejon Tomaszowa Mazowieckiego (wg Pęczkowskiej i Figla, 2002b) – lokalizacja na fig. 1

W bezpośrednim sąsiedztwie miasta znajduje się Rezerwat Niebieskie Źródła. Stanowi go zespół wywierzysk i źródeł krasowych wraz z rozlewiskami. Główny kompleks wodonośny stanowią spękane, częściowo skrasowiałe wapienie jurajskie, charakteryzujące się dużą przepuszczalnością. Wapienie te zalegające na utworach słabo przepuszczalnych, wykształconych w postaci iłołupków i margli, przyjmują wody opadowe i systemami szczelin prowadzą je w kierunku północno-zachodnim. Źródła to dwa wywierzyska oddzielone wyspą. Woda przybiera turkusową barwę, a jej zabarwienie spowodowane jest czynnikami fizykochemicznymi. Temperatura wody jest stała w ciągu roku (9°C) i z tego względu wody te nigdy nie zamarzają. Ważną strefą zasilania tych źródeł jest rejon wsi Wąwał, gdzie występuje szereg lejków krasowych, których istnienie umożliwia bezpośrednie wlewanie się wód roztopowych i burzowych w skrasowiałe podłoże. Infiltracja jednostkowa osiąga tu wartość $5,1 \text{ dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$ (*op.cit.*).

Dolnokredowy poziom wodonośny (Cr_1) związany jest ze szczelinowo-porowymi osadami piaszczystymi i piasków albu środkowego i górnego. W miejscach występowania piaszczystych utworów czwartorzędu tworzą one wspólny poziom czwartorzędowo-kredowy (fig. 3). Wydajności otworów studziennych ujmujących poziom dolnokredowy uzyskiwane z próbnych pompowań są bardzo zróżnicowane i wynoszą od 3 do ok. $80 \text{ m}^3/\text{h}$. W zależności od warunków hydrogeologicznych wydajności potencjalne studni wierconych najczęściej wynoszą $50\text{--}70 \text{ m}^3/\text{h}$, sporadycznie mogą przekraczać $70 \text{ m}^3/\text{h}$ na południe od Tomaszowa Mazowieckiego.

Czwartorzędowe piętro wodonośne (Q) ma z reguły znaczenie podrzędne w stosunku do poziomów mezozoicznych (pod kątem możliwości lokalizacji dużego ujęcia wód podziemnych). Wynika to nie tylko z faktu, że poziomy czwartorzędowe nie tworzą na tym obszarze ciągłych warstw wodonośnych, ale również ze słabych parametrów hydrogeologicznych i niewielkich zasobów dyspozycyjnych. Wydajności potencjalne studni wynoszą zazwyczaj od 10 do $30 \text{ m}^3/\text{h}$ i tylko sporadycznie są wyższe, dochodząc do $50\text{--}60 \text{ m}^3/\text{h}$ (*op.cit.*). Dodatkowym czynnikiem radykalnie zmniejszającym zainteresowanie tymi wodami jest ich niska jakość oraz wysoki stopień zagrożenia zanieczyszczeniami z powierzchni (np. na obszarze Tomaszowa Mazowieckiego). Niewielka miąższość osadów czwartorzędowych ($30\text{--}50 \text{ m}$) oraz wykształcenie litologiczne (głównie gliny zwałowe i w mniejszym stopniu piaski lub żwiry) powodują, że utwory te nie tworzą zasobnych poziomów wodonośnych w skali regionalnej i mają znaczenie jedynie w przypadku niewielkich ujęć lokalnych.

Poniżej przedstawiono opis jednostek hydrogeologicznych, wydzielonych zgodnie z kryteriami zastosowanymi na Mapie hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (Nowacki 1988, 1992; Cichocka 2002a, b; Janus, 2002a, b; Pęczkowska, 2002a, b; Pęczkowska, Figiel, 2002a, b) – figura 6.

Jednostka Q/ba J_3I obejmuje północne dzielnice Tomaszowa Mazowieckiego. Główny poziom wodonośny występuje w szczelinowo-krasowych utworach jury górnej i jest intensywnie drenowany przez Pilicę. Współczynnik filtracji wynosi 18 m/d . Moduł zasobów odnawialnych poziomu głównego oceniono na $125 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$, a moduł zasobów dyspozycyjnych – $100 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$. Użytkowy poziom podrzędny związany jest z piaszczysto-żwirowymi osadami czwartorzędu. Jednostka ta charakteryzuje się znacznym ograniczeniem dostępu do wód podziemnych ze względu na duże powierzchnie zalesione, w części objęte Spalskim Parkiem Krajobrazowym.

Jednostki aQ- J_3I i aQ- J_3II obejmują wschodnią i północno-zachodnią część miasta. Użytkowe poziomy czwartorzędu i jury górnej znajdują się w więzi hydraulicznej. Średni współczynnik filtracji wynosi 8 m/d . Wydajności otworów studziennych są zróżnicowane, od około $18 \text{ m}^3/\text{h}$ w dzielnicy Tomaszowa Mazowieckiego Niebrów do $128 \text{ m}^3/\text{h}$ na terenie dawnych zakładów Wistom (obecnie Mazovia). W rejonie Niebieskich Źródeł, w dzielnicy Brzustówka, wydajności otworów studziennych osiągają $130 \text{ m}^3/\text{h}$. Moduł zasobów odnawialnych określono na $160 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$, zaś moduł zasobów dyspozycyjnych – $130 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$.

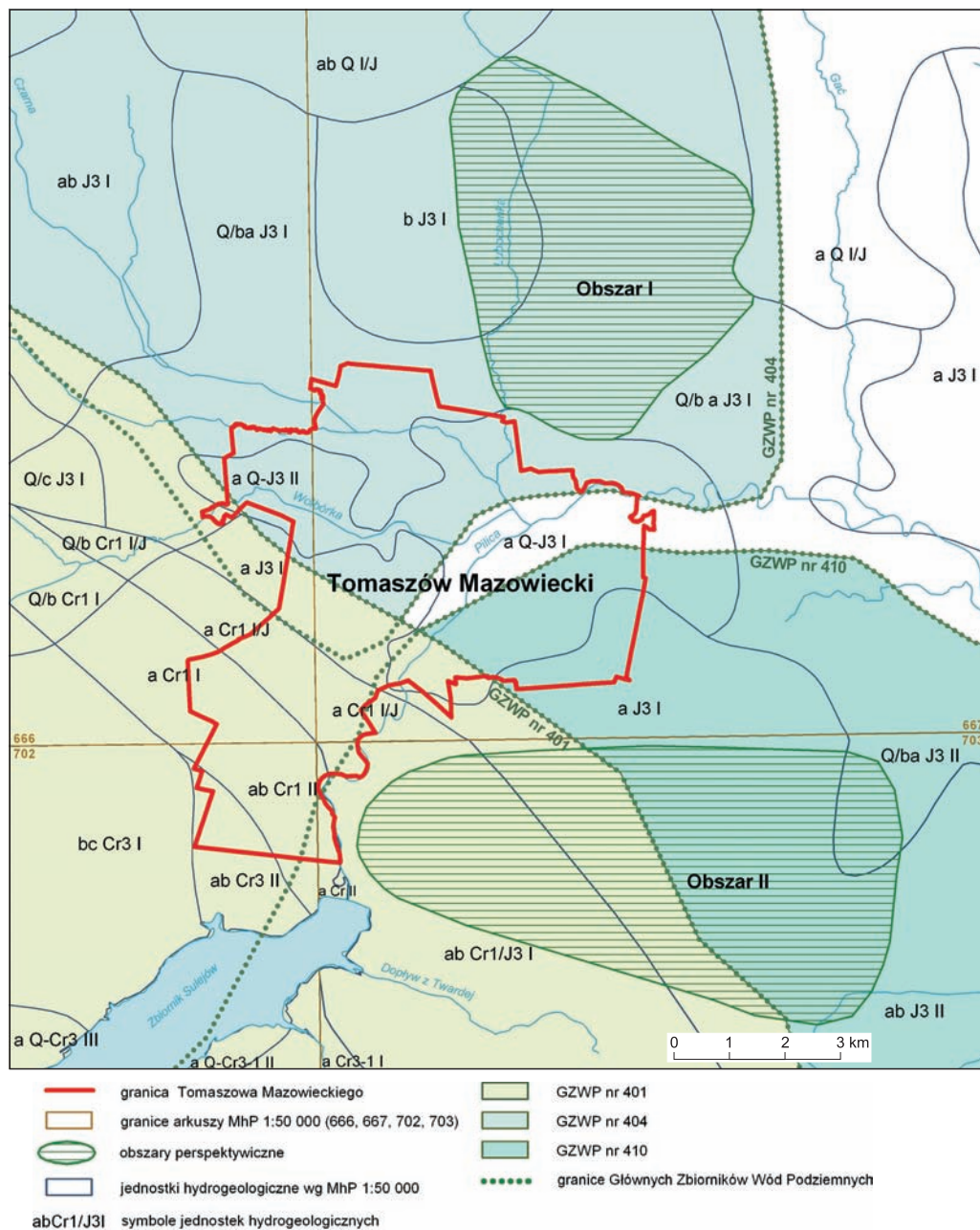


Fig. 6. Mapa warunków hydrogeologicznych w rejonie Tomaszowa Mazowieckiego

Jednostka aJ_3I znajduje się w zachodniej części obszaru. Główny poziom wodonośny związany jest ze szczelinowo-krasowymi utworami jury górnej, a jego cechą charakterystyczną jest występowanie swobodnego zwierciadła wody poniżej stropu utworów jury górnej. Wydzielony poziom główny jest więc pierwszym od powierzchni poziomem użytkowym. Główny poziom wodonośny drenowany jest głównie w dolinie Pilicy. Przepływ wód odbywa się w kierunku zbliżonym do południowo-zachodniego, a średni współczynnik filtracji wynosi tu 6–10 m/d.

Jednostka aCr_1I/J znajduje się w środkowej części obszaru. Współczynnik filtracji wynosi przeciętnie 6 m/d. Wartość średnia przewodności hydraulicznej przekracza 200 m²/d. Moduł zasobów odnawialnych wynosi 130 m³/d·km², a zasobów dyspozycyjnych 65 m³/d·km².

Jednostka $abCr_1/J_3I$ występuje w południowo-wschodniej części miasta, ma formę niecki wypełnionej piaskami kwarcowymi kredy dolnej, które tworzą główny użytkowy poziom wodonośny. Moduły zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych wynoszą odpowiednio 130 i 85 m³/d·km².

Jednostki aCr_1II i $abCr_1II$ zlokalizowane są w południowej części obszaru. Wydzielono je w rejonie podczwartorzędowych wychodni kredy dolnej. Współczynnik filtracji wynosi przeciętnie 6 m/d. Wartość średnia przewodności hydraulicznej przekracza 240 m²/d. Moduł zasobów odnawialnych określono w wysokości 160 m³/d·km², natomiast moduł zasobów dyspozycyjnych wynosi 80–110 m³/d·km².

Jednostka $abCr_{1-3}I$ obejmuje południowo-wschodni kraniec miasta, w obrębie kompleksu utworów kredy. Użytkowym poziomem wodonośnym jest pozostający w łączności hydraulicznej kompleks węglanowo-piaskowcowy. Moduł zasobów odnawialnych określono w wysokości 160 m³/d·km², a zasobów dyspozycyjnych – 90 m³/d·km².

Główne Zbiorniki Wód Podziemnych w rejonie Tomaszowa Mazowieckiego

Na omawianym obszarze znajdują się trzy Główne Zbiorniki Wód Podziemnych (Kleczkowski red., 1990) (fig. 6).

GZWP nr 401 – Niecka łódzka. Jest to zbiornik obejmujący wody o charakterze porowym występujące w utworach kredy dolnej (Cr_1), a jego powierzchnia wynosi 1875 km². Szacunkowe zasoby dyspozycyjne całego zbiornika wynoszą 90 tys. m³/d, natomiast średni moduł zasobów odnawialnych około 60 m³/d·km². Średnia głębokość ujęć wód podziemnych w obrębie całego GZWP mieści się w przedziale 30–800 m, a na omawianym obszarze wynosi 30–120 m.

GZWP nr 404 – Zbiornik Koluszki–Tomaszów. Występują tu wody o charakterze szczelinowo-krasowym związane z utworami jury górnej (J_3). Powierzchnia zbiornika wynosi 1109 km², a jego zasoby dyspozycyjne szacuje się na poziomie 350 tys. m³/d. Średni moduł zasobów odnawialnych wynosi 360 m³/d·km². Okolice Tomaszowa Mazowieckiego położone są w strefie brzeżnej zbiornika, a głębokości ujęć w tym rejonie wynoszą od kilkudziesięciu do 200 m.

GZWP nr 410 – Zbiornik Opoczno. Dotyczy wód podziemnych o charakterze szczelinowo-porowym, występujących w utworach jury górnej. Jego powierzchnia wynosi 474 km², a szacunkowe zasoby dyspozycyjne 115 tys. m³/d. Moduł zasobów odnawialnych, określony jako szacunkowa wartość średnia dla całego zbiornika, wynosi 280 m³/d·km². Zbiornik położony jest na południowy wschód od miasta, średnia głębokość ujęcia jest mniejsza od 100 m.

Schemat przepływu wód podziemnych

System wodonośny w rejonie Tomaszowa Mazowieckiego obejmuje trzy poziomy wodonośne w obrębie utworów jury górnej, kredy dolnej oraz czwartorzędu (fig. 7).

Pierwszy od powierzchni poziom wodonośny stanowią wody podziemne w utworach czwartorzędowych, jednak ze względu na rozprzestrzenienie mają one znaczenie podrzędne w stosunku do poziomów mezozoicznych, z którymi znajdują się w więzi hydraulicznej. Przepływ wód podziemnych w czwartorzędowym GPU odbywa się w kierunku południowo-wschodnim do doliny Pilicy (Pęczkowska, 2002b). Zasilanie poziomu odbywa się poprzez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych lub z przesączania przez warstwy słabo przepuszczalne (Janus, 2002b).

Wody podziemne w kredzie dolnej mają charakter szczelinowo-porowy i związane są z piaskowcami i piaskami. Miejscami są one w więzi hydraulicznej z poziomem wód czwartorzędowych. Zasilanie poziomu odbywa się na drodze bezpośredniej infiltracji opadów atmosferycznych na wychodniach piaskowców (*op. cit.*).

Największe rozprzestrzenienie i znaczenie ma poziom związany z utworami jury górnej. Poziom ten zasilany jest poprzez infiltrację opadów atmosferycznych bezpośrednio na wychodniach lub pośrednio poprzez utwory czwartorzędowe, z którymi lokalnie znajduje

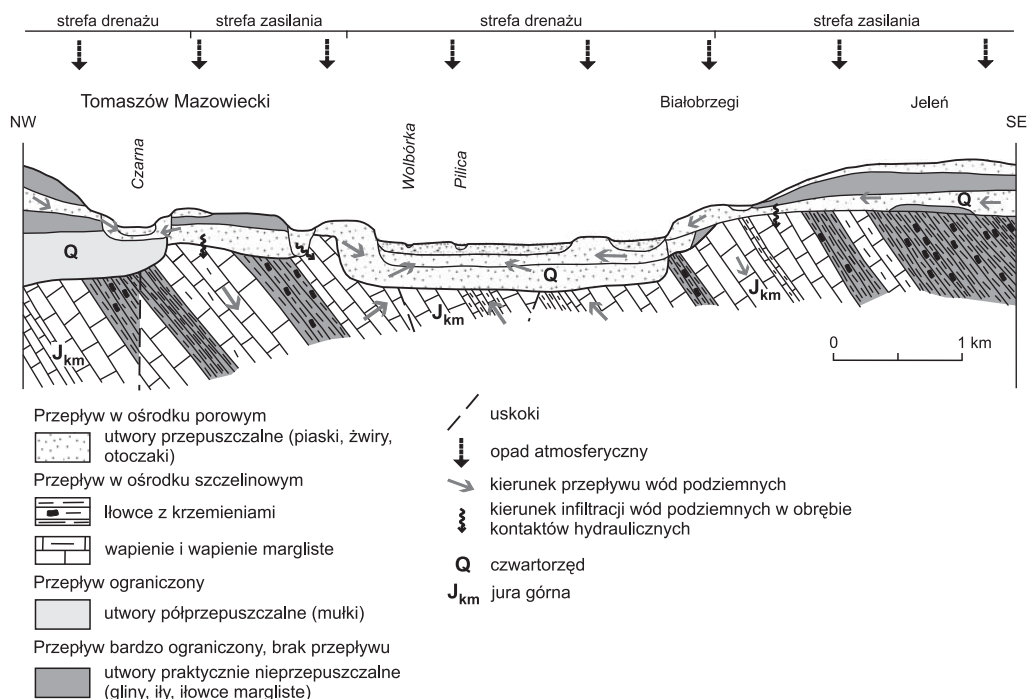


Fig. 7. Schemat przepływu wód podziemnych w profilu pionowym w rejonie Tomaszowa Mazowieckiego

się w łączności hydraulicznej (*op. cit.*). Wody z utworów jury górnej, których powierzchniowym przejawem jest występowanie Niebieskich Źródeł, kontaktują się z wodami Pilicy w rejonie Barkowic k. Sulejowa oraz w rejonie Brzostówki (Macher, 1965). Poziom ten na obszarze ujęcia Białobrzegi stanowi pierwszą warstwę wodonośną o swobodnym zwierciadle wody.

Dla obu wymienionych poziomów wodonośnych bazą drenażową jest Pilica.

Biorąc pod uwagę wielkość zasobów i parametry hydrogeologiczne najbardziej perspektywiczne są zbiorniki górnourajskie.

Zaopatrzenie miasta w wodę

Aktualnie potrzeby w zakresie zaopatrzenia ludności w wodę do celów pitnych i gospodarczych zaspokajane są głównie przez zakup z ujęć wód powierzchniowych, a podrzędnie przez pobór własny oraz zakup z ujęć wód podziemnych. Poniżej przedstawiono strukturę zaopatrzenia miasta w wodę.

- Zakup wody od Zakładu Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Łodzi z ujęcia brzegowego na Pilicy w Tomaszowie Mazowieckim (Brzostówka) z poborem 6500 m³/h (90 tys. m³/d). Ujęcie to jest częścią systemu wodociągowego Tomaszów Mazowiecki–Łódź. Woda, po uzdatnieniu na miejscu, przesyłana jest rurociągami, zaopatrując prawie cały Tomaszów Mazowiecki (za wyjątkiem dzielnic Białobrzegi, Ludwików i Nagórzyce).

- Pobór wody z własnego ujęcia wód podziemnych w Białobrzegach. Ujęcie składa się z dwóch studni: nr 3 – głębokość 85 m, wydajność eksploatacyjna 125 m³/h, przy depresji 13,20 m, oraz studnia nr 4 – głębokość 95 m, wydajność 100 m³/h, przy depresji 17,89 m. Ujmowany jest górnourajski poziom wodonośny w ilości $Q_{sr} = 800$ m³/d, $Q_{max} = 1100$ m³/d. Zgodnie z pozwoleniem wodnoprawnym pobór nie może przekroczyć 83,2 m³/h (1996,8 m³/d). Woda nie wymaga uzdatniania i przesyłana jest bezpośrednio do odbiorców (dzielnice Białobrzegi i Ludwików).

- Pobór wody z ujęcia wód podziemnych w Swolszewicach Małych na terenie Ośrodka Szkoleniowo-Wypoczynkowego Borki. Ujęcie to składa się z dwóch studni o głębokości 205 i 250 m, pracujących naprzemiennie. Ujmowany jest dolnokredowy poziom wodonośny. Woda z tego ujęcia jest kupowana i zaopatruje dzielnicę Nagórzyce. Zatwierdzone zasoby wynoszą 330 m³/h (7920 m³/d), przy depresji 17 m. Woda nie wymaga uzdatniania.

Ponadto na terenie miasta znajduje się 19 publicznych studni głębinowych. Ujmują one poziom jury górnej, a ich głębokości wynoszą od 24 do 50 m. Charakteryzują się małymi wydajnościami (2–18 m³/h). Wody są złej jakości pod względem fizykochemicznym i bakteriologicznym, co czyni je nieprzydatnymi do spożycia przez ludzi. Studnie te wykorzystywane są przez mieszkańców miasta jedynie do celów gospodarczych.

Pobór wód a ich zasoby

W 2007 r. w celu zaopatrzenia ludności w wodę pitną pobrano 2281,7 m³ wody z ujęcia powierzchniowego, co stanowiło 94%, a jedynie 6% (148,981 m³) pochodziło z ujęć wód podziemnych (tab. 1).

Tabela 1

Wybrane informacje o Tomaszowie Mazowieckim

Powierzchnia			41 km ²
Ludność (2007 r.)			66 606
Pobór (2007 r.)	komunalny	wody powierzchniowe	6,25 tys. m ³ /d
		wody podziemne	0,48 tys. m ³ /d
	przemysłowy	wody powierzchniowe	1,65 tys. m ³ /d
		wody podziemne	1,30 tys. m ³ /d
	pozostały	wody powierzchniowe	0,43 tys. m ³ /d
		wody podziemne	0,21 tys. m ³ /d
Zaopatrzenie ludności (2007 r.)	ujęcia wód powierzchniowych		2 281,7 tys. m ³
	ujęcia wód podziemnych		148,981 tys. m ³
Zaopatrzenie ludności (2007 r.)	ujęcia wód powierzchniowych		94%
	ujęcia wód podziemnych		6%
Zasoby wód podziemnych (Kleczkowski, 1990)*	szacunkowe zasoby dyspozycyjne dla obszaru GZWP nr 401 – Niecka łódzka		90 tys.m ³ /d
	szacunkowe zasoby dyspozycyjne dla obszaru GZWP nr 404 – Zbiornik Koluszkki–Tomaszów		350 tys.m ³ /d
	szacunkowe zasoby dyspozycyjne dla obszaru GZWP nr 410 – Zbiornik Opoczno		115 tys.m ³ /d
Zapotrzebowanie na wodę w przypadku zaopatrzenia awaryjnego	minimalne		500 m ³ /d
	niezbędne		1000 m ³ /d
	optymalne		2000 m ³ /d
Specyficzny problem miasta	brak		

* - podana wartość zasobów wód podziemnych odnosi się do całego obszaru GZWP

Zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych, zlokalizowanych na terenie miasta (również ujęć zlokalizowanych na terenie zakładów przemysłowych), wynoszą 797,3 m³/h (19 135,2 m³/d). W 2007 r. na cele socjalno-bytowe zużyto 2456,855 tys. m³ (6731 m³/d). A więc ujęcia wód podziemnych zlokalizowane na terenie miasta mogą w pełni pokryć zapotrzebowanie na wodę (jednak po uprzednim dokładnym sprawdzeniu stanu technicznego studni i jakości wód podziemnych w tych studniach).

W związku z tym, iż rejon Tomaszowa Mazowieckiego nie posiada ustalonych zasobów dyspozycyjnych (nie wykonano regionalnej dokumentacji hydrogeologicznej), należy sądzić, że aktualny pobór wód podziemnych jest znacznie niższy od wielkości szacunkowych zasobów dyspozycyjnych GZWP. Podane w tabeli 1 wielkości zasobów wód podziemnych odnoszą się do całego obszaru GZWP. Ponieważ miasto znajduje się w strefach peryferyjnych GZWP, podane zasoby szacunkowe są zawyżone.

Chemizm wód podziemnych

Charakterystykę jakości wód podziemnych przedstawiono dla piętra czwartorzędowego i poziomu jury górnej ze względu na bezpośredni związek hydrauliczny między nimi i wpływ wód z utworów czwartorzędu na jakość wód z utworów jurajskich. Nie opisano jakości wód z utworów kredy, bowiem, po wstępnej analizie, nie były one brane pod uwagę jako perspektywiczne.

W świetle analizy danych archiwalnych z lat 60. i 70. ubiegłego wieku ze studzien ujęcia w Zakładach Włókien Sztucznych Wistom w Tomaszowie Mazowieckim widać wyraźnie, że czwartorzędowe wody podziemne zostały zanieczyszczone. W wodzie występowały znaczne stężenia chlorków, siarczanów, związków żelaza i manganu. W rejonach bezpośredniego kontaktu hydraulicznego poziomów czwartorzędowego i jury górnej zaznaczył się negatywny wpływ zakładów przemysłowych na jakość wód z utworów jury. Ze względu na likwidację obiektu obecnie niemożliwa jest ocena jakości wód podziemnych w tym rejonie.

Z analiz fizykochemicznych wykonanych na potrzeby Mapy hydrogeologicznej Polski wynika, że dla wód z utworów czwartorzędowych mineralizacja zawarta jest w szerokim przedziale od 132 do 3274 mg/dm³. Twardość wynosi od 1,8 do 22,8 mval/dm³, co klasyfikuje te wody w grupie od miękkich do bardzo twardych. Zasadowość wód zróżnicowana jest od 1,5 do 11,5 mval/dm³, utlenialność wynosi od 0,8 do 75,2 mg O₂/dm³. Jon amonowy występuje w stężeniach od 0,0 do 3,5 mg/dm³, azot azotanowy – do 40 mg/dm³, żelazo – do 29 mg/dm³, mangan – do 12 mg/dm³, chlorki – od 2 do 620 mg/dm³, natomiast siarczany – od zera do 1009 mg/dm³ (Pęczkowska, 2002b).

Czwartorzędowe wody podziemne należą do wód średniej jakości, wymagających prostego uzdatniania ze względu na przekroczenie zawartości żelaza i manganu, i do wód niskiej jakości. Poza miastem, na obszarach występowania głównego poziomu wodonośnego w utworach czwartorzędu wody podziemne zostały zaklasyfikowane do wód dobrej jakości (*op. cit.*).

Wody podziemne w utworach jury górnej występują w szczelinowatych utworach marglistych. Charakteryzują się mineralizacją od 111 do 1434 mg/dm³. Twardość ogólna zawiera się w przedziale od 1,0 do 13,5 mval/dm³, są to wody od bardzo miękkich do bardzo twardych. Odczyn pH wynosi od 6,3 do 8. Zasadowość wynosi od 1,2 do 6,6 mval/dm³, jednak w większości przypadków jest mniejsza od 4,5 mval/dm³. Utlenialność jest najczęściej niższa od 2 mg O₂/dm³. Jon amonowy występuje w ilości od 0,0 do 0,34 mg/dm³, azot azotanowy – od zera do 20 mg/dm³, żelazo – od zera do 26,6 mg/dm³, mangan – od zera do 0,34 mg/dm³, chlorki – od 2 do 182 mg/dm³, siarczany – od zera do 615 mg/dm³ (*op. cit.*).

W punkcie pomiarowo-kontrolnym Lubochenek 1 (na północ od Tomaszowa Maz.) stwierdzono wody jurajskie niskiej jakości, których cechy fizyczne i poziom wskaźników zanieczyszczeń znacznie przekraczały wartości dopuszczalne obowiązujące dla wód pitnych (żelazo i mangan). W punkcie pomiarowo-kontrolnym Spała (Ośrodek Wczasowy ZZPC Opoczno) badane wody podziemne z poziomów jurajskich miały znaczne przekroczenia zawartości fosforanów i żelaza. W punkcie pomiarowo-kontrolnym Wąwał (Gminny Zakład Komunalny) stwierdzono wody średniej jakości, zmienione antropogenicznie, wymagające uzdatniania. Przekroczone zostały wskaźniki przewodności oraz zawartość jonów amoniaku, chlorków, siarczanów, żelaza i wapnia (Informacja..., 2006).

Wody Niebieskich Źródeł charakteryzują się bardzo dobrą jakością, nie zawierają zanieczyszczeń przemysłowych. Nie stwierdzono również podwyższonych zawartości jonów żelaza i manganu. Mineralizacja wynosi 218 mg/dm³. Należą one do grupy wód średniotwardych o twardości ogólnej 3,45 mval/dm³. Jedynym elementem mogąącym świadczyć o ewentualnych wpływach antropogenicznych jest stężenie azotu azotanowego w ilości 2,3 mg/dm³ (Pęczkowska, 2002b).

Zagrożenia wód podziemnych

Przy ocenie zagrożenia wód podziemnych uwzględniano następujące czynniki: stopień izolacji od powierzchni, miąższość i ciągłość pokryw utworów słabo przepuszczalnych, wykształcenie litologiczne skał wodonośnych jak również sposób zagospodarowania terenu, w tym liczbę i rodzaj obiektów stanowiących potencjalne ogniska zanieczyszczeń.

Czwartorzędowy i jurajski poziom wodonośny nie posiadają odpowiedniego naturalnego zabezpieczenia przed wpływem zanieczyszczeń antropogenicznych. Korzystnym czynnikiem zmniejszającym zagrożenie jest występowanie dużych obszarów leśnych, które w znacznej części podlegają ochronie.

Bardzo podatne na zanieczyszczenia z powierzchni są utwory występujące w dolinie Pilicy, gdzie poziom wodonośny pozbawiony jest izolacji. Duże zagrożenie dla jakości wód stwierdzono w rejonie Inowłódza, gdzie wychodnie utworów jury środkowej pozbawione są izolacji.

Potencjalnymi ogniskami zagrożeń dla wód podziemnych są wysypiska i składowiska odpadów komunalnych i przemysłowych. Po nieistniejących Zakładach Wistom pozostało składowisko odpadów poprodukcyjnych w północno-wschodniej części miasta, przy ulicy Piaskowej. Odpady są zdeponowane w sposób podpoziomowy i nadpoziomowy na obszarze około 5 ha. Ponadto na obszarze 10 ha w dolinie Pilicy, w pobliżu ulic Spalskiej i Henrykowskiej, znajduje się skład żużla i popiołu. Oba składowiska są nieczynne, nie są również monitorowane. W sąsiedztwie składowiska żużla i popiołu zlokalizowana jest także oczyszczalnia ścieków miejskich i przemysłowych, w której oczyszczana jest większość ścieków komunalnych (9709 m³/d) (Informacja ..., 2006).

Potencjalnym zagrożeniem dla wód podziemnych są stacje paliw wzdłuż drogi szybkiego ruchu Warszawa–Katowice oraz skażenia typu awaryjnego. Na terenie Tomaszowa Mazowieckiego zlokalizowanych jest kilka stacji paliw, z których największa znajduje się przy ulicy Warszawskiej. Bardzo duże potencjalne zagrożenie dla wód podziemnych stwarza składnica paliw Tedex Oil w Cyganie k. Tomaszowa Mazowieckiego. Łączna pojemność zbiorników na paliwa wynosi około 1 mln litrów (Pęczkowska, 2002b).

Obszary perspektywiczne

Wyznaczając obszary perspektywiczne, należy brać pod uwagę czynniki ograniczające wielkość poboru. Czynniki te należą do grupy ograniczeń środowiskowych, hydrogeologicznych i gospodarczych.

Ograniczenia środowiskowe wynikają z ustawowego zakazu zmian stosunków wodnych (w tym wód podziemnych) na obszarach parków narodowych, rezerwatów, obszarów należących do wykazu Natura 2000, parków krajobrazowych. W okolicach Tomaszowa Mazowieckiego występują dwa obszary wymienione w spisie Natura 2000. Są to Lasy Spalskie (Spalski Park Krajobrazowy) oraz rezerwat Niebieskie Źródła. Na południe od Tomaszowa Mazowieckiego rozciąga się duży obszar Sulejowskiego Parku Krajobrazowego. Dlatego należy zwrócić uwagę na fakt, iż ujęcia wód podziemnych powinny być zlokalizowane w takiej odległości od obszarów chronionych, aby te obszary były poza strefą oddziaływania ujęć.

Ograniczenia hydrogeologiczne związane są głównie z koniecznością lokalizowania nowych ujęć poza obszarami spływu (zasilania) ujęć istniejących. Dodatkowym czynnikiem jest dobra aktualna jakość wód podziemnych oraz prognozowany brak zmian jakości wody.

Istotnym ograniczeniem jest również stopień zagospodarowania terenu oraz odporność poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia antropogeniczne. Zagrożenie wód podziemnych

niekorzystnymi zmianami jakości wód podziemnych wynika z obecności potencjalnych i rzeczywistych ognisk zanieczyszczeń. Niezbędne jest wykonanie szczegółowego kartowania socjologicznego.

Przykładem niewłaściwej lokalizacji było wybudowanie na początku lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku ujęcia w Brzustówce. Eksploatacja tego ujęcia w krótkim czasie spowodowała zanik wypływu w wywierzysku Niebieskie Źródła, będącego jedną z większych atrakcji przyrodniczych w kraju. Dlatego też podczas rozpatrywania lokalizacji ujęcia wód podziemnych dla miasta konieczne było uwzględnienie źródeł krasowych występujących w dzielnicy Ludwików.

W rejonie Tomaszowa Mazowieckiego wytypowano dwa obszary perspektywiczne (fig. 6) pod kątem lokalizacji ujęcia wód podziemnych zapewniającego w pełni zapotrzebowanie na wodę. Jako dodatkowe kryterium przyjęto odległość 10–12 km od miasta.

Obszar I położony jest na północ od miasta, w rejonie miejscowości Luboszewy, Nowy Glinik i Lubochnia. Jest to obszar występowania GZWP nr 404 – Zbiornik Koluszkki–Tomaszów. Główny poziom wodonośny w utworach górnajurajskich chroniony jest przed zanieczyszczeniami przez grunty spoiste wykształcone jako pyły, gliny piaszczyste i iły o miąższości ponad 40 m. Biorąc pod uwagę wielkość tego obszaru, średnie moduły zasobów odnawialnych oraz naturalne ograniczenia wielkości poboru, możliwy pobór wód podziemnych z ujęcia zlokalizowanego na tym obszarze oszacowano w ilości 15 000–18 000 m³/d.

Obszar II położony jest na południowy wschód od Tomaszowa Mazowieckiego, w rejonie miejscowości Smardzewice, Sługocice, Brzustów i Tomaszówek. Jest to obszar występowania GZWP nr 401 – Niecka Łódzka oraz nr 410 – Zbiornik Opoczno. Szacuje się, że eksploatacja może tu wynosić 12 000–15 000 m³/d.

W przypadku krótkotrwałego zdarzenia ekstremalnego do eksploatacji może być włączone ujęcie Białobrzegi (1996,8 m³/d). Podczas przedłużającego się zdarzenia ekstremalnego dodatkowo należałoby włączyć ujęcie w Borkach, gdyż możliwa do uzyskania ilość wody z poszczególnych ujęć jest na granicy zapotrzebowania mieszkańców miasta. Jednocześnie należy mieć na uwadze fakt, iż ujęcie to zaopatruje także Swolszewice Małe i OSW Borki.

W sytuacjach kryzysowych jako studnie awaryjne mogą być wykorzystane ujęcia wód podziemnych na terenie zakładów przemysłowych Roldrob, Mazovia SA (dawne zakłady Wistom) oraz Tomtex SA (tab. 2). Obecnie ujęcia te wykorzystywane są na potrzeby własne zakładów. Ujęcia te mogłyby być wykorzystane jedynie po uprzednim sprawdzeniu stanu technicznego studni i jakości wód. Wydajności eksploatacyjne wahają się od 62,7 do 225 m³/h (1504,8–5400 m³/d). A więc w sytuacjach ekstremalnych ujęcia te mogą zapewnić wystarczającą ilość wody.

Tabela 2

Informacje o ujęciach na terenie zakładów przemysłowych w Tomaszowie Mazowieckim

Zakład		Zasoby zatwierdzone [m ³ /h]	Możliwa do uzyskania wydajność [m ³ /rok]	Pobór w 2007 r. [m ³ /rok]	Rezerwa [%]
Roldrob SA		220	1 927 200	475 500	75
Mazovia SA	studnia nr 5	62,7	549 252	48 122	> 90
	studnia nr 6	69,3	607 068	14 923	> 90
ZPW Tomtex SA		225	1 971 000	12 617	99,4

Rozwiązania alternatywne:

1. Ujęcie w Kolonii Rokiciny. Ze względu na połączenie rurociągiem Tomaszowa Mazowieckiego z ujęciem wodociagowym w Kolonii Rokiciny ważne jest sprawdzenie tego wariantu. Ujęcie składa się z 9 studni o łącznej wydajności 35 tys. m³/d. Wody ujmowane są ze szczelinowo-krasowych utworów węglanowych. Maksymalne wydajności uzyskiwane ze studni przekraczają 300 m³/d.

2. Sprawdzenie aktualnego stanu ujęcia na terenie byłych Zakładów Wistom (obecnie Mazovia SA). Ujęcie składa się z 26 studni. Część z nich ujmuje wody z utworów czwartorzędowych, a kilka z utworów jury górnej. Obecnie eksploatowane są studnie nr 5 i 6. Głębokość pozostałych studni zawiera się w przedziale 11–99,8 m. Istotne byłoby sprawdzenie stanu technicznego studni ujmujących wody z jury górnej oraz jakości wód. W okresie pracy ujęcia zatwierdzone zasoby eksploatacyjne wynosiły około 15 tys. m³/d.

3. Sprawdzenie możliwości uruchomienia nieczynnego ujęcia Kliny k. Opoczna. Główny poziom użytkowy w utworach jury górnej charakteryzuje się wydajnościami studni od 50 do ponad 100 m³/h. Miąższość warstwy wodonośnej wynosi około 100 m. Na tym terenie w latach 80. ubiegłego wieku wykonano wielootworowe ujęcie Kliny. Zatwierdzone zasoby ujęcia z formacji górnourajskiej wynoszą 940 m³/h, przy depresji 3,1–26 m. Ujęcie nie zostało włączone do eksploatacji.

PODSUMOWANIE

Tomaszów Mazowiecki położony jest na obszarze o niezwykle korzystnych warunkach hydrogeologicznych. W obrębie miasta występują trzy główne zbiorniki wód podziemnych: GZWP nr 401 – Niecka łódzka, zbiornik o charakterze porowym, obejmuje wody występujące w utworach kredy dolnej, GZWP nr 404 – Zbiornik Koluszkowski–Tomaszów o charakterze szczelinowo-krasowym, z wodami związanymi z utworami jury górnej, oraz GZWP nr 410 – Zbiornik Opoczno – szczelinowo-porowy, z wodami w utworach jury górnej.

Jest to wyjątkowa sytuacja hydrogeologiczna, nawet w skali całego kraju, dlatego dziwi obecny system zaopatrzenia mieszkańców w wodę oparty na zakupie wód z ujęć wód powierzchniowych. Z punktu widzenia racjonalnej gospodarki wodnej jak również ze względów ekonomicznych zdecydowanie bardziej korzystne jest wykorzystanie własnych, bardzo bogatych zasobów wód podziemnych.

Po przeanalizowaniu warunków hydrogeologicznych wytypowano dwa obszary perspektywiczne, mogące stanowić podstawowe źródła zaopatrzenia w wodę mieszkańców Tomaszowa Mazowieckiego. Obszar pierwszy położony jest na północ od miasta, w rejonie miejscowości Luboszewy, Nowy Glinik i Lubochnia. Obszar drugi położony jest na południowy wschód, w rejonie miejscowości Smardzewice, Sługocice, Brzustów i Tomaszówek. Wskazano również rozwiązania alternatywne w stosunku do obecnego sposobu zaopatrzenia miasta w wodę.

LITERATURA

- CICHECKA K., 2002a – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Sulejów. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- CICHECKA K., 2002b – Objaśnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1: 50 000, ark. Sulejów. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- INFORMACJA o stanie środowiska na terenie powiatu tomaszewskiego w roku 2006. WIOŚ w Łodzi, Delegatura w Piotrkowie Trybunalskim, 2006.
- JANUS R., 2002a – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Sławno. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- JANUS R., 2002b – Objaśnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Sławno. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KLECZKOWSKI A.S. (red.), 1990 – Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000. AGH, Kraków.
- KONDRACKI J., 2002 – Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- MACHER J., 1965 – Ekspertyza hydrogeologiczna dotycząca współdziałania projektowanego zbiornika „Sulejów” na rz. Pilicy i rezerwatu „Niebieskie Źródła” w Tomaszowie Mazowieckim. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- NOWACKI K., 1988 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Ujazd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- NOWACKI K., 1992 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Ujazd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B. (red.), 1993 – Atlas hydrogeologiczny Polski 1:50 000. Cz. I. Systemy zwykłych wód podziemnych. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PĘCZKOWSKA B., 2002a – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Popielawy. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PĘCZKOWSKA B., 2002b – Objaśnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Popielawy. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PĘCZKOWSKA B., FIGIEL Z., 2002a – Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, ark. Tomaszów Mazowiecki. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PĘCZKOWSKA B., FIGIEL Z., 2002b – Objaśnienia do Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, ark. Tomaszów Mazowiecki. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TRZMIEL B., 1986 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, ark. Tomaszów Mazowiecki. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TRZMIEL B., 1990 – Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000, ark. Tomaszów Mazowiecki. Państw. Inst. Geol., Warszawa.