

JOANNA POCIASK-KARTECZKA

PRZEMIANY STOSUNKÓW WODNYCH NA OBSZARZE KRAKOWA

1. WSTĘP

Stosunki wodne odgrywały bardzo ważną rolę w życiu Krakowa od początków jego istnienia. Sieć rzeczna stanowiła naturalny czynnik sprzyjający lokalizacji pierwszych osad i rozwojowi gospodarczemu. Jednocześnie Wisła przez wieki zagrażała miastu powodziąmi, które często nawiedzały Kraków.

Jednakże mimo zagrożenia powodziąmi pierwszych krakowskich, nadwiślańskich osad oraz mimo wielkich szkód, jakie powodzie te wyrządzały, miasto rozrastało się, zwiększając swój terytorialny zasięg.

Stosunki wodne Krakowa stanowiły przedmiot wielu opracowań. Większość tych prac miała jednak charakter wycinkowy. Wyjątek stanowi kompleksowe opracowanie J. Dynowskiego (1974), w którym został przedstawiony historyczny rozwój sieci wodnej Krakowa oraz charakterystyka wód powierzchniowych i podziemnych w okresie 1951-1960, a także problem zaopatrzenia Krakowa w wodę.

Niniejszy artykuł stanowi próbę syntezy dotychczasowych badań dotyczących stosunków wodnych Krakowa i najnowszych badań własnych autorki oraz ukazanie zmian, jakim podlegały stosunki wodne w przeciągu wieków istnienia miasta.

2. POŁOŻENIE KRAKOWA I ROLA WISŁY W LOKALIZACJI MIASTA

Kraków leży na styku trzech jednostek morfostrukturalnych: Wyżyny Krakowskiej, Kotliny Sandomierskiej i Pogórza Karpackiego. Sąsiedztwo trzech różnych pod względem przyrodniczym i gospodarczym regionów oraz istnienie węzła hydrograficznego Wisły, Rudawy, Prądnika i Wilgi odegrały poważną rolę w lokalizacji Krakowa i jego rozwoju gospodarczym. Miasto stało się niejako pomostem pomiędzy otaczającymi go regionami i ośrodkiem wymiany produktów rolnych pochodzących z Wyżyny odznaczającej się urodzajnymi glebami, miodu i skór - z lasów karpackich, soli - z Pogórza oraz ryb łowionych w Wiśle i jej dopływach. Wisła stanowiła ważny szlak wodny, którym transportowano towary głównie w dół rzeki w kierunku Bałtyku. Ponadto w obrębie Krakowa koryto Wisły dzieliło się na kilka płytkich ramion, co umożliwiało przeprawę przez rzekę i transport drogą lądową towarów do południowej Europy. Przez Kraków przebiegał również międzynarodowy szlak handlowy ze wschodu na zachód.

W średniowieczu na obszarze obecnego Krakowa występowało większe zróżnicowanie deniwelacji terenu niż obecnie. W dolinie Wisły i międzyrzeczu Rudawy i Prądnika występowały bagna i mokradła, nad którymi wznosiły się obszary suchsze zbudowane w większości z wapieni jurajskich. Na nich zaczęły się tworzyć pierwsze małe, izolowane osady, które stopniowo łączono groblami (ryc. 1). Na jednym z takich wzgórz zlokalizowano gród wawelski. Taki „wyspowy” charakter osadnictwa średniowiecznego utrzymywał się dość długo. Odnaczał się znakomitą obronnością, gdyż zarówno Wisła wraz ze swymi dopływami, jak i moczary utrudniały dostęp do grodu i poszczególnych osad. Rzeki stanowiły również źródło zaopatrzenia w wodę ludności i rzemiosła, a także wykorzystywane były do poruszania licznych młynów (Bromek, 1967, 1975).

Z biegiem czasu warunki hydrologiczne i geomorfologiczne przestały decydować o zasięgu osadnictwa, ingerencja, bowiem człowieka w środowisko naturalne, polegająca na osuszaniu bagien i moczarów oraz zmianie biegu rzek, doprowadziła do połączenia pojedynczych osad w jeden organizm miejski. Zawsze jednak starano się tak zorganizować sieć wodną, aby zapewnić rozwijającemu się miastu wodę pitną, wodę dla fos systemu obronnego oraz do poruszania licznych młynów, a także wodę dla rzemiosła oraz dla utrzymania stawów i łąźni. O roli wody w życiu dawnego Krakowa świadczą nazwy ulic i placów, jak np. Wenecja, Starowiślna, Wiślna, Dolne Młyny, Na Groblach.

3. ZMIANY SIECI WODNEJ W UJĘCIU HISTORYCZNYM

Obszar Krakowa liczy obecnie 32 380 ha. Od początku istnienia aż do XX w. terytorium Krakowa rozrastało się mniej więcej centrycznie, tj. wokół średniowiecznego miasta lokacyjnego. Dopiero po drugiej wojnie światowej zaznaczył się równoleżnikowy rozwój miasta nawiązujący do doliny Wisły. Począwszy od średniowiecza, wraz z rozwojem terytorialnym Krakowa, zmieniała się również sieć wodna, która wówczas znacznie różniła się od sieci obecnej. Większość tych zmian wprowadzana była świadomie przez człowieka, tylko zaś niektóre spowodowane były procesami naturalnymi.

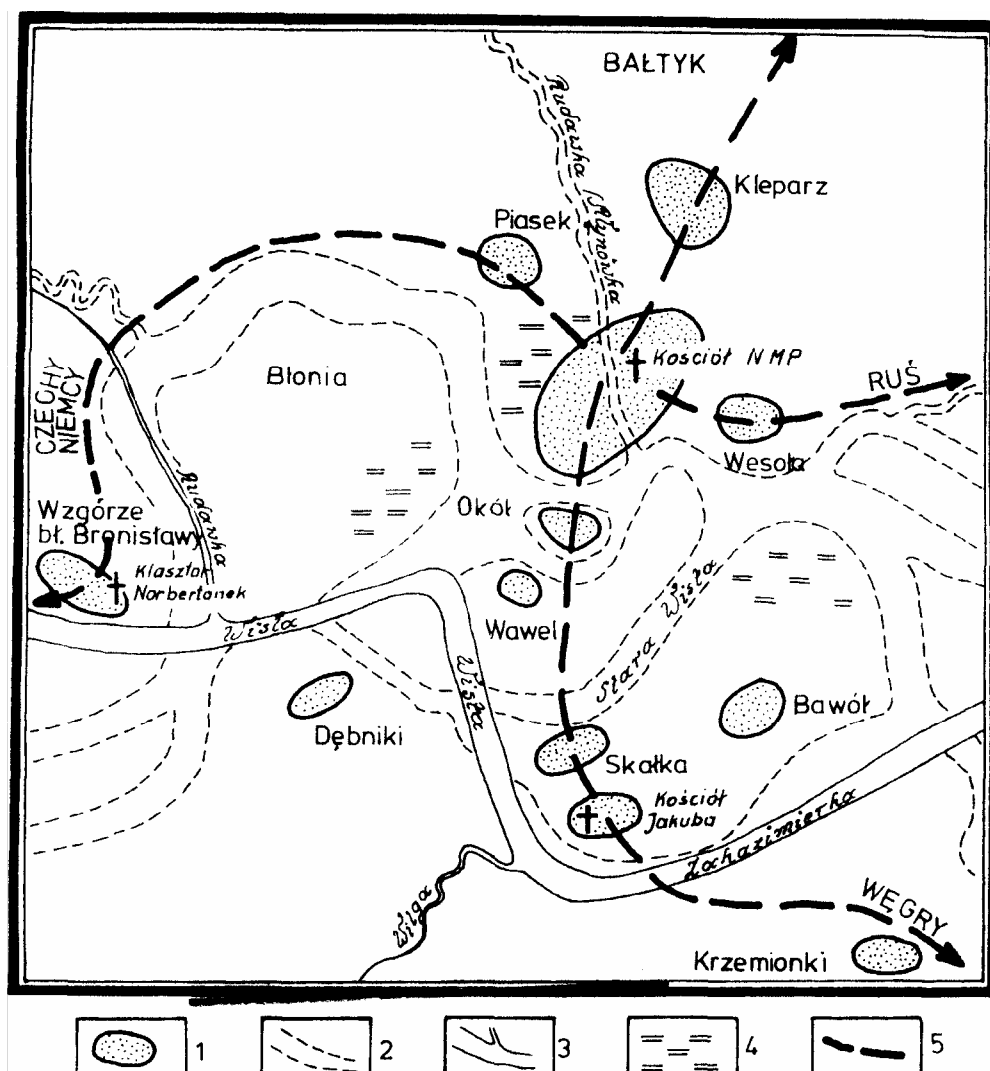
Zmiany sieci wodnej Krakowa opracowano na podstawie prac A. K. Bielawskiego (1984), J. Dynowskiego (1974), J. Mitkowskiego (1957), M. Tobiasza (1958, 1961, 1965) i K. Trafasa (1975) oraz historycznych map i planów Krakowa zawartych w *Atlasie Miasta Krakowa* (1989), a także na podstawie własnego kartowania hydrograficznego wykonanego we wrześniu i październiku 1990 r.

3.1. ZMIANY BIEGU WISŁY

Wisła przepływa przez Kraków z zachodu na wschód. Jej długość w obrębie miasta wynosi 41,2 km, przy czym na długości ok. 18 km stanowi ona granicę miasta (ryc. 2). Jej bieg jest dość kręty. Rozwinięcie rzeki wynosi 1,34.

W okresie wczesnego średniowiecza koryto Wisły było bardzo kręte i dzieliło się na kilka ramion, wśród których powstały kępy i wyspy. Na nich lokalizowano pierwsze zespoły osadnicze. I tak np. Wawel, Okół, Skałka, Kleparz stanowiły w pewnym sensie wyspy otoczone wodą i podmokłościami (ryc. 1). Bieg Wisły zaczął ulegać pewnym przemianom po lokacji miasta w 1257 r. Prawdopodobnie pod koniec XII w. pod klasztorem Norbertanek oraz pod Wawelem odcięto groblami zakole Wisły płynące przez Błonia. Zamieniło się ono w koryto martwe, które stopniowo zanikało, pozostawiając po sobie wiele stawów i bagien. Pozbawiono również wody odnogi Wisły płynące między Wawelem a Okołem oraz między Okołem a Krakowem. Pozostałością tych odnóg były stawy królewskie po Wawelem oraz pas mokradeł, tzw. Żabikruk. Dzięki tym zmianom powstały w pobliżu Wawelu dogodne warunki umożliwiające rozwój portu rzeczno-jeziornego. Główne koryto Wisły biegło natomiast szlakiem tzw. Starej Wisły, tj. wzdłuż obecnej ul. Dietla i Al. Daszyńskiego (ryc. 3). Oddzielała ona Kazimierz od miasta. Na Starej Wiśle w Krakowie istniał jedyny w średniowieczu stały most zwany Królewskim. Do tzw. Nowej Wisły zwanej również Zakazimierką (obecny szlak Wisły) woda została prawdopodobnie doprowadzona w XV w. Nie wiadomo jednakże czy Zakazimierka płynęła korytem naturalnym, czy też sztucznym kanałem. Większość źródeł ikonograficznych świadczy jednak o tym, iż Wisła płynęła równo nurtem Starej Wisły, jak i szlakiem Zakazimierki. Od drugiej połowy XVII w. Stara Wisła zaczęła ulegać zanikowi wskutek odcięcia dostawy wody z Prądnika. Ponad półtora wieku później w czasie ogromnej powodzi w 1813 r. koryto Starej Wisły uległo zamuleniu, po czym stopniowo zamieniało się w cuchnące bajoro, do którego uchodziły kanały ściekowe z Kazimierza i Stradomia. Stara Wisła stała się z czasem siedliskiem bakterii, co przyczyniało się szerzenia epidemii cholery w latach 1849-1873. Cztery lata później koryto Starej Wisły zasypano. Pozostałością po Starej

Wiśle jest dziś nazwa ulicy - Starowiślna, oraz stary most pełniący dziś funkcję wiaduktu kolejowego.



Ryc. 1. Zespół osad krakowskich przed lokacją na tle dawnej sieci wodnej i szlaków handlowych (wg Bromek, 1975; Mitkowski, 1957): 1-osada, 2 - dawny bieg rzek, 3 - współczesny bieg rzek, 4 - podmokłości, 5 — szlaki handlowe

Fig. 1. Early medieval Cracow settlements. River network and trade routes are also shown (after Bromek, 1975; Mitkowski, 1957): 1 - settlements, 2 - old rivers, 3 - contemporary rivers, 4 - wetnesses, 5 - trade route

Prace regulacyjne na Wiśle rozpoczęto ok. 1830 r. Polegały one na oczyszczeniu koryta i obsadzeniu wikliną łąch. W latach 1848—1850 wykonano pomiędzy Krakowem a Niepołomicami trzy przekopy, co doprowadziło do skrócenia rzeki na tym odcinku o 33,8%. Doszło do zwiększenia spadku, a w związku z tym nasilenia erozji wgłębnej rzeki. Na sukcesywne obniżanie się dna koryta, które w latach 1817-1960 wyniosło ok. 3,5 m, wskazuje obniżanie się wartości minimalnych i maksymalnych stanów wody Wisły w Krakowie (ryc. 4). Po drugiej światowej doszło do dalszego skrócenia koryta rzeki w obrębie miasta o ok. 4 km w wyniku ścięcia zakoli Wisły przekopami, w których zlokalizowano stopnie wodne (ryc. 2).

3.2. ZMIANY BIEGU DOPIŁYWÓW WISŁY

Rudawa w średniowieczu spełniała w życiu miasta bardzo ważną funkcję. Niektórzy spośród historyków przypisują jej nawet większą rolę niż Wiśle, zwracając uwagę na jej wykorzystanie gospodarcze oraz w celach obronnych. Począwszy od Mydlinik Rudawa rozgałęziała się na dwa ramiona: południowe — naturalne (dzikie), oraz północne - będące odnogą sztuczną (ryc. 3). Ramię południowe Rudawy uchodziło do Wisły na terenie dzisiejszych Błoń, wykorzystując część starego zakola Wisły. Wskutek małego spadku woda płynęła bardzo powoli, w korycie o zamulonym dnie. Z tego powodu odcinek ten zwano Niecieczą. Ramię północne, zwane Rudawką lub Młynówką, we wczesnym średniowieczu przepływało w pobliżu kościoła Mariackiego i łączyło się z jedną z północnych odnóg Wisły. Zostało ono prawdopodobnie wykonane przez dominikanów. W związku z lokalizacją miasta i koniecznością jego obrony miasto otoczono fosą, którą wypełniono wodą z Rudawki. W okolicach kościoła Reformatorów z Rudawki ujmowano także wodę do rurmusu (pompa wodna), za pomocą którego rozprowadzano wodę po Krakowie (rurmus został zniszczony w czasie wojen szwedzkich, po których Kraków przeszedł na zaopatrzenie studzienne). Po okrążeniu murów miejskich Rudawka uchodziła do Starej Wisły w rejonie Stradomia. Nad Rudawką już w średniowieczu rozwinęło się rzemiosło garbarskie, garncarskie i krupiarские wykorzystujące jej wodę.

W połowie XVII w. w wyniku wojen szwedzkich, system rowów okalających miasto został zniszczony i nigdy już potem nie został odbudowany. W miejscu fos okalających miasto znajdują się dziś Planty utworzone w latach 1822-1830. Rudawkę natomiast skierowano od miasta do Niecieczy, której koryto uregulowano i skrócono w drugiej połowie XIX w. - W latach 1907-1912 Niecieczę skierowano do koryta dawnej młynówki klasztoru norbertanek — u stóp Wzgórza św. Bronisławy. Dziś górny fragment Rudawki biegnącej z Mydlnik jest suchy, natomiast odcinek środkowy i dolny został zasypany. Obecnie Rudawa na obszarze miasta jest obwałowana i zabudowana korekcją progową.

Prądnik, który w dolnym biegu zwany jest Białużą, w obrębie miasta ma długość 8,7 km (26% jego całkowitej długości), z czego na odcinku 5,4 km jest uregulowany. Prądnik średniowieczny uchodził do Starej Wisły na Blichu, tj. w rejonie kościoła św. Mikołaja (ryc. 3). Jego bieg był wartki, a koryto wyścielone było materiałem żwirowym. Podobnie jak Rudawa, spełniał on w mieście ważną rolę gospodarczą. Wody Prądnika poruszały liczne młyny, m.in. królewski, karmelitów bosych i tzw. młyn mikołajski. Z prądnika pobierano również wodę dla licznych stawów i sadzawek. W rejonie Górki Narodowej istniała młynówka łącząca Prądnik z potokiem Sudoł. Po najeździe szwedzkim w 1655 r. Prądnik został skierowany na wschód w rejon Dąbia, przez co koryto Starej Wisły przestało być zasilane jego wodami. Odcięto w ten sposób od wody Prądnika także młyny i sadzawki. Pozostałością dawnego koryta Prądnika jest dziś sadzawka w Ogrodzie Botanicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego, przy której znajduje się 500-letni dąb szypułkowy rosnący niegdyś nad brzegami Prądnika.

Po drugiej wojnie światowej Prądnik uregulowano i pogłębiono jego koryto, w wyniku czego w latach późniejszych zaobserwowano wzmożoną akumulację materiału w korycie. Obecnie młynówka jest zasypana, natomiast ujściowy odcinek dopływu Prądnika w rejonie Olszy jest skanalizowany.

Dłubnia jest kolejnym, większym dopływem Wisły przepływającym w obrębie Nowej Huty na długości 8,5 km (17,3% całkowitej długości rzeki). Na ostatnich 2 km rzeka jest obwałowana. W odróżnieniu od Rudawy i Prądnika, Dłubnia przez długi czas pozostawała poza granicami miasta, toteż jej bieg nie uległ zmianom aż do połowy XX w. Wiadomo jednak, iż w wiekach wcześniejszych zasilala ona młynówkę biegnącą przez posiadłości cystersów w Mogile (ryc. 3)

Na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych obecnego stulecia, na krańcach

miasta - w Zesławicach - wybudowano zbiornik retencyjny o pojemności 2 mln m³ w celu zaopatrzenia w wodę Nowej Huty oraz w celu regulacji dopływu wody do zalewu w Nowej Hucie, z którego czerpie wodę nowohucki kombinat metalurgiczny (ryc. 2). Obecnie zbiornik w Zesławicach jest zamulony wobec czego wybudowano drugi, pierwszy zaś jest osuszany z przeznaczeniem do rekultywacji.

Ostatni w obrębie miasta lewobrzeżny dopływ Wisły—Potok Kościelnicki - przepływa przez wschodnie peryferie Nowej Huty (65% całkowitej długości rzeki) i na pewnym odcinku stanowi granicę administracyjną Krakowa. Odcinek ujściowy potoku jest obwałowany.

Wilga jest prawym dopływem Wisły płynącym przez Kraków na długości ok. 11,5 km (54% całkowitej długości). Odcinek ujściowy - początkowo silnie meandrujący - został wyprostowany i jest obwałowany (1,2 km) ze względu na cofkę spiętrzenia w Dąbiu (ryc. 2).

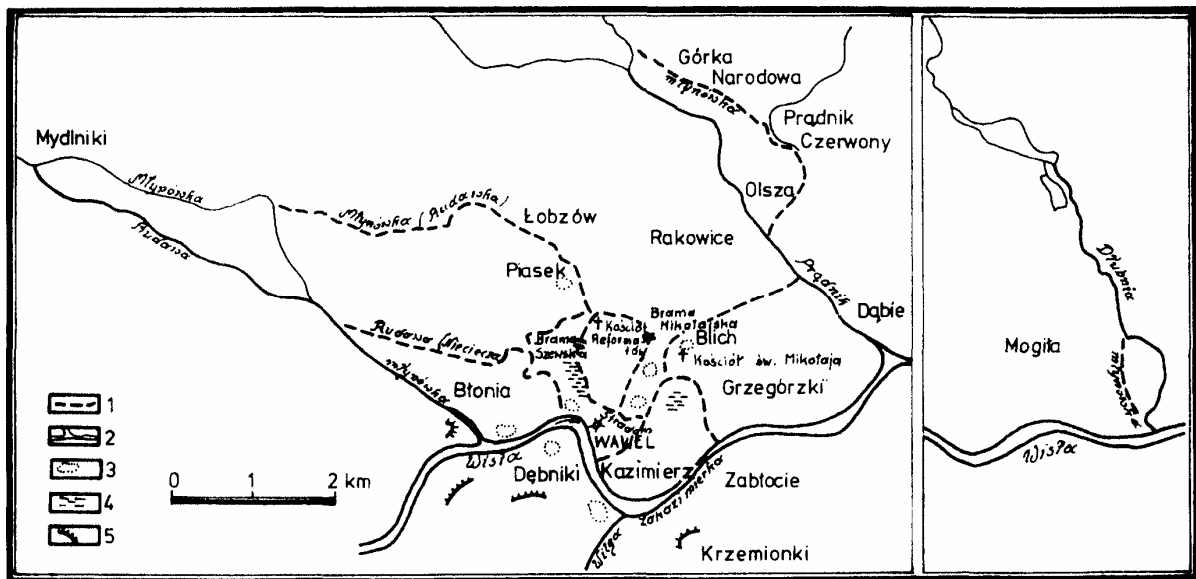
Następny prawobrzeżny dopływ Wisły-Drwina Długa-płynie prawie w całości przez obszar miasta z wyjątkiem krótkiego odcinka ujściowego (ryc. 2). Jej środkowy i dolny bieg jest uregulowany i obwałowany. W roku 1957 koryto Drwiny Długiej zostało pogłębione i obecnie spełnia ono funkcję kanału odprowadzającego ścieki komunalne i przemysłowe Krakowa. Drwina Długa jest dopływem Serafy, która uchodzi do Wisły już poza miastem, jednakże znaczna część jej zlewni znajduje się na obszarze Krakowa.

3.3. ZMIANY ZASIĘGU OBSZARÓW PODMOKŁYCH I WÓD STOJĄCYCH

Czynnikami warunkującym rozwój miasta w wiekach średnich była nie tylko sieć rzeczna, ale również bagna i mokradła oraz zbiorniki wodne, które zajmowały znaczną część dna doliny Wisły. Nad tymi obszarami wznosiły się obszary suche, m.in. Krzemionki (257 m n.p.m.), Wawel (228 m n.p.m.), Piasek (222 m n.p.m.), skałki Dębnickie (245 m n.p.m.), plac św. Ducha (213 m n.p.m.), Krowodrza (222 m n.p.m.). W średniowieczu celowo nie zasypywano bagien i mokradeł, gdyż stanowiły one przeszkodę dla nieprzyjaciela. Poszczególne osady łączono natomiast groblami. Przybliżony zasięg obszarów podmokłych wyznacza obecnie poziomica 205 m. Zasięg wód powodziowych Wisły stanowił bardzo istotny czynnik w planie lokacyjnym Krakowa, gdyż wpłynął on na ukośny charakter osi planu miasta. Z czasem zaczęto zasiedlać tereny poniżej 205 m n.p., lecz nie niżej niż 200 m n.p.m. Mimo zagrożenia powodziowego, nad Wisłą powstały osady, jak np. Dąbie, Grzegórzki, Dębniki, Zabłocie (ryc. 3).

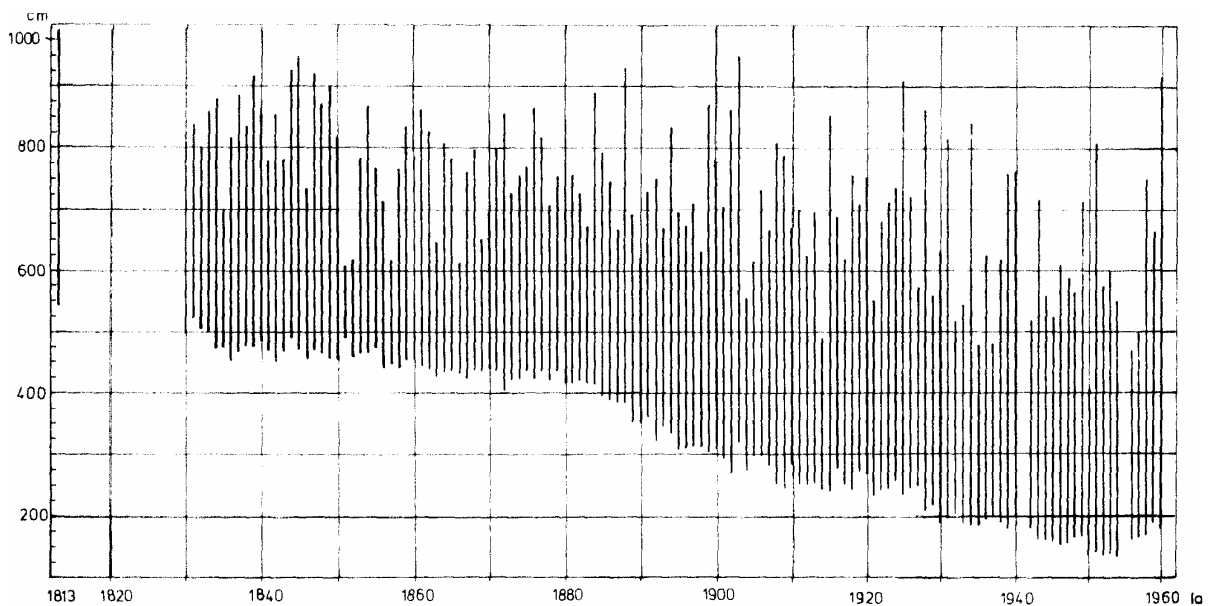
W wieku XX zintensyfikowano prace osuszające, do dziś jednak pozostały jeszcze fragmenty obszarów podmokłych w rejonie Tyńca, Skotnik, Kobierzyna, Pychowic i Toni pomimo istniejących rowów odwadniających i drenów. Stopniowo zaczęły też zanikać stawy i sadzawki, które bardzo licznie występowały na terenie miasta i jego obrzeżeniu, służąc hodowli ryb i celom ozdobnym. Stanowiły one do niedawna nieodłączną cechę miasta.

Spośród nieistniejących już stawów, które odgrywały w życiu miasta największą rolę, należy wymienić staw Kazimierowski (znajdował się na prawym brzegu Wisły na wprost Kazimierza), stawy królewskie pod Wawelem, zaopatrujące w ryby dwór oraz stawy Zwierzynieckie na Błoniach (ryc. 3). Ponadto na terenie obecnego Krakowa istniały następujące stawy: św. Sebastiana (zlokalizowany prawdopodobnie w starym wiślisku), Bonerowski (przy obecnej ul. Wielopole), „za furtką św. Anny” (zasilany Rudawką) oraz staw między wylotem ul. Siennej i Bramą Mikołajską. Od Wawelu aż po Bramę Szewską ciągnął się pas stawów i mokradeł — tzw. Żabikruk.



Ryc. 3. Nieistniejąca sieć wodna Krakowa na tle współczesnej sieci rzecznej (wg Atlas Miasta Krakowa, 1988; Mitkowski, 1957): 1 - nieistniejąca sieć rzeczna, 2 - istniejąca sieć rzeczna, 3 - przybliżona lokalizacja stawów, 4 - podmokłości, 5 - zrzęby wapienne

Fig. 3. Non-extant water phenomena in Cracow against a background of contemporary ones (after Arfas Miasta Krakowa, 1988; Mitkowski, 1957): 1 - non-extant river network, 2 - contemporary river network, 3 - approrimate location of ponds, 4 - marsh, 5 - limestone horsts



Ryc. 4. Maksymalne i minimalne stany wody Wisły w Krakowie w latach 1813-1960 (wg Trafas, 1975)

Fig. 1. Annual maximum and minimum stages of the Vistula River in Cracow, 1813—1960 (after Trafas, 1974)

Do zaniku stawów przyczyniły się nie tylko naturalne procesy, takie jak zrastanie, zamulanie, wylewy powodziowe Wisły, lecz głównie działalność człowieka polegająca na zasypywaniu i osuszaniu terenów pod budownictwo, uprawy lub pastwiska. Już w wieku XVII staw św. Sebastiana został zamieniony na łąkę, wielki zaś staw Kazimierowski, zwany potem Ludwinowskim (często zalewany wodami powodziowymi Wisły) w połowie XVII w. wykorzystywano pod uprawę zbóż a ostatecznie zasypyano w XX w. Żabikruk zasypyano w XIX w. resztki zaś stawów na Groblach, stawy dębnickie oraz wiele innych dopiero w XX

w. Jedyną pozostałością po nich są dziś nazwy ulic, np. Na Groblach, św. Sebastiana, plac Na Stawach.

Proces naturalnego zaniku bądź świadomej likwidacji stawów i podmokłości zachodzi nadal (fot. 1). Najczęściej stawy są zasypywane i wykorzystywane pod zabudowę (np. Dębniki, Półwie Zwierzynieckie) lub osuszane i wykorzystywane pod lokalizację ogródków działkowych (np. Nowy Prokocim, Przegorzały, Bielany). Skrajnym przykładem niszczącej i dewastacyjnej działalności człowieka są stawy w górnej części zlewni Serafy w Soboniowicach w południowej części miasta (ryc. 2). Do niedawna znajdowało się tam osiem stawów ciągnących się kaskadowo wzdłuż potoku. Dziś, w wyniku robót wiertniczych mających na celu rozpoznanie złóż soli, doprowadzono do likwidacji pięciu stawów. Ponadto, w ich pobliżu znajduje się miejskie wysypisko śmieci. Obszar ten, niegdyś o wielkim uroku, odstrasza dziś swym wyglądem.

Gospodarcza działalność człowieka na obszarze Krakowa prowadzi nie tylko do zaniku zbiorników wodnych, lecz także do ich powstawania. Wiele nowych zbiorników wodnych powstało w wyniku eksploatacji kruszywa w obrębie terasy Wisły (Płaszów, Przewóz). Niektóre z nich mają znaczne rozmiary (np. Bagry). Ponadto nowe zbiorniki wodne (Przewóz, Tynec) powstały w zakolach Wisły odciętych od głównego nurtu rzeki przekopami, w których zlokalizowane są stopnie wodne (ryc. 2). Wiele z tych zbiorników wykorzystywanych jest w celach rekreacyjnych i wędkarskich, mimo iż nie są one wyposażone w zaplecze gospodarcze.



Fot. 1. Zarastające starorzecze Wisły pod Tyńcem

Photo 1. Old abandoned river bed of the Vistula near Tynec

4. WODOWSKAZY NA WIŚLE I JEJ DOPŁYWACH

Obserwacje stanów wody prowadzone są w Krakowie w pięciu profilach wodowskazowych na Wiśle — w Tyńcu, Bielanych i Pleszewie, na Prądniku – na Olszy, oraz na Dłubni - w Zesławicach (tab. 1, ryc. 2). Ponadto obserwuje się również stany wody Rudawy, z tym że wodowskaz leży już poza granicami miasta w Balicach.

Do roku 1953 na Wiśle istniały dwa wodowskazy (Płaszów, Przewóz), które zostały zlikwidowane ze względu na spiętrzenie Wisły w Przewozie, natomiast dwanaście lat później zlikwidowano najstarszy w Krakowie wodowskaz (data założenia - 1813 r.) z powodu spiętrzenia Wisły w Dąbiu. W okresie międzywojennym przez sześć lat funkcjonował

wodowskaz na Prądniku w Dąbiu (tab. 1).

Obecnie na wahania stanów Wisły w obrębie Krakowa wpływają stopnie wodne: „Kościszko”, „Dąbie” oraz „Przewóz” (ryc. 2). Jedynie Rudawa i Prądnik cechują się naturalnymi wahaniami stanów wody.

Tabela 1

Table 1

Wodowskazy na Wiśle i jej dopływach (wg *Wodowskazy na rzekach Polski*, cz. II, 1972)
Water level gauges at the Vistula River and its tributaries (after *Wodowskazy na rzekach Polski*, cz. II, 1972)

Rzeka River	Posterulek Water-level gauge	A km ²	Data założenia Data of installation	Rok likwidacji Data of liquidation	Czynniki wpływające na stany wody Factors having an affect on water level
Wista	Tyniec	7524	1898	*	Stopień „Kościszko” The „Kościszko” weir
	Bielany Kraków	7634	>	*	"
		7992	1813	1965	Stopień „Dąbie” The „Dąbie” weir
	Plaszów	8103	1921	1953	Stopień „Przewóz” The „Przewóz” weir
	Przewóz Fleszów	8325 8694	1897 1968	1953 *	" "
Rudawa	Balice	290	1897	*	-
Prądnik	Olsza	193	1930	*	**
	Dąbie	?	1924	1931	"
Dtubnia	Zestawice	264	1926	*	Zbiornik w Zesławicach „Zesławice” reservoir

A - Powierzchnia dorzecza. A - drainage basin area.

* - Wodowskaz czynny.

• - Water-level gauge at work.

-- Nie stwierdzono.

--Notthted.

5. POWODZIE I SUSZE W HISTORII KRAKOWA

Źródłem wiadomości o powodziach, jakie nawiedziły Kraków w czasach dawniejszych, są przede wszystkim *Księga Dziejów Polski* Jana Długosza, *Roczniki Kapituły Krakowskiej*, *Roczniki Trzaski*, kroniki miejskie i klasztorne, tablice powodziowe, a w najnowszej historii - wyniki regularnych obserwacji hydrometrycznych prowadzonych przez służby hydrologiczne. Do wieku XVI zapiski dokonywane były głównie po łacinie i dotyczyły zazwyczaj daty wystąpienia powodzi i wielkości wyrządzonych zniszczeń. Najstarsza powódź opisana w kronikach wydarzyła się w 988 r. J. Długosz charakteryzuje ją następująco „...zdarzyły się tego czasu liczne i długotrwałe wylewy, po których nastąpiło lato skwarne i dla wielu płodów przyrodzonych szkodliwe: stąd urodzaje wszędy jednakie, w znacznej części chybiły. Nadto susza z wiosny zbyteczna przeszkodziła zasiewom jarym, a na domiar złego spadł śnieg obfity, po którym znowu nastaly deszcze nie dopuszczające siewów ozimych, to wszystko głód sprawiło”. Od tego czasu do 1580 r. wypięło 26 wylewów opisanych w kronikach, natomiast w przeciągu następných 220 lat wydarzyło się 17 powodzi. Wysokość wielkiej wody znaczone na murach budynków, umieszczając na odpowiednim poziomie tabliczki z datą powodzi, a niekiedy też krótkim komentarzem (fot. 2). Najstarszą z zachowanych tablic powodziowych jest tablica na południowej ścianie kościoła św. Agnieszki. Zawiera ona krótką charakterystykę powodzi z 20 lipca 1671 r.: „... Gdy dzień św. Magdaleny gorącą rosą napełnia powietrze, cieszy się Wisła podnosząc głowę. Chcesz wiedzieć kiedy to było, szukaj w kronikach. Tu wylew zatrzymał się...”

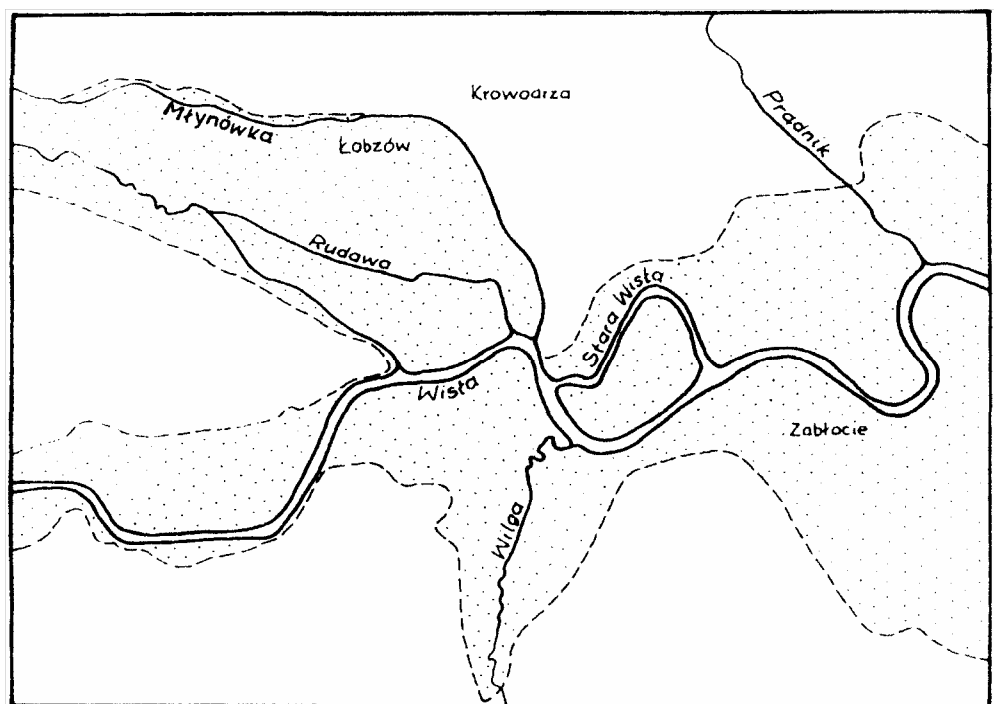


Fot.. 2. Tablice powodziowe na murze dawnego browaru królewskiego (plac Na Groblach): powodzi z 1813, 1876 i 1903 r.

Photo 2. Flood marks on the wall of the royal brewery (Na Groblach Square): Floods in 1813, 1876 and 1903

Jeden z największych wylewów zdarzył się w 1813 r. i był on spowodowany opadami na obszarze całego dorzecza górnej Wisły. Z tego też roku pochodzi większość tablic powodziowych znajdujących się w kilkunastu punktach miasta. Dzięki tym tablicom można ustalić zasięg wód powodziowych. Podczas powodzi w 1813 r. woda zalała Dębniki, Zakrzówek, Płaszów i Dąbie (ryc. 5). Ocena przepływu podczas tej powodzi dokonana przez Centralne Biuro Hydrograficzne w Wiedniu na zlecenie austriackiego Ministerstwa Rolnictwa dała wynik $3300 \text{ m}^3/\text{s}$. Do tego należy jeszcze dodać objętość wody w korycie Starej Wisły oszacowaną na ok. $190 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bielawski, 1984; Punzet, 1985).

Od roku 1813 datuje się początek obserwacji wody w Krakowie. Na podstawie analizy wielkości i częstości występowania wielkich wód od 1860 do 1960 r. można stwierdzić, iż w XX w. zwiększyła się częstość występowania wielkich wód. Współczynnik zmienności wielkich wód w okresie 1861—1900 wynosił 0,53, natomiast w okresie 1921-1960 aż 0,91, co świadczy o wzroście nieregularności przepływów. Ponadto zwiększyła się wielkość przepływów o małym prawdopodobieństwie pojawienia się: wartość wody stuletniej obliczona dla okresu 1861—1960 wynosiła $2160 \text{ m}^3/\text{s}$, dla okresu zaś 1931-1980 aż $2680 \text{ m}^3/\text{s}$. Wzrosła także szybkość przemieszczania się fali wezbraniowej. Przed pierwszą wojną światową odcinek od ujścia Skawy do ujścia Raby fala wezbraniowa pokonywała średnio w ciągu 44 godzin, po drugiej wojnie światowej zaś o 3 godziny krócej. W ostatnich latach prędkość ta wzrosła aż dwukrotnie w porównaniu z początkiem XX w. Ponadto fala wznosi się szybciej i trwa krócej. Przyczyn takich zmian w przebiegu powodzi należy się doszukiwać zarówno w przemianach, jakie zaszły w obrębie koryta Wisły, jak i na obszarze całego dorzecza powyżej Krakowa. Przemiany te spowodowane były głównie działalnością człowieka polegającą na regulacji koryt oraz na zmianie użytkowania ziemi. Wyřęby lasów przyczyniły się niewątpliwie do zwiększenia zmienności przepływów. Regulacje rzek polegające na ścięciu zakoli i tym samym skróceniu rzek i zwiększeniu się spadku przyczyniły się do zwiększenia koncentracji fal powodziowych. Obwałowania rzek odcięły obszary retencyjne (Punzet, 1972, 1985).



Ryc. 5. Zasięg wód powodziowych Wisły w 1813 r. (wg Bielański, 1984)
 Fig. 5. Extent of the Vistula River flood in 1813 (after Bielański, 1984)

Po powodzi w 1813 r., w XIX w. zdarzyło się jeszcze 16 powodzi, w XX w. zaś do 1960 r. - 17. Większość wezbrań występowała latem. W czasie powodzi w latach 1872, 1876, 1880, 1884, 1894, 1899 zostały zalane nisko położone dzielnice miasta (Bielański, 1984; Jurczak, 1964). Po drugiej wojnie światowej znaczne wezbranie zdarzyło się w 1970 r. Stan wody Wisły w okolicy Wawelu był wówczas zaledwie 55 cm niższy niż korona wałów (Hennig, 1983).

Można się spodziewać, iż zaburzenie naturalnego reżimu Wisły będzie się z czasem potęgować, ingerencja bowiem człowieka w stosunki wodne dorzecza górnej Wisły będzie prawdopodobnie coraz większa.

Podobnie jak w przypadku wezbrań, wiadomości o niżówkach znaleźć można w materiałach historycznych. J. Długosz w swoich kronikach wspomina susze w latach 988, 1121, 1332 i 1473. Szczególnie dotkliwa była susza w 1473 r., kiedy to wszystkie rzeki w Polsce - również i Wisłę — można było przejść w bród. Również głęboka susza wystąpiła w 1580 r. Ponadto niżówki na Wiśle wystąpiły w latach 1800, 1818, 1827, 1830, 1831, 1834, 1841, 1846, 1855, 1872, 1876, 1893, 1904, 1913, 1921, 1930, 1932, 1943, 1951, 1954, 1959, 1969, 1971, 1984. Szczególnie głębokie niżówki zdarzyły się w 1904, 1921 i 1951 r. (Tlałka, 1982).

6. ZABEZPIECZENIE KRAKOWA PRZED POWODZIAMI

Obwałowania przeciwpowodziowe Wisły zostały zaprojektowane po powodzi w 1903 r. i wzniesione w części śródmiejskiej w formie wysokich bulwarów jeszcze przed pierwszą wojną światową. W strefie peryferyjnej miasta wybudowano klasyczne wały ziemne. Budowę wałów przeciwpowodziowych ukończono w 1938 r. Rozstaw wałów jest zróżnicowany: największy (145 m) - występuje na odcinku od ujścia Rudawy do mostu kolejowego. Powyżej tego odcinka rozstaw wynosi 350 m, poniżej zaś 420 m. Przepustowość

międzywala określona jest według objętości wielkiej powodzi z 1813 r. ustalonej przez Centralne Biuro Hydrograficzne w Wiedniu na 3300 m³/s. Według ostatnich obliczeń Hydroprojektu O/Kraków istniejące obwałowania nie mieszczą takiego przepływu; odcinek śródmiejski może przepuścić tylko 2700 m³/s.

Zabezpieczenie Krakowa przed powodzią można osiągnąć dwójako: wskutek zmniejszenia fali powodziowej Wisły lub przez podwyższenie korony wałów. Redukcję fali powodziowej uzyskano już dzięki kaskadzie Soły, zbiornikowi w Goczałkowicach oraz spiętrzeniu Wisły stopniem „Kościuszko” (fot. 3). Dalsza redukcja fali powodziowej nastąpi po zakończeniu budowy zbiornika w Świnnej Porębie na Skawie. Jednakże inwestycje te nie zlikwidują zagrożenia powodziowego Wisły i dlatego przewiduje się również budowę tzw. Kanału Krakowskiego, którego celem - oprócz ominięcia trudnego nawigacyjnie zakola pod Wawelem - byłoby również przejście ok. 40% wód powodziowych Wisły. Kanał rozpoczynałby się w Pychowicach, natomiast kończył w ujściowym odcinku Wilgi. Jednakże nawet w przypadku wybudowania Kanału Krakowskiego oraz zbiornika w Świnnej Porębie zagrożenie powodziowe nie zostanie wyeliminowane całkowicie. Dlatego też planuje się podwyższenie wałów o ok. 20-100 cm na łącznej długości 31 km oraz murów bulwarowych na długości 4 km. Dzięki tym inwestycjom Kraków byłby zabezpieczony przed powodzią tysiącletnią, tj. o objętości 3900 m³/s (Hennig, 1983).



Fot. 3. Stopień „Kościuszko” Photo

Photo 3. The "Kościuszko" weir

7. DYNAMIKA WÓD POWIERZCHNIOWYCH

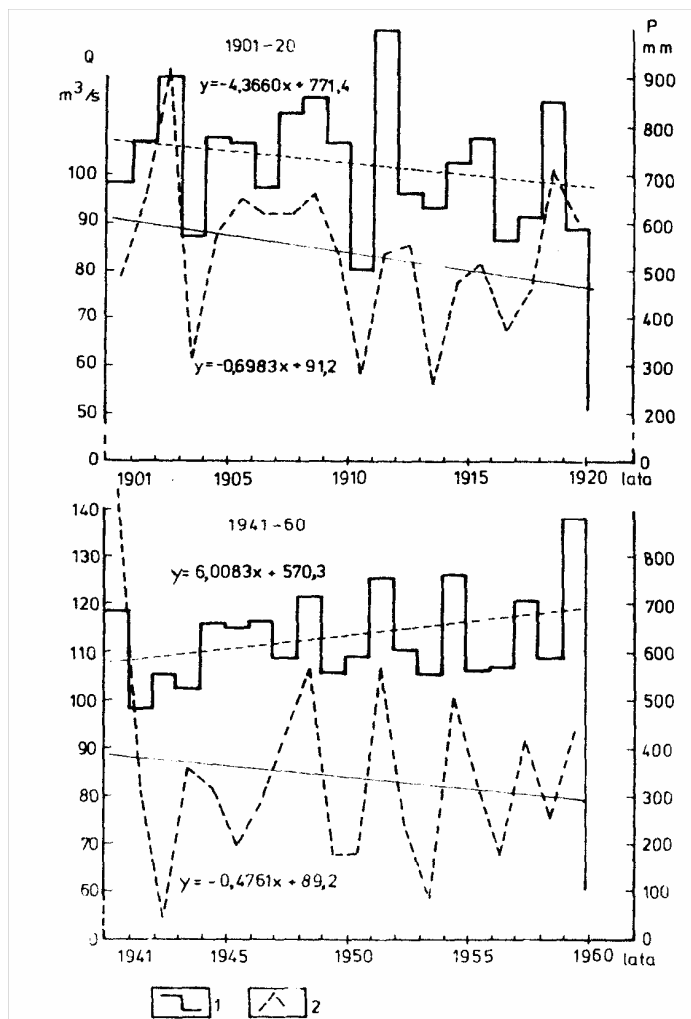
7.1. ZMIANY ODPLYWU WISŁY W OKRESIE 1901-1960

W celu zbadania zmian odpływu Wisły w okresie 1901-1960 wykorzystano średnie przepływy roczne Wisły w profilu Kraków obliczone przez A. Jurczaka (1963) dla dwóch dwudziestolecia: 1901-1920 i 1941-1960. Zbadano również zmiany rocznych sum opadów mierzonych na stacji Kraków - Ogród Botaniczny.

W pierwszym dwudziestoleciu zarówno odpływ, jak i opady malały (ryc. 6). W drugim dwudziestoleciu odpływ również malał, mimo że zwiększały się opady (w obu przypadkach regresje były nieistotne na poziomie istotności 0,05). Zmniejszanie się odpływu na tle rosnących opadów w drugim dwudziestoleciu było więc prawdopodobnie

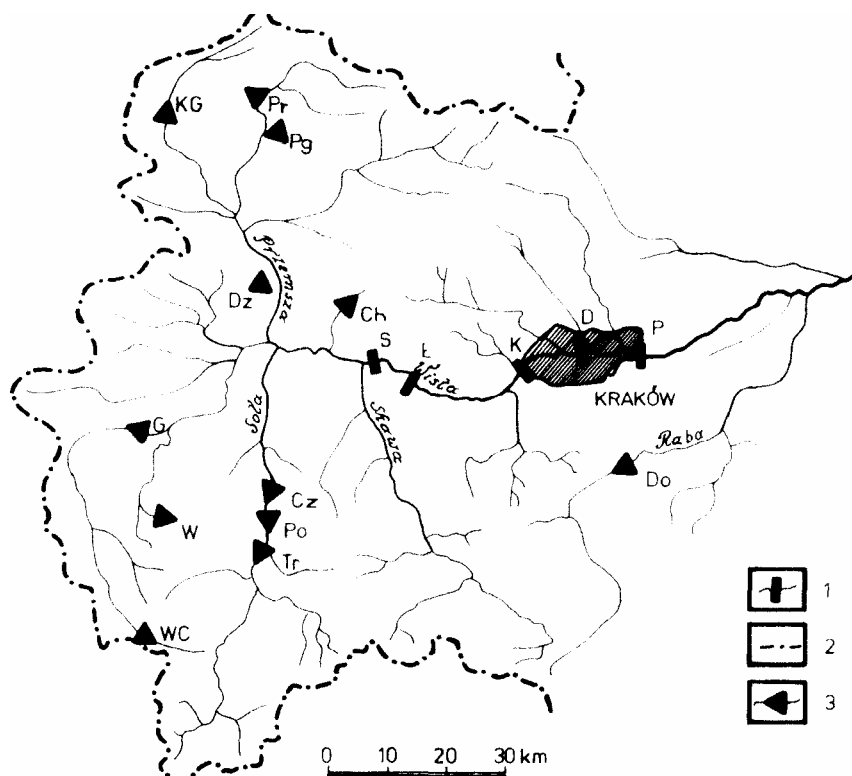
spowodowane zmianami nieklimatycznymi. Bardzo możliwe, że powodem tych zmian była działalność człowieka w obrębie dorzecza Wisły powyżej Krakowa (w okresie międzywojennym oraz po drugiej wojnie światowej powyżej Krakowa przeprowadzono szereg prac hydrotechnicznych, do których należy zaliczyć przede wszystkim budowę zbiorników).

W celu zbadania wpływu działalności człowieka w obrębie dorzecza Wisły powyżej Krakowa na jej odpływ porównano odpływ Wisły w Krakowie w dwudziestolecie 1901-1920 z odpływem w okresie 1941-1960. Zastosowano metodę podwójnej krzywej kumulacyjnej (Dynowska, Jankowski, Soja, 1985; Zajcewa, 1984). Za okres kalibracji, tj. o względnie niezaburzonym odpływie, uznano dwudziestolecie 1901-1920. W dorzeczu Wisły powyżej wodowskazu krakowskiego nie istniały jeszcze wówczas żadne zbiorniki retencyjne, jednakże obszar objęty był zmianami w postaci regulacji i wylesień zapoczątkowanych w drugiej połowie XIX w. Za okres ewaluacji, tj. o zaburzonym odpływie, uznano dwudziestolecie 1941-1960. W obrębie dorzecza istniały już zbiorniki: Wapienica, Porąbka, Chechło, Kozłowa Góra i od 1956 r. zbiornik w Goczałkowicach oraz stopień Łączany (ryc. 7). Łączna pojemność zbiorników retencyjnych wynosiła 518,9 mln m³. W okresie ewaluacji większe było wylesienie, a także większy obszar objęty był melioracjami.



Ryc. 6. Średnie przepływy roczne Wisły i roczne sumy opadów w Krakowie w okresach 1901-1920 and 1941-1960: 1 - opady, 2 - przepływy

Fig. 6. Mean annual discharge of the Vistula River and precipitation in Cracow, 1901-1920 and 1941 - 1960: 1 - precipitation, 2 - discharge



Ryc. 7. Zbiorniki retencyjne w dorzeczu górnej Wisły: 1 - stopień wodny (S - Smolice, K-Kościuszeko, D - Dąbie, P - Przewóz), 2 - granica dorzecza, 3 - zbiorniki retencyjne (WC - Wista Czarne, G - Goczałkowice, W - Wapienica, KG - Kozłowa Góra, Pr - Przeczyce, Pg - Pogoria, Dz -Dzieńkowice, T - Tresna, P - Porąbka, Cz - Czaniec, Ch - Chochło, Do - Dobczyce)

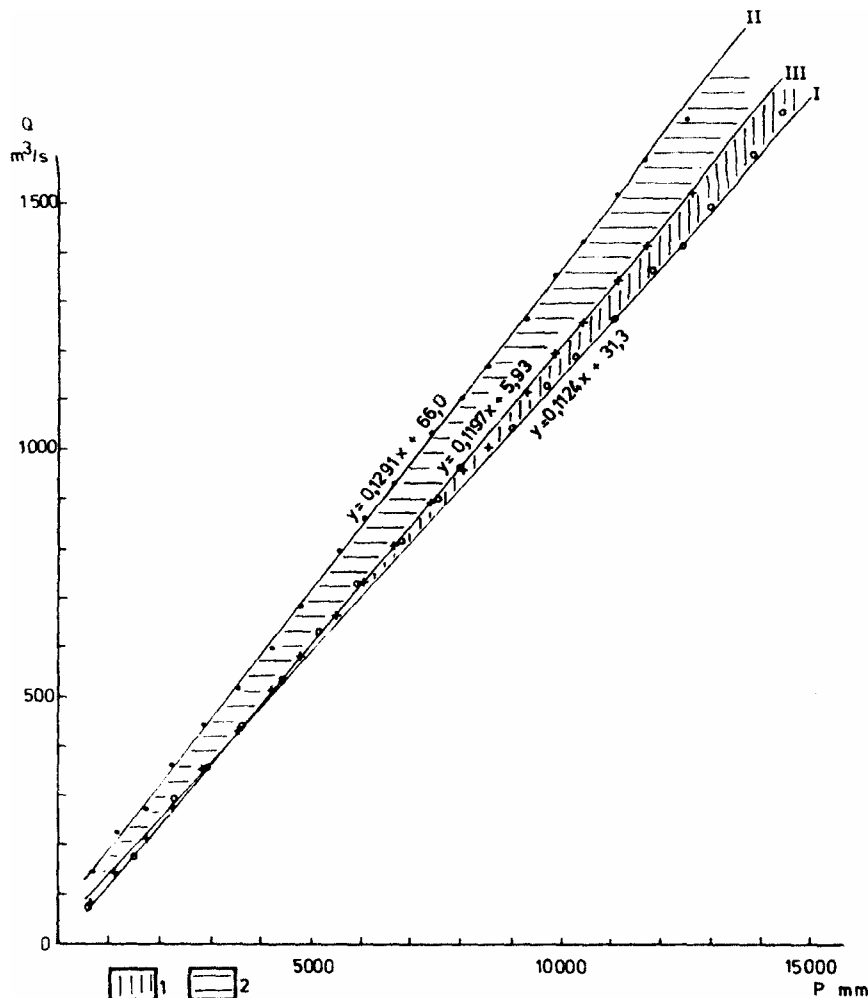
Fig. 7. Artificial reservoirs in the upper Vistula River basin: 1 - weir (S - Smolice, K - Kościuszeko, D - Dąbie, P - Przewóz), 2 - water divide, 3 - reservoir (WC - Wista Czarne, G - Goczałkowice, W - Wapienica, KG - Kozłowa Góra, Pr - Przeczyce, Pg - Pogoria, Dz - Dzieńkowice, T - Tresna, P - Porąbka, Cz - Czaniec, Ch - Chechło, Do - Dobczyce)

Na podstawie równania regresji ustalonego dla okresu kalibracji obliczono zmiany wielkości odpływu w okresie ewaluacji, jakie nastąpiłyby jedynie pod wpływem zmian opadu (ryc. 8). Okazuje się, iż w dwudziestolecie 1941-1960 nastąpiły wyraźne zmiany odpływu nie spowodowane opadami. Zmiany te mogły być spowodowane przede wszystkim budową zbiorników retencyjnych i stopni wodnych oraz bezzwrotnym zużyciem wody w przemyśle, rolnictwie i gospodarce komunalnej. Dalsza analiza zmian odpływu Wisły w profilu Kraków jest nie możliwa ze względu na likwidację wodowskazu (patrz rozdz. 4).

7.2. ZMIANY ODPLYWU WISŁY I JEJ DOPŁYWÓW W OKRESIE 1973-1987

Zmiany odpływu zbadano dla okresu 1973-1987, albowiem jest to jedyny okres, dla którego zarówno Wisła, jak i jej dopływy (Rudawa, Prądnik, Dłubnia) posiadają dane dotyczące przepływów. Piętnastolecie kończy rok 1987, ponieważ do tego roku możliwe było zgromadzenie danych. 7.2.1. Zmiany średnich przepływów rocznych

W okresie 1973-1987 średnie przepływy roczne w badanych profilach rzecznych nieznacznie zmalały, przy czym tylko w przypadku Wisły regresja była istotna (tab. 2). W tym samym piętnastolecie opady prawie się nie zmieniały (średni opad roczny $P=634$ mm, współczynnik regresji $a=0,307$, regresja nieistotna na poziomie 0,05). Spadek średnich przepływów rocznych badanych rzek przy prawie nie zmieniających się, a nawet lekko rosnących opadach może się wiązać z coraz większym bezzwrotnym zużyciem wody w przemyśle, gospodarce komunalnej i rolnictwie.



Ryc. 8. Podwójne krzywe kumulacyjne opad-odpływ (Kraków-Wisła): 1 - zmiany odpływu z powodu czynników klimatycznych, 2 - zmiany odpływu z powodu czynników nieklimatycznych

Fig. 8. Double summation curves of annual precipitation (Cracow) and run-off (the Vistula River): 1 - changes of run-off under the influence of non-dimatic factors

Tabela 2
Table 2

Zmiany średnich przepływów rocznych w okresie 1973-1987
Changes of mean annual run-off, 1973-1987

Wodowskaz Water-level gauge	Przepływ średni Mean run-off (m /s)	Współczynnik regresji Regrssion coefficient
Wisła-Tyniec	89,1	-2,037*
Rudawa—Balice	2,43	-0,092*
Prądnik-Olsza	1,08	-0,022
Dłubnia-Zestawice	1,10	-0,037

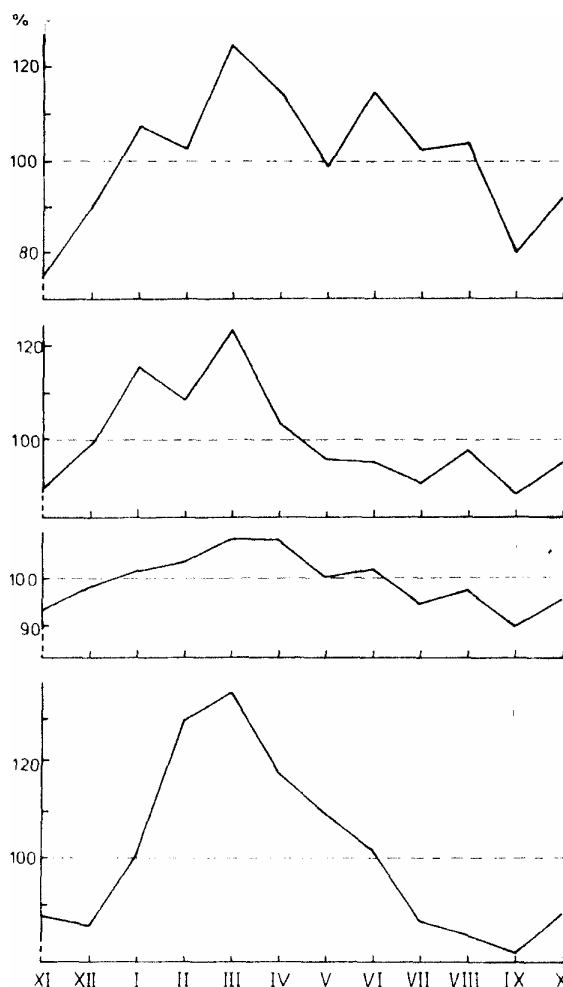
* Regresja istotna na poziomie 0,05.

*Signincance of regresion for the signficance level 0,05.

7.2.2. Sezonowe zmiany przepływów

Wisła w obrębie Krakowa jest rzeką tranzytową i sezonowa zmienność przepływów nawiązuje do zmienności, jaką cechują się rzeki górskie, podgórskie i wyżynne, one to bowiem wpływają decydująco na jej reżim (Dynowska, 1980). W ciągu roku zaznaczają się dwa okresy wezbrań: wiosną - w marcu i kwietniu, oraz latem — w czerwcu (ryc. 9). Okres niżówki przypada na miesiące jesienne i jesienno-zimowe, tzn. wrzesień, październik, listopad i grudzień.

Trzy lewobrzeżne dopływy Wisły: Rudawa, Prądnik i Dłubnia, są rzekami wyżnymi. Największy odpływ przypada na tych rzekach z końcem zimy i na początku wiosny: wysokie przepływy Rudawy obserwuje się w styczniu i marcu, Prądnika — w marcu i kwietniu, Dłubni zaś — w lutym i marcu. Przepływy niskie występują latem i jesienią. W przeciwieństwie do Wisły, w Rudawie, Prądniku i Dłubni nie zaznaczają się wezbrania letnie.



Ryc. 9. Współczynnik średnich przepływów miesięcznych Wisły, Rudawy, Prądnika i Dłubni w okresie 1973-1987

Fig. 9. Mean monthly run-off coefficient of the Vistula, Rudawa, Prądnik and Dłubnia Rivers, 1973-1987

Jeden z większych prawobrzeżnych dopływów Wisły - Wilga, o powierzchni zlewni 101 km², jest rzeką pogórską. Na Wildze nie ma niestety wodowskazu. Według pomiarów PHIM w latach 1958-1960 przepływy Wilgi wynosiły od 0,93 do 1,35 m³/s. Wilga charakteryzuje się reżimem pogórskim, tzn. występuje w niej wiosenne i letnie maksimum odpływu oraz jesienno-zimowe minimum (*Atlas Miejskiego Województwa Krakowskiego, 1978; Dynowski, 1974*).

7.2.3. Zmiany średnich przepływów miesięcznych

W celu zbadania zmian średnich przepływów miesięcznych Wisły i jej dopływów w 15-leciu 1973—1987 obliczono procentowy udział przepływów miesięcznych w poszczególnych latach w stosunku do średniego miesięcznego przepływu danego miesiąca z piętnastolecia 1973—1987:

$$Q \text{ miesięczne danego roku} * 100 / Q \text{ miesięczne 15-lecia}$$

Wartości te przedstawiono w formie graficznej (ryc. 10). Dla każdego miesiąca wyliczono równanie regresji. Podobnie postąpiono z sumami miesięcznymi opadów ze stacji Kraków-Ogród Botaniczny. Większość wyliczonych regresji jest nieistotna (tab. 3).

Tabela 3
Table 3

Zmiany średnich przepływów miesięcznych oraz miesięcznych sum opadów w latach 1973—1987
Changes of mean monthly discharge of the Vistula, Rudawa, Prądnik and Dłubnia Rivers and monthly precipitation in Cracow, 1973-1987

Miesiąc Month	Wista- Tynec a	Rudawa- Balice* a	Dłubnia- Zesławice a	Prądnik- Olsza a	Kraków- Ogród Botaniczny a
XI	-3,321	-4,670	-3,694	-1,520	-2,396
I	-2,133	-3,377	-4,420	-2,170	2,840
I	-3,611	-5,665	-5,960	-3,446	0,915
II	-2,882	-3,408	-1,146	-4,375"	-3,640
III	-1,211	-2,386	-2,904	-2,447	1,455
IV	-1,198	-2,957	-4,270	-1,668	0,297
V+	1,430	-1,629	-2,772	-0,794	2,885
VI	-0,081	-2,428	-1,318	-0,214	0,874
VII	-6,246	-5,925**	-3,035	-1,930	-2,216
VIII	0,290	-1,658	-3,778	-0,930	2,401
IX	-2,149	-4,334	-3,010	-1,580	-1,529
X	-6,780	-6,971"	-5,211"	-2,734	-4,739

*1974-1987

a - Współczynnik regresji.

a - Regression coefficient.

** Represja istotna na poziomie 0,05.

** Significance or regression for the significance level 0.05.

W okresie 1973—1987 dało się zauważyć zmniejszenie się średnich przepływów miesięcznych badanych rzek, mimo iż sumy miesięczne opadów poszczególnych miesięcy rosły z wyjątkiem lutego, lipca oraz miesięcy jesiennych. Jedynie w przypadku Wisły zaznaczyła się tendencja wzrostowa w przepływach maja, czerwca i sierpnia. We wszystkich badanych rzekach największym zróżnicowaniem cechowały się przepływy lutego, co mogło być spowodowane dużym zróżnicowaniem sum opadów tego miesiąca. Najbardziej ustabilizowanymi przepływami cechował się natomiast lipiec z powodu małych różnic opadów tego miesiąca.

7.3. TERMIKA I ZJAWISKA LODOWE NA WIŚLE I JEJ DOPLÝWACH

Pomiary temperatury wód Wisły prowadzone są w Tyńcu oraz Bielanach natomiast w przypadku dopływów Wisły mierzona jest tylko temperatura Dłubni w Zesławicach.

Naturalny reżim termiczny Wisły został naruszony w połowie lat pięćdziesiątych z powodu zrzutu ciepłych wód z elektrowni w Skawinie. Ciepłe wody po wpłynięciu do Wisły powodują podgrzanie wód o ok. 7,5°C (Turoboyski, 1963). Poniżej zrzutu wody ciepłej

na odcinku od Tyńca do Bielany woda Wisły z powrotem oziębia się: zimą spadek temperatury wody Wisły wynosi od 0,6 do 2, natomiast latem od 0,6 do 1,8°C (tab. 4).

Tabela 4

Table 4

Temperatura wód Wisły i Dłubni (°C) w latach 1973—1982 (wg *Roczniki hydrologiczne wód powierzchni Wisła, 1973-1982*)

Temperature of water of the Vistula and Dłubnia Rivers (°C), 1973-1982 (after *Roczniki hydrologiczne wód powierzchniowych. Wisła, 1973-1982*)

Rok Year	Półrocze zimowe Winter half-year			Półrocze letnie Summer half-year			Rok Year		
	Wisła		Dłubnia	Wisła		Dłubnia	Wisła		Dłubnia
	Tyńiec	Bielany	Zesławice	Tyńiec	Bielany	Zesławice	Tyńiec	Bielany	Zesławice
1973	7,2	6,6	4,3	19,1	18,5	12,8	13,2	12,6	8,6
1974	7,4	6,7	4,3	16,5	15,5	12,5	11,8	11,1	8,4
1975	6,5	5,8	5,5	18,3	17,0	13,5	12,4	11,4	9,5
1976	7,0	5,3	4,4	19,1	17,6	12,4	13,1	11,5	8,4
1977	7,8	6,4	4,8	18,9	17,6	12,0	13,4	12,0	8,5
1978	8,3	6,4	4,2	17,5	16,1	11,8	12,9	11,3	8,1
1979	6,8	5,2	3,6	19,6	18,0	11,2	13,2	11,6	7,4
1980	8,5	6,2	4,1	17,4	11,5	12,1	12,9	11,1	8,1
1981	7,2	5,8	4,1	18,8	17,8	12,5	13,0	11,8	8,3
1982	6,9	5,1	4,1	20,3	18,6	13,0	13,6	11,9	8,6

Temperatura wód Dłubni znacznie różni się od temperatury wód Wisły. Wody Dłubni są chłodniejsze od wód Wisły zarówno w półroczu zimowym, jak i letnim przy czym największe różnice temperatur występują latem i wynoszą ok. 8°C, a nawet nieco więcej (tab. 4). Różnica temperatur zimą jest mniejsza i wynosi od 1,0 do 4,4°C. Różnice temperatur między obu rzekami są głównie spowodowane zrzutami podgrzanych wód z elektrociepłowni w Skawinie.

Zjawiska lodowe w rzekach są ściśle związane z temperaturą wody. Na Wiśle w latach 1901-1953, przeciętnie w początku stycznia pojawiała się pokrywa lodowa, która trwała zwykle do pierwszej dekady lutego. Zdarzało się jednak, iż pokrywa lodowa utrzymywała się o wiele dłużej, np. w 1929 r. trwała ona aż do 21 marca i jej grubość osiągnęła 27 cm (Gołek, 1957). Obecnie Wisła nie zamraża z powodu podgrzania i dużego zanieczyszczenia wody. W okresie 1973-1982 na Wiśle tylko kilkakrotnie pojawił się śryż i występował on najdłużej w styczniu 1979 r. (8 dni) oraz kra, która występowała przez dwa dni w grudniu i dwa dni w styczniu 1973 r.

Zjawiska lodowe na dopływach Wisły, a zwłaszcza na Rudawie i Dłubni występują o wiele częściej. Śryż i lód brzegowy występuje głównie w grudniu i styczniu, a na Rudawie niekiedy lutym. Pokrywa lodowa pojawia się bardzo rzadko. W okresie 1973-1982 na Rudawie wystąpiła w grudniu i styczniu 1973 r. (łącznie 4 dni), na Dłubni -w grudniu 1976 r. (1 dzień) oraz w styczniu 1980 r. (9 dni), natomiast na Prądniku nie występowała w ogóle. Częstsze występowanie zjawisk lodowych na Rudawie i Dłubni może być spowodowane tym, iż wody tych rzek prowadzą większą ilość materiału zawieszinowego, który sprzyja krystalizacji lodu.

8. WODY PODZIEMNE KRAKOWA

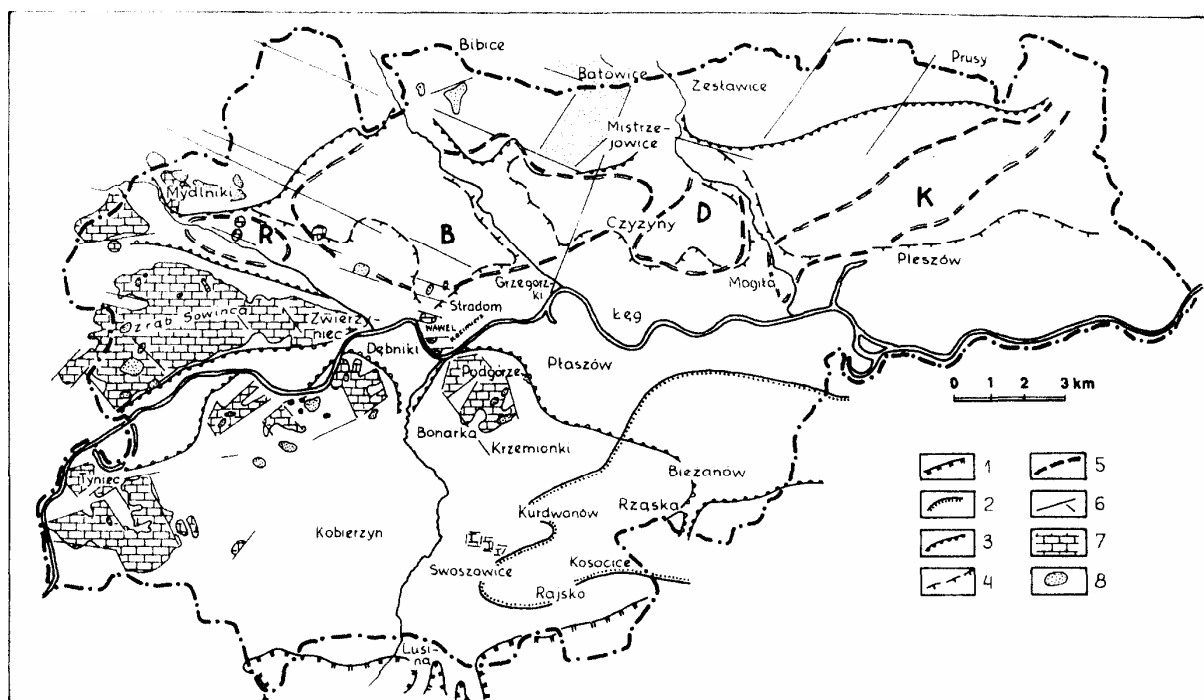
W opracowaniu wód podziemnych Krakowa korzystano z pracy doktorskiej J. Myszkii (1978) oraz prac J. Dynowskiego (1974), A.S. Kleczkowskiego (1964, 1988), I. Kmietowicz-Drathowej (1965), Z. Pietrygowej (1960, 1989), J. Radwana i S. Więclawika (1987), J. Wojtaszka (1984) i A. Zuberę (1987).

Poziomy wodonośne są ściśle związane z piętrami stratygraficznymi i zależą od

wykształcenia litologicznego utworów geologicznych podłoża. Wody podziemne na obszarze Krakowa występują w utworach dewońskich, jurajskich, kredowych, trzeciorzędowych i czwartorzędowych (ryc. 11,12). Duże znaczenie ze względu na bardzo szeroki zasięg i znaczne wykorzystanie gospodarcze ma piętro czwartorzędowe, następnie piętro trzeciorzędowe i z kolei jurajskie. Współczynniki filtracji oraz wydajności poszczególnych poziomów wodonośnych zostały określone na podstawie pomiarów w studniach i odwiertach

8.1. WODY W UTWORACH DEWOŃSKICH

Utwory dewońskie na obszarze Krakowa występują na głębokościach ponad 200 m. Zwierciadło wód w tych utworach jest napięte. Wodę w utworach dewońskich stwierdzono w Kobierzynie w uszczelinionych wapieniach krystalicznych na głębokości 287 m, przy czym zwierciadło ustaliło się na głębokości 7,5 m. Wydajność odwiertu wynosiła 17,3 m³/h, zaś współczynnik filtracji 1,8 x 10⁻⁵ m/s. Woda z tego odwiertu miała temperaturę 17°C, cechowała się dobrą przezroczystością, brakiem zapachu i smaku, odczynem obojętnym (pH 7,0-7,4), bardzo dużą ogólną twardością (33,7-34,8°n) oraz bardzo wysoką mineralizacją - ok. 3 g/l. Posiadała podwyższoną zawartość siarczanów, azotu i żelaza.



Ryc. 11. Szkic hydrogeologiczny Krakowa (wg Myszkę, 1978): 1 - granica nasunięcia karpackiego, 2 - przypuszczalny zasięg piasków bogucickich, zasięg zawadzionych utworów żwirowo-piaszczystych, 4 - zasięg terasy niskiej Wisły, 5 - przypuszczalny zasięg stożka Rudawy (R), Białuchy (B), Diu (D), Potoku Kościelnickiego (K), 6 - uskoki, 7 - wapień jurajskie, 8 - margle kredowe

Fig. 11. Hydrogeological sketch of the Cracow area (after Myszkę, 1978): 1-Carpathian overfault, 2 - presumable extent of the Bogucice sand and sandstone formation, 3 - water content gravel and sand deposit, 4 - lower terrace of the Vistula River, 5 - presumable extent of alluvial fan of the Rudi River (R), Biatucha River (B), Diubnia River (D) and the Kościelnicki Stream (K), 6 - faults, 7 - Jurassic limestones, 8 - Cretaceous marls

8 2. WODY W UTWORACH JURAJSKICH

Najbardziej zasobnym zbiornikiem w obrębie utworów jurajskich są spękane, uszczelinione i częściowo skrasowiałe wapień górnourajskie. Inne utwory jurajskie (piaskowce, żwiry, zlepieńce), ze względu na małe miąższości warstw, nie stanowią znaczących zbiorników wód podziemnych.

Górnourajski poziom wodonośny nie jest jednolity, albowiem wapienie pocięte są systemem zrębów i rowów tektonicznych. Łączność pomiędzy poszczególnymi zrębami jest utrudniona w przypadku, gdy są one izolowane łałami mioceńskimi, Kontakt hydrauliczny pomiędzy poszczególnymi zrębami jest wówczas niemożliwy i każdy zręb należy traktować jako odrębny zbiornik wodny. W przypadku barku osłony mioceńskiej możliwy jest kontakt wód w utworach jurajskich z wodami w utworach czwartorzędowych oraz wodami powierzchniowymi tak jak np. na Wawelu. Zwierciadło wód podziemnych w obrębie tego zrębu występuje na poziomie Wisły i jego wahania zależą przede wszystkim od wahań stanów wody Wisły.

W obrębie utworów jurajskich istnieje zarówno poziom wód o zwierciadle napiętym, jak i poziom wód o zwierciadle swobodnym. Poziom wód o zwierciadle napiętym występuje w zrębach wapiennych przykrytych łałami mioceńskimi lub pod wkładkami nieprzepuszczalnych serii wapieni, natomiast poziom o zwierciadle swobodnym w obrębie zrębów odsłoniętych lub pokrytych utworami przepuszczalnymi (Krzemionki, Dębniaki, Zręb Sowińca).

Przyjmuje się, iż miąższość strefy zawodnionej w utworach jurajskich wynosi od kilku do 120 m. Decydującą rolę w gromadzeniu i przewodzeniu wody odgrywa sieć szczelin i system kawern. Większość spękań ciosowych jest pionowa, prostopadła do uławicenia. Rzadziej spotyka się spękania ukośne, nachylone na ogół ku wschodowi pod kątem ok. 70°. Współczynnik szczelinowatości wynosi od 10,88 do 14,28, współczynnik zaś filtracji od $1,31 \times 10^{-5}$ do $1,95 \times 10^{-4}$ m/s. Wydajność poziomu jurajskiego zawiera się w przedziale od 1,2 do 50,8 m³/h, a sporadycznie nawet do 170 m³/h. Temperatura wód w utworach jurajskich jest zróżnicowana. Wody głębsze są chłodniejsze od wód płytszych. Temperatura wody na głębokości 70 m (studnia na Bielanach) wynosi od 7,6 do 10°C, na głębokości zaś 32 m (studnia pod Kopcem Kościuszki) od 7,6 do 12,4°C. Temperatura wody zmienia się w ciągu roku. Obniżanie się temperatury wody następuje podczas tajania śniegu, jej wzrost zaś - po opadach letnich.

Skład chemiczny wód jurajskich jest bardzo zróżnicowany. Wody występujące w szczelinowatych i skrasowiałych wapieniach tworzących wydźwignięte zręby o łatwym kontakcie z powierzchnią są słabo zmineralizowane, słodkie i półsłodkie. Sucha pozostałość wynosi od 150 do 767 mg/l. Dominują w nich jony wapniowe i wodorowęglanowe. Są to wody twarde i średnio twarde, przy czym twardość węglanowa jest zdecydowanie większa od niewęglanowej. Odczyn wody jest obojętny z niewielkimi odchyleniami zarówno w kierunku wód kwaśnych, jak i zasadowych. Woda występująca w obrębie zrębów o utrudnionym zasilaniu jest słodka lub półsłodka i słabo zmineralizowana, średnio twarda o charakterze węglanowo-wapniowym i chlorkowo-siarczanowo-dwuwęglanowym. W wapieniach dobrze izolowanych od powierzchni występują wody średnio twarde i twarde o zróżnicowanej mineralizacji z dominującymi jonami sodowymi, chlorkowymi i siarczanowymi. Posiadają odczyn alkaliczny (pH 7,8).

Źródłem mineralizacji wód w utworach jurajskich są solanki mioceńskie, które mogą łatwo przenikać do wapieni dzięki dogodnym warunkom do pionowej i poziomej infiltracji. Duża mineralizacja wód w utworach jurajskich może być (również spowodowana dopływem wód wgłębnych w strefach uskokowych).

Wody w utworach jurajskich są w znacznym stopniu eksploatowane (Mydiniki, Batowice, Zesławice, Prusy, Bonarka).

8.3. WODY W UTWORACH KREDY

Utwory kredowe występują na terenie Krakowa sporadycznie w postaci niewielkich płatów margli leżących bezpośrednio na utworach jurajskich. Występują głównie w podłożu Starego Krakowa. Wydajność piętrowego kredowego na północ od granic Krakowa (Bibice)

wynosi od 1,2 do 10 m³/h. Są to wody słabo zmineralizowane, wodorowęglanowo-siarczanowo-wapniowo-magnezowe o odczynie słabo alkalicznym.

8.4. WODY W UTWORACH TRZECIORZĘDOWYCH

Wody podziemne w obrębie utworów trzeciorzędowych występują w piętrze miocenu.

8.4.1. Poziomy wodonośne

W piętrze miocenu wydziela się dwa poziomy wodonośne: pierwszy - w piaskach i piaskowcach warstw grabowieckich, i drugi - w serii gipsowo-solnej warstw chodenickich.

Poziom pierwszy - w piaskach i piaskowcach warstw grabowieckich - ma charakter ciśnieniowy, co spowodowane jest występowaniem w jego stropie utworów nieprzepuszczalnych. Zwierciadło wody występuje na głębokości od 10 do 90 m. Ogólny spływ wód następuje w kierunku północnym - zgodnie z nachyleniem terenu i zapadaniem poziomu wodonośnego. Występuje w południowej części miasta w rejonie Rajska, Kosocic, Biezanowa, Kurdwanowa i Rząski.

Wydajność studzien w warstwach grabowieckich wynosi od 4,4 do 55,5 m³/h, a nawet więcej. W Biezanowie nawiercono najwydajniejszą jak dotąd studnię w Krakowie o wydajności 217,8 m³/h i głębokości ok. 250 m. Współczynnik filtracji serii pisków wodonośnych wynosi od $1,4 \times 10^{-5}$ do 8×10^{-5} m/s.

Wody tego poziomu posiadają przeważnie odczyn obojętny (pH 6,9-7,8). Sucha pozostałość wynosi od 156 do 664 mg/l. Są to wody wodorowęglanowo-siarczanowo-sodowo-wapniowe, wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowe lub wodorowęglanowo-sodowe. Ze względu na znaczną zasobność tego poziomu oraz dobrą jakość wód, rozważana jest możliwość ich wykorzystania jako źródła wody pitnej dla Krakowa.

Poziom wodonośny w obrębie serii gipsowo-solnej warstw chodenickich ma również charakter ciśnieniowy. Poziom ten występuje na Matecznym, w Swoszowicach, Lusinie i Mistrzejowicach. W jego obrębie występują pakiety łupków zawierających gips i anhydryt oraz margle siarkonośne. Wodonośność tego kompleksu jest zróżnicowana ze względu na chodniki, sztolnie i szyby górnicze, które są pozostałością po górnictwie siarki, jakie rozwinęło się tutaj już w XV w. Współczynnik filtracji wynosi od $3,15 \times 10^{-5}$ do $1,55 \times 10^{-4}$ m/s. Wody te należą do typu wód siarczkowych, bardzo cennych w lecznictwie.

8.4.2. Wody mineralne Krakowa

Pierwsze doniesienia na temat mineralnych wód Krakowa pochodzą z XVI w. i dotyczą wód siarczanowych Swoszowic. Pisał o nich Wojciech Oczko - nadworny lekarz króla Stefana Batorego. W następnych stuleciach rozpowszechniła się opinia o Krakowie, jakoby „miasto na wodzie mineralnej stało”. Świadectwem tego było źródło wody mineralnej koło Sukiennic, istniejące do 1840 r., tj. do czasu zasypania go podczas prac „upiększających Rynek”.

Wody mineralne zostały odkryte w Podgórzu w 1839 r. w czasie poszukiwania węgla „kopalnego”, którego nie znaleziono, jednakże na głębokości ok. 60 m stwierdzono występowanie wód mających zapach gazu „wodorowo-siarkowego”. Wody te analizował T. Torosiewicz i uznał je za lecznicze. Pół wieku później w czasie poszukiwań wody słodkiej w ogrodzie architekta inż. Antoniego Matecznego, natrafiono znowu na wody mineralne i już w 1905 r. założono tam Zakład Kąpielowy Siarczanowo-Solankowy działający dziś jako Zakład Przyrodolecznicy. Leczone są w nim choroby reumatyczne, dermatologiczne oraz jamy ustnej. Woda z Matecznego stosowana jest w leczeniu chorób cywilizacyjnych, takich jak miażdżyca i nowotwory, a także przeciwdziała różnego rodzaju zatruciom toksycznym. Jest ona również wykorzystywana do produkcji stołowej wody mineralnej „Krakowianka”.

W Zakładzie wykorzystuje się wody trzech odwiertów: M-4 wykonanego w 1968 r. oraz M-3 i GeO-2 wykonanych w latach 1982-1985 (tab. 5). We wszystkich trzech odwiertach poziom wody stabilizuje się ok. 8-10 m nad poziomem terenu.

Tabela 5
Table 5

Charakterystyka Źródeł mineralnych na Matecznym (wg Radwan, Więctawik, 1987)
Features of mineral springs at Mateczny (after Radwan, Więctawik, 1987)

Źródło Spring	Mineralizacja Mineralization (mg/dm ³)	Głębokość Depth (m)	Wydajność Discharge (m ³ /h)
M-4	2656	36	8,5
M-3	4509	52	9
GeO-2	2284	37,5	9,9

Wody na Matecznym ulegają mineralizacji w wyniku wyplukiwaniu gipsu i chlorku sodu z utworów miocennych słabo zmineralizowanymi wodami występującymi w utworach jurajskich, których infiltracja nastąpiła w końcowych stadiach ostatniego zlodowacenia, czyli ponad 10 tys. lat temu. W wodzie odwiertu GeO-2 stwierdzono tryt, który wskazuje na obecność wód infiltrujących po rozpoczęciu prób termojądrowych w atmosferze. Domieszkę młodych wód szacuje na ok. 20%, czas zaś ich dopływu do ujęcia na ok. 20 lat.

Wody na Matecznym stanowią olbrzymi rezerwar bardzo cennych, odnawialnych wód mineralnych. Jednakże przy nadmiernej eksploatacji może rosnąć udział wód młodych, niezmineralizowanych, potencjalnie zagrożonych zanieczyszczeniami. Ważne jest, by nie zniszczyć ochronnej warstwy ilów zarówno w obszarze ujęcia, jak i zasilania.

Zasoby wód mineralnych w Swoszowicach znane były wcześniej niż wody na Matecznym. Już w 1811 r. istniały tam łaźienki, a w okresie międzywojennym dr Józef Dietl - ojciec nowoczesnej polskiej balneologii - w dziele *Uwagi nad zdrojowiskami krajowymi* tak pisał: „...jeżeli którekolwiek z miejsc kąpielowych, to zaiste Swoszowice ku temu są przeznaczone, aby stały się zdrojowiskiem najbardziej odwiedzanym w naszym kraju”. Obecnie, w Swoszowicach istnieje Zakład Przyrodolecznicy i Sanatorium, gdzie leczone są m.i.n. choroby reumatyczne, systemu nerwowego, przemiany materii i zatruc przemysłowych. W Swoszowicach wykorzystywane są wody z dwóch Źródeł: „Zdroju Głównego” i „Napoleona”. „Zdrój Główny” jest to studnia artezyjska o głębokości 10,2 m i wydajności 7,2 m³/h dająca wodę borową, siarczkową typu siarczanowo-wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowego. „Napoleon” jest to naturalny wypływ powierzchniowy (z dawnej sztolni kopalnianej), o wydajności 0,6 m³/h, z którego wypływa woda siarczkowa tego samego typu co ze „Zdroju Głównego”.

Wody mineralne w Lusinie zostały wykryte w 1952 r. na głębokości 50 m, w czasie wierceń poszukiwawczych. Jest to woda typu wodorowęglanowo-magnezowo-wapniowo-sodowego, która pod względem ilości siarkowodoru znajduje się w czołówce wśród uzdrowisk europejskich.

Wody mineralne w Mistrzejowicach nawiercono w 1975 r. Są to wody typu siarczanowo-chlorkowo-magnezowo-wodorowęglanowego oraz siarczanowo-sodowo-magnezowo-wapniowego nadające się do lecznictwa uzdrowiskowego.

Zarówno wody w Lusinie, jak i w Mistrzejowicach nie są wykorzystywane.

8.5. WODY W UTWORACH CZWARTORZĘDOWYCH

Czwartorzędowe utwory wodonośne wykształcone są w postaci żwirów i piasków budujących terasy Wisły i stożki napływowe jej dopływów oraz w postaci piaszczystych pokryw lessowych. Utwory wodonośne osiągają w obrębie doliny Wisły miąższość do 20 m,

z tym że na większości obszaru miąższość utworów zawodnionych wynosi od 5 do 10 m (ryc. 11).

Zwierciadło wody w utworach czwartorzędowych ma charakter swobodny, choć lokalnie, w miejscach występowania słabo przepuszczalnych wkładek ilastych może być napięte. Układ zwierciadła nawiązuje do ukształtowania terenu. Spadek hydrauliczny w obrębie teras wynosi od 0,003 do 0,007 i jest zmienny w zależności od sezonowych zmian zasilania warstwy wodonośnej. Utwory wodonośne zasilane są bezpośrednio opadami. Mogą być również zasilane wodami infiltrującymi z Wisły i jej dopływów, a także z utworów jurajskich. Współczynnik filtracji wynosi od 1,11 do $9,2 \times 10^{-4}$ m/s. Wydajność studzien w zbiorniku czwartorzędowym wynosi od 2 do 30 m³/h, przy czym w rejonie Bieżanowa i Płaszowa - od 7,5 do 17,8 m³/h, Starego Miasta - od 6 do 21 m³/h, Czyżyn i Łęgu - od 8 do 16 m³/h oraz Mogiły i Pleszewa - od 4,9 do 5,9 m³/h.

Wody podziemne w utworach czwartorzędowych na terenie Krakowa odznaczają się zróżnicowaną mineralizacją. Wynosi ona od 0,3 do 3,5 g/l, a nawet do 5,5 g/l. Dominuje jednak grupa wód pólsonawych o mineralizacji od 1 do 2 g/l. Twardość ogólna wody na obszarze terasy niskiej jest bardzo duża i wynosi lokalnie nawet 100°, natomiast na obszarze terasy wysokiej jest niższa i wynosi 50°. Podobnie jest z mineralizacją ogólną, która jest wyższa w obrębie terasy niskiej, gdzie niewielkie spadki hydrauliczne ograniczają wymianę wód, powodując nawet jej stagnację. Z anionów przeważają siarczany i węglany, z kationów zaś wapń i magnez i żelazo. Często zaznacza się obecność manganu. W obrębie terasy wysokiej występują również wody słodkie typu wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowego z wolnym dwutlenkiem węgla. Odczyn tych wód jest obojętny. Skład chemiczny wód czwartorzędowych nie jest naturalny ze względu na zanieczyszczenia docierające do tych wód z powietrza, gleby oraz wód powierzchniowych.

8.6. GŁĘBOKOŚĆ I WAHANIA ZWIERCIADŁA WÓD PODZIEMNYCH

Główną oś spływu wód podziemnych stanowi Wisła. Spadek hydrauliczny wód podziemnych nawiązuje do ukształtowania terenu i jest największy na skłonie Wyżyny Krakowskiej (10-20%), w obrębie zaś płaskiego dna Wisły gwałtownie maleje. Oznacza to, iż zbiornik aluwialny jest zasilany przez wody spływające z Wyżyny Krakowskiej. Naturalny spadek zwierciadła wód podziemnych na obszarze Krakowa jest zaburzony głównie z powodu istnienia stopni spiętrzających Wisłę oraz studni odwadniających. Na przykład spiętrzenie Wisły w Dąbiu spowodowało lokalnie nawet dwukrotne zmniejszenie się spadku hydraulicznego wód podziemnych powyżej stopnia, tj. w obrębie Grzegórzek, Kazimierza, Stradomia i Zwierzyńca. Podobne skutki we wschodniej części miasta spowodowało spiętrzenie wody w Przewozie.

W obrębie terasy zalewowej w prawobrzeżnej części Krakowa woda występuje na głębokości od 0 do 2 m, tworząc na znacznych obszarach podmokłości, np. w Skotnikach, Kostrzu, Kobierzynie i Sidzinie (ryc. 2). Znaczne obszary objęte są tam melioracjami, dzięki czemu udało się pozyskać rozległe tereny na łąki. W lewobrzeżnej części miasta zwierciadło wody w obrębie terasy zalewowej wyje niżej - średnio na głębokości ok. 3 m - z wyjątkiem okolic Toń, gdzie woda zalega na głębokości od 0 do 1 m. W obrębie teras wyższych i stożków napływowych wody podziemne występują na głębokości od 2 do 10 m, lokalnie głębiej od 10 do 15 m. Największe głębokości do zwierciadła wód podziemnych występują w zrębach jurajskich i dochodzą nawet do 90 m. Woda zalega tam prawie horyzontalnie.

Wahania stanów wód podziemnych na obszarze Krakowa zależą od odległości od rzeki, od rzeźby terenu oraz zasilania. Wody podziemne strefy nadrzeczej w obrębie teras o wysokości od 0 do 6 m mają bezpośredni związek z wodą rzeczną. Podwyższenie stanów wody Wisły powoduje wznios zwierciadła wód podziemnych. Następuje on z kilkudniowym opóźnieniem. W czasie stanów wezbraniowych wody rzeczne mogą infiltrować do gruntu

i hamować dopływ wód podziemnych napływających od strony doliny. W obrębie teras o wysokości od 6 do 10 m, które jednocześnie znajdują się w większej odległości od rzeki, wpływ wahań stanów Wisły na wody podziemne jest mniejszy niż na wody podziemne teras niższych. Wznios wód podziemnych jest w tym przypadku o wiele mniejszy i występuje z kilkunasto- do ponad dwudziestodniowym opóźnieniem. Na terasie najwyższej, tj. od 15 do 25 m, brak jest związku wahań wód podziemnych z wahaniami wody w rzece.

W ciągu roku wysokie stany wody zaznaczają się w okresie wiosenno-letnim, niskie zaś w okresie jesienno-zimowym. W okresie stanów wysokich występują dwa wzniosy: wiosenny (roztopowy) - z kulminacją w marcu lub kwietniu, i letni (opadowy) - z kulminacją w sierpniu lub lipcu. Wznios wiosenny jest większy aniżeli letni. Okres niskich stanów wody rozpoczyna się we wrześniu lub październiku i trwa do stycznia. Najniższe stany występują w listopadzie lub w grudniu.

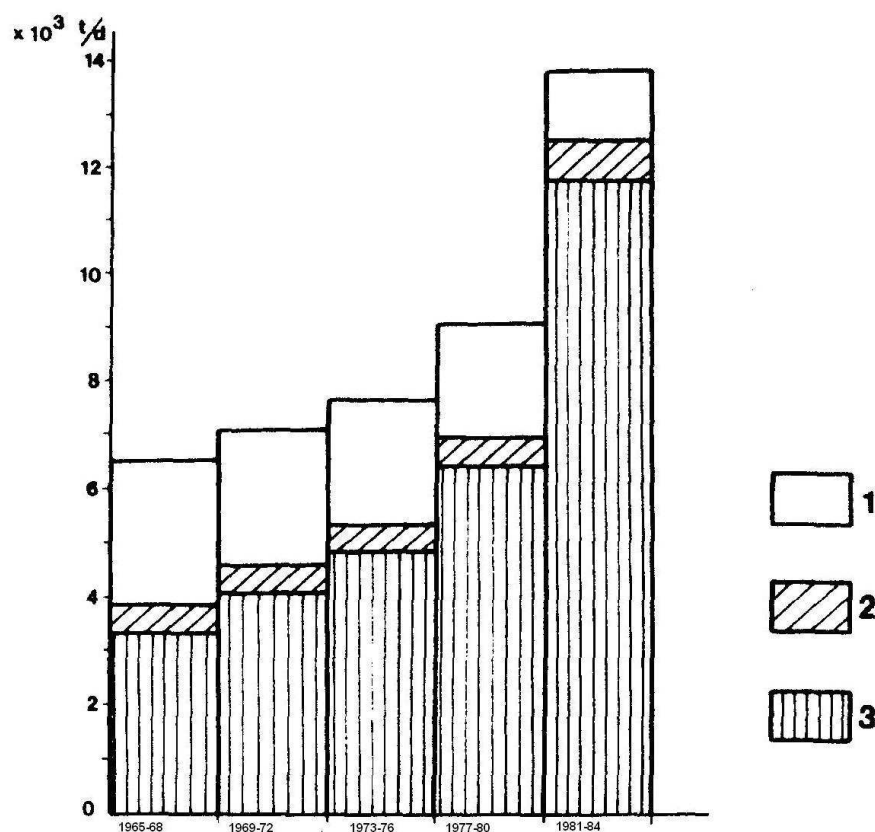
9. JAKOŚĆ WÓD POWIERZCHNIOWYCH

Wisła wpływa do Krakowa bardzo skażona, niosąc zanieczyszczenia głównie z dorzecza Białej, Gostyni, Przemszy i Włosienicy. Biała doprowadza do Wisły ścieki z okręgu bielsko-bialskiego, Gostynia - z Czudowa i Tych, Przemsza - z GOP-u a Włosienica - z Oświęcimia. Rzeki te doprowadzają przede wszystkim ścieki przemysłowe. Również Soła i Skawa doprowadzają pewne ilości ścieków, w tym także ścieki komunalne (*Atlas zanieczyszczeń rzek w Polsce*, 1977, 1981).

W chwili uruchomienia pierwszego wodociągu w Bielanach (rok 1901) Wisła prowadziła wody I klasy czystości i taki charakter zachowywała jeszcze przez kilkadziesiąt lat, mimo iż w latach trzydziestych do Wisły doprowadzone już były przez Przemszę pewne ilości pokopalnianych zawiesin i chlorków. Jakość wód Wisły pogorszyła się w latach pięćdziesiątych. Wtedy zmienił się też naturalny typ wody - wodorowęglanowo-wapniowy na chlorkowo-sodowy. Od tego czasu zanieczyszczenie Wisły rosło dość równomiernie, po roku 1980 zaś wzrosło bardzo gwałtownie na skutek uruchomienia na Śląsku 4 nowych kopalń (ryc. 13). Wzrosła wówczas ilość zanieczyszczeń docierających do Wisły powyżej Łączan, natomiast między Łączanami a Niepołomicami (w tym odcinek krakowski) ilość zanieczyszczeń docierających do Wisły nieco się zmniejszyła. Oznacza to, iż udział zanieczyszczeń docierających do Wisły z obszaru Krakowa w ogólnej ilości zanieczyszczeń jest coraz mniejszy.

Wisła na terenie Krakowa jest zanieczyszczana bezpośrednio oraz pośrednio. Bardzo duże ilości ścieków dostają się bezpośrednio do Wisły z Zespołu Elektrociepłowni „Kraków” (tab. 6). Jednakże najwięcej ścieków do Wisły dostaje się za pośrednictwem dopływów: Wilgi i Drwiny Długiej oraz Dłubni, Rudawy i Prądnika. Większość ścieków oczyszczona jest tylko częściowo lub wcale. Wiele zakładów przemysłowych Krakowa, takich jak Kombinat Metalurgiczny w Nowej Hucie, Zakłady Farmaceutyczne „Polfa”, Zakłady Przemysłu Tytoniowego, Zakłady Przemysłu Spirytusowego i Drożdżowego „Polmos”, zrzuca ścieki do kanalizacji miejskiej. Do Wisły dostają się poprzez Drwinę Długą, która prowadzi częściowo tylko oczyszczone ścieki z Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji. Woda w tej rzece jest cuchnąca, prawie czarna, z tłustymi plamami (Bień, Ziolo, 1988).

Do niedawna najbardziej zanieczyszczonym dopływem Wisły była Wilga, do której zrzucano m.in. ścieki z Zakładów Sodowych. W okresie 1976-1987 zawartość suchej pozostałości i chlorków w wodzie Wilgi poniżej zrzutu ścieków z tych zakładów była niejednokrotnie kilkadziesiąt lub kilkaset razy większa niż powyżej zrzutu (ryc. 14). Bardzo zanieczyszczone wody prowadzi Dłubnia, w której w końcu lat siedemdziesiątych zaobserwowano znaczne pogorszenie się jakości wody w odcinku ujściowym (ryc. 15). Dłubnia w największym stopniu zanieczyszczana jest ściekami z Kombinatu Metalurgicznego w Nowej Hucie. Najmniej zanieczyszczone wody płyną w Rudawie i Prądniku. W latach



Ryc. 13. Zmiany średnich ładunków suchej pozostałości w Wiśle w latach 1965-1984 (wg Materiały Biura Projektów Komunalnych w Krakowie, 1987): 1 - na odcinku Łączany-Niepołomice, 2 - na odcinku Oświęcim - Łączany, 3 - w Oświęcimiu (przed ujściem Soły)

Fig. 13. Changes of dry residue in water of the Vistula River, 1965-1984 (after Materiały Biura Projektów Komunalnych w Krakowie, 1987): 1 - between Łączany and Niepołomice, 2 - between Oświęcim-Łączany, 3 - in Oświęcim (up the Solą River mouth)

osiemdziesiątych zanieczyszczenie Rudawy nieco wzrosło, natomiast Prądnika lekko zmalało (ryc. 16, 17). Wody górnych odcinków tych rzek zaliczane są do II lub III klasy czystości wód, a więc możliwych do wykorzystania w pewnych gałęziach przemysłu oraz w celach komunalnych (ryc. 18). Po przepłynięciu przez miasto ich jakość pogarsza się tak, iż nie są one przydatne do żadnych celów - stają się wodami pozaklasowymi. Na obszarze miasta brak jest wód I klasy czystości (*Atlas Miasta Krakowa*, 1988; *Atlas zanieczyszczenia rzek w Polsce*, 1970, 1972; 1973, 1975; 1983, 1986).

10. JAKOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH KRAKOWA

Od drugiej połowy XVII w. tj. od czasu najazdu szwedzkiego, który doprowadził do zniszczenia zorganizowanej sieci wodnej Krakowa, zapotrzebowanie na wodę zaspokajały studnie. Niektóre z nich stanowiły obiekt literackich opisów. Na przykład w początkach XVII w. Jan Petrycy poświęcił jeden ze swoich wierszy wodzie ze studni znajdującej się na dziedzińcu Collegium Maius:

Śliczna akademii w cudownym Krakowie,
 Studnio! kto kiedy chwały twe wypowie?
 Tyś naprzód od Jagiełły króla założona,
 W domu mądrości środkiem położona,

Woda tam przezroczysta jak naczynie szklane,
 Godna, by słodkie z nią było mieszane
 Wino...

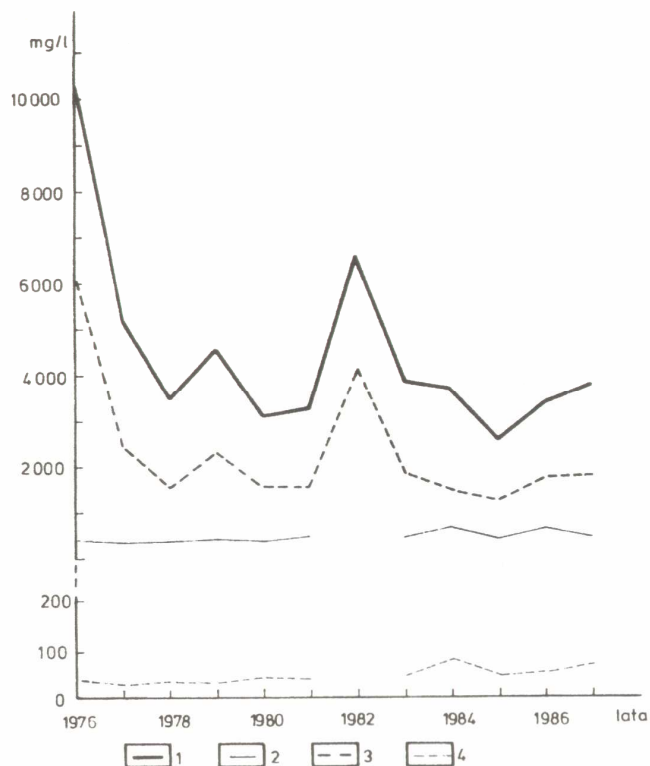
Tabela 6
 Table 6

Ilość ścieków odprowadzonych przez niektóre zakłady przemysłowe Krakowa w 1987 r. (wg Materiały
 Urzędu Miasta Krakowa, 1988)
 Sewage disposal from some Cracow works in 1987 (after Materiały Urzędu Miasta Krakowa, 1988)

Zakład przemysłowy Industrial work	Odbiornik zrzutów Receiver of disposal	Ilość (tyś. m ³) Amount (th. m ³)	W tym czyszczone (tyś. m ³) Cleaned (th. m ³)
Kombinat Metalurgiczny w Nowej Hucie	Wisła, Dłubnia	70688	47006
	kanalizacja miejska		
	municipal savages system	5350	x
Elektrownia Skawina	Skawinka	640 097	x
Miejskie Przeds. Wodociągów i Kanalizacji	Wilga	55	x
	Wisła	70	x
	Skawinka	2270	x
	Drwina Długa	48180	45342
Zakłady Sodowe	Wilga	16813	x
Zespół Elektrociepłowni „Kraków” „Polfa”	Wisła	5631	4099
	kanalizacja miejska		
	municipal savages system	2059	x
Igloopol	"	749	x
„Polmos 0	"	715	x
Szpital im. Narutowicza	"	639	x
Zakł. Przem. Tytoniowego	"	636	x
Stacja Kolejowa Prokocim Towarowy	"	474	x
Spółdz, Mleczarska	"	427	x
Cementownia - Nowa Huta	"	373	x
Stacja Kolejowa Kraków Główny	"	335	x
„Stomil”	"	333	x
P.P.H. Centrala Rybna	Rudawa	273	x
„Padom”	Drwina Długa	172	x
Zespół Krakowskich Uzdrawisk	Wilga	84	25
	kanalizacja miejska		
	municipal savages system	21	x
Instytut Odlewnictwa	Wilga	63	15
	kanalizacja miejska		
	municipal savages system	15	x
Państw. Ośr. Maszynowy	dłubnia	78	x

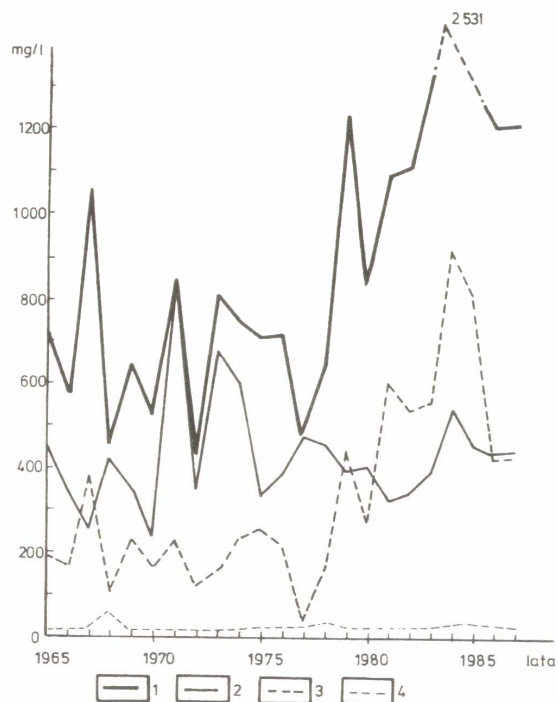
x - Brak danych. x - No data.

O roku 1870 dzięki staraniom krakowskich chemików i lekarzy, a wśród nich K. Olszewskiego i O. Bujwida, wykonano liczne analizy wód studziennych. Wykazały one, iż ludność Krakowa korzystała w wielu przypadkach z wód o złym stanie sanitarnym i zbyt wysokiej mineralizacji, która w niektórych dzielnicach przekraczała nawet 3 g/l. Taki stan wód studziennych stworzył potrzebę zbudowania wodociągów rozprowadzających po Krakowie wody o lepszej jakości. rozważeniu rozmaitych koncepcji, w których uwzględniano nawet doprowadzenie do Krakowa wód ze źródeł tatrzańskich, przystąpiono do budowy wodociągu bielańskiego, który istnieje do dziś (Kleczkowski, 1974).



Ryc. 14. Zawartość suchej pozostałości i chlorków w wodzie Wilgi powyżej zrzutu ścieków z Zakładów Sodowych (Swoszowice) i poniżej zrzutu (ujście) w latach 1976-1987 (wg Materiały Urzędu Miasta Krakowa, 1988): 1 - sucha pozostałość (ujście), 2 - sucha pozostałość (powyżej zrzutu ścieków), 3 - chlorki (ujście), 4 - chlorki (powyżej zrzutu ścieków)

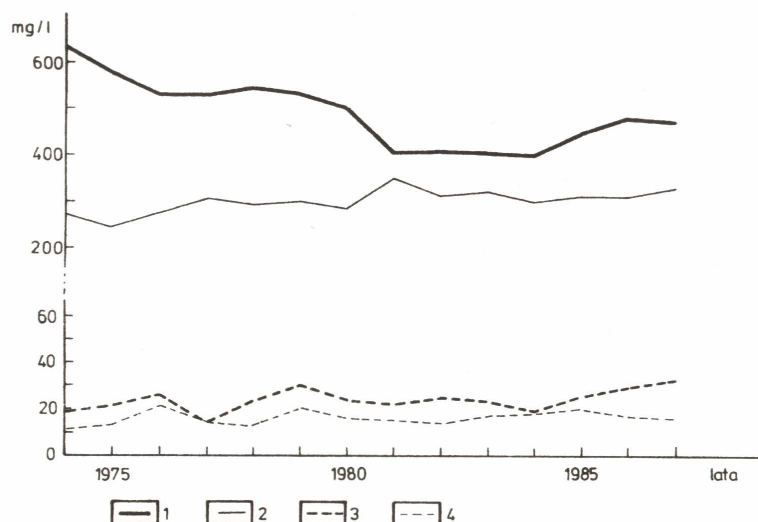
Fig. 14. Dry residue and chlorides in water of the Wilga River up the sewage disposal from the Soda Work (Swoszowice) and down the sewage disposal (river mouth), 1976-1987 (after Materiały Urzędu Miasta Krakowa, 1988): 1 - dry residue (river mouth), 2 - dry residue (up sewage disposal), 3 - chloride (river mouth), 4 - chloride (up sewage disposal)



Ryc. 15. Zawartość suchej pozostałości i chlorków w wodzie Dłubni powyżej zrzutu ścieków z Kombinatu Metalurgicznego w Nowej Hucie (Mogiła) i poniżej zrzutu (ujście) w latach 1965—1987 (wg Materiały Urzędu Miasta Krakowa, 1988): 1 - sucha pozostałość (ujście), 2 - sucha pozostałość (powyżej zrzutu ścieków), 3 -

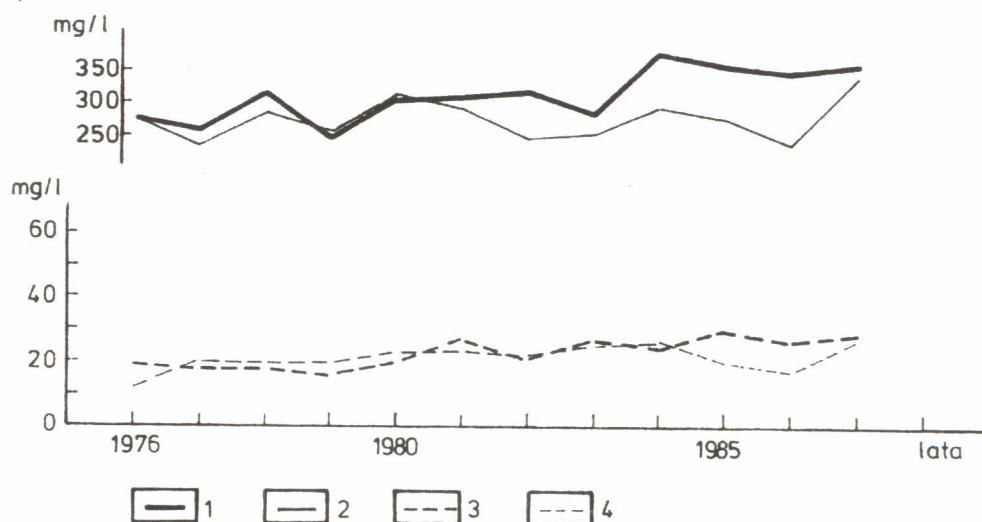
chlorki (ujście), 4 - chlorki (powyżej zrzutu ścieków)

Fig. 15. Dry residue and chlorides in water of the Dłubnia River up the sewage disposal from the Steel Work in Nowa Huta (Mogiła) and down the sewage disposal (river mouth), 1965-1987 (after Materiały Urzędu Miasta Krakowa, 1988): 1 - dry residue (river mouth), 2 - dry residue (up sewage disposal), 3 - chloride (up sewage disposal), 4 - chloride (river mouth)



Ryc. 16. Zawartość suchej pozostałości i chlorków w wodzie Prądnika przed wpłynięciem do Krakowa (okolice Ojcowa) i w Krakowie (ujście) w latach 1974-1987 (wg Materiały Urzędu Miasta Krakowa 1988): 1 - sucha pozostałość (ujście), 2 - sucha pozostałość (przed wpłynięciem do Krakowa), 3 - chlorki (ujście), 4 - chlorki (przed wpłynięciem do Krakowa)

Fig. 16. Dry residue and chlorides in water of Prądnik River up the inflow to Cracow (Ojców vicinity and within the city (river mouth), 1974-1987 (after Materiały Urzędu Miasta Krakowa, 1988): 1 - dry residue (river mouth), 2 - dry residue (up the inflow to Cracow), 3 - chloride (river mouth), 4 - chloride (up the inflow to Cracow)



Ryc. 17. Zawartość suchej pozostałości i chlorków w wodzie Rudawy przed wpłynięciem do Krakowa (Podkamycze) i w Krakowie (ujście) w latach 1976—1987 (wg Materiały Urzędu Miasta Krakowa. 1988): 1 - sucha pozostałość (ujście), 2 - sucha pozostałość (przed wpłynięciem do Krakowa), 3 - chlorki (ujście), 4 - chlorki (przed wpłynięciem do Krakowa)

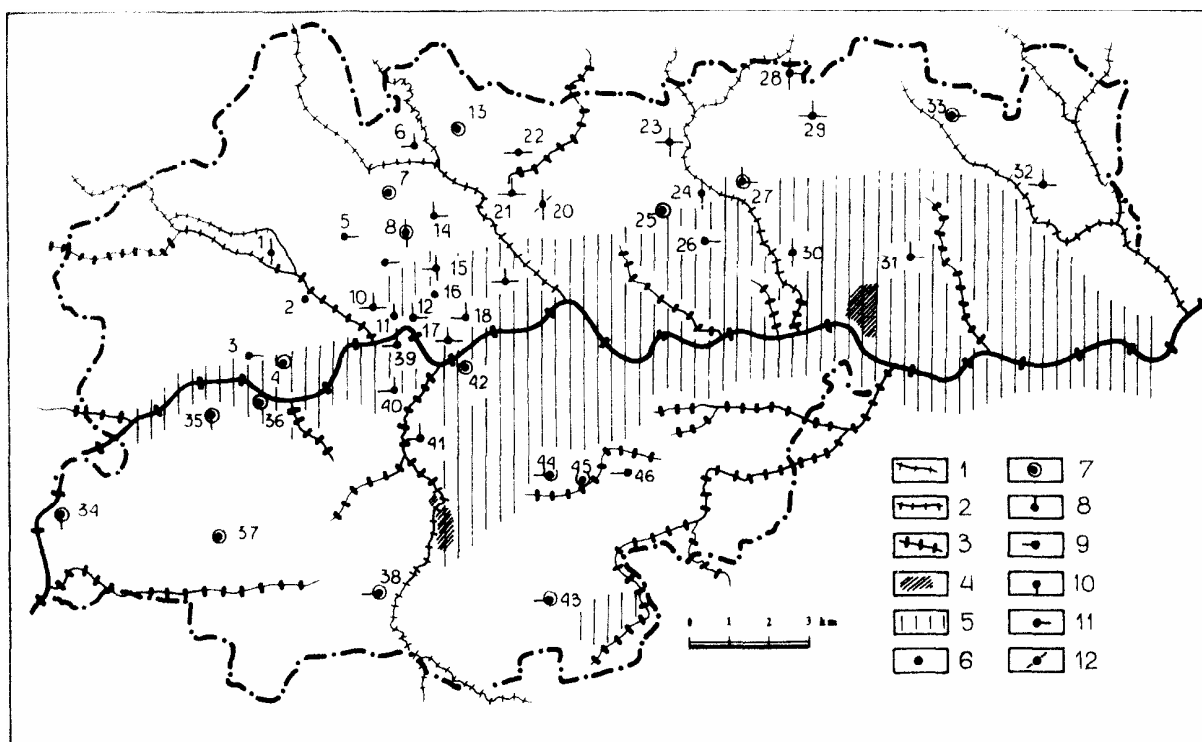
Fig. 17. Dry residue and chlorides in water of the Rudawa River up the inflow to Cracow (Podkamycze) and within the city (river mouth), 1976-1987 (after Materiały Urzędu Miasta Krakowa, 1988): 1 - dry residue (river mouth), 2 - dry residue (up the inflow to Cracow), 3 - chloride (river mouth), 4 - chloride (up the inflow to Cracow)

Jeszcze w końcu lat pięćdziesiątych obecnego stulecia skład chemiczny w większości studzien krakowskich był naturalny, tak że woda nadawała się do picia bez uzdatniania. Pewne zastrzeżenia budził jedynie stan bakteriologiczny niektórych studni. Obecnie, jakość wód w studniach znajdujących się na terenie Krakowa jest zła (tab. 7, ryc. 18). Są to głównie wody niezdatne do picia; tylko niektóre nadają się do użycia po przegotowaniu, a bardzo nieliczne są w stal zadowalającym. Czynnikiem najczęściej dyskwalifikującym je jako wody pitne są: zawartość azotanów, manganu, żelaza, metali ciężkich, a także twardość ogólna oraz ich stan bakteriologiczny. W celu uzdatnienia wody do picia instaluje się w studniach chloratory.

Zła jakość wód studziennych na terenie Krakowa jest efektem zanieczyszczenia atmosfery i przenikaniu tych zanieczyszczeń do gleby, a stamtąd do wód podziemnych, zwłaszcza do pierwszego poziomu wód gruntowych. Skażenie wód gruntowych spowodowane jest również przenikaniem zanieczyszczeń w rejonach składowisk odpadów przemysłowych. Jedynie wysoka zawartość żelaza jest często pochodzenia naturalnego i wiąże się z zażelazieniem plejstocenijskich warstw wodonośnych.

11. ZAOPATRZENIE KRAKOWA W WODĘ

Roczne zapotrzebowanie Krakowa na wodę wynosi ok. 100 mln m³. Na terenie miasta istnieją cztery zakłady wodociągowe, których funkcją jest uzdatnienie wody oraz jej przesłanie do poszczególnych dzielnic miasta (ryc. 2). Zakłady te znajdują się na Bielanych, w Mydlnikach, Mistrzejowicach i na Stoku. Woda w tych zakładach wodociągowych pochodzi z czterech ujęć zlokalizowanych w Krakowie lub poza jego granicami. Ponadto zapotrzebowanie Krakowa na wodę pokrywa woda ze zbiornika retencyjnego na Rabie.



Ryc. 18. Stan czystości wód na terenie Krakowa: 1 - wody II klasy, 2 - wody III klasy, 3 - wody pozaklasowe, 4 - składowisko odpadów przemysłowych, 5 - obszar skażenia pierwszego poziomu wód gruntowych, 6 - studnia z wodą pitną, 7 - studnia z wodą skażoną bakteriologicznie, 8 - studnia z wodą przekraczającą normę twardości, 9 - studnia z nadmierną zawartością manganu, 10 - studnia z wodą z nadmierną zawartością azotanów, 11 - studnia z wodą z nadmierną zawartością żelaza, 12 - studnia z wodą z nadmierną zawartością chlorków

Fig. 18. Quality of water in Cracow, 1988: 1 - II class water, 2 - III class water, 3 - water beyond classification, 4 - industrial reservoirs, 5 - are of polluted subsurface water, 6 - well with drinkable water, 7 - well with bacteriological contaminated water, 8 - well with water exceeding water hardness quota, 9 - well with water

exceeding manganese quota, 10 - well with water exceeding nitrate quota, 11 - well with water exceeding ferrum quota, well with water exceeding chlorides quota, 12 – well with water exceeding chlorides quota

Tabela 7
Table 7

Skład chemiczny wód studziennych w 1988 r. (wg Materiały Państwowego Wojewódzkiego Inspektoratu w Krakowie, 1989)
Chemical composition of ground water in 1988 (after Materiały Państwowego Wojewódzkiego Inspektoratu w Krakowie, 1989)

Nr No.	Adres Address	Data Data	PH	Twardość Hardness (mval/l)	Cl	NO ₃	Fe	Mn	F
					(mg/l)				
1	Na Blonie++	5.12	7,4	10,4	28	14,2	0,5	-	0,1
2	Kr. Jadwigi 26	15.11	7,8	9,3	67	9,3	0,4	-	-
3	Przegorzalska 11	3.5	7,4	8,0	53	0,4	0,6	-	0,1
4	Księcia Józefa 283	3.5	7,4	8,0	17	2,4	0,4	-	0,1
5	Rydla 26	7.11	7,6	9,6	41	4,6	1,5	-	0,1
6	Białoprądnicka 17	25.10	7,2	10,4	72	2,6	0,5	0,2	0,1
7	Krów. Zuchów 26	11.10	8,0	8,0	37	10,0	0,2	-	0,1
8	Fierdleina 27+	16.10	*	10,4	75	11,0	0,3	-	0,1
9	Dzierżyńskiego (Lea) 15	13.11	7,4	9,4	71	12,2	+0,7	0,01	-
10	Fałata 9	23.1	7,0	28,6	75	+0,3	15,8	0,72	↓
11	Plac na Stawach	13.12	7,0	10,8	71	7,6	0,2	-	0,1
12	Plac na Groblach++	21.5	7,7	20,0	185	4,2	14,7	0,1	0,1
13	Wądół 17	23.10	7,4	8,0	38	2,3	0,3	-	0,1
14	Ks. Siemaszki 33	26.4	7,4	12,2	55	5,9	1,1	-	0,1
15	Kleparz/Basztowa	8.11	7,5	11,8	159	15,2	0,9	0,3	0,1
16	Rynek Gł-Kości. NMP	4.5	7,5	5,4	75	9,8	-	-	0,4
17	Pl. Wolnica 8	17.7	7,6	12,6	200	3,4	-	1,4	0,2
18	Daszyńskiego 15A++	13.10	*	14,4	170	7,4	0,1	1,8	*
19	Mogilska 58	7.11	7,2	12,4	81	0,1	19,2	1,0	0,1
20	Pilotów 69	16.10	7,1	16,4	481	14,4	0,2	0,1	0,1
21	Miechowity 7	17.10	7,2	12,4	86	0,1	28,6	1,4	0,1
22	Strzelców	16.10	7,1	8,0	53	0,4	1,1	0,3	*
23	Mistrzejowicka 5+	6.11	*	21,2	250	44,0	1,6	0,4	*
24	Polewki 54	6.11	*	11,2	82	18,6	0,4	-	*
25	Os. XX-lecia PRL++	7.11	*	6,2	34	3,3	-	-	*
26	Os. Centrum C	27.11	*	8,0	65	3,8	+3,9	-	*
27	Kruczkowskiego 48	17.4	*	12,6	50	3,9	0,6	-	*
28	Zakole I	20.11	*	11,8	70	15,3	0,6	-	*
29	Grębałowska 33+	20.2	*	12,4	77	0,4	4,1	0,3	*
30	Bandosa 69	17.4	*	12,3	71	17,0	0,4	-	*
31	Jezińskiego 95+	20.11	*	14,0	100	7,2	1,1	-	*
32	Jezioro 24	20.2	*	21,2	216	0,9	1,9	0,3	*
33	Kosów 80	20.2+	*	9,6	55	3,5	8,0	0,1	*
34	Walgerza Wd.+	23.8	7,6	7,2	93	14,4	0,2	-	0,5
35	Krzewowa 13	21.8	7,5	8,4	58	38,8	0,3	-	0,6
36	Widłakowa 26	21.8	7,9	6,4	25	6,0	0,2	-	0,2
37	Kozienicka/Fort.	24.8	7,5	9,8	50	1,1	0,2	0,02	0,4
38	Zakopiańska/Fort.	25.8	7,6	9,4	55	5,6	0,5	0,5	0,1
39	Rynek Dębnicki	21.8	7,5	13,1	155	3,2	0,8	0,5	0,2
40	Stomiana 6	10.7	7,2	10,2	47	-	2,4	1,5	0,5
41	Brożka 24	17.7	7,8	13,3	67	1,9	2,1	0,5	0,4
42	Rynek Podgórski	6.11	7,8	9,6	85	8,0	0,2	-	0,2
43	Hempla 18	19.9	6,6	2,7	24	4,9	0,2	-	0,3
44	Włoska 15	2.10	7,7	6,8	16	8,9	0,3	0,2	-
45	Okólna 12-14	11.9	8,0	4,2	60	0,5	0,5	-	-
46	Lilii Wenedy I	28.8	7,8	4,8	30	0,4	1,0	0,5	0,1

- Nie stwierdzono.

- No stated.

* Brak danych.

• No data.

++ 1987 r.

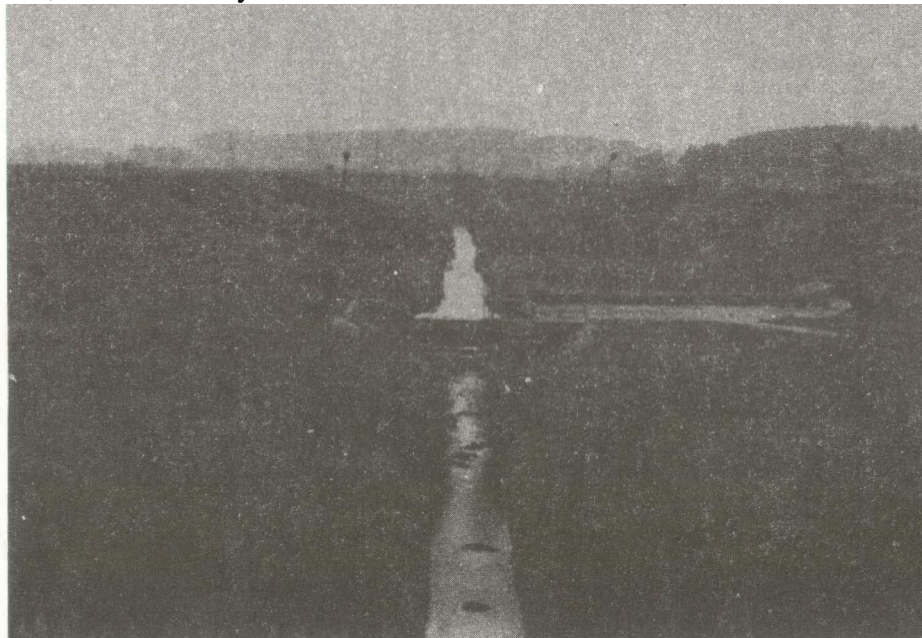
+ W studni zainstalowany chloratiir.

+ Water treted by chlonne

Uwaga: Numeracja studni odpowiada ryc. 18.

C o m m e n t: Numbers of well according to Fig. 18 ones.

Najstarszym zakładem wodociągowym jest zakład na Bielanach. Został on założony w 1901 r. Początkowo zakład ten wykorzystywał wody Wisły oraz wody podziemne spływające grawitacyjnie z wapiennego masywu Zrębu Sowińca i odzyskiwane z sieci studzien usytuowanych na terasie Wisły. Od roku 1985 ujęcie wód Wisły nie funkcjonuje. Zakład wykorzystuje wody z ujęcia na Sance oraz wody podziemne (fot. 4). Rocznie uzdatnia się tam ok. 6,5 mln m³ wody.



Fot. 4. Ujęcie wody z Sanki

Photo 4. Water intake at the Sanka River

Zakład wodociągowy w Mydlinikach został uruchomiony w połowie lat pięćdziesiątych. Pobiera on bezpośrednio wody z Rudawy oraz z czterech studni głębinowych. Zakład ten przesyła miastu 23 mln m³ wody rocznie.

Zakład wodociągowy Na Stoku powstały w 1960 r. zaopatruje wodę Nową Hutę. W zakładzie tym uzdatniana jest woda Dłubni pochodząca z ujęcia w Raciborowicach oraz ze zbiornika w Zesławicach. Zakład ten uzdatnia rocznie ok. 14 mln m³ wody.

Nowa Huta otrzymuje również wodę z zakładu wodociągowego w Mistrzejowicach bazującego na studniach głębinowych o łącznej wydajności 1,5 mln m³/rok. Zasoby wód głębinowych z biegiem lat znacznie zmalały, toteż z dużej liczby studzien funkcjonuje obecnie tylko dziewięć.

Decydujące znaczenie w zaopatrzeniu Krakowa w wodę odgrywa ujęcie wód Raby ze zbiornika w Dobczycach (ryc. 7). Po uzdatnieniu na miejscu, woda pompowana jest do Gorzkowa (2 m³/s), skąd spływa grawitacyjnie w kierunku Krakowa do nastawni „Piaski Wielkie”, gdzie jest rozdzielana do różnych dzielnic miasta. Łącznie wysyła się 52 mln m³ wody rocznie, co zaspokaja nieco ponad połowę obecnych potrzeb miasta. W przypadku wzrostu spożycia wody w Krakowie planuje się przerzut wody z Dunajca do Raby powyżej zbiornika w Dobczycach, co pozwoliłoby na ujęcie ze zbiornika wody w ilości 6 m³/s.

W przesyłaniu wody z zakładów wodociągowych w okresach wzmożonego zapotrzebowania miasta na wodę ważną rolę odgrywa ok. 40 szczelnych zbiorników o łącznej pojemności 120 tys. m³, zlokalizowanych zarówno w obrębie miasta, jak i poza jego granicami. Ich zadaniem jest gromadzenie wody w czasie, kiedy zużycie jest niewielkie, np. nocą, oddawanie zaś w czasie, gdy zapotrzebowanie na wodę jest duże, np. w porze popołudniowej. W wielu przypadkach więc woda docierająca do użytkowników nie pochodzi bezpośrednio z zakładów wodociągowych, lecz ze zbiorników, w których była

przechowywana.

Znikomą część zapotrzebowania na wodę pokrywają studnie gospodarskie, z których korzystają mieszkańcy peryferyjnych dzielnic miasta. Ponadto kilka większych zakładów przemysłowych posiada własne ujęcia wód powierzchniowych lub podziemnych.

12. ZAKOŃCZENIE

Stosunki wodne odegrały bardzo ważną rolę w powstaniu i rozwoju Krakowa. Były one jednym z najważniejszych czynników lokalizacyjnych wczesnych średniowiecznych osad krakowskich. Bieg rzek oraz rozkład obszarów podmokłych sprzyjał obronności Krakowa. Wody wykorzystywano również w celach gospodarczych i estetycznych.

W ciągu kilku wieków istnienia Krakowa sieć wodna ulegała znacznym przemianom spowodowanym przede wszystkim działalnością człowieka. Przemiany te polegały głównie na zmianie biegu rzek, budowie nowych koryt (zwłaszcza młynówek, fos), osuszaniu terenów podmokłych, zasypywaniu zbiorników wodnych i tworzeniu nowych. Sieć wodna stawała się coraz bardziej uporządkowana i dostosowana do potrzeb miasta.

Począwszy od pierwszej połowy XIX w. rozpoczęto prace regulacyjne na Wiśle. W wyniku tych prac doszło do skrócenia rzeki poniżej Krakowa, co spowodowało zwiększenie erozji wgłębnej, a to z kolei doprowadziło do znacznego pogłębienia koryta Wisły na odcinku krakowskim.

Przez długie wieki Wisła stanowiła zagrożenie dla miasta. Jej wylewy były często katastrofalne. Zagrożenie powodziami zmniejszyło się dopiero w XX w. dzięki zbiornikom zaporowym oraz stopniom wodnym wybudowanym w obrębie jej dorzecza. Zabudowa hydrotechniczna oraz regulacje w dorzeczu Wisły powyżej Krakowa spowodowały także wiele innych skutków: w okresie od 1860 do 1960 r. wzrosła nieregularność przepływów maksymalnych oraz wielkość przepływów o małym prawdopodobieństwie pojawiania się. Wzrosły także czas koncentracji oraz prędkość przemieszczania się fali wezbraniowej Wisły.

Zabudowa hydrotechniczna dorzecza spowodowała także zmiany odpływu. W połowie obecnego stulecia mimo rosnących opadów odpływ Wisły malał. Również w ostatnich latach (1973-1987) zaznaczyły się podobne zmiany odpływu Wisły, a także jej dopływów: mimo bardzo rosnących opadów odpływ Wisły, Rudawy, Prądnika i Dłubni malał. Bardzo wyraźnie dało się również zauważyć zmniejszenie się średnich przepływów miesięcznych wszystkich rzek w kolejnych latach z wyjątkiem Wisły, której przepływy maja, czerwca i sierpnia wzrosły. Zmniejszanie się przepływów miesięcznych następowało mimo wzrostu miesięcznych sum opadów większości miesięcy. Zjawiska te mogły być dodatkowo spotęgowane zużyciem wody w rolnictwie, przemyśle i gospodarce komunalnej.

Wody gruntowe na obszarze Krakowa występują w kilku piętrach wodonośnych. Duże znaczenie gospodarcze mają piętra: czwartorzędowe, trzeciorzędowe i jurajskie. Znacznym przemianom uległ czwartorzędowy poziom wodonośny na skutek regulacji i spiętrzenia Wisły, a także melioracji. Po regulacji Wisły w XIX w., która doprowadziła do pogłębienia koryta rzeki, wzrósł spadek hydrauliczny wód tego poziomu i doszło do obniżenia zwierciadła wód gruntowych w obrębie najniższej terasy Wisły, co przyczyniło się do polepszenia warunków klimatycznych w tym rejonie. Ponowne zaburzenia spadku hydraulicznego nastąpiły w drugiej połowie XX w. na skutek spiętrzenia Wisły stopniami wodnymi. Powyżej stopni doszło do podniesienia poziomu wód podziemnych, co spowodowało podtopienie znacznej części miasta położonej na najniższej terasie Wisły oraz utrudnienie wymiany wód gruntowych w obrębie tej terasy. Stopnie wód zlokalizowano w przekopach ścinających zakola Wisły, wskutek czego długość Wisły w granicach obecnego Krakowa znacznie zmalała (ok. 10%).

Wielkim bogactwem Krakowa są wody mineralne występujące w obrębie utworów trzeciorzędowych. Wykorzystywane są one w lecznictwie już od początku XIX w., jednakże

są one narażone na zanieczyszczenia przenikające z atmosfery do gleby.

Największym zagrożeniem dla jakości wód Krakowa stały się w ciągu ostatnich dziesięcioleci ścieki przemysłowe i komunalne Krakowa oraz innych ośrodków przemysłowych (Górny Śląsk, Oświęcim, Czułów, Tychy). Doprowadziły one do skażenia zarówno wód powierzchniowych, jak i podziemnych. Na obszar Krakowa żaden z cieków nie prowadzi wód klasy I czystości. Wisła spływa na teren miasta już z wodami pozaklasowymi, natomiast dopływy Wisły wpływają do Krakowa prowadzą wody II i III klasy czystości, lecz po przepłynięciu przez miasto ich jakość pogarsza się tak, iż stają się wodami pozaklasowymi. Dzieje się tak, ponieważ znaczna większość ścieków przemysłowych i komunalnych Krakowa nie jest oczyszczana lub jest oczyszczana tylko częściowo. Zrzuty ścieków doprowadziły nie tylko do zanieczyszczenia wód rzecznych, lecz również do ich podgrzania. Największe zmiany w reżimie termicznym wód obserwuje się w przypadku Wisły, która na skutek podgrzania wodami zrzutowymi z elektrociepłowni nie zamarza od prawie czterdziestu lat. Znikły na niej zjawiska lodowe: tylko sporadycznie występuje śryż i kra lodowa. Również jakość wód podziemnych uległa pogorszeniu głównie w skutek infiltracji korytowej z atmosfery i gleby.

W związku ze złą jakością zarówno wód powierzchniowych, jak i podziemnych na terenie Krakowa wody te nie kwalifikują się jako wody do picia, a w wielu przypadkach nawet dla przemysłu. Toteż ponad połowę zapotrzebowania Krakowa na wodę zaspokaja woda doprowadzana ze zbiornika na Rabie. Resztę zapotrzebowania pokrywa woda z Rudawy, Dłubni i Sanki ujmowana w peryferyjnych rejonach miasta oraz woda z ujęć głębinowych i gruntowych. W każdym przypadku musi być ona uzdatniana. W przyszłości planuje się przerzut wody z Dunajca do Raby w celu umożliwienia zwiększenia poboru wody ze zbiornika w Dobczycach.

13. PODSUMOWANIE

Przemiany, jakim ulegały stosunki wodne na terenie Krakowa przez kilka stuleci aż do XIX w., zmierzały do uporządkowania stosunków wodnych. W wieku XX doszło do zmian, które doprowadziły do dewastacji środowiska wodnego, głównie w zakresie jakości wód powierzchniowych jak i podziemnych.

Należy sobie zdać sprawę, iż zaniedbanie gospodarki wodnej może stanowić nie tylko barierę dalszego rozwoju gospodarczego miasta, ale przede wszystkim zagrożenie dla zdrowia a nawet życia mieszkańców. W przypadku Krakowa określenie uwarunkowań środowiska wodnego dla krytycznej wielkości miasta jest spóźnione o co najmniej 40 lat (za krytyczną wielkość miasta uważa się taką, przy której ani po względem jakościowym, ani ilościowym nie zostaje naruszona równowaga wieloletnich odnawialnych zasobów wodnych). Wobec obecnej degradacji zasobów wodnych nieomal każda wielkość Krakowa - nawet ta sprzed 40 lat - mogłaby stanowić wartość krytyczną. Dalszy rozwój miasta i regionów mających wpływ na stan jego środowiska wodnego wydaje się niemożliwy, gdyż degradacja wód jest tak szybka, iż nie nadąża za nią rozbudowa środków technicznych umożliwiających oczyszczenie tych wód (Augustyniak, Lewińska, 1985).

Podstawą współczesnej ochrony środowiska wodnego powinna być nie tylko budowa oczyszczalni ścieków, lecz konieczna jest przede wszystkim właściwa strategia rozwoju gospodarczego miasta i zwiększenie efektywności gospodarowania oraz oszczędne gospodarowanie przestrzenią.

W Krakowie została zaniedbana również ochrona i zabezpieczenie tych obiektów wodnych, jakie jeszcze pozostały. Sieć wodna jest ważna nie tylko ze względu na możliwość jej wykorzystania w życiu gospodarczym, ale także ze względu na estetykę miasta zarówno w centrum, jak i w dzielnicach peryferyjnych miasta, gdzie mogłaby stanowić pozytywny i niepowtarzalny element zaplecza rekreacyjnego Krakowa. Zahamowanie niekorzystnych,

antropogenicznych zmian stosunków wodnych pozwoliłoby także na uniknięcie często nieodwracalnych zmian innych elementów środowiska geograficznego, takich jak np. mikroklimat, gleby, szata roślinna, świat zwierzęcy.

PODZIĘKOWANIA

Uprzejmie dziękuję dr. Józefowi Kłysiowi (Państwowy Wojewódzki Inspektorat Sanitarny w Krakowie), mgr. inż. Wacławowi Kordeuszowi (Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Krakowie), kierownikowi Kazimierzowi Sasowi (Dział Produkcji Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Krakowie) oraz dr. Zbigniewowi Ustrnulowi (Instytut Meteorologii i Gospod. Wodnej w Krakowie) za udostępnienie mi cennych informacji dotyczących hydrografii Krakowa.

LITERATURA

- Atlas Miasta Krakowa*, 1988, IG UJ, Urząd Miasta Krakowa, Wyd. Geodezji i Gospodarki Gruntami, PPWK, ss. 47.
- Atlas Miejskiego Województwa Krakowskiego*, 1979, Komitet Nauk Geograficznych, Oddział w Krakowie, Urząd Miasta Krakowa, ss. 48.
- Atlas zanieczyszczenia rzek w Polsce*, 1970, 1972, IGW, ss. 146.
- Atlas zanieczyszczenia rzek w Polsce*, 1973, 1975, Inst. Kształtowania Śród. we Wrocławiu, ss. 195
- Atlas zanieczyszczenia rzek w Polsce*, 1977, t. 1. *Dorzecze Wisły*, 1981, Inst. Ochr. Śród., Oddział we Wrocławiu, ss. 123.
- Atlas zanieczyszczenia rzek w Polsce*, 1983, 1986, Inst. Ochr. Śród., Oddział we Wrocławiu, ss. 273
- Augustyniak S., Lewińska J. (1985), *Określenie uwarunkowań środowiska przyrodniczego krytycznej wielkości miasta (synteza)*, IKS, Oddział w Krakowie, ss. 26.
- Bieleński A.K. (1984), *Materiały do historii powodzi w dorzeczu górnej Wisły*, Polit. Krak., Monografia 30, ss. 132.
- Bień B., Ziolo Z. (1988), *Jakość wód powierzchniowych i podziemnych w Krakowie*, Praca magisterska, IG UJ, ss. 83.
- Bromek K. (1967), *Położenie geograficzne, powstanie i rozwój Krakowa*, Spraw. z Posiedz. Kom. Naukowych PAN, Oddział w Krakowie, Lipiec-grudzień, s. 751-753.
- Bromek K. (1975), *Zarys rozwoju historycznego i terytorialnego Krakowa*, Folia Geographica, s. geogr.-oecon. Vol. VIII, s. 15-35.
- Dynowska I. (1980), *Stosunki wodne miejskiego województwa krakowskiego*. Folia Geographica s. geogr.-phys. Vol. XIII, s. 51-73.
- Dynowska I., Jankowski A.T., Soja R. (1985), *Metody oceny wpływu gospodarczej działalności człowieka na odpływ*, Folia Geographica, s. geogr.-phys. Vol. XVII, s. 194-219.
- Dynowski J. (1974), *Stosunki wodne obszaru miasta Krakowa*, Folia Geographica s. geogr.-phys. Vol. VIII, s. 103-144.
- Flisowski J., Konkol T., Wieczysty A. (1966), *Analiza wpływu próbnego piętrzenia Wisły w Dąbiu na poziom wody podziemnej w Krakowie [w:] Problemy regulacji stosunków wodnych na obszarze miasta Krakowa w związku z piętrzeniem Wisły jazem w Dąbiu*, Polit. Krak., Kraków s. 97-116.
- Gołek J. (1957), *Zjawiska lodowe na rzekach polskich*. Prace PHIM Z. 48, ss. 79.
- Hening J. (1983), *Jak uchronić Kraków przed powodzią?*, Gosp. Wodna Z. 3, s. 23-25.
- Jurczak A. (1963), *Próba ustalenia krzywej objętości przepływu dla wodowskazu krakowskiego na podstawie obserwacji przeprowadzonych w latach 1813-1960*,

- Zeszyty Naukowe Polit. Krak., Bud. Wodne Nr 6, ss. 37.
- Jurczak A. (1964), *Prawdopodobieństwo występowania wielkich wód w krakowskim przekroju wodowskazowym*, Czasop. Techn. Nr 9, s. 29-33.
- Kleczkowski A.S. (1964), *Zarys warunków hydrogeologicznych na terenie miasta Krakowa*, Spraw, z Posiedz. Komisji Naukowych PAN, Oddział w Krakowie, Styczeń-marzec 1964, s. 22.
- Kleczkowski A. (1974), *Zaopatrzenie w wodę i regulacja stosunków wodnych w Krakowie*, Zeszyty Naukowe AGH Nr 361, Sozologia i Sozotechnika Z. 1, s 69-77.
- Kleczkowski A.S. (1988), *Wody pitne o wysokiej/jakości i wydajności z tak zwanych piasków bogucickich w Bieżanowie*, Problemy Ekologiczne Krakowa 12, s. 9-18.
- Kmietowicz-Drathowa I. (1965), *Rejsny hydrogeologiczne i miąższość strefy zawodnionej Krakowa*, Kwart. Geol. T. 9, Z. 2, s. 441-442.
- Materiały Biura Projektów Komunalnych w Krakowie, 1987.
- Materiały Państwowego Wojewódzkiego Inspektoratu w Krakowie, 1989.
- Mitkowski J. (1957), *Kraków lokacyjny [w:] Kraków. Studia nad rozwojem miasta*, praca zbior. pod. red J. Dąbrowskiego, Wyd. Lit., Kraków, s 117-139.
- Myszka J. (1978), *Hydrogeologiczne warunki obszaru miasta Krakowa*, Praca doktorska, Kombinat Geologiczny „Południe”, Zakład Badań Geologicznych w Krakowie, ss. 119.
- Pietrygowa Z.(1960), *Stosunki hydrogeologiczne na odcinku doliny górnej Wisły km 80-98 w okresie 1947-1957*, Wiad. Służby Hydrol, i Meteor. Z 4a, ss. 26.
- Pietrygowa Z. (1989), *Wody gruntowe doliny Wiłty między Oświęcimiem a Sandomierzem (wahania stanów)*, St. Osr. Dok. Fizjogr. T. XVII, s. 101-137.
- Punzet J. (1972), *Rozwój poglądów na wielkość maksymalnych przepływów Wisły w rejonie Krakowa*, Prace PHIM Z. 106, s. 3-18.
- Punzet J. (1985), *Wezbrania Wisły w obrębie Krakowa dawniej i dziś*, Gosp. Wodna Z. 8, s. 190-193.
- Radwan J., Więclawie S. (1987), *Występowanie i ochrona wód mineralnych „Mateczny” w świetle badań geologicznych*. Problemy Ekologiczne Krakowa 11, s. 9—18.
- Tłałka A. (1982), *Przestrzenne zróżnicowanie niżówek letnich w dorzeczu górnej Wisły*, Rozprawy Habilitacyjne Nr 63, ss. 119.
- Tobiasz M. (1958), *Historyczny rozwój sieci wodnej Krakowa i jej wpływ na urbanistykę miasta*, Zeszyty Naukowe Polit. Krak. Nr 5, Architektura Z. 2, s. 15-84.
- Tobiasz M. (1961), *Budowa magistrali górnej Wisły i jej wpływ na rozwój miasta Krakowa*, Gosp. Wodna Nr 1, s.11-14.
- Tobiasz M. (1965), *Rozwój przestrzenny Prądnika Białego i Czerwonego*, Zeszyty Naukowe Polit. Krak. Nr 4, Architektura Z. 14, ss. 104.
- Trafas K. (1975), *Zmiany biegu koryta Wisły na wschód od Krakowa w świetle map archiwalnych i fotointerpretacji*. Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geogr. Z. 40., ss. 87.
- Tyczka Z. (1954), *Powodzie w Polsce i ochrona przed nimi w zarysie historycznym*, Gosp. Wodna Z. 4, s. 144-145.
- Wojtaszek T. (1984), *W sprawie ratowania wód mineralnych i właściwego wykorzystania funkcji uzdrowiskowych Krakowa*, Problemy Ekologiczne Krakowa 8, ss. 31.
- Wodowskazy na rzekach Polski, cz. II, Wodowskazy w dorzeczu Wisły i na rzekach Przymorza na wschód od Wisły*, PHIM, WKiŁ, Warszawa, ss. 479.
- Zajcewa J. S. (1984), *Mietydy analiza gidrotologicznych rjadów s celju oceny antropogenicznych 12-mienienij na primierie Wotgi*, Izv. Akad. Nauk SSSR, Sierija Geogr. 1, s. 116-123.
- Zuber A. (1987), *Pochodzenie, zasoby, odnawialność i ochrona wód mineralnych „Mateczny” w świetle badań geologicznych*. Problemy Ekologiczne Krakowa 11, s. 19-22.

CHANGES OF WATER CONDITIONS AT THE CRACOW AREA

Summary

Cracow is situated in a node of three basic morphostructural units: Cracow Upland, Carpathian Foothills and Sandomierz Basin. Water conditions were very important for the existence and development of Cracow. They were one of the main factors of the localization of medieval Cracow settlements. The floor of the Vistula River valley was covered by swamps, over which dominated the dry hills built mostly of Jurassic limestone. On those hills the earliest settlements appeared; therefore a structure of the medieval city was island-like. The river network and wet areas distribution were favorable to the defensive system of the city. Water was exploited for economic and aesthetic purposes (water mills, nurseries, bath, ponds).

Water conditions had been changing considerably since the 12th c. particularly due to man's activity. These changes consisted in the building of new river channels (miracles, moats), drying bogs, filling up lakes and ponds and creating water reservoirs. Water conditions became better adapted and adjusted to the needs of the city.

The first Vistula River engineering works were begun in the first half of the 19th c. Due to these works, the river bed was shortened and deep erosion of the river was intensified. It caused the Vistula River bed to become deeper (about 3.5 m deeper over a 160 year period).

Cracow was threatened by the Vistula River floods a long time. The threat of flood diminished in the 20th c. due to artificial lakes and the damming up of the rivers in the upper Vistula River basin. The hydrotechnic constructions and river training caused other consequences: the irregularity of maximum flow and the size of flow with low frequency of appearance increased in the period 1860-1960. The speed of the flow increased also and the concentration time decreased.

In the middle of the 20th. c., the run-off of the Vistula River was decreasing in spite of increasing precipitation. In recent years (1973-1987) a similar tendency could be observed: the run-off of the Vistula, Rudawa, Prądnik and Dłubnia Rivers were decreasing even though the precipitation was increasing. Moreover, the mean monthly run-off of the above-mentioned rivers were decreasing in the following years except the May, June and August run-off of the Vistula River. The decreasing mean monthly run-off in spite of increasing precipitation, could also be caused by the use of water in industry, agriculture and municipal economy.

The ground water in Cracow occurs in a few water-bearing horizons. The horizons in the Quaternary, Tertiary and Jurassic layers are of great importance in Cracow. The Quaternary horizon underwent the most significant changes due to straightening the course and damming up the Vistula River and land reclamation. Its gradient began to increase as early as the 19th. c., i.e. after the Vistula River training. The ground water level was lower then. Owing to this, the climatic conditions in the city became better. The next disturbances of the gradient of the water table again took place in the second half of the 20th c. due to damming up the Vistula River using three weirs: "Przewóz", "Dąbie", "Kościuszko". The ground water table rose behind the Dąbie causing the drowning of the city area located at the lowest terrace and limited the water exchange in this terrace. The weirs are located in the ditches cutting the meanders of the Vistula River; therefore, the length of the river in Cracow considerably diminished (about 10%).

The real riches of Cracow are mineral waters occurring within the Tertiary Formation. These waters have been used for medicinal purposes from the beginning of the 19th c. Recently they are threatened by pollution from the atmosphere due to their shallow location.

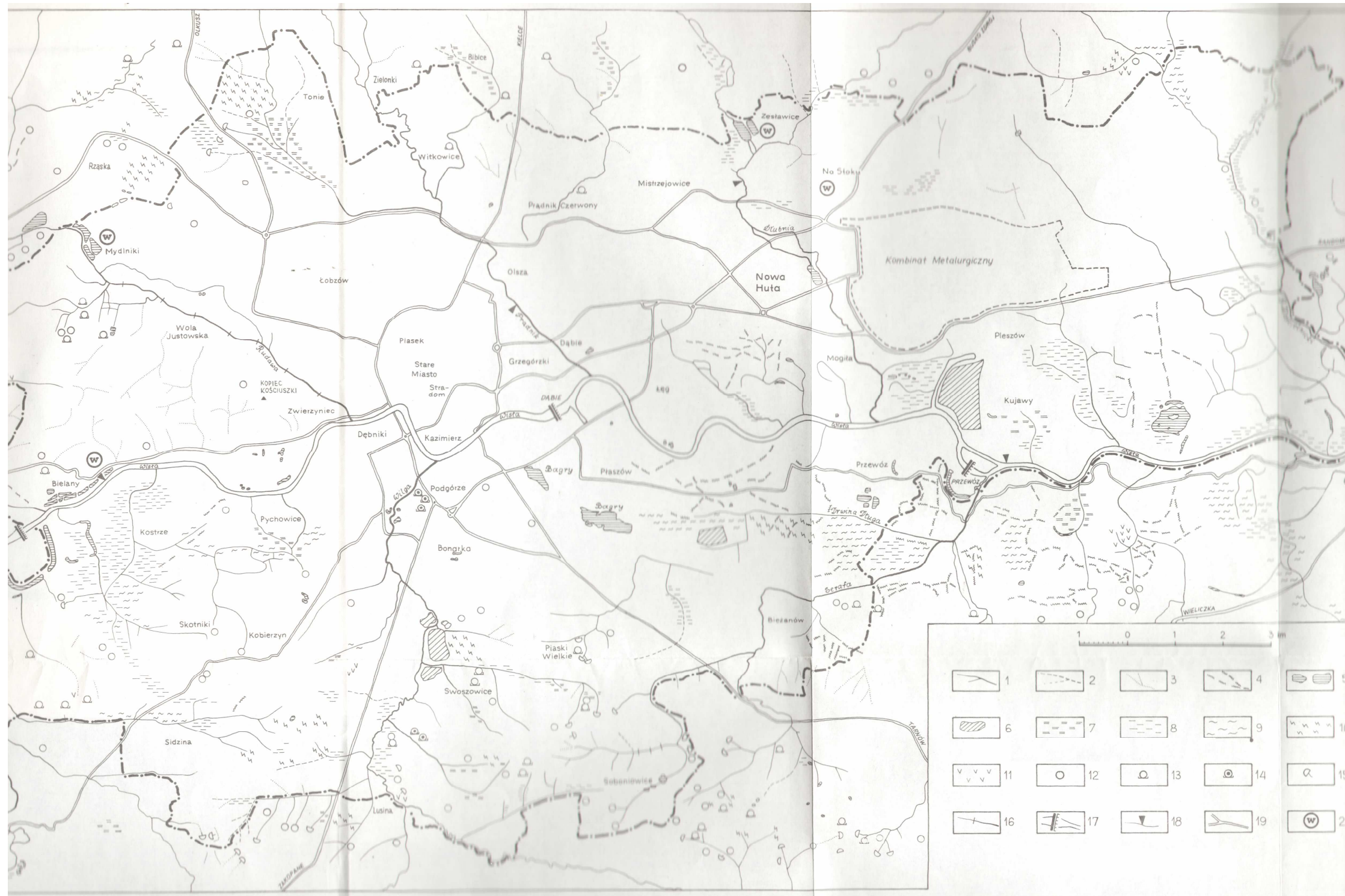
The most dangerous threat for the quality of surface and subsurface waters in Cracow in the last decades come from industrial and municipal sewage from Cracow and the other

regions (Silesia, Oświęcim, Czułów, Tychy). There is not any river with Ist class water in the Cracow area. The Vistula River flows into the city with water beyond classification, whereas the tributaries of the Vistula River flow into Cracow with IInd and IIIrd class water but after flowing through the city, they also become beyond classification. Most of the municipal and industrial sewages have not been cleaned or have been cleaned only partly. The quality of the ground water worsened due to the infiltrating contaminated river waters and penetrating pollutions from the atmosphere and soil.

At the beginning of this century, the Vistula River was frozen for over month every year. Sewage disposal caused warming of its water. The Vistula River has not been frozen over for almost forty years because of sewage from the power station Skawina and sewage from Silesia. The ice phenomena disappeared there: brash-ice and ice float only sporadically take place.

In connection with considerable contamination of surface and subsurface waters in Cracow, the fresh water must be brought from outside the city. Cracow requires yearly about 100 mln m³ of water. More than half of the fresh water is pumped, at a rate of 2 m³/s from reservoir on the the Raba River, in the Carpathian Mountains. The rest of the city's water needs are met by local intakes from the Vistula's tributaries located on the border of the city, and from deep ground water intakes. The entire city water supply is handled by four water treatment plants. Some industrial works and small farms in peripheral areas have their own ground water and deep-water intakes. In the future, water from the Dunajec River will be diverted to the Raba River in order to increase water available for Cracow.

The water conditions have been changed by man from the Middle Age to the 19th c. His activity tended towards adaptation and utilization of water in the city. In the 20th c. man's activity brought water conditions to a point of devastation. The protection of water has been neglected. Water conditions are very important for city life. It can be used not only for industry and municipal purposes, but for beauty of the city too, as in earlier centuries. Moreover, the restraint of unfavorable changes of water conditions would allow for the avoidance of irreversible changes of other elements of the natural environment, i.e. microclimate, soils and vegetation cover.



Ryc. 2. Mapa hydrograficzna Krakowa (wg Dynowski, 1974, badania własne): 1 - cieki stałe, 2 - cieki okresowe, 3 - cieki epizodyczne, 4 - rowy melioracyjne, 5 - stawy, 6 - osadniki przemysłowe, 7 - tereny podmokłe stałe, 8 - tereny podmokłe okresowe, 9 - tereny odwadniane rowami, 10 - obszary zdrenowane, 11 - wycieki i wysięki, 12 - źródło, 13 - źródło obudowane, 14 - źródło mineralne, 15 - młaz, 16 - korekcja progowa, 17 - stopień wodny, 18 - wodowskaz, 19 - główne ulice, 20 - zakład wodociagowy

Fig. 2. Hydrological map of the Cracow area (after Dynowski, 1974, author's investigation): 1 - permanent streams, 2 - periodic streams, 3 - ephemeral streams, 4 - drainage ditches, 5 - ponds, 6 - industrial reservoirs, 7 - permanent marshes, 8 - periodic marshes, 9 - terrain with drainage system, 10 - drained area, 11 - ground water outflows, 12 - spring, 13 - spring enclosed for water intake, 14 - mineral spring, 15 - bog-spring, 16 - gully control step, 17 - weir, 18 - water-level gauge, 19 - main streets, 20 - pumping and fitting station



Ryc. 10. Średnie miesięczne przepływy Wisły, Rudawy, Prądnika i Dłubni w procentach średniego przepływu danego miesiąca oraz miesięczne sumy opadów w Krakowie w procentach średniej sumy opadów w danym miesiącu piętnastolecia 1973-1987
 Fig. 10. Mean monthly run-off of the Vistula, Rudawa, Prądnik and Dłubnia Rivers in percent of 15-years mean monthly value and monthly precipitation in Cracow in percent of 15-years mean monthly value, 1973-1987