

INSTITUT GEOGRAFII
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Do użytku służbowego Nr 000048

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

ZESZYT 6

ZAGADNIENIA BILANSU WODNEGO RZEK NIZIN ŚRODKOWOPOLSKICH NA PRZYKŁADZIE DORZECZA WILGI

Opracowała: B. Tchórzewska

Warszawa

1966

**WYKAZ ZESZYTÓW
PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ**

za ostatnie lata

1962

- 1 Geografia stosowana — 10 art. — Część I, z1 10.—
- 2 " " — 10 art. — Część II, z1 10.—
- " regionalna, 8 art., s. 219, z1 10.—
- 4 Zagadnienia teoretyczne geografii, 4 art., s. 180, z1 10.—

1963

- 1 Teoria ośrodków centralnych, art. 5, s. 180, z1 10.—
- 2 Metody statystyczno-matematyczne w geografii ekonomicznej, s. 139 + ryc. nlb., z1 10.—
- 3/4 Wybrane zagadnienia z oceanografii fizycznej, art. 12, s. 204, z1 10.—

1964

- 1 Założenia teoretyczne geografii zaludnienia, art. 15, s. 140, z1 21.—
- 2 Zadania i metody współczesnej klimatologii, art. 10, s. 196 z1 24.—
- 3 Wybrane zagadnienia krasu s. 164 + ryc. nlb., z1 24.—
- 4 Zagadnienia z problematyki limnologicznej, s. 180, z1 21.—

1965

- 1 Zagadnienia kartografii ogólnej, s. 138 + ryc. nlb., z1 21.—
- 2 Problemy krajów rozwijających się, 160 + nlb., z1 24.—
- 3 Tendencje integracyjne i dezintegracyjne w geografii XIX i XX wieku (w druku).
- 4 Problemy geografii fizycznej kompleksowej s. 141 + ryc. nlb. z1 24,—

1966

- 1 Perspektywy rozwoju badań geograficznych s. 196. z1 27,—
- 2 Geografia konsumpcji (w druku)
- 3/4 Geografia medyczna (w druku)

WYDAWNICTWA BIBLIOGRAFICZNE IG PAN

- S. LESZCZYCKI, B. WINID — Bibliografia Geografii Polskiej 1945—1951, 1956, s. 219, z1 29.—
- S. LESZCZYCKI, J. PIASECKA, H. TUSZYŃSKA-REKAWKOWA, B. WINID — Bibliografia Geografii Polskiej 1952—1953, 1957, s. 90. z1 24.—
- S. LESZCZYCKI, H. TUSZYŃSKA-REKAWKOWA, B. WINID — Bibliografia Geografii Polskiej, 1954, s. 67, z1 15.—
- Red. J. KOBENDZINA — Polska Bibliografia Analityczna. Geografia. Poz. 1—168, 1956, s. 88, z1 13.50
- Red. J. KOBENDZINA — Polska Bibliografia Analityczna. Geografia. Poz. 169—468, 1956, s. 105, z1 16.—
- Red. J. KOBENDZINA — Polska Bibliografia Analityczna. Geografia. Poz. 469—876, s. 127, z1 24.—
- Z. KACZOROWSKA — Zestaw zagranicznych czasopism i wydawnictw seryjnych z zakresu nauk o Ziemi, znajdujących się w bibliotekach polskich, 1958, s. 400, z1 100.—
- S. LESZCZYCKI, J. PIASECKA, B. WINID — Bibliografia Geografii Polskiej 1936—1954, 1959, s. 315, z1 78.—
- Red. J. KOBENDZINA — Polska Bibliografia Analityczna. Geografia. Poz. 877—1209, s. 94, z1 20.—
- Red. J. KOBENDZINA — Polska Bibliografia Analityczna. Geografia. Poz. 1210—1686, s. 151, z1 20.—
- Red. S. LESZCZYCKI — Bibliografia Geografii Polskiej — 1960, s. 320. z1 7. — (3 zes. Dokumentacji Geograficznej).

INSTYTUT GEOGRAFII
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

Do użytku słuźbowego Nr

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

ZESZYT 6

ZAGADNIENIA BILANSU WODNEGO RZEK NIZIN ŚRODKOWOPOLSKICH NA PRZYKŁADZIE DORZECZA WILGI

Opracowała: B. Tchórzewska

KOMITET REDAKCYJNY:

Redaktor Naczelny: K. Dziewoński
Z-ca Red. Nacz.: D. Kosmowska-Suffczyńska
Członkowie Redakcji: T. Lijewski, H. Szulc, J. Szupryczyński
Sekretarz Redakcji: D. Kosmowska-Suffczyńska
Rada Redakcyjna: J. Barbag, J. Czyżewski, K. Dziewoński,
J. Dylík, R. Galon, M. Klimaszewski, M. Kielczewska-Zaleska,
S. Leszczycki, A. Malicki, B. Olszewicz, A. Ziefhoffer

Redaktor techniczny: W. Spryszyńska

Nakład 300 egz.

Adres Redakcji: Instytut Geografii PAN, Warszawa
Krakowskie Przedmieście 30

Okładkę wydrukowano w Warszawskiej Druk. Naukowej

<http://rcin.org.pl>
Zam. 833/D/66

WSTĘP

Szybki rozwój różnych dziedzin gospodarki powoduje coraz wyraźniej odczuwany brak dostatecznych ilości wody. Wobec tego sprawa należytego wykorzystania na ogół niezbyt dużych jej zasobów urasta do poważnego problemu, o czym świadczą coraz liczniejsze wypowiedzi na ten temat, zarówno w literaturze krajowej jak i zagranicznej.

Przemysł i rolnictwo w związku z perspektywami rozwoju potrzebują rezerw wodnych, podczas gdy w wielu okręgach wykazywane są deficyty wód zarówno powierzchniowych jak i podziemnych. Obok rozwiązań technicznych jak zapory i zbiorniki wodne, pozwalające zmniejszyć szybkość odpływu wód, pierwszorzędного znaczenia nabiera umiejętność należytego gospodarowania posiadanymi zasobami, o nie jest możliwe bez dostatecznej znajomości zagadnienia obiegu wody i prawideł nim rządzących.

Jak wynika z ogólnego bilansu wodnego dla Polski, wody nie powinno brakować /40/, lecz rozkład alimentacji zarówno w czasie jak i w przestrzeni jest nierównomierny, toteż w pewnych regionach, w niektórych miesiącach nadmiar wody jest przyczyną katastrofalnych powodzi, w innych miesiącach nawet tego samego roku może nastąpić dotkliwa posucha. Generalne rozwiązanie tego problemu dla dużych obszarów jest niewłaściwe, ponieważ bilans wodny obliczony dla całego dorzecza np.: Wisły lub Odry nie mówi czy w poszczególnych częściach tak dużego i bardzo zróżnicowanego dorzecza, korzystnie kształtują się stosunki wodne. "Punktem wyjścia do opra-

cowania każdego planu regionalnego musi być bilans wodny regionu, dający możliwość oszacowania wielkości jego zasobów wodnych" /10/.

Wobec tego umiejętność prawidłowego rozwiązania zagadnień bilansów wodnych mniejszych zlewni staje się problemem zasadniczym i coraz częściej sygnalizowanym w literaturze hydrologicznej /2, 5, 10, 56, 64/. Aby poznać bilans wodny kontrolowany, należy obliczyć wszystkie elementy jego równania. Według stosowanych do niedawna w hydrologii metod, wielkość strat podawano jako różnicę opadu i odpływu, ponieważ przy obliczeniu wielkości parowania oraz retencji, napotyka się wiele trudności w należytych określeniu tych dwu składników. Metodyka badań nad zagadnieniami bilansu wodnego jest nadal szeroko dyskutowana. "Potrzebne jest poszukiwanie odpowiednich sposobów prowadzenia obliczeń bilansowych, a w szczególności zaś sposobów określenia stanów retencyjnych i strat na parowanie fizyczne i biologiczne ..." /15/.

W niniejszym opracowaniu, na przykładzie dorzecza Wilgi, określono elementy bilansu wodnego kontrolowanego. Przystępując do opracowania, postawiono sobie za cel przeprowadzenie badań nad bilansem wodnym, a nie tylko obliczeń bilansu.

Wiadomo, że każdy element bilansu jest obciążony błędem wynikającym z niedoskonałości pomiarów, ale po przeprowadzeniu odpowiednich badań fizycznogeograficznych w zlewni można uniknąć błędów przypadkowych spowodowanych nieznanymi właściwościami dorzecza.

W tym celu przebadano szczegółowo retencję gruntową na podstawie wahań poziomu wód gruntowych, w powiązaniu z warunkami geologicznymi ich występowania. Podjęto także próbę określenia zależności czasowych pomiędzy maksymalnym zasilaniem, a odpływem i retencją.

Przegląd literatury zagadnienia

Od dawna badacze wielu krajów interesowali się zagadnieniem naturalnego bilansu wodnego zlewni, wyrażonego w postaci równania. Największy bodaj wpływ na rozwój polskich badań wywarli A.Penck i współczesny mu V.Oppokow.

Dużym dorobkiem może poszczycić się szkoła niemiecka reprezentowana przez: H.Kellera, K.Fischera i H.Kalweita /33/. Badacze ci opierając się na wynikach pomiarów opadu atmosferycznego i odpływu oraz parowania starają się rozwiązać równanie bilansu wodnego poprzez określenie związków zachodzących między opadem, odpływem i parowaniem.

Szkoła radziecka natomiast wiąże bilans wodny z bilansem cieplnym, obliczając ilości wody wyparowanej w oparciu o mierzony dopływ energii słonecznej do powierzchni Ziemi /11/. Obliczeniem wielkości parowania zajmowali się między innymi B.W.Poliakow, P.Kuzin i A.R.Konstantinow, a także Francuz L.Turc /44/. Szczególnie metoda Konstantinowa obliczania parowania terenowego, po przystosowaniu jej do warunków w Polsce /17/ jest coraz częściej używana przy opracowaniach bilansów wodnych.

Metoda bilansu wodnego podana przez uczonych amerykańskich W.C.Thornthwaite'a i J.B.Methera /72/ dotycząca w szczególności bilansu wodnego gleby jest mało u nas znana, a zasługuje na uwagę ze względu na przydatność dla potrzeb rolnictwa.

Pierwszym z Polaków, który szukał metody rozwiązania kontrolowanego bilansu wodnego był R.Roskoński /57/. Starał się on obliczyć wskaźnik parowania przyjmując formułę Szymkiewicza oraz wskaźnik zmian retencji, na podstawie zmiany poziomu wody gruntowej.

Odmienny sposób rozwiązania podaje K. Dębski /9/, opierając się na Schroederze i Roskońskim. Oblicza on bilans wodny zlewni Wisły po Warszawę, wychodząc z założenia, że przepływ rzeczny pochodzenia gruntowego jest funkcją retencji gruntowej. W ten sam sposób wykonała obliczenia bilansowe W. Stephan dla dorzecza Pilicy po Przedbórz z tym, że autorka rozszerzyła podaną przez K. Dębskiego metodę, na okresy półroczne i miesięczne i nieco zmodyfikowała, aby móc ją zastosować do mniejszych dorzeczy /66/.

W kilka lat później K. Dębski rozwiązując bilans wodny zlewni Wieprza przedstawił bardzo ciekawy sposób, szeroko stosowany do obliczeń wielkości retencji gruntowej mniejszych dorzeczy, opierając się na różnicy poziomów wód gruntowych w dorzeczu. Jest to metoda studzien wybranych /13/. W obydwu podanych przez K. Dębskiego metodach, znajomość wskaźnika retencji pozwala z równania bilansu określić wielkość parowania terenowego.

Zagadnieniami metod obliczenia kontrolowanego bilansu wodnego zajmował się także J. Oströmęcki, podając przykłady obliczenia wskaźników parowania i retencji /48/, jak również J. Lambor, który przedstawił adaptację metody niemieckiej, opisaną przez Kalweita, wybierając taki sposób obliczenia bilansów wodnych, który jego zdaniem może być stosowany w Polsce. Jest to tzw. metoda korelat /41/.

Problem metodyki badania bilansu wodnego rzek został umieszczony w planie tematycznym badań naukowych PAN na okres 1961-1965 w zakresie problemów szczególnie ważnych dla gospodarki narodowej. W związku z tym cały zespół specjalistów pod kierunkiem prof. dr K. Dębskiego pracuje nad tymi zagadnieniami w Komitecie Inżynierii i Gospodarki Wodnej PAN, a wyniki opracowań są publikowane w kolejnych tomach Prace i Studia Komitetu Inżynierii i Gospodarki Wodnej.

Zagadnienie bilansu wodnego ze względu na duże zapotrzebowanie wody przez rośliny uprawne, jest również szczególnie ważne dla rolnictwa. Toteż Wyższe Szkoły Rolnicze prowadzą badania pod tym kątem, określając ilości wody zawarte w strzemiście /2, 52, 64, 65/.

Inaczej do zagadnienia bilansu wodnego podchodzi hydrogeolodzy, którzy określają wielkość zasobów wód podziemnych przydatnych do eksploatacji, biorąc za punkt wyjścia jednostkę hydrogeologiczną /24/.

Zakres i metoda opracowania

Niejednokrotnie podejmowane próby określenia bilansu wodnego kontrolowanego, nie doprowadziły wprawdzie do pełnego rozwiązania tego zagadnienia, wносиły jednak coś nowego co stanowi krok naprzód w wypracowaniu metodyki badania.

Poszukiwanie sposobów rozwiązania bilansu, szczególnie określenie jego składnika - retencji gruntowej, napotyka na wiele trudności, ponieważ występowanie i obieg wód gruntowych są ściśle uzależnione od wielu czynników przyrodniczych, oddziaływujących z ogromną zmiennością zarówno w czasie jak i w przestrzeni. Dlatego w niniejszej pracy poświęcone wiele uwagi analizie warunków fizyczno-geograficznych, nie poprzestając tylko na wynikach obserwacji, prowadzonych przez PIHM na stacjach nie zawsze najtrafniej wytypowanych.

Podjęto próbę obliczenia bilansu wodnego kontrolowanego według równania w następującej postaci: $P = H + E + \Delta R$ w mm. Jest ono oparte na schemacie podanym przez Pencka-Oppokowa, P oznacza opady atmosferyczne, H - odpływ, E - parowanie, ΔR - zmia-

ny retencji. Każdy składnik równania został określony na podstawie konkretnych pomiarów i obserwacji danego zjawiska. P - opady atmosferyczne obliczone metodą wielokątów równego zadeszczenia /12/ na podstawie sum miesięcznych opadów /obliczone także wartości średnie dobowe opadów w dorzeczu/; H - odpływ opracowano na podstawie codziennych stanów wody na wodowskazie kluczowym oraz krzywej konsumpcyjnej, uwzględniając jej okresowe zmiany spowodowane ruchami dna koryta w przekroju wodowskazowym, a także wpływ cofki przy wysokich wodach recipienta; E - parowanie terenowe zestawiono posługując się metodą Konstantinowa dla wartości wyjściowych średnich dobowych i średnich miesięcznych; ΔR - przyrost lub zbytek retencji obliczone kilkoma metodami, analizując ich przydatność dla określenia retencji mniejszych zlewni Niżu Środkowopolskiego.

Bilans wodny opracowano za okres sześciu lat hydrologicznych 1959-1964, w przedziałach rocznych, półrocznych i miesięcznych, zestawiono także wartości dobowe. Obliczenia te wykonano dla dorzecza Wilgi położonego na obszarze Nizin Środkowopolskich. Wybrano tę zlewnię ze względu na długolletnią serię obserwacji wodowskazowych na profilu wyjściowym w Wildze, oraz ze względu na niezbyt duże jej rozmiary, co pozwoliło na przeprowadzenie hydrograficznych badań terenowych w całym dorzeczu.

Badania przeprowadzono w latach 1962, 1963 i 1964, w miesiącach: lipiec, sierpień i wrzesień, a także w innych miesiącach, ale wówczas ograniczono się już tylko do sporadycznych pomiarów i obserwacji. W terenie wykonano kartowanie hydrograficzne, według instrukcji opracowania mapy hydrograficznej Polski /27/.

Opracowanie oparto przede wszystkim na następujących materiałach:

- 1/ pomiarach i badaniach terenowych,
- 2/ obserwacjach hydrologicznych i meteorologicznych, prowadzonych przez Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny, publikowanych i niepublikowanych /58/,
- 3/ obserwacjach specjalnych, np.: szybkości przesiąkania,
- 4/ materiałach geologicznych opracowanych przez Instytut Geologiczny.

Podczas badań terenowych zmierzono w dorzeczu Wilgi i dorzeczach sąsiednich stany wody w około 1700 studniach gospodarskich przynajmniej jeden raz, około 30% pomiarów powtórzono kontrolnie przy różnych stanach wody. Do opracowania wykorzystano 1470 studni.

Zarejestrowano 15 źródeł, oraz w trzech przypadkach stwierdzono linie źródeł, gdzie ilość punktów wypływu była niemożliwa do ustalenia. Zbadano cechy fizyczne i chemiczne wody źródeł, oraz mierzone ich wydajność.

Na Wildze i jej dopływach wykonano około 60 pomiarów przepływu w wybranych profilach, w większości pomiary były powtarzane przy różnych stanach wody /ryc.1/.

Obok spostrzeżeń i pomiarów hydrometrycznych rejestrowano rodzaj utworów powierzchniowych, a w celu bliższego określenia ich przepuszczalności, w środkowej części zlewni wykonano 63 pomiary prędkości wsiąkania wody w poszczególne rodzaje gruntu.

Badania wód gruntowych prowadzone były także na profilu wyznaczonym w poprzek zlewni w jej środkowej części /18,5 km długości/, biegnącym od miejscowości Lipówki na północy, wzdłuż szosy War-

szawa - Lublin, do miejscowości Gąsów na południu. Wzłusk tego profilu przeprowadzone pomiary wód gruntowych w 31 studniach w pięciu seriach:

- I - przy stanie wody wyjątkowo wysokim /19.V.1962/
- II - dla wód średnich /11.X.1962/
- III - w okresie zimowym przy temperaturze powietrza - 18°C dla wybranych studni /16.I.1963/,
- IV i V - przy bardzo niskim stanie wody /9-10.VIII.1963 i 23-24.VII.1964/.

Z PIHM uzyskano następujące dane: 1/ wysokości opadów atmosferycznych na stacjach w dorzeczu rzeki Wilgi: Miętne, Wilga, Rowy Taluba, Kolonia Unin, Żelechów i poza dorzeczem Radoryż; 2/ stany wody na trzech wodowskazach w Wildzie; 3/ wyniki pomiarów przepływu wykonanych ~~na~~ przekroju wodowskazowym; 4/ stany wody na zlikwidowanym wodowskazie w Garwolinie i wyniki pomiarów przepływu; 5/ stany wody, oraz wielkości przepływu na Wiśle w Żłodzku; 6/ codzienne obserwacje wielkości odpływu i temperatury wody dwu źródeł: w Zawadach-Garwolin i w Sulbinach, oraz cotygodniowe obserwacje stanów wody w studni w Kolonii Unin. W Żelechowie seria obserwacji wód gruntowych była bardzo krótka i niepełna; 7/ temperatury powietrza i czas zalegania pokrywy śnieżnej w Żelechowie. Ze względu na braki w obserwacjach i krótki ich ciąg na tej stacji, do obliczeń parowania i charakterystyki klimatycznej wykorzystano dane ze stacji w Sobieszynie, położonej w odległości 23 km na SE od dorzecza Wilgi (φ 51° 36', λ 22° 10'). Spośród pobliskich stacji klimatycznych: Otwock, Siedlce, Dęblin i Sobieszyn, wybrano tę ostatnią, ze względu na pełny i długi ciąg obserwacji, oraz stosunkowo niewielką odległość.

Obserwacje specjalne były wykonywane na zlecenie, ponieważ obserwacje wód gruntowych w jednym

tylko punkcie /Kolonii Unin/ i raz w tygodniu uznano za niewystarczające. Po zbadaniu 248 studni w roku 1962 wytypowano 3 studnie gospodarskie w miejscowościach: Kolonia Izdebno, Izdebno i Czyszków /ryc.1/, w których mierzone, codzienne stany wody, w okresie dwu lat hydrologicznych 1963 i 1964. Obserwacje te prowadzili miejscowi gospodarze, kontrolowani kilkakrotnie w ciągu roku.

Materiały geologiczne badanego terenu nie opublikowane otrzymano z Archiwum Instytutu Geologicznego; zawierały one opisy map geologicznych szczegółowych /21, 61/, oraz wyniki najnowszych badań dotyczących ukształtowania podłoża czwartorzędu /42/, jak również nie publikowane wyniki wierceń /76/.

I OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OPRACOWANEGO DORZECZA

Położenie

Opracowanie dotyczy dorzecza rzeki Wilgi, znajdującego się w granicach administracyjnych województwa warszawskiego /powiat Garwolin/ i w górnej części zlewni - województwa lubelskiego /powiat Łuków/.

Według podziału regionalnego Polski, zlewnia ta leży na obszarze podprzewiejsi Nizin Środkowopolskich, której granicę N wyznacza w przybliżeniu zasięg zlodowacenia Würm, zaś granicę S - Riss. O ukształtowaniu terenu i krajobrazie zdecydowały głównie utwory zlodowacenia Riss. Zostały wyróżnione tu dwa typy krajobrazów naturalnych /34/.

Opis krajobrazów

I Krajobraz staroglacjalny. Utwory powierzchniowe są zwietrzałe i odwapnione, gleby mają charakter bielie. Przeważają rozległe równiny będące wynikiem denudacji peryglacjalnej, wzniesienia są ostańcami zatartej już rzeźby glacialnej wdenudowanych moren czołowych, ozów lub starych sandrów. Obecnie erozja gleb na tym terenie jest znikoma, a przedjętne jej nasilenie określa się na 1,0 według skali dziesięciostopniowej /67/. Wody powierzchniowe posiadają sieć rzeczną regularnie rozwiniętą, brak jest jezior pochodzenia glacialnego. Ten typ krajobrazu występuje w całym dorzeczu, poza doliną Wisły.

II Krajobraz dolin rzecznych - tarasów wydmych. W dolinach rzecznych występują mady i piaski rzeczne, a w obniżeniach torfy. Charakterystyczny dla rozległych dolin rzecznych jest gatunek krajobrazu określony jako tarasowo-wydmy. Teren zbudowany jest z piasków aluwialnych w większej części przewianych w wydmy. W misach wywiania i pomiędzy wałami wydmy znajdują się mokradła, często zatorfione. Poziom piaszczysto-akumulacyjny jest na ogół pozbawiony wód powierzchniowych; ponieważ przeważa tu wsiąkanie. Ten typ krajobrazu jest charakterystyczny dla rozległej doliny Wisły, a tym samym dla dorzeczy dolnych odcinków jej dopływów.

Wielkość zlewni

Wilga jest prawym dopływem Wisły. Ujście znajduje się na 456 km Wisły. Najbliższy wodowskaz na Wiśle powyżej ujścia Wilgi znajduje się w Kłodzie w

odległości 23,7 km, a poniżej ujścia Wilgi w Królewskim Lesie w odległości 11,0 km. Stany wody Wisły przy ujściu Wilgi sięgają rzędnych: przy NNW 93,9 m n.p.m., przy NSW 94,3 m n.p.m., przy NWW 98,9 m n.p.m.

Wodowskaz na Wildze znajduje się 2,5 km powyżej ujścia Wilgi do Wisły wzdłuż nowego koryta. Jest to odcinek przekopany i obwałowany od wodowskazu do ujścia rzeki. Dawniej Wilga wpadała do Wisły poniżej ujścia Pilicy, obecnie wbec skrócenia rzeki, Wilga wpada do Wisły nowym korytem powyżej ujścia Pilicy. Stare koryto, nazywane Starą Wilgą, odprowadza wody z obszaru 11 km², znajdującego się już poza badaną zlewnią.

Powierzchnia dorzecza Wilgi po wodowskaz w Wildze według pomiarów autorki wynosi 579,2 km². Dział wodny został przeprowadzony na mapach w skali 1:100 000 oraz 1:50 000 i 1:25 000. Szczególnie wątpliwe odcinki działu, a praktycznie około 80% jego długości, zostały sprawdzone w terenie. W rocznikach PIHM podana jest powierzchnia zlewni - 564,0 km² /58/. S.L. Dąbkowski określa ją na 570,7 km² /7/, a w charakterystyce hydrograficznej regionu VIII /67/ do którego należy Wilga, podano powierzchnię tego dorzecza = 469,8 km². W dwu pierwszych opracowaniach różnice w obliczeniu wielkości zlewni wynikają zapewne z map, na których prowadzono działki, oraz z odchyień indywidualnej interpretacji przebiegu działki wodnego przez poszczególnych autorów. Natomiast w opracowanie dotyczące regionu VIII wkraść się niewątpliwie błąd, ponieważ podana powierzchnia jest mniejsza około 100 km², a więc około 20%.

Ukształtowanie dorzecza

Dorzecze Wilgi na północy przylega do zlewni rzeki Świder, na wschodzie do Bystrzycy - dopływu Wieprza, a na południu graniczy z obszarami odwadniającymi do Wisły przez Okrzejkę i Promnik /ryc.1/.

Kształt dorzecza Wilgi jest wydłużony w kierunku równoleżnikowym, szerokość od kilku do 20 km, długość 48 km.

W dolnej części zlewni dział wodny przebiega po wydmach, na północy dział przechodzi przeważnie przez wzgórza fluwioglacjalne i morenowe, o największych na tym terenie wysokościach bezwzględnych. Na wschodzie przecina zabagnioną dolinę Wilgi - Bystrzycy natomiast na południu przechodzi wyniosłościami z gliny zwałowej lub wałami wydmowymi.

W okolicy Woli Miastkowskiej i Kruszówki występują największe wysokości 208 m n.p.m., skąd teren opada w kierunku z północno-wschodu na zachód. Na obszarze źródłowym rzeki wysokość jej koryta wynosi 172 m n.p.m., a przy ujściu 96 m, co wobec długości rzeki około 65 km daje średni spadek 1,2‰.

W górnej części zlewni teren jest dość zróżnicowany, choć sama dolina jest szeroka i płaska, w środkowym biegu - od miejscowości Wilczyńska do Oziemkówki - zwięża się wyraźnie, a zbocza jej są miejscami stromo nachylone. Ta część dorzecza jest bardzo urozmaicona, dolinki dopływów głęboko wcięte, a deniwelacje terenu stosunkowo duże. W dalszym biegu dolina jest dość rozległa, a teren mało zróżnicowany, natomiast w dolnym bardzo urozmaicają go liczne wydmy /ryc.2/.

Charakterystyka hydrograficzna

Początku rzeki nie stanowią wyraźne źródła, choć w dorzeczu jest ich wiele. Wilga, zaczyna płynąć w kierunku zachodnim wąskim rowem przekopanym na zatorfionych łąkach koło wsi Kasyldów. Z tych samych łąk drugi rów prowadzi wody na wschód do dorzecza Bystrzycy. Przy wysokich stanach, szczególnie na wiosnę, gdy łąki są zalane, wody odpływają z nich wyraźnie w dwu przeciwnych kierunkach. Należy zaznaczyć, że po bliższym zbadaniu górnej zlewni rzeki nasuwa się podejrzenie, iż pierwotnie Wilga brała swój początek koło Kębłowa, a obecny górny odcinek rzeki długości około 13 km należał do Bystrzycy. O tym wydają się świadczyć kierunki dolin dopływów górnej Wilgi. Cieki spod wsi St.Huta i Jarczew płyną w kierunku NE, a dopiero przy ujściu w dolinie Wilgi zmieniają kierunek na NW. Mały dopływ, na północ od Jarczewa, płynie prawie równoległe do Wilgi, tylko w przeciwnym kierunku, a w pobliżu ujścia zmienia kierunek.

Nie mając dokładnych badań geologicznych, trudno jest stwierdzić, kiedy Wilga zmieniła swój bieg i przeciągnęła z dorzecza Bystrzycy część obszaru. Na linii Ciechomin - Wilczyska - Żelechów znajduje się pas wzniesień o znacznych wysokościach n.p.m., poprowadzony przez nie dział wodny przebiega przez dolinę Wilgi na odcinku o charakterze przełomowym. Wzdłuż tej samej linii przechodzi także dział wodny podziemny, od którego zwierciadło wód gruntowych wyraźnie opada w kierunku na wschód i na zachód. Na tej podstawie można przypuszczać, że Wilga zrabowała z dorzecza Bystrzycy obszar o powierzchni około 92 km^2 /ryc.3/.

Przy stanie średnim odpływ jednostkowy z tego terenu wynosi $1,8 \text{ l/sek.km}^2$, tak więc Wilga z tej przeciągniętej części zlewni odprowadza około 165 l/sek wody, co stanowi 8% odpływu z całego dorzecza.

Poniżej odcinka przełomowego w Wilczyskach, Wilga przyjmuje cztery niewielkie stałe prawe dopływy i trzy małe dopływy lewe o średnim przepływie od kilku do 30 l/sek , oraz kilka cieków okresowych. Dopiero na 19 km od ujścia, rzeka przyjmuje znaczny dopływ lewy o przepływie średnim około 250 l/sek i powierzchni zlewni 97 km^2 . Odtąd, to jest od miejscowości Rębków, aż do ujścia do Wisły, Wilga nie ma stałych dopływów, a jedynie dwa okresowe. W obrębie wysoczyzny odpływ zasilany jest przez liczne stałe wysięki i wycieki na zboczach doliny.

Gęstość sieci wodnej w dorzeczu jest różna. Opracowana metodą ekwidystant /77/ pokazuje, że w górnej części zlewni maksymalne odległości do wody nie przekraczają $2,5 \text{ km}$, w środkowej części osiągają 3 km , a w dolnej dochodzą do 4 km . Tak więc w przypadku dorzecza Wilgi w obszarach źródłowych maksymalne odległości do wody są znacznie mniejsze niż w dolnej części dorzecza.

Wody powierzchniowe stojące w dorzeczu Wilgi - to tylko stawy rybne w dolinach, małe zbiorniki przy młynach, oraz glinianki i sadzawki. W północnej części zlewni na NE od Pilawy znajduje się jedno niewielkie, naturalne jezioro. Powierzchnia zajęta przez stawy rybne jest sezonowo zmienna. Ogólnie wody stojące zajmują około $3,5 \text{ km}^2$, co stanowi $0,6\%$ powierzchni dorzecza.

Pokrycie i zagospodarowanie terenu

Ze względu na transpirację i odpływ ważnym zagadnieniem dla bilansu wodnego jest szata roślinna, a szczególnie procent lesistości zlewni. Ponieważ brak jest nowych dostępnych map, które by na odpowiednich podkładach obrazowały aktualne powierzchnie zajęte przez lasy, dokładne określenie ich wielkości jest praktycznie niemożliwe. W przybliżeniu lasy zajmują około 15% powierzchni dorzecza, a więc znacznie mniej niż średnia dla kraju /24%/ i nieco mniej niż średnia dla województwa warszawskiego /18,1%/ /34/.

Lasy występują głównie na piaskach fluwiogłajnych i aluwialnych. Nie stanowią one jednego zwartego kompleksu, lecz rozrzucone są w całym dorzeczu. Procent lesistości w górnej i środkowej części zlewni jest mniejszy, natomiast w dolnej znacznie większy. Na powierzchni 60 km² w dolnej części zlewni, lasy zajmują około 32 km² /dane z pomiaru na mapie w skali 1:100 000/, co stanowi ponad 50%.

W całym dorzeczu niewiele mniejszą powierzchnię niż lasy zajmują użytki zielone. Są to na ogół łąki w dolinach rzek, a rzadko łąki śródpolne. Większa część obszaru jest wykorzystana pod uprawy rolne, szczególnie zboża i rośliny okopowe. Ze względu na płodozmian, wielkości powierzchni zajętych pod poszczególne uprawy są zmienne, dominują jednak: żyto i ziemniaki.

W dorzeczu Wilgi nie ma większych miast ani obiektów przemysłowych, których istnienie miałyby zasadniczy wpływ na warunki odpływu. Jeśli chodzi o ingerencję człowieka i gospodarkę wodną, to w

ostatnich dwu latach /1963-1964/ prace melioracyjne były prowadzone przede wszystkim w kierunku regulacji koryt rzecznych; na ogół nie budowano śluz ani zastawek, którymi można regulować odpływ. Również nie prowadzono na większą skalę drenowań, ani nawodnień tak pól uprawnych jak i użytków zielonych.

Pewne zakłócenie naturalnego odpływu mogą powodować istniejące na Wildzie młyny wodne, z których cztery okresowo zatrzymują wodę w swych zbiornikach.

W 1964 r. w lecie zaczęto budować, w odległości około 0,5 km powyżej wodowskazu, ujęcie wody z Wilgi do nawodnień łąk położonych w kierunku Zambrzykowa już poza granicami dorzecza.

II OBLICZENIE ELEMENTÓW BILANSU WODNEGO

Przy określaniu poszczególnych elementów bilansu wodnego, obliczenie wielkości zasilania, odpływu i strat $P = H + S$, według dotąd stosowanych metod i kryteriów, nie nasuwa większych trudności. Zagadnieniem nadal dyskusyjnym jest podział wielkości deficytu odpływu na parowanie i retencję, oraz obliczenie tych dwu składników dla uzyskania bilansu kontrolowanego.

W niniejszym opracowaniu parowanie obliczono metodą Konstantinowa, która dla warunków Nizin Środkowopolskich wydaje się najodpowiedniejsza. Zmianom retencji gruntowej poświęcono więcej uwagi, starając się możliwie dokładnie przeanalizować metody jej określania, szczególnie na podstawie zmian zwierciadła wody gruntowej.

Opad

Wysokości opadów atmosferycznych stanowią przychodową część bilansu wodnego. Opady zmierzone przy pomocy ombrometrów uniwersalnych na wysokości 1 m nad poziomem gruntu, pochodzą z procesu kondensacji pary wodnej, zachodzącego w atmosferze na znacznych wysokościach nad powierzchnią gruntu. Pomiarów ombrometrycznych nie uwzględniają osadów atmosferycznych, pochodzących z kondensacji pary wodnej na powierzchni gruntu i w jej sąsiedztwie, jak również kondensacji ukrytej zachodzącej w gruncie. Produkty kondensacji przy powierzchni ziemi i kondensacji ukrytej zwiększają stronę przychodową bilansu wodnego; a po stronie rozchodowej stanowią one ilości wody parującej przez intercepcję. Wobec tego występują one po obydwu stronach równania bilansu wodnego w jednakowej ilości.

Ponieważ zagadnienie to nie jest w dostatecznym stopniu zbadane, a szczególnie metody pomiaru ilości wody pochodzącej z kondensacji, która nie daje się zmierzyć przez powszechnie stosowane ombrometry, nie są jeszcze miarodajne i znajdują się na drodze eksperymentów, każdy zainteresowany może sobie tłumaczyć to zjawisko w dowolny sposób i przyjmować dogodnie dla swych badań wartości /24, 65/.

Opady atmosferyczne są elementem klimatu bardzo zmiennym, zarówno w czasie jak i w przestrzeni, a zbyt mała liczba stacji ombrometrycznych, jaką obecnie dysponujemy, nie pozwala na dokładne obliczenie sum opadowych. W związku z tym, nie uwzględniając powyżej omówionych wielkości zasilania, popełnia się niewielki błąd.

Zastrzeżenie może budzić tylko fakt, że błąd ten jest jednokierunkowy, to znaczy, że wielkość przychodu w bilansie jest zawsze zaniżona, jednak w warunkach nizin jest to procent tak mały, że mieści się w granicach błędu, jaki popełnia się przy określaniu pozostałych składników bilansu.

Średni opad dla całego dorzecza Wilgi obliczono na podstawie pięciu stacji opadowych w dorzeczu: Wilga, Miętne, Kolonia Unin, Rowy Taluba i Żelechów, oraz jednej stacji poza dorzeczem Radoryż /ryc.1/. Stacje te nie są równomiernie rozmieszczone w zlewni: Wilga leży na zachodnim jej krańcu, Miętne, Kolonia Unin i Rowy Taluba znajdują się w środkowej części, Żelechów w górnej części dorzecza, a Radoryż 7 km na wschód od granicy zlewni.

Miesięczne wskaźniki opadu obliczono na podstawie miesięcznych sum opadów dla poszczególnych stacji metodą wielokątów równego zadeszczenia /12/. Ze stosowanych w hydrologii metod obliczania wskaźnika opadu dla dorzeczy nizinnych metoda ta wydaje się najodpowiedniejsza, gdy nie ma w zlewni dużych różnic w wysokości terenu nad poziom morza i żadna część dorzecza nie należy do odrębnej jednostki regionalnej. Po wykreśleniu wielokątów na mapie w skali 1:100 000 otrzymano ze splanimetrowania następujące powierzchnie przypisane poszczególnym stacjom opadowym:

Wilga	41,7 km ²
Rowy Taluba	108,8 km ²
Miętne	64,4 km ²
Kolonia Unin	145,5 km ²
Żelechów	203,9 km ²
Radoryż	14,9 km ²
Razem:	<hr/> 579,2 km ²

Jak wynika z powyższego zestawienia, największą powierzchnię przypisano stacji Żelechów, ale wobec

braku pobliskich stacji opadowych o odpowiednich ciągach obserwacyjnych położenie tej ostatniej rzutowało na wykreślenie wielokątów.

Postępując zgodnie z założeniem metody uznano, iż na powierzchnię danego wielokąta spadł opad o wysokości, jaką pomierzono na stacji odniesienia. Miesięczne wskaźniki opadów obliczono według wzoru:

$$P = \frac{\sum P_k F_k}{\sum F_k} \quad \text{gdzie}$$

F_k oznacza powierzchnię wielokąta, a

P_k - miesięczną sumę opadu

W tabeli 1 zestawiono miesięczne, półroczne i roczne wskaźniki opadów atmosferycznych dla poszczególnych lat bilansowych, oraz średnie sześciolateczne wskaźniki miesięczne, półroczne i roczne.

Jeśli porównać wartości roczne wskaźników opadu w mm, obliczone metodą wielokątów równego zadeszczenia ze średnimi arytmetycznymi z rocznych sum opadowych dla tych samych stacji, to różnice kształtują się następująco:

rok	średnia aryt.	metodą wielokątów	różnice
1959	389,4	393,0	- 3,6
1960	686,6	696,4	- 9,8
1961	435,6	445,6	-10,0
1962	748,9	731,5	+17,4
1963	520,4	519,4	+ 1,0
1964	418,2	414,7	+ 3,5
średnia	533,1	533,4	- 0,3

Jak wynika z powyższego zestawienia, różnice nie są duże nawet w poszczególnych latach, a w średnich 6-letnich prawie zanikają. Należy podkreślić, że wskaźnik opadu rocznego obliczony ze średniej arytmetycznej nie jest ani zaniżony ani zawyżony, ponieważ na sześć rozpatrzonych lat, w trzech różnice są dodatnie, a w trzech ujemne. Wobec tego można sądzić, że nie popełnia się istotnego błędu przy obliczaniu średnich wieloletnich wskaźników opadu dla dorzeczy Nizin Środkowopolskich na podstawie średnich arytmetycznych, pomijając dość żmudną i czasochłonną metodę wielokątów równego zadeszczenia. Nie można natomiast obliczać wskaźników opadu jako średniej arytmetycznej z sum opadów poszczególnych stacji dla półroczy lub miesięcy. Wartości otrzymane tymi dwoma metodami dla okresów krótkich różnią się znacznie, szczególnie w półroczu letnim, gdy częste są opady burzowe.

Dla określenia opóźnień obliczono średnie arytmetyczne wartości dobowych opadu z pięciu stacji opadów w dorzeczu. Oczywiście nie są to dokładne wartości średniego opadu dobowego dla całego dorzecza, wydaje się jednak, że dla celów porównawczych, a nie obliczeniowych, można je uznać za wystarczające i bardziej reprezentatywne, niż dane codzienne z jednej wybranej stacji, choćby najpewniejszej i położonej najbardziej centralnie.

Odpływ

Wskaźniki odpływu określono na podstawie stanów wody na wodowskazie w Wildze, oraz pomiarów wielkości przepływu w przekroju wodowskazowym.

Przebieg stanów wody

Na rzece Wildze w miejscowości Wilga znajdują się trzy wodowskazy: I powyżej przelewu /górnego/, II na przelewie, III na moście drogowym poniżej przelewu. Codzienne notowania stanów wody na tych wodowskazach są prowadzone przez obserwatora FIHM.

Wodowskaz powyżej przelewu jest założony przewidywano w celu określenia nieobniżonego poziomu wody górnej i nie ma pełnej serii obserwacji. Wodowskaz na przelewie, umieszczony przy lewym przyczółku w odległości 0,8 m od górnej krawędzi przelewu, jest ustawiony niewłaściwie. Jak wykazały badania modelowe, w miejscu jego usytuowania występuje obniżenie zwierciadła wody, spowodowane wpływem kontrakcji bocznej przyczółka przelewu. Poza tym przelew został tak zaprojektowany, aby pomieścił wody wysokie, ale ze względu na zbyt duże światło przelewu, wody przy stanach niskich nie rozkładają się równomiernie wzdłuż całej korony. Toteż przepływy odczytane z krzywej wydatku przelewu dla fałszywych stanów wody nie odpowiadają rzeczywistości.

Wobec tego do określenia codziennych wielkości przepływu, korzystano z obserwacji wodowskazu umieszczonego na moście drogowym oraz krzywej konsumcyjnej skonstruowanej dla tego przekroju. Łata wodowskazowa składa się tu z dwu części: dla wód niskich i średnich jest ustawiona w korycie rzeki, a dla wysokich jest przymocowana do filaru mostu przy lewym brzegu. Odcinek rzeki od przelewu aż do ujścia jest uregulowany i posiada wały przeciwpowodziowe. Koryto, w przekroju wodowskazowym dla wód niskich i średnich, ma kształt trapezu o szerokości dna 4 m i pochyleniu skarp 1:4,4 /7/, natomiast dla wód wielkich koryto ma przekrój złożo-

ny, w górnej części ograniczony przez wały przeciwpowodziowe. Według pomiarów niwelacyjnych PIHM, zero wodowskazu znajduje się na wysokości 97,150 m n.p.m.

Stany wody obserwowane na wodowskazie w Wildze wahają się od 40 cm /minimum absolutne zanotowane w dniu 9.VII.1957 r./ do 340 cm /maksimum absolutne w dniu 6.VI.1962 r./ a więc amplituda wynosi 300 cm.

Na rycinie 4 przedstawiono stany maksymalne, minimalne i średnie roczne z 15 lat - 1949-1964 /bez roku 1954, ponieważ brak jest obserwacji w ciągu półtora miesiąca/. Stan średni z tego okresu wynosi 107 cm, a strefa stanów średnich jest zawarta w granicach od 88 do 144 cm. Stan średni w okresie bilansowania był niższy od średniego z 15-lecia o 19 cm i wynosił 88 cm, również nieco niższe były średnie z rocznych maksimów i z rocznych minimów.

Podpiętrzenie stanów cofką Wisły

Przechodząc do określenia wielkości przepływu, należy podkreślić, iż w profilu wodowskazowym zaobserwowane stany wysokie nie zawsze odpowiadają równie wysokim przepływom, ponieważ wodowskaz znajduje się w cofce Wisły.

Wysokie stany wody na Wiśle i na Wildze występują na ogół równocześnie. W tych okresach przepływy Wilgi są funkcją spiętrzonych stanów wody, przez podparcie w odcinku ujściowym wysokimi stanami w korycie Wisły. W celu możliwie dokładnego określenia wielkości odpływu należało określić stany podpiętrzone, a następnie zredukować wielkości przepływu. Najprostszym sposobem określenia objętości przepływu na profilu podlegającym cofce jest nawiązanie do stanów wody na wodowskazie znajdującym się na tej

samej rzece, ale już powyżej zasięgu cofki /45/. W rozpatrywanym przypadku można by łatwo przeprowadzić redukcję gdyby na rzece Wildze znajdował się powyżej, drugi wodowskaz.

W latach 1946-1954 prowadzono obserwacje na wodowskaziu w Garwolinie, jednak po stwierdzeniu, że pozostaje on pod wpływem zmiennej cofki pobliskiego młyna, zlikwidowano go. W związku z tym nie można było ustalić stanów korespondujących na tych dwu wodowskazach. Redukcję przepływów podpiętrzonych w przekroju Wilga przeprowadzono na podstawie obserwacji stanów wody i pomiarów przepływu na Wiśle w przekroju wodowskazowym Kłoda. Na wykresie przedstawiono codzienne stany wody na obydwu wodowskazach w badanym 6-leciu i wybrano stany korespondujące wód niskich i średnich oraz stany korespondujące wód wysokich /ryc.5/. Ustalono związek tych wodowskazów przy stanie wód niskich i średnich, oraz przy stanie wód wysokich. Jak wynika z przeprowadzonej analizy związku wodowskazów, przedział stanów wody - 230-240 cm można uznać za granicę powyżej której wodowskaz w Wildze znajduje się pod wpływem cofki Wisły.

Następnie ustalono okresy, w których wysokie stany wody na wodowskaziu w Wildze były pod wpływem cofki Wisły, pomijając stany wysokie zanotowane tylko na Wildze. Wówczas reprezentowały one wezbranie lokalne i nie były podpiętrzone cofką Wisły jak np.: w maju 1962 r.

Okresy, w których wodowskaz w Wildze był pod wpływem cofki Wisły przedstawiono na stronie 24.

W badanym sześciolecu wodowskaz w Wildze był podpiętrzony cofką Wisły cztery razy przez kilka dni, łącznie w ciągu 25 dni. Dla tych okresów, na podstawie związku przepływów w przekrojach wodo-

wskazowych Wilga i Kłoda, przeprowadzono redukcję wielkości przepływów zawyżonych z powodu podpiętrzenia stanów wody.

rok	d a t a		liczba dni
	od	do	
1959	-	-	-
1960	30.VII	31.VII	2
1961	-	-	-
1962	1.IV	7.IV	7
	5.VI	10.VI	6
1963	-	-	-
1964	29.III	7.IV	10

Zmiany dna w przekroju wodowskazowym

Codziennie wielkości przepływu w okresie bilansowania, określano w przekroju wodowskazowym Wilga ze stanów wody i krzywej konsumpcyjnej. Wyniki pomiarów przepływu, oraz krzywą konsumpcyjną uzyskaną z PIHM poddano szczegółowej analizie. Z porównania wielkości przepływu pomierzonych w różnych terminach przy tych samych stanach, nasuwa się wniosek, iż poziom dna rzeki w przekroju wodowskazowym ulegał okresowym zmianom. Wilga płynąc w swym dolnym biegu przez tereny piaszczyste, eroduje swoje koryto szczególnie intensywnie przy wysokich stanach wody, a wyniesiony materiał osadza w korycie Wisły w postaci stożka. Wówczas może obniżyć się dno w przekroju wodowskazowym. Z analizy wynika, iż w

1960 r., gdy wody wiosenne Wilgi odpłynęły swobodnie do Wisły, w przekroju wodowskazowym dno uległo obniżeniu około 20-25 cm. Natomiast jeśli odpływające wysokie wody zostaną zahamowane przez cofkę Wisły, zmniejsza się ich spadek i prędkość przepływu, a więc maleje siła poruszająca i część niesionego materiału zostaje odłożona w korycie Wilgi, w dolnym jej odcinku. Taka sytuacja miała miejsce w kwietniu 1964 r., kiedy to nastąpiło podniesienie się dna rzeki w przekroju wodowskazowym około 30-35 cm. Ponieważ stosunkowo rzadko wykonywano pomiary przepływu, a w ogóle nie prowadzono pomiarów zmian wysokości dna, trudno było ustalić inne, może już mniejsze jego zmiany.

Wobec tego w badanym 6-leciu nie można było odczytywać wielkości przepływu dla codziennych stanów wody z jednej krzywej konsumcyjnej. Mając wyniki pomiarów przypływu z różnych terminów, wykreślono trzy krzywe konsumcyjne dla okresów:

- 1/ od października 1958 r. do kwietnia 1960 r.
- 2/ od kwietnia 1960 r. do kwietnia 1964 r.
- 3/ od kwietnia 1964 r. do listopada 1964 r. /ryc.6/

Obliczenie odpływu całkowitego

Posługując się odpowiednią krzywą dla ustalonego okresu, odczytano codzienne wielkości przepływu. Przy obliczeniach uwzględniono zjawiska lodowe, natomiast nie stosowano współczynnika redukcji letniej, ponieważ rzeka nie zarasta roślinnością wodną.

Po uzyskaniu codziennych wartości przepływu obliczono przepływy średnie miesięczne /ryc.7/ oraz wskaźniki odpływu miesięczne, półroczne i roczne w mm /tab.2/.

Średnie miesięczne przepływy w m³/sek z okresu 1959-1964

XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1,70	1,48	0,87	1,44	2,59	4,73	2,99	2,61	1,80	1,78	1,74	1,64	
Półrocze zimowe						Półrocze letnie						rok
2,13						2,09						2,11

Największe przepływy średnie miesięczne w badanym 6-leciu wystąpiły w kwietniu $4,73 \text{ m}^3/\text{sek}$, a najniższe w styczniu $0,87 \text{ m}^3/\text{sek}$, a więc współczynnik nieregularności miesięcznych przepływów jest wysoki i wynosi 5,5.

Największy przepływ w omawianym 6-leciu stwierdzono w dniu 16 maja 1962 r., gdy $Q = 53,2 \text{ m}^3/\text{sek}$, $H = 340 \text{ cm}$, a najniższe przepływy w profilu wolnym od lodu wystąpiły w lecie 1959 r. gdy $Q = 0,78 \text{ m}^3/\text{sek}$, $H = 65 \text{ cm}$. Odpowiadające tym wartościom przepływów, odpływy jednostkowe w dorzeczu Wilgi wynosiły: maksymalny $q = 91,91 \text{ l}/\text{sek km}^2$ i minimalny $q = 1,3 \text{ l}/\text{sek km}^2$.

Odpływy jednostkowe i ich zróżnicowanie

Odpływy jednostkowe w poszczególnych częściach dorzecza bardzo odbiegają od wartości średnich dla zlewni. Aby sprawdzić jak się one kształtują, wyróżniono w dorzeczu 22 zlewnie cząstkowe i wykonano serię pomiarów przepływu /od góry zlewni w dół/ na rzece Wildze i jej dopływach w dniach 19-21 października 1964 r. przy pogodzie chmurnej, bezdeszczowej. Stan wody w dorzeczu był w tym czasie w granicach średniej niskiej wody. Na wodowskazie w Wildze zanotowano stan 94 cm, co odpowiada przepływowi $1,11 \text{ m}^3/\text{sek}$ i $q = 1,9 \text{ l}/\text{sek km}^2$. Pomiarzy zostały wykonane dla zlewni cząstkowych o powierzchniach od $3,8 \text{ km}^2$ do $90,0 \text{ km}^2$.

W załączonej tabeli 3 wyszczególniono ciek i oraz przekroje, na których wykonano pomiary. Dla ośmiu obszarów wyliczono przepływ różnicowy, odejmując od przepływu pomierzonego w danym przekroju wielkość przepływu pomierzoną powyżej, aby uzyskać ilości wody odpływającej z danej części zlewni. Jak wynika z pomiarów i obliczeń, odpływ jed-

nostkowy w dorzeczu jest bardzo zróżnicowany, mieści się on w granicach od 0,1 l/sek km² do 8,6 l/sek km².

W celu dokładnego ustalenia tych wielkości, należałoby przeprowadzić pomiary przy różnych stanach wód. Ponieważ pełna seria była wykonana tylko raz, wykorzystano pomiary przepływów wykonane w poszczególnych przekrojach w latach poprzednich przy stanie wód niskim i wysokim. Z porównania wynika, iż przepływy otrzymane z wyżej omówionej serii pomiarów są prawidłowe, a duże rozbieżności w spływach jednostkowych w wybranych zlewniach cząstkowych stwierdzono także przy innych stanach wody.

Dla wyjaśnienia dużego zróżnicowania spływów w granicach tej samej zlewni nizinnej poddano analizie przede wszystkim utwory powierzchniowe w dorzeczu Wilgi, na które poza doliną Wisły, składają się przeważnie gliny zwałowe, lub piaski na glinach zwałowych, miejscami piaski i żwir, a w dolinach mułki i torfy. Utwory te występują w całej zlewni płatami, nie wykazując na ogół regionalnych zróżnicowań /ryc.2/.

W środkowej części dorzecza przeprowadzono pomiary przepuszczalności różnych rodzajów utworów powierzchniowych, biorąc pod uwagę ich pokrycie /las, łąka, grunty orne/. Wykonano 63 pomiary w punktach, wybranych na podstawie szczegółowej mapy geologicznej /21/. Z każdego pomiaru wyliczono współczynnik infiltracji k_i , zredukowany do temperatury 10°C.

W tabeli 4 przedstawiono wyniki pomiarów, a na mapie wodoprzepuszczalność utworów powierzchniowych w części zlewni, w której wykonano pomiary /ryc.8/.

Z przeprowadzonych badań wynika, iż największą przepuszczalnością charakteryzują się piaski eoliczne w wydmach, piaski eoliczne oraz piaski ze żwira-

mi, najmniejszą zaś gliny zwałowe i /taką samą/ elu-
wia piaszczyste na glinach zwałowych. Największą
zmiennosc przepuszczalności wykazują torfy, ponie-
waż jest ona uzależniona od stopnia ich rozkładu.

Należy zwrócić uwagę na różnice występujące w
przepuszczalności tego samego utworu w zależności
od rodzaju jego pokrycia i użytkowania np.: piaski
eoliczne, porośnięte lasem wykazują znacznie mniej-
szą przepuszczalność niż wykorzystane rolniczo.

Z powyższej analizy wynika, iż na terenach zbu-
dowanych w znacznej części z piasków eolicznych, wa-
dy wsiakają szybko, a odpływ powierzchniowy jest
mały jak np.: na obszarach powyżej profilu Nr 11,
gdzie $q = 0,1 \text{ l/sek km}^2$ i powyżej profilu Nr 9,
gdzie $q = 0,5 \text{ l/sek km}^2$ /ryc.9/. Natomiast części
dorzecza o spływach bardzo dużych nie zawsze cha-
rakteryzują się utworami o najmniejszej przepusz-
czalności. O dużych spływach na tych obszarach za-
decydowało intensywne zasilanie wodami gruntowymi.
W zlewniach cząstkowych, z których spływy jednost-
kowe wynoszą więcej niż $3,0 \text{ l/sek km}^2$, znajdują się
źródła, wycieki i wysięki, znacznie zasilające od-
pływ. A więc zachodzi tu niezgodność pomiędzy po-
wierzchniami zlewni topograficznej, a podziemnej.
Tam gdzie występują źródła zlewnia podziemna jest
większa niż topograficzna.

Parowanie

Parowanie terenowe oblicza się jako deficyt od-
pływu to jest różnicę sum opadów atmosferycznych i
odpływu, wziętych z dłuższego okresu czasu. W ten
sposób można określić parowanie terenowe w bilan-
sie wodnym normalnym to jest dla okresów wielolet-
nich, gdy założenie $\Delta R = 0$ jest słuszne. Natomiast

dla krótkich przedziałów czasu parowanie terenowe nie równa się deficytowi odpływu i trzeba je obliczyć.

Sposób obliczania parowania terenowego jest nadal dyskutowany, ponieważ wyniki otrzymywane metodami pomiarowymi czy empirycznymi są różne, zależne od przyjętej metody i trudne do sprawdzenia.

Wobec tego do obliczeń bilansów wodnych kontrolowanych, z konieczności stosuje się znane metody empiryczne Kuzina, Turca, Dębskiego, Poliakowa i Konstantinowa /8, 17, 35, 44, 71/. Przydatność ich była kontrolowana dla dorzeczy w różnych regionach Polski.

Z porównania uzyskanych wskaźników parowania terenowego wynika, że na obszarze Nizin Środkowopolskich wielkości otrzymane metodą Konstantinowa wydają się najbliższe stanu rzeczywistego /44/. Dlatego w niniejszym opracowaniu wartości parowania terenowego określono na podstawie nomogramu Konstantinowa, korzystając z tabeli zamieszczonych w publikacji K. Dębskiego pt.: "Przystosowanie nomogramu Konstantinowa do obliczeń parowania terenowego w Polsce" /17/. Metoda Konstantinowa daje możliwość wyznaczenia wielkości parowania z dowolnego okresu czasu. Na ogół dla potrzeb bilansu wodnego jest ona stosowana do określania wskaźnika parowania terenowego w przedziałach miesięcznych.

Na podstawie średnich dobowych temperatur powietrza $t^{\circ}\text{C}$ i prężności pary wodnej e mb, wyznaczono parowanie terenowe dobowe E mm. Do obliczeń przyjęto dane ze stacji klimatologicznej Sobieszyn. Stacja ta znajduje się już poza dorzeczem, ale na terenie badanej zlewni brak jest obserwacji psychrometrycznych. Z pobliskich stacji o pełnej serii obserwacji z danego okresu, warunki klimatyczne Sobieszyna są najbardziej zbliżone do warunków badanego dorzecza i dlatego wybrano tę stację.

Do każdej wartości średniej dobowej temperatury powietrza t i prężności pary wodnej e wprowadzone zgodnie z przyjętą metodą poprawki termiczne Δt i Δe . Aby uzyskać wartości poprawek termicznych prężności pary wodnej oraz odpowiednich temperatur dla każdego dnia w roku, przeprowadzono interpolację wartości podanych w publikacji K. Dębskiego. W ten sposób uzyskano $t_r = t + \Delta t$, oraz $e_r = e + \Delta e$, wartości poprawione t_r i dla tych danych odczytano z tabel opracowanych na podstawie nomogramu Konstantinowa /17/, wysokość warstwy wody parującej z terenu w ciągu doby w mm. Po zsumowaniu wartości dla odpowiedniej liczby dni, otrzymano parowanie terenowe w przedziałach miesięcznych.

Celem przystosowania otrzymanych wartości dla warunków zlewni rzecznych w Polsce należy zastosować odpowiedni dla danego dorzecza współczynnik redukcyjny k , który otrzymano z przyrównania do strat bilansowych według wzoru /17/

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n /P - H/}{\sum_{i=1}^n E}$$

P - wskaźnik opadu

H - wskaźnik odpływu

E - wskaźnik parowania terenowego

Wartości tego współczynnika obliczone z sum wieloletnich, w dorzeczach Nizin Środkowopolskich, wahają się w granicach od 0,82 dla Warty po Gorzów do 0,97 dla Bugu po Wyszaków. Dla zlewni w górzyszej części obszaru Polski przeważnie $k \geq 1,0$.

Ponieważ w wybranej zlewni obliczono bilans tylko dla sześciu lat, a wysokość zwierciadła wód gruntowych na początku i końcu okresu bilansowania była różna, do obliczenia współczynnika redukcyjnego k przyjęto okres dwuletni /lata 1960 i 1961/.

w którym na początku i na końcu zwierciadło wód gruntowych znajdowało się na tej samej wysokości /ryc.10/. Wówczas $\Delta R = 0$ i można przyjąć, że parowanie $/\frac{E}{P}/$ jest w przybliżeniu równe stratom bilansowym $/\frac{E}{P-H}/$. Wydaje się, że takie postępowanie jest właściwe, szczególnie w przypadku krótkich okresów bilansowania.

Obliczenie współczynnika k

rok	P	H	E
1960	694,4	103,2	462,6
1961	445,6	103,5	507,6
Σ	1142,0	206,7	970,2

$$k = \frac{1142,0 - 206,7}{970,2} = 0,9640 \approx 0,96$$

Omówione poprzednio sumy miesięczne parowania terenowego zredukowano dla warunków badanej zlewni według współczynnika $k = 0,96$, czyli zmniejszono tylko o 4%. W tabeli 5 przedstawiono sumy miesięczne, półroczne i roczne parowania terenowego w dorzeczu Wilgi.

Wydaje się, że gdyby do obliczeń wykorzystano dane ze stacji położonej w dorzeczu, współczynnik redukcyjny byłby bliższy jedności /ponieważ średnia temperatura powietrza z 6 lat jest nieco wyższa dla Sobieszyna $7,4^{\circ}\text{C}$, niż dla Żelechowa $7,2^{\circ}\text{C}/$. Wobec tego nasuwa się pytanie, czemu w dotychczasowych opracowaniach niektórzy z autorów podkreślają, iż wartości otrzymane metodą Konstantinowa są wygórowane przeciętnie o 10%, a nawet do 20% /65,71/. Nomogram Konstantinowa jest przystosowany do obliczeń parowania ze średnich dobowych temperatur powietrza i

prężności pary wodnej, natomiast ze względu na ogromną pracochłonność takich obliczeń parowanie jest przeważnie obliczane dla poszczególnych miesięcy nie z dobowych sum parowania, a odczytywane z nomogramu Konstantinowa dla średniej miesięcznej temperatury i średniej miesięcznej prężności, a następnie wartość ta jest mnożona przez ilość dni w miesiącu.

Aby porównać rozbieżności powstałe między wynikami uzyskanymi z tych dwu sposobów opracowań, obliczono w dorzeczu Wilgi parowanie terenowe dla poszczególnych miesięcy także ze średnich miesięcznych temperatur i prężności. Wyniki przedstawiono w tabeli 6, a rozbieżności między uzyskanymi wartościami w tabeli 7. Z zestawienia wynika, iż parowanie ze średnich miesięcznych w stosunku do parowania ze średnich dobowych jest niższe w miesiącach od X do III średnio od 0,3 mm do 2,1 mm, a w miesiącach IV - VIII wyższe średnio od 6,1 do 11,3 mm. Dla półrocza zimowego jest niższe średnio o 0,3 mm, a dla letniego wyższe średnio o 35,1 mm. Dla roku jest wyższe od 28,1 mm do 42,1 mm, średnio o 34,8 mm. Stąd wniosek, że w dorzeczach Nizin Środkowopolskich można nie popełniając większego błędu obliczać parowanie terenowe dla miesięcy X - III z wartości średnich miesięcznych temperatury i prężności, natomiast wyliczone w ten sposób parowania w miesiącach IV - IX dają zbyt duże różnice.

To samo zagadnienie rozpatrywał T. Kiciński w dorzeczu Odry dla zlewni rzeki Iny /39/. Doszedł on do podobnych wniosków z tym, że największe różnice otrzymał dla miesięcy III - VIII.

Obliczona dla zlewni Wilgi wartość parowania rocznego - średnia 442,9 mm jest bliska, ale nieco niższa od wartości uzyskanej przy pomocy południkowego gradientu parowania. Mniej więcej przez śro-

dek dorzecza przebiega równoleżnik $51^{\circ}52'$. Dla tej szerokości geograficznej parowanie odczytane z wykresu przedstawionego przez K. Dębskiego /12/ wynosi 455 mm. Między innymi i te dane są potwierdzeniem, że wielkość parowania terenowego obliczona metodą Konstantinowa nie jest zawyżona. Tylko w dwu latach spośród 6-ciu badanych, sumy roczne parowania przekraczają tę wartość, ale w tych latach temperatura średnia roczna była znacznie wyższa od średniej wieloletniej.

III OPRACOWANIE RETENCJI

Jednym z najtrudniejszych elementów w opracowaniu bilansu wodnego jest określenie wielkości zmian stanu retencyjnego zlewni w okresie bilansowania $R = R - Z$. Przyrost retencji ΔR jest różnicą pomiędzy pozostałością wody zatrzymanej w dorzeczu na końcu okresu bilansowania R , a zapasem wody na początku okresu bilansowego Z . Przyrost retencji może być wielkością dodatnią, lub ujemną zależnie od tego, czy w danym okresie zwiększył się, czy zmniejszył zapas wody w dorzeczu. Wody mogą być retencjonowane na powierzchni terenu w zbiornikach wodnych oraz w postaci śniegu. W zlewniach nie mających naturalnych lub sztucznych zbiorników wodnych, które mogłyby zatrzymać znaczne ilości wody na powierzchni, część wód opadowych paruje, a część wsiąka. Wody wsiąkające tworzą zwierciadło na pewnej głębokości pod powierzchnią terenu. Na Nizinach Środkowopolskich zarówno warunki wsiąkania jak i podziemnego odpływu wód gruntowych są uzależnione przede wszystkim od budowy geologicznej. Toteż przyjmując wody gruntowe jako wskaźnik zmian zasobów retencyjnych dorzecza, należy poznać warunki geologiczne ich występowania.

Warunki geologiczne występowania wód gruntowych

Dorzecze Wilgi leży w obrębie zasięgu kredowej niecki mazowieckiej. Strop utworów kredowych w górnej części zlewni znajduje się na wysokości około +20 m n.p.m., obniża się w kierunku północno-zachodnim i przy ujściu Wilgi zalega już poniżej - 100 m wysokości bezwzględnej. Ten spadek ku NW zaznacza się ogólnie w ukształtowaniu wszystkich późniejszych utworów geologicznych wypełniających nieckę kredową. Poziom oligoceński jest wykształcony w postaci różno i drobnoziarnistych piasków glaukonitowych oraz mułków. Wody znajdujące się w tych utworach są pod ciśnieniem, wydajność ich wynosi do 20 m³/godz. Stanowią one główny podczwartorzędowy poziom wodonośny. Wody pod ciśnieniem znajdują się też w utworach miocenijskich, zbudowanych z drobnoziarnistych piasków i mułków. Na nich zalegają pliocenijskie iły plastyczne, zwarte, niekiedy mułkowate. Miąższość ich jest różna, na północy, w okolicy Pilawy dochodzi ona do 45 m.

O ukształtowaniu i warunkach hydrograficznych omawianego terenu zdecydowały przede wszystkim utwory czwartorzędowe, których miąższość wynosi 40 m w górnej części zlewni na działale wodnym ze Świdrem i wzrasta w kierunku NW do powyżej 100 m. Ogólnie powierzchnia podczwartorzędowa obniża się w tym samym kierunku i rzeźba jej jest urozmaicona. Najbardziej charakterystycznym rysem tej rzeźby są obniżenia w utworach pliocenijskich, mające charakter dolin, o szerokości od kilku do kilkunastu kilometrów. Wiek tych obniżen jest różny, założone jednak zostały głównie w plejstocenie /42/.

Iły pliocenijskie zostały w rynnach erozyjnych całkowicie wyerodowane, a wypełniające je utwory

czwartorzędowe leżą na kwarcowych piaskach miocen-
skich, a nawet miejscami na oligocen-
skich. A. Makowska określiła kierunek przebiegu tych dolin: w do-
rzeczu Wilgi dwie z nich biegną w kierunku SE - NW
i łączy je dolina poprzeczna /42/; wzdłuż osi tej
doliny płynie Wilga na odcinku od miejscowości Głos-
ków do Kolonii Rębków.

Omawiane obniżenia w podłożu czwartorzędowym
mają duży wpływ na warunki hydrogeologiczne. Gru-
bość czwartorzędu w obniżeniach jest znacznie więk-
sza niż poza nimi a osady są inaczej wykształcone w
swoich partiach dolnych i środkowych. Na podstawie
wierceń dość dokładnie poznano przekrój przez doli-
nę koło Garwolina /ryc.11/.

Poza rynnowymi obniżeniami, w spągu czwartorzę-
du znajdują się utwory preglacjalne. Zalegające na
nich szare gliny zlodowacenia krakowskiego spora-
dycznie wychodzą na powierzchnię, szczególnie w głąb-
szych rozcięciach erozyjnych. W interglacjale wiel-
kim uległy one silnej erozji, a następnie zostały
przykryte utworami młodszego zlodowacenia środkowo-
polskiego. Zlodowacenie to objęło cały omawiany ob-
szar. Dział wodny na południu przebiega przez more-
ny gończyckie. Jest to zdaniem St. Zb. Różyckiego mak-
symalny na tym terenie zasięg stadium Warty /59/, a
jak przyjmuje S. Gadomska stadium mazowiecko-podlas-
kiego /21/.

S. Gadomska w obniżeniu koło Garwolina wyróżnia
cztery poziomy glin zwałowych, oddzielonych od sie-
bie utworami interstadialnymi w postaci osadów za-
stoiskowych, uważając czwarty poziom glin zwałowych,
leżących przeważnie na powierzchni, za osad stadium
Warty /22/. To wyróżnienie poziomów glin zwałowych
jest ważne z uwagi na oddzielające je osady zastois-
kowe, które występują głównie w postaci mułków i
mułków ilastych /ryc.11/. Tworzą one poziomy wodonoś-
ne i rozcięte dolinami zasilają wody rzek. Warstwę

wodonośną badanych wód gruntowych stanowią utwory zastoiska interstadialnego, związanego z transgresją stadiału Warty. Toń zastoiska znajdowała się w okolicy wsi Trąbki i Głosków, na północ rozciągało się ono dalej w dorzeczu Świdra i wypływało w kierunku południowym. Łądociół stadiału Warty przykrył utwory zastoiskowe warstwą glin zwałowych, a na swym przedpolu - piaskami fluwioglacjalnymi.

Badane wody pod warstwą gliny warciańskiej występują na głębokości 8-15 m. W profilu pomierzonych studni glina ta jest żółta, a niżej szara, bardzo zwięzła. Po przebiciu gliny, często kutej oskardami lub wierconej, woda wypływa raptownie, podnosi się bardzo szybko i następnie ustala na pewnym poziomie, a potem wykazuje niewielkie wahania od 0,5 do 2 m. Na ogół wody te podnoszą się o kilka metrów, przeciętnie około 5, czasem jednak są pod większym ciśnieniem i podnoszą się znacznie wyżej. W Mierzącem /w środkowej części dorzecza/ napotakano studnię, w której woda podniosła się powyżej terenu i odpływa ze studni /4 m kopana + 3 m wiercona/.

Temperatura tych wód wynosi średnio od 8,5°C do 9,5°C i jest stała przez cały rok, pH 7-8, twardość około 15-20 n. Z tej samej warstwy mułków interstadialnych są zasilane źródła, występujące na jej wychodnich lub w przecięciach erozyjnych.

Glina zwałowa, pokrywająca większą część dorzecza, zawiera ponad 50% części ilastych, resztę stanowią piaski, żwiry i otoczaki skał krystalicznych. W górnych warstwach jest ona odwapniona. W jej stropie bardzo często występują kliny mrozowe, wypełnione drobnymi piaskami /22/. Gliny zwałowe na powierzchni są na ogół pokryte piaskami z glazami lub piaskami gliniastymi. Są to eluvia piaszczyste glin zwałowych, powstałe z ich rozmycia i wietrzenia. W glinach tych występują wody w żyłach

piasku, soczewkach lub spękaniach wypełnionych piaskiem, żwirkiem lub mułkami /ryc.12/. Te wody śródglinowe są najczęściej eksploatowane przez miejscową ludność. W pomierzonych studniach stwierdzone duże amplitudę wahań ich poziomu. Przeciętnie wynosi ona 4-5 metrów, a niekiedy dochodzi do 7 m. Niektóre z tych studni w okresach bezdeszczowych, a nie-raz podczas długotrwałych mrozów wysychają. Wody są bardzo twarde, powyżej 20° n, pH wynosi 7-8, temperatura w lecie 10-12°C zależnie od głębokości studni, w zimie od 4,5°C do 6°C /mierzone przy temperaturze powietrza -18°C/.

Na glinie zwałowej, szczególnie w wyższych partiach terenu, występują osady akumulacji wodno-lodowcowej i lodowcowej. Są to piaski wałstwowane, średnio i drobnoziarniste ze żwirkami, a czasem z otoczkami. Miąższość ich wynosi kilka do kilkunastu metrów. W stropie są one przeważnie przewiane i często tworzą wydmy. W piaskach na glinie występują wody tak zwane wierzchówkowe na głębokości od 0,5 do 3 m od powierzchni terenu. W profilach badanych studni stwierdzono przeważnie piasek. Amplituda wahań wody sięga do 3 m. W niektórych studniach okresowo woda wysycha. Poziom wody jest zgodny z poziomem pobliskich stawów i mokradł. Temperatura wody w lecie wynosi od 12°C do 16°C /w zimie płytkie studnie zupełnie zamarzają/, pH - 5-6, twardość około 8-10°n.

Tak przedstawiają się wody gruntowe na wysoczyźnie, natomiast wody znajdujące się na piaszczystym terenie Wisły, na który wkracza dolny odcinek Wilgi oraz w dolinach Wilgi i jej dopływów, mają charakter wód aluwialnych. Występują one na głębokości 1,0-3,5 m, a amplituda wahań zwierciadła jest uzależniona od stanu wody w rzece. Z pomiarów wody w studniach wynika, iż temperatura wody w lecie wynosi 12-14°C, pH około 5, twardość 5-

10^on. W profilu badanych studni został stwierdzony piasek z przewarstwieniami mułków. Zwierciadko wód jest zasilane nie tylko przez opady atmosferyczne lecz również drogą podziemną, wodami spływającymi z wysoczyzny, a przy wysokim stanie w rzece, wodami infiltrującymi z koryta w głąb piaszczystego tarasu akumulacyjnego.

Identyfikacja wód wierzchówkowych oraz aluwialnych nie sprawia trudności, natomiast zróżnicowanie wód śródglinowych i podglinowych oraz poziomu głębokiego, występującego poniżej rozcięć erozyjnych sprawdzono przeprowadzając analizy chemiczne tych wód. W tym celu pobrano 13 prób wody z następujących studni i źródeł: I ze studni w Woli Miastkowskiej /poziom na głębokości 26 m/, II i III ze studni w Kolonii Izdebno /woda podglinowa/, IV i V ze studni w Garwolinie-Koszary /woda podglinowa w zasięgu obniżenia podczwartorzędowego/, VI ze studni w Izdebnie /woda śródglinowa/, VII i VIII ze studni w Piasekach /woda śródglinowa/, IX-XIII ze źródeł: w Zawadach na wzgórzu, w Zawadach w dolinie, w Sulbinach, w Kobylej Woli, w Gorznie.

Przeprowadzono analizy chemiczne tych wód oznaczając: odczyn pH /potencjometrycznie/, utlenialność ogólną, utlenialność substancji organicznych, mineralizację, twardość ogólną, twardość wodorowęglanową, skład kationowy tak zwaną zawartość kationu wapniowego i magnezowego /zawartość kationów sodowego łącznie z potasowym wyliczono z różnicy mg-równoważników anionów i kationów/, następnie skład anionowy to znaczy zawartość anionów wodorowęglanowego, siarczanowego i chlorkowego.

Z porównania otrzymanych wyników analiz, można stwierdzić, że woda z Woli Miastkowskiej ma zupełnie odmienne od innych wód właściwości chemiczne. Jest to woda siarczanowa, żelazista /żelazo w stopniu utlenienia 2+/, średnio zmineralizowana 2,5 g/l, kwaśna, wykazująca pH 4,68, bardzo twarda

58°n, nie nadająca się do picia. Zupełnie różny jej skład anionowy i kationowy od pozostałych badanych wód z utworów zlodowacenia środkowopolskiego, pozwala przypuszczać, że jest to woda pochodząca z utworów interglacjalnych lub innych, zawierających siarczki. Duża zawartość Fe^{2+} wskazuje na rozwijające się w tej wodzie zjawiska mikrobiologiczne, głównie zespołów bakterii żelazistych.

Wody podglinowe z mułków zastoiskowych /Kolonia Izdebno/ wykazują stosunkowo niewielką mineralizację: 0,32 - 0,39 g/l. Są to wody wodorowęglanowe, wapniowe /typ II według Alekina/. Wody ze źródeł znajdujących się na wychodnich mułków zastoiskowych /w Kobylej Woli, Sulbinach i Zawadach w dolinie/ są zbliżone swym składem chemicznym do wyżej wspomnianych wód podglinowych i należą do klasy wodorowęglanowej, grupy wapniowej. Źródło w Kobylej Woli posiada najmniejszą mineralizację spośród badanych wód - 0,12 g/l.

Odmienne właściwości posiada woda podglinowa w Garwolinie - Koszary, wykazująca znaczną zawartość siarczków 30-38% równoważnika jonu SO_4^{--} , według obliczeń około 1 g rozpuszczonego gipsu, bardzo dużą twardość ogólną 59°n i jest wodą średnio zmineralizowaną /1,49 - 1,89 g/l/. Wody te pochodzą także spod gliny warsciańskiej ale tu w podłożu został wyerodowany pliocen i na tej podstawie można przypuszczać, że wody w utworach czwartorzędowych mieszają się z wodami miocenijskimi, lub nawet głębszymi, znajdującymi się pod ciśnieniem. W Garwolinie - Koszary woda jest mieszana, w przybliżeniu w połowie woda z utworów głębszych, a w połowie z utworów czwartorzędowych.

Wody znajdujące się w glinie zwałowej /Piaski i Izdebno/ są cokolwiek bardziej zmineralizowane niż podglinowe z mułków zastoiskowych /0,70 - 1,0 g/l/. Zawierają one siarczany /około 30-32% równ.

SO_4^{--} / i z tego względu są klasyfikowane do wód siarczanowo-wodorowęglanowych. Źródło w Zawadach na wzgórzu, które nie wypływa bezpośrednio z mułków /w miejscu wypływu na powierzchni znajduje się glina/ ma właściwości chemiczne zbliżone do wód śródglinowych. Źródło w Górnicy jest tej samej klasy co omawiane poprzednio /wodorowęglanowe/, odznacza się jednak niewielką ilością węglanów żelaza w stopniu utlenienia 2+ i 3+.

Analiza wyników, otrzymanych z badań chemicznych różnych rodzajów wód, potwierdza, iż wody te kontaktują się wzajemnie /z wyjątkiem wód głębokich w Woli Miastkowskiej/, zależnie jednak od tego w jakich utworach przebywają, zmieniają nieco swój skład kationowy wskutek wymiany jonowej w układzie skała - woda. Nie wyklucza się także, iż wody śródglinowe mogą być zasilane wodami podglinowymi mniej zmineralizowanymi.

Stany wód gruntowych i ich wahania

W okresie 1959-1964 r. notowania stanów wody były prowadzone tylko na jednej stacji w Kolonii Unin, położonej na wysoczyźnie w środkowej części dorzecza. Profil geologiczny uzyskano tylko do głębokości 2,9 m, wiercenie zostało wykonane świdrem ręcznym /ryc.13/. Najwyższe stany wody w badanym 6-leciu wynosiły 0,9 m, najniższe przekraczały nieco 4 m /ryc.10/. Obserwator PIHM wykonywał pomiary zgodnie z instrukcją jeden raz w tygodniu, w poniedziałek. Ponieważ o wyborze tej stacji zdecydował kiedyś przypadek, a cotygodniowe obserwacje są niewystarczające, bowiem różnica stanu wody pomiędzy kolejnymi pomiarami czasem przekracza 1 m i nigdy nie ma pewności, czy zostało uchwycone maksimum lub minimum, założono w zlewni

dodatkowo trzy punkty codziennych pomiarów zwierciadła wody. Po przebadaniu w dorzeczu Wilgi 248 studni wytypowano do takich obserwacji trzy studnie gospodarskie.

W studni I w Kolonii Izdebnie prowadzono obserwacje wód podglinowych pod ciśnieniem, w studni II w Izdebnie mierzono stany wód śródglinowych, a w studni III w Czyszkówku - wody wierzchówkowe /ryc.1/. W ciągu 2 lat codzienne pomiary wykonywali gospodarze przyuczeni i często kontrolowani przez autorkę.

Na rycinie 10 zestawiono zanotowane stany wód gruntowych. Największą amplitudę wahań wykazała studnia II w Izdebnie: maksimum 13.X.1962 r. - 401 cm, minimum 31.III.1964 r. - 805 cm amplituda wynosi 404 cm. Małe wahania wody stwierdzono w studni wierzchówkowej III w Czyskówku, gdzie amplituda nie przekracza 135 cm i w Kolonii Izdebnie studnia I, gdzie amplituda wynosi 182 cm.

Szybkość podnoszenia się zwierciadła wody gruntowej, a więc i występowanie maksimum zależy przede wszystkim od intensywności zasilania, ale nie jest obojętne, czy przy danej wysokości opadów zwierciadło wód gruntowych znajduje się w strefie stanów wód niskich, średnich, czy wysokich /68/. Przy stanie niskim, gdy poprzedził go długotrwały okres suszy, znaczna część opadu zostaje zużyta na nasylenie wodą warstw powierzchniowych i wówczas opóźnienie w występowaniu maksimum jest większe, niż przy stanie średnim lub wysokim. Poza tym krzywe wznoszenia się stanów wody są bardziej strome, niż krzywe opadania, a więc reakcja zwierciadła wód gruntowych na zasilanie jest szybsza, a wyczerpywanie się zapasów znacznie powolniejsze. Tylko wody pod ciśnieniem /studnia w Kolonii Izdebnie/ mają równie łagodną krzywą wznoszenia jak i krzywą opa-

dania. Oczywiście cały przebieg tego procesu jest ściśle uzależniony od pory roku, a więc od aktualnie kształtujących się warunków pogodowych i intensywności rozwoju szaty roślinnej.

Należy podkreślić, iż zanotowane maksima i minima nie występują w tym samym dniu w poszczególnych typach wód w studniach. Analiza wykresów wahań stanów wody sugeruje pewną regularność w odstępach czasu ich występowania. Na intensywne zasilenie lub jego brak, najszybciej reaguje wierzchówka. Jeśli przyjąć jako 0 dni termin pojawiania się maksimów lub minimów w studni wierzchówkowej /Czyszkówek III/, to opóźnienia ich występowania w pozostałych studniach wynoszą przeciętnie: w Kolonii Unin 12 dni, w Kolonii Izdebno 17 dni, a w Izdebnie 30 dni. Jak z tego wynika, najpóźniej reagują wody śródglinowe, a nie głębiej od nich zalegające wody podglinowe.

Wobec tego można przypuszczać, że droga wód wsiąkających jest najdłuższa w śródglinowych "żyłach piasku", w szczelinach czy przewarstwieniach wypełnionych piaskiem. Wydaje się również możliwe, że wody pod ciśnieniem, zwiększając swe zasoby, wciskają się w spękania w glinie, wypełnione piaskami lub mułami. Na podstawie przeprowadzonych badań i obserwacji zarówno zwierciadła wód gruntowych, budowy geologicznej dorzecza, jak i analiz chemicznych wód, wydaje się to bardzo prawdopodobne. Zagadnienie jest jednak skomplikowane i dokładne wyjaśnienie "mechanizmu" przebiegu tych zjawisk wymagałoby dodatkowych badań pod postacią wierceń, przekłpów, próbnych pompowań i barwienia wody.

Ponieważ zarówno wykształcenie utworów czwartorzędowych jak i ich występowanie jest bardzo zróżnicowane, podziemny obieg wód jest dość złożony, a zmiany w głębokości ich występowania są uzależnio-

ne nie tylko od wielkości zasilania. Z powyższego omówienia wynika, że zmiany poziomu wód wierzchówkowych, aluwialnych czy śródglinowych nie są proporcjonalne do wielkości zmian zasobów retencji w dorzeczu i nie jest obojętne, która ze studni zostanie wybrana do stałych obserwacji. Typowanie punktów pomiaru wód gruntowych powinno być oparte o możliwie dokładne rozeznanie warunków hydrogeologicznych.

Wahania zwierciadła wody opracowano na podstawie stałych obserwacji w kilku punktach. W celu zaś określenia ukształtowania zwierciadła wód, a szczególnie ich stosunku do cieków i mokradeł, wykonano zdjęcie hydrograficzne dorzecza /27/.

Jednorazowe pomiary zwierciadła wody były wykonywane w poszczególnych częściach zlewni w ciągu trzech okresów letnich w 1962, 1963 i 1964 r., a więc w odmiennych warunkach pogodowych i przy różnym stanie wód. W lecie 1962 r. stany wody były bardzo wysokie, natomiast w sierpniu i wrześniu 1964 r. bardzo niskie. Wobec tego narysowanie mapy ukształtowania zwierciadła wód gruntowych w całej zlewni nastęrczało poważne trudności. Dotychczas nie rozwiązywano tego zagadnienia w ramach stosunkowo dużej zlewni, w której jednoczesne wykonanie potrzebnej ilości pomiarów jest właściwie technicznie niemożliwe. W niniejszym opracowaniu dla uzyskania materiału porównywalnego przeprowadzono redukcję stanów pomierzonych do najdłuższej trwającego, który obliczono z dwuletnich danych obserwacyjnych na omówionych poprzednio czterech stacjach wód gruntowych. Zestawiono częstotliwości występowania stanów wody w przedziałach co 20 cm, a następnie czasy ich trwania. Dla stacji Kolonia Unin obliczenia te przeprowadzono oddzielnie z dwu okresów: 10-letniego 1955-1964/ i 2 letniego /1963-1964/, aby ustalić czy w dwu ostatnich, stosunkowo suchych latach, nie

ma w porównaniu z dłuższym okresem przesunięć przedziałów o maksymalnej częstotliwości; okazało się, że wystąpiły w tym samym przedziale 140-159 /ryc.14/.

Jako stan najdłużej trwający przyjęto środek przedziału o największej częstotliwości i w stosunku do tej wartości określano, dla poszczególnych terminów jednorazowych pomiarów studni, różnice z uwzględnieniem znaku pomiędzy stanem pomierzonym, a najdłużej trwającym. Różnice te następnie dodawano do wartości otrzymanych z jednorazowych pomiarów studni. Na podstawie stanów najdłużej trwających przeprowadzono redukcję dla każdej z 1470 pomierzonych studni oddzielnie, biorąc pod uwagę rodzaj wód, amplitudę ich wahań i datę pomiaru. W ten sposób uzyskano porównywalne pomiędzy sobą wartości głębokości do wody i reprezentujące najdłużej trwający stan wód gruntowych w dorzeczu. Nasuwa się pytanie, dlaczego nie sprowadzono ich do wartości średniej co znacznie ułatwiłoby zadanie. W celu wyjaśnienia, przedstawiono poniżej obliczone wartości stanów średnich i najdłużej trwających z tych samych dwuletnich /1963-1964/ serii obserwacji na poszczególnych stacjach:

stacja	środek przedziału o najw. częstotliwości w cm	stan średni w cm
Czyszkówek	130	131
Kolonia Unin	150	232
Izdebno	780	694
Kolonia Izdebno	1030	1022

Jak wynika z zestawienia, różnice pomiędzy stanami średnimi i najdłużej trwającymi w studniach o

małych wahaniami w Kolonii Izdebnio i Czyszkówku są niewielkie, natomiast w Uninie i Izdebnie, gdzie występują duże wahania zwierciadła wody, różnice te są duże. Poza tym autorka uważa, że stan średni jest wartością fikcyjną, pewną wypadkową stanów obserwowanych, ale nie reprezentuje stanu najczęściej w dorzeczu spotykanego.

Pomierzone i obliczone wartości naniesiono na mapę dokumentacyjną w skali 1:25 000 i opisano każdy punkt w następujący sposób^x:

$$a \circ \begin{array}{c|c} x & y \\ \hline x_1 & z \end{array}$$

- o - lokalizacja pomierzonej studni na mapie
- a - kolejny numer studni
- x - głębokość do wody zmierzona /od powierzchni gruntu/
- x₁ - głębokość do wody zredukowana
- y - głębokość studni do dna
- z - wysokość zwierciadła wody n.p.m. /z = wys. studni n.p.m. - x₁/

Na podstawie wartości z, czyli zredukowanej wysokości zwierciadła wody n.p.m., wykreślono izolnie jednakowej wysokości nad poziom morza czyli hydroizohipsy. Otrzymana w ten sposób mapa obrazuje ukształtowanie pierwszego horyzontu zwierciadła wód gruntowych w dorzeczu Wilgi /ryc.3/.

Jest rzeczą godną zastanowienia, że wody występujące w różnych warunkach hydrogeologicznych tworzą zasadniczo jedno zwierciadło wód gruntowych. Studnie gospodarskie na ogół eksploatują wody tworzące jedno zwierciadło. Jednak należy nadmienić, że z pomierzonych 1470 studni, przy opracowaniu ma-

^x Mapa dokumentacyjna nie została załączona.

py hydroizohips pominięto 73 studnie, ponieważ 66 z nich było znacznie głębszych, a 7 znacznie płytszych od występujących w pobliżu. Wody bardzo płytnie nie tworzą ciągłego zwierciadła, są to lokalnie i okresowo występujące wierzchówki w piaskach na glinie. Natomiast pominięte studnie głębsze czerpią wody z poziomu 15-26 m od powierzchni terenu i są to już wody głębszego horyzontu /np. studnia w Woli Miastkowskiej/. Studnie te znajdują się przeważnie w pobliżu podziemnego działu wodnego i należy przypuszczać, że na działale, z powodu spadku zwierciadła wody w przeciwnych kierunkach, wyższy poziom może być mniej zasobny i przy kopaniu studni "odcięty" cembrowinami, wskutek czego kopano głębiej aż do następnego wspomnianego poziomu. Zbyt mało jest takich studni, aby narysować hydroizohipsy tego głębiej występującego poziomu, ale na podstawie hipsometrii terenu można łatwo obliczyć, że występuje on znacznie poniżej rozcięcia erozyjnego rzeki i nie zasilala ani Wilgi ani jej dopływów. Na mapie hydroizohips wyraźnie zaznacza się spadek zwierciadła wody w kierunku rzeki.

Pomiary studni w dorzeczach sąsiednich umożliwiły przeprowadzenie hydroizohips także poza działkiem topograficznym. Dzięki nim sprawdzono o ile dział wodny podziemny jest zgodny z powierzchniowym, czy więc nie zachodzi ucieczka wód gruntowych poza granice zlewni, lub odwrotnie czy nie istnieje jej podziemne zasilanie.

W części dolnej i środkowej dorzecza powierzchnia zlewni podziemnej i topograficznej jest jednakowa, natomiast w części górnej zlewnia podziemna jest mniejsza.

Bardzo interesujący jest fakt, że dział wodny podziemny przesuwają się w głąb dorzecza Wilgi w pobliżu obszarów źródłowych rzek sąsiednich /ryc.3/. I tak u źródeł Świdra zlewnia podziemna Wilgi jest

mniejsza od topograficznej o $2,8 \text{ km}^2$, w sąsiedztwie górnego Promnika o $6,0 \text{ km}^2$, a górnej Bystrzycy $1,4 \text{ km}^2$, co daje łącznie $10,2 \text{ km}^2$. Ponadto stwierdzono, że na obszarach, gdzie występują źródła, lokalne zlewnie podziemne /niższych rzędów/ są większe niż powierzchniowe. Potwierdziły to także badania nad odpływami jednostkowymi ze zlewni cząstkowych w środkowej części dorzecza Wilgi.

Na żadnym odcinku działu wodnego nie stwierdzono, aby zlewnia podziemna dorzecza była większa niż powierzchniowa, można więc twierdzić, że zlewnia podziemna Wilgi jest o $10,2 \text{ km}^2$ /czyli 1,8%/ mniejsza od powierzchniowej. Jest to jednak różnica tak mała w stosunku do całej powierzchni zlewni, że dla całości obliczeń bilansowych można nie popełniając błędu przyjąć powierzchnię topograficzną dorzecza.

Występowanie źródeł i ich wydajności

W dorzeczu Wilgi znajduje się kilkanaście źródeł. Nie można jednak dokładnie ustalić ich liczby, ponieważ w niektórych miejscach na podmokłym i grząskim terenie napotkano wiele punktów wypływu wody gruntowej na powierzchnię. Takie "linie wypływu" zaobserwowano w Żelechowie, Potasznikach, Zawadach i Kobylej Woli /ryc.9/. Porównując ich lokalizację z dokładną mapą geologiczną można stwierdzić, że występują one na wychodnich piasków i mułków gąstoiskowych, zalegających pod gliną warciańską. W utworach tych, wody znajdują się przeważnie pod ciśnieniem i w rozcięciach erozyjnych tej warstwy, wypływają na powierzchnię w postaci pulsujących źródełek, które odpływając łączą się w jedną strugę.

Znacznie trudniej jest wyjaśnić genezę pojedynczych źródeł, o stosunkowo znacznej wydajności, a wypływających z gliny zwałowej. Występują one na terenach o różnych formach rzeźby zarówno na terenach płaskich /źródło w Żelechowie/, jak i na stokach łagodnych wzgórz /źródło w Zawadach/.

Bardzo ciekawe jest źródło w Górzynie, które wypływa z glin zwałowych w odległości około 1 m od dość głęboko wciętego koryta rzeczki. Ponieważ źródło jest ~~z~~budowane, zwierciadło wody podnosi się około 15 cm nad poziom gruntu, czyli znajduje się mniej więcej 1,5 m powyżej średniego stanu wody w rzeczce. Rurą wmurowaną na tej wysokości w cembrowinę, woda odpływa do rzeczki. Teren w pobliżu źródła jest płaski, a wykopane niedaleko studnie mają zwierciadło wody na głębokości około 2 m. Można przypuszczać, że źródła te wypływają z tak zwanych "żył wodnych" lub szczelin w zwartej glinie, wypełnionych piaskami. Bardzo możliwe, że warstwy wodonośne i trudno przepuszczalne są tu zaburzone glacitektonicznie. S.Z. Różycki podaje, że: "między osią równoleżnikową Niecki Mazowieckiej i granicą wychodni kredy na Wyżynie Małopolskiej, niewiele jest miejsc, w których na większej przestrzeni nie stwierdza się zaburzeń glacitektonicznych" /cytat przetłumaczony /59/. O występowaniu na omawianym terenie zaburzeń glacitektonicznych mówią także S. Gadowska /22/ i Z. Sarnacka /62/. Świadczą o tym również napotkane w wierceniu w Pilawie porwaki iłów pliocenских w osadach czwartorzędowych.

Z. Sarnacka opisuje odsłonięcie w wykopie kolejowym, znajdujące się na północo-zachód, tuż poza granicą dorzecza Wilgi, pomiędzy miejscowościami Osieck i Grabianka. Występują tu zgodnie ułożone utwory zastoiskowe wśród warstw gliny zwałowej leżącej ukośnie.

Z pewnością zaburzenia glacitektoniczne utworów wodonosnych, jak i występujących w ich spągu lub stropie glin, nie pozostają bez znaczenia dla występowania i kształtowania się wód gruntowych w dorzeczu. Genezę źródeł na terenach płaskich można, jak się wydaje, również wiązać z obecnością struktur glacitektonicznych. Wydajność poszczególnych źródeł nie przekracza 2 l/sek, wynosząc przeciętnie od 0,05 l/sek do 0,3 l/sek. Tylko w Kobylej Woli odpływ zmierzony na strudze odprowadzającej wody z wielu drobnych źródełek wynosi około 6 l/sek.

Obserwatorzy PIHM prowadzą codzienne spostrzeżenia nad wydajnością i temperaturą wody dwu źródeł: w Zawadach - Garwolin i w Sulbinach.

Pierwsze z nich bije z dna stawku, a stan jest odczytywany na przelewie trójkątnym. W badanym 6-leciu wydajności jego wahały się od 0,01 l/sek do 1,75 l/sek. Jednakże szczególnie wysoki odpływ nie pochodzi tylko ze źródła lecz także z wód opadowych na powierzchnię stawu oraz ze spływu powierzchniowego z małej jego zlewni. Nie są to wielkości duże, jednak wobec niewielkiej wydajności źródła, stanowią one stosunkowo duży procent całości obserwowanego odpływu. Na wykresie wydajności źródła /ryc.15/ można prześledzić nagłe i krótkotrwałe zwiększanie się jego wydajności, co doskonale pokrywa się z datami występowania wyjątkowo wysokich opadów atmosferycznych. Podane wyżej absolutne maksimum wystąpiło w dniu 15.V.1962 r., podczas gdy na najbliższej stacji opadowej w Kolonii Unin /odległej o 3,2 km/ zanotowano dnia 14.V.1962 r. opad dobowy 48,3 mm, a 15.V.1962 r. 29,3 mm. Wydaje się, że z kolei niżówki okresu letniego są pogłębiane stratą wody na parowanie z powierzchni zbiornika. Wobec tego można stwierdzić, że uzyskane w ten sposób wyniki pomiarów nie przedstawiają faktycznej wydajności źródła.

Źródło w Sulbinach jest obudowane cembrowiną, w której woda wznosi się do wysokości około 80 cm nad powierzchnię gruntu. Koryto z przelewem ma zainstalowaną podziałkę milimetrową, na której odczytywane są codzienne stany wody. W omawianym 6-letnim okresie wielkości odpływu ze źródła wahały się w granicach od 1,16 l/sek do 1,85 l/sek. Odpływy małe występują przeważnie przy końcu lutego lub na początku marca. Wyjątkowo w sierpniu 1964 r. wyraźnie zaznaczył się niski odpływ letni. Poza tym w przebiegu krzywej nie daje się prześledzić jakiegoś okresowego cyklu, odpływ jest na ogół wyrównany, drobne jego wahania oscylują w bardzo wąskich granicach. Można przypuszczać, że tak jest rzeczywiście, ale zarówno sama budowa przelewu, jak i podziałka bardzo mała i nieprawidłowo przymocowana, budzą wiele zastrzeżeń. Aby obserwacje były pewne, należałoby zmienić obudowę, zainstalować limnigraf i skasować pobór wody ze źródła powyżej przelewu.

Z przeprowadzonej analizy wyników obserwacji obydwu źródeł wydaje się, że stwierdzone zmiany wielkości ich odpływu nie odzwierciedlają zmian zasobów retencji i gdyby na ich podstawie obliczać wskaźnik zmian retencji w dorzeczu, to otrzymany wynik byłby błędny.

Natomiast bardzo ciekawy obraz daje wykres temperatury wody źródła w Sulbinach /ryc.15/. Zaznacza się tu wyraźny cykl roczny. Najniższe temperatury wody 8,6 - 8,7°C występują w lecie w miesiącach lipiec i sierpień, najwyższe 9,1- 9,2°C w zimie - grudzień, styczeń, a amplituda roczna wynosi tylko 0,6°C.

Obliczenie zmian retencji znanymi metodami

W bilansie wodnym kontrolowanym określa się niezależnie każdy z jego elementów. Po obliczeniu wskaźników opadu, odpływu i parowania obliczono także zmiany zasobów retencyjnych dorzecza.

Ponieważ zagadnienie sposobu określenia zmian retencji pozostaje w literaturze hydrologicznej nadal dyskusyjne, nie można z pewnością powiedzieć, która ze znanych metod jest najodpowiedniejsza dla dorzeczy na Nizinach Środkowopolskich. Dlatego w niniejszym opracowaniu podjęto próbę obliczania wskaźników zmian retencji bilansowej / R/ różnymi sposobami, a następnie przeprowadzono analizę porównawczą otrzymanych wyników.

W świetle ostatnio prowadzonych przez Wyższe Szkoły Rolnicze w Polsce badań nad uwilgotnieniem gruntu /52, 64/, wysuwany jest wniosek, że "spośród rozpatrywanych wskaźników retencji, najlepszym okazał się pomierzony zapas wody wierzchniej warstwy gleby o miąższości 1,0 m" /65/. Wody gruntowe tylko wówczas gdy zalegają płytko, co zdarza się przeważnie na wiosnę, mogą dokładniej określać stany retencji i jej przyrosty, natomiast przy głębszym ich zaleganiu latem i jesienią "zmiany retencji mogą zachodzić bez zmian stanów wody gruntowej" /65/. Takie stwierdzenie wydaje się słuszne tylko w tym przypadku, gdy wody gruntowe zalegają głęboko poniżej rozcięcia erozyjnego rzek. Dlatego w dalszym opracowaniu, szczególnie wiele uwagi poświęcono zagadnieniu określenia zmian retencji gruntowej na podstawie wahań stanów wód gruntowych, w oparciu o możliwie dokładne rozeznanie warunków hydrogeologicznych ich występowania.

Znając wartości poszczególnych składników bilansu wodnego jak: opad, odpływ i parowanie, można przyrost lub ubytek retencji wyliczyć z równania $\Delta R = P - H - E$.

Zmiany wielkości retencji można obliczyć dla takich samych przedziałów czasu, dla jakich zostały wyliczone pozostałe składniki bilansu. Ponieważ w niniejszym opracowaniu obliczono wartości dobowe, miesięczne, półroczne i roczne tych elementów, można było określić zmiany retencji w dowolnych przedziałach czasu. W tabeli 8 przedstawiono ΔR w poszczególnych miesiącach, okresach półrocznych i latach dla 6-letnia, oraz wartości średnie: miesięczne, półroczne i roczne z okresu 1959-1964.

Przeciętnie w przebiegu rocznym przyrost retencji ma wartości dodatnie w miesiącach listopada - lutego, a ujemne od marca do sierpnia, natomiast we wrześniu i październiku dodatnie. Najniższy stan retencji występuje w sierpniu. Odnosząc do tego stanu wielkości zmian retencji obliczono rzędne wykresu przebiegu stanów retencyjnych w ciągu roku 19/.

Najniższe stany retencji występują w miesiącach letnich, wzrastają w okresie jesieni, a najwyższe są w lutym, to jest przed wystąpieniem roztopów wiosennych. Tak duże zapasy wody w zlewni gromadzą się nie tylko w gruncie, który jest zimą na ogół zmarznięty, ale na powierzchni w postaci retencji śnieżnej.

Wielkości retencji gruntowej odpływowej i jej zmiany określono z krzywej odpływu pochodzenia gruntowego tak zwanej "krzywej wysychania".

Przeprowadzono obliczenia dla dorzecza Wilgi powodowskiej w Wildzie z dwu lat hydrologicznych 1963-1964. Z okresu 6-letniego, w którym opracowano odpływ, wybrano 7 okresów o malejącym odpływie pochodzenia gruntowego. Krzywa opadania w fazie odpływu grunto-

wego świadczy, że zasób wody zretencjonowanej w zlewni systematycznie zmniejsza się. W oparciu o metodę podaną przez K. Dębskiego /9/ przyjęto, że przepływ rzeczny pochodzenia gruntowego jest funkcją retencji gruntowej, a kolejne przepływy malejące tworzą postęp geometryczny malejący. Wobec tego dla każdego okresu wysychania oznaczono iloraz postępu

$$q = \left(\frac{Q_r}{Q_0} \right)^{\frac{1}{r}} \text{ i wielkość retencji } R = \frac{86,4 \cdot Q_0}{(1 - q) A} \text{ (mm)}$$

W obliczeniach przyjęto następujące oznaczenia /5/:

- R - stan retencji w pewnym terminie, w okresie wysychania
- Q₀ - objętość przepływu na początku przyjętego okresu wysychania
- Q_r - objętość przepływu przy końcu przyjętego okresu wysychania
- r - czas trwania rozpatrywanego okresu posuchy w dniach
- q - iloraz postępu geometrycznego
- A - powierzchnia zlewni w km²

Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 9.

E. Natermann podaje, iż kształt krzywej w okresie wysychania jest praktycznie niezmienny dla danej rzeki i przekroju, ponieważ zależy tylko od właściwości gruntu w zlewni /46/. Wobec tego iloraz postępu geometrycznego przyjęto $q = 0,9837$ i $1 - q = 0,0163$ jako średnią wartość wyrazu $1 - q$ obliczonego dla dwu ostatnich lat okresu bilansowania 1963-1964, w których określono retencję z krzywej wysychania /66/.

Z kolei wykonano w dużej skali wykres codziennych przepływów i przeprowadzono rozdział przepływu powierzchniowego i gruntowego za pomocą interpolacji graficznej pomiędzy niezbyt odległymi terminami, w których przepływy w rzece były wyłącznie pochodzenia gruntowego /66/. Z tej krzywej odczytano wielkości przepływów pochodzenia gruntowego dla ostatnich dni poszczególnych lat, półroczy i miesięcy letnich.

Mając potrzebne dane, określono stany retencji R , a następnie ΔR , czyli różnicę stanu retencji w poszczególnych okresach. Wyniki przedstawiono w tabelach 10 i 11.

Sposób obliczania retencji na podstawie zmian stanów wód gruntowych jest obecnie najczęściej stosowany szczególnie dla dorzeczy nizinnych, a znany jako "m e t o d a s t u d z i e n w y b r a n y c h" /13/.

Tą metodą obliczono wartości wskaźnika retencji dla 6-letniego okresu bilansowania na podstawie zmian stanów wody gruntowej w Kolonii Unin, jest to jedyna w dorzeczu stacja wód gruntowych, posiadająca pełny i wieloletni okres obserwacji. Toteż podejmując obliczenia nie było problemu wyboru właściwych studni, należało jednak sprawdzić, czy dana stacja spełnia warunki wskaźnikowej stacji obserwacyjnej, a więc czy zachodzi korelacja między stanami retencji w zlewni i ich zmianami / ΔR /, a stanami wody gruntowej. w danej studni / ΔW /.

Z równania $\Delta R = P - H - S$ otrzymano ΔR dla miesięcy jesiennych - września i października, a ze zmian stanów wody gruntowej określono ΔW dla tych samych miesięcy. Współzależność pomiędzy tymi wartościami przedstawiona jest na rycinie 17.

Po przeanalizowaniu kierunku i wielkości zmian ΔR i ΔW należy stwierdzić, iż w miesiącach, w których w rocznym cyklu zmian retencji przeciętnie kończy się jej zmniejszanie spowodowane dużym letnim parowaniem i transpiracją, a zaczyna się magazynowanie wody z jesiennych opadów atmosferycznych, istnieje korelacja między wielkością zmian retencji w dorzeczu, a stanami wody gruntowej w obserwowanej studni. Wobec tego można przyjąć, iż zmiany stanu wody gruntowej w Kolonii Unin reprezentują stosunki retencyjne dorzecza. Również badania geologiczne, a szczególnie wyniki wiercenia wykonanego w pobliżu tej studni /ryc.13/ jak i analiza przebiegu wahań zwierciadła wody w okresie 10-letnim wskazują na to, że obserwowane zmiany zwierciadła wody dostatecznie charakteryzują przyrost lub ubytek zasobów retencji gruntowej w badanym dorzeczu.

Różnica stanów wód gruntowych nie jest jednak równa wielkości zmian retencji, ponieważ tylko pewien procent całej objętości gruntu wypełnia woda wolna, a więc trzeba uwzględnić współczynnik proporcjonalności $\alpha < 1$ określający zależność $\alpha = \frac{\Delta R}{\Delta W}$

Współczynnik ten znaleziono według wzoru $= \frac{[\Delta R \Delta W]}{[\Delta^2 W]}$ /13/.

Ponieważ w roku 1959, wyjątkowo suchym, nie zachodzi zgodność kierunku zmian retencji bilansowej i wód gruntowych w październiku, obliczenie przeprowadzono dla wartości ΔR i ΔW dwukrotnie, z miesięcy: października - α_1 i września - α_2 . Następnie do obliczeń wskaźnika retencji przyjęto wartość średnią $\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$

Obliczono współczynnik retencji odpływowej:

a/ z danych dla października

$$\alpha_1 = \frac{[\Delta R \Delta W]}{[\Delta^2 W]} = \frac{46\ 965}{593\ 100} = 0,08$$

b/ z danych dla września

$$\alpha_2 = \frac{[\Delta R \Delta W]}{[\Delta^2 W]} = \frac{127\ 905}{2\ 613\ 500} = 0,05$$

Średnio:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{0,08 + 0,05}{2} = 0,065$$

Mając współczynnik odpływowej retencji grunto-
wej $\alpha = 0,065$ uznano, że przeciętnie w strefie na-
syczonej, 6,5% objętości gruntu stanowi woda wolna,
która może odpłynąć. Zależność pomiędzy tymi wiel-
kościami można wyrazić następująco: $\Delta R_g = 0,065 \Delta W$.
Przedstawiając ΔW równe różnicy stanów wód grun-
towych w poszczególnych okresach, otrzymano ΔR_g -
zmiany stanu retencji gruntowej w mm. Obliczenia
przeprowadzono dla: lat, półroczy i miesięcy let-
nich.

W miesiącach półrocza zimowego całkowita re-
tencja wzrasta, ale wody opadowe są zatrzymywane
ponad poziomem zwierciadła wody gruntowej. Wystę-
pują one w postaci śniegu oraz wilgoci gruntowej,
która nie jest transpirowana przez rośliny, jak w
lecie, lecz przy niskich temperaturach powietrza,
w okresie zimowym zamarza. Choć ilość wody zatrzy-
monej w zlewni wzrasta w miesiącach zimowych, wody
gruntowe w tym okresie opadają, gdyż drogą podziem-
ną zasilają odpływ. Wobec tego ich wahania w pół-
roczu zimowym nie reprezentują zmian zasobów reten-
cji. W tym okresie retencja całkowita w dorzeczu
jest równa sumie retencji gruntowej i retencji zi-
mowej.

Analiza opracowanych wskaźników retencji

W poprzednich rozdziałach zostały omówione trzy metody określenia wskaźnika retencji / R/, w bilansie wodnym:

1/ $\Delta R = P - H - E$ /różnica z równania bilansu wodnego/

2/ $\Delta R_g = \Delta W \alpha$ /ze zmiany stanów wody gruntowej/

3/ $\Delta R = \frac{86,4}{1 - q/A} /Q_0 - Q_r/$ /z krzywej wysychania./

Zmiany stanu retencji obliczone za pomocą dwóch pierwszych metod wykazują, poza nielicznymi wyjątkami, wartości zbliżone. Retencja bilansowa i retencja gruntowa zostały obliczone niezależnie. Można wnioskować więc, że z różnicy stanu wód gruntowych otrzymano wyniki poprawne. Natomiast zmiany wartości retencji uzyskane z krzywej wysychania znacznie się różnią od poprzednio omówionych. Podczas gdy ΔR obliczony z różnicy bilansowej i ze zmian stanów wody gruntowej przeciętnie waha się od kilkunastu do kilkudziesięciu mm a w dwu przypadkach przekracza - 100 mm /tab.12/, to wskaźnik zmian retencji uzyskany z krzywej wysychania dla tych samych okresów waha się w granicach kilku mm, a jeden raz /w półroczu letnim 1964 r./ osiąga wartość - 11,8 mm.

Jak wynika z porównania, wartości wskaźnika otrzymane trzecią metodą odnoszą się tylko do zmian w wielkości retencji odpływowej, a nie charakteryzują przebiegu zmian całkowitej retencji w dorzeczu.

IV PRÓBY OKREŚLENIA ZMIAN RETENCJI NA PODSTAWIE BADAŃ WÓD GRUNTOWYCH

Określenie opóźnień zmian retencji gruntowej

Zmiany stanu wód gruntowych występują z pewnym opóźnieniem w stosunku do terminu pojawiania się intensywnego zasilania, lub jego niedoboru. Podjęto próbę obliczenia wskaźnika retencji gruntowej z uwzględnieniem opóźnień, z której wyniki przyjęto do obliczeń bilansowych. Ponieważ stan wody w Kolonii Unin, jest obserwowany tylko jeden raz w tygodniu, oparto się na danych codziennych obserwacji w Kolonii Izdebno w latach 1963-1964.

Opóźnienie w retencji stanów zwierciadła wody obliczono drogą korelacji. Stan wody przedstawiono na wykresie, przyjmując podziałkę na osi odciętych 1 dzień = 1 mm. Na tej osi powyżej krzywej stanów wykreślono: wysokości opadów atmosferycznych - średnie dobowe z trzech najbliższych stacji /Miętne, Kolonii Unin i Rowy Taluba/, przebieg temperatury powietrza, oraz czas trwania pokrywy śnieżnej na stacji w Żelechowie.

Analizując omówiony powyżej wykres ustalono, iż stany wody w tej studni reagują z opóźnieniem przeciętnie około 20 dni. Następnie dwukrotnie przeprowadzono obliczenia ΔW oraz $\Delta R_g = \Delta W \cdot 0,065$ dla poszczególnych lat, półroczy i miesięcy półroczna letniego na podstawie:

- 1/ stanów wody w ostatnim dniu wyróżnionego okresu / ΔR_{g_1} /,

2/ stanów wody występujących o 20 dni później / R_{g_2} /.

Obliczenia zamieszczone w tabeli 13. Uzyskane w ten sposób wartości wskaźników retencji gruntowej porównano ze wskaźnikami R obliczonymi z równania bilansu wodnego /tab.14/.

Z zestawienia różnic R i R_{g_1} oraz R i R_{g_2} wynika, iż są one mniejsze przy uwzględnieniu opóźnień w 15 okresach bilansowych na 18 opracowanych.

Obliczenie wskaźnika retencji
ze zmiany zasięgu strefy nasyconej
w przekroju poprzecznym dorzecza

Na profilu wyznaczonym w poprzek dorzecza, w jego środkowej części, przeprowadzono pięć serii pomiarów zwierciadła wody gruntowej w 31 studniach.

Z tych studni dwie Nr 10 i Nr 29 pobierają wody z głębszego poziomu i dlatego zostały w opracowaniu pominięte, ale są oznaczone na przekroju /ryc.18/.

Oznaczono pomierzone stany wody z dwu serii:
1/ w dniu 19.V.1962 r. - przy stanie bardzo wysokim,
2/ w dniu 9.VIII.1963 r. - przy stanie bardzo niskim. Uwzględniając rzeźbę powierzchni, przeprowadzono pomiędzy oznaczonymi punktami interpolację graficzną, otrzymując dwie krzywe. Pierwsza z nich charakteryzuje wysokość występowania zwierciadła wody przy stanie wysokim, druga przy stanie niskim. Powierzchnia zawarta pomiędzy tymi krzywymi reprezentuje obszar zmienności stanów wody, a podzielona przez podstawę wykresu da wartość wysokości zmiany stanu wody, średnią w przekroju dorzecza w okresie pomiędzy tymi pomiarami. Powierzchnia ta zarasta pomiędzy krzywymi wyno-

si 39 600 m²; długość podstawy profilu 18 500 m; wobec tego średnia wysokość warstwy, o którą zmniejszył się zasięg strefy nasyconej w przekroju poprzecznym dorzecza, od dnia 19.V.1962 r. do dnia 9.VIII.1963 r. równa jest ilorazowi

$$\frac{39\ 600\ \text{m}^2}{18\ 500\ \text{m}} = 2,15\ \text{m} = 215\ \text{cm}$$

Aby określić, o ile zmniejszyła się w tym okresie ilość wody zretencjonowanej w dorzeczu, wartość 215 cm pomnożono przez współczynnik retencji odpływowej $\alpha = 0,065$ /obliczony w rozdziale III/ i w ten sposób uzyskano wskaźnik $\Delta R_g = -139,8$ mm.

W celu porównania otrzymanej wielkości ubytku zasobów retencji w dorzeczu z bilansowym wskaźnikiem ΔR , obliczono bilans wodny dla tego okresu, korzystając z uprzednio otrzymanych wartości dobowych opadu, odpływu i parowania.

Bilans wodny za okres 19.V.1962 - 9.VIII.1963 zestawiono w tabeli 15.

Z różnicy bilansowej otrzymano wskaźnik retencji dla tego samego okresu $\Delta R = 660,9 - 195,6 - 606,3 = -141,0$ mm. Porównując wskaźnik retencji z równania bilansu /-141,0 mm/ z wielkością ubytku retencji gruntowej, obliczoną z przekroju /-139,8 mm/, należy stwierdzić, że otrzymano wyniki prawie identyczne, bo różniące się tylko o 0,9%. Podany wskaźnik w przybliżeniu charakteryzuje wielkość retencji czynnej w dorzeczu, jednak jest od niej nieco mniejszy, gdyż pomierzone wysokości zwierciadła wody nie stanowią absolutnego maksimum i absolutnego minimum.

Ponieważ wskaźniki ubytku retencji obliczone z przekroju i z różnicy bilansowej są bardzo zbliżone, można sądzić, że wskazana przez autorkę me-

to da je wyniki dobre. Przy jej zastosowaniu eliminuje się wpływ błędów przypadkowych, jakie mogą powstać wskutek zmian lokalnych przy punktowej obserwacji i może być wykorzystana przy opracowaniach bilansów wodnych kontrolowanych małych zlewni na Nizinach Środkowopolskich. Podejmując takie badania należałoby, po przeanalizowaniu geologii dorzecza, wyznaczyć profil poprzeczny wzdłuż którego w odpowiednio dużej ilości studni prowadzone byłyby ciekłe pomiary. Przy mniejszej dokładności opracowania pomiar powinien być wykonany przynajmniej jeden raz w miesiącu /ostatniego dnia/ przed pierwszym poborem wody ze studni.

W ramach niniejszego opracowania nie można było prowadzić ciągłych obserwacji ze względów technicznych. A więc trudno twierdzić z całą pewnością, czy wskazana metoda da równie dobre wyniki dla obliczeń bilansów w przedziałach miesięcznych. Jednak dla jej sprawdzenia takie obserwacje zostaną przeprowadzone w latach 1967-1969 w innym dorzeczu na obszarze Nizin Środkowopolskich, w ramach podjętych przez Katedrę Geografii Fizycznej UW badań na małych zlewniach.

V OMÓWIENIE BILANSU WODNEGO

Charakterystyka warunków klimatycznych opracowanego okresu bilansowego na tle wielolecia

Według podziału na dzielnice rolniczo-klimatyczne R. Gumińskiego /25/, dorzecze Wilgi należy do dzielnicy IX wschodniej /Podlaskiej/, obejmującej wschodnią część Polski Środkowej. Południowa

jej granica przebiega w przybliżeniu na północ od Lublina przez Puławy, zachodnią stanowi dolina Wisły, a północna biegnie pomiędzy Augustowem i Suwałkami. Uwzględniona w opracowaniu stacja klimatologiczna Sobieszyn, znajduje się w obrębie tej dzielnicy.

Charakterystykę klimatyczną dorzecza Wilgi oraz porównanie okresu 1959-1964, dla którego obliczono bilans wodny, przeprowadzono na podstawie: wieloletnich obserwacji w Sobieszynie, kilkuletnich w Żelechowie i 10-letnich /1951-1950/ w Świdrze /47/, pracy R.Gumińskiego oraz załączonych do niej map /25/, pracach Z.Kaczorowskiej /29,30/, atlasu opadów atmosferycznych W.Wiszniewskiego /79/ oraz atlasu częstotliwości opadów atmosferycznych w Polsce /1/. W charakterystyce klimatycznej dorzecza Wilgi uwzględniono przede wszystkim elementy meteorologiczne, które mają największy wpływ na kształtowanie się poszczególnych składników bilansu wodnego zlewni, a mianowicie opady, temperaturę i wilgotność powietrza.

Sumy roczne opadów atmosferycznych w dorzeczu Wilgi z okresu 40-letniego /1891-1930/ wahają się od 550 mm do ponad 600 mm /78/. Aby scharakteryzować opady w okresie bilansowania, obliczono dla poszczególnych miesięcy, półroczy i lat procenty w stosunku do średniej dwudziestoletniej /tab.17/. Ze względu na wysokość opadu w Sobieszynie, poszczególne lata okresu bilansowanego, można zaliczyć, według kryteriów przyjętych przez Z.Kaczorowską, do lat: przeciętnych rok 1960 /109,5%/, suchych rok 1963 /83,2%/, bardzo suchych lata: 1959 /65,5%/, 1961 /71,3%/ i bardzo wilgotnych - rok 1962 /131,2%/.

Należy zaznaczyć, iż średnia roczna suma opadów z badanych 6 lat - 480,5 mm w Sobieszynie, jest niższa o 12,0% od średniej z dwudziestolecia wyno-

szącej 546 mm i niższa o 52,9 mm od średniej okresu bilansowania w dorzeczu Wilgi. Jednakże w wymienionych trzech latach bardzo suchych, średni opad w zlewni nie przekraczał 450 mm, a prawdopodobieństwo częstotliwości występowania rocznej sumy opadu 450 mm na tym obszarze, jest tylko 10% /1/. Największy opad roczny w zlewni w badanym okresie wynosił 731,5 mm w roku 1962, a najmniejszy 393,0 mm w roku 1959; współczynnik nieregularności opadów rocznych w latach 1959-1964 wynosi 1,86.

Zarówno lata jak i półrocza wykazują w 6-leciu asymetrię w kierunku lat suchych.

W aspekcie sum miesięcznych opadu wyraźnie wyróżniają się miesiące skrajnie suche: październik 1961 r. - 2,6 mm, październik 1962 r. - 7,4 mm oraz w 1964 r. grudzień - 9,2 mm i styczeń - 9,8 mm oraz skrajnie wilgotne: w 1960 r. lipiec - 202,2 mm i w 1962 r. maj - 142,0 mm.

Średnio najniższe miesięczne sumy opadu występują w miesiącach styczeń, luty, marzec - poniżej 27,0 mm, najwyższe lipiec - 78,3 mm i styczeń - 66,5 mm.

Największy opad dobowy w badanym 6-leciu zaobserwowano w dniu 14.V.1962 r. i wynosił on na poszczególnych stacjach: Miętne 67,3 mm, Żelechów 41,0 mm, Wilga 40,9, Kolonia Unin 48,3 mm. Liczba dni z opadem ≥ 1 mm wynosiła średnio rocznie od 140 dni na wschodzie, do 160 dni na zachodzie /25/. W okresie 1955-1964 opad pod postacią śniegu stanowi na stacji Sobieszyn, średnio 14,2% ogólnej sumy opadów. Czas trwania pokrywy śnieżnej - średnio dla całego regionu wynosi 60-70 dni /25/, w badanym okresie dla stacji Żelechów 59 dni. Przeciętnie około 2 miesięcy w roku opad był retencjonowany na powierzchni w postaci śniegu, a odpływy zasilają tylko wody gruntowe. W analizowanym okresie początek

występowania pokrywy śnieżnej waha się od 1.XII. w 1959 r. do 14.XII. w 1963 r., a koniec wykazuje duże zróżnicowanie - od 10.II. w 1961 r. do 2.IV. w 1964 r. Największa średnia wysokość śniegu jest 5 cm - 10 cm /25/. Średnia roczna temperatura powietrza dla tej części Polski waha się w granicach od 7,3°C w Brześciu n. Bugiem do 7,8 w Warszawie i od 7,0 w Białymstoku do 7,4 w Lublinie. W Sobieszynie wartość ta obliczana z okresu 20-letniego /1945-1964/ dla roku hydrologicznego wynosi 7,5°C, dla półrocza zimowego /XI-IV/ 0,4°C, dla letniego /V-X/ 14,6°C. Średnia roczna temperatura z okresu 1959-1964 wynosi 7,4°C, a więc jest bardzo bliska średniej dwudziestoletniej /tab.18/. W Żelechowie średnia roczna temperatura 7,2°C, dla półrocza zimowego 0,2°C, dla półrocza letniego 14,3°C /tab.19/ czyli jest niewiele niższa niż w Sobieszynie. Stacja Świder w okresie 1951-1960 wykazuje znacznie wyższą wartość 7,8°C /47/.

Wśród analizowanych lat najchłodniejszy był rok 1963, temperatura średnia roczna osiągnęła jednakową wartość 6,4°C w Sobieszynie i w Żelechowie, a najcieplejszy był rok 1961 ze średnią roczną temperaturą 8,8°C w Sobieszynie i 8,6°C w Żelechowie. Najwyższą amplitudę średnią roczną 33,2°C zanotowano w Żelechowie w 1963 r. a najniższe: 20,5°C w r. 1962 i 21,2°C w 1960 r. /tab.19/.

Najchłodniejsze półrocze zimowe o ponad 3°C poniżej średniej wieloletniej, przypadało na rok 1963 /-2,9°C w Sobieszynie i w Żelechowie/. Najcieplejsze półrocze letnie było również w 1963 r. /średnia temperatura 15,6°C w Sobieszynie, a 15,8°C w Żelechowie/, a więc ten rok odznaczał się największą skrajnością termiczną. W dorzeczu Wilgi w okresie 1959-1964 średnie temperatury miesięczne najwyższe przypadają na lipiec 18,1°C, najniższe na styczeń -4,9°C.

W omawianej wyżej dzielnicy według R. Gumińskiego średnia liczba dni przymrozkowych /t.min. < 0°/ wynosi 120, dni mroźnych /t.max < 0°/ 50, dni bardzo mroźnych /t.max ≤ -10°/ 3 do 4, dni letnich /t.max ≥ 25°/ 30 do 40, dni upalnych /t.max ≥ 30°/ przeciętnie 5. Średnia data występowania ostatniego przymrozku wiosennego przypada na 25 kwietnia, a początek robót polowych między 21-31 marca.

Charakterystykę wilgotności powietrza z konieczności ograniczono do danych z Sobieszyna, gdyż w Żelechowie brak jest odczytów termometru zwilżonego. Zestawiono wartości wilgotności względnej w % w przedziałach, miesięcznych, półrocznych i rocznych, a także wartości średnie z okresu bilansowania /1959-1964/, oraz z dwudziestolecia /1945-1964/. Wartość średnia z wyżej wymienionych dwu okresów w Sobieszynie, jak i z okresu siedmioletniego /1954-1960/ na stacji w Świdrze /47/ jest taka sama i wynosi 78%.

Najwyższe średnie roczne wartości wilgotności względnej wystąpiły w latach: 1962 - 80% i 1960 - 79%, co zbiega się z najwyższymi rocznymi sumami opadów atmosferycznych. Natomiast najniższa wartość wilgotności względnej średniej rocznej 76% przypada na najmniej obfity w opady rok 1959. Wartości miesięczne tego wskaźnika wahają się w dość szerokich granicach od 64% do 93%. Najniższe jej wartości przypadają na miesiące maj i czerwiec, a najwyższe na listopad i grudzień.

Na podstawie powyższej analizy elementów klimatu można stwierdzić, że w badanym okresie sześcioletnim rok 1959 był bardzo suchy, o małej sumie opadów atmosferycznych i stosunkowo wysokich temperaturach powietrza, a rok 1962 był bardzo wilgotny o bardzo dużej sumie opadów i stosunkowo niskich temperaturach powietrza.

Natomiast średnia suma opadu, średnia temperatura i wilgotność powietrza, jak i związana z tym wielkość parowania, były w badanym sześciolacie zbliżone do wartości średnich wieloletnich. Wydaje się zatem, że oporobowany okres bilansowania można uznać za reprezentatywny dla charakterystyki warunków klimatycznych badanej zlewni.

Porównanie wielkości wskaźników bilansu wodnego

Bilans wodny dorzecza Wilgi w latach hydrologicznych 1959-1964 nie był zrównoważony, ponieważ w ciągu tego okresu wytworzył się niedobór zasobów wody w zlewni. Stan wody gruntowej na początku okresu bilansowania wynosił 189 cm, a na końcu 324 cm, co odpowiada zmniejszeniu się zasobów retencji gruntowej o 87,7 mm.

Duże ubytki retencji gruntowej wystąpiły w latach o małych sumach opadowych i stosunkowo wysokiej temperaturze powietrza: w 1959 r. $R_g = -149,5$ mm, w 1961 r. $R_g = -170,9$ mm i w 1964 r. $R_g = -108,5$ mm i choć w pozostałych trzech latach zasoby retencji wzrastały, jednak w ogólnym bilansie 6-letnim nie zdołały zrekompensować przeważających ubytków wody /tab.26/. Toteż w bilansie przeciętnym za ten okres ubytek retencji wynosił - 17,1 mm.

Przeciętnie w przebiegu rocznym ilość wody zatrzymanej w dorzeczu wzrasta od września do lutego, natomiast w marcu, następowo wyczerpywanie się jej zapasów aż do sierpnia, gdy zasoby retencji są najmniejsze. W miesiącach kwietniu i czerwcu nie wystarczało opadów atmosferycznych nawet na pokrycie wielkości parowania, a więc część parowania i odpływ były zasilane przez zapasy re-

tencyjne, które przeciętnie w ciągu 6 miesięcy znajdują się po stronie przychodowej równania bilansu wodnego /ryc.19/. W ciągu marca i kwietnia wyczerpywały się zapasy retencji powierzchniowej, nagromadzone w okresie zimowym w postaci śniegu, natomiast od kwietnia do września - zasoby retencji gruntowej.

W poszczególnych miesiącach badanego okresu maksima sum opadowych przypadają na półrocze letnie i występowały od maja do września. Największe parowanie obserwowano w maju, czerwcu i w lipcu z maksimum wynoszącym 85,3 mm w lipcu 1959 r. Również w tym miesiącu zanotowano największą średnią miesięczną temperaturę powietrza. Maksima odpływu występują najczęściej w kwietniu, gdy odpływają wody roztopowe.

Ciekawie przedstawiał się maj 1960r., kiedy to wystąpiły roczne maksima zarówno opadu, odpływu, parowania jak i przyrostu retencji /tab.8/. Natomiast najniższe sumy miesięczne opadów notowano w miesiącach od września do stycznia, najniższe odpływy przeważały w miesiącach zimowych i jesiennych, a najmniejsze parowanie obserwowano w styczniu.

W żadnym roku straty bilansowe /S/ nie są równe wielkości parowania /E/. Znacznie niższe były w latach o małych opadach atmosferycznych: w 1959 r. o 126,6 mm, w 1961 r. o 145,1 mm, a w 1964 r. o 107,3 mm, natomiast znacznie wyższe w latach o wyjątkowo dużych opadach: w roku 1960 o 149,2 mm, a w roku 1962 o 99,3 mm. Średnio w badanym sześcioleciu parowanie jest wyższe od strat bilansowych o 24,7 mm. Toteż nie można utożsamiać strat bilansowych z wielkością parowania nawet dla okresu kilkuletniego, gdy bilans wodny tego okresu nie jest zrównoważony.

Parowanie terenowe jest elementem bilansu o najmniejszej zmienności sumy rocznej, a w badanym

okresie waha się w granicach od 405,9 mm do 487,2 mm. Sumy roczne parowania w latach o stosunkowo niskich opadach atmosferycznych, ale o wysokiej średniej rocznej temperaturze powietrza są znacznie wyższe od średniej wieloletniej.

W badanym 6-leciu największą zmiennością wartości rocznych odznaczają się wskaźniki odpływu, których współczynnik nieregularności wynosi aż 3,86, oraz roczne sumy opadów o współczynniku nieregularności 1,86.

Współczynnik odpływu w dorzeczu Wilgi dla badanego okresu wynosi średnio 21%, najniższy był w roku 1959 i równał się 14%, najwyższy w 1962 r. wynosił 29%.

Wartości wskaźników bilansu wodnego przeciętnego przedstawiają się następująco:

P = 535,9 mm
H = 112,7 mm
E = 440,3 mm
 ΔR = -17,1 mm

Bilans normalny dorzecza /za lata 1959-1964/ obliczono na podstawie średnich sześcioletnich wartości poszczególnych jego składników, przy założeniu, że błędem wynoszącym 10,1 mm /co stanowi 1,9% sumy opadów/, zostały obciążone proporcjonalnie wszystkie wskaźniki.

Powierzchnia dorzecza wynosi 579,2 km², a więc po przeliczeniu na objętości wody, można powiedzieć, że w roku przeciętnym badanego okresu 6-letniego opad dał 310 393 280 m³, odpłynęło ze zlewni 65 275 840 m³, wyparowało 254 921 760 m³, a retencja zmniejszyła się o 9 904 320 m³.

Porównując otrzymane wskaźniki z normalnym rocznym bilansem wodnym dla tego regionu hydrograficznego /67/ o wartościach:

P = 577,4 mm
H = 114,0 mm
E = 463,4 mm

można stwierdzić, że wielkości odpływu są bardzo zbliżone, natomiast opad w badanym okresie był o 41,5 mm, a parowanie o 23,1 mm niższe niż normalnie. Te różnice mogły wynikać między innymi także stąd, że bilans ten jest obliczony z innego okresu i dla całego regionu obejmującego także dorzecze Świdra, które jest pięciokrotnie większe od dorzecza Wilgi.

Bilans wodny dorzecza Wilgi za trzy lata 1950-1952 obliczył St. Dąbkowski /7/, otrzymując następujące wskaźniki:

P = 544,1 mm
H = 71,3 mm
E = 479,7 mm
R = - 6,9 mm

Wskaźnik opadu ma wartość zbliżoną do otrzymanej przez autorkę, natomiast wskaźnik odpływu jest znacznie niższy, a parowania znacznie wyższy. Przyrost retencji ma również wartość ujemną.

Próba ustalenia zależności czasowych pomiędzy poszczególnymi elementami bilansu wodnego

Obliczając bilanse wodne okresowe: roczne, półroczne czy miesięczne przyjmuje się pewne daty, które stanowią granicę dla wyróżnionych przedziałów czasu. Jednak poszczególne elementy bilansu występują ze zmiennym natężeniem, które wykazuje zróżnicowane przesunięcia terminowe.

Duże opady w danym dorzeczu już od początku ich trwania powodują zwiększanie się odpływu, ale maksymalny odpływ na wodowskazię wyjściowym zosta-

nie zanotowany z pewnym opóźnieniem w stosunku do maksymalnych opadów. Po stajaniu pokrywy śnieżnej, także z pewnym opóźnieniem wystąpi stan wysoki na wodowskazie. Jeszcze później niż powierzchniowych podniosą się stany wód gruntowych.

Również pewne opóźnienie zaznaczy się w minimach. W przypadku gdy przez dłuższy okres brak jest opadów atmosferycznych lub zostają one zatrzymane na powierzchni w postaci śniegu, po pewnym czasie występują stany niskie na rzece i dopiero minima wód gruntowych.

Podjęto próbę określenia opóźnień w występowaniu maksimów poszczególnych elementów bilansu wodnego. Minima są mniej wyraźne i trudno jest dokładnie ustalić termin najmniejszego zasilania. Sporządzono wykres, na którym zestawiono wartości dobowe poszczególnych elementów bilansu wodnego za okres 6-letni /ryc.20/. Przyjęto dla nich wspólną oś odciętych, na której odłożono czas przyjmując skalę 1 doba = 0,5 mm. Na osi rzędnych przedstawiono kolejno: wysokości opadów atmosferycznych - /średnie dobowe obliczone w mm dla każdego dnia jako średnie arytmetyczne z pięciu stacji opadowych/, pod nimi oznaczono czas zalegania pokrywy śnieżnej na stacji w Żelechowie, następnie wartości dobowe parowania terenowego w mm uzyskane metodą Konstantinowa i przepływy średnie dobowe w Wildze w m³/sek.

Te elementy bilansu wodnego porównano z odpływem ze źródła w Zawadach i stanami wód gruntowych na stacji Kolonia Unin. Objętości wypływu ze źródła przedstawiono w l/sek w postaci wykresu średnich przesuwanych z dwu kolejnych obserwacji, a następnie krzywą narysowaną odręcznie połączono najbliższe minima, aby otrzymać gwarantowane zmiany wydajności ze źródła bez odpływu powierzchniowego ze zlewni stawu. Pod nimi wykreślono cotygodniowe stany wód gruntowych.

Porównując przebieg poszczególnych elementów, przeprowadzono korelację ich stanów maksymalnych i w ten sposób określono 7 wyraźnie ze sobą korelujących wartości wysokich, przyjmując za $t = 0$ maksymalne opady lub datę roztopów, na osi odciętych odczytano przesunięcia czasowe, które przedstawiono w tabeli 27.

Jak wynika z powyższego zestawienia, od maksimum zasilania do wystąpienia wysokich przepływów na rzece w przekroju wodowskazowym upływa przeciętnie 2,5 dnia, zwierciadło wód gruntowych w Kolonii Unin osiąga swe maksimum po 12 dniach, ~~to~~ jest około 8 dni wcześniej niż w Kolonii Izdebno, a największa wydajność źródła następuje po około 25 dniach.

Oczywiście są to bardzo przybliżone wartości, ponieważ termin opóźnienia (maksimów) jest wyraźnie uzależniony od pory roku, a więc od wielkości parowania i transpiracji, a także od stanu wód w dorzeczu w okresie poprzedzającym wezbranie /69/. Choć z dużym przybliżeniem, charakteryzują one jednak zależności czasowe w obiegu wody w dorzeczu.

VI WNIOSKI

Opracowany okres 1959-1964 można uznać za reprezentatywny dla charakterystyki hydrologicznej dorzecza Wilgi ze względu na wartości średnie poszczególnych elementów klimatu zbliżone do przeciętnych. W tym 6-leciu wystąpiły lata suche, normalne i nadmiernie wilgotne, co pozwoliło scharakteryzować, nie tylko jak kształtują się poszczególne elementy bilansu wodnego, ale także określić ich nieregularność. Przy tym wartości średnie sześciolateczne były bliskie średnim wieloletnim.

Największą nieregularnością sum rocznych, spośród składników bilansu wodnego, odznaczał się odpływ, i następnie opad, a najmniejszą zaś parowanie. W badanym okresie bilans wodny nie był zrównoważony; nastąpiło zmniejszenie się zapasów wody w dorzeczu.

Analizując obliczony bilans wodny kontrolowany, można stwierdzić, że stosując przyjęte metody otrzymano wyniki zadawalające. Każdy składnik równania obliczono niezależnie i po zestawieniu wskaźników równanie nie sprawdza się w poszczególnych latach o wartość, której procent w stosunku do rocznej sumy opadów nie przekracza 6,0%, czyli jest znacznie mniejszy od dopuszczalnego błędu pomiarowego poszczególnych elementów bilansu.

Na tej podstawie wydaje się, że metoda Konstantinowa do obliczeń parowania terenowego daje dobre wyniki dla warunków Nizin Środkowopolskich. Jednak dla okresu od kwietnia do września miesięczne sumy parowania muszą być obliczane z wartości średnich dobowych temperatury powietrza i prężności pary wodnej, ponieważ ze średnich miesięcznych otrzymuje się wyniki zawyżone.

Przy określaniu odpływu rzek Nizin Środkowopolskich, które uchodzą do Wisły, a w swym dolnym odcinku płyną przez obszary piaszczystego tarasu akumulacyjnego należy uwzględnić: 1/ zmiany wysokości dna w przekroju wodowskazowym zamykającym zlewnię, 2/ wpływ cofki przy wysokich stanach wody na Wiśle. Dno ulega okresowym zmianom, co uniemożliwia korzystanie z jednej krzywej przepływu, a wymaga konstruowania odpowiednich krzywych konsumcyjnych różnych dla poszczególnych okresów. Dlatego należy wykonywać często pomiary przepływu i niwelację wysokości dna w przekroju wodowskazowym. W przypadku gdy przy wysokich wodach Wisły stany na wodowskazie

są podpiętrzone, trzeba uwzględnić wpływ cofki. Przy redukcji stanów wody i przepływów najlepiej jest korzystać ze związku stanów danego wodowskazu z wyżej położonym na tej samej rzece, już poza zasięgiem cofki. Dlatego też muszą być jednocześnie obserwowane przynajmniej dwa wodowskazy.

Można stwierdzić, iż w utworach czwartorzędowych wahania zwierciadła wód potamicznych /74/ w dostatecznym stopniu reprezentują zmiany zasobów retencji w dorzeczu dla okresów rocznych, półrocznych i miesięcy letnich. W półroczu zimowym należy uwzględnić retencję zimową, to jest tę ilość wody, która zostaje zatrzymana na powierzchni głównie w postaci śniegu. Stany retencji w przebiegu rocznym są przeciętnie najniższe w miesiącach letnich z minimum w sierpniu. Wzrastają na jesieni, a najwyższe są przed nastaniem roztopów - przeciętnie w lutym.

Wydaje się, że dokładniejsze wyniki w obliczeniu wielkości zmian retencji gruntowej można uzyskać z różnic w zasięgu pionowym strefy nasyconej, /obliczonych w przekroju poprzecznym dorzecza na podstawie pomiarów zwierciadła wody w danym profilu/, niż z jednej lub kilku wybranych studni.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy porównawczej przesunięć terminowych występowania maksimów, na wzmożone zasilanie opadowe najwcześniej reagują wody powierzchniowe. Stany wysokie na rzece występują przeciętnie z opóźnieniem 2-3 dni, zwierciadło wód gruntowych osiąga stan maksymalny zależnie od warunków hydrogeologicznych po 12-20 dniach, natomiast najwyższe odpływy ze źródeł obserwuje się po około 25 dniach. Podane czasy opóźnień są wartościami przybliżonymi, chodziło tylko o zasygnalizowanie ważności tego zagadnienia dla obliczeń bilansowych. Należałoby je sprawdzić w innej zlewni na Niżu Środkowopolskim, po przeprowadzeniu dokładnych badań w ciągu okresu wieloletniego.

Określenie wskaźników bilansu wodnego, a szczególnie zmian retencji gruntowej powinno opierać się o możliwie dokładne rozpoznanie warunków fizyczno-geograficznych badanego dorzecza. Bardzo ważne jest ustalenie stosunków hydrogeologicznych zlewni ze względu na warunki odpływu i retencji, oraz sprawdzenie zgodności działu wód podziemnych z działem topograficznym dorzecza.

LITERATURA

1. Atlas częstotliwości opadów atmosferycznych w Polsce. Prace i Studia Komitetu Inżynierii i Gospodarki Wodnej. t.IV. Warszawa 1961.
2. B a c St.: Metodyka badań polowego zużycia wodnego roślin uprawnych i zastosowanie uzyskanych norm do obliczeń bilansu wodnego małych dorzeczy Pr. i St. K.GW t.I, Warszawa 1956.
3. B a c St.: Wpływ lesistości i gleb na opad i odpływ w regionach hydrograficznych Polski Pr. i St. KIGW t.VII, cz.2, Warszawa 1965.
4. B o g u s ł a w s k a M.: Rozwinięty bilans wodny niektórych dopływów Bzury Pr. i St. KIGW t.VII, cz.2, Warszawa 1965.
5. B y c z k o w s k i A.: Półempiryczny sposób określania bilansu wodnego małej zlewni na przykładzie zlewni Uherki Pr. i St. KIGW. t.V, Warszawa 1962.
6. C z a r n e c k a H.: Obserwacje i pomiary źródeł Pr. i St. KIGW t.VII, cz.2, Warszawa 1965.
7. D ą b k o w s k i S.L.: Opracowanie bilansu wodnego rzeki Wilgi /maszynopis w Kat. Budownictwa Wodnego SGGW/.
8. D ę b s k i K.: Parowanie terenowe i jego gradient południkowy na ziemiach Niżu Sarmackiego. Przegl. Meteorol. i Hydr. z.1, Warszawa 1948.

9. Dębicki K.: Bilans wodny zlewni Wisły po Warszawę. Wiad. Służby Hydrol. Meteorol. t.II, z.2, Warszawa 1950.
10. Dębicki K.: Kształtowanie gospodarki wodnej w małym dorzeczu. Gosp. Wodna, z.1-2, 1950.
11. Dębicki K.: Zagadnienie opracowania bilansu wodnego zlewni rzecznych. Roczniki Nauk Rolniczych, t.71, seria F, z.3, Warszawa 1965.
12. Dębicki K.: **Hydrologia** kontynentalna. cz.I, Warszawa 1955, cz.II, Warszawa 1959.
13. Dębicki K.: **Szczegółowy bilans wodny** rzeki Wieprza w Kośminie jako przykład rozwiązania równań bilansu metodą studzien wybranych. Roczn. Nauk Roln. t.74, seria F, z.3, Warszawa 1960.
14. Dębicki K.: Wpływ deszczów jesiennych na odpływ i stany retencyjne. Pr. i St. KIGW t.V, Warszawa 1962.
15. Dębicki K.: Prace poświęcone metodyce bilansu wodnego. Wstęp. Pr. i St. KIGW, t.V, Warszawa 1962.
16. Dębicki K.: Podział wody retencjonowanej na gruntową wolną i związaną. Pr. i St. KIGW, t.VI, Warszawa 1963.
17. Dębicki K.: Przystosowanie nomogramu Konstantinowa do obliczeń parowania terenowego w Polsce. Pr. i St. KIGW, t.VI, Warszawa 1963.
18. Dębicki K.: Rozwinięte równanie bilansu wodnego i droga do jego poznania. Pr. i St. KIGW t.VI, Warszawa 1963.

19. Dębicki K., Kiciński T.: Bilans wodny zlewni górnej Wisły do Niepołomic Pr. i St. KIGW, t.V, Warszawa 1962.
20. Gadomska S.: Czwartorzęd i geomorfologia doliny Wilgi na odcinku źródła - Głusków i obszarów przyległych /maszynopis w Inst Geol./ Warszawa 1952.
21. Gadomska S.: Mapa geologiczna szczegółowa w skali 1:50 000 arkusz Garwolin, Wyd. Inst.Geologiczny. 1959.
22. Gadomska S., Opis do mapy geologicznej szczegółowej arkusz Garwolin /maszynopis w Inst. Geol./.
23. Galon R., Roszkówna L.: Zasięgi zlodowaceń. Przegląd Geogr. t.XXXII, z.3, 1961.
24. Gołęb J.: Podstawy racjonalnego ujęcia bilansu hydrogeologicznego Polski. Łódzkie Tow. Nauk. R.XVIII, z.1, 1964.
25. Gumieński R.: Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce /maszynopis w Kat. Klimatol. UW/.
26. Hohendorf E.: Roczne sumy niedosytów wilgotności powietrza w Polsce za okres 1881-1930. Pr. i St. KGW, t.II, cz.1, Warszawa 1959.
27. Instrukcja opracowania mapy hydrograficznej Polski 1:50 000. Wyd.III. Dokumentacja Geograficzna Nr 3. IG PAN. Warszawa 1954.
28. Kac D.M.: Reżim gruntowych wód w oroszajemych rajonach i jego regulowanie. Moskwa 1963.

29. K a c z o r o w s k a Z.: Cechy charakterystyczne klimatu Polski Pr. i St. KGW, t.II, cz.2. Warszawa 1959.
30. K a c z o r o w s k a Z.: Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Prace Geogr. Nr 33. Warszawa 1962.
31. K a j e t a n o w i c z Z.: Zależność genetyczna między wodą gruntową, a powierzchnią. Gosp. Wodna, z.11. 1962.
32. K a l i n i n G.P.: Ob opredelenji podziemnego pitanja rek. Hidrologija i Meteorologija. Nr 5. 1957.
33. K a l w e i t H.: Der Wasserhaushalt. Berechnungsverfahren und Anwendungen auf Mitteldeutsche Flussgebiete. Berlin 1953.
34. K o n d r a c k i J.: Geografia fizyczna Polski. Warszawa 1965.
35. K o n s t a n t i n o w A.R.: Metodika raszczeta isparenjia s poczwy i sniega po dannym meteorologiczeskich stancij. Trudy GGI, wyp. 81, Leningrad 1960.
36. K o n s t a n t i n o w A.R.: Uproszczona metoda obliczania składowych bilansu cieplnego, parowania rzeczywistego i potencjalnego. /Referat wygłoszony w KIGW PAN, maszynopis/. Warszawa 1965.
37. K o w a l s k a A., Wahania zwierciadła górnego horyzontu wody podziemnej. Przegl. Geogr. T. XXXIV, z.3, 1962.
38. K i c i ń s k i T.: Udział odpływu gruntowego w odpływie całkowitym na przykładzie rzeki górskiej i nizinnej Pr. i St. KIGW, t. VI, Warszawa 1963.

39. K i c i ń s k i T.: Określenie parowania metodą Konstantinowa. Pr. i St. KIGW t.VII, cz.2, 1965.
40. L a m b o r J.: Gospodarka wodna cz.I, 1955, cz.II, 1959.
41. L a m b o r J.: Obliczanie surowych bilansów wodnych metodą korelat. Roczn. N.R. t.71, seria F, z.3, Warszawa 1956.
42. M a k o w s k a A.: Materiały do mapy geologicznej zakrytej i odkrytej ark. Radom /maszynopis/.
43. M i c h n a Z., Opad, a współczynnik odpływu na obszarze województwa lubelskiego, Annales U.M.C.S. Ser.B, t.VII, Lublin 1955.
44. M i k u l i k S.: Zbadanie przydatności niektórych empirycznych metod wyznaczania naturalnego parowania terenowego dla Polski Środkowej. Biuletyn PIHM. Nr 2. Warszawa 1961.
45. M i k u l s k i Z.: Przepływ rzek przy zmiennej cofce i dotychczasowe metody jego określania. Gosp.Wodna. z.4, 1952.
46. N a t e r m a n n E.: Der Wasserhaushalt des oberen Emsgebietes nach dem Au - Linien Verfahren. Hannover 1958.
47. O ł p i ń s k a - W a r z e c h o w a K.: Klimat Świdra /Materiały wstępne/. Roczn. Elektryczności atmosferycznej i meteorologii Nr 25, PAN. Łódź 1963.
48. O s t r o m ę c k i J.: Obliczanie surowych bilansów wodnych przy łącznym uwzględnieniu wskaźników parowania i retencji. Roczn. N.R. t.71, Seria F, z.3. Warszawa 1956.

49. P a s z y ń s k i J.: Bilans cieplny powierzchni czynnej jako wskaźnik klimatologiczny. /Referat wygłoszony w PAN - maszynopis/. Warszawa 1965.
50. P a z d r o Z.: Hydrogeologia ogólna. Warszawa 1964.
51. P i e t r y g a Z.: Wpływ suszy jesiennej 1959 roku na poziom wód gruntowych na obszarze Polski Południowej. Wiad. SHM, z.50. Warszawa 1962.
52. P r a w d z i e c K.: Niektóre problemy bilansu wodnego na podstawie badań stosunków wodnych w powierzchniowych utworach przepuszczalnych doliny rzeki Iny. Szczecin 1962.
53. Przeglądowa mapa hydrogeologiczna Polski. /E. Maszowski, Całzak/. 1959.
54. P u n z e t J.: O rozbiciu strat bilansowych na parowanie i retencję Gosp. Wodna. z.6, 1957.
55. P u n z e t J.: Wykorzystanie krzywej opadania przepływów dla wyznaczenia przepływu gruntowego w rzece. Wiad. SHM. t.VII, Warszawa 1959.
56. R o g i ń s k i : Metody obliczania bilansu wodnego zlewni ze szczególnym uwzględnieniem zlewni małych. Gosp. Wodna. z.12, 1952.
57. R o s ł o ń s k i R.: Bilans wodny dorzecza i metoda do jego obliczenia służąca. Wiad. SHM. t.1, z.2, Warszawa 1948.
58. Roczniki hydrograficzne, meteorologiczne i opadowe PIHM.
59. R ó ż y c k i S.Z.: Guide - Book of Excursion from the Baltic to the Tatras Part II, vol. I. Middle Poland, INQUA. 1961.

60. R y c h ł o w s k i B.: Materiały do Hydrologii Królestwa Polskiego i Ziem Przyległych, Warszawa 1917.
61. S a r n a c k a Z.: Szczegółowa mapa geologiczna w skali 1:50 000 ark. Osieck. Wyd.Inst. Geologiczny 1962.
62. S a r n a c k a Z.: Opis do mapy geologicznej szczegółowej 1 ark. Osieck /maszynopis w Inst.Geol./.
63. S k i b n i e w s k i L.: Wody gruntowe w Polsce w okresie 1945-1954. Prace PIHM. z.45. Warszawa 1957.
64. S o m o r o w s k i C.: Uwilgotnienie profilu glebowego jako wskaźnik zmian retencji przy obliczaniu bilansów wodnych mniejszych zlewni. Pr. i St. KIGW. t.V. Warszawa 1962.
65. S o m o r o w s k i C.: Zasoby wilgoci gruntowej w bilansie wodnym zlewni rzecznych. Warszawa 1965.
66. S t e p h a n W.: Obliczanie parowania za pomocą wyznaczania retencji. Roczn. N.R. T.71, seria F, z.3. Warszawa 1956.
67. Stosunki hydrograficzne poszczególnych regionów Polski. Pr. i St. KGW. cz.2. Warszawa 1958.
68. T c h ó r z e w s k a B.: Zależność wahań poziomów wód gruntowych od opadów atmosferycznych na przykładzie dorzecza górnego Świdra /maszynopis w Kat.Klimatol. U.W./.
69. T c h ó r z e w s k a B.: Porównanie warunków i wyników zdjęcia hydrograficznego z dwu okresów. Przegl.Geogr. t.XXXIV, z.3. Warszawa 1962.

70. T k a c z u k W.G.: Opriedielenije prichodnoj czasti balansa gruntowych wod s siezonnymi kolebanijami ich urownia. Trudy Laboratorji Gidro geologičeskich Problem. Leningrad-Moskwa 1949.
71. T o b o l c z y k J.: Metoda obliczania parowania z gruntu i ze śniegu na podstawie danych stacji meteorologicznych. Biuletyn PIHM. Nr 2. Warszawa 1961.
72. T h o r n a t h w a i t e W.C., M a t h e r J.B.: The Water Balance. Publ. in Clim. VIII, 1955.
73. W i ę c k o w s k a H.: Związek działów wód podziemnych z rzeźbą. Przegl.Geogr. T. XXIX, z.4. Warszawa 1958.
74. W i ę c k o w s k a H.: Typy występowania górnych horyzontów wody podziemnej w Polsce. Czas.Geogr. t.XXXIV, z.4, 1963.
75. W i ę c k o w s k a H.: W i l g a t T.: W sprawie pierwszego opracowania wód gruntowych Polski. Przegl.Geogr. t.XXX, z.3. Warszawa 1958.
76. Wyniki wierceń /maszynopis/. Archiwum wierceń Inst.Geol.
77. W i l g a t T.: W sprawie metody pomiarów gęstości sieci wodnej. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sec.B. Vol.II, 7. Lublin 1947.
78. W i s z n i e w s k i W.: Atlas opadów atmosferycznych w Polsce 1891-1930. Warszawa 1953.

SPIS RYCIN

1. Sieć obserwacyjna i pomiarowa dorzecza Wilgi
2. Utwory powierzchniowe w dorzeczu Wilgi
3. Mapa zwierciadła wód gruntowych w dorzeczu Wilgi
4. Stany charakterystyczne
5. Wykres stanów wody
6. Krzywa konsumcyjna
7. Przepływy średnie miesięczne w m³/sek za lata 1959-1964
8. Mapa przepuszczalności utworów powierzchniowych
9. Odpływy jednostkowe w dorzeczu Wilgi
10. Obserwowane stany wód gruntowych w dorzeczu Wilgi
11. Przekrój geologiczny /wg S.Gadomskiej/
12. Przekrój geologiczny /wg A.Makowskiej/
13. Wiercenie w Garwolinie, wiercenie w Kolonii Unia
14. Częstotliwość występowania stanów wody gruntowej
15. Temperatury źródła, wydajności źródła
16. Wykres stanów retencyjnych w przebiegu rocznym
17. Zmiany retencji w dorzeczu Wilgi i zmiany stanów wody gruntowej w Kolonii Unia
18. Przekrój poprzeczny dorzecza Wilgi
19. Wykres przeciętnego okresowego bilansu wodnego
20. Wykres wartości dobowych elementów bilansu wodnego

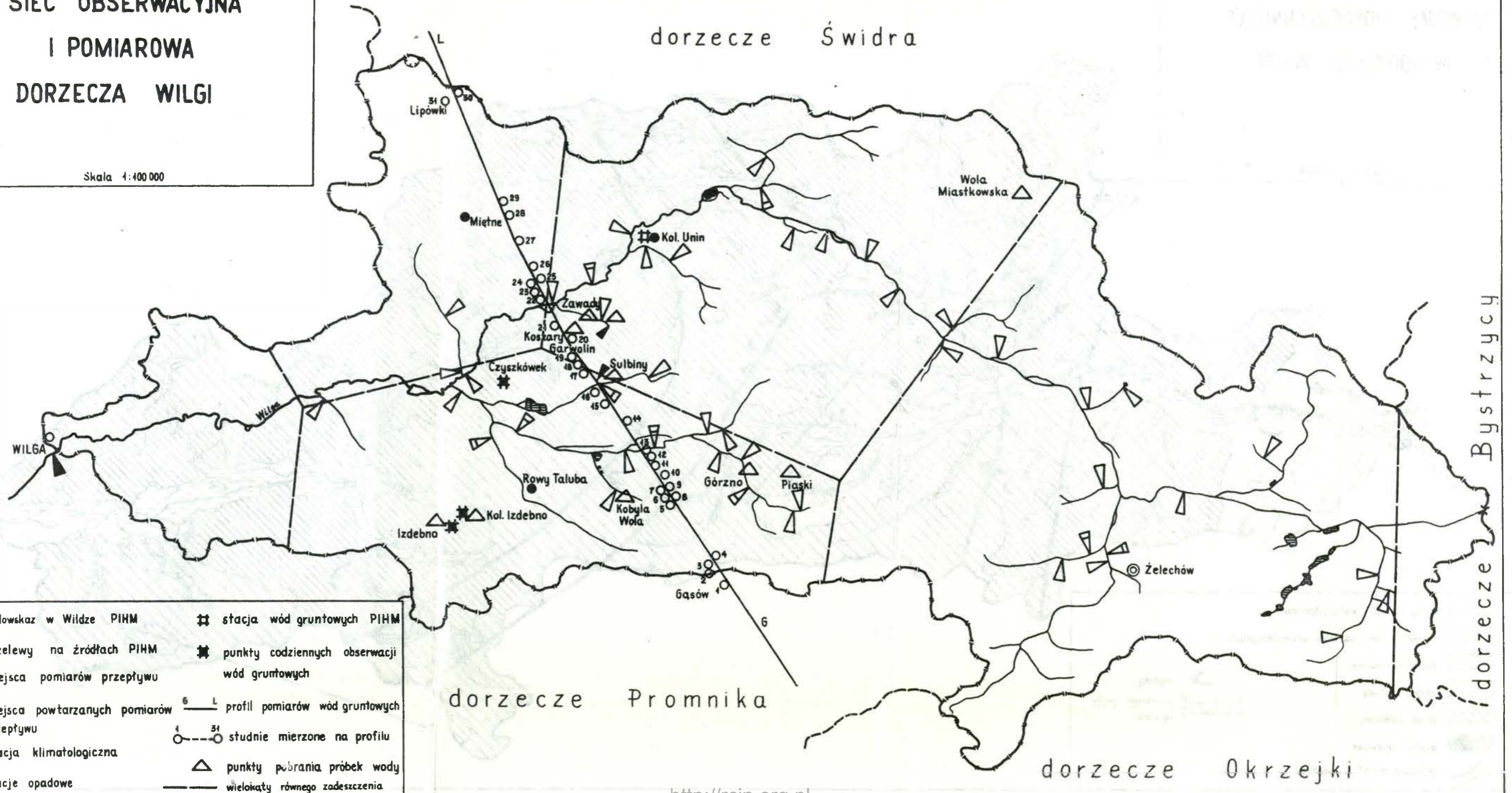
SPIS TREŚCI

	str.
Wstęp	1
I Ogólna charakterystyka opracowanego dorzecza	9
II Obliczenie elementów bilansu wodnego	16
III Opracowanie retencji	34
IV Próby określenia zmian retencji na podstawie badań wód gruntowych	59
V Omówienie bilansu wodnego	62
VI Wnioski	72
Literatura	76
Spis rycin	84
Tabele 1 - 27	

Instytut Geografii PAN
Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30
18.III.1967 r. - nr 35
510/SP-09/38/66

**SIEĆ OBSERWACYJNA
I POMIAROWA
DORZECZA WILGI**

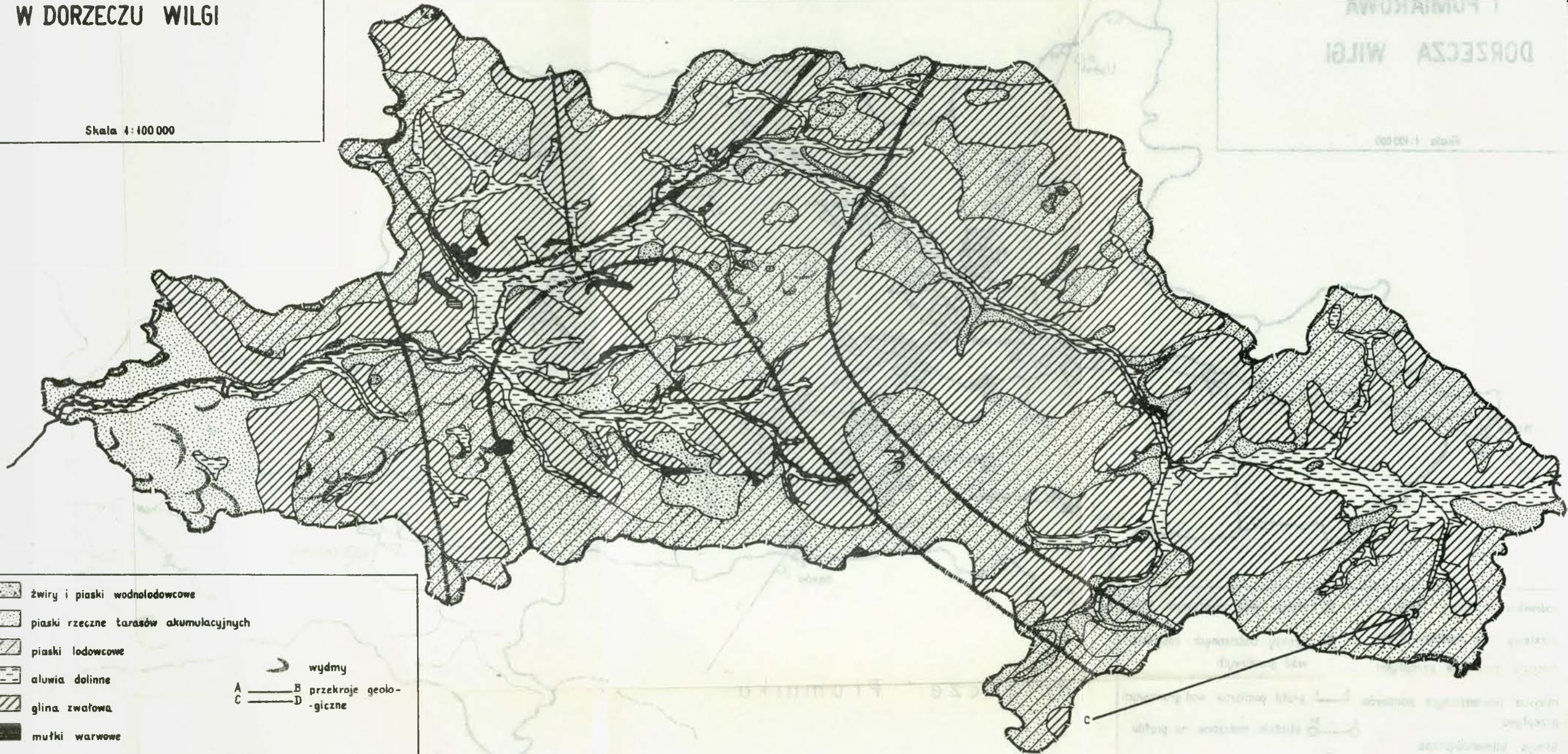
Skala 1:400 000











- ▼ wodowskaz w Wildze PIHM
- ▼ przelewy na źródłach PIHM
- ▼ miejsca pomiarów przepływu
- ▼ miejsca powtarzanych pomiarów przepływu
- ⊙ Stacja klimatologiczna
- Stacje opadowe
- ⊠ stacja wód gruntowych PIHM
- ⊠ punkty codziennych obserwacji wód gruntowych
- L — profil pomiarów wód gruntowych
- — 31 — studnie mierzone na profilu
- △ punkty pobrania próbek wody
- wielokąty równego zadeszczenia

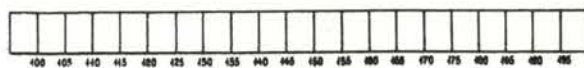
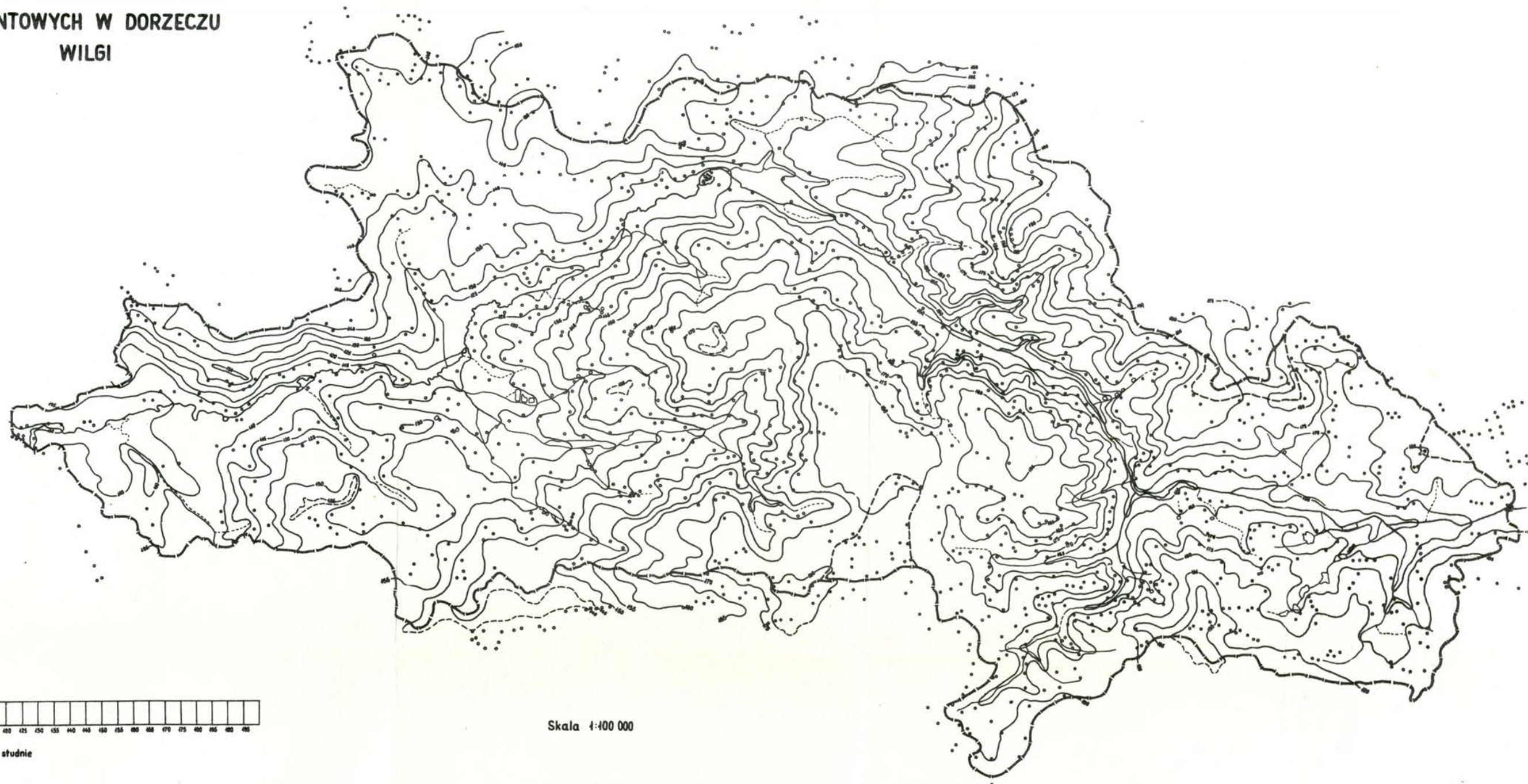
UTWORY POWIERZCHNIOWE
W DORZECZU WILGI

Skala 1:100 000



-  żwiry i piaski wodnolodowcowe
 -  piaski rzeczne tarasów akumulacyjnych
 -  piaski lodowcowe
 -  aluwia dolinne
 -  glina zwalowa
 -  mułki warwowe
 -  przebieg dolin w podłożu czwartorzędu
-  wydmy
 A ——— B przekroje geolo-
 C ——— D -giczne

MAPA ZWIERCADŁA WÓD
GRUNTOWYCH W DORZECZU
WILGI

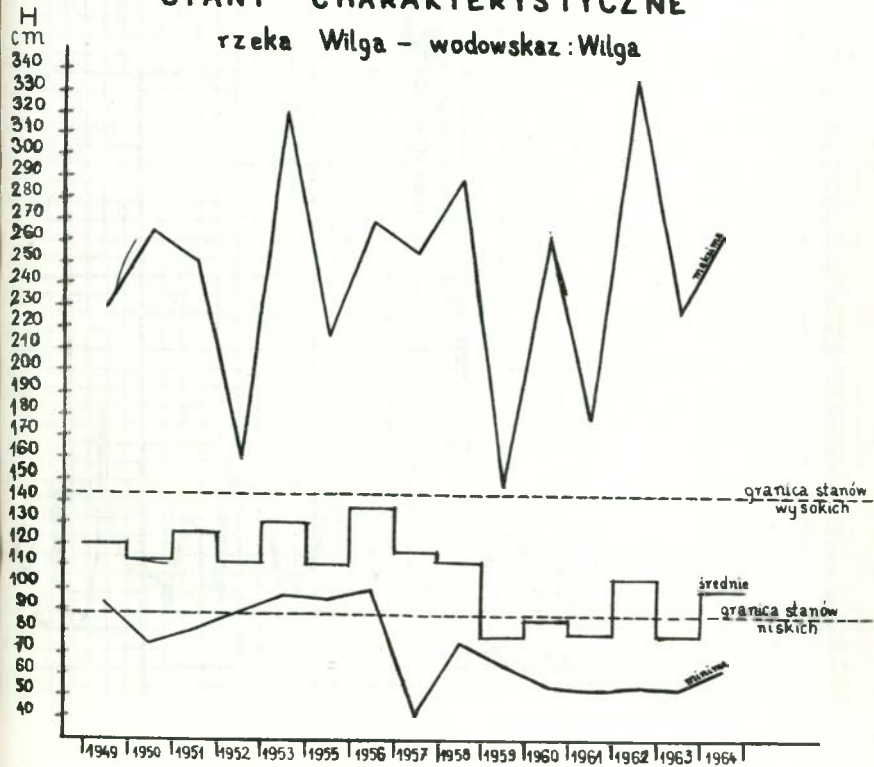


Skala 1:100 000

• pomierzone studnie

STANY CHARAKTERYSTYCZNE

rzeka Wilga - wodowskaz : Wilga

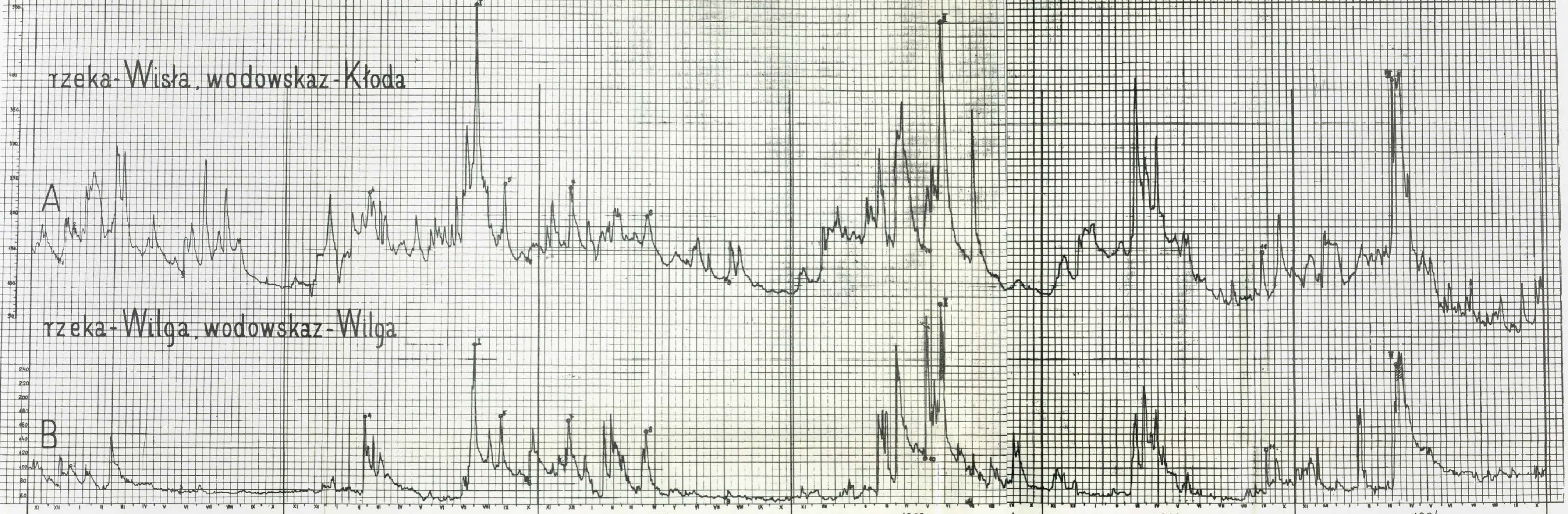


WYKRES STANÓW WODY

RYC. 5

A
rzeka - Wisła, wodowskaz - Kłoda

B
rzeka - Wilga, wodowskaz - Wilga



1959

1960

1961

1962

1963

1964

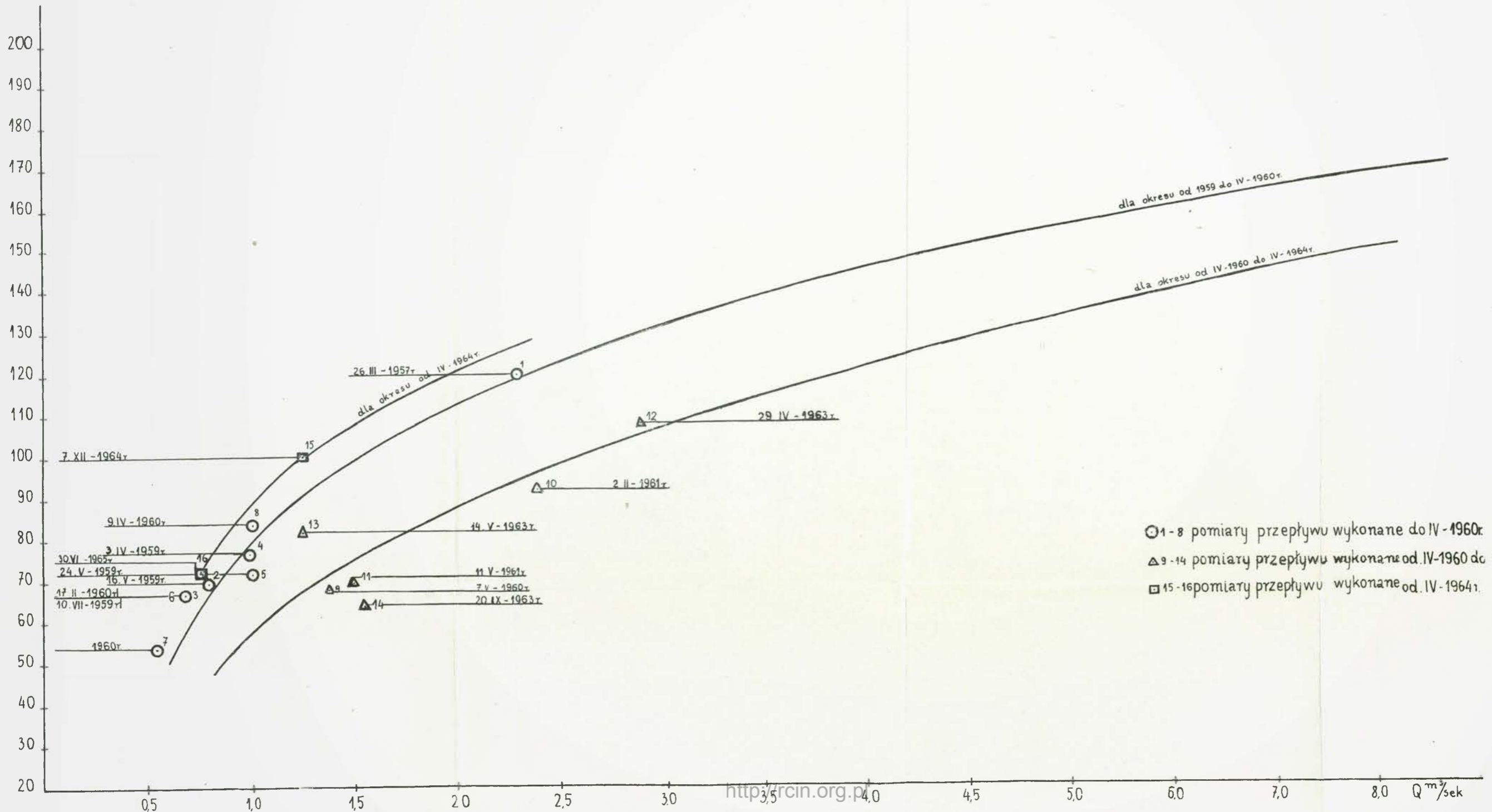
KRZYWA KONSUMCYJNA

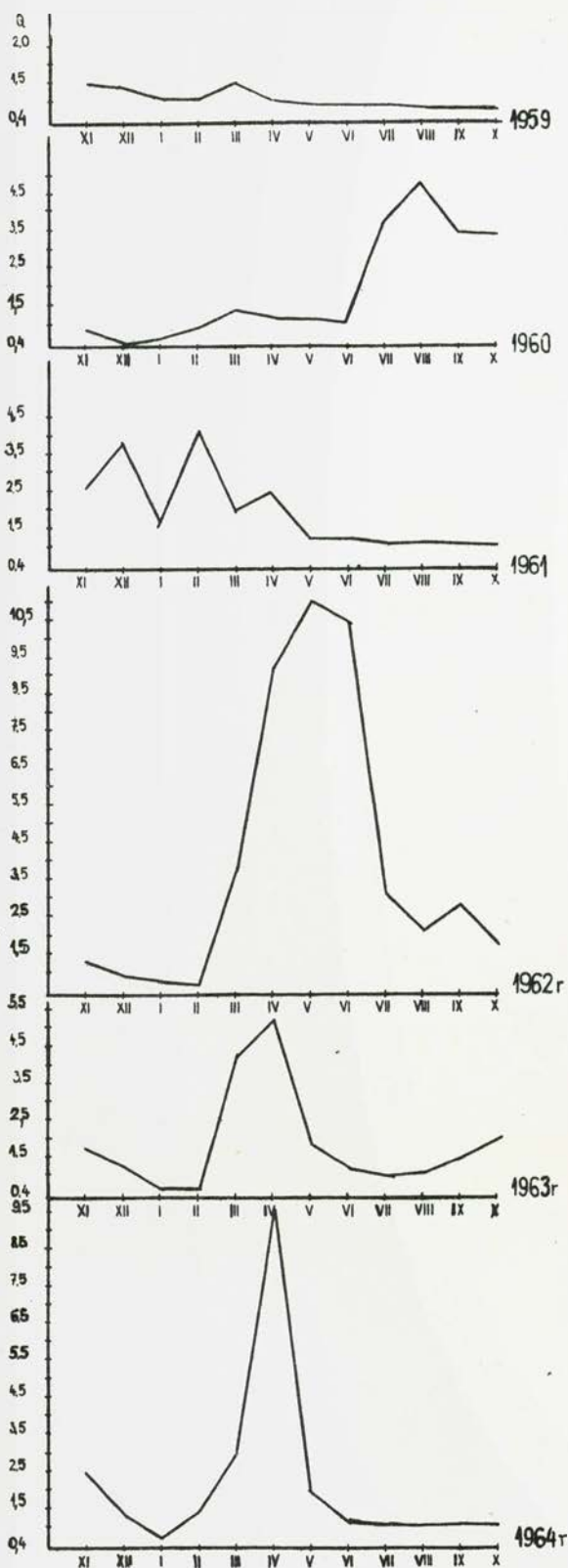
RYC.6

rzeka: WILGA

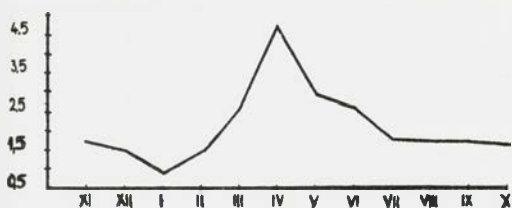
wodowskaz : WILGA

Hcm

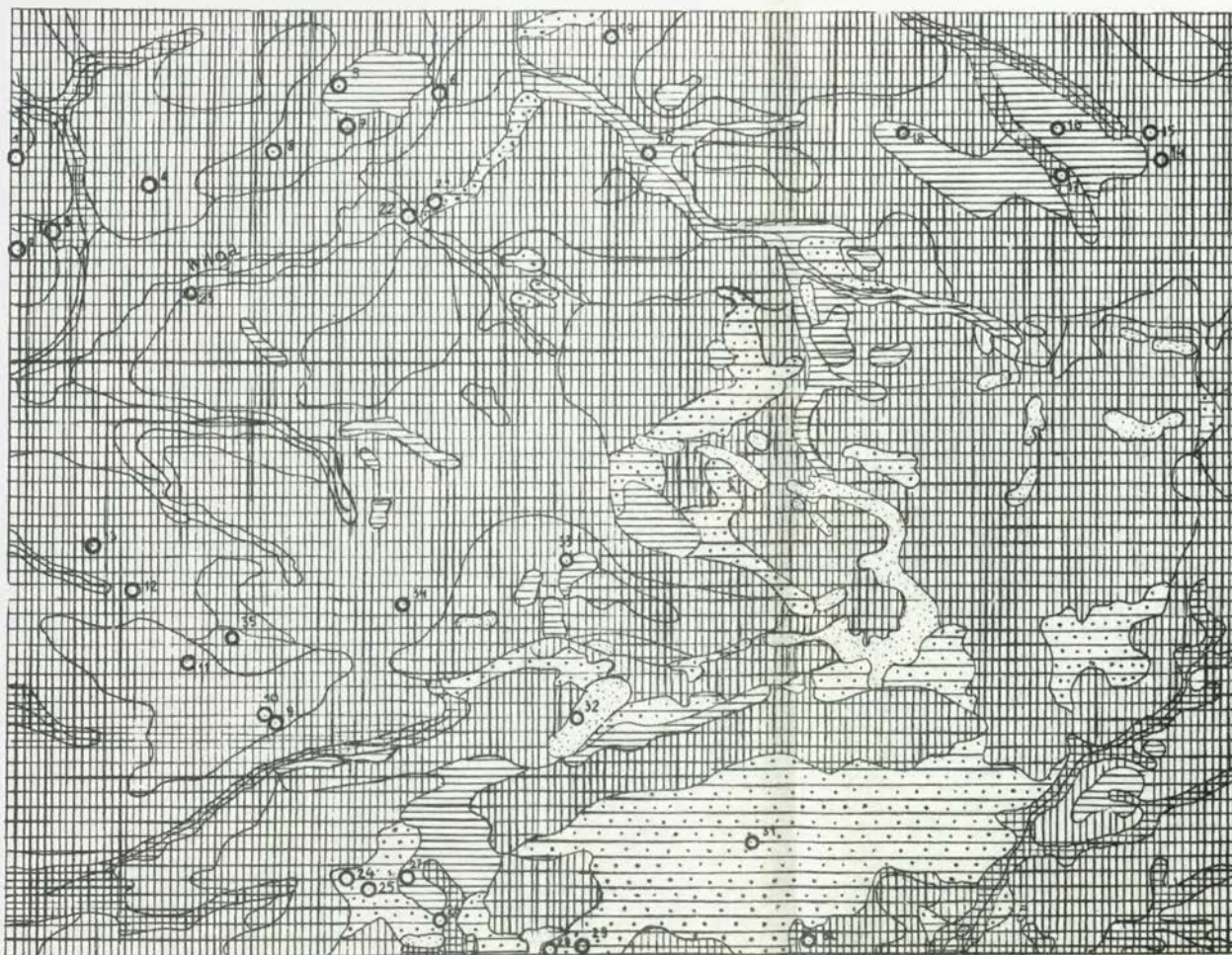


PRZEPŁYWY ŚREDNIE MIESIĘCZNE w m³/sek

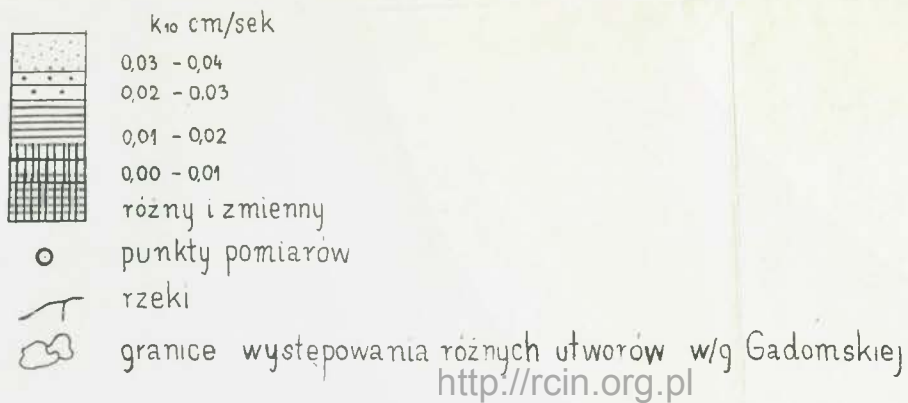
PRZEPŁYWY ŚREDNIE ZA LATA 1959-1964



MAPA PRZEPUSZCZALNOŚCI UTWORÓW POWIERZCHNIOWYCH

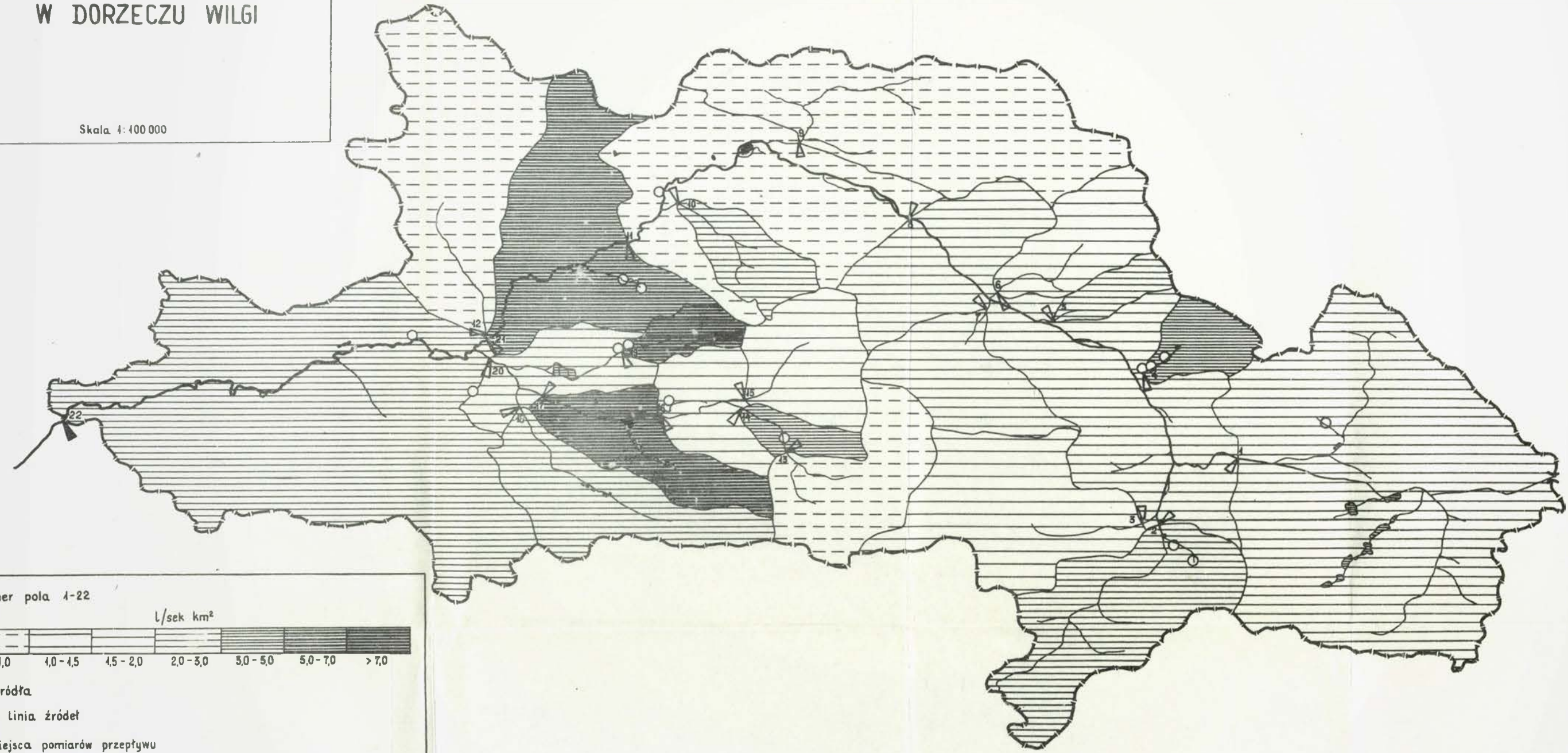


SKALA 1:50 000



ODPŁYWY JEDNOSTKOWE W DORZECZU WILGI

Skala 1:400 000



Numer pola 1-22

l/sek km²

< 1,0	1,0 - 1,5	1,5 - 2,0	2,0 - 3,0	3,0 - 5,0	5,0 - 7,0	> 7,0
-------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-------

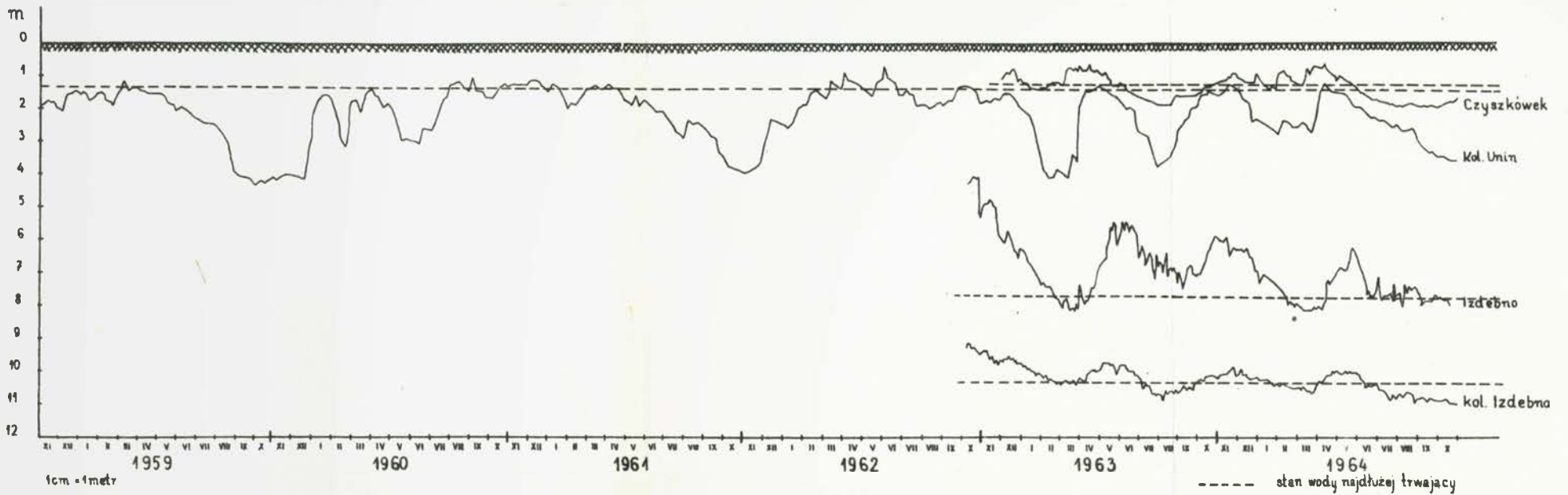
○ źródła

~ linia źródeł

▽ miejsca pomiarów przepływu

OBSERWOWANE STANY WÓD GRUNTOWYCH W DORZECZU WILGI

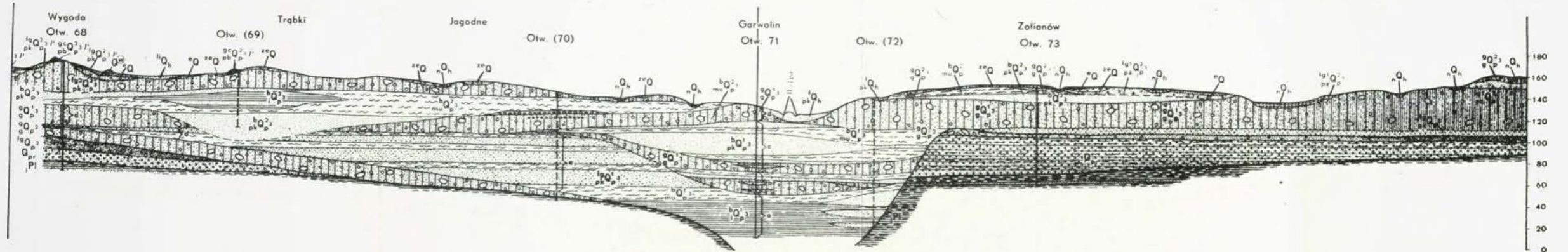
RYC. 10



/ wg. S. Gadomskiej /

PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY

RYC 11



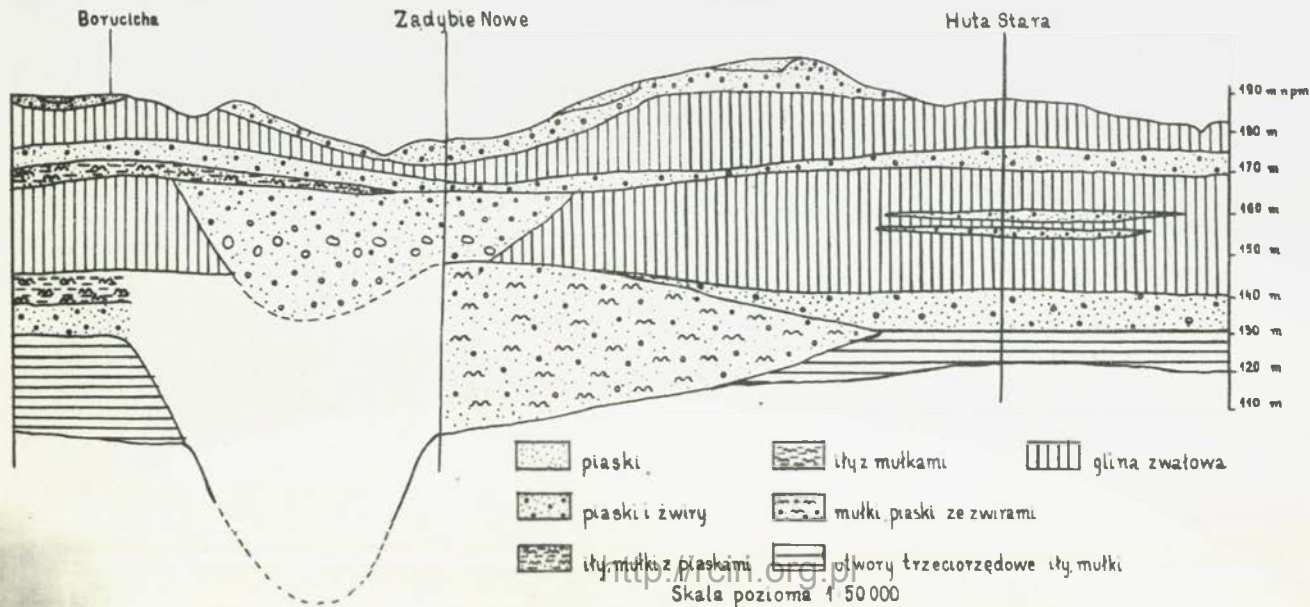
Legenda przy RYC 12

Skala pozioma 1:50 000

m. n.p.m.

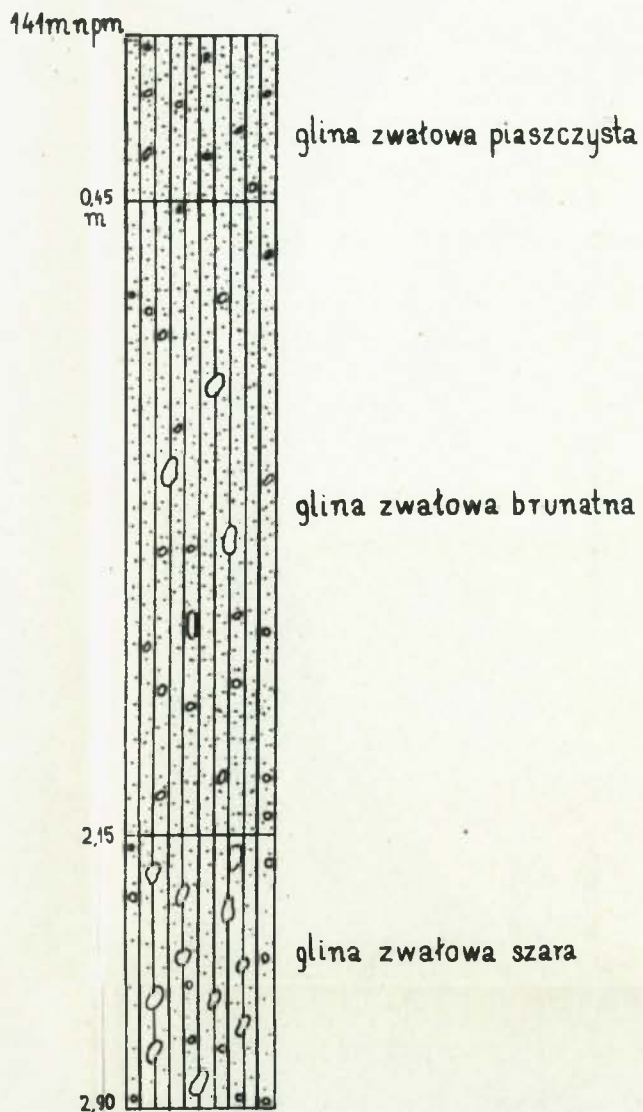
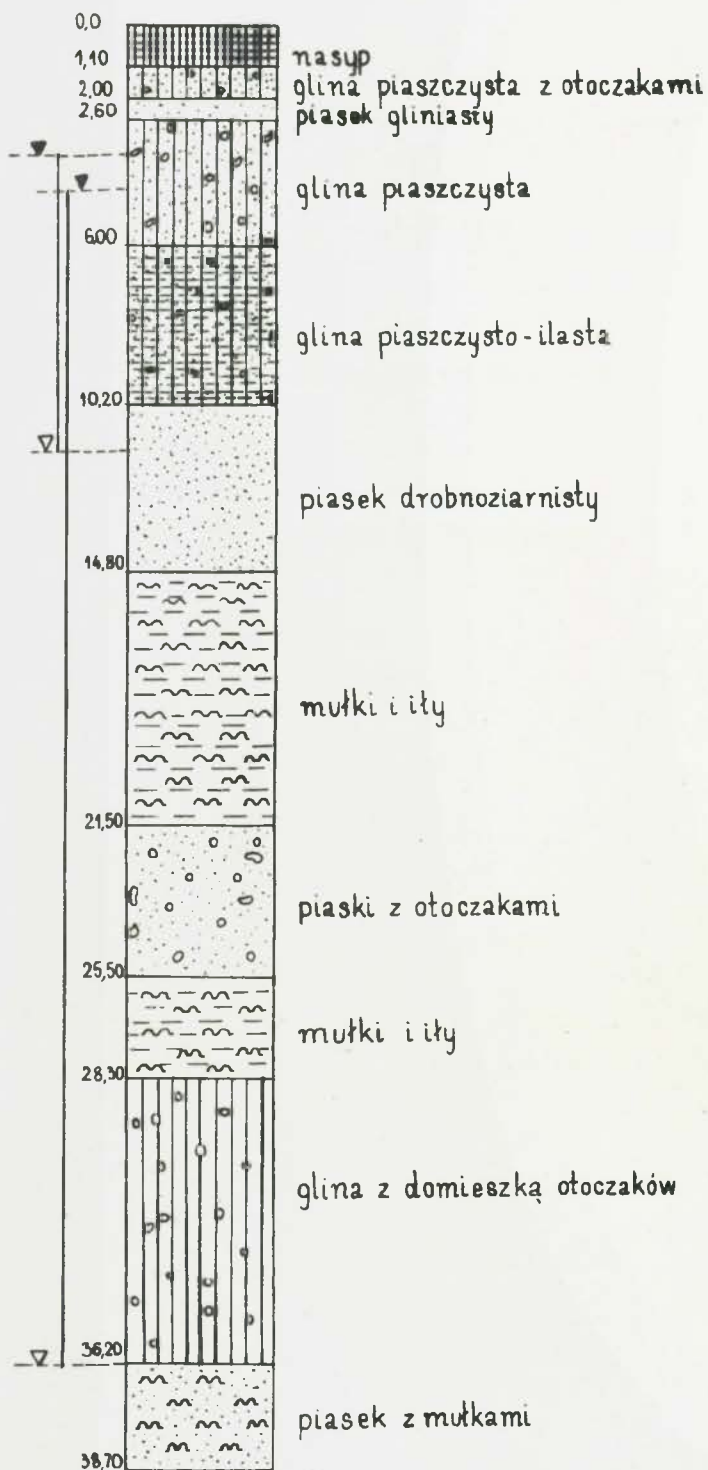
Przekrój geologiczny /wg. A. Makowskiej/

RYC. 12



Wiercenie w Garwolinie

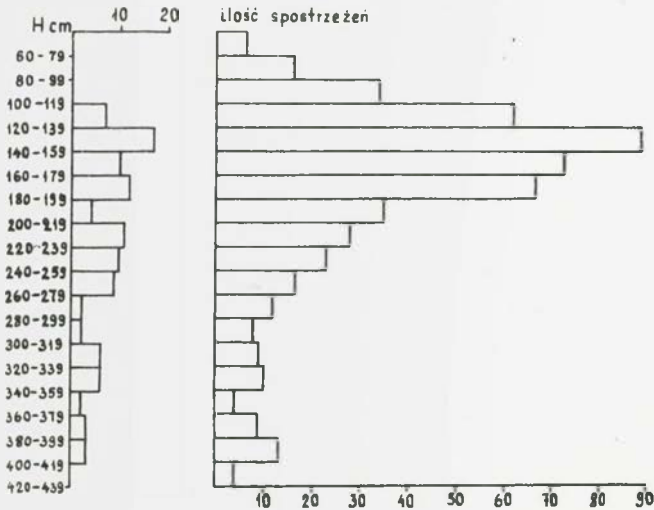
Wiercenie w Kol. Unin



▽ zwierciadło nawiercone
▼ zwierciadło ustalone

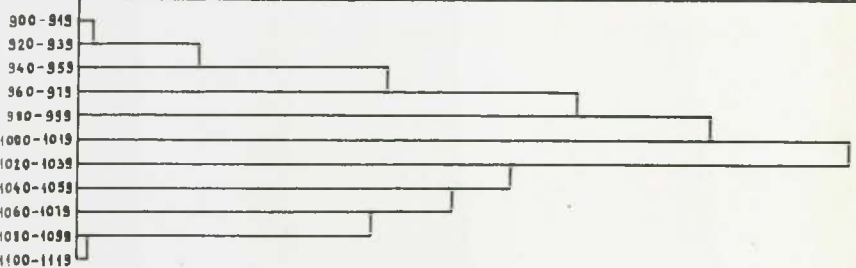
CZĘSTOTLIWOŚĆ WYSTĘPOWANIA STANÓW WÓD GRUNTOWYCH

stacja UNIN okres 1963-64 r /2lata/, okres 1955-64 /10 lat/



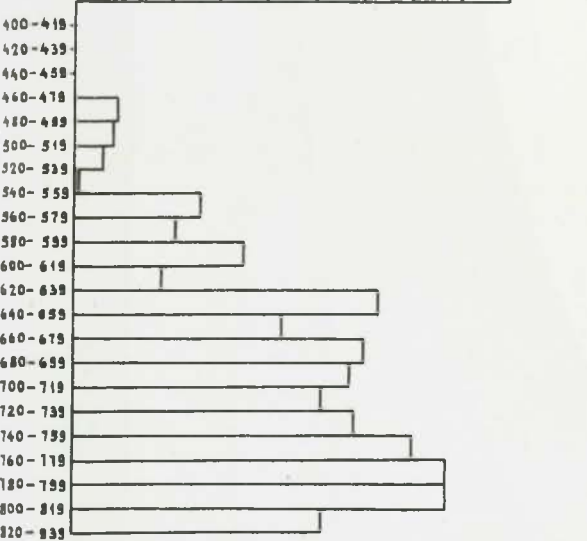
stacja KOL. IZDEBNO okres: 1963-64 r.

ilość spostrzeżeń: 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170



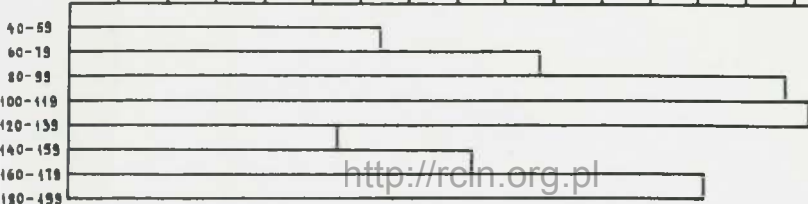
stacja IZDEBNO okres: 1963-64 r.

ilość spostrzeżeń: 10 20 30 40 50 60 70 80 90



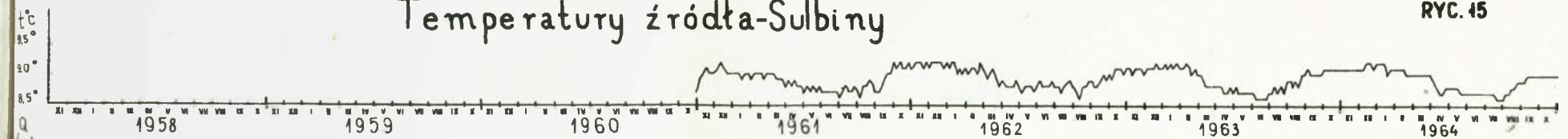
stacja CZYSZKÓWEK okres: 1963-64 r.

ilość spostrzeżeń: 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160

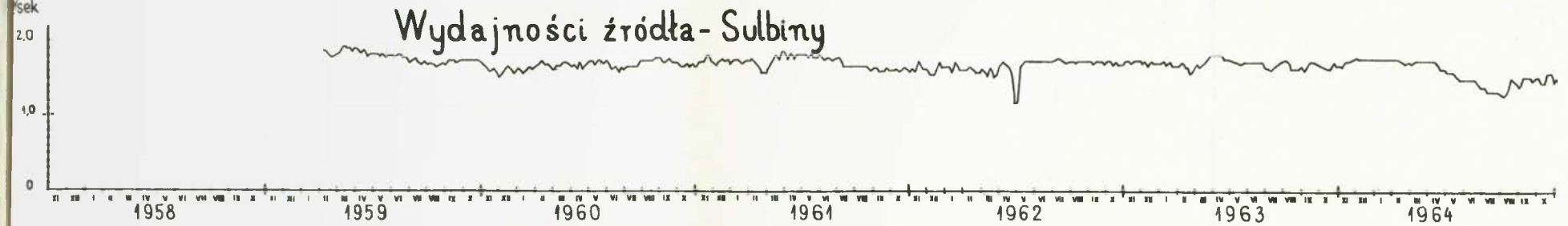


Temperatury źródła-Sulbiny

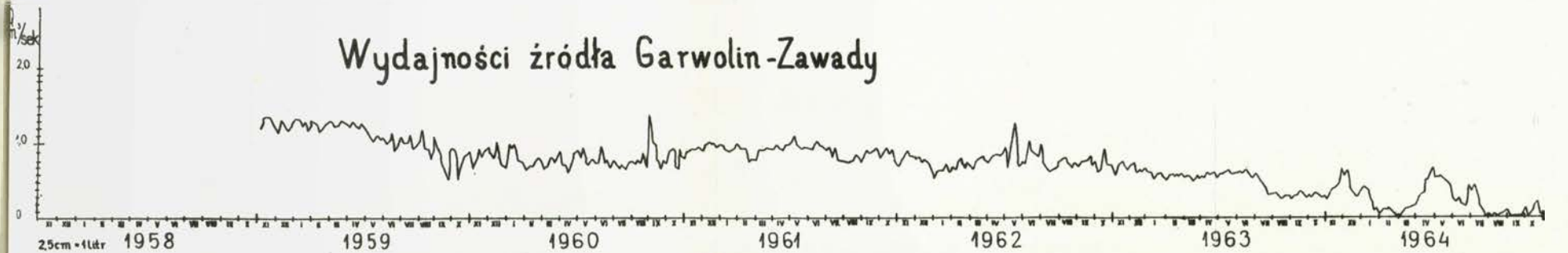
RYC. 15



Wydajności źródła-Sulbiny

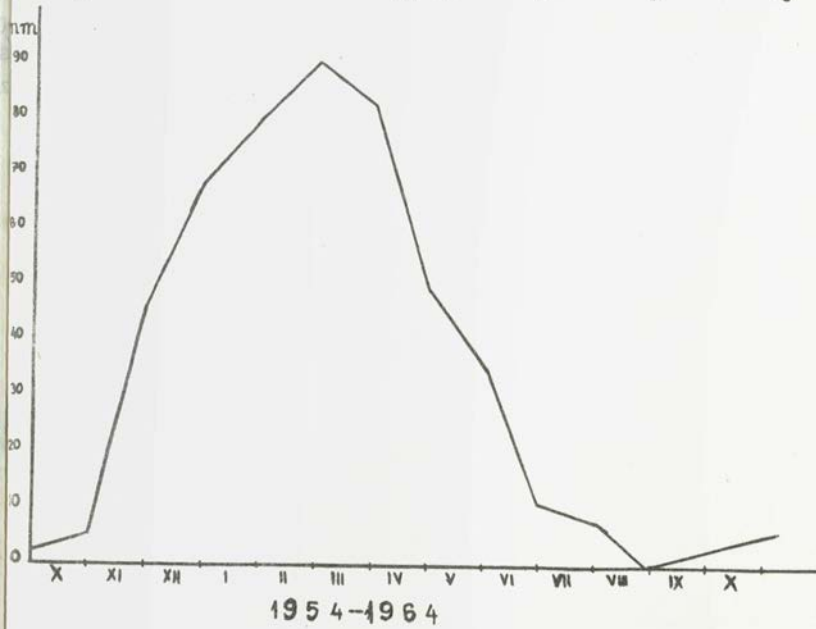


Wydajności źródła Garwolin-Zawady

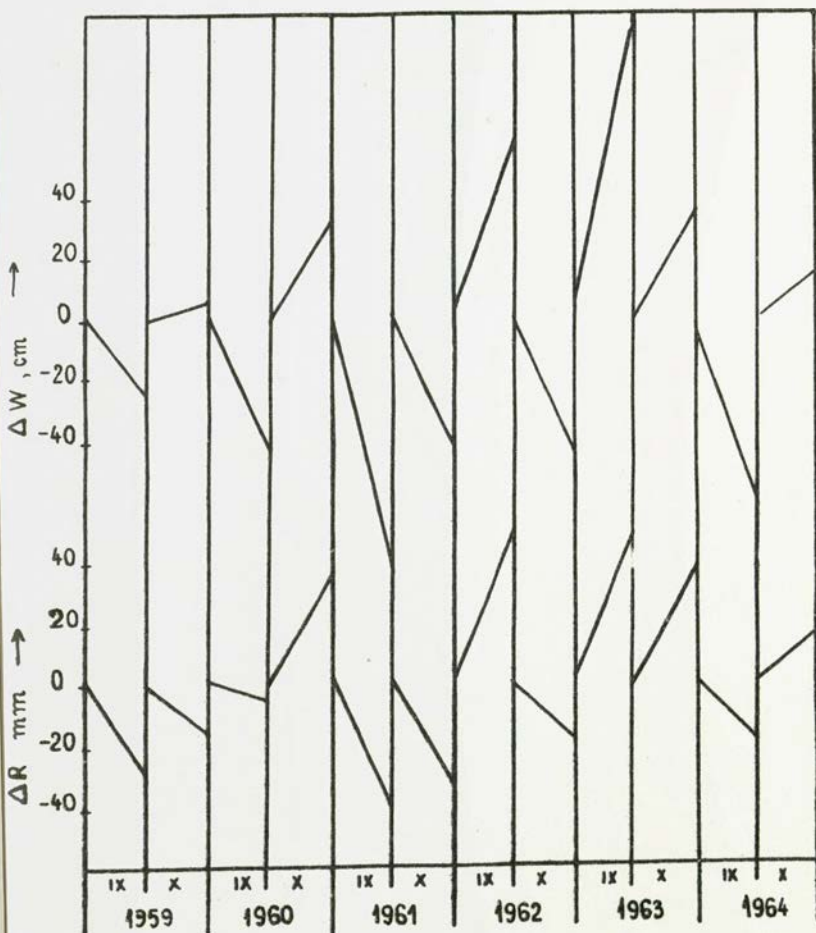


RYC. 46

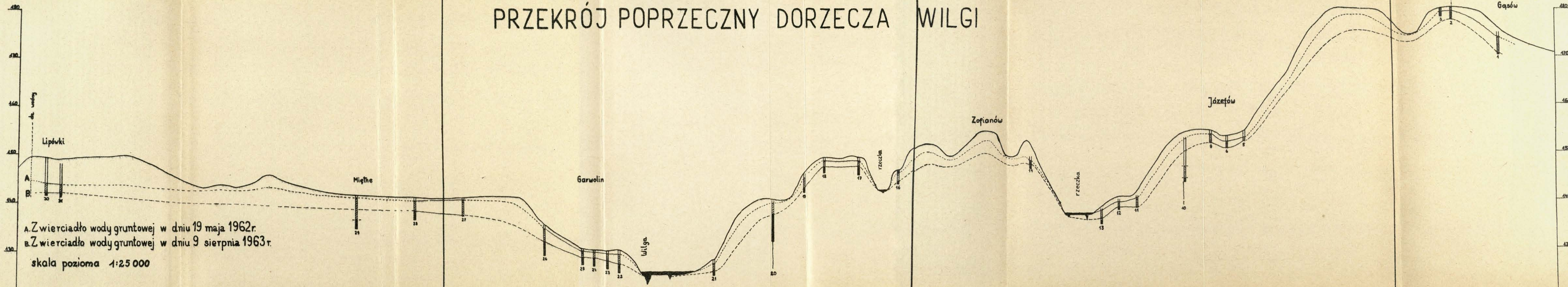
Wykres stanów retencyjnych w przebiegu rocznym



Zmiany retencji w dorzeczu Wilgi i zmiany stanów
wody gruntowej w Kolonii Unin RYC. 17



PRZEKRÓJ POPRZECZNY DORZECZA WILGI

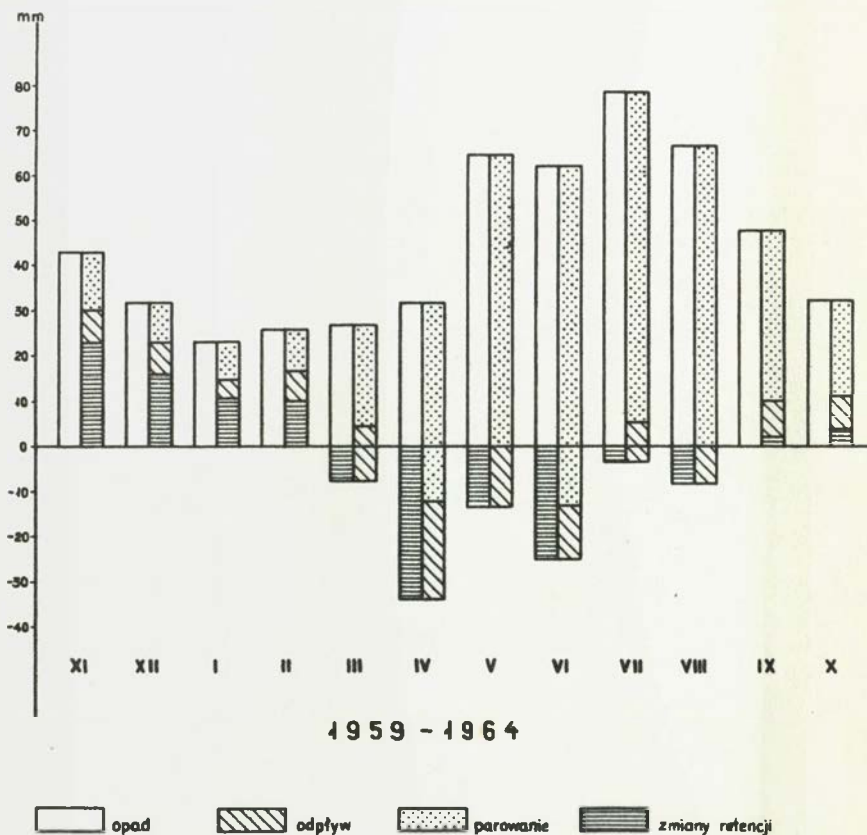


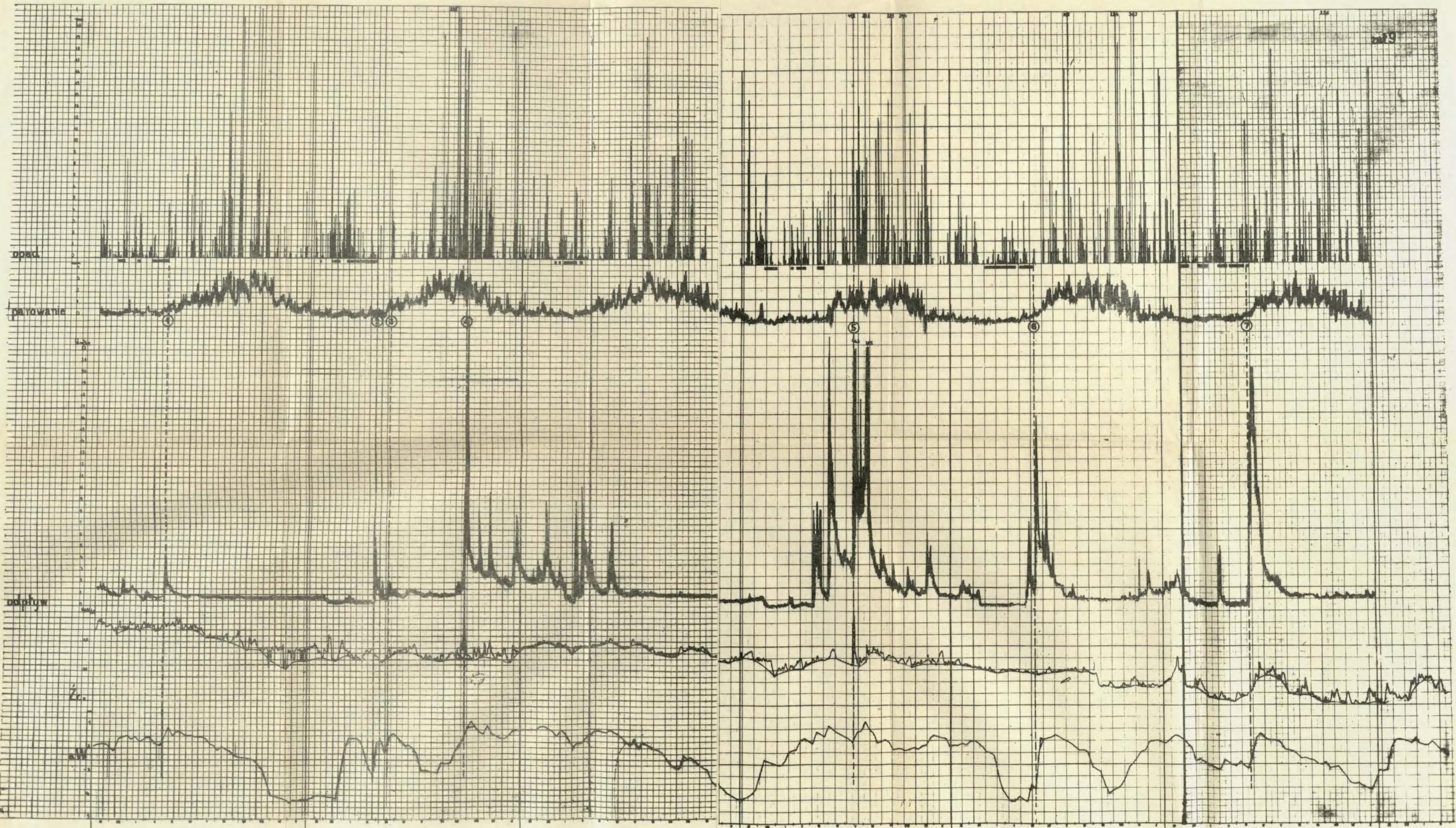
A. Z wierciadła wody gruntowej w dniu 19 maja 1962r.
 B. Z wierciadła wody gruntowej w dniu 9 sierpnia 1963r.

skala pozioma 1:25 000

RYC. 19

Wykres przeciętnego, okresowego bilansu wodnego
dorzecze Wilgi, wodowskaz Wilga





MIESIĘCZNE, PÓLROCZNE I ROCZNE WSKAŹNIKI OPADÓW ATMOSFERICZNYCH w ■■

Rzeka Wilga, profil Wilga

Rok hydrologiczny	M i e s i ą c e												Półrocznie zimowe	Półrocznie letnie	Rok letni
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
1959	36,5	31,9	23,6	16,1	19,0	34,0	34,9	79,8	54,3	41,4	16,5	11,0	161,1	231,9	393,0
1960	15,6	70,4	37,9	24,8	20,3	26,4	33,0	61,0	202,2	92,0	41,4	71,4	195,4	501,6	696,4
1961	30,4	31,9	34,4	18,5	32,2	26,2	66,7	66,2	85,1	43,2	8,1	2,8	173,7	271,9	445,6
1962	74,2	31,0	23,0	38,1	44,0	49,6	142,0	92,0	69,5	70,6	90,1	7,4	259,9	471,6	731,5
1963	44,8	16,3	10,6	17,7	12,1	31,3	73,2	27,1	34,9	91,2	100,6	59,6	132,8	386,6	519,4
1964	56,9	9,2	9,8	49,3	35,3	21,2	37,9	45,7	23,5	60,8	34,1	42,0	170,7	244,0	414,7
Suma	258,4	190,7	139,3	158,5	161,0	188,-	387,7	371,8	469,5	399,2	284,8	194,0	1093,6	2107,0	3209,6
Średnie	43,1	31,8	23,2	25,9	26,8	31,4	64,6	62,9	76,3	66,5	47,5	32,3	182,8	351,2	533,4

Tabela 2

MIESIĘCZNE, PÓŁROCZNE I ROCZNE WSKAŹNIKI ODPLYWU w mm

Rzeka Wilga, profil Wilga

Rok hydre- logicz- ny	M i e s i ą c e												Półro- cze zimowe	Półro- cze letnie	Rok
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
1959	6,6	6,1	5,0	4,5	6,8	4,3	3,9	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	33,3	22,2	55,5
1960	3,6	2,1	2,5	3,8	6,3	5,3	5,4	4,6	17,3	21,3	15,3	15,7	23,6	79,6	103,2
1961	12,1	17,5	7,4	17,0	9,0	10,8	5,6	5,2	4,9	5,0	4,5	4,5	73,8	29,7	103,5
1962	5,0	3,7	3,3	2,6	17,1	40,9	50,6	46,6	14,7	9,9	12,2	7,7	72,6	141,7	214,3
1963	7,6	5,6	2,6	2,4	19,2	23,2	8,5	5,2	4,7	4,8	6,3	9,0	60,6	38,5	99,1
1964	11,2	6,1	3,2	6,0	13,5	42,7	9,0	5,0	4,8	4,8	4,7	5,1	82,7	33,4	116,1
Suma	46,1	41,1	24,0	36,3	71,9	126,9	83,0	70,2	50,2	49,4	46,4	45,7	348,6	345,1	691,7
Sred- nie	7,7	6,8	4,0	6,1	12,0	21,1	13,8	11,7	8,4	8,2	7,8	7,6	57,7	57,5	115,2

ODPŁYWY JEDNOSTKOWE WYRÓŻNIONYCH ZLEWNI CZĄSTKOWYCH

Lp.	Zlewnie cząst- kowe km ²	C i e k i	Przekrój hy- drologiczny w miejscowości:	Prze- pływ zmie- rzony l/sek	Prze- pływ różni- cowy l/sek	Odpływ jednost- kowy l/sek km ²
1.	82,20	Wilga	Wola Mysłowska	147,9	-	1,8
2.	26,95	Krupa	Krupa	62,5	-	2,3
3.	27,32	Rzeka	Krupa	30,4	-	1,1
4.	6,64	spod Baczkowa	Chojniak	25,3	-	3,8
5.	4,28	z Miastkowa	Kol.Miastków	8,9	-	2,1
6.	13,02	spod Zabruzd	Miastków PGR	13,8	-	1,1
7.	13,97	spod Brzegów	Miastków Kość.	21,8	-	1,5
8.	56,02	Wilga	Miastków St.	411,5	102,0	1,8
9.	40,47	spod Borowia	Kamionka	22,2	-	0,5
10.	8,54	spod Potoku	Unin	17,5	-	2,0
11.	38,05	Wilga	Leszczyny	457,6	7,4	0,1
12.	38,10	z Woli Rąbkow- skiej	Kol.Rąbków	29,1	-	0,8
13.	19,10	spod Samorządek	Kol.Górzno	16,8	-	0,9
14.	3,80	spod Samorządek	Górzno	28,7	11,9	3,0
15.	14,32	spod Chęcin	Reducin	20,0	-	1,4
16.	12,07	od Górzna	Józefów	62,4	13,7	1,1
17.	14,15	od Kobylej Woli	Ruda Talubska	162,2	99,8	7,0
18.	19,27	od Rowów	Ruda Talubska	38,7	-	2,0
19.	3,32	spod Zofianowa	Sulbiny	28,4	-	8,6
20.	10,79	od Rudy Talub- skiej i Sulbin	Górki	249,4	20,2	1,9
21.	30,85	Wilga	Rąbków	902,0	165,9	5,3
22.	90,05	Wilga	Wilga	1110,0	208,0	2,3

Suma zlewni cząstkowych = 579,28 km²
Średni odpływ jednostkowy = 1,9 l/sek km²

WIELKOŚCI INFILTRACJI
W POSZCZEGÓLNYCH RODZAJACH UTWORÓW POWIERZCHNIOWYCH

Lp.	Nazwa utworu	Ilość pomiarów	Współczynnik infiltracji K_{10} cm/sek		śred.
			min.	max	
1.	Namuły torfiaste	4	0,00012	0,00237	0,00124
2.	Namuły piaszczyste zagłębień bezodpływowych	1	-	-	0,01243
3.	Mułki i ły warwowe	2	0,00509	0,00602	0,00556
4.	Gлина sważowa	18	0,00014	0,01867	0,00498
5.	Eluwia piaszczyste glin sważowych	4	0,01116	0,01715	0,01278
6.	Eluwia piaszczyste glin sważowych na mułkach warwowych	2	0,00414	0,00747	0,00580
7.	Eluwia piaszczyste glin sważowych na glinach sważowych	10	0,00111	0,02100	0,00498
8.	Piaski i gliny deluwialne	2	0,00399	0,01295	0,00847
9.	Piaski rzeczne z wkładkami mułków	2	0,00891	0,00274	0,00584
10.	Osady moren czołowych i osady wodnolodowcowe	2	-	-	0,01106
11.	Piaski i piaski ze świrkami wodnolodowcowe	2	0,02166	0,02889	0,02528
12.	Piaski i świry wodnolodowcowe	2	0,01298	0,02622	0,01960
13.	Piaski eoliczne w wydinach	4	0,02579	0,05750	0,03590
14.	Piaski eoliczne /grunty orne/	2	-	-	0,02667
15.	Piaski eoliczne /lasy, łąki/	6	-	-	0,00565

MIESIĘCZNE, PÓŁROCZNE I ROCZNE WSKAŹNIKI PAROWANIA TERENOWEGO w mm
/z wartościami t, z codziennych/

Rzeka Wilga, profil Wilga

Rok hydrologiczny	M i e s i ą c e												Półroczne zimowe	Półroczne letnie	Rok
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
1959	8,4	11,5	11,1	11,2	29,1	43,9	57,8	75,4	85,3	71,8	36,2	22,4	115,2	348,9	454,1
1960	9,9	8,4	7,9	9,9	25,2	37,6	52,8	81,5	81,7	67,0	31,3	20,8	98,9	345,1	444,0
1961	14,0	15,1	8,4	14,2	33,8	46,1	65,0	82,5	65,3	66,0	45,7	31,1	131,6	355,6	487,2
1962	11,3	9,2	12,6	9,0	15,1	49,5	66,0	63,3	68,9	66,5	30,0	17,5	106,7	311,2	417,9
1963	11,5	5,8	3,1	5,2	16,5	47,3	78,5	74,7	68,1	69,0	43,1	15,2	89,4	348,6	438,0
1964	18,4	5,6	7,4	6,3	13,3	38,9	55,1	73,6	68,5	57,8	38,3	20,7	91,9	314,0	405,9
Suma	73,5	55,6	50,5	57,8	133,0	263,3	385,2	450,0	437,8	398,1	224,6	127,7	633,7	2023,4	2657,1
Średnie	12,3	9,2	8,4	9,6	22,2	43,9	64,2	75,0	73,0	66,4	37,4	21,3	106,6	337,3	442,9

e - prężność pary wodnej - średnia dobową
t - temperatura powietrza - średnia dobową

MIESIĘCZNE, PÓŁROCZNE I ROCZNE WSKAŹNIKI PAROWANIA TERENOWEGO w mm
/z wartości e, t średnich miesięcznych/

Rzeka Wilga, profil Wilga

Rok hydrologiczny	M i e s i ą c e												Półrocz zimowe XI-IV	Półrocz letnie V-I	Rok XI-X
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
1959	7,3	9,5	9,5	9,4	30,6	49,2	64,3	84,2	91,4	83,0	37,7	23,3	115,5	383,9	499,4
1960	8,8	6,0	7,1	8,7	23,2	43,2	69,6	93,2	89,6	74,4	30,2	18,1	97,0	375,1	472,1
1961	11,8	13,1	6,8	14,0	34,5	50,5	70,9	91,3	78,8	75,3	34,5	36,6	130,7	387,4	518,1
1962	9,5	4,8	9,5	8,7	14,3	61,3	69,3	75,2	78,2	75,3	33,1	15,2	108,1	346,3	454,1
1963	10,4	5,4	3,0	4,6	15,2	48,6	86,9	83,8	71,0	87,7	49,8	13,7	87,2	392,9	480,1
1964	15,8	4,2	6,5	7,0	12,5	46,9	65,8	77,8	71,4	71,1	43,2	19,0	92,9	348,3	441,2
Suma	63,6	43,0	42,4	52,4	130,3	299,7	426,8	505,5	480,4	466,8	228,5	125,9	631,4	2233,9	2865,3
Średnie	10,6	7,2	7,1	8,7	21,7	49,9	71,2	84,2	80,0	77,8	38,1	21,0	105,2	372,3	477,5

e - prężność pary wodnej - średnia dobowa

t - temperatura powietrza - średnia dobowa

RÓŻNICE W WIELKOŚCI PAROWANIA, $E_{ms} - E_d$ OBLICZONEGO METODĄ KONSTANTINOWA

Rok	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	XI-X
1959	-1,1	-2,0	-1,6	-1,8	1,5	5,3	6,5	8,8	6,1	11,2	1,5	0,9	0,3	35,0	35,3
1960	-1,1	-2,4	-0,8	-1,2	-2,0	5,6	6,8	11,7	7,9	7,4	-1,1	-2,7	1,9	30,0	28,1
1961	-2,2	-2,0	-1,6	-0,2	0,7	4,4	5,9	6,8	13,5	9,3	-11,2	5,5	-0,9	31,8	30,8
1962	-1,8	-4,4	-3,1	-0,3	-0,8	11,8	3,3	12,9	9,3	8,5	3,1	-2,3	1,4	35,1	36,5
1963	-1,1	-0,4	-0,1	-0,6	-1,3	1,3	8,4	9,1	2,9	18,7	6,7	-1,5	-2,2	44,3	42,1
1964	-2,6	-1,4	-0,9	-1,3	-0,8	8,0	10,7	4,2	2,9	13,3	4,9	-1,7	1,0	34,3	35,3
Sred- nio	-1,6	-2,1	-1,4	-0,9	-0,4	6,1	6,9	9,2	7,1	11,3	0,6	-0,3	-0,3	35,1	34,8

E_d - parowanie obliczone z wartości $t^{\circ}C$ i e_{mb} średnich dobowych

E_{ms} - parowanie obliczone z wartości $t^{\circ}C$ i e_{mb} średnich miesięcznych

WSKAŹNIKI BILANSU WODNEGO DORZECZA WILGI; PC WODOWSKAZ WILGA

W PRZEDZIAŁACH MIESIĘCZNYCH, w mm

Rok hydrologiczny	Elementy bilansu	Miesiące												Półroczcie zimowe XI-IV	Półroczcie letnie V-X	Rok XI-X
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
1959	P	36,5	31,9	23,6	16,1	19,0	34,0	34,9	79,8	54,3	41,4	10,5	11,0	161,1	231,9	393,0
	H	6,6	6,1	5,0	4,5	6,8	4,3	3,9	3,6	3,8	3,6	3,6	3,7	33,3	22,2	55,5
	E	8,4	11,5	11,1	11,2	29,1	43,9	57,8	75,4	85,3	71,8	36,2	22,4	115,2	348,9	464,1
	ΔR	21,5	14,3	7,5	0,4	-16,9	-14,2	-26,8	0,8	-34,8	-34,0	-29,3	-15,1	12,6	-139,2	-126,6
1960	P	15,6	70,4	37,9	24,8	20,3	26,4	33,0	61,0	202,2	92,0	41,4	71,4	195,4	501,0	696,4
	H	3,6	2,1	2,5	3,8	6,3	5,3	5,4	4,6	17,3	21,3	15,3	15,7	23,6	79,6	103,2
	E	9,9	8,4	7,9	9,9	25,2	37,6	62,2	81,5	81,7	67,0	31,3	20,8	98,9	345,1	444,0
	ΔR	2,1	59,9	27,5	11,1	-11,2	-16,5	-35,2	-25,1	103,2	3,7	-5,2	34,9	72,9	76,3	149,2
1961	P	30,4	31,9	34,4	18,5	32,3	26,2	66,7	66,2	85,1	43,2	8,1	2,6	173,7	271,9	445,6
	H	12,1	17,5	7,4	17,0	9,0	10,8	3,6	5,2	4,9	5,0	4,5	4,5	73,8	29,7	103,5
	E	14,0	15,1	8,4	14,2	33,8	46,1	65,0	82,5	65,3	66,0	45,7	31,1	131,6	355,6	487,2
	ΔR	4,3	-0,7	18,6	-12,7	-19,5	-30,7	-3,9	-21,5	14,9	-27,8	-42,1	-33,0	-31,7	-113,4	-145,1
1962	P	74,2	31,0	23,0	38,1	44,0	49,6	142,0	92,0	69,5	70,6	90,1	7,4	259,9	471,6	731,5
	H	5,0	3,7	3,3	2,6	17,1	40,9	50,6	46,6	14,7	9,9	12,2	7,7	72,6	141,7	214,3
	E	11,3	9,2	12,6	9,0	15,1	49,5	66,0	62,3	66,9	66,5	30,0	17,5	106,7	311,2	417,9
	ΔR	57,9	18,1	7,1	26,5	11,8	-40,8	25,4	-16,9	-14,1	-5,8	47,9	-17,8	80,6	18,7	99,3
1963	P	44,8	16,3	10,6	17,7	12,1	31,3	73,2	27,1	34,9	91,2	100,6	59,6	132,8	386,6	519,4
	H	7,6	5,6	2,6	2,4	19,2	23,2	8,5	5,2	4,7	4,8	6,3	9,0	60,6	38,5	99,1
	E	11,5	5,8	3,1	5,2	16,5	47,3	78,5	74,7	68,1	69,0	43,1	15,2	89,4	348,6	438,0
	ΔR	25,7	4,9	4,9	10,1	-23,6	-39,2	-13,8	-52,8	-37,9	17,4	51,2	35,4	-17,2	-0,5	-17,7
1964	P	56,9	9,2	9,8	40,3	33,3	21,2	37,9	45,7	23,5	60,8	34,1	42,0	170,7	244,0	414,7
	H	11,2	6,1	3,2	6,0	13,5	42,7	9,0	5,0	4,8	4,8	4,7	5,1	82,7	33,4	116,1
	E	18,4	5,6	7,4	8,3	13,3	38,9	55,1	73,6	68,5	57,8	38,3	20,7	91,9	314,0	405,9
	ΔR	27,3	-2,5	-0,8	26,0	6,5	-60,4	-26,2	-32,9	-49,8	-1,8	-8,9	16,2	-3,9	-103,4	-107,3
Średnie	P	43,1	31,8	23,2	25,9	26,8	31,4	64,6	62,0	78,3	66,5	47,5	32,3	182,2	351,2	533,4
	H	7,7	6,8	4,0	6,1	12,0	21,1	13,8	11,7	8,4	8,2	7,8	7,6	57,7	57,5	115,2
	E	12,3	9,2	8,4	9,6	22,2	43,9	64,2	75,0	73,0	66,4	37,4	21,3	105,6	337,3	442,9
	ΔR	23,1	15,8	10,8	10,2	-7,4	-33,6	-13,4	-24,7	-3,1	-8,1	2,3	3,4	18,9	-43,6	-24,7
R	46,2	69,3	80,1	90,3	82,9	49,3	35,9	11,2	8,1	0	2,3	5,7	-	-	-	

P - opad
H - odpływ
E - parowanie terenowe
ΔR - zmiany retencji
R - retencja

ZESTAWIENIE OBLICZEŃ RETENCJI CHWILOWYCH

Rzeka Wilga, wodoczas Wilga

Rok	Data		Ilość dni r	Qo m ³ /sek	Qr m ³ /sek	q	1-q	R mm
	początkowa	końcowa						
1859	7.VII	24.VII	18	0,88	0,78	0,9876	0,0124	10,5
1960	4.V	20.V	17	1,38	0,95	0,9780	0,0220	10,2
1961	13.VI	25.VI	13	1,30	1,05	0,9830	0,0170	11,4
1961	1.VII	13.VII	13	1,10	1,03	0,9920	0,0080	20,5
1961	4.VIII	14.VIII	11	1,17	1,05	0,9904	0,0096	18,0
1963	1.V	21.V	21	2,40	1,20	0,9676	0,0324	11,0
1963	4.VI	11.VI	8	1,25	1,12	0,9872	0,0128	14,6

Qo - objętość przepływu na początku okresu wysychania

Qr - objętość przepływu na końcu okresu wysychania

q - iloraz postępu geometrycznego

R - stan retencji w pewnym terminie, w okresie wysychania

WIELKOŚĆ RETENCJI W OSTATNIM DNIU MIESIĄCA w mm

dla roku 1963		
Data	m^3/sek	R mm
31.X.1962	1,28	11,7
30.IV.1963	2,25	20,5
31.V.1963	1,20	11,0
30.VI.1963	1,04	9,2
31.VII.1963	0,92	8,4
31.VIII.1963	1,04	9,2
30.IX.1963	1,36	12,4
31.X.1963	1,54	14,1

dla roku 1964		
Data	m^3/sek	R mm
31.X.1963	1,54	14,1
30.IV.1964	2,45	22,4
31.V.1964	1,50	13,7
30.VI.1964	1,18	10,8
31.VII.1964	1,02	9,3
31.VIII.1964	1,10	10,1
30.IX.1964	1,23	11,3
31.X.1964	1,16	10,6

T a b e l a 11

ΔR - przyrost lub ubytek retencji odpływowej w mm

Dla roku 1963	
Okres bilansowania	ΔR
XI-X	2,4
XI-IV	8,8
V-X	-6,4
V	-9,5
VI	-1,8
VII	-0,8
VIII	0,8
IX	3,2
X	1,7

Dla roku 1964	
Okres bilansowania	ΔR
XI-X	-3,5
XI-IV	8,3
V-X	-11,8
V	-8,4
VI	-2,9
VII	1,5
VIII	0,8
IX	1,2
X	-0,7

WARTOŚCI WSKAŹNIKA RETENCJI ΔR mm

Rok	Okres bilansowy	1 $\Delta R = P-H-E$	2 ze zmiany stanów wody gruntowej	3 z krawędzi wysychania
1963	XI-X	-17,7	9,7	2,4
	XI-IV	-17,2	24,7	8,8
	V - X	-0,5	-15,0	-6,4
	V	-13,8	-23,4	-9,5
	VI	-52,8	-63,0	-1,8
	VII	-37,9	-62,4	-0,8
	VIII	17,4	47,4	0,8
	IX	51,2	65,0	3,2
	X	35,4	21,4	1,7
	1964	XI-X	-107,3	-108,5
XI-IV		-3,9	3,9	8,3
V - X		-103,4	-112,4	-11,8
V		-26,2	-26,7	-8,4
VI		-32,9	-22,1	-2,9
VII		-49,8	-14,3	1,5
VIII		-1,8	-19,5	0,8
IX		-8,9	-39,6	1,2
X		16,2	9,8	-0,7

ΔR - zmiany retencji
 P - opad
 H - odpływ
 E - parowanie terenowe

OBLICZENIA ZMIAN RETENCJI ΔR_{g1} i ΔR_{g2} - stacja Kol. Izdeбно

Daty obserwacji	Bez uwzględnienia opóźnień				Z uwzględnieniem opóźnień			
	Stan cm	Okres	ΔW cm	ΔR_{g1}	Stan cm	Okres	ΔW cm	ΔR_{g2}
31.X.62	938	XI-X	-79	-51,4	962	XI-X	-28	-18,2
31.X.63	1017				990			
31.X.62	938	XI-IV	-52	-33,8	962	XI-IV	-20	-13,0
30.IV.63	990				982			
31.X.63	1017	V - X	-27	-17,6	990	V - X	-8	-5,2
30.IV.63	990	V	6	3,9	982	V	-18	-11,6
31.V.63	984	VI	-34	-22,2	1000	VI	-56	-36,4
30.VI.63	1018	VII	-48	-31,2	1056	VII	-8	-5,2
31.VII.63	1066	VIII	10	6,5	1064	VIII	21	13,6
31.VIII.63	1056	IX	24	15,6	1043	IX	30	19,5
30.IX.63	1032	X	15	9,8	1013	X	23	14,9
31.X.63	1017				990			
31.X.63	1017	XI-X	-80	-52,0	990	XI-X	-118	-76,7
31.X.64	1097	XI-IV	20	13,0	1108	XI-IV	-6	-3,3
31.X.63	1017				990			
30.IV.64	997	V - X	-100	-65,0	995	V - X	-113	-73,4
31.X.64	1097				1108			
30.IV.64	997	V	-3	-1,9	995	V	-45	-29,2
31.V.64	1000	VI	-41	-26,7	1040	VI	-46	-29,9
30.VI.64	1041	VII	-40	-26,0	1086	VII	12	7,8
31.VII.64	1081	VIII	-4	-2,6	1074	VIII	-3	-1,9
31.VIII.64	1085	IX	2	1,3	1077	IX	-15	-9,8
30.IX.64	1083	X	-14	-9,1	1092	X	-16	-10,4
31.X.64	1097				1108			

 ΔW - zmiany stanu wód gruntowych ΔR_g - zmiany retencji gruntowej

ZESTAWIENIE RÓŻNIC ZMIAN RETENCJI BILANSOWEJ I RETENCJI GRUNTOWEJ

Rok	Okres	ΔR	Różnica ΔR i ΔR_{G_1}	Różnica ΔR i ΔR_{G_2}	Rok	Okres	ΔR	Różnica ΔR i ΔR_{G_1}	Różnica ΔR i ΔR_{G_2}
1963	XI-X	-17,7	33,7	0,5	1964	XI-X	-107,3	55,3	30,6
	XI-IV	-17,2	16,6	4,2		XI-IV	-3,9	9,1	0,6
	V-X	-0,5	17,1	4,7		V-X	-103,4	38,4	30,0
	V	-13,8	17,7	2,2		V	-26,2	24,3	3,0
	VI	-52,8	30,6	16,4		VI	-32,9	6,2	3,0
	VII	-37,9	6,7	32,7		VII	-49,8	23,8	57,6
	VIII	17,4	10,9	3,8		VIII	-1,6	0,8	0,1
	IX	51,2	35,6	31,7		IX	-8,9	7,6	0,9
	X	35,4	25,6	20,5		X	16,2	1,3	26,6

ΔR - retencja bilansowa

ΔR_{G_1} - retencja gruntowa bez uwzględnienia opóźnień

ΔR_{G_2} - retencja gruntowa z uwzględnieniem opóźnień

OBLICZENIE WSKAŹNIKÓW BILANSU WOJNEGO w mm
za okres 19.V.1962 - 9.VIII.1963

Rok	Miesiące	P	H	E
1962	19.V-31.V	58,5	24,0	30,4
	VI	92,0	46,6	62,3
	VII	69,5	14,7	68,9
	VIII	70,6	9,9	66,5
	IX	90,1	12,2	30,0
	X	7,4	7,7	17,5
1963	XI	44,8	7,6	11,5
	XII	16,3	5,6	5,8
	I	10,6	2,6	3,1
	II	17,7	2,4	5,2
	III	12,1	19,2	16,5
	IV	31,3	23,2	47,3
	V	73,2	8,5	78,5
	VI	27,1	5,2	74,7
	VII	34,9	4,7	68,1
1.VIII-9.VIII	4,8	1,5	20,0	
	S u m y	660,9	195,6	606,3

P - opad
H - odpływ
E - parowanie terenowe

OPADY ATMOSFERYCZNE
SUMY MIESIĘCZNE PÓŁROCZNE I ROCZNE w mm - STACJA SOBIESZYN

Rok hydrolo- giczny	M i e s i ą c e												Półrocze zimowe	Półrocze letnie	Rok
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
1945	22,0	22,1	10,8	32,7	30,1	75,6	58,3	83,2	149,6	114,5	88,1	66,5	193,3	558,2	751,5
1946	45,3	36,4	12,7	68,7	25,6	10,3	59,9	111,7	27,0	88,3	23,3	59,5	199,0	389,7	568,7
1947	64,0	11,2	14,2	39,2	24,5	40,5	28,7	70,5	42,8	116,0	12,9	5,3	193,6	276,2	469,8
1948	97,8	48,6	66,0	44,7	37,6	36,4	53,2	139,2	94,2	127,9	45,7	74,4	331,1	534,6	865,7
1949	16,5	15,3	32,1	24,4	24,6	54,2	33,3	66,8	88,1	103,0	30,8	5,9	167,1	327,1	495,0
1950	84,5	38,4	19,9	37,5	0,5	33,8	50,7	60,6	41,8	87,8	87,0	53,9	214,6	381,8	596,4
1951	58,2	39,6	17,6	20,4	38,7	27,2	98,1	46,7	58,8	0,1	3,7	1,1	201,7	208,5	410,2
1952	36,9	14,2	17,4	54,0	22,8	15,9	40,7	134,2	10,1	72,1	146,4	110,5	161,2	514,0	675,2
1953	90,4	16,4	41,0	52,8	7,8	8,4	35,1	120,6	44,5	81,5	40,2	6,6	216,8	328,5	545,3
1954	49,6	21,1	15,2	10,7	16,2	41,1	53,4	102,1	82,9	58,2	68,6	9,5	153,9	374,7	528,8
1955	17,4	61,8	22,4	22,0	13,5	28,7	50,3	57,4	61,0	104,7	19,9	22,0	163,8	315,3	479,1
1956	29,2	71,3	22,7	30,8	28,6	22,1	20,8	81,0	92,8	79,6	43,6	70,4	204,7	388,2	592,9
1957	21,1	44,8	21,3	51,1	22,1	17,7	39,0	66,5	92,5	89,3	60,8	14,4	178,1	362,5	540,6
1958	19,7	26,6	31,8	37,7	60,4	50,5	27,1	53,0	46,3	89,0	28,7	49,5	226,7	293,6	520,3
1959	32,3	24,1	19,9	13,1	14,6	47,1	19,5	87,0	45,4	44,5	2,2	8,2	151,1	206,8	357,9
1960	19,4	62,4	32,4	12,7	13,7	28,3	43,4	43,3	199,9	41,0	28,5	73,2	168,9	429,3	598,2
1961	42,6	38,1	23,0	10,0	29,9	22,9	57,2	50,6	55,1	40,1	12,4	7,7	166,5	223,1	398,2
1962	79,7	28,1	23,2	30,7	40,5	45,7	138,3	116,4	86,0	59,1	63,5	5,1	247,9	468,4	716,3
1963	49,4	12,7	12,3	17,6	14,0	41,1	38,9	26,6	80,4	54,1	49,8	57,8	147,1	307,6	454,7
1964	46,0	12,3	5,7	39,6	30,4	15,8	33,1	30,8	12,2	89,5	13,0	37,8	149,8	216,4	366,2
Sumy 20-letnie	922,0	645,5	461,6	650,4	496,1	361,3	977,0	1548,2	1411,4	1540,3	869,1	739,3	3836,9	7085,3	10922,2
Średnie 20-letnie	46,1	32,3	23,8	32,5	24,8	33,1	48,8	77,4	70,6	77,0	43,4	37,0	191,8	354,2	546,1
Sumy 6-letnie	289,4	177,7	116,5	123,7	143,1	200,9	330,4	354,7	479,0	328,3	169,4	189,8	1031,3	1851,6	2882,9
Średnie 6-letnie	44,9	29,6	19,4	20,6	23,9	33,5	55,1	59,1	79,8	54,7	28,3	31,6	171,9	308,6	480,5

OPADY ATMOSFERYCZNE - PROCENTY W STOSUNKU DO ŚREDNIEJ DWUDZIEŚTOLETNIEJ
STACJA SOBIESZYN

		M i e s i ą c e												Półroczce zimowe	Półroczce letnie	Rok
		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
Lata hydrologiczne	1959	70,0	74,6	83,6	40,3	58,8	142,3	39,9	112,4	64,3	57,8	5,0	22,1	78,8	58,4	65,5
	1960	42,0	193,2	138,1	39,0	55,2	85,5	68,9	55,9	283,1	53,2	65,6	197,8	88,1	121,2	109,5
	1961	92,4	117,9	96,6	30,7	120,5	69,2	117,2	65,3	78,0	52,0	28,6	20,8	86,8	63,0	71,3
	1962	172,8	86,9	97,5	94,4	163,3	138,0	285,7	150,4	121,8	76,7	146,1	13,8	129,2	132,2	131,2
	1963	107,1	39,3	51,7	54,1	56,4	124,1	79,7	34,3	113,9	70,2	114,7	156,2	76,7	86,9	83,2
	1964	100,0	38,1	23,9	121,8	122,5	47,7	67,8	39,8	17,7	115,5	29,9	102,1	78,1	61,1	67,6
/max - min/		130,8	155,1	112,2	91,1	108,1	94,6	245,8	116,1	265,4	63,5	141,1	184,0	52,5	73,8	65,7
% sumy rocznej 6-letniej		9,3	6,2	4,0	4,3	5,0	7,0	11,5	12,3	17,0	11,2	5,8	6,5	28,0	64,0	100,0
% sumy rocznej 20-letniej		8,4	5,9	4,4	5,9	4,5	6,0	8,9	14,2	12,9	14,1	8,0	6,8	35,1	64,9	100,0
Stosunek pro- centowy sumy 6-letniej do sumy 20-letniej		8,2	5,4	3,6	3,8	4,4	6,1	10,1	10,6	14,7	10,0	5,0	5,8	31,5	56,5	88,0

TEMPERATURY POWIETRZA °C ŚREDNIE MIESIĘCZNE, PÓLROCZNE I ROCZNE NA STACJI SOBIESZYN

Rok hydrologiczny	M i e s i ą c e												Półrocze zimowe XI-IV	Półrocze letnie V-X	Rok XI - X
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
1945	2,6	-2,2	-5,2	0,0	2,2	7,1	12,9	16,0	18,0	17,5	13,2	7,9	0,8	14,2	7,5
1946	2,6	-1,8	-3,6	-1,8	2,1	9,5	15,5	17,4	20,0	18,9	14,5	4,3	1,1	15,1	8,1
1947	0,4	-4,6	-8,1	-10,6	0,6	8,6	15,0	18,5	20,2	17,0	16,1	5,6	-2,3	15,4	6,5
1948	4,1	0,4	0,6	-3,1	2,1	10,0	14,8	16,2	17,5	17,5	14,2	8,1	2,3	14,7	8,5
1949	2,3	-2,0	-0,4	-0,6	-1,1	8,9	15,2	15,9	18,1	17,0	14,7	8,6	1,2	14,8	8,0
1950	4,4	2,2	-7,8	-0,5	2,2	9,8	15,0	17,2	18,4	17,7	13,4	7,2	1,7	14,8	8,2
1951	3,6	0,2	-2,4	1,2	0,6	8,9	12,3	17,4	18,4	20,2	15,4	5,6	2,0	14,9	8,4
1952	5,5	1,6	-0,7	-2,4	-3,7	10,2	11,7	15,6	19,0	20,2	14,9	11,0	1,7	15,4	8,6
1953	0,3	-4,0	-4,5	-6,8	1,8	6,2	11,9	19,5	19,4	15,8	11,0	6,6	-1,1	14,0	6,4
1954	6,8	-2,3	-8,8	-9,9	2,0	4,8	14,2	18,6	17,1	17,6	14,5	8,1	-1,2	15,0	6,9
1955	2,6	2,0	-3,1	-3,2	-1,2	4,4	11,0	15,9	19,0	19,0	14,6	8,6	0,2	14,7	7,5
1956	3,0	0,4	-1,8	-13,0	-2,4	6,0	12,8	17,7	17,2	15,5	12,4	8,2	-1,3	14,0	6,3
1957	-1,2	3,3	-1,8	2,0	1,7	8,6	10,8	18,2	18,6	16,4	12,1	8,5	2,1	14,1	8,1
1958	-3,8	-2,2	-3,4	-0,2	-3,4	4,4	15,2	15,8	18,6	17,5	12,9	9,4	-0,1	14,9	7,4
1959	3,6	0,8	-1,4	-2,4	3,8	8,1	13,0	16,8	21,3	18,5	11,6	7,3	2,1	14,7	8,4
1960	2,2	-1,8	-4,2	-3,8	1,2	6,5	13,1	17,2	17,2	16,5	11,4	8,9	0,0	14,0	7,0
1961	5,0	2,8	-4,4	0,8	4,7	9,9	11,8	17,8	16,4	16,5	14,3	10,4	3,1	14,5	8,8
1962	3,6	-3,9	-0,9	-3,2	-2,5	10,7	11,1	14,3	15,9	16,7	11,9	7,6	0,6	12,9	6,8
1963	3,9	-5,0	-12,7	-8,7	-2,2	7,4	15,5	16,6	20,0	19,1	14,6	8,0	-2,9	15,6	6,4
1964	6,2	-5,2	-4,8	-5,2	-3,4	7,2	12,6	20,0	19,2	15,9	13,1	7,8	-1,0	14,8	6,9
Sumy 20-letnie	65,3	-21,9	-79,4	-71,4	5,1	157,1	265,4	341,7	369,5	351,0	270,8	157,7	8,9	292,5	150,7
Średnie 20-letnie	3,3	-1,1	-4,0	-3,6	0,2	7,8	13,3	17,1	18,5	17,5	13,5	7,9	0,4	14,6	7,5
Sumy 6-letnie	24,5	-12,9	-28,4	-22,5	1,6	49,7	77,1	102,7	110,0	103,2	76,9	50,0	1,9	86,5	44,3
Średnie 6-letnie	4,1	-2,2	-4,7	-3,8	0,3	8,3	12,8	17,1	18,3	17,2	12,8	8,3	0,3	14,4	7,4

TEMPERATURY POWIETRZA °C ŚREDNIE MIESIĘCZNE PÓŁROCZNE I ROCZNE
NA STACJI ZELECHÓW

Rok	M i e s i a c e															ampli- tuda
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	XI-I	
1959	3,0	0,5	-1,6	-2,7	3,3	7,8	12,6	16,6	21,0	18,1	11,1	6,7	1,7	14,3	8,0	23,7
1960	2,1	-1,9	-4,2	1,2	1,2	6,3	12,8	17,0	17,0	16,4	11,4	8,4	-0,1	13,8	7,0	21,2
1961	4,8	2,8	-4,6	0,7	4,5	9,8	11,8	17,6	16,3	16,3	13,6	10,4	3,0	14,4	8,6	22,2
1962	3,6	-3,8	-1,1	-3,2	-2,8	10,6	11,1	14,3	15,9	16,8	11,8	7,6	0,5	12,9	6,7	20,6
1963	4,0	-5,0	-13,2	-8,8	-2,0	7,6	16,0	16,6	20,0	19,5	14,8	8,2	-2,9	15,8	6,4	33,2
1964	6,4	-5,5	-4,8	-5,7	-3,9	6,9	12,4	20,0	15,6	15,6	12,8	7,8	-1,1	14,5	6,7	25,7
Suma	23,9	-13,1	-29,5	-23,9	0,3	49,0	76,7	102,1	108,8	102,7	75,5	49,1	1,1	85,7	43,4	
Śred- nie	4,0	-2,8	-4,9	-4,0	0,1	8,2	12,8	17,0	18,1	17,1	12,5	8,2	0,2	14,3	7,2	

BILANS WODNY w mm

Rzeka Wilga, profil Wilga, rok 1959

Okres bilan- sowy	P	H	S	E	E+H	ΔR	ΔR_g	$\Delta R \pm \Delta R_g$	zm ΔW
XI-I	393,0	55,5	337,5	464,1	519,6	-126,6	-149,5	22,9	-230
XI-IV	161,1	33,3	127,8	115,2	148,5	12,6	22,7	10,1	35
V - I	231,9	22,2	209,7	348,9	371,1	-139,2	-172,2	33,0	-265
V	34,9	3,9	31,0	57,8	61,7	-26,8	-35,7	8,9	-55
VI	79,8	3,6	76,2	75,4	79,0	0,8	-13,6	14,4	-21
VII	54,3	3,8	50,5	85,3	89,1	-34,8	-21,5	13,3	-33
VIII	41,4	3,6	37,8	71,8	75,4	-34,0	-88,4	54,4	-136
IX	10,5	3,8	6,9	36,2	39,8	-29,3	-16,3	13,0	-25
X	11,0	3,7	7,3	22,4	26,1	-15,1	3,3	18,4	5

Objaśnienia do tabel 20-26

P - opad
H - odpływ
S - straty /P-H/
E - parowanie terenne

ΔR - zmiany retencji bilansowej
 ΔR_g - zmiany retencji gruntowej
 ΔW - zmiany stanów wód gruntowych

BILANS WODNY w mm

Rzeka Wilga, profil Wilga, rok 1960

Okres bilan- sowy	P	H	S	E	E+H	ΔR	ΔR_g	$\Delta R \pm \Delta R_g$	Δw cm
XI-X	696,4	103,2	593,2	444,0	647,2	149,2	188,5	39,3	290
XI-IV	195,4	23,6	171,8	98,9	122,6	72,9	141,7	68,8	218
V - X	501,0	79,6	421,4	345,1	424,7	76,3	46,8	29,5	72
V	33,0	5,4	27,6	62,8	68,2	-35,2	-63,0	27,8	-97
VI	61,0	4,6	56,4	81,5	86,1	-25,1	22,1	47,2	34
VII	202,2	17,3	184,9	81,7	99,0	103,2	89,7	19,5	138
VIII	92,0	21,3	70,7	67,0	88,3	3,7	3,9	0,2	6
IX	41,4	15,3	25,1	31,3	46,6	-5,2	-27,3	22,1	-42
X	71,4	18,7	55,7	20,8	36,5	34,9	21,4	13,5	33

Tabela 22

BILANS WODNY w mm

Rzeka Wilga, profil Wilga, rok 1961

Okres bilan-sowy	P	H	S	E	E+H	ΔR	ΔR_g	$\Delta R \pm \Delta R_g$	Δw om
XI - X	445,6	103,5	342,1	487,2	590,7	-145,1	-170,9	25,8	-263
XI-IV	173,7	73,8	99,9	131,6	205,4	-31,7	-28,6	3,1	-44
V - X	271,9	29,7	242,2	355,6	385,3	-113,4	-142,3	28,9	-219
V	66,7	5,6	61,1	85,0	70,6	-3,9	-4,5	0,6	-7
VI	66,2	5,2	61,0	82,5	87,7	-21,5	-26,0	4,5	-40
VII	85,1	4,9	80,2	65,3	70,2	14,9	-43,6	58,5	-67
VIII	43,2	5,0	38,2	66,0	71,0	-27,8	13,0	40,8	20
IX	3,1	4,5	3,6	45,7	50,2	-42,1	-53,9	11,8	-83
X	2,6	4,5	-1,9	31,1	35,6	-33,0	-27,3	2,7	-42

BILANS WODNY w mm

Rzeka Wilga, profil Wilga, rok 1962

Okres bilan- sowy	P	H	S	E	E+H	ΔR	ΔR_g	$\Delta R \pm \Delta R_g$	Δw om
XI-X	731,5	214,3	517,2	417,9	632,2	99,3	143,0	43,7	220
XI-IV	259,9	72,6	187,3	106,7	179,3	80,6	163,8	83,2	252
V - X	471,6	141,7	329,9	311,2	452,9	18,7	-20,8	39,5	-32
V	142,0	50,6	91,4	66,0	116,6	25,4	26,0	0,6	40
VI	92,0	46,6	45,4	62,3	108,9	-16,9	-35,8	18,9	-55
VII	69,5	14,7	54,8	68,9	83,6	-14,1	-18,8	4,7	-29
VIII	70,6	9,9	60,7	66,5	76,4	-5,8	-1,3	4,5	-2
IX	90,1	12,2	77,9	30,0	42,2	47,9	36,4	11,5	56
X	7,4	7,7	-0,3	17,5	25,2	-17,8	-27,3	9,5	-42

Tabela 24

BILANS WODNY w mm

Rzeka Wilga, profil Wilga, rok 1963

Okres bilan-sowy	P	H	S	E	E+H	ΔR	ΔR_g	$\Delta R^+ \Delta R_g$	ΔW cm
XI-X	519,4	99,1	420,3	438,0	537,1	-17,7	9,7	27,4	15
XI-IV	132,8	60,6	72,2	89,4	150,0	-17,2	24,7	41,9	38
V - X	386,6	38,5	348,1	348,6	387,1	-0,5	-15,0	14,5	-23
V	73,2	8,5	64,7	78,5	87,0	-13,8	-23,4	9,6	-36
VI	27,1	5,2	21,9	74,7	79,9	-52,8	-63,0	10,2	-97
VII	34,9	4,7	30,2	68,1	72,8	-37,9	-62,4	24,5	-96
VIII	91,2	4,8	86,4	69,0	73,8	17,4	47,4	30,0	73
IX	100,6	6,3	94,3	43,1	43,4	51,2	65,0	13,8	100
X	59,6	9,0	50,6	15,2	24,2	35,4	21,4	14,0	33

BILANS WOJNY w mm

Rzeka Wilga, profil Wilga, rok 1964

Okres bilan- sowy	P	H	S	E	E+H	ΔR	ΔR_g	$\Delta R_g^{\pm} - \Delta R_g$	ΔW cm
XI-X	414,7	116,1	298,6	405,9	522,0	-107,3	-108,5	1,2	-167
XI-IV	170,7	82,7	88,0	91,9	174,6	-3,9	3,9	7,8	6
V - X	244,0	33,4	210,6	314,0	347,4	-103,4	-112,4	9,0	-173
V	37,9	9,0	28,9	58,1	64,1	-26,2	-26,7	0,5	-41
VI	45,7	5,0	40,7	73,6	78,6	-32,9	-22,1	10,8	-34
VII	23,5	4,8	18,7	68,5	73,3	-49,8	-14,3	35,5	-22
VIII	60,8	4,8	56,0	57,8	62,6	-1,8	-19,5	17,7	-30
IX	34,1	4,7	29,4	38,3	43,0	-8,9	-39,8	30,7	-61
X	42,0	5,1	36,9	20,7	25,8	16,2	9,8	6,4	15

BILANS WODNY w mm

Rzeka Wilga, profil Wilga za lata 1959-1964

Rok	P	H	S	E	E+H	ΔR	ΔR_g	$\Delta R \pm \Delta R_g$	% błęd
1959	393,0	55,5	337,5	464,1	519,6	-126,8	-149,5	22,9	5,8
1960	698,4	103,2	593,2	444,0	547,2	149,2	188,5	39,3	5,7
1961	445,6	103,5	342,1	437,2	590,7	-145,1	-170,2	25,8	5,8
1962	731,5	214,3	517,2	417,9	632,2	99,3	143,0	43,7	6,0
1963	519,4	99,1	420,3	438,0	537,1	-17,7	9,7	27,4	5,3
1964	414,7	116,1	298,6	405,9	522,0	-107,3	-108,5	1,2	0,3
Suma	3200,8	691,7	2508,9	2657,1	3348,8	-148,2	-87,7	-	-
Sred- nie	533,4	115,2	418,2	442,9	558,1	-24,7	-14,6	10,1	1,9

OPÓŹNIENIA MAKSYMÓW WZGLĘDEM ZASILANIA

Lp.	Rok	Data maksymalnego opadu lub roztopów	Ilość dni opóźnienia maksimów		
			Przepływ w przekroju wodowskazowym	Stan wód gruntowych	Wydajność źródła
1.	1959	23.II	2	10	20
2.	1960	22.II	2	12	-
3.	1960	18.III	0	10	20 - 25
4.	1960	27.VII	4	12	25 - 30
5.	1962	14.V	1	18	30
6.	1963	25.III	3	9	-
7.	1964	28.III	5	16	26
Średnie			2,5	12	25

WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ

za ostatnie lata

1961

- 1 PRACA ZBIOROWA — **Klimat Hali Gąsienicowej** tekst s. 20, 29 tabel, 44 ryc., zł 7.—
- 2 PRACA ZBIOROWA — **Z badań Stacji Naukowej IG PAN nad Jeziorem Mikołajskim**, s. 135+nłb. 28 ryc.+mapa+2 tab., zł 7.—
- 3 PRACA ZBIOROWA — **Materiały do geografii przemysłu Polski**, s. 245, zł 7.—
- 4 M. BOGACKI — **Objaśnienia do mapy geomorfologicznej 1 : 50 000** Arkusz N 34-93 Kolno, s. 50, zł 7.—
- 5 PRACA ZBIOROWA — **Materiały do geografii zaludnienia Polski i Czechosłowacji**
- 6 E. TOMASZEWSKI — **Objaśnienia do mapy geomorfologicznej 1 : 50 000** Arkusz N 33-143 — A KÓRNIK s. 50+1 tab. nłb., zł 7.—
(poz. 2, 4, 5, 6 do użytku służbowego)

1962

- 1 PRACA ZBIOROWA — **Economic Regionalization. Materials of the First General Meeting of the Commission held in Utrecht, the Netherlands, from 8 till 9 Sept. 1961**, s. 120, zł 7.—
- 2 T. LIJEWSKI — **Geografia komunikacji woj. białostockiego**, s. 206 + mapy, zł 7.—
- 3 PRACA ZBIOROWA — **Instrukcja szczegółowego zdjęcia użytkowania ziemi**. Wydanie II poprawione i uzupełnione s. 130, zł 7.—
- 4 Ł. GÓRECKA — **Związek przemysłu cementowego w Polsce ze środowiskiem geograficznym**, s. 171+36 nł. (ryc. i fot.), zł 7.—
- 5 E. TOMASZEWSKI — **Objaśnienia do mapy geomorfologicznej 1 : 50 000**. Arkusz N 33-131-C KOSTRZYŃ s. 63+ryc. n-b, zł 7.—
- 6 PRACA ZBIOROWA — **Studia nad użytkowaniem ziemi — IV**. Sprawozdania z prac w powiatach: koszalińskim, suwalskim i olsztyńskim, s. 120+ryc. nłb. zł 7.—
(poz. 2, 4, 5 do użytku służbowego)

1963

- 1 S. ŻYŃDA — **Objaśnienia do mapy geomorfologicznej 1 : 50 000**. Arkusz N-33-139-B. TOPORÓW s. 70+nłb. ryc., zł 7.—
- 2 D. KOSMOWSKA — **Objaśnienia do mapy hydrograficznej 1 : 50 000** arkusz Ożarów, s. 80+mapy, zł 7.—
- 3 PRACA ZBIOROWA — **Bibliografia geografii polskiej — 1960** str. 320, zł 7.—
- 4 PRACA ZBIOROWA — **Studia nad wymianą ciepłą na Stacji Naukowej IG PAN w Wojcieszowie**, s. 40+ryc. nłb. zł 7.—
- 5 PRACA ZBIOROWA — **Zagadnienia z geomorfologii i hydrografii**, s. 54+ryc. nłb., zł 7.—
- 6 J. BĄCZYK — **Geneza Półwyspu Helskiego na tle rozwoju Zatoki Gdańskiej**, s. 180+28 ryc.+36 fot. nłb., zł 7.—
(poz. 1, 2, 6 do użytku służbowego)

1964

- 1 PRACA ZBIOROWA — National and Regional Atlases, s. 155, zł 24.—
- 2 J. KOSTROWICKI — The Polish Detailed Survey of Land Utilization. Methods and Techniques of Research. s. 100+ulb., zł 18.—
- 3 PRACA ZBIOROWA — Instrukcja do mapy hydrograficznej Polski 1:50 000, wydanie III, s. 83 + zał. nlb., zł 24.—
- 4 PRACA ZBIOROWA — Materiały do monografii geograficzno-gospodarczej Chelmy
Wpływy podziału spadkowego komasacji i parcelacji na zmianę układów przestrzennych wsi w powiecie puławskim od połowy XIX wieku, s. 152 + ryc. ulb., zł 24.—
- 5 PRACA ZBIOROWA — Badania klimatu lokalnego, s. 94+ryc. nlb., zł 18,—
- 6 PRACA ZBIOROWA — Zagadnienie geografii przemysłu, s. 81+ryc. ulb., zł 15.—

1965

- 1 M. STOPA — Rejony burzowe w Polsce, s. 100 + ryc. ulb., zł 18.—
- 2 B. OLSZEWICZ, Z. RZEPA — Katalog rękopisów geograficznych. s. 107, zł 24.—
- 3 T. KRZEMIŃSKI — Objaśnienia do mapy hydrograficznej Polski 1 : 50 000, arkusz STRĘKOWA GORA, s. 36+nlb., zł 12.—
- 4 PRACA ZBIOROWA — Polskie mapy rozmieszczenia ludności. Charakterystyka i przegląd bibliograficzny. Zasięg wpływów szkół średnich w rejonie Piły, s. 100+ryc. i tab. nlb., zł 21.—
- 5 PRACA ZBIOROWA — Studia nad użytkowaniem ziemi — V, s. 65 + ryc. 2 tab. nlb., zł 18.—
- 6 A. PROCHOWNIK — Przemiany struktury osadniczo-rolniczej wsi powiatu proszowickiego od połowy XIX wieku do 1960 r., s. 159 + ryc. nlb., zł 24.—

(poz. 3 do użytku służbowego)

1966

- 1 J. SZUPRYCZYŃSKI — Objaśnienia do mapy geomorfologicznej 1:50 000, arkusz SZAMOCIN
M. BOGACKI — Objaśnienia do mapy geomorfologicznej 1 : 50 000, arkusz PISZ, s. 90 + ryc. nlb., zł 21.—
- 2/3 PRACA ZBIOROWA — Użytkowanie ziemi w krajach Europy środkowo-wschodniej s. 160 + ryc., tab., nlb., zł 24,—
- 4 PRACA ZBIOROWA. Atlas bilansu promieniowania w Polsce s. 10 + tab. nlb. + ryc. nlb., zł 15,—
- 5 W. STANKOWSKI — Objaśnienia do mapy geomorfologicznej 1:50 000, arkusz REPTOWO.
U. URBANIAK, J. KOTARBIŃSKI — Objaśnienia do mapy geomorfologicznej, 1:50 000, arkusz GĄBIN (w druku)
- 6 B. TCHÓRZEWSKA — Zagadnienia bilansu wodnego rzek Nizin Środkowopolskich na przykładzie dorzecza Wilgi. (w druku)

(poz. 1, 5, 6, do użytku służbowego)