

Paweł Jokieli, Adam Bartnik

# NFER

MONOGRAFIA  
HYDROLOGICZNA  
NIEKOCHANEJ RZEKI

# NER



MONOGRAFIA  
HYDROLOGICZNA  
NIEKOCHANEJ RZEKI



WYDAWNICTWO  
UNIWERSYTETU  
ŁÓDZKIEGO

Paweł Jokiel, Adam Bartnik

# NER



MONOGRAFIA  
HYDROLOGICZNA  
NIEKOCHANEJ RZEKI

Paweł Jokieli, Adam Bartnik – Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych  
Pracownia Hydrologii i Gospodarki Wodnej, 90-149 Łódź, ul. Narutowicza 88

RECENZENT

*Urszula Somorowska*

REDAKTOR INICJUJĄCY

*Beata Koźniewska*

OPRACOWANIE REDAKCYJNE

*Sylvia Mosińska*

SKŁAD I ŁAMANIE

*Munda – Maciej Torz*

KOREKTA TECHNICZNA

*Leonora Gralka*

PROJEKT OKŁADKI

*krzysztof de mianiuk*

Zdjęcie wykorzystane na okładce: © Depositphotos.com/Andrey Nekrasov

© Copyright by Paweł Jokieli, Adam Bartnik, Łódź 2020

© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2020

<https://doi.org/10.18778/8220-002-7>

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

Wydanie I. W.09789.20.K

Ark. wyd. 18,0; ark. druk. 18,5

ISBN 978-83-8220-002-7

e-ISBN 978-83-8220-003-4

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

90-131 Łódź, ul. Lindleya 8

[www.wydawnictwo.uni.lodz.pl](http://www.wydawnictwo.uni.lodz.pl)

e-mail: [ksiegarnia@uni.lodz.pl](mailto:ksiegarnia@uni.lodz.pl)

tel. 42 665 58 63

# Spis treści

<b>WSTĘP</b>	<b>7</b>
<b>1. MORFOLOGICZNE, GEOLOGICZNE I HYDROGEOLOGICZNE UWARUNKOWANIA OBIEGU WODY W ZLEWNI NERU</b>	<b>11</b>
1.1. Rzeźba terenu	11
1.2. Budowa geologiczna	18
1.2.1. Skąty podłoża	18
1.2.2. Osady czwartorzędowe	20
1.3. Wody podziemne	23
1.3.1. Jednostki hydrogeologiczne	23
1.3.2. Wody apotamiczne	25
1.3.3. Wody potamiczne	28
<b>2. SIĘĆ HYDROGRAFICZNA NERU</b>	<b>35</b>
2.1. Ner	35
2.2. Dopływy Neru	48
2.2.1. Gadka	48
2.2.2. Jasień z Olechówką	48
2.2.3. Dobrzyńka	54
2.2.4. „Gośka” (kolektor Grupowej Oczyszczalni Ścieków ŁAM)	57
2.2.5. Łódka z Bałutką	58
2.2.6. Jasieniec	63
2.2.7. Zalewka	64
2.2.8. Lubczyzna	65
2.2.9. Pisia I	67
2.2.10. Pisia II	69
2.2.11. Bełdówka	70
2.2.12. Kanał Królewski z Zianem i Gnidą	72
2.2.13. Pisia III	77
2.3. Zbiorniki wodne i mokradła	78
2.3.1. Zbiorniki wodne	78
2.3.2. Mokradła	91
<b>3. POKRYCIE I UŻYTKOWANIE TERENU ZLEWNI NERU</b>	<b>99</b>

<b>4. KLIMATYCZNE SKŁADOWE OBIEGU WODY W ZLEWNI NERU</b>	<b>109</b>
4.1. Główne cechy klimatu	109
4.2. Opad	113
4.3. Ewapotranspiracja	125
4.4. Klimatyczny bilans wodny	137
<b>5. ODPŁYW RZECZNY W ZLEWNI NERU</b>	<b>145</b>
5.1. Obserwacje i pomiary hydrologiczne	145
5.1.1. Obserwacje wodowskazowe	145
5.1.2. Przestrzenne zróżnicowanie odpływu w zlewni Neru	149
5.2. Zmiany odpływu ze zlewni górnego Neru po Chocianowice w okresie obserwacji	153
5.3. Dynamika odpływu Neru po Dąbie	158
5.3.1. Przepływy i odpływy charakterystyczne i prawdopodobne	158
5.3.2. Odpływ dobowy i jego zmiany w wieloleciu	160
5.3.3. Wezbrania i niżówki	167
5.3.4. Sezonowy rozkład odpływu i jego zmiany w wieloleciu	175
5.3.5. Odpływy podziemne i powierzchniowe oraz ich zmiany w wieloleciu	178
5.3.6. Sezony hydrologiczne i reżim odpływu	184
<b>6. TERMIKA WODY I ZJAWISKA LODOWE W NERZE</b>	<b>189</b>
6.1. Sezonowe i wieloletnie zmiany temperatury wody	189
6.2. Reżim lodowy i jego zmiany w wieloleciu	197
<b>7. GOSPODARKA WODNA W ZLEWNI NERU</b>	<b>209</b>
7.1. Pobór i zrzuty wody	209
7.1.1. Wodociągi i kanalizacja w Łodzi	209
7.1.2. Rola wód pościekowych z Łodzi w odpływie Neru	216
7.1.3. Dynamika zrzutu wód pościekowych z GOŚ-ŁAM	221
7.2. Obiekty i urządzenia wodne	226
7.2.1. Wykorzystanie wód i produkcja ścieków	226
7.2.2. Piętrzenie i regulacja wód	233
<b>8. JAKOŚĆ WÓD W ZLEWNI NERU</b>	<b>241</b>
8.1. Zmiany jakości wód Neru w wieloleciu	241
8.2. Aktualny stan jakości wód w zlewni	250
<b>9. ZAKOŃCZENIE</b>	<b>259</b>
<b>LITERATURA PRZEDMIOTU</b>	<b>267</b>
Publikacje	267
Doniesienia prasowe	279
Archiwalia i źródła kartograficzne	280
Prace niepublikowane i źródła internetowe	282
<b>SPIS RYSUNKÓW</b>	<b>285</b>
<b>SPIS FOTOGRAFII</b>	<b>291</b>
<b>SPIS TABEL</b>	<b>295</b>

# Wstęp

*Rzeka – naturalny ciek powstały z połączenia potoków (strumieni, strug) lub wypływający z czoła lodowca, jeziora, źródła (wywierzyska), rzadziej z obszaru zabagnionego, zasilany powierzchniowo i podziemnie wodą z opadów spadłych w jego dorzeczu, mający ukształtowane koryto i płynący pod działaniem siły grawitacyjnej w łóżysku i dolinie, wyżłobionych w wyniku działania jego siły erozyjnej (Encyklopedia PWN).*

Forma, jaką rzeka przybiera, oraz ilość i jakość wody, którą niesie, są odzwierciedleniem warunków otaczającego i kształtującego ją środowiska geograficznego. Rzeki w sposób swoisty, ale bardzo dobrze widoczny, zapisują różnego rodzaju zdarzenia i procesy zachodzące w tymże środowisku, np. zmiany klimatyczne, katastrofy geologiczne, ewolucję biologiczną, a w ostatnim okresie, i to coraz wyraźniej, notują również antropopresję. Nasze możliwości w procesie przekształcania rzek i systemów rzecznych są dziś już tak duże, że możemy w krótkim czasie doprowadzić zarówno do dewastacji rzeki (co, jak wynika z doświadczenia, często jest opłacalne w kontekście ekonomicznym), jak i do jej renaturyzacji generującej przeważnie wysokie koszty. Czy warto zatem w ogóle brać pod uwagę tę drugą, pozornie mniej dochodową opcję? Naszym zdaniem nie tylko warto, ale nawet trzeba. Czas bowiem najwyższy, aby sparafrazować stare i nie tylko polskie przysłowie: „Pokaż mi swoją rzekę, a powiem ci, kim jesteś”.

Rzeki i całe systemy rzeczne są tyleż trwałymi, co zmiennymi elementami środowiska geograficznego, przy czym ich stałość zawiera w sobie niemal zawsze element przyjazny. Rzeki postrzegamy wtedy nie tylko jako źródła czystej wody niezbędnej nam do życia i gospodarowania, ale również miejsce pozyskiwania użytecznych zasobów energii i pożywienia oraz wygodny i tani szlak transportowy lub miejsce wypoczynku i rekreacji. Od niedawna dostrzegamy również, że stanowią one ważne i niezbędne, nie tylko dla nas, składniki środowiska geograficznego. Są także obiektami, które kumulują w sobie wiele cennych wartości przyrodniczych i kulturowych. Wymagają zatem dbałości i ochrony pod wieloma względami i właściwie w każdym kontekście, chociażby po to, by jak najdłużej służyły w najlepszej i najbardziej przyjaznej formie.



Zmienność i dynamika rzeki uzmysławiają zaś jej potęgę, wskazują na zagrożenie i bezradność wobec żywiołu. Wezbranie rzeki kojarzy się więc nieodmiennie z powodzią, klęską i ludzką słabością wobec sił przyrody. Natomiast wyschnięta rzeka pozostaje zawsze synonimem głodu i pragnienia. W podobny, bo zagrażający nam, sposób odbieramy również rzekę zanieczyszczoną lub zdewastowaną. Jest ona wtedy nie tylko obiektem groźnym, ale również wstydlivym, a przez to nielubianym i niechcianym, który najlepiej ukryć pod ziemię, a jeśli to niemożliwe – przynajmniej o nim nie mówić i o nim nie pisać.

Takim niekochanym ciekim był jeszcze do niedawna łódzki Ner, niegdyś niezbyt duża rzeka nizinna, choć wskutek zasilania przez liczne dopływy dość zasobna w wodę i pożytki wodne, a z uwagi na płytką i szeroką dolinę – łatwo dostępna do zagospodarowania. To w widłach Neru i Olechówki oraz nad samym Nerem, w sąsiedztwie Poddębic odnaleziono jedno z pierwszych cmentarzysk grobów ciążopalnych (800–650 p.n.e.) w tym regionie, a nieopodal – liczne pozostałości towarzyszących im osad wraz z fragmentami form odlewniczych z wczesnej epoki żelaza i okresu kultury łuzycyckiej. To przez dolinę tej rzeki wnikały na tereny podłódzkie nie tylko starożytne i nowożytne kultury, ale również późniejsze zdobycze cywilizacyjne, z maszyną parową włącznie. Mimo to powstające tam osady, a później grody i miasta były przeważnie niewielkie i także miały znaczenie w historii tej części Polski.

Rola Neru nieco wzrosła, gdy stał się on rzeką graniczną, ale i wówczas był bardziej problemem dla okolicznych mieszkańców i wędrujących kupców lub osadników niż przeszkodą wodną mającą jakiegokolwiek znaczenie militarne lub obronne. Niemal na całej długości dolina rzeki była mocno zabagniona, pełna starorzeczy, a woda rozlewała się szeroko, czasem na wiele koryt, natomiast mostów, brodów i traktów do jej przekroczenia było niewiele. Ówczesne miasta, wsie i osady leżące w sąsiedztwie Neru nie uchodziły też za bardzo zamożne, bo ziemia była tu nie najlepszej jakości, a handel – niezbyt rozwinięty. Stanisław Staszic, przeprowadzając w 1825 roku lustrację tego terenu, na Ner nie zwrócił właściwie uwagi, choć dostrzegł, że miasteczko Łódź „nad źródłami i rzekami leży”. Również Rajmund Rembieliński i wszyscy pozostali twórcy przemysłowej Łodzi większą wagą obdarzali Łódkę, Jasień i parę innych „tryszcących” w okolicy rzeczek i źródeł niż pobliski Ner, który choć odbierał od nich wodę, a później liczne cuchnące ścieki, to płynął gdzieś „pod wyniosłem wzgórzem”, po terenie wilgotnym i „morrowym”, gdzie nawet na niedzielną wycieczkę ówczesni łodzianie nie mieli ochoty się wybierać, bo i daleko, i niezdrowo. Sytuacja ta chwilowo uległa zmianie, gdy „odkryto” i zagospodarowano położone nieopodal rzeki rekreacyjne tereny leśne na południowy zachód od Łodzi, w tym okolice wsi Ruda i Chojny. Jednak Ludwik Geyer szybko postawił w sąsiedztwie Neru, nad samym jego brzegiem, sporą cukrownię, a później gorzelnię. Szczęśliwie jednak dla rzeki i okolicy cukrownia szybko zbankrutowała, a tego rodzaju produkcji nigdy więcej tu nie uruchamiano. Gdyby stało się inaczej, do rzeki, i to niemal od jej źródeł, odprowadzano by także silnie skażone ścieki cukrownicze i rozwój wypoczynkowej kolonii leśnej, a później rekreacyjnych stawów, nie byłby już możliwy.

W kolejnych latach nastąpiła epoka Łodzi przemysłowej i już w drugiej połowie XIX wieku Nerem popłynęły ogromne ilości ścieków komunalnych i przemysłowych produkowanych przez eksplozywnie rozwijający się przemysł włókienniczy regionu i samo miasto. Rzeka znalazła się, niestety, na samym końcu przysłowiowej „rury”, a jej stan pogorszył się jeszcze bardziej, gdy przyjęto i wdrożono niezbędny dla Łodzi projekt Williama Heerleina Lindleya polegający na zaopatrywaniu miasta w wodę z Pilicy (był też pomysł zasilania z Niebieskich Źródeł) oraz scentralizowanym odprowadzaniu ścieków komunalnych i przemysłowych właśnie do Neru, co wydawało się rozwiązaniem bardzo praktycznym, bo zgodnym z naturalnym nachyleniem terenu miasta. Wówczas rzeka stała się jednym wielkim Canale Grande, do którego płynęły nieoczyszczone ścieki z Łodzi liczącej wówczas prawie pół miliona mieszkańców oraz z setek fabryk i zakładów przemysłowych. Wskutek tego, w przeciwieństwie do innych rzek, nad którymi leżały wówczas duże miasta Polski i Europy, Ner nigdy nie posiadał pięknych bulwarów czy nadrzecznych błoni, nie powstały tu nabrzeża ani pełne spacerowych łódek przystanie wodne. Nie istniał też atrakcyjny front wodny, który mógłby być podziwiany przez niedzielnych spacerowiczów. Rzeka stała się natomiast ogromnym otwartym rynsztokiem, którym duże i małe miasta regionu pozbywały się swoich nieczystości. Łodzianie nigdy nie mówili, że ich miasto leży nad Nerem, bowiem zdawali sobie sprawę z tego, że Łódź przez długie lata tylko nad Nerem „kuciała”.

Monografii doczekały się w Polsce różne rzeki. Te wielkie, jak choćby Wisła czy Bug, oraz te całkiem małe, jak Sokołówka czy Rawa. Zaszczytu tego doczekały się również liczne rzeki płynące w sąsiedztwie Łodzi, np. Grabia, Widawka, Luciąża, Wolbórka, Dzierżazna oraz kilka innych, natomiast Ner jest w tym względzie wyjątkiem. Rzadko o nim pisano, a jeśli już, to raczej w sposób tyleż naukowy, co niezbyt przyjazny, zwracając większą uwagę na to, czym jest, a mniejszą – czym był i czym być powinien. Zarówno w aspekcie historycznym, jak i w odniesieniu do współczesności Ner to rzeka „niekochana”. Niekochana zarówno przez tych, którzy nieopodal niej mieszkali i długie lata korzystali z jej dobrodziejstw, jak i tych, którzy wzrastali i bogacili się jej kosztem, by później uznać, że nie jest już im potrzebna.

Stan ten jednak od niedawna się zmienia. Mimo prawie dwóch setek lat wykorzystywania i dewastacji Ner zachował „potencjał do życia” i może, z przysłowiową „pomocą przyjaciół”, znowu stać się prawdziwą rzeką. Pierwsze symptomy poprawy jej jakości i – co równie ważne – opinii o niej są już widoczne. By je wspomóc i przez to może choć trochę przyspieszyć proces odnowy oraz rewaloryzacji Neru, a jednocześnie uhonorować tę zasłużoną i mocno doświadczoną w przeszłości rzekę, postanowiliśmy napisać tę książkę.

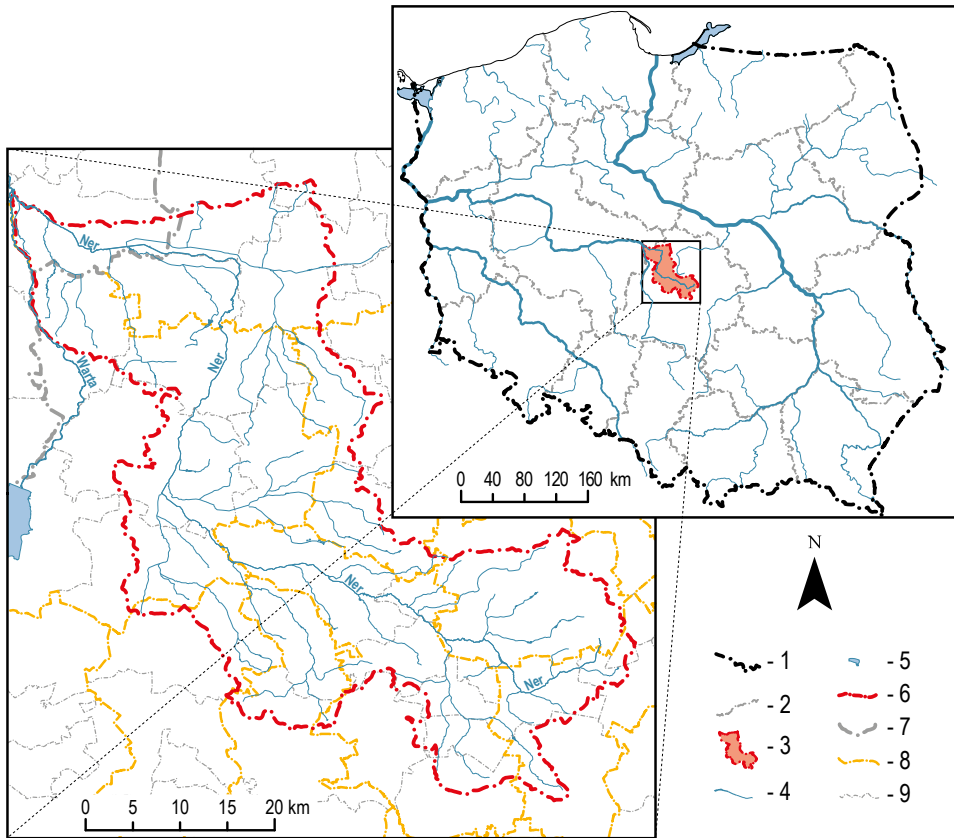


# Morfologiczne, geologiczne i hydrogeologiczne uwarunkowania obiegu wody w zlewni Neru

## 1.1. Rzeźba terenu

Ner jest średniej wielkości rzeką nizinną należącą do systemu Odry i odwadniająca zachodnią część województwa łódzkiego. Długość rzeki wynosi 124,1 km, co sytuuje ją na początku piątej dziesiątki rzek Polski, a powierzchnia odwadniana przez Ner i jego dopływy jest równa 1834,3 km<sup>2</sup>, zatem zlewnia tej rzeki znajduje się na trzydziestym szóstym miejscu w Polsce i stanowi nieco poniżej 0,6% powierzchni kraju. Większość zlewni Neru leży w obrębie województwa łódzkiego (rys. 1.1), a tylko niewielka północno-zachodnia część obszaru należy do województwa wielkopolskiego. W województwie łódzkim Ner odwadnia miasto Łódź oraz powiaty: zgierski, łódzki wschodni, pabianicki, łaski, zduńskowolski, poddębicki i łęczycki. Ujściowy odcinek rzeki odbiera zaś wodę z niewielkiego fragmentu powiatu kolskiego wchodzącego w skład województwa wielkopolskiego.

W regionalizacji fizycznogeograficznej Jerzego Kondrackiego (Solon i in. 2018) zlewnia Neru znajduje się w prowincji Nizin Środkowoeuropejskich, a w szczególności w podprowincji Nizin Środkowopolskich. Wśród makroregionów, jakie tam występują, do zlewni Neru należy znaczny fragment mezoregionu Niziny Południowowielkopolskiej oraz niewielki wycinek Wzniesień Południowomazowieckich (górną część zlewni) i jeszcze mniejszy fragment mezoregionu Niziny Środkowomazowieckiej, a w szczególności Równin Kutnowskiej i Łowicko-Błońskiej (część północno-wschodnia) (rys. 1.2). W mezoregionie Niziny Południowowielkopolskiej system Neru odwadnia zaś znaczne obszary Wysoczyzny Łaskiej i Kotliny Kolskiej (środkowa i dolna część zlewni) oraz maleńki wycinek Wysoczyzny Kłódawskiej (dolna część zlewni). W ramach Wzniesień Południowomazowieckich górny Ner odbiera wody z Wzniesień Łódzkich i Wysoczyzny Bełchatowskiej.

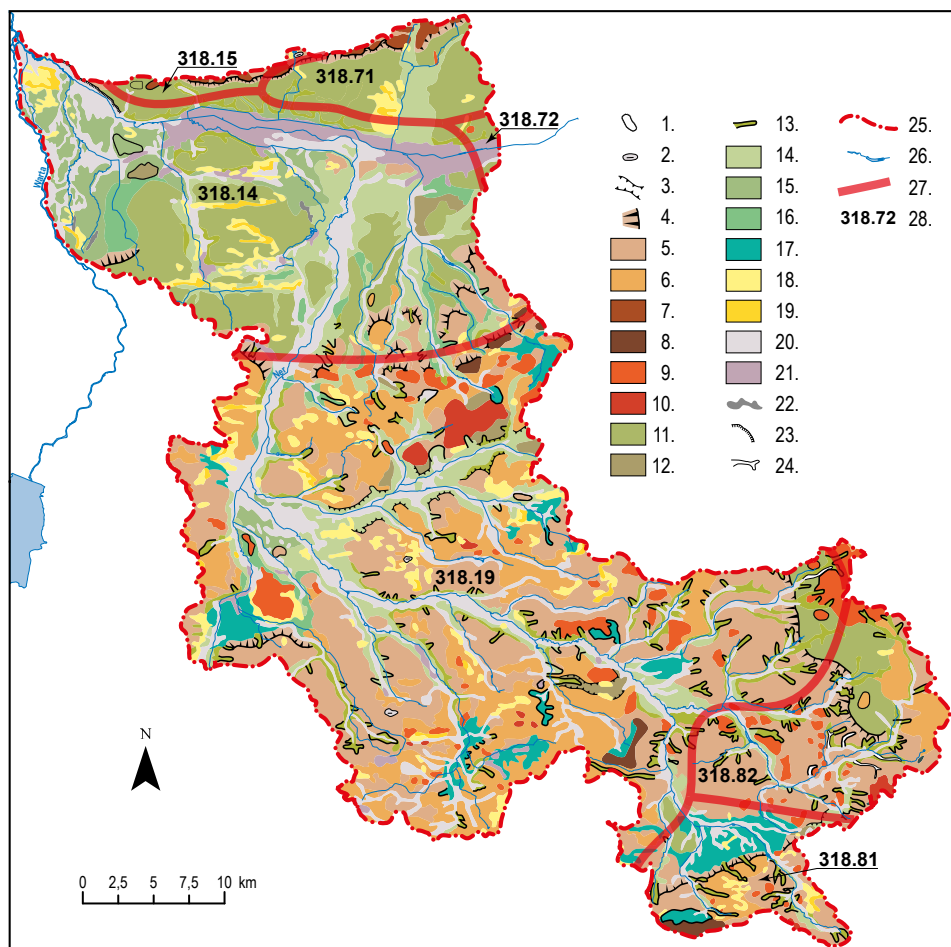


**Rys. 1.1.** Położenie zlewni Neru na tle podziału administracyjnego Polski

**Objaśnienia:** 1 – granica państwa; 2 i 7 – granice województw; 3 – zlewnia Neru; 4 – ciek; 5 – zbiorniki wodne; 6 – dział wodny zlewni Neru; 8 – granice powiatów; 9 – granice gmin

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie MPHP10k i danych państwowego rejestru granic (CODGiK)

Mimo zaliczenia Neru do rzek nizinnych rzeźba terenu jego zlewni jest dość urozmaicona. Najwyższy punkt położony jest na działle wodnym I rzędu, w okolicach dzielnicy Dąbrowa w Łodzi, i ma rzędną 284,1 m n.p.m. (rys. 1.3). Kulminacja ta znajduje się w obrębie stoliwa kemowego powstałego w miejscu konwergencji trzech lobów warciańskiego zlodowacenia: warty, pilicy i bzury, których zasięg był podobny do obszarów dzisiejszych zlewni tych rzek (Turkowska 2006). Punkt najniższy położony znajduje się w ujściu Neru na wysokości 88,4 m n.p.m., zatem deniwelacja w zlewni przekracza nieco 195 m, średnia wysokość wynosi 149 m n.p.m., a średni spadek (stoczystość) – 4,45‰. Lokalne spadki terenu w strefie wododziałowej, zwłaszcza w obrębie Wzniesień Łódzkich, są często większe od 19‰ (7°), sięgając nawet 28‰. Łączna długość działu wodnego zlewni Neru wynosi 321,6 km (tab. 1.1).

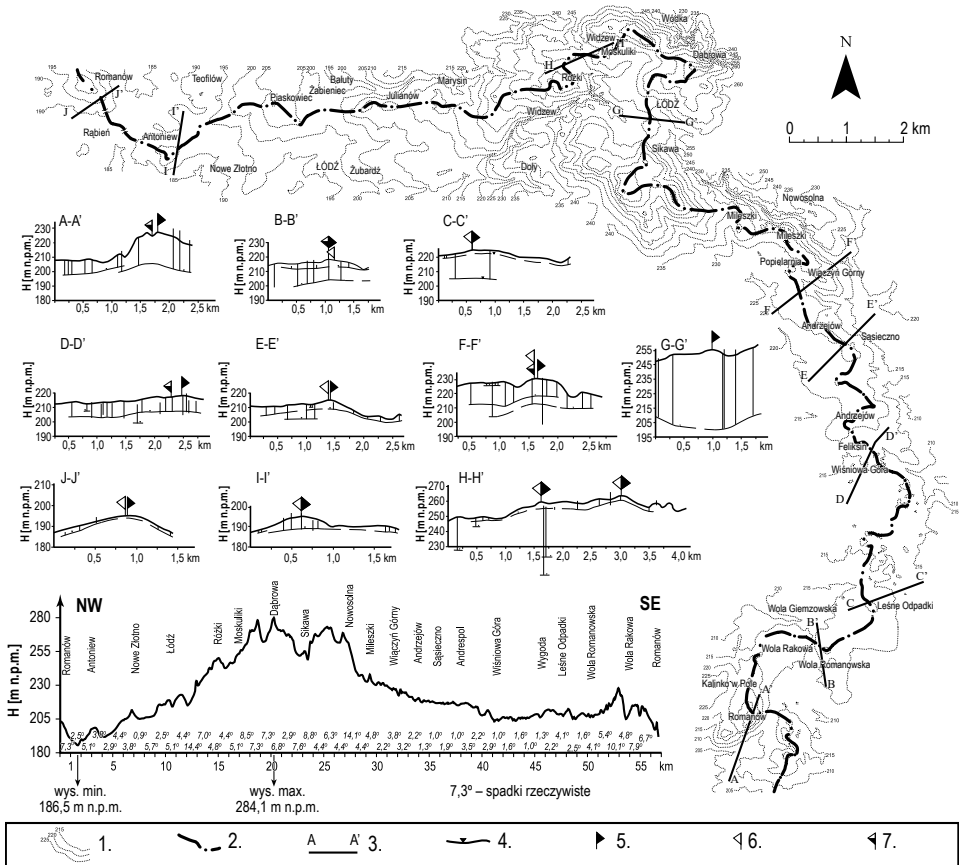


**Rys. 1.2.** Mezoregiony fizycznogeograficzne i geomorfologia zlewni Neru

**Objaśnienia:** formy związane z morfogenezą glacialną (lodowcowe i wodnolodowcowe) – neogen: 1 – ostańce; plejstocen: 2 – zagłębienia wytopiskowe; 3 – rynny i inne doliny glacialne; 4 – strome stoki różnej genety (głównie wysoczyznowe); 5 – wysoczyzny morenowe; 6 – wysoczyznowe powierzchnie wodnolodowcowe; 7 – pagórki czołowomorenowe; 8 – pagórki i wzniesienia spiętrzeń glacytektonicznych; 9 – kemy, stoliwa, ozy i inne formy szczelinowe i przetańcowe; 10 – moreny martwego lodu; 11 – fluwioglacjalne poziomy erozyjne i niższe poziomy wysoczyznowe; 12 – wodnolodowcowe, akumulacyjne poziomy dolinne. Formy związane z morfogenezą polodowcową (stokowe, rzeczne i eoliczne) – plejstocen: 13 – stoki i doliny denudacyjne; 14 – wyższe, akumulacyjne poziomy dolinne; 15 – niższe, akumulacyjne poziomy dolinne; 16 – poziomy erozyjne i erozyjno-denudacyjne; 17 – równiny akumulacji rozlewiskowej; 18 – pokrywy eoliczne, zwydmione; 19 – duże pagórki wydymowe; holocen: 20 – dna dolin; 21 – równiny torfowe; 22 – starorzecza; 23 – podcięcia erozyjne; 24 – wąwozy, parowy i inne dolinki. Znaki umowne: 25 – dział wodny zlewni Neru; 26 – cieki i zbiorniki wodne; 27 – granice mezoregionów; 28 – numery jednostek fizycznogeograficznych: 318.14 – Kotlina Kolska; 318.15 – Wysoczyzna Kłódawska; 318.19 – Wysoczyzna Łaska; 318.71 – Równina Kutnowska; 318.72 – Równina Łowicko-Błońska; 318.81 – Wysoczyzna Bełchatowska; 318.82 – Wzniesienia Łódzkie

**Źródło:** Turkowska (2006); Solon i in. (2018)

Warto podkreślić, że topograficzny dział wodny zlewni Neru jest zwykle zbieżny z hydrogeologicznym, choć lokalnie, nawet w obrębie działu I rzędu, występują niewielkie odchylenia uwarunkowane nieciągłością horyzontów wodonośnych (rys. 1.3). Częstość zjawiskiem są obszary bifurkujące, np. w zasięgu pradoliny Bzury-Neru, w rejonie kopalnej doliny Balin-Chropy czy też w obrębie działów wyższego rzędu rozdzielających zlewnie dopływów Neru, np. Kanału Królewskiego, Zianu i Pisi II.



**Rys. 1.3.** Przebieg i profil podłużny działu wodnego Neru (I rzędu) w obrębie Łodzi i ukształtowanie zwierciadła wód podziemnych w strefie wododziałowej

**Objaśnienia:** 1 – poziomicze; 2 – linia działu wodnego I rzędu; 3 – linie przekrojów; 4 – zwierciadło wód podziemnych; 5 – dział wodny topograficzny; 6–7 – podziemne działy wodne: 6 – pierwszego poziomu wód podziemnych, 7 – drugiego poziomu wód podziemnych.

Na profilu działu wodnego zaznaczono podłużne spadki lokalne [°]

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie materiałów PHI GW UŁ

Charakterystyki rzeźby poszczególnych zlewni należących do systemu Neru są bardzo zróżnicowane. Dotyczy to zarówno miar bezwzględnych, jak i względnych.

Dla przykładu średnie wysokości wyróżnionych zlewni zawierają się w przedziale od ponad 213 m n.p.m. (Łódka) do 103 m n.p.m. (Kanał Zbylczycki), a zatem różnią się o 110 m. Także średnie nachylenia powierzchni poszczególnych zlewni są zróżnicowane: od prawie 18‰ (Łódka) do poniżej 5‰ (Kanał Zbylczycki), co dowodzi, że warunki formowania się odpływu i tempo drenażu wód powierzchniowych i płytkich wód podziemnych są bardzo zmienne przestrzennie. Długość głównych dopływów Neru jest również zróżnicowana: najdłuższe są Kanał Królewski wraz z Zianem oraz Bełdówka. Spadki średnie tych rzek (I) są w podobnym stopniu zróżnicowane jak średnie nachylenia ich zlewni (S). O skali tego podobieństwa świadczy fakt, że współczynnik korelacji obu zmiennych wynosi 0,83, a równanie regresji postaci  $S = 2,35 \cdot I + 1,79$  jest istotne na poziomie 5% (test t-Studenta). Największy spadek ma Jasień (5,5‰), a najmniejszy – Kanał Zbylczycki (1,4‰) (tab. 1.1).

Tab. 1.1. Charakterystyki rzeźby wybranych zlewni systemu Neru

Zlewnia/ charakterystyka	A [km <sup>2</sup> ]	H <sub>maks</sub> [m n.p.m.]	H <sub>zr</sub> [m n.p.m.]	H <sub>min</sub> [m n.p.m.]	L [km]	L <sub>d</sub> [km]	H <sub>sr</sub> [m n.p.m.]	S [‰]	I [‰]
Ner cały	1834,3	284,1	205,3	88,4	124,1	321,6	148,9	4,5	0,9
Ner po Dąbie	1725,8	284,1	205,3	89,9	111,1	303,4	152,0	4,6	1,0
Gadka	12,3	198,0	190,4	177,8	4,8	12,3	186,8	5,8	2,6
Jasień z Olechówką	79,4	273,6	219,8	170,2	9,0	39,3	204,5	11,6	5,5
Dobrzyńka z Pabianką	136,1	277,7	249,5	166,9	25,5	72,4	202,7	9,5	3,2
Łódka z Bałutką	47,0	278,6	236,6	156,2	18,4	47,4	213,5	17,9	4,4
Jasieniec	23,3	208,5	192,2	154,6	8,3	24,1	178,3	11,2	4,5
Zalewka	41,8	207,0	190,2	149,6	11,9	29,1	175,8	8,9	3,4
Lubczyna	27,2	203,9	192,5	143,4	16,4	32,9	178,5	11,6	3,0
Pisia I	140,7	214,0	184,2	129,8	27,1	71,5	170,5	7,1	2,0
Pisia II	133,4	201,0	178,5	116,4	28,8	71,3	145,8	7,3	2,2
Bełdówka	192,0	199,1	186,7	116,6	30,8	79,6	147,3	6,0	2,3
Kanał Królewski z Zianem	324,9	182,6	147,1	89,9	38,5	114,7	117,3	5,1	1,5
Kanał Zbylczycki	76,7	129,7	109,8	89,9	13,8	50,3	103,0	4,5	1,4
Pisia III	64,1	131,6	117,6	90,5	17,6	51,7	108,4	5,1	1,5

**Objaśnienia:** A – powierzchnia zlewni; H<sub>maks</sub> – wysokość maksymalna; H<sub>zr</sub> – wysokość miejsca wypływu; H<sub>min</sub> – wysokość minimalna; L – długość cieku głównego; L<sub>d</sub> – długość działu wodnego; H<sub>sr</sub> – wysokość średnia; S – średni spadek (stoczystość) zlewni; I – spadek cieku głównego

**Źródło:** morfometryczne charakterystyki zlewni obliczono, wykorzystując techniki geoinformatyczne, na podstawie numerycznego modelu terenu udostępnionego (EU-DEM v1.1) oraz Mapy Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 tys. (MPHP10k)



Powierzchnia zlewni Neru jest w większości równinna, choć urozmaicona i zróżnicowana przestrzennie. Obszar ten został ukształtowany w młodszym czwartorzędzie w wyniku morfogenezy: glacialnej, peryglacialnej i umiarkowanej. Łądolód warciański, ustępując z tego terenu około sto pięćdziesiąt tysięcy lat temu, pozostawił po sobie szereg wyraźnych form w postaci równin morenowych i jeziornych, sandrów, moren czołowych i spiętrzeń, a także kemów i krawędzi wysoczyznowych. Względnie żywy krajobraz glacialny zachował się jednak do dziś niemal wyłącznie w obrębie wysoczyzn, choć w formie mocno zdenudowanej (Turkowska 2001). Przez kolejne sto dwadzieścia, sto trzydzieści tysięcy lat panowania tutaj różnych odmian klimatu peryglacialnego procesy stokowe, rzeczne i eoliczne prowadziły zarówno do zacierania wyrazistości rzeźby glacialnej (np. spłaszczania stoków, zasypywania dolin itd.), jak i jej wyostrzenia (np. powstawania teras dolinnych, dolin denudacyjnych, wydm itd.). W holocenie w warunkach klimatu umiarkowanego i zwartej już pokrywy roślinnej tempo i wydajność procesów morfologicznych w tej części Polski wyraźnie zmalały. Jedynie w obrębie dolin rzecznych rozczłonkowujących wysoczyzny oraz na obszarach o urozmaiconej jeszcze rzeźbie procesy rzeźbotwórcze były względnie aktywne. Dobrym przykładem jest tu ewolucja dna doliny i zmiany koryta Neru w jego środkowym biegu w późnym okresie atlantyckim i subatlantyckim (Turkowska 2006; Kittel 2012).

Antropocen w zlewni Neru przejawiał się powstawaniem różnego rodzaju ściśle antropogenicznych form terenu (nasypy, wkopy, kanały, zbiorniki wodne itd.) oraz stymulowanych działalnością człowieka (np. pokrywy piaszczyste powstałe w wyniku procesów eolicznych wywołanych wylesianiem czy parowy wyerodowane wzdłuż dróg polnych). Odgrywają one istotną rolę w tempie i sposobach drenażu płytkich wód podziemnych przez cieki systemu, jak też wpływają na lokalny wzrost lub spadek infiltracji i spływu powierzchniowego. Ślady działalności i osadnictwa człowieka pochodzące z epok kamienia i żelaza oraz kultur trzcinieckiej i łuzycyckiej stwierdzono w zlewni Neru zarówno w obrębie doliny tej rzeki i jej dopływów, jak również na sąsiednich wysoczyznach i obniżeniach (Papińska 2004). Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że zasiedlenie zlewni Neru (dawne ziemie sieradzkie i łeczyckie) następowało z trzech kierunków: od północy (z Kujaw), zachodu (z doliny Warty) i południowego wschodu (przez dolinę Pilicy). Wskutek tego nisko położone równiny i doliny były szybciej zagospodarowane niż wysoczyzny, a zwłaszcza teren Wzniesień Łódzkich (Zajączkowski 1976). Od XIX wieku zmiany morfologiczne w zlewni, szczególnie na terenach urbanizowanych, mają już charakter eksplozywny i odciskają piętno nie tylko na lokalnym, ale i regionalnym obiegu wody.

Górny Ner jest ciekim okresowym, miejscami epizodycznym, przy czym już dawno stwierdzono, że jego suche lub tylko epizodycznie zawodnione koryto biegnie w obrębie warciańskich, piaszczystych i piaszczysto-żwirowych, utworów fluwioglacialnych sandru w rejonie Andrzejowa (Krzemiński 1997). Odpływ powierzchniowy jest tu znikomy, a potencjalnie potamiczne poziomy wodonośne

znajdują się poniżej rzędnej dna koryta. Natomiast ciek stały pojawia się w miejscu przekroczenia granicy litologicznej (Szymkiewicz, Twardy 2016), poniżej której rzeka zaczyna płynąć przez gliniaste wysoczyzny morenowe, a w korycie pojawiają się okresowe wody ze spływu podpowierzchniowego i epizodyczne wody powierzchniowe. Jednocześnie dolina Neru zaczyna drenować poziomy wierzchówkowe i śródmorenowe.

Mniej więcej do przekroju w Lutomiersku, w którego sąsiedztwie Ner przecina poziomice 150 m n.p.m., rzeźba terenu jego zlewni jest dość urozmaicona. Dotyczy to w szczególności zlewni górnego Neru i Dobrzyńki oraz obszaru odwadnianego przez rzeki łódzkie (Gadkę, Jasień z Olechówką, Łódkę z Bałutką, Jasieniec i Lubczyń). Formy glacialne i fluwioglacjalne ukształtowane w okresie zlodowacenia warty, choć przekształcone w klimacie peryglacialnym vistulianu oraz w holoceenie, zachowały tu często krajobrazową wyrazistość. Warciańskie wały i wzgórza moreny czołowej, pagórki i stoliwa kemowe, a także faliste, zbudowane z glin, wysoczyzny morenowe tworzą na tym obszarze wododziały od najniższych do I rzędu włącznie (rys. 1.2). Towarzyszą im głęboko wcięte w wysoczyzny, liczne oraz wyraźnie widoczne, zawodnione i suche doliny z młodymi formami akumulacji rzecznej (równiny zalewowe i nadzalewowe) oraz starszymi terasami vistuliańskimi. Całość uzupełniają płaskie równiny morenowe oraz powierzchnie niezbyt miększych sandrów.

Na obszarze drenowanym przez Ner od Lutomierska przez Poddębice do przekroju w Wartkowicach powierzchnia jego zlewni nieco się zmienia. Obok licznych wzniesień oraz pagórków morenowych i kemowych występujących w zlewniach środkowej Pisi I i dolnej Pisi II oraz środkowej Bełdówki i górnego Zianu, a także lekko falistej równiny morenowej rozciągającej się między Lutomierskiem i Poddębicami coraz większe powierzchnie zajmują płaskie równiny wodnolodowcowe oraz akumulacyjne równiny zalewowe, nadzalewowe i rozlewiskowe (np. na międzyrzeczach Bełdówki, Neru i Pisi II). W ich obrębie licznie występują wydmy i wały wydmowe, głównie vistuliańskie. Działy wodne są w tej części zlewni równie wyraźne jak w poprzedniej, choć w obrębie wododziału Ner–Warta pojawiają się cieki bifurkujące i obszary o zmiennym kierunku odwadniania. Doliny rzek i ich dna są tutaj stosunkowo szerokie i mało wyraźne. Warto podkreślić, że przed Poddębicami Ner zmienia kierunek płynięcia: z północno-zachodniego, charakterystycznego dla wielu rzek środkowej Polski, a odziedziczonego po okresie pra-Wisły i przedwarciańskim kierunku odwodnienia, na północny, ku pradolinie Bzury-Neru ukształtowanej w vistulianie i kierującej jego wody do Warty.

Morfologia dolnej części zlewni Neru poniżej Wartkowic bardzo różni się od występującej na pozostałym obszarze. Dominują tu bowiem płaskie równiny fluwioglacjalne przechodzące w erozyjne poziomy dolinne i dna dolin, a w obrębie pradoliny Bzury-Neru – w równiny torfowe, czyli lokalnie nadbudowane wydmacami i wałami wydmowymi lub wygładzone pokrywami eolicznymi. Działy wodne są zwykle niewyraźne, a górne odcinki cieków często bifurkują. Wyjątek stanowi

północny dział wodny Neru, który na długim odcinku jest bardzo wyraźny, gdyż biegnie po kulminacjach pagórków morenowych schodzących do pradoliny krańdzą erozyjną. Ner, podobnie jak inne większe ciek naturalne tego obszaru (np. Zian, Gnida, Pisia III), płynie tutaj w kierunku północnym, by dopiero w obrębie dna pradoliny gwałtownie zmienić kierunek na zachodni, zgodny z jej aktualnym nachyleniem. Morfologia doliny Warty w sąsiedztwie ujścia Neru wskazuje, iż miejsce to zmieniało się dość często nie tylko w vistulianie, ale i później.

## 1.2. Budowa geologiczna

### 1.2.1. Skały podłoża

Najstarszymi skałami nawierconymi na obszarze zlewni Neru i na terenach sąsiednich są wapień, gipsy i anhydryty oraz sole pochodzące z górnego permu – cechsztynu, które przybrały formę wysadów solnych i czap gipsowych. Na utworach tych, w Łodzi na głębokości około 2600 m, zalegają skały wczesnego triasu, a w szczególności czerwone i pstre osady okruchowe (piaskowce, mułowce, łupki ilaste i ily), zwane pstrym piaskowcem. Powyżej spoczywają wapień, dolomity i margle środkowego triasu, określane jako wapień muszlowy, a na nich, głównie lądowe i facjalnie zróżnicowane, osady okruchowe górnego triasu. Wychodnie wskazanych osadów triasu znajdują się jednak poza zlewnią Neru, np. w okolicach Żarnowa i Wielunia (Ziomek 2008).

Obszar zlewni Neru położony jest w obrębie dwóch dużych jednostek tektonicznych: antyklinorium kujawskiego i niecki łódzkiej. Tylko niewielkie (zwykle wododziałowe) fragmenty północnej, wschodniej i południowo-wschodniej części zlewni leżą na antyklinorium kujawskim zbudowanym z piaskowców, mułowców i wapieni jurajskich oraz piaskowców, iłowców i mułowców kredy dolnej. Pozostała część znajduje się w granicach niecki łódzkiej zbudowanej z piaskowców i iłowców kredy dolnej oraz wapieni, opok i margli kredy górnej o znacznej miąższości (do 700 m).

W źródłowej części zlewni Neru oraz w górnych partiach zlewni jego łódzkich dopływów osady kredy dolnej zalegają niezgodnie na podłożu jurajskim i reprezentowane są przez ciemnobrunatne łupki z soczewkami wapieni, piaskowce i iłolupki wapniste oraz szare piaskowce z wkładkami ciemnego iłu, a także ciemnoszare ily piaszczyste, piaskowce glaukonitowe przewarstwione mułowcami, margle piaszczyste oraz wapień marglisty i gezy. Piaskowce i wapień są zwykle uszczelinione. Na skałach kredy dolnej osadziły się utwory kredy górnej w postaci wapieni marglistych, margli, wapieni z czertami i wtrąceniami krzemieni oraz iłów i piaskowców. Facje węglanowe są zwykle dobrze uszczelinione. Stropową powierzchnię mezozoiku tworzą osady zwietrzelinowe (znane z kilku otworów wiertniczych), wykształcone w postaci rumoszu margla kredowego, żwirów i okruchów tzw. czarnych krzemieni oraz wapieni zsylikowanych. Miąższość zwietrzelin osa-

dów kredowych waha się od 2,0 do 8,0 m (SMGP, ark. Łódź Wschód 1987). Zwierzeliny te, a lokalnie skały macierzyste kredy górnej (opoki, margle i wapienie), wychodzą w tej części zlewni na powierzchnię w sąsiedztwie wododziału Pabianki i Dobrzyńki (Wadlew, Zwierzyniec).

Podłożem środkowego fragmentu zlewni Neru (od Lutomierska do Wartkowic) są osady facji piaszczysto-ilasto-mułowcowej dolnej kredy. Strop skał dolnokredowych występuje tutaj na różnych głębokościach. Na wschodnich obrzeżach niecki łódzkiej (północno-wschodni odcinek działu wodnego zlewni Kanału Królewskiego) obserwuje się nawet wychodnie utworów dolnej kredy. Natomiast w jej centralnych partiach (np. w miejscowościach Balin i Sarnów) strop tych osadów leży na głębokości prawie 2 tys. m. Kreda dolna na tym terenie została dość dobrze zbadana głębokimi otworami wiertniczymi wykonanymi w celu rozpoznania możliwości budowy ujęć wód geotermalnych. Miąższość jej osadów zawiera się w przedziale od 96,0 do 190,0 m.

Utwory górnej kredy występujące w tej części zlewni wiekowo przynależą do górnego albu, cenomanu, turonu, koniak, santonu, kampanu i mastrychtu. Wykształcone są głównie w facji węglanowej. Pod względem litologicznym są to uszczelinione wapienie, wapienie margliste, margle i opoki. Jedynie spąg górnego albu tworzą słabo zwięzłe piaskowce kwarcowo-glaukonitowe, zaś górną część tej formacji budują silnie ilaste margle (Gosławska 2009). Strop kredy górnej występuje na różnych głębokościach: między Lutomierskiem i Poddębicami znajduje się zwykle w przedziale od 30 do 70 m p.p.t., zaś w środkowej części osady te występują na kilkunastu metrach p.p.t., a lokalnie wychodzą nawet na powierzchnię. Miejsca takie występują między innymi wzdłuż linii Poddębice–Roźniatów (zlewnia Pisi III), gdzie skały górnokredowe tworzą antyklinę powstałą w wyniku procesów tektonicznych. Na północnym wschodzie i wschodzie środkowej części zlewni Neru strop utworów górnej kredy ponownie zanurza się pod osady kenozoiczne i występuje na głębokości 40–50 m p.p.t.

Mezozoiczne podłoże dolnej części zlewni Neru, zwłaszcza wschodniej (pradoliny), ma dość skomplikowaną budowę. W podłożu występuje tu fragment antykliny łączyczo-kłódawskiej (należącej do antyklinorium kujawskiego), przechodzący w kierunku południowo-zachodnim w nieckę łódzką. W jądrze antykliny łączyczo-kłódawskiej występują osady permskie ukształtowane w formie wysadu solnego, z zachowanymi na jego skłonach osadami triasu. Utwory jury występują w podłożu kenozoiku w osiowej partii antykliny łączyczo-kłódawskiej, a także na jej skrzydłach. Zostały one nawiercone w licznych otworach badawczych w sąsiedztwie północno-wschodniego działu wodnego Neru (Kanał Królewski), np. w Solcy Małej, Siedlcu, Sławęcinnie i Łęczycy (MGŚP, ark. Łęczycy).

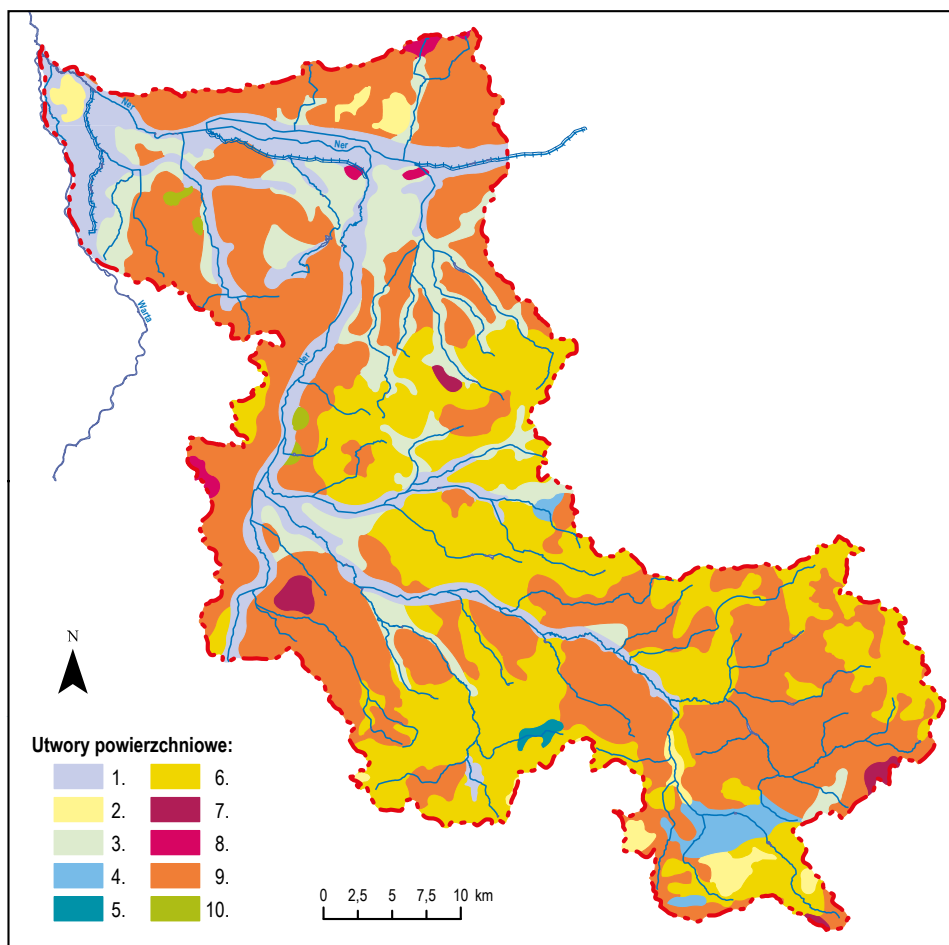
Osady kredy, w obrębie tej części niecki łódzkiej, występują na głębokości od 17,2 do 51,8 m. W południowo-zachodnim obrzeżeniu antykliny znane są z okolic Wichrowa i Wilczkowic położonych w zlewni Kanału Królewskiego. Kredę dolną reprezentują łupki ilaste i margliste, margle i piaskowce margliste oraz wapienie. Stwierdzona wierceniami miąższość tych osadów wynosi około 320 m. Na osady

kredy górnej składają się uszczelinione wapienie piaszczyste, wapienie z glaukonitem oraz margle. W zlewniach Pisi III i Kanału Niemieckiego osady kredowe wykształcone są głównie w postaci opok, gez i margli oraz wapieni marglistych. Ich strop stwierdzono na zmiennej głębokości od kilkunastu do 178 m. W rejonie Roźniatowa i Świnic Warckich porowate opoki i margle górnej kredy odsłaniają się nawet na powierzchni terenu (MGŚP, ark. Dąbie).

Większe zagłębienia powierzchni podkenozoicznej, występujące w podłożu zlewni Neru, wypełnione są lokalnie osadami neogenu (pliocenu i miocenu). Pliocen niemal na całej powierzchni zlewni tworzą piaski kwarcowe, ily i mułki, z przewarstwieniami węgla brunatnego. Natomiast do utworów miocenijskich zalicza się osady piaszczysto-mułowe często z węglem brunatnym oraz lokalnie ily pstre. Soczewki lub warstwy niskokalorycznego węgla brunatnego mają w zlewni Neru miąższość dochodzącą nawet do 7 m. Natomiast łączna grubość płatów lub soczewek osadów trzeciorzędowych zawiera się tu w bardzo szerokich granicach: od poniżej jednego do kilkudziesięciu metrów. W strefach spiętrzeń glacitektonicznych miąższość tych utworów dochodzi nawet do 80 m.

### 1.2.2. Osady czwartorzędowe

Górną część zlewni Neru po Lutomierniu oraz zlewnie jego łódzkich dopływów pokrywa zwarty płaszcz osadów czwartorzędowych o miąższości od kilku do 90 m w zlewni Dobrzyńki, 120 m w zlewni górnego Neru i 150 m w strefie działów wodnych I rzędu (np. Neru, Łódki i Jasienia). Na powierzchni plejstocenu reprezentowany jest głównie przez gliny oraz piaski i żwiry warciańskie (rys. 1.4), które przykrywają utwory akumulacji wodnolodowcowej, rzecznej i zastoiskowej (piaski, mułki i żwiry) oraz lodowcowej (gliny) pochodzące ze zlodowaceń środkowopolskich oraz osady interglacjalne i utwory złożone w okresie zlodowaceń południowopolskich (piaski, gliny). Gлина zwałowa tworzy na tym obszarze rozległe płaty o miąższości od kilku do kilkunastu metrów. Jest ona miejscami zniszczona i zmieniona przez czynniki erozyjne i denudacyjne. Lokalnie pokrywa ją kilkunasto- lub kilkudziesięciometrowa seria piaszczysto-żwirowa lub piaszczysto-pyłowa związana z akumulacją sandrową w fazie recesji lądolodu warciańskiego. Do osadów zlodowaceń środkowopolskich należą również, występujące wyspowo, żwiry i piaski oraz żwiry i głązy moren czołowych. Tworzą one w tej części zlewni wyraźne kulminacje, np. w okolicach Rudy Pabianickiej, Konstancy Nowa Łódzkiego, Rąbienia i Józefowa (MGŚP, ark. Łódź Zachód, Łódź Wschód, Pabianice). Lądolód zlodowaceń północnopolskich nie dotarł do tych terenów, ale ich obszar pozostawał długo w strefie ekstraglacialnej. Powstały wówczas osady związane z działalnością rzek oraz procesów denudacyjnych i eolicznych. Są to w szczególności piaski rzeczne, piaski i mułki eluwialno-deluwialne, mułki rozlewiskowo-jeziorne oraz piaski eoliczne. Utwory te zajmują stosunkowo duży odsetek tej części zlewni Neru – tworzą między innymi rozległe terasy nadzalewowe Neru i Dobrzyńki.



**Rys. 1.4.** Uproszczona budowa geologiczna zlewni Neru

**Objaśnienia:** utwory powierzchniowe: holocen: 1 – piaski, żwiry, mady rzeczne oraz torfy i namuły; czwartorzęd: 2 – piaski eoliczne, lokalnie w wydmach; plejstocen: 3 – piaski, żwiry i mułki rzeczne; 4 – piaski i mułki jeziorne; 5 – ły, mułki i piaski zastoiskowe; 6 – piaski i żwiry sandrowe; 7 – piaski i mułki kemów; 8 – żwiry, piaski, głązy i gliny moren czotowych; 9 – gliny zwałowe, ich zwietrzeliny oraz piaski i żwiry lodowcowe; kreda górna: 10 – wapienie, kreda pisząca z krzemieniami, opoki, margle i wkładki piaskowców

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie MGP

W holocenie osadziły się na tych terenach głównie piaski i mułki rzeczne (o miąższości 3–5 m) oraz namuły i torfy (głównie w zagłębieniach bezodpływowych). Te ostatnie tworzą dziś torfowiska niskie (zwykle łąkowe), przy czym miąższość torfu na ogół nie przekracza w nich 2 m. Najmłodsze na tym terenie są osady holocenijskie wypełniające dna dolin i budujące w nich terasy zalewowe. Są to zwykle piaski, żwiry, namuły i torfy. Dla przykładu w dolinie Neru dobrze wysortowane piaski rzeczne osiągają miąższość powyżej 3 m.

Obecność młodych torfów stwierdzono zaś w wielu miejscach, zarówno w dolinie Neru, jak i Dobrzyńki.

W zlewni Neru poniżej Lutomska litologiczny charakter osadów powierzchniowych jest podobny do opisanego powyżej, przy czym większą rolę, zwłaszcza w zlewniach Bełdówki, Zalewki i Pisi I, odgrywają piaski akumulacji wodnolodowcowej (sandrowej), a udział glin morenowych wyraźnie maleje (rys. 1.4). Łączna miąższość osadów czwartorzędu wynosi tu od kilku do 70–80 m (MGŚP, ark. Parzęczew). Najcieńszy płaszcz tych utworów, a nawet całkowity ich brak obserwuje się w rejonie Poddębic oraz w pasie od Poddębic do Roźniatowa (wchodnie skał kredowych i trzeciorzędowych). Najgrubsze kompleksy czwartorzędu występują zaś w południowo-zachodniej części obszaru, szczególnie w obniżeniach stropu mezozoiku, np. w rejonie wododziałowych Pagórków Niemysławskich czy tzw. Gór Chodakowskich w zlewni Pisi II. Wiek najstarszych utworów czwartorzędowych na omawianym terenie należy wiązać ze zlodowaceniami południowopolskimi oraz środkowopolskimi. Osady najstarszego tu zlodowacenia południowopolskiego zachowały się jedynie fragmentarycznie w zagłębieniach stropu kredy (gliny, piaski, mułki, iły). Główny kompleks czwartorzędu stanowią osady zlodowaceń środkowopolskich. Reprezentowane są one przez dwa poziomy glin zwałowych: glaciałów odry i warty, rozdzielone piaskami wodnolodowcowymi lub/i interglacialnymi osadami rzecznyymi. Lokalnie, na skutek vistuliańskiej i późniejszej akumulacji eolicznej, powstały również ciągi pagórków wydmych i pokryw eolicznych. Wydmy są tu nieliczne, ale dość mocno wyróżniają się w krajobrazie okolic Rąbienia, Świnic Warckich i Stemplewa. Najmłodsze w tej części zlewni są oczywiście utwory holoceni, wykształcone w postaci osadów rzecznych budujących terasy zalewowe (piaski, mułki, żwiry) oraz utworów organicznych tworzących torfowiska wypełniające starorzeczka i inne zagłębienia powierzchni terenu.

W dolnej części zlewni Neru ponownie wzrasta udział powierzchni pokrytej glinami oraz osadami teras zalewowych i nadzalewowych, natomiast maleje udział terenów wyłożonych piaskami i żwirami wodnolodowcowymi. Miąższość czwartorzędu jest tu również bardzo zróżnicowana: od poniżej 1 m w obrębie wychodni opok kredowych i iłów trzeciorzędowych w zlewni Pisi III do 200 m w rowie tektonicznym zlokalizowanym w rejonie północnego działu wodnego Kanału Królewskiego (okolice Rośla) (MGŚP, ark. Dąbie). Odnaleziono w nim między innymi osady zlodowaceń nidy i sanu, zaś złożone tam piaski interglacialu wielkiego mają miąższość 35 m. Utwory starszych zlodowaceń południowopolskich wykształcone są w tym rowie jako gliny zwałowe i piaski interglacialne z wkładkami żwirów.

Osady zlodowaceń środkowopolskich reprezentowane są w tej części zlewni przez dwa poziomy glin zwałowych (odry i warty) oraz związane z nimi serie zastoiszkowe (iły i mułki warwowe) oraz wodnolodowcowe lub rzeczne (piaski międzymorenowe). Gliny osiągają miąższość 25 m (odrzańska) i 35 m (warciańska) i są zwykle dwu- lub trójdzielne, zawierając przewarstwienia piaszczysto-żwirowych

serii wodnolodowcowych (MGŚP, ark. Łęczyca i Dąbie). Na powierzchni terenu występują przede wszystkim glacialne utwory warciańskie. Mają one postać glin zwałowych i piasków tworzących wysoczyzny, piasków i glin z głazami formujących pagórki moren czołowych, np. ciąg pagórków tzw. moreny kutnowskiej ograniczającej od północy pradolinne obniżenie Neru i stanowiącej północny wododział Neru, a także piasków i żwirów wodnolodowcowych budujących pagórki kemowe w zlewni Zianu.

Najmłodszymi utworami czwartorzędowymi są w tej części zlewni różnoziarniste piaski i żwiry rzeczne z vistulianu oraz piaszczysto-mułkowe, eluwalne zwietrzliny glin zwałowych, a także holocenijskie namuły, torfy i piaski rzeczne. Miąższość serii osadów rzecznych przekracza miejscami 20 m (np. w obrębie pradoliny Bzury-Neru). Zajmują one duży odsetek powierzchni zlewni Zianu, dolnego Neru, Pisi III oraz Kanału Niemieckiego. Lokalnie na skutek akumulacji eolicznej powstały tu również ciągi niewysokich pagórków wydmych (np. w ujściu Neru).

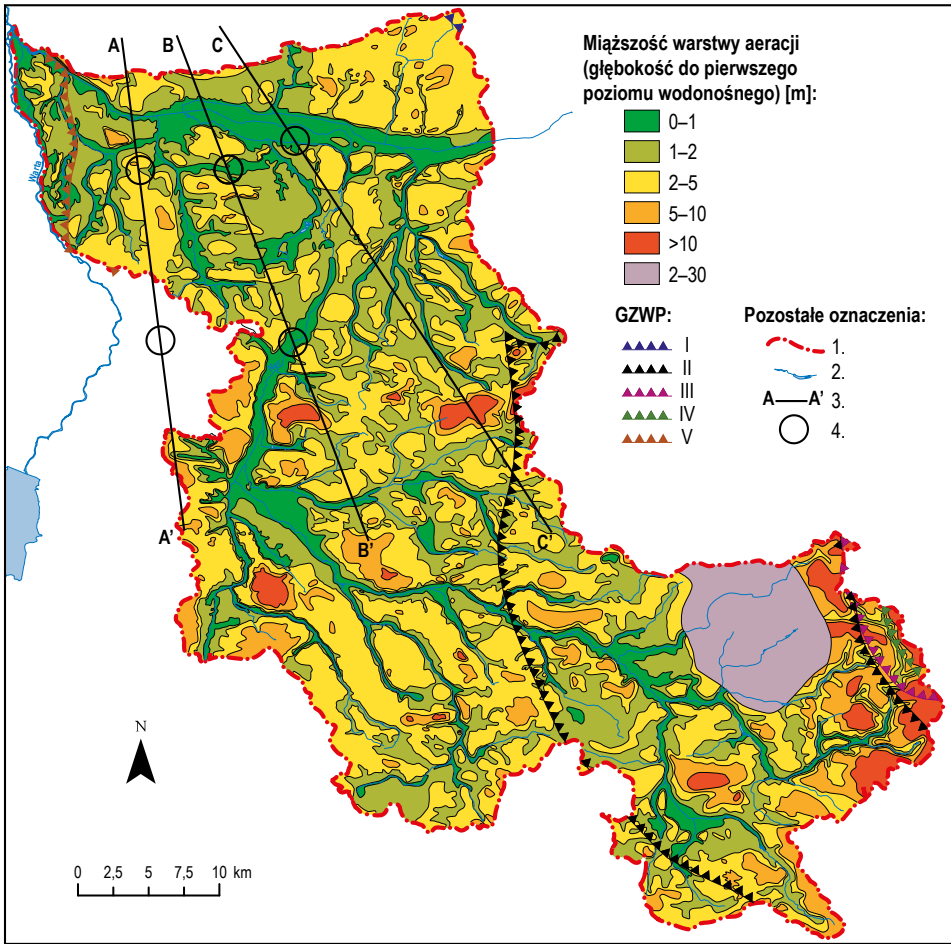
## 1.3. Wody podziemne

### 1.3.1. Jednostki hydrogeologiczne

W całym województwie łódzkim znajduje się siedemnaście głównych użytkowych zbiorników wód podziemnych (GZWP) lub ich części, przy czym tylko cztery z nich mają precyzyjnie udokumentowane i określone właściwości. Spośród tych ostatnich jedynie GZWP226 (Krośniewice–Kutno: J<sub>3</sub>) znajduje się częściowo w obrębie zlewni Neru, obejmując niewielki północno-wschodni jej fragment (Objaśnienia do MGŚP 2014). Parametry hydrogeologiczne i zasoby trzech pozostałych GZWP leżących w zasięgu zlewni Neru nie są w pełni rozpoznane. Niemniej, ze względu na walory jakościowe wód, zostały one uznane za zbiorniki wysokiej ochrony (Kleczkowski 1990).

Wymienione struktury wodonośne mają zróżnicowany charakter: jeden ze zbiorników wykształcony jest w skałach jurajskich (GZWP404 – Kolaszki-Tomaszów: J<sub>3</sub>), dwa – w skałach kredowych (GZWP401 – niecka łódzka: Cr<sub>1</sub>, oraz GZWP151 – Turek-Konin-Koło: Cr<sub>2</sub>), a jeden – w osadach czwartorzędowych (GZWP403 – Brzeziny-Lipce: Q<sub>p</sub> międzymorenowy). Występują one w górnej lub na krańcach wschodnich i zachodnich dolnej części zlewni Neru. Warto podkreślić, że tylko wody podziemne zbiornika 403 znajdują się w strefie retencji czynnej, natomiast pozostałych struktur wodonośnych są w zlewni drenowane przez ciekę wyłącznie lokalnie (151) lub nie mają bezpośredniego kontaktu z siecią hydrograficzną Neru. Poziome wodonośne występujące na różnych głębokościach i w rozmaitych formacjach skalnych w środkowej i dolnej części zlewni Neru nie zostały zakwalifikowane do struktur hydrogeologicznych o dużym znaczeniu użytkowym – nie zakwalifikowano ich do sieci GZWP (rys. 1.5).





**Rys. 1.5.** Głębokość do pierwszego zwierciadła wód podziemnych oraz główne zbiorniki wód podziemnych (GZWP) w zlewni Neru

**Objaśnienia:** GZWP: I – zbiornik Krośniewice-Kutno; II – niecka łódzka; III – zbiornik międzymo-  
renowy Brzeziny-Lipce Reymontowskie; IV – zbiornik Koluśzki-Tomaszów; V – zbiornik Turek-Konin-  
Koto. Pozostałe oznaczenia: 1 – dział wodny zlewni Neru; 2 – cieki i zbiorniki wodne; 3 – linie  
profilu hipsometrycznych powierzchni współczesnej oraz podłoża czwartorzędu przedstawione  
na rys. 1.8 (za: Rdzany i in. 2013); 4 – miejsca kontaktu współczesnej powierzchni terenu z pod-  
łożem czwartorzędu zaznaczone na profilach (rys. 1.8)

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie objaśnień do Szczegółowej Mapy Geologicznej  
Polski w skali 1:50 tys. (SMHP), ark. 551 Dąbie, 552 Łęczycza, 589 Parzęczew, 626 Lutomiersk,  
628 Łódź Wschód, 663 Łask, 664 Pabianice, 665 Tuszyn; Mapy Hydrograficznej Polski  
w skali 1:50 tys. (MHP), ark. Dąbie, Poddębice, Łódź, Andrzejów i Pabianice; mapy płytkich  
wód podziemnych (Jokiel, Maksymiuk 2002), mapy głównych zbiorników wód podziemnych  
(wg stanu NAG na maj 2015) PIG-PIB oraz materiałów archiwalnych PHiGW UŁ

W podziale regionalnym zwykłych wód podziemnych, według JCWPd, obszar  
zlewni Neru należy do prowincji Odry, a w szczególności – do nizinnej subre-

gionu Warty (rys. 1.5). Biorąc pod uwagę regionalizację uwzględniającą jednostki hydrogeologiczne AHP (Paczyński 1993–1995), zlewnia Neru należy w ogromnej większości do regionu X (mogileńsko-łódzko-nidziańskiego), a w szczególności – do subregionu łódzkiego ( $X_2$ ). Tylko wschodnie (wododziałowe) krańce zlewni zaliczono do regionu IX (kutnowskiego) (Paczyński, Sadurski 2007). Spośród stu siedemdziesięciu dwóch JCWPd wyróżnionych aktualnie w Polsce zlewnia Neru należy do dwóch takich jednostek: JCWPd62 (około 3 km<sup>2</sup> powierzchni w północno-wschodniej części obszaru) i JCWPd72 (około 1831 km<sup>2</sup> – niemal cały obszar zlewni Neru).

W zlewni Neru wody podziemne występują w piętrach górnourajskim, dolno- i górnokredowym, neogeńskim i czwartorzędowym. Poziomy pięter górnourajskiego i dolnokredowego znajdują się w strefie retencji biernej (apotamicznej) i nie są drenowane przez cieki systemu Neru, natomiast poziomy górnokredowy i neogeński są lokalnie w związku hydraulicznym z korytami Neru i jego niektórych dopływów lub poprzez okna hydrogeologiczne kontaktują się ze strefą retencji czynnej. W strefie drenażu znajdują się zaś (i to na całym obszarze zlewni) różne poziomy wodonośne wykształcone w osadach czwartorzędowych, w tym w utworach plejstocenijskich i holocenijskich (por. rys. 1.5).

### 1.3.2. Wody apotamiczne

Piętro górnourajskie rozpoznano i jest użytkowane w zlewni Neru lokalnie. Wody zwykle eksploatowane są w części północno-wschodniej (GZWP226) – zlewnia Kanału Królewskiego i Zianu (np. w Solcy Wielkiej i Sobótce), a rozpoznane – w sąsiedztwie zlewni odcinka ujściowego Neru (GZWP151 – solanki okolic Koła). W Solcy Wielkiej wody naporowe w utworach jury ujęto na głębokości 17 m. Wody zwykle lub solanki (GZWP151) tworzą poziomy wykształcone w spękanych piaskowcach i utworach węglanowych jury występujących na zróżnicowanych głębokościach od 20 do kilkuset metrów p.p.t. Miąższość wodonośnych piaskowców oraz skrasowiałych wapieni dolomitycznych i rafowych jest bardzo zróżnicowana i mieści się w przedziale od 15 do ponad 200 m, ale ich przepuszczalność i wydajności są potencjalnie dość duże, odpowiednio do 13 m · d<sup>-1</sup> i 200 m<sup>3</sup> na godzinę z pojedynczego ujęcia (GZWP226). Warto podkreślić, że już poza zlewnią Neru wody tego piętra są lokalnie w kontakcie hydraulicznym z poziomami czwartorzędowymi, głównie wskutek braku warstw izolujących (okolice Łęczycy).

Piętro dolnokredowe ma nieco większe znaczenie użytkowe niż górnourajskie, a to z uwagi na duże wydajności eksploatacyjne ujęć, naporowe zwierciadło, względnie szerokie rozprzestrzenienie w zlewni Neru, a także termalny lokalnie charakter wód. Przeszkodą jest natomiast duża głębokość jego występowania. Wodonoścem są piaski i słabo uszczelinione piaskowce o stosunkowo dużej porowatości i miąższości. Strop piaszczystych utworów wodonośnych dolnej kredy występuje na różnych głębokościach, poczynając od 10 m na wychodniach podkonoicznych do 2600 m w osi synklinalnej niecki łódzkiej (GZWP401). Miąższość

dolnokredowych utworów wodonośnych jest też zmienna i waha się w przedziale 50–200 m, przy średniej około 100 m. Natomiast ich współczynnik filtracji mieści się w przedziale  $0,6\text{--}20\text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ , średnio około  $10\text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$  (Rodzoch, Pazio-Urbano-wicz 2015).

W osadach dolnokredowych występują wody porowe i porowo-szczelinowe, a głębokości ujęć przekraczają niekiedy 900 m p.p.t. Zwierciadło statyczne poziomu dolnokredowego stabilizuje się w górnej i środkowej części zlewni Neru na rzędnej od 120 m n.p.m., wzdłuż północnej granicy GZWP401 (linia Lutomiersk–Ozorków), do około 190 m n.p.m., wzdłuż jego południowej granicy i w sąsiedztwie wychodni podkenozoicznych na południe i wschód od Łodzi (w tym w obrębie źródłowej zlewni Neru). Poziom ten jest intensywnie eksploatowany w Łodzi, co generuje powstanie niewielkiego lokalnego leja depresji (obniżenie o 5 m).

Braki sieci wodociągowej i kanalizacji w dziewiętnastowiecznej Łodzi nie były na początku wielką przeszkodą w jej rozwoju, choć stanowiły źródło wielu łódzkich żartów i anegdot. Dla przykładu wierszyk autorstwa Mi-mo (*Na pewno...* 1913):

W Pompei, jak niedawno  
 Uczenie to stwierdzono,  
 Od dawien dawna była  
 Kanalizacja pono...  
 Łodzianin w łeb się skrobie!  
 „W Pompei? Daj to katu!”  
 „Na pewno tam nie mieli  
 łódzkiego magistratu...”

Podstawą zaopatrzenia w wodę pierwszej sieci wodociągowej Łodzi było, zgodnie z jednym z wariantów projektu Williama Heerleina Lindleya, pięć studni głębinowych ujmujących poziom dolnokredowy. Pierwsze dwie, o głębokościach 832 i 760 m, odwiercono w 1937 roku. Trzecią (600 m) oddano do użytku już w czasie okupacji (1941). Łączna wydajność tych trzech otworów sięgała  $18\text{ tys. m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Zlokalizowano je w zlewni górnego Neru, w południowo-wschodniej części miasta (Jokiel, Maksymiuk 1996). Warto też podkreślić, że położona na pograniczu miasta i niemal tuż przy ujściu Jasienia do Neru jedna z nawierconych wówczas studni eksploatujących ten poziom należała do niedawna do grupy najgłębszych ujęć zwykłych wód podziemnych w Polsce. Zwierciadło wody nawiercono w niej na głębokości 812 m, a ustabilizowało się ono na 37 m p.p.t. Większość łódzkich studni drenujących dolnokredowy GZWP401 ma głębokość większą od 600 m, natomiast powierzchnia obszaru zasilania łódzkich studni dolnokredowych wynosi około  $326\text{ km}^2$  (Mikuła, Stępińska-Drygała 2007; Rodzoch, Pazio-Urbano-wicz 2015).

Poziom dolnokredowy niecki łódzkiej jest w pełni apotamiczny, a jego naturalny drenaż polega na odpływie wód podziemnych, głównie w kierunku północnym, czyli do Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej. Badania modelowe wskazują

jednocześnie, że w zlewni Neru odpływ pionowy z utworów dolnej kredy zachodzi wzdłuż ich wychodni podkenozoicznych na północ od Lutomierska, a odpływ poziomy kierowany jest do osadów jury górnej (poza granicą zlewni). Wymiana wód w GZWPd401 jest stosunkowo szybka. Wiek wód w dolnej kredzie ocenia się na około czterysta lat (Małecki i in. 2017).

W latach 1970–1971 Państwowy Instytut Geologiczny wykonał w okolicach Poddębic głęboki odwiert badawczy (poszukiwanie ropy i gazu), który podobnie jak w sąsiednim Uniejowie wskazał na istnienie wód termalnych w utworach dolnokredowych niecki łódzkiej. W 2010 roku wody te zostały tu rozpoznane i udokumentowane. Występują one w uszczelinionych piaskowcach kredy dolnej na głębokości 2101 m i mają charakter wodorowęglanowo-sodowo-wapniowy i hipertermalny, niską mineralizację ( $0,43 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) i temperaturę około  $71^\circ\text{C}$ . Są to zatem wody nadające się właściwie do picia. Wydajność odwiertu wydobywczego Poddębice GT-2 (fot. 1.1) wynosi  $116,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , przy zachowaniu samowypływu, i  $290 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , jeśli złoże jest pompowane (Sowiżdżał i in. 2017).



**Fot. 1.1.** Odwiert wydobywczy GT-2 w Poddębicach: A – podczas drążenia; B – stan w październiku 2019 roku

**Źródło:** A – Geotermia Poddębice; B – A. Bartnik

Od niedawna „poddębicka woda termalna” z powodzeniem stosowana jest w ciepłownictwie, termo- i hydroterapii oraz rekreacji (baseny). W wielu miastach i gminach zlewni Neru istnieją równie korzystne warunki do pozyskania i zagospodarowania wód termalnych zbiornika niecki łódzkiej. Dość tu wymienić: Dąbie, Świnice Warckie, Zadzim, Dalików i Wodzierady. W niektórych planuje się budowę instalacji geotermalnych o mocy przekraczającej 10 MW. W tej grupie znajduje się także gmina

Poddębice, gdzie już dziś funkcjonuje ciepłownia geotermalna o mocy 10 MW. Sprzyja temu niska mineralizacja wody i możliwość uzyskania relatywnie dużych wydajności eksploatacyjnych. Warto jednak dodać, że Łódź najpewniej nie skorzysta z dobrodziejstwa istnienia wód termalnych w tym regionie, bowiem leży nie w centrum, ale na skrzydle niecki łódzkiej, co z uwagi na niewielki lokalny gradient termiczny (2,6°C na 100 m) i relatywnie małą głębokość występowania zwierciadła powoduje, że temperatura wód „pod Łodzią” jest znacznie niższa niż w osi niecki. Na dodatek wszystko wskazuje na to, że wskutek dużej i długotrwałej eksploatacji wody z dolnej kredy są w obrębie Łodzi dodatkowo wychłodzone (Rodzoch, Pazio-Urbanowicz 2015).

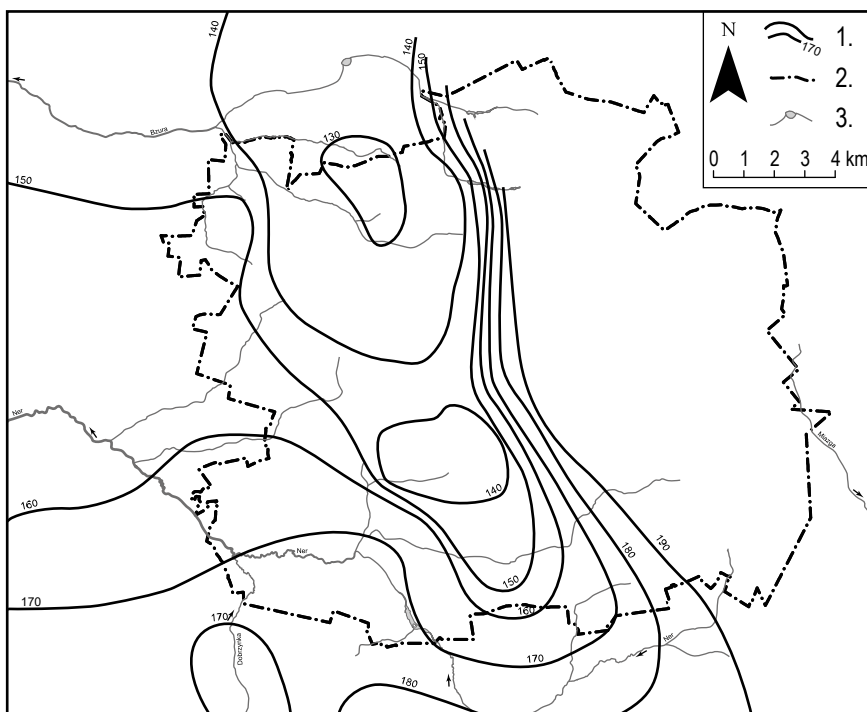
### 1.3.3. Wody potamiczne

Wody podziemne piętra górnej kredy są na obszarze zlewni Neru przeważnie apotamiczne, a ich zwierciadło znajduje się zwykle poniżej rzędnej sieci drenażu powierzchniowego. Niemniej jednak na niektórych obszarach (por. rozdz. 1.2), z uwagi na relatywnie płytkie występowanie skał kredowych, tworzą one z wodami piętra czwartorzędowego wspólny zbiornik wód podziemnych i przez to znajdują się w strefie kontaktu hydraulicznego z Nerem i jego niektórymi dopływami. Wymiana wody między tymi zbiornikami musi być jednak niewielka, gdyż ostatnie badania przy użyciu metody  $^{14}\text{C}$  udowodniły, że woda w górnej kredzie jest o ponad rząd wielkości „starsza” od wód w utworach dolnokredowych i ma około osiem, dziewięć tysięcy lat (Małecki i in. 2017).

Wody podziemne w osadach górnej kredy (kampan, santon, koniak, turon) występują w zlewni Neru jako wody szczelinowe i szczelinowo-warstwowe w opokach przewarstwionych marglami oraz w wapieniach marglistych lub piaszczystych. Od osadów czwartorzędu oddzielają je różnej miąższości słabo przepuszczalne osady mulasto-ilaste trzeciorzędu i/lub gliny południowopolskie i warciańskie. W obrębie Łodzi, Pabianic i Zgierza, wskutek nadmiernej eksploatacji wód tego piętra, rozwinęły się niegdyś rozległe i głębokie leje depresyjne (rys. 1.6).

Już w 1890 roku, głównie dla potrzeb rozwijającego się łódzkiego przemysłu, sięgnięto po zasoby wód gromadzone w osadach górnej kredy niecki łódzkiej. Odwiercono jedenaście studni, które eksploatowały napięty jeszcze wówczas górnokredowy poziom wodonośny (Jokiel, Maksymiuk 1998). W tym czasie zwierciadła wody pięter górnokredowego i czwartorzędowego pozostawały jeszcze we wzajemnym związku hydraulicznym i występowały na obszarze Łodzi na rzędnej 195–210 m n.p.m. (Nejman 1973), czyli w strefie potamicznej. Mogły być zatem dobywane za pomocą stosunkowo prostych studni (rys. 1.7).

W historii rozwoju miasta wody podziemne były w różnym czasie eksploatowane w ponad trzech tysiącach różnego typu studni, w tym w dwustu górnokredowych. Jeśli uwzględnimy powierzchnię Łodzi, otrzymamy rekordowe zagęszczenie otworów wydobywczych sięgające dziesięciu studni na 1 km<sup>2</sup>. Według danych archiwalnych zwierciadło wody w piętrze górnokredowym w centrum miasta w momencie rozpoczęcia jego eksploatacji znajdowało się na rzędnej 195 m n.p.m.



**Rys. 1.6.** Ukształtowanie zwierciadła wody piętra górnokredowego na obszarze Łodzi

**Objaśnienia:** 1 – hydroizohipsy zdepresjonowanego zwierciadła wody piętra górnokredowego w m n.p.m. (stan w 1999); 2 – granice administracyjne Łodzi; 3 – ciek i zbiorniki wodne

**Źródło:** Jokieli, Maksymiuk (2002)



**Rys. 1.7.** Reklama zakładu studniarskiego w Łodzi z początku XX wieku

**Źródło:** „Informator Handlowo-Przemysłowy m. Łodzi” (1911)

W 1920 roku obniżyło się już do poziomu 165 m n.p.m., w 1935 roku – do 140 m n.p.m., a w 1973 roku – do 93 m n.p.m. Mniej więcej od połowy XX wieku rozpoczęto już odwadnianie stropowych partii utworów górnokredowych, co wywołało skutek w postaci całkowitej utraty naporowego charakteru wód tego piętra (Diehl 1981).

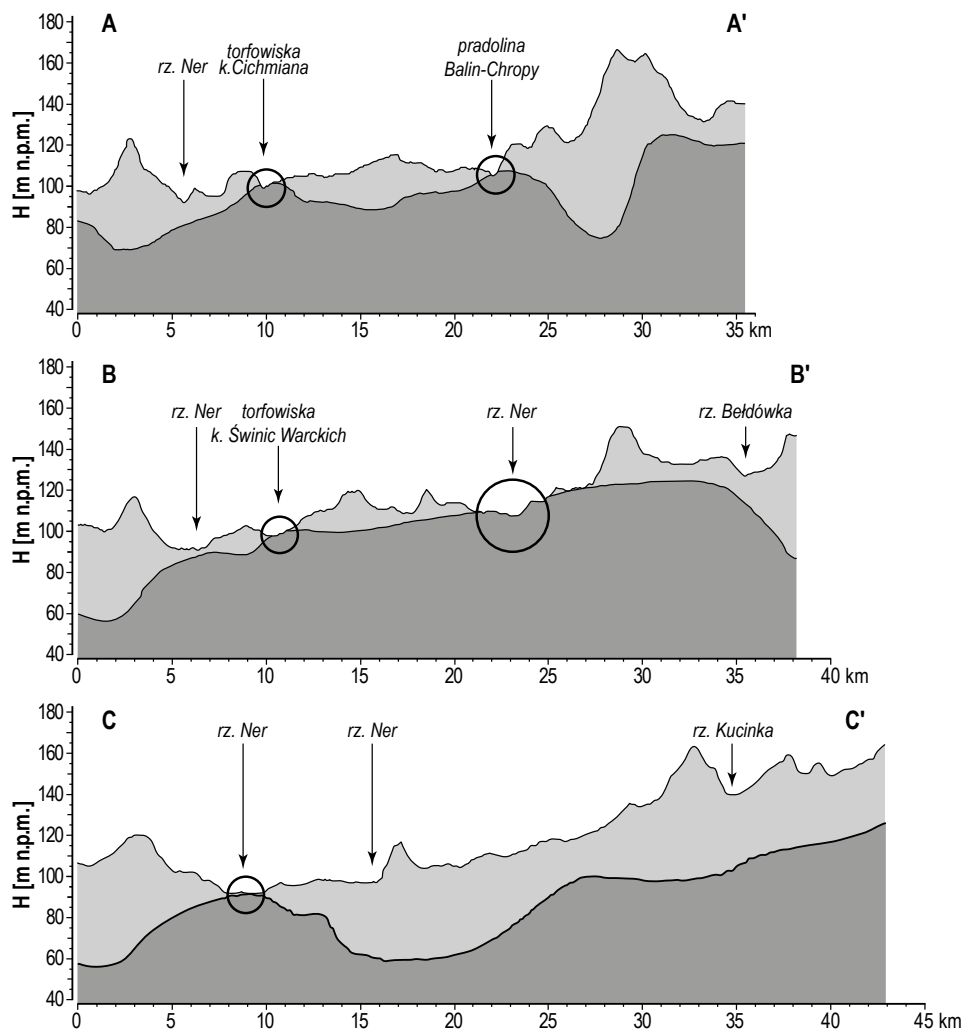
W 1960 roku działało w Łodzi prawie sto dwadzieścia studni ujmujących poziom górnej kredy. Dobywano nimi 84 tys. m<sup>3</sup> wody na dobę, przekraczając o ponad 50% wielkość dopuszczalnego poboru. Na skutki takiej gospodarki nie trzeba było długo czekać. Powstały wówczas regionalny lej depresyjny obejmował już swym zasięgiem nie tylko tereny Łodzi, ale zaczął wykraczać poza granice miasta – doszło między innymi do połączenia się leja łódzkiego z lokalnymi depresjami Pabianic i Zgierza. Warto tu dodać, że śledząc rozwój tego leja depresji, udokumentowano między innymi fakt, że poziom górnokredowy jest w tym rejonie najintensywniej zasilany w obrębie rozległej doliny kopalnej, której zasobny poziom wodonośny występujący w piaskach czwartorzędowych jest w bezpośrednim związku z poziomem górnokredowym. Dolina ta występuje w strefie apotamicznej zlewni górnego Neru i stanowi nadal główny obszar zasilania tego piętra w tej części niecki łódzkiej (Mikuła, Stępińska-Drygała 2007).

W związku z szybkim rozwojem leja już na początku lat 60. unieruchomiono w mieście ponad sześćdziesiąt studni głębinowych eksploatujących piętro górnej kredy, a w 1972 roku wprowadzono drastyczne ograniczenia poboru wody z większości otworów wydobywczych. W efekcie administracyjnych ograniczeń poboru zahamowano dalszy rozwój leja, a nawet po kilku latach doprowadzono do odwrócenia tego procesu i zainicjowano stopniowe wypełnianie się depresji w tempie od 0,5 do 1,2 m na rok (Jokieli, Maksymiuk 1998). Było to oczywiście możliwe wskutek doprowadzenia do Łodzi wody z innych źródeł: najpierw z Pilicy pod Tomaszowem Mazowieckim, potem ze Zbiornika Sulejowskiego, a w dalszym etapie z ujęć wód podziemnych poza zlewnią Neru i obszarem miasta.

Zawodnienie skał górnokredowych w obrębie zlewni Neru jest funkcją głębokości ich występowania, rozwartości szczelin oraz więzi hydraulicznej z wodonośnymi utworami czwartorzędu. Najbardziej zawodniony jest niezbyt miąższy strop opok i wapieni górnokredowych (najmocniej spękany, gdzie dominują słabo zaciśnięte szczeliny wietrzeniowe). W łódzkiej części zlewni Neru miąższość tej warstwy sięga zaledwie 25 m (Małecki i in. 2017). Udział mocno spękanych skał w całym profilu górnej kredy jest największy w miejscach lokalnych elewacji stropu tych osadów, np. w sąsiedztwie Poddębic, Kałowa czy Roźniatowa – tam strefa mocno uszczeliniona ma miąższość nawet do 300 m. W miarę wzrostu głębokości intensywność spękania skał górnokredowych maleje. Wody piętra górnokredowego są wodami szczelinowymi i szczelinowo-warstwowymi, a lokalnie nawet krasowymi. Jego zasilanie w obrębie niemal całej zlewni Neru odbywa się przez powolną perkolację z nadległych poziomów wodonośnych. Proces ten jest najbardziej wydajny w miejscach kontaktu utworów kredowych z piaskami i żwirami akumulowanymi w obrębie kopalnych dolin wypełnionych osadami czwartorzędowymi.

Zwierciadło wód poziomu górnokredowego ma w zlewni Neru charakter swobodny lub naporowy. Na obszarach, gdzie nad kredowymi utworami wodonośnymi

występują osady nieprzepuszczalne (zwykle gliny), jest ono naporowe. Dla przykładu w środkowej części zlewni Neru (okolice Lutomierska i Kazimierza) nawiercone zwierciadło wody w górnej kredzie występuje na głębokości od 8,5 do 50 m, a stabilizuje się w przedziale od 0,8 do 17 m p.p.t. (MGŚP, ark. Lutomiersk). Podobna sytuacja występuje w wielu innych miejscach zlewni, przy czym subartezyjskie wody w osadach górnej kredy mogą występować nawet na głębokościach przekraczających 100 m p.p.t., choćby w górnej części zlewni Neru (Rzgów), gdzie nawiercono je na 140 m p.p.t.



**Rys. 1.8.** Profile hipsometryczne współczesnej powierzchni terenu oraz podłoża czwartorzędowego. Przebieg profili zaznaczono na rys. 1.5

**Objaśnienia:** zaznaczono obszary kontaktu piętra kredowego z czwartorzędowym

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie Rdzany i in. (2013)



W obrębie licznych okien hydrogeologicznych i w strefach wychodni skał kredowych w elewacjach podkenozoicznych zwierciadło piętra górnokredowego jest swobodne. Pojawia się wówczas związek hydrauliczny z lokalnym poziomem czwartorzędowym i powstaje względnie jednolite zbiorowisko wody podziemnej. Jest ono drenowane przez Ner (np. w sąsiedztwie Poddębic i Wartkowic) i jego dopływy, np. Pisię III i uchodzące do niej rzeki w rejonie Roźniatowa, a lokalnie podtrzymuje istnienie niektórych podmokłości i torfowisk (por. rys. 1.2, 1.3 i 1.8). Należy jednak podkreślić, iż drenaż ten nie odbywa się bezpośrednio, ale prawie zawsze pośredniczą w nim poziomy aluwialne występujące w piaszczysto-mułkowych osadach wypełniających doliny rzeczne lub inne zagłębienia. Jego wydajność jest zatem ściśle uwarunkowana ich wodoprzewodnością. W dolnej części zlewni Neru, w pasie od Wilamowa przez Świnice Warckie do Roźniatowa, tego rodzaju wspólne zwierciadło znajduje się na głębokości od 4 do 7 m, a związek hydrauliczny obu poziomów wywołuje duży wzrost wydajności studni w stosunku do ujęć drenujących tylko wodonośce czwartorzędowe (SMGP, ark. Dąbie 1993). Na pozostałym obszarze tej części zlewni zwierciadło poziomu górnokredowego jest zwykle napięte, a jego rzędna ustalona znajduje się poniżej zasięgu strefy potamicznie czynnej. Ujęcia wód subartezyjskich z górnej kredy są w tej części zlewni liczne i stosunkowo wydajne (Dąbie, Chełmno, Umień, Krzewie). Warto też dodać, że regionalną bazą dla drenażu tego piętra jest Pradolina Warszawsko-Berlińska.

Czwartorzędowe piętro wodonośne występuje na całym obszarze zlewni Neru i niemal w całości znajduje się w strefie aktywnej wymiany. Miąższość strefy drenowanej jest oczywiście funkcją głębokości wcięć erozyjnych oraz lokalnego układu warstw wodonośnych. W przekroju pionowym osadów czwartorzędowych wyróżnić można trzy, względnie ciągłe w przestrzeni, poziomy wodonośne: wód gruntowych (odkryty), międzyglinowy (śródglinowy) i podglinowy. W obrębie dolin rzecznych, wyłożonych zwykle osadami holocenijskimi, nawiązuje do nich poziom wód aluwialnych, a w obrębie wysoczyzn, często w deluwacjach, spotykane są wody zawieszane w postaci wierzchówek. Wymienione zbiorowiska wód podziemnych mogą występować w postaci dwóch lub jednego wspólnego poziomu wodonośnego, a lokalnie również w kontakcie z poziomem górnokredowym, rzadko trzeciorzędowym.

Pełny trójpoziomowy układ piętra czwartorzędowego jest w zlewni Neru raczej wyjątkiem niż regułą. Niemniej w ujęciu „Aleksandrów 2”, zaopatrującym w wodę aglomerację łódzką, czynne są cztery studnie o łącznej wydajności  $464 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , drenujące wszystkie trzy wymienione poziomy czwartorzędowe. Zwierciadło wody zostało tu nawiercone na głębokościach od 1,3 do 71 m p.p.t.; ze stabilizacją na głębokościach od 1,1 do 3,1 m p.p.t. Przeważnie jednak liczba poziomów, zwłaszcza potamicznych, jest w zlewni ograniczona do dwóch, a niekiedy nawet do jednego. Na całym obszarze pierwsze zwierciadło wody podziemnej należy zwykle do poziomu czwartorzędowego (rys. 1.5).

Specyficzne warunki występowania, zasilania i drenażu poziomów czwartorzędowych występują na obszarach silnie zurbanizowanych, zwłaszcza w Łodzi.

Naturalny układ i charakter najpłytszych poziomów wodonośnych został tu bardzo zmieniony wskutek zabudowy (głębokiego fundamentowania budynków, nasypów i wypełnień), powstania infrastruktury drogowej i komunalnej (odwadnianie, bariery wodne, wkopy, tunele, przejścia podziemne itp.) oraz intensywnego drenażu wód podziemnych (ujęcia, kanalizacja itd.). W efekcie pierwotny układ poziomów wodonośnych oraz sposób ich zasilania i drenażu uległ dużej zmianie. Poziomy wodonośne zmieniły się w nieciągłe, obszarowo rozczłonkowane i zredukowane, a ich głębokość i charakter stały się bardzo zróżnicowane przestrzennie. Dobrym przykładem jest tu zreultywowane historyczne wysypisko śmieci w Łodzi, tzw. Rudzka Góra, pod którą głębokość zwierciadła wód pierwszego poziomu wynosi dziś prawie 30 m.

Odkryty i najpłytszy (zwykle do 5 m p.p.t.) poziom wód gruntowych występujący w zlewni Neru związany jest z osadami fluwioglacjalnymi i rzecznyymi złożonymi w czasie vistulianu i holocenu. Jego zasilanie odbywa się w sposób bezpośredni, a drenaż ma charakter głównie liniowy (cieki systemu Neru), lokalnie powierzchniowy (obszary podmokłe, torfianki), rzadko punktowy (wycieki, wysięki, sporadycznie źródła). Zwierciadło tego poziomu jest swobodne, a jego wody są podstawą funkcjonowania prywatnych studni i mało wydajnych ujęć. W pradolinie Bzury-Neru, dolinach rzek i innych obniżeniach terenu tworzy on z poziomami aluwialnymi jeden wspólny zbiornik wód podziemnych (rys. 1.5). Powyżej względnie ciągłego zwierciadła wód gruntowych występują lokalnie soczewki wód wierzchówkowych w deluwacjach lub piaskach pokrywowych. Zbiorowiska te są nieciągłe i mają zwykle charakter okresowy.

Nieciągły przestrzennie w zlewni Neru poziom międzyglinowy występuje w osadach piaszczysto-żwirowych rozdzielających zwykle gliny morenowe zlodowacenia środkowopolskiego (warty lub odry) oraz południowopolskiego. W stropie warstw zawodnionych czwartorzędu zalegają niekiedy pylasto-ilaste utwory zastoiskowe, np. w zlewni Dobrzyńki. Jego zwierciadło może być swobodne lub napięte, przy czym wzniosy nie są duże (do kilkunastu metrów). Miąższość warstw zawodnionych też jest niewielka i najczęściej waha się od 10 do 20 m, przy czym najmniejszą zanotowano w dolinie Neru, koło Poddębic. Zasoby wodne są zmienne przestrzennie wskutek występowania lokalnych nieciągłości. Poziom ten występuje jednak nie tylko w położeniu międzyglinowym. Na przykład w zlewni źródłowego odcinka Neru (Łódź) i w rejonie Rzgowa jest on pozbawiony nadkładu glin zwałowych, odkryty i ma zwierciadło swobodne. W strefach nieciągłości glin zwałowych oraz w obrębie okien hydrogeologicznych w czwartorzędzie poziom ten bywa lokalnie w bezpośrednim związku z poziomem podglinowym w utworach piaszczystych interglacjalnego lub w piaskach fluwioglacjalnych zlodowacenia odry. Tworzy wówczas wspólny mocno zawodniony kompleks żwirowo-piaszczysty o znacznej miąższości i zasobności. Rozprzestrzenienie poziomu międzyglinowego w zlewni Neru jest duże, ale nie jest on tu ciągły. Jego bezpośredni drenaż przez sieć hydrograficzną jest ograniczony do doliny środkowego i dolnego Neru oraz dolnych odcinków jego dopływów (np. Dobrzyńki, Pisi I,

Beldówki). Wody te są eksploatowane na całym obszarze zlewni, a sam poziom należy do najważniejszych użytkowych zbiorowisk wód podziemnych regionu.

Poziom podglinowy tworzą piaski i żwiry wodnolodowcowe zlodowacenia odry lub/i piaski rzeczne interglacjału wielkiego o miąższości od 5 do 20 m występujące pod glinami glacjałów warty i odry. Zwierciadło wody jest zwykle napięte i występuje na głębokości od 60 do 100 m, często w kontakcie z poziomem międzyglinowym. Największe rozprzestrzenienie ma ten poziom w górnej części zlewni Neru, ale jego zwierciadło znajduje się tutaj poniżej strefy potamicznej. Wody te są natomiast intensywnie eksploatowane przez ujęcia komunalne Łodzi (np. studnie w Dąbrowie i Grodzisku), a także niektóre ujęcia gminne oraz studnie zlokalizowane w większych miastach regionu, np. w Pabianicach i Poddębicach.

Wody podziemne różnych pięter wodonośnych w zlewni Neru są okresowo monitorowane. Ich zasoby ocenia się jako znaczne i wystarczające dla zaspokojenia potrzeb środowiska i gospodarki wodnej regionu, choć lokalnie mogą wystąpić problemy z ilością gwarantowaną. Dla obszaru bilansowego górnego Neru (459 km<sup>2</sup>) w 2011 roku PIG-PIB oszacował zasoby dyspozycyjne na 133 420 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>, dla zlewni Neru środkowego (655 km<sup>2</sup>) – 71 340 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>, a dla zlewni Neru dolnego (751,9 km<sup>2</sup>) – 45 790 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup> (Pergół, Sokołowski 2012). Jakość tych wód w ujęciach monitorowanych jest również dobra albo bardzo dobra (zwykle I lub II klasa) i tylko lokalnie, na przykład w Starowej Górze i Księżej Wólce, wody z osadów czwartorzędu zaliczono do III klasy jakości.

## Sieć hydrograficzna Neru

### 2.1. Ner

„Item Nir per totum inter tur et cholm, cum castoribus et eorum custodibus, cum piscatoribus et villis eorum, tantum archiepiscopo pertinet”. Cytat powyższy pochodzi z *Bulli gnieźnieńskiej*, najstarszego zabytku języka polskiego, który powstał w 1136 roku i jest dokumentem wystawionym przez papieża Innocentego II zatwierdzającym posiadłości arcybiskupstwa gnieźnieńskiego (Innocentius 1136). Warto dodać, że poza wzmianką o Nerze („Nirze”) w tekście tym znajduje się czterysta dziesięć innych polskich nazw miejscowości, rzek i nazwisk. Przytoczony fragment zawiera również nazwy dwu istniejących już wówczas miejscowości nad Nerem, a mianowicie – Chełmna i Turu.

Ner nazywany był też Nyrem (rys. 2.1), a formy tej użył między innymi książę sieradzki Bolesław w akcie nadania w 1233 roku klasztorowi cystersów sulejowskich przywileju połowu bobrów nad tą rzeką, powyżej Bałdrzychowa: „*Aquam de Baldricov que Nyr vocitur cum castoribus in utraque ripa manentibus, quantum ipsorum ibidem durat allodium, scilicet a fine metarum ville, que Campa dicitur, usque ad finem metarum de Baldrycov*” (Rzyszczewski i in. 1847). Zatem w dolinie Neru rzeczywiście musiało być „mokro” i nie bez podstaw jest twierdzenie niektórych historyków i językoznawców, że nazwa tej rzeki wywodzi się z prabiałtosłowiańskiego rdzenia *nur/nyr*, który oznacza „mokry” lub „wilgotny”, i może być związana ze wzmiankowanym przez Herodota plemieniem Neurów (Mańczak 1981). Ner płynący pod Łodzią ma też swojego imiennika: jest nim prawie dwudziestokilometrowa struga przepływająca m.in. przez Pleszew na Wysoczyźnie Kaliskiej. Niemal przez całe to miasto płynie ona kanałem, m.in. pod ulicą Strumykową (*sic*), a do Proсны uchodzi na jej 41 km biegu. Podobnie jak „większy brat”, tak i Ner „pleszewski” napędzał kiedyś młyn, a jeszcze niedawno do przeprawy przez niego służyły w Pleszewie cztery mosty. Tę samą nazwę ma również jeszcze mniejsza, bo tylko sześciokilometrowa, struga uchodząca do jeziora Gopło (*Elektroniczny słownik hydronimów Polski*).

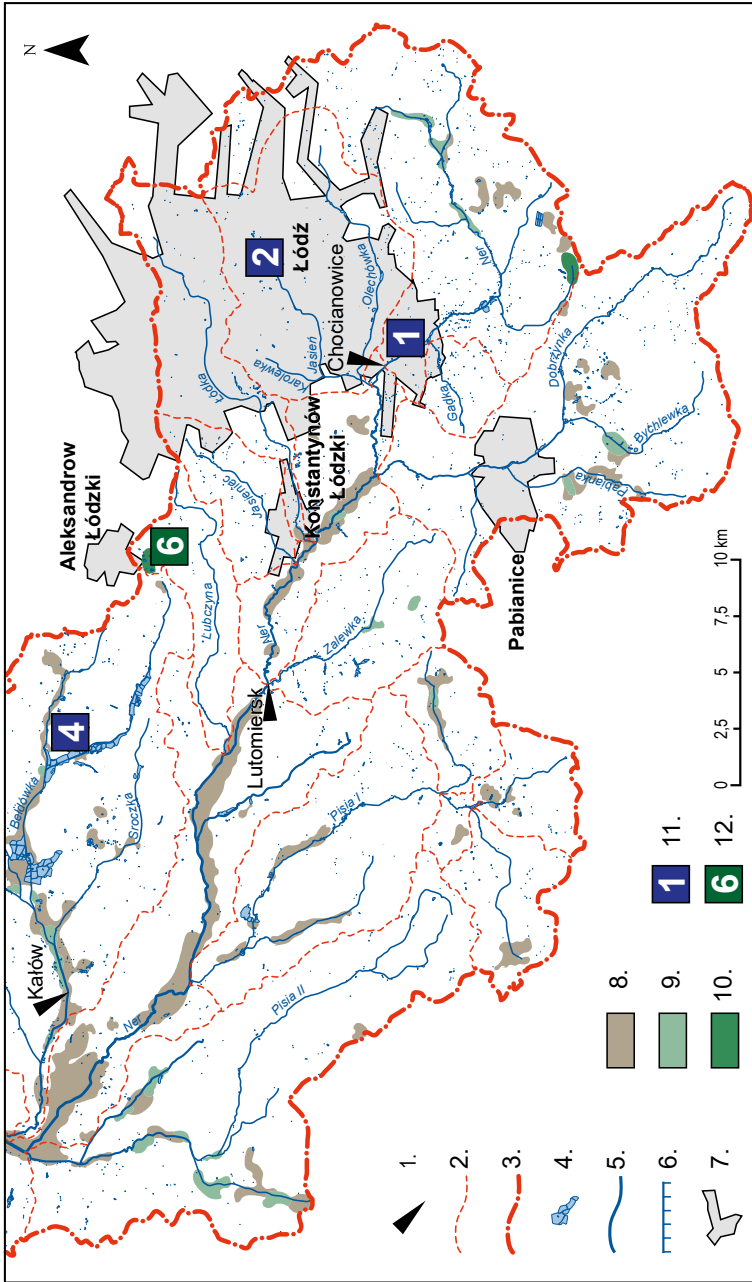


**Rys. 2.1.** Ner na mapie *Polonia et Silesia* Gerarda Mercatora z 1633 roku

**Źródło:** Biblioteka Narodowa, sygn. ZZK 1 602

Początek Neru jest i był zawsze trudny do ustalenia, gdyż rzeka ta nigdy nie wypływała, tak jak wiele innych, ze źródła, zbiornika wodnego czy choćby mokradła, ale powstawała powoli i do dziś tworzy się z wielu liniowych wycieków na odcinku kilku kilometrów w obrębie bardzo szerokiej doliny, którą niegdyś spływały ogromne ilości wody z topniejącego lądolodu warciańskiego, a którą dziś pokrywają przesuszone łąki i grunty orne na żwirach, piaskach i mułkach fluwialnych i glacialfluwialnych. Ciekawe, że Jan Długosz pisał, że „Nir” rozdzielający ziemię łęczycką od sieradzkiej wypływa z lasów Wiskitna i Wiączyna, z jeziora zwanego „Śmierdząca Woda” (Baruch 1903). Pojawiają się w związku z tym następujące pytania: skąd jezioro i dlaczego „śmierdzące”? W *Słowniku geograficznym Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich* (1880–1914) podano natomiast, że „źródła Neru mieszczą się w lasach wsi Wiskitna, na wschód od Rzgowa, w pobliżu źródeł Wolborki i o kilka mil na południe od źródeł Bzury” (rys. 2.2 i 2.3). Wskazane lokalizacje wydają się dość precyzyjne, ale stały przepływ w cieku źródłowym dzisiejszego Neru pojawia się w różnych miejscach w zależności od pory roku i jego uwilgotnienia. Woda w górnym odcinku zwykle zaczyna płynąć w obrębie rowka biegnącego przez niezbyt wilgotne łąki położone na południe od ulicy Kolumny w Łodzi, na rzędnej około 205 m n.p.m.

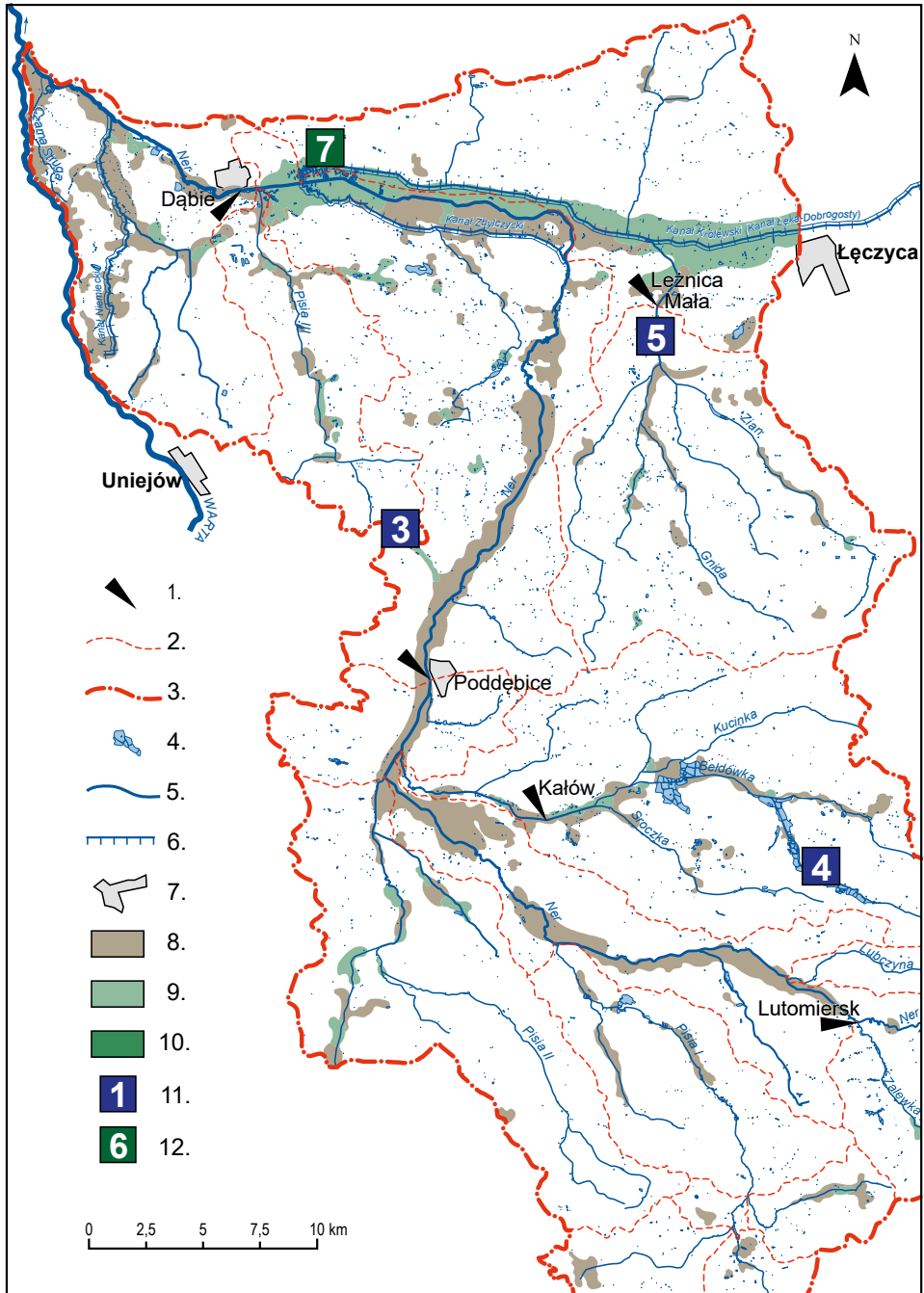
Biorąc pod uwagę miejsce wypływu, Ner jest rzeczywiście jedną z łódzkich rzek. Jednakże ponad kilometr od punktu uznanego za jego początek, w sąsiedztwie ulicy Gościniec w Łodzi, rzeka opuszcza teren miasta i wpływa do gminy Brójce, a potem Rzgów, przyjmując po drodze kilka okresowych cieków i zasilając wodą zespół nieco już zarośniętych stawów hodowlanych w Gospodarzu. Tuż przed stawami rzeka przyjmuje ścieki z pięciu mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków (Rzgów – 2, Kalinko, Grodzisk, Starowa Góra), w ilości odpowiednio: 938, 4, 600, 7 i 118 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>.



Rys. 2.2. Zlewnia Neru. Część południowa

**Objaśnienia:** 1 – wodowskazy; 2 – działy wodne zlewni cząstkowych; 3 – dział wodny zlewni Neru; 4 – zbiorniki wodne; 5 – wybrane ciekły; 6 – kanały; 7 – miasta, obszary podmokłe; 8 – mułowiska, namuliska i podmokliska; 9 – torfowiska niskie; 10 – torfowiska wysokie; 11 – wybrane zbiorniki wodne opisane w rozdziale 2.3.1; 12 – wybrane mokradła opisane w rozdziale 2.3.2

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie MPHP10k oraz *Mokradła Polski...* (2006)



**Rys. 2.3.** Zlewnia Neru. Część północna

**Objaśnienia:** 1 – wodowskazy; 2 – działły wodne zlewni cząstkowych; 3 – dział wodny zlewni Neru; 4 – zbiorniki wodne; 5 – wybrane ciekę; 6 – kanały; 7 – miasta, obszary podmokłe; 8 – mułowiska, namuliska i podmokliska; 9 – torfowiska niskie; 10 – torfowiska wysokie; 11 – wybrane zbiorniki wodne opisane w rozdziale 2.3.1; 12 – wybrane mokradła opisane w rozdziale 2.3.2

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie MPHP10k oraz *Mokradła Polski...* (2006)

W Łodzi Ner pojawia się ponownie po kolejnych 10 km biegu, wpływając do założonych na nim Stawów Stefańskiego (por. rozdz. 2.3.1), a tuż obok wpada do nich również pierwszy posiadający nazwę jego dopływ – Gadka (por. rozdz. 2.1.2). Ner, choć w górnym odcinku jest niewielką nizinną strugą o przepływie  $0,2\text{--}0,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , stwarza niekiedy zagrożenie powodziowe. Na przykład w 1903 roku wylew górnego Neru spowodował zatrzymanie komunikacji tramwajowej z Łodzi do Pabianic, a na przełomie maja i czerwca 2010 roku nadrzeczna część Rzgowa została zalana lub podtopiona jego wodami.

Poniżej Stawów Stefańskiego Ner prowadzi już około  $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  wody i płynie południowym oraz południowo-zachodnim skrajem Łodzi przez Rudę Pabianicką, Chocianowice, Charzew, Lublinek i Łaskowice, meandrując w szerokiej dolinie i przyjmując przed Lublinkiem prawostronny Jasień z Olechówką (por. rozdz. 2.2.2), a w Łaskowicach lewostronny dopływ – Dobrzynek z Pabianką (por. rozdz. 2.2.3). Po około 11,5 km, nieco poniżej ujścia potężnego kolektora (por. rozdz. 2.2.4) odprowadzającego oczyszczone ścieki z GOŚ-ŁAM (Grupowej Oczyszczalni Ścieków Aglomeracji Łódzkiej) rzeka ponownie opuszcza Łódź, wpływając na obszar gminy Konstantynów Łódzki.

Warto w tym miejscu dodać, że wspomniane wyżej Łaskowice były w XVIII i XIX wieku brane pod uwagę jako wieś, z której pochodził Mikołaj Kopernik. Jednym z argumentów był fakt, że we wspomnianej miejscowości mieszkała w XVII wieku włościańska rodzina Kopernogów, a w Pabianicach żyli mieszczaanie o nazwiskach Koperkowie i Koperikowie (Baruch 1903).

Przed Konstantynowem Łódzkim Ner meandruje w szerokiej i do dziś podmokłej dolinie, przyjmując z prawej strony wody z rowów systemu nawadniająco-odwadniającego rozległy kompleks łąk i pastwisk, a jednocześnie odpływ z dwu mechaniczno-biologicznych oczyszczalni tego miasta, w ilości  $28$  i  $22 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Podobna sytuacja ma miejsce poniżej Konstantynowa, między ujściami Łódki i Jasieńca (por. rozdz. 2.2.5 i 2.2.6), przy czym rzeka jest już tam wyprostowana i uregulowana. Pierwsze względnie kompleksowe prace regulacyjne przeprowadzono w tym miejscu w 1920 roku, a wykonano je na zlecenie Stefana Tobiazelego, właściciela majątku Behcice. Były one konsekwencją interwencji starostwa powiatowego w Łodzi i ugody z mieszkańcami Konstantynowa, którzy zaskarżyli ww. właściciela, że woda Neru, wskutek nieprawidłowo przeprowadzonych przez niego prac melioracyjnych na łąkach, zalewa im pola uprawne (*Kronika* 1920). Mimo tych zabiegów powódzie i podtopienia spowodowane roztopami lub długotrwałymi opadami zdarzają się tu jednak nadal. W sierpniu 1977 roku podtopienia i zalewy dotknęły zarówno tereny w okolicy Konstantynowa, jak i Lutomińska.

Odcinek Neru między Konstantynowem Łódzkim i Lutomińskiem jest mocno zróżnicowany. Przez pierwsze kilka kilometrów koryto jest uregulowane i stosunkowo proste – rzeka płynie tu przez okresowo podmokłe, a sezonowo nawadniane pola uprawne, łąki i pastwiska, by tuż przed Lutomińskiem utworzyć kilka malowniczych meandrów. Ner na tym odcinku był i jest nie tylko malowniczy, ale



i groźny. Wiosną 1892 roku rzeka wylała, a nurt był tak szybki, że wyrwał drzewa z korzeniami, zniszczył parkan klasztorny i zerwał most na drodze do Szadku, topiąc bryczkę wraz z zaprzęgiem (pasażerowie zdążyli uciec) (*Co słyhać?* 1892). Podobnie było w 1903 roku, kiedy lokalna powódź unieruchomiła lutomierskie młyny (*Więści z miasta* 1903). Warto dodać, że od ujścia Dobrzyńki aż do Lutomierska Ner przyjmuje tylko jeden lewostronny dopływ – uchodzącą pod mostem w Lutomiersku Zalewkę (por. rozdz. 2.2.7). Zlewnia Neru powyżej ujścia Zalewki stanowi dziś scaloną część wód powierzchniowych (SCWP) o kodzie W0601 i powierzchni 503,5 km<sup>2</sup> (*Prognoza...* 2014).

Ner w Lutomiersku i nieco poniżej był do połowy XIX wieku niemal zawsze rzeką „graniczną” (fot. 2.1), bowiem oddzielał tereny Lutomierska lokowanego w 1274 roku na prawach średzkich od położonej po drugiej stronie rzeki – dużo młodszej, ale za to rządowej – osady Kazimierz. W 1913 roku mieszczanie-rolnicy Kazimierza uzyskali pozwolenie piotrkowskiego urzędu gubernialnego na zbudowanie kanałów w celu sprowadzania wody z Neru na łąki miejskie (*Kronika* 1913).



**Fot. 2.1.** Ner i klasztor o.o. salezjanów w Lutomiersku w latach 40. XX wieku

**Źródło:** *Fotopolska. Klasztor...*

Natomiast już w trzynastowiecznym akcie lokacji napisano o dwóch młynach w Lutomiersku (Książęcym i Wójtowskim), przy czym nie ma pewności, czy stały one na Nerze, czy na Zalewce. Z rekonstrukcji układu przestrzennego Lutomierska wynika jednak, że na terenie tego miasta lub w sąsiedztwie w XVI–XVII wieku

działały nawet trzy młyny (Staromiejski i Nadolny na Nerze oraz Chabienin na Zalewce) (Głąb 2017). Obiekty te już nie istnieją, natomiast poniżej Lutomierska stoi do dziś nad Nerem stary zabytkowy most tramwajowy należący niegdyś do Łódzkich Wąskotorowych Elektrycznych Kolei Dojazdowych (fot. 2.2). Zbudowano go w 1932 roku, czyli trzy lata po oddaniu do użytku trasy tramwajowej z Łodzi do Lutomierska. Kilkukilometrowy odcinek koryta Neru poniżej mostu tramwajowego, aż do Małynia i ujścia Pisi I (por. rozdz. 2.2.9), jest uregulowany, wyprostowany i znajduje się na nim pięć mostów i sześć jazów (pięć z nich wykorzystywały niedawno małe elektrownie wodne – tab. 2.1), a także kilka progów korekcyjnych. Dodajmy, że prawie wszystkie budowle piętrzące zbudowane na Nerze tutaj i na innych jego odcinkach używane są do nawodnień rolniczych. Wyjątek stanowią trzy jazy w jego górnym biegu (w Rudzie Pabianickiej i Gospodarzu), które służą do napełniania i spuszczenia wody z siedemnastu stawów, w większości hodowlanych. Wykorzystanie wód Neru do nawodnień rolniczych zapoczątkowano w Szydłowie, u ujścia Pisi I, na przełomie XIX i XX wieku. W 1905 roku obszar nawadniany poszerzono o kolejne fragmenty doliny Neru, a w latach 1920–1960 nastąpiła intensyfikacja działań w tym zakresie. Prace prowadzono nawet w czasie okupacji niemieckiej (*Fischereibezirke...* 1942).



**Fot. 2.2.** Most tramwajowy na Nerze pod Lutomierskiem

**Źródło:** A. Bartnik

Zabiegi melioracyjne nad Nerem przynosiły różne i nierzadko ciekawe efekty. Na przykład w 1951 roku codzienna łódzka gazeta doniosła, że na łąkach

kazimierskich nawadnianych zanieczyszczonymi przez Łódź wodami Neru padł rekord zbioru siana ( $65 \text{ q} \cdot \text{ha}^{-1}$  na jeden pokos), a wysokość traw sięgała 1,2 m (*W dolinie Neru...* 1951). Trzy lata wcześniej w tej samej gazecie napisano o jeszcze większym sukcesie: wyhodowane na oddanej do użytku w Puczniewie rolniczej stacji doświadczalnej konopie przemysłowe osiągnęły wysokość ponad 3,5 m (*Inżynierowie czescy...* 1948). Mimo tych „sukcesów” w dekadzie 1960–1970 urządzenia melioracyjne zostały na tym terenie gruntownie przebudowane, natomiast w 1970 roku dodano kolejne na powierzchni 570 ha. W latach 80. XX wieku powstały też na Nerze dwa nowe jazy, a istniejące dotąd poddano gruntownej naprawie. Powierzchnia kompleksu łąk nawadnianych wodami tej rzeki wynosi obecnie około 5 tys. ha, przy czym nie wszędzie ten system melioracyjny działa należycie (fot. 2.3). Lokalnie jego sprawność wynosi około 50%, co oznacza, że połowa pobranej z Neru wody wraca bezużytecznie do rzeki. Obszar nawadniany rozciąga się od Konstątnowa Łódzkiego aż po Dąbie (Wroński, Tołoczko 2008; Lik, Sołtuniak 2012). Należy jednak koniecznie dodać, że woda z Neru wprowadzana dziś do systemów nawodnieniowych jest już oczyszczona, a to wskutek oddania do użytku GOŚ-ŁAM w Łodzi (por. rozdz. 2.2.4). Mimo to z bardzo kiedyś zanieczyszczonych osadów terasowych doliny (fot. 2.4) nadal wypłukiwane są różnorodne substancje chemiczne (Mosiej i in. 2007b).



**Fot. 2.3.** Doprowadzalnik na lewym brzegu Neru przed jazem w Kazimierzu

**Źródło:** A. Bartnik



**Fot. 2.4.** Terasa zalewowa Neru w okolicy Lutomierska w 1968 roku; widoczna wyschnięta sztywna skorupa silnie zanieczyszczonych namułów

**Źródło:** J. Burchard

Przed Poddębicami, z prawej strony, uchodzi do Neru Bełdówka (por. rozdz. 2.2.11), a nieco powyżej i z lewej – kolejna Pisia, zwana Pisią II (por. rozdz. 2.2.10). Od Małynia aż do Kolonii Borek Ner płynie przez powiat poddębicki, mijając Bałdrzychów, Poddębice i Wartkowice. W Kolonii Borek (37 km biegu) rzeka opuszcza teren tego powiatu, przepływając nieco wcześniej pod mostem autostrady A2. Koryto jest uregulowane, ogroblowane, ale bez wałów przeciwpowodziowych. Na wskazanym odcinku znajduje się natomiast dwanaście jazów, sześć mostów i dziewięć stopni wodnych, a także uchodzą do niego dwa kolektory wód z oczyszczalni ścieków. Średnia szerokość rzeki w tym rejonie wynosi 18 m (14–20 m), natomiast średnia głębokość – 1,2 m, przy obserwowanych wahaniami od 0,5 do 1,9 m. Woda płynie tu dość szybko: około  $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . W Bałdrzychowie, Wólce i Kolonii Borek przy jazach funkcjonują MEW o mocy odpowiednio: 40, 90 i 44 kW (tab. 2.1). Ta ostatnia jest najstarszą MEW na Nerze – działa od 1993 roku (fot. 2.5). Przed powodzią i zniszczeniem chroni je, jak niemal w całej Polsce, święty Jan Nepomucen, którego statuetka, stojąca w Starym Gostkowie już od XVIII wieku, powróciła niedawno na swoje miejsce.

Tab. 2.1. Małe elektrownie wodne na Nerze

Lokalizacja MEW	Rok powstania MEW	Moc zainstalowana (kW)	Turbina(y)
Jaz Kolonia Borek	1993	44	Kaplana
Jaz Wólka	2001	90	Kaplana
Jaz Wilkowice / Ner – Młynówka	2000	60	Kaplana
Jaz Bałdrzychów	2008	40	Kaplana
Jaz w Małyniu	2005	29	Francisa
Jaz w Puczniewie	2003	110	Kaplana
Jaz w Zyguntowie	2013	66	Kaplana
Jaz w Charbicach Dolnych	2002	45	Kaplana
Jaz w Charbicach Górnych	2002	45	Kaplana

**Źródło:** opracowanie własne



**Fot. 2.5.** Najstarsza elektrownia wodna na Nerze w Kolonii Borek

**Źródło:** A. Bartnik

Poniżej Borek, w obrębie wschodniej terasy zalewowej Neru, znajduje się dobrze zachowany zespół starorzeczy. Koryto nie zmienia jednak charakteru, jest uregulowane, ogroblowane i zaopatrzone w kilka stopni wodnych. Od zachodniej strony rzeki zbudowano tu wał przeciwpowodziowy o długości 3,35 km osłaniający zalewaną wcześniej wieś Parski (fot. 2.6). W sąsiedztwie wsi Zimne i Rydzyny Ner

zmienia kierunek na zachodni, a potem na północno-zachodni, wpływając na szerokie dno pradoliny Bzury-Neru. W tym miejscu, w odległości od 300 do 600 m na północ od Neru, przez kilkanaście kilometrów równoległe do niego płynie kolejny prawostronny dopływ zwany Kanałem Królewskim, który odbiera wodę ze strug: Zian, Gnida i Nida (por. rozdz. 2.2.12), oraz z szeregu mniejszych cieków i rowów odwadniających pradolinę i przylegające do niej od południa wysoczyzny. Kanał Królewski uchodzi do Neru 3 km przed Dąbiem, tuż przy granicy oddzielającej województwo łódzkie od wielkopolskiego.



**Fot. 2.6.** Ner w Parskach. Widoczny prawostronny wał przeciwpowodziowy

**Źródło:** J. Stusio

Nieco powyżej tego miejsca łączy się z Nerem jego lewostronny dopływ – Kanał Zbylczycki. Płyne on także równoległe do Neru, ale u podnóża południowej krawędzi pradoliny. Jest to obiekt sztuczny, choć odbiera wodę z naturalnego cieku płynącego od Brudnówka oraz z kilku bezimiennych rowów i przepięknie położonego kompleksu stawów rybnych w Holendrach. Kanał Zbylczycki ma długość około 13,8 km, powierzchnię odwadnianą wynoszącą 76,6 km<sup>2</sup> (wraz ze zlewnią cieku spod Brudnówka), i służy do wprowadzania do Neru wody z trzech małych mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków: w Grabowie (98 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>), Świniach Warckich (108 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>) i Wartkowicach (328 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>), oraz z dużej oczyszczalni miejskiej w Poddębicach (1097 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>). Przed Dąbiem Ner przyjmuje jeszcze

jeden lewostronny dopływ, tym razem Pisię III (por. rozdz. 2.2.14). Szerokość jego koryta na odcinku między Dąbiem i Chełmnem waha się od 20 do 45 m, a głębokość – w granicach 0,5–1,5 m.

*Do wylewów i zabagnień przyległych równin tej rzeki najwięcej się przykładają utrzymywane na niej jazy i młyny; między innymi młyn Wiktorowski, należący do Amp-tu Chełmińskiego, jest zarazem jedną z głównych przyczyn tego nieszczęścia i wielką przeszkodą dla spławu. Na przełożenie i ponawiane skargi rozmaitych obywateli nadrzecznych, których majątki niezmiernie przez to ponoszą szkody, rząd przeszły dla nastąpisonej tylko wojny nie skutecznie zerwania tak tego, jako i wielu jemu podobnych szkodników (Surowiecki 1811).*

Działania, o których wspomina Wawrzyniec Surowiecki, przeprowadzono dopiero w 1881 roku, kiedy to „posiadacze nadrzecznych folwarków wraz z włościanami przyległych wsi zawiązali komitet dla dokonania wspólnymi siłami regulacji koryta i osuszenia mokradli nadrzecznych” (*Słownik geograficzny...* 1880–1914). Ciekawe, że zakupiono wówczas piętrzący wodę młyn w Chełmnie tylko po to, by go rozebrać i tym sposobem osuszyć cztery tysiące mórg łąk i mokradeł (tamże).



**Fot. 2.7.** Ner koło Poddębic w czasie majowego wezbrania 2010 roku

**Źródło:** A. Bartnik

Mimo tych i wielu innych późniejszych prac hydrotechnicznych powyżej Dąbia dolinę Neru nadal pokrywają rozległe mokradła i podmokłe łąki, tworząc dwa objęte ochroną kompleksy Natura 2000, w tym tzw. Dąbskie Błota (por. rozdz. 2.3.2). Prace regulacyjne koryta wykonano tu na początku lat 80. XX wieku, a w 2007 roku przeprowadzono intensywne zabiegi jego odmulania. W rejonie Chełmna Ner transportuje bowiem około 8 tys. ton materiału rocznie, przy czym w kierunku ujścia i Dąbia masa ta maleje, a powyżej – szybko wzrasta, do ponad  $20 \cdot 10^3 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Spowodowało to pogłębienie koryta w rejonie Dąbia nawet o 0,76 m i jednoczesne wypłylenie w rejonie Kaznowa o 1,24 m (Szalkiewicz i in. 2015). Zagrożenie powodziowe w obrębie doliny, wzdłuż ostatniego dwudziestokilometrowego odcinka rzeki, jest zatem nadal duże, a podtopienia, a nawet powodzie, zdarzają się tu często. Szczególnie dotkliwe wystąpiły w lipcu 1997 oraz w maju 2010 roku (fot. 2.7), kiedy to objęły zasięgiem rozległe tereny doliny Neru od Wartkowic do Dąbia oraz obszary drenowane przez Zian i Kanał Królewski, przynosząc zalania i podtopienia domostw oraz znaczne straty w zasiewach (*Raport z przeglądu...* 2018).

Na ostatnim pięciokilometrowym odcinku Neru (od Chełmna do ujścia) koryto jest całkowicie uregulowane i częściowo obwałowane trzykilometrowym lewostronnym wałem cofkowym i wynoszącym 3,2 km prawostronnym wałem zbudowanym od Rzuchowa do ujścia. Rzeka przyjmuje tuż przed ujściem jeszcze jeden dopływ zwany Rowem (Kanałem) Niemieckim – silnie przekształcony ciek naturalny o długości 34,5 km i powierzchni zlewni  $74,4 \text{ km}^2$ . Dolina jest słabo wcięta i niewyraźna, a woda w korycie pojawia się okresowo i to na różnych odcinkach.



**Fot. 2.8.** Ujście Neru do Warty

**Źródło:** A. Bartnik



Ner uchodzi do Warty na 448,5 km jej biegu, na rzędnej około 89 m n.p.m., pokonawszy 124 km i zbierając wodę z powierzchni 1834,3 km<sup>2</sup> (fot. 2.8). Przeciętny spadek rzeki wynosi ok. 0,6‰, a średnia wysokość zlewni jest równa 149 m n.p.m. przy deniwelacji 190 m. Szacunkową gęstość sieci rzecznej, obliczoną współczynnikiem Neumanna, oszacowaliśmy na 0,37 km · km<sup>2</sup>, zaś powierzchnie leśne zajmują nieco ponad 251 km<sup>2</sup>. Przeprowadzona w 2016 roku kontrola różnych elementów jakości wody i stanu koryta Neru w odcinku ujściowym wykazała niższy od bardzo dobrego stan hydromorfologiczny koryta, niższe od dobrego potencjał fizykochemiczny i stan chemiczny oraz III klasę stanu elementów biologicznych (*Istotne problemy...*).

## 2.2. Dopywy Neru

### 2.2.1. Gadka

Gadka to jedna z dwóch łódzkich rzeczek (obok Lubczyny – por. rozdz. 2.2.8), które nigdy nie zostały włączone do systemów miejskiej kanalizacji burzowej i sanitarnej. Całkowita jej długość to tylko 4,7 km (podobną długość ma łódzka ulica Piotrkowska), a powierzchnia zlewni wynosi około 12,3 km<sup>2</sup>. Obszary źródłowe rzeczki znajdują się we wsi Gadka Nowa, w gminie Pabianice (190 m n.p.m.), a ujście – w Stawach Stefańskiego (176 m n.p.m.) (rys. 2.2). W XVII wieku i zapewne wcześniej tereny zlewni musiały być mocno zalesione, gdyż ówcześni mieszkańcy wsi Gadka (zarówno Starej, jak i Nowej) płacili tzw. „gajne”, czyli podatek od korzystania z dóbr leśnych (Baruch 1903). Rzeczka ta była jeszcze niedawno bardzo zanieczyszczana przez „dzikie” kolektory ściekowe i wyglądem przypominała dziewiętnastowieczne rzeki łódzkie. Nawet dziś płynące nią niekiedy zanieczyszczenia (Gadka prowadzi często wody pozaklasowe) powodują czasowe zakazy kąpieli w kąpielisku Stawy Stefańskiego. Struga odbiera też wodę z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Woli Zaradzyńskiej w ilości 188 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>.

### 2.2.2. Jasiień z Olechówką

Już na wstępie należy podkreślić, że Jasiień, ta najpracowitsza z łódzkich rzek (Jędruszkiewicz, Moniewski 2015), jest rodzaju męskiego, a jej nazwę (*fluu Yassen*) znajdziemy już w archiwaliach z 1406 roku (Wolnicz-Pawłowska 2006). Współcześnie rzeka wypływa wąską strużką w łódzkiej dzielnicy o górskiej nazwie Stoki, na rzędnej około 245 m n.p.m. *Nomen omen* Jasiień rzeczywiście ma cechy potoku górskiego, gdyż jego spadek średni wynosi 5,6‰, a lokalnie dochodzi nawet do 9‰. Jednak już po przepłynięciu 1,7 km rzeczka przestaje być ciekim powierzchniowym, a staje się podziemnym. Ginie bowiem w kanale o długości 1 km pod miastem. Później, i to na krótko, znowu wydostaje się na powierzchnię, zasilając staw parkowy, by ponownie ukryć się pod ziemią i znowu wypłynąć w rejonie

dawnych zakładów bawełnianych Karola Wilhelma Scheiblera, zasilając przy okazji kolejny staw w parku Nad Jasieniem.

Według przytaczanego przez ww. autorów raportu Stanisława Staszica z 1825 roku poniżej parku Nad Jasieniem rzeka pokonywała niegdyś siedemnastometrową różnicę rzędnych na odcinku zaledwie 2,1 km, zatem jej spadek wynosił tu aż 8‰. W 1860 roku głębokość koryta oceniano na 0,3–1 m, a szerokość dochodziła do 2,4 m (Koter 1974). W tym miejscu Jasień musiał mieć jednak duży i trwały przepływ, a biorąc pod uwagę spadek – także znaczny potencjał energetyczny. Pewnie dlatego działały tu od XVI do XIX wieku co najmniej cztery zbożowe młyny wodne zamieniane niekiedy na folusze, magle lub tartaki: Araszt, Wójtowy, Księży i Kulam, a w biegu dolnym rzeczki kolejne dwa (Rokicki i Chachuła) (Bartnik, Bartnik 2017). We wrześniu 1825 roku inżynier Leon Krapecki zmierzył przepływ Jasienia w sąsiedztwie miejsca nazwanego Haraścik (zapewne chodzi o młyn Araszt – 0,9 km od początku rzeki). Przy prędkości  $1,22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  korytem płynęło wówczas  $0,106 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  wody (Komisja Spraw Wewnętrznych i Duchowych... 1825).

Później, już w czasach *Ziemi obiecanej*, rzeka i postawione na niej urządzenia wodne były wykorzystywane do napędzania maszyn przędzalniczych i tkackich, zaś jej wodę używano w bielniach i farbiarniach. Niestety, w ostatnim etapie rozwoju włókienniczej Łodzi Jasień stał się tylko odbiornikiem ścieków przemysłowych i miejskich – jednym z licznych łódzkich rynsztoków (fot. 2.9).



**Fot. 2.9.** Jasień w 1933 roku poniżej wylotu z nowego kanału podziemnego – ul. Piękna i Obywatelska

**Źródło:** ZWiK w Łodzi

W 1931 roku Zygmunt Nowakowski napisał szyderczo: „Użyźnia ziemię łódzką długi szereg rynsztoków, które przecinając miasto w sposób dowolny, spontaniczny, czynią z polskiego Manchesteru niebezpieczną rywalkę Wenecji. Całe bowiem miasto to jeden wielki »Canale Grande«” (Bieżanowski 2003). Ścieki wprowadzane do Jasienia musiały być już wówczas bardzo dokuczliwe, skoro w 1874 roku właściciel młyna Chachuła, pan Ignacy Fijałkowski, wytoczył fabrykantom niemieckim (Jakubowi Graffowi, Heinrichowi Martensowi, Karolowi Hofrichterowi i Józefowi Bachowi) chyba pierwszy w Łodzi proces o zdegradowanie środowiska – oskarżył ich bowiem o zatrucie toksycznymi ściekami ryb w jego stawie (Wojalski 1996). Niestety, wyrok w tym procesie nie jest autorem znany.



**Fot. 2.10.** Stare koryto i nowy kanał Dąbrówki przy placu Niepodległości

**Źródło:** ZWiK w Łodzi

Poniżej grobli zbudowanej przez Krystiana F. Wendischa na przecięciu z ulicą Przędzalnianą Jasień znów wpływa na długo do podziemnego kanału. Niedługo rzeka na tym odcinku zasilana była zasobnym w wodę ciekim biorącym początek ze źródeł w dzisiejszym parku Źródlika. Wschodnia część tego kompleksu nazywana była kiedyś Kwelą, od niemieckiego słowa *quell* oznaczającego „źródło” (Jędruszkiewicz, Moniewski 2015). Na cieku tym już w XVI wieku stał młyn zwany najpierw Krępa (od nazwiska właściciela Jakóba Krępy), a później Lamusem (prawdopodobnie od charakteru jednego z budynków w posiadłości – *lamus*). Tu także w 1925 roku wspomniany wcześniej Krapecki zmierzył przepływ: struga Lamus wprowadzała wtedy do Jasienia około 6500 zoll/sek. wody ( $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) (Komisja Spraw Wewnętrznych i Duchowych... 1825). Powy-

żej ujścia ciekę Lamus w końcu XIX wieku Scheibler zbudował nad korytem Jasienia ogromną tkalnię: rzeka płynęła wówczas otwartym (później zakrytym) kanałem wewnątrz trzyhektarowego budynku przemysłowego, odbierając różne ścieki i odpady poprodukcyjne.

W czasach reymontowskich (od 1843 roku) w środkowym biegu Jasienia powstało ogromne bawełniane imperium Traugotta i Ludwika Grohmanów, a w sąsiedztwie ulicy Piotrkowskiej – staw i zakład Ludwika Geyera, kolejnego z wielkich łódzkich fabrykantów. Dziś rzeka omija zasilany przez nią niegdyś staw przy Białej Fabryce i płynąc ciągle podziemnym kanałem, odbiera wodę z innego kanału biegnącego śladem strugi, zwanej niegdyś Dąbrówką. W miejscu „ujścia” dawnej Dąbrówki (fot. 2.10) Jasień staje się ponownie „wodą powierzchniową”, choć powstały w latach 30. XX wieku betonowy i dwudzielny żłób zupełnie nie przypomina koryta rzecznego (fot. 2.11).



**Fot. 2.11.** Betonowy kanał Jasienia w Łodzi

**Źródło:** J. Stusio

Nieco poniżej wskazanego miejsca Jasień przyjmuje całkowicie skanalizowaną i w górnym biegu także „podziemną” Karolewkę (fot. 2.12).



**Fot. 2.12.** Karolewka i uchodzący do niej przelew burzowy w okresie bezopadowym (A) i po opadach (B) w 2008 roku

**Źródło:** Wierzbicki i in. (2010)

Jej rola w rozwoju i funkcjonowaniu Łodzi przemysłowej była niewielka, może poza faktem, że od jej górnego biegu w maju 1925 roku pod kierunkiem Stefana Skrzywana rozpoczęto budowę kanalizacji miejskiej Łodzi. Już 3 września 1927 roku podłączono do niej pierwszy budynek, a do 1939 roku wybudowano 105,5 km kanałów, z których ścieki trafiały do wybudowanej na Lublinku oczyszczalni. Według ówczesnego projektu Lindleya łódzką kanalizację zbudowano w systemie ogólnospławnym, natomiast od 1955 roku słusznie zerwano z tym założeniem i kontynuowano dalszą rozbudowę kolektorów już w systemie rozdzielczym – separując tym samym ścieki deszczowe i sanitarne. Na odcinkach, na których nie występuje kanalizacja deszczowa, umieszczone zostały przelewy burzowe, które odprowadzały nadmiar wód bezpośrednio do łódzkich rzek i kanałów. Kilkanaście takich przelewów odprowadza także dziś wody burzowe m.in. do Jasienia, Łódki (por. rozdz. 2.2.5), Bałutki i Karolewki.

O ile Jasień odegrał ogromną rolę w rozwoju przemysłowym Łodzi i bardzo na tym ucierpiał, o tyle jego największy dopływ, uchodząca w dolnym biegu Olechówka, była i jest nadal dla miasta rzeką marginalną i do dziś zachowała na długich odcinkach charakter *quasi-naturalny*. W okresie przedprzemysłowym na strudze tej, podobnie jak na innych łódzkich rzekach, funkcjonowały co najmniej trzy młyny: Wiskicki, Koc, Chachuła, a ten ostatni działał już w XIV wieku (Baranowski 1974), zatem przepływ w Olechówce, mimo niewielkiego spadku, musiał być stosunkowo duży i stabilny. Pozostałością po ww. młynach są liczne stawy rekreacyjne, np. Młynek czy Stawy Jana. Po przyjęciu Olechówki, na rzędnej około 173 m n.p.m., Jasień płynie w kierunku południowo-zachodnim, by po przebyciu 0,5 km połączyć się z Nerem na łąkach chocianowickich. Łączna długość Jasienia wynosi 12,7 km, a powierzchnia zlewni – 79,4 km<sup>2</sup> (razem z Olechówką). Zarówno dawniej, jak i dziś silnie zanieczyszczone wody Jasienia bardzo wpływają na jakość wód Neru.

Olechówka wypływała i wypływa nadal w okolicach Olechowa (dawna wieś ołederska, dziś nowa dzielnica Łodzi) (fot. 2.13) – w całym biegu przez południowo-wschodnie tereny Łodzi płynie uregulowanym korytem, zasilając po drodze kilka

stawów i zbiorników wodnych. Jej długość jest porównywalna do Jasienia i wynosi 12,5 km, a zlewnia ma powierzchnię 37,4 km<sup>2</sup>, co stanowi niemal połowę powierzchni zlewni recypienta. Warto podkreślić, że nawet dziś, w przeciwieństwie do innych łódzkich rzek, Olechówka prowadzi znaczącą ilość wód pochodzących z naturalnego drenażu. Rzeczka ta może być nawet groźna – w 1997 roku, po letnich opadach, gwałtownie wylała w dolnym biegu, zalewając pobliskie uliczki, wdzierając się do domów i garaży czy niszcząc liczne ogrody i podwórka. Zerwała nawet drewniany most w pobliżu Stawów Jana, w dzielnicy Chojny (dawniej wieś i gmina Chojny).



**Fot. 2.13.** Olechówka w łódzkim parku Źródła Olechówki

**Źródło:** P. Jokiel

Dziś niemal anegdotycznie brzmi fakt, iż „niezwykłej czystości” wodę ze spiętrzonej w Stawach Jana Olechówki wykorzystywano do... zabiegów wodoleczniczych i hydromasaży. Dowodzi tego notatka w łódzkiej prasie z 1900 roku, w której podano, że „we wsi Chojny, gminy Chojny, za pozwoleniem ministerium spraw wewnętrznych otwarto 23 kwietnia 1897 r. zakład wodoleczniczy pana Krauzego” (*Kronika: zakłady lecznicze* 1900). Było to najprawdziwsze sanatorium, z kąpielami, hydromasażami, parniami ziołowymi i elektroterapią. Wyposażono je bardzo nowocześnie (centralne ogrzewanie, elektryczność itd.)

i z tego powodu pobyt w nim był, niestety, drogi i wynosił od 3 do 5 rubli za dobę. W 1914 roku sanatorium zamknięto, a w budynkach (stojących do dziś) urządzono najpierw szpital przeciwgruźliczy (od 1916 roku), a w 1962 roku dom opieki społecznej (Woźniak 2014).

### 2.2.3. Dobrzyńska

Dobrzyńska bierze początek na rzędnej 249 m n.p.m., w rejonie wsi Górki Małe, a po kilkuset metrach przyjmuje lewy dopływ nazywany Bychlewką. Do wsi Zofiówka płynie w kierunku północno-zachodnim, prowadząc tak czyste wody, że nawet dziś są one podstawą funkcjonowania kilku gospodarstw rybackich i stawów hodowlanych zlokalizowanych przeważnie w miejscach dawnych osad młyńskich (np. Prawda, Sereczyn). W 1466 roku przebywający tu Jan Długosz rzeczkę tę nazywał „Nyrzec(z)” i pisał o dużej liczbie młynów, które napędzała (Długosz 2009), jednak już w 1533 roku pojawiła się nazwa Dobrunka (Dobronka) (Wolnicz-Pawłowska 2006), pochodząca najprawdopodobniej od osady młyńskiej założonej w 1544 roku na rzece przez młynarza (możliwe, że dwu braci) Wojciecha Dobrinkę – później był to tzw. młyn Molendy w Rydzynkach. Jest też bardzo prawdopodobne, że nazwy istniejących na tej rzece do dziś stawów młyńskich (Stanisław i Wojtek) dowodzą działania na tym terenie całego rodu młynarskiego Dobrinków.

Na mapie z 1793 roku na Dobrzynce zaznaczono dziewięć młynów wodnych i jeden na jej dopływie – Pabiance (Biesaga) (rys. 2.4), a na mapie z 1803 – aż czternaście osad młyńskich (w tym młyn Półtalarek na Pabiance). Jak na rzeczkę o długości 25,4 km, to sporo, ale przecież górna Dobrzyńska była i nadal jest zasilana ze stabilnych i bardzo zasobnych w wodę poziomów wodonośnych w miększych piaskach i żwirach fluwioglacjalnych wzgórz kemowych rejonu Czyżemina. To zaś zapewnia duże i mało zmienne zasilanie wodą koryta rzeki. Dopływ wód był co prawda stabilny, ale właściciele młynów zmieniali się często, gdyż te na Dobrzynce upadały i paliły się wielokrotnie. W efekcie na mapach z 1944 roku zaznaczono już tylko dwa takie obiekty (Konka, Redzyniec) i – co ważne – żaden z nich nie przetrwał do dziś (*Młyny nad Dobrzyńką* 2015).

Od miejsca, w którym stał młyn Sereczyn, rzeka płynie na zachód, by po kilku kilometrach skręcić znowu na północny-zachód i przepływając obok kąpieliska Lewityn przy ulicy Bugaj, dotrzeć na teren zwartej zabudowy Pabianic (fot. 2.14). Miejsce to jest dość niezwykle, bo z wielu przekazów wynika, że było starosłowiańskim „świętym gajem”: „Wielu z żyjących mieszczan pabianickich pamięta okazywaną im przez ludzi starszych sosnę nad rzeką Dobrzyńką już na gruntach folwarku bugajowego, a do miejscowego probostwa należącego, jako szczątek gaju pogańskiego, do którego z miasta prowadzi ulica Bugaj, miejscowość i folwark zwano kiedyś – Poświętnicą” (Adamczyk 2007). Poniżej rzeka przepływa obok pozostałości stawów i młyna Grobelnego, przyjmując lewostronny dopływ, płynącą aż z Dobronia Pabiankę, i w sąsiedztwie drogi nr 482 wypływa ze zwartej zabudowy miasta.



**Rys. 2.4.** Fragment *Mappy szczególnej wojewudztwa łęczyckiego* K. de Perthéasa z 1793 roku (1:225 tys.). Zlewnia Dobrzyńki (widoczne ujście do granicznej rzeki Ner i młyny wodne)

**Źródło:** AGAD, Zb. S.A. AK 96

Przemysłowy rozwój Pabianic w końcu XIX i na początku XX wieku spowodował, że liczne powstałe na tym terenie fabryki zanieczyszczały Dobrzyńkę, podobnie jak sąsiednie łódzkie manufaktury – przepływające przez miasto rzeki. W efekcie Dobrzyńka stała się na długie lata uregulowanym kanałem ściekowym,



choć zdarzały się jednak i pozytywne akcenty. W 1912 roku mieszkańcy miasta oskarżyli pabianickich przemysłowców, w tym producentów wyrobów bawełnianych, papierniczych oraz farbiarzy tkanin, o zatrucie rzeki, a dotyczyło to firm: Kindler, Oskar Krusze i Fidler, Krusche i Ender, Robert Saenger oraz Schleicher i Falsman. Zarzucano im, że odpadami ze swoich zakładów zanieczyszczają Dobrzynkę, wskutek czego woda w niej i jej odnogach stała się szkodliwa dla zdrowia mieszkańców miasta (*Rzeka Dobrzynka...* 1912). Rozprawa przed Izbą Sądową w Warszawie skończyła się dwusturublową grzywną, ale wyrok zobowiązał również pozwanych do zaprzestania zanieczyszczania rzeki, zainstalowania urządzeń filtrujących ścieki i oczyszczenia koryta Dobrzynki (tamże).



**Fot. 2.14.** Dobrzynka w Pabianicach w okresie międzywojennym i dziś

**Źródło:** Adamczyk (2007) – lewe, i A. Bartnik – prawe

Skutki wyroku były, niestety, mizerne i mało dokuczliwe, bowiem nawet dziś Dobrzynka odbiera nadal tylko mechanicznie oczyszczone ścieki z pabianickiej Polfy w ilości  $11 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  oraz poprzez Pabiankę podobne ścieki ze ZWiK-u w Pabianicach o objętości  $16 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ . Za Pabianicami rzeka płynie już w kierunku północnym: do Rypułtowic jej koryto jest proste i uregulowane, ale poniżej pojawiają się liczne meandry i przed ujściem do Neru w Łaskowicach (164 m n.p.m.) ciek ma już charakter *quasi-naturalny*. Przepływ w odcinku ujściowym wynosi około  $0,86 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Bezkowska 2001).

### 2.2.4. „Gośka” (kolektor Grupowej Oczyszczalni Ścieków ŁAM)

Nieco żartobliwie pozwalamy sobie tak nazwać najmłodszą, powstałą bowiem wraz z GOŚ-ŁAM w 1994 roku, i najkrótszą, bo około stumetrową, ale mającą największy przepływ, łódzką rzekę (w 2018 roku: SQ –  $2,21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ; NQ –  $1,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ; WQ –  $5,54 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) (fot. 2.15B). Kanał odprowadzający oczyszczone w GOŚ wody ŁAM nazwany przez nas „Gośką” uchodzi do Neru na 95 km jego biegu. Wprowadza on do tej rzeki ponad dwa metry sześciennie na sekundę w pełni oczyszczonych wód zużytych w Łodzi oraz sąsiednich miastach i gminach, takich jak: Konstantynów Łódzki, Ksawerów, Pabianice, a nawet Nowosolna. Tereny te zamieszkuje aktualnie około osiemset dwadzieścia tysięcy ludzi. GOŚ-ŁAM oczyszcza dziś ponad połowę wszystkich ścieków komunalnych wytwarzanych w województwie łódzkim, wskutek czego po ujściu „Gośki” do Neru jego przepływ wzrasta ponad dwukrotnie.



**Fot. 2.15.** A – kanał odprowadzający podczyszczone wody ściekowe Łodzi ze starej oczyszczalni na Lublinku (1968); B – dzisiejsze ujście „Gośki” do Neru (2019)

**Źródło:** A – J. Burchard, i B – A. Bartnik

Powierzchnia „zlewni”, z której „Gośka” zbiera wodę, jest tyleż duża, co bardzo trudna do oszacowania. Już sam teren GOŚ-ŁAM zajmuje obszar 366 ha, natomiast z ogólnej powierzchni Łodzi równej  $294,4 \text{ km}^2$  do systemu Neru należą  $202,4 \text{ km}^2$ , czyli 68,6% całego obszaru miasta. Łódzkie rzeki odbierają wodę ze stu pięćdziesięciu kanałów burzowych i osiemnastu wylotów tych wód (głównie w dzielnicy Śródmieście). Te ostatnie odprowadzają przeważnie ścieki mieszane: deszczowe i sanitarne, i stanowią, niestety, funkcjonującą do dziś pozostałość po dawnej kanalizacji ogólnospławnej Łodzi. Odbiornikiem tych wód są w systemie Neru: Bałutka (1 wylot), Karolewka (2), Jasień (7) i Łódka (8) (Wierzbicki i in. 2010).

Łódź niemal od początku istnienia importuje ogromną ilość wód ze zlewni Pilicy i apotamicznych poziomów wodonośnych kredy, trzeciorzędu, a niekiedy i czwartorzędu. Wskutek tego wód „autochtonicznych” ze strefy hydrologicznie czynnej „Gośka” wprowadza do Neru niewiele. Łączne zużycie wody przez miasto

wynosi aktualnie  $68,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  ( $2,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) na rok, z czego ponad połowa to wody allochtoniczne, czyli sprowadzane spoza obszaru miasta. A przecież to nie wszystko, bowiem „Gośka” odprowadza też wody zużyte w innych wymienionych wyżej miastach i gminach, przy czym i tam pochodzą one z różnych źródeł, głównie z zasobów podziemnych (potamicznych i apotamicznych). Zatem zlewnia „Gośki” ma mocno „nieszczelny” dział wodny i to zarówno z punktu widzenia przychodowej, jak i rozchodowej strony równania bilansu wodnego.

W dziewiętnastowiecznym projekcie ogólnospławnej kanalizacji Lindleya zaplanowano grawitacyjny spływ ścieków z obszaru Łodzi w kierunku południowo-zachodnim, a więc do Neru. Wykorzystano zatem niemal stumetrową deniwelację między rzędnymi systemu zbiorników w dzielnicy Stoki i wysokością dna doliny tej rzeki. W jej sąsiedztwie w 1930 roku oddano do użytku pierwszą łódzką oczyszczalnię ścieków – Lublinek (fot. 2.15A i 2.16), która funkcjonowała tylko jako oczyszczalnia mechaniczna, aż do 1994 roku eliminując z wód zużytych w Łodzi wyłącznie najgrubsze zawiesiny. Planowana w projekcie jej część biologiczna nigdy w tym miejscu nie powstała.



**Fot. 2.16.** Oczyszczalnia na Lublinku: A – lata 30. XX wieku; B – współcześnie (2019)

**Źródło:** Fotopolska. Stacja... (lewe) i A. Bartnik (prawe)

### 2.2.5. Łódka z Bałutką

Obszary źródłowe Łódki, zwanej w przeszłości także Starą, Starowiejską, Srebrną, Ostrogą lub po prostu Rzeką, rozciągały się na terenie obecnego osiedla Sikawa-Budy (Bieżanowski 2003). Płynęła ona, meandrując, w kierunku zachodnim i południowo-zachodnim szeroką zabagnioną doliną, przyjmując po drodze cały szereg dopływów, a tylko nieliczne z nich przetrwały do czasów współczesnych. Wskutek rozbudowy Łodzi wszystkie płynące na jej terenie cieki zostały bądź zakryte i bezpośrednio włączone do systemu kanalizacji ogólnospławnej, bądź też zamienione w uregulowane rowy o kształcie trapezu. Prowadzą one zwykle niewielką, bliżej nieokreśloną ilość silnie zanieczyszczonych ścieków socjalno-bytowych i wód drenażowych (również silnie skażonych), które przedostają się do systemu kanałów licznymi

nieszczelnościami. Kanały te napełniają się większą ilością wody jedynie podczas wezbrań (silnych opadów, gwałtownych roztopów) i dają znać o swoim istnieniu w całkiem nieoczekiwany sposób: na powierzchniach łódzkich ulic i chodników pojawiają się wówczas spore ilości wody, powodując mocno utrudniającą komunikację lokalne podtopienia. Dotyczy to nie tylko samej Łódki, ale i kilku jej dawnych dopływów, dziś ukrytych pod ziemią i zamienionych w kanały ściekowe.

Najdokładniejszy opis dawnej Łódki pochodzi z roku 1860, więc już z okresu rozwoju Łodzi przemysłowej (Zajązkowski 1976). Jej przeciętna głębokość wynosiła wtedy tylko 0,3 m, a szerokość nie przekraczała 2 m. Niewiele jednak wiemy o wcześniejszym wyglądzie rzeki, natomiast w jakiś sposób Łódka zachwycała Rajmunda Rembélińskiego, ówczesnego prezesa Komisji Województwa Mazowieckiego, i natchnęła do utworzenia okręgu przemysłu włókienniczego, m.in. w oparciu o jej zasoby wodne. Wiadomo też, że rzeka ta była mała, ale za to bardzo kapryśna, i często wylewała, uszkadzając lub niszcząc budowane instalacje (mosty i młyny). Obraz Łódki sprzed okresu industrializacji przedstawia mapa Franciszka Johnneya z 1813 roku (rys. 2.5), na której widać, że niemal w całym biegu silnie meandruje, a pośrodku doliny widnieje Staw Dworski wraz z młynem, zwanym wówczas Grobelnym (Bartnik, Bartnik 2017).



**Rys. 2.5.** Łódźka i dawne osady w jej dolinie na mapie F. Johnneya z 1813 roku

**Źródło:** APŁ, sygn. 513

Młyn ten powstał prawdopodobnie już w XIV wieku na skutek decyzji ówczesnej kapituły wrocławskiej w miejscu, w którym Łódka przecinała trakt piotrkowski (Olaczek 2010). Usypano wówczas groblę, tworząc staw. Przez około pięćset lat istnienia urządzenia młyńskie były wielokrotnie uszkodzane przez powodzie, a umocnienia ziemne niszczały (Bartnik, Bartnik 2017). Musiały być zatem wielokrotnie odbudowywane i przebudowywane, a grobla – umacniana. Prawdopodobnie stosowano do tego celu ostro zakończone drewniane pale (tzw. ostróg) i być może właśnie stąd wzięła się jedna z wczesnych nazw Łódki – Ostroga, bowiem w ten sposób dawniej określano miejsce otoczone drewnianym częstokołem (*Słownik staropolski* 1969).

Prezentowany na mapie staw przetrwał do czasu wytyczania tzw. Nowej Dzielnicy (1840), kiedy to został zasypany, a teren po nim – zniwelowany (Kotter 2002). Od tego też czasu dolinę Łódki stopniowo zagospodarowywano, a jej koryto coraz bardziej zwężano i pogłębiano. Z biegiem czasu rzeka została zamieniona w ściek przyjmujący coraz więcej nieczystości trafiających doń za sprawą szybko rozwijającego się miasta przemysłowego. Jednym z pierwszych zakładów wykorzystujących w procesach technologicznych wody Łódki była farbiarnia sukna Karla Gottlieba Sängera, która powstała w 1823 roku – fabryka ta zapoczątkowała również oddawanie do rzeki „kolorowych ścieków” (Kowalska-Wajnka, Wajnka 2010). Wskutek rozpowszechniania się tego procederu i coraz większego zanieczyszczenia wody rada miasta podjęła decyzję o zakryciu cuchnącego i zaśmieconego koryta Łódki – najpierw jednak rozebrano nadrzeczne kramy i budy, głównie żydowskie. Fragmenty umocnionego koryta widać jeszcze na fotografii wykonanej w latach 20. XX wieku (fot. 2.17), jednakże ostateczną regulację Łódki dla potrzeb miejskich i kanalizacyjnych przeprowadzono dopiero w 1933 roku.

Łódka w czasach istnienia tzw. Łodzi rolniczej, tj. przed rokiem 1820, stanowiła główny punkt orientacyjny w okolicy, jednakże niewiele się nad nią działo. Oprócz wspomnianego wcześniej stawu z położonym przy nim młynem Grobelnym i kilku przepraw istniały jeszcze dwa inne miejsca, w których dawniej wykorzystywano siłę wody Łódki. W latach 70. XVIII wieku na obszarze lasu rządowego położonego 3 km na zachód od ówczesnego miasta Łódź (w rejonie zbiegu obecnych ulic Solec i Srebrzyńskiej) zbudowano młyn miejski Mania (Bartnik, Bartnik 2017), który jednak nie pracował długo i często przechodził z rąk do rąk. Wkrótce po rozpoczęciu przez Rembielińskiego prac nad założeniem osady Nowe Miasto powstał w tym miejscu folusz sukienniczy o czterech stęporach.

Dalej na zachód, w Brusie (nazwa oznacza wykonany z piaskowca kamień młyński), istniał od połowy XVI wieku kolejny młyn należący do biskupów krakowskich, który funkcjonował jeszcze na początku XX stulecia. Sama zaś osada miała, według zamysłu fundatorów, stać się miastem i stanowić konkurencję dla Łodzi leżącej przecież w dobrach kapituły wrocławskiej (Baranowski 1988).



**Fot. 2.17.** Koryto Łódki na Starym Mieście na początku lat 20. XX wieku, obecnie teren parku Staromiejskiego

**Źródło:** W. Pfeiffer

Obecnie Łódka, której długość określa się na 18,38 km, jest sztucznie wyrównanym trapezowym rowem, niemal całkowicie pozbawionym cech naturalnego koryta rzecznego. Rozpoczyna się przepustem pod ulicą Zjazdową i od razu prowadzi wody pozaklasowe. Podczas silnych opadów do rzeki trafiają ścieki z systemu miejskiej kanalizacji ogólnospławnej, dostarczane za pomocą jedenastu przelewów burzowych (*Opracowanie ekofizjograficzne...* 2017). Z uwagi na ten fakt Łódka w całym swoim środkowym biegu płynie pod powierzchnią terenu, natomiast prób jej odsłonięcia na obszarze łódzkiego centrum handlu i rozrywki Manufaktura, podejmowanych przez inwestorów tego przedsięwzięcia, szybko zaniechano (Bartnik 2017). Ponownie na powierzchni Łódka pojawia się dopiero poniżej ulicy Srebrzyńskiej, na terenie parku im. Józefa Piłsudskiego (potocznie zwanego parkiem na Zdrowiu) i dalej płynie przez ogród botaniczny oraz wzdłuż ulicy Konstantynowskiej. Poniżej Brusa rzeka opuszcza granice Łodzi: przepływa niemal równoleżnikowo przez sąsiedni Konstantynów Łódzki, by następnie zmienić swój kierunek na południowo-zachodni i ujść do Neru. Dla łodzian Łódka była swoistym symbolem miasta i rzeką ważną w jego rozwoju, czego dobrym świadectwem jest fraszka napisana przez Jana Izzydora Sztaudyngera: „Łódka mniejsza od Wisły? – głupie to wymyśli!”

W swoim biegu Łódka przyjmowała dawniej wiele dopływów, choć nazwy większości z nich, jeżeli w ogóle jakieś funkcjonowały, nie przetrwały do dziś. Rolę małych strumieni i cieków epizodycznych przejęła sieć rowów, które z czasem zastąpiono

kanalami deszczowymi (Bartnik 2019). Większe cieki przekształcono, przystosowując je do odbioru dużych ilości epizodycznie docierających do nich wód opadowych oraz stale je zasilających wód drenażowych. Ich górne odcinki przestały natomiast pełnić rolę drenującą w stosunku do poziomów wodonośnych i zanikły lub zostały włączone w rozbudowaną sieć kanalizacji deszczowej (ogólnospławnej w centrum miasta). Do znanych z nazwy dopływów Łódki należą: Stoczanka, Starowiejska Struga, Bałutka i Suchy Ner. Poza wymienionymi nie można zapominać o lewostronnym bezimiennym dopływie Łódki uchodzącym do niej pod ziemią na wysokości ulicy Karskiego, a odwadniającym praktycznie cały rejon północnej części ulicy Piotrkowskiej. Ostatnio pojawiły się również doniesienia o sensacyjnym odkryciu cieku nazwanego przez dziennikarzy Ostrogą (Pierzchała 2017; AGA 2018). Niestety, był to tylko jeden z wielu niewielkich dopływów, które w czasach szybkiego rozwoju Łodzi przekształcano w rowy i zakrywano; obecnie spływa nim jedynie woda w czasie większych wezbrań. O jego niewielkich rozmiarach i małym znaczeniu w przeszłości świadczy zaś brak wyraźnie zarysowanej doliny oraz osadów rzecznych (Ziomek 2002).

Największym naturalnym dopływem Łódki jest Bałutka. W przeszłości nazywano ją także Sulianką, Solówką, Sulejówką i Jamnicą (Sygulski 2006). Jej pierwotne źródła znajdowały się na terenie obecnego parku im. Szarych Szeregów. Bardzo szybko pozostało po nich tylko „błoto”, a dawnym korytem zaczęły płynąć wyłącznie cuchnące ścieki. Bałutka w odróżnieniu od Łódki zawsze była strumieniem ubogim w wodę, głównie za sprawą niewielkiego wcięcia w dno doliny i wyścielenia jej podłoża trudno przepuszczalnymi glinami (Ziomek 2002). Z tego też względu i z uwagi na znaczną kapryśność siła wód Bałutki nigdy nie była wykorzystywana. Obecnie na większości swego biegu struga znajduje się pod ziemią, jest ujęta w kanał i przyjmuje ścieki burzowe, m.in. z osiedla im. Władysława Reymonta na Teofilowie. Dopiero poniżej alei Włókniarzy Bałutka płynie trapezowym sztucznym korytem otwartym i uchodzi do Łódki w parku im. Józefa Piłsudskiego, na wysokości ulicy Rzeszowskiej.

Stoczanka jest natomiast lewostronnym dopływem Łódki, którego źródła znajdowały się na Stokach, w rejonie ulicy Giewont i obecnego parku im. Zaruskiego, a ujście – powyżej ulicy Źródłowej. Obecnie ciek rozpoczyna się wylotem kolektora deszczowego i na krótkim odcinku płynie otwartym rowem trapezowym. Niżej, wzdłuż ulicy Telefonicznej, podąża już w zakrytym kanale. W przeszłości Stoczankę traktowano często błędnie jako główne koryto Łódki. Kolejny niewielki i także lewostronny dopływ tej rzeki – Starowiejska Struga – zapisał się nawet w historii Łodzi: to właśnie nad jego brzegiem założono osadę Łódź (późniejszą Starą Łódź lub Starą Wieś). W źródłach pisanych wieś ta pojawiła się dopiero w 1332 roku, jednakże badania historiograficzne dowodzą, że istniała już w XI wieku (Zajączkowski 1976). Struga widnieje też na mapie Johnneya (rys. 2.5) i to właśnie ona zasila niewielkie prostokątne stawy w Folwarku, zapewne rybne. We współczesnej topografii miasta obecność dawnej doliny Starowiejskiej Strugi jest dobrze widoczna, tworzy ona m.in. obniżenie na odcinku ulicy Pomorskiej, pomiędzy ulicami Sterlinga

i Kilińskiego. Natomiast nazwą Suchy Ner był przed drugą wojną światową określanym ciek odwadniający obszar Starego Polesia. To właśnie wzdłuż niego funkcjonują współcześnie stawy w parku im. Józefa Piłsudskiego. Sama nazwa wskazuje na to, że już dość dawno zaczął on przypominać większość współczesnych cieków odwadniających miasto i napełniał się wodą tylko podczas wezbrań. Suchy Ner uchodzi pod ziemią do Łódki w rejonie skrzyżowania ulic Konstytucyjnej i Krakowskiej.

### 2.2.6. Jasieniec

Jasieniec jest kolejnym łódzkim dopływem Neru. Jego długość wynosi 8,3 km, w górnym biegu posiada niewielki, ale trwały naturalny przepływ, a dodatkowo poprzez rowy i system kanalizacji burzowej odbiera wody okresowo lub epizodycznie spływające z północno-zachodniego fragmentu Łodzi (z powierzchni około 19,2 km<sup>2</sup>). System górnych miejskich dopływów Jasienca jest dość rozbudowany, gdyż uchodzi do niego na terenie Łodzi co najmniej dziewięć bezimiennych strug i rowów odwadniających (Wierzbicki i in. 2010).



**Fot. 2.18.** Jasieniec obok ruin „Konstilany” w Konstytucyjnej

**Źródło:** A. Bartnik



Do początku lat 70. XX wieku Jasieniec był o około 1,2 km dłuższy niż dziś i zasilał kilka niewielkich stawów, lecz wskutek budowy łódzkiego osiedla Teofilów źródłowy odcinek koryta rzeki ujęto w podziemny dren, który zasypano. W miejscu niektórych zbiorników wodnych powstały zaś tereny zielone ze sztucznymi sadzawkami, na przykład w parku Stefana Żeromskiego. Rzeczka musiała prowadzić sporo wody, skoro od 1825 roku funkcjonowała obok niej, we wsi Huta Jagodnica, mała huta szkła na dwa piece (Bonisławski 2008). Jasieniec, podobnie jak Olechówka, nie odegrał jednak większej roli w przemysłowym rozwoju miasta, a i dziś jego znaczenie w gospodarce wodno-ściekowej i krajobrazie Łodzi jest marginalne, chociaż został on na całej długości uregulowany, a na znacznym odcinku – skanalizowany.

Dziś Jasieniec zaczyna się na rzędnej około 190 m n.p.m. wylotem jednego z kanałów burzowych na osiedlu Teofilów i po przepłynięciu około 3,9 km wypływa z terenu Łodzi. W dolnym odcinku rzeka przepływa przez północno-zachodnią część Konstantynowa Łódzkiego (fot. 2.18) i wpada do Neru na rzędnej około 157 m n.p.m., tuż poniżej tego miasta i 0,4 km od ujścia Łódki. Powierzchnia zlewni Jasiońca wynosi około 23,3 km<sup>2</sup>. Rzeka i jej dopływy wskutek prac regulacyjnych nie mają większego znaczenia przyrodniczego – cieki są silnie zmienione. Sama dolina wyróżnia się jednak pozytywnie w krajobrazie Łodzi: stanowi bowiem jedną z enklaw krajobrazu rolniczego w granicach miasta. Istniejąca tu nadal mozaika ekosystemów łąkowych, pól uprawnych i zadrzewień jest też miejscem występowania wielu gatunków zwierząt związanych z tego typu siedliskami. W związku z powyższym znaczny obszar zlewni środkowego Jasiońca planuje się objąć ochroną krajobrazową w ramach projektu Zielone Skarby Łodzi.

### 2.2.7. Zalewka

W 1591 roku Zygmunt Grudziński, postać bardzo ważna dla Lutomierska, dał swemu słudze Pawłowi Postolskiemu dom, którego lokalizację określono następująco: „*In planicie alias na Łęgu post Pontem iuxta fluvium dictum Czarny Strumien*”. Natomiast w 1609 roku odnotowano istnienie, należącego do Lutomirskich, młyna Chabienin nad rzeką Nerzic (Nerzec). W 1650 roku strugę tę nazwano zaś Habienką, zapewne od wyżej wymienionej osady młyńskiej, a nieco później Wrzącą – od nazwy wsi, przez którą płynęła (Głąb 2017). Skąd wzięła się zatem dzisiejsza nazwa Zalewka? Trudno powiedzieć, choć można przypuszczać, że od sąsiadującej z rzeką wsi Zalew, gdzie znajduje się duży kompleks stawów hodowlanych.

Zalewka bierze początek na rzędnej 190 m n.p.m., na północ od wsi Kudrowice. Na odcinku do ujścia przyjmuje trzy małe bezimienne cieki zasilające kilka zespołów stawów hodowlanych. Jeden z nich odbiera też wody z mechaniczno-biologicznej oczyszczalni w Porszewicach w ilości 10 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>. Koryto Zalewki jest uregulowane. Po przepłynięciu 11,9 km rzeczka uchodzi do Neru na rzędnej 151 m n.p.m., tuż przed mostem w Lutomiersku. Powierzchnia jej zlewni wynosi 41,8 km<sup>2</sup>. Podobnie jak Jasieniec, Zalewka jest JCWP (struga nizinna lessowo-gliniasta) o złym stanie ogólnym, przy czym jej bieg ma na wielu odcinkach charakter niemal naturalny (fot. 2.19).



**Fot. 2.19.** Zalewka w dolnym biegu

**Źródło:** A. Bartnik

### **2.2.8. Lubczyna**

Etymologia nazwy tego ciekru nie jest całkiem jasna. Pochodzi najprawdopodobniej od imienia Lubka, a to z kolei od słowa *lubo* oznaczającego „miło”, „przyjemnie”. Źródła hydronimiczne wskazują równocześnie na, potwierdzoną trzykrotnie w księgach łęczyckich, nazwę miejscową rzeki – Lubcza (Wolnicz-Pawłowska 2006).

Źródła tej rzeczki znajdowały się niegdyś ok. 50 m na wschód od skrzyżowania łódzkich ulic Kotarbińskiego i Ciepłarnianej. Jeszcze pół wieku temu na południe od dawnej wsi Grabieniec istniał w tym miejscu niewielki staw wykopany w niszy

źródłiskowej. Starsi mieszkańcy tej okolicy pamiętają, że można było nawet pływać po nim łódką. Po drugiej wojnie światowej wieś Grabieniec została włączona w granice Łodzi, a wraz z rozbudową osiedla Teofilów źródło Lubczyny stopniowo wysychało i wskazany staw w końcu zasypano. Obecnie w tym miejscu, nazywanym Trzy Wyspy, znajduje się nawet niewielki pagórek, a woda w odcinku źródłowym strugi pojawia się okresowo dopiero 900 m dalej, poniżej ulicy Szczecińskiej.

Następnie koryto Lubczyny biegnie w kierunku zachodnim, jednak w Rąbieniu skręca na południe, wzdłuż budowanej obecnie trasy S14, a od Niesięcinia kieruje się ponownie na zachód, obok ulicy Okołowicza, i następnie przebiega między miejscowościami Babiczki i Babice. W dolnym biegu ciek omija Kazimierz oraz Lutomiernik i wpływa do Neru w Zdziechowie, a ujście strugi jest zasypane osadami i mocno zarośnięte. W 2004 roku średnie natężenie przepływu Lubczyny w górnym biegu wynosiło  $0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , choć na skutek budowy wspomnianej wyżej trasy szybkiego ruchu i skierowania do ciek wód ściekowych z tej drogi będzie ono okresowo wzrastać, co może wywołać zmiany morfologiczne koryta poniżej ujścia kolektorów. Dziś koryto Lubczyny jest niemal w całym swoim biegu wyprostowane: ciek płynie głównie przez pola uprawne i niewielkie zagajniki. W dolnym biegu rzeka włączona jest w system melioracyjny łąk nadnerzańskich, w sąsiedztwie Kazimierza i Lutomiernika i w tej części płynie wieloma wzajemnie krzyżującymi się korytami (fot. 2.20). Praktycznie na całej długości, po obu stronach strugi, rozciąga się wąski pas drzew i zarośli o szerokości około 10 m na każdym z brzegów.



**Fot. 2.20.** Dwa spośród wielu koryt Lubczyny w pobliżu ujścia do Neru

**Źródło:** A. Bartnik

Łąki w rejonie Kazimierza i Lutomierska, między innymi nad Lubczyną, były w przeszłości przedmiotem sporu mieszkańców obu miast o prawo do ich użytkowania (Mokras-Grabowska, Rzeńca 2007). Dochodziło do licznych kradzieży płodów rolnych i zwierząt hodowlanych, a nawet regularnych bitew, w których mieszczanie nie tylko odnosili rany, ale nawet ginęli. Słynna jest anegdota dotycząca historii Kazimierza, mówiąca o tym, że burmistrz tego miasta w odpowiedzi na prośbę władz Lutomierska o wypożyczenie szubienicy do wykonania egzekucji urzędowo odpowiedział: „Szubienice mamy dla nas i naszych synów, a nie dla obcych”.

Lubczyna odwadnia obszar jednego z dwóch rezerwatów na terenie zlewni Neru – torfowiska Rąbień, jedyne w województwie łódzkim torfowiska wysokiego (z licznymi torfiankami). W XIX wieku zysk z produkcji kopalni torfu w miejscowości Rąbień sięgał pięciu tysięcy rubli srebrem rocznie (*Słownik geograficzny...* 1880–1914). Z hydrograficznego punktu widzenia ciekawe jest też to, że gdyby nie pas niezbyt dawno powstałych wydm śródlądowych, obszar torfowiska przynależałby do sąsiedniej zlewni Bełdówki (por. rozdz. 2.3.2).

### 2.2.9. Pisia I

Nazwa tej rzeczki jest bardzo często spotykana w regionie łódzkim i całej środkowej Polsce – tylko w zlewni Neru występują co najmniej trzy Pisie, przy czym te największe są jego dopływami lewostronnymi. Może dlatego należało je ponumerować. Jednak numeracja w różnych źródłach jest różna, a czasem niekonsekwentna, i chyba dlatego w aktualnie obowiązującym podziale hydrograficznym w ogóle z niej zrezygnowano i mamy w zlewni Neru aż trzy Pisie. By rzecz uporządkować, przyjęliśmy, że najbliżej początku Neru uchodzi Pisia I, potem Pisia II, a najbardziej oddaloną od tego miejsca jest Pisia III. Taki układ nazw jest zgodny z zasadą przyjmowaną w tzw. porządku hydrograficznym.

Językoznawcy twierdzą, że nazwa Pisia jest wtórną formą od niemieckiego *Fließ* (rzeka), transformowaną najpierw na Fisia (Babik 2001). Nie bez znaczenia dla popularności tej nazwy jest też zapewne fakt, że nawiązuje ona do starosłowiańskiego „wstydu białogłowskiego” (Dziobałtowska-Chciuk 1996). W tym kontekście warto przypomnieć starą sprośną piosenkę zacytowaną w powieści Bohdana Czeszki pod tytułem *Powódź*: „Szła pisia z Kalisza, nad wodą siadła, ej pisiu, pij wodę, boś kielbasę jadła”.

Lewostronny dopływ Neru nazwany Pisią I (używane są niekiedy nazwy Pisa lub Plisia) bierze początek z łąk położonych na południe od Bud Stryjewskich, na rzędnej około 184 m n.p.m. W górnym biegu struga jest uregulowana i do miejscowości Kiki płynie w kierunku wschodnim. Poniżej, po przyjęciu paru bezimiennych dopływów, Pisia I zmienia kierunek na północny, zasilając po drodze kilka stawów hodowlanych (większość z nich pozostała po piętrzeniach młynskich). Za Kwiatkowicami struga zmienia ponownie kierunek płynięcia na zachodni oraz północno-zachodni i przyjmuje spory ciek z Dobruchowa. W dolnym

i środkowym biegu pojawiają się odcinki meandrujące. Rzeczka uchodzi do Neru na rzędnej około 130 m n.p.m. i po przepłynięciu ponad 27 km, a u ujścia napędza jeszcze zabytkowy młyn wodny Jaruga w Małyniu. Struga zbiera wodę z obszaru ponad 140,7 km<sup>2</sup>.



**Fot. 2.21.** Nieistniejący już dziś młyn na Pisi I w Wodzieradach-Leśnicy w 1916 roku

**Źródło:** NCC, sygn. 107-1128-6

Na Pisi I działało niegdyś kilka kół wodnych (młynów, tartaków), np. w Pile koło Kik, Chorzeszowie (niem. Verfallene Muhle, Zapadnięty Młyn), Babińcu koło Józefowa, Leśnicy-Wodzieradach (fot. 2.21), Kwiatkowicach, Piorunowie, Przyrownicy (dziś jest tu również młyn, ale elektryczny) oraz Małyniu.

Na podstawie przesłanek wynikających ze średniowiecznego rodowodu niektórych miejscowości lub otrzymanych przez nie wiejskich lokacji na prawie niemieckim można przypuszczać, że część wymienionych młynów, np. w Piorunowie (wieś wzmiankowana w 1390 roku), Przyrownicy (1380) i Kwiatkowicach (1279), istniała znacznie wcześniej niż w końcu XVIII wieku (Kucharski, Lamprecht 2005). Bardzo ciekawa jest historia młyna w Małyniu: od ponad stu lat nieprzerwanie miele on zboże, a stara turbina Francisa z mielnikiem mającym zębatki z drewna grabowego sprawuje się do dziś znakomicie. Młyn oraz sąsiednia elektrownia wodna na Nerze są od dawna własnością rodziny Jarugów. Natomiast na terenie Piorunowa równie dawno założono kompleks stawów hodowlanych. W 1933 roku i później u właścicieli Piorunowa przebywała Maria Dąbrowska (fot. 2.22) i to tu pisarka stworzyła duży fragment *Nocy i dni*, a rosnące na pioruńskich stawach

„grzybienie północne” zrywał w tej powieści dla późniejszej Barbary Niechcic wielce przystojny Józef Tolibowski (Wikipedia.pl).



**Fot. 2.22.** Młyn i staw w Piorunowie z grzybieniami i wędkarzami

**Źródło:** A. Bartnik

### 2.2.10. Pisia II

Pisia II, nazywana też Strugą Piaski lub Wilamówką, jest także lewobrzeżnym dopływem Neru. Początek rzeki znajduje się w sąsiedztwie Wilamowskiego Lasu, w okolicy Wrzeszczewic, na rzędnej około 178,5 m n.p.m. Po wypłynięciu z tego lasu ciek zasila zespół stawów rybnych. Koryto Pisi II jest niemal w całym biegu wąskie i uregulowane, a na odcinku do Lichawy ma charakter rowu melioracyjnego o szerokości do 0,7 m. W Bąkach rzeczka zasila kolejne stawy i odbiera niewielkie ilości wody z uchodzących do niej cieków i rowów. Pisia II staje się tu również szersza (1–2 m), a jej głębokość rośnie do 0,2 m. Poniżej mostu w Zygrach szerokość ciek ponownie wzrasta, nawet do 3–4 m, ale zmniejsza się jego głębokość. W PudłóWKu do Pisi II wpada dopływ ze Stefanowa, dawniej nazywany Pniewą lub Olchną (Kozierowski 1926), a tuż przed ujściem – kolejny rów zbierający wody z południowo-zachodniej części doliny Neru. Dolina Pisi II jest niewyraźnie zaznaczona w morfologii i pokryta zawikłaną siatką rowów melioracyjnych. Po przepłynięciu prawie 29 km i zebraniu wód z powierzchni około 133,4 km<sup>2</sup> struga uchodzi do Neru w okolicy wsi Busina na 59 km jego biegu i rzędnej 118 m n.p.m.

Na Pisi II istniały niegdyś co najmniej trzy młyny wodne: w Rzepiszewie-Bugaju, Zygrach i Bąkach (pozostał staw). W miejscowości Zygrzy młyn działał jeszcze przed drugą wojną światową, a jego ślady widoczne były w korycie do połowy lat 70. XX wieku. Pozostałości po nim usunięto w momencie regulowania koryta rzeczki. W sąsiedztwie młyna w Zygrach i na okolicznych łąkach często koczowały, licznie tu przybywające, taborzy romskie, bowiem Pisia była czysta, wąska i głęboka, a przez to pełna ryb i raków. Dziś również stan ekologiczny rzeczki uznano za umiarkowany, a chemiczny – za dobry. Swoistym symbolem Zygier i Pisi II była oddana do użytku w latach 1962–1968 przekaźnikowa wieża radiowo-telewizyjna o wysokości 325 m i cały zespół obiektów towarzyszących. Dziś ta trzecia co do wysokości budowla w Polsce nadal działa, choć przekaźnik transmituje tylko cyfrowe sygnały telewizyjne.

### 2.2.11. Bełdówka

Bełdówka to drugi co do długości (30,8 km), po Kanale Królewskim (z Zianem), dopływ Neru. Obecnie rzeka rozpoczyna swój bieg z licznych wycieków na podmokłych łąkach leżących na południe od wsi Grunwald (ok. 4 km na południowy wschód od Aleksandra Łódzkiego). Wpływy te nie mają charakteru stałego i często zanikają w okresie zimy. Istnieją jednak wyraźne ślady w morfologii terenu świadczące o tym, że wcześniej Bełdówka miała swój początek około 900 m wyżej, w miejscowości Piaskowa Góra. W nadal istniejącym tu korycie woda pojawia się epizodycznie po silnych deszczach, a czasem w sezonie roztopowym. Obecnie (czerwiec 2019) trwa remont i pogłębianie stawów w Zgniłym Błocie, co może skutkować dalszym obniżaniem się miejsca wypływu rzeki.

Bełdówka początkowo płynie w kierunku północno-zachodnim przez liczne sztuczne stawy znajdujące się dawniej w majątkach Sarnowskich i Bełdowskich (Suliborski, Kulawiak 2017). Po wojnie utworzono tu przedsiębiorstwo rolne z siedzibą w Sarnowie, a nieco później, w wyniku reorganizacji, podzielono je na dwa odrębne zakłady rolne – PGR Bełdów oraz PGR Sarnów. Od wsi Prawęcice rzeka skręca na zachód i płynie podmokłą doliną z licznymi torfowiskami, a następnie uchodzi do Neru we wsi Góra Bałdrzychowska na rzędnej ok. 116 m n.p.m. W 1960 roku przekopano koryto Neru w kierunku Bełdówki, skracając tym samym bieg rzeki o ok. 200 m.

Średnia szerokość cieku głównego wynosi około 6 m, przy zmianach w zakresie 5–7 m, a średnia głębokość wody to 0,5 m (wahania od 0,4 do 1,0 m). Dno jest piaszczyste, piaszczysto-muliste, a w zastoiskach muliste (*Wojewódzki Program...* 2005). Dolina Bełdówki w rejonie Kałowa wraz z bagnami i pobliskim lasem leżą w obrębie Puczniewsko-Grotnickiego Obszaru Chronionego Krajobrazu.

Bełdówka przyjmuje cztery dopływy nazwane (trzy prawe i jeden lewy). Największy z nich to Srocza biorąca początek ze stawów na wschód od Malanowa, drugim pod względem długości jest Kucinka wypływająca na południe od Krasnodębów, a pozostałe to dopływ Kucinki spod Dalikowa, uregulowana Bełdowianka,

i najkrótsza Tumosinka. Beldówka odbiera też wody pościekowe z małej oczyszczalni w Sarnowie w ilości ok.  $6 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ .

Obecna nazwa rzeki pochodzi od wsi Beldów, której początki sięgają średnio-wieczna (Suliborski, Kulawiak 2017). W niektórych opracowaniach bywała ona błędnie zapisywana jako Bałdówka (m.in. *Słownik geograficzny...* 1880–1914), a pierwotna nazwa ciek – Bzdura – powstała zapewne od czasownika „bździeć”, co znaczyło „oddawać gazy, pierdzieć” (*Elektroniczny słownik hydronimów Polski*) i najprawdopodobniej nawiązywało do rozległych mokradeł wzdłuż biegu rzeki. W zapisach archiwalnych (m.in. na mapie Dawida Gilly’ego 1802–1803) Beldówka figuruje niekiedy pod nazwą Mierczna.

Przeważającą część zlewni Beldówki stanowi obszar płaski, miejscami lekko falisty o małych spadkach. Jedynie w północnej i północno-wschodniej jego części rzeka odwadnia fragmenty pasa wzgórz morenowych rozciągających się od Ozorkowa do Dalikowa (Dylik 1953). Spadki dolin i koryt rzecznych cieków w zlewni są niewielkie, wskutek czego występują liczne meandry Beldówki oraz odnogi i zakola Kucinki i Sroczki. Doliny tych strumieni nie mają wyraźnych granic i z reguły są bardzo szerokie (w przypadku Beldówki 2–3 km), tworząc szerokie zabagnione zagłębienia o charakterze łąkowo-torfowym. Na tę dysproporcję pomiędzy szerokością Beldówki i jej doliny zwrócił kiedyś uwagę Stanisław Lencewicz (1927). Zgodnie z jego teorią dolina Beldówki jest starą doliną Bzury, która w późniejszym okresie przełamała się przez pas wzgórz na północ od Adamowa Starego i skierowała swe wody do Wisły. Potwierdzeniem tej tezy ma być asymetryczny przebieg działu wodnego I rzędu na wysokości Bzury.

Cechą charakterystyczną Beldówki ( $192 \text{ km}^2$ ) jest stosunkowo duży udział zbiorników wodnych w powierzchni zlewni (ponad 2%). Powstawały one przez wieki jako widomy efekt wykorzystania wody do celów hodowlanych i energetycznych (por. rozdz. 2.3.1). *Słownik geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich* (1880–1914) wspomina o sześciu stawach i tyłuż młynach na samej Beldówce oraz czterech kolejnych na jednym z jej dopływów (prawdopodobnie chodzi o Sroczkę). Przywoływany często Gilly (1802–1803) na swojej mapie zaznaczył nawet jedenaście młynów (Rombien, Grzymkowawola, Słowik, Beldów, Żakowiec, Sarnówek, Sarnów, Zdzichów, Fulki, Pustkowie, Góra Bałdrzychowska – pisownia oryginalna).

Od stycznia 1956 do końca 1960 roku funkcjonował na Beldówce w Kałowie (5,7 km) posterunek wodowskazowy (fot. 2.23). Codzienne pomiary stanu wód prowadzono w tym czasie systematycznie; wykonano też cztery pomiary przepływu (tylko) przy pomocy młynka hydrometrycznego. Obserwacji i pomiarów zaniesiano po zakończeniu prac melioracyjnych w dolinie i regulacji rzeki. W okresie obserwacyjnym stany wód wahały się w zakresie niespełna 100 cm. Najwyższe cechowały miesiące zimowe, minima pojawiały się w maju, czerwcu i wrześniu. Pomiary natężenia przepływu prowadzone w okresie obserwacji wodowskazowych były bardziej zróżnicowane. Minima zmierzono w listopadzie 1956 i wrześniu 1960 roku – po ok.  $230 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , z kolei maksymalny zmierzony przepływ



( $754 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) wystąpił w sierpniu 1958 roku. Ta spokojna rzeka potrafiła jednak też wylać. Świadczy o tym doniesienie prasowe zamieszczone w „Dzienniku Łódzkim” (*Kulminacyjna fala...* 1963), w którym zawiadamiano, że podczas gwałtownych roztopów zostały przerwane wały na Bełdówce, zaś powstałe wyrwy załatano workami z piaskiem.



**Fot. 2.23.** Nieistniejący już wodowskaz na Bełdówce w Katowiu we wrześniu 1966 roku

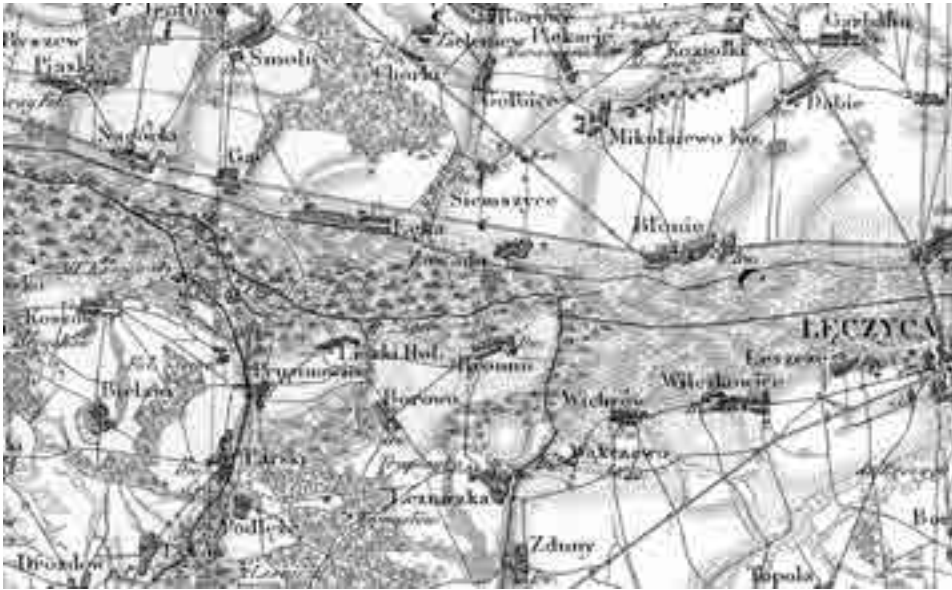
**Źródło:** J. Ruszkowski

### 2.2.12. Kanał Królewski z Zianem i Gnidą

Kanał Królewski, nazywany też kanałem Łęka-Dobrogosty, do ujścia rzeki Zian ma 7 km długości i odwadnia znaczny obszar pradoliny Bzury-Neru. Sztuczny rów rozpoczyna się pod wsią Dobrogosty, w sąsiedztwie nowego koryta Bzury, na rzędnej około 96 m n.p.m. W górnym odcinku jest on stosunkowo wąski (2–5 m) i tak mocno zarasta, że czasem trudno go zauważyć w terenie. Spadek cieków na odcinku pierwszych 5,0 km jest praktycznie zerowy (często występuje tu zjawisko bifurkacji). Całkowita długość Kanału (do ujścia w Nerze) wynosi 23,6 km, a powierzchnia zlewni (bez zlewni Zianu) osiąga przy ujściu 99,3 km<sup>2</sup>.

Koryto w środkowym biegu cieków jest stosunkowo szerokie (lokalnie nawet 10 m) i lepiej utrzymane niż w pozostałych odcinkach. Przy ujściu Kanał jest znów wąski i prowadzi niewiele wody. Przyczyną jest drenaż liniowy (kaptaż podziemny)

wywoływany przez niżej położone koryto sąsiedniego Neru. Uchodzący do Kanału na jego 16,6 km Zian ma długość 38,3 km i wraz ze swoimi dopływami – Gnidą i Nidą – odwadnia 175 km<sup>2</sup> powierzchni. Łącznie powierzchnia zlewni Kanału Królewskiego wynosi 274,3 km<sup>2</sup>. O ile jest on wraz z towarzyszącą mu siecią rowów i stawów odwadniających pradolinę Bzury-Neru tworem sztucznym, o tyle pozostałe wymienione ciek jego systemu są naturalne, choć mocno zmienione w wyniku działalności człowieka (rys. 2.6).



**Rys. 2.6.** Pradolina Bzury-Neru na Topograficznej Karcie Królestwa Polskiego (1:126 tys.) z 1843 roku. Widoczny Zian i jego ujście do Neru oraz Kanał Królewski

**Źródło:** Podlaska Biblioteka Cyfrowa, sygn. K-1748

Historia Kanału Królewskiego (kanału Łęka-Dobrogosty), łączącego Ner z Bzurą przez pradolinę Bzury-Neru, jest stosunkowo długa i ciekawa. Pierwsze pomysły połączenia Wisły z Wartą kanałem żeglownym biegnącym w tym miejscu sięgają bowiem początku XVIII wieku (Piasecka 1970).

*Tu właśnie rząd przeszły zamyślał uskutecznić wielkie dzieło połączenia Wisły z Wartą; iakoż wszystko w tem miejscu wzywało go do tak chwalebego przedsięwzięcia: sposobne położenie, mierne koszty, odkrycie naysiękniejszych równin i ułatwienie odbytu niewyczerpanym źródłom miejscowych bogactw natury, ukazywały mu korzyści przeważające nawiększe ofiary. Leniwy spadek wód rowem od Bzury do Pastry, a stąd do Neru ukazywał widocznie małą różnicę wzajemnych rzek wysokości. Wykopanie zaś kanału tą niziną na 24 gg. prętów długości, od Neru pod Łęką aż do Łęczycy, podług ścisłej rachuby Inżynierów nie miało ani znaleźć żadnej trudności, ani*

*kosztować więcej iak 20 337 talarów i 8 dgr. Ten krótki przekop miał połączyć razem cztery znaczne rzeki, które w różnych kierunkach od swych źródeł sięgałyby nayodleglejszych i posad kraiu (Surowiecki 1811).*

Także sławny wówczas architekt Jan Ferdynand Nax w pracy z 1790 roku bardzo namawiał do połączenia w tym miejscu Warty i Bzury. Jednak już po dwudziestu latach (w 1809 roku) nawet on ocenił ten projekt negatywnie, wskazując, że długość kanału łączącego te dwa duże dorzecza byłaby tu nazbyt wielka, a koszty budowy – bardzo wysokie (Piasecka 1970).

Do pomysłu połączenia obu rzek powrócił ponownie rząd pruski po rozbiorach Polski. Ówczesny projekt przewidywał nie tylko przekopanie kanału od Neru pod Łęką do Łęczycy nad Bzurą, ale zakładał również regulację trzech rzek: Bzury, Neru i Warty do Konina. Na odcinku od Neru do Bzury planowano budowę dwu śluz, a na obu rzekach – aż dwunastu takich obiektów. Koszt realizacji całego projektu był jednak ogromny, a szybko zachodzące zmiany polityczne powodowały odsuwanie w czasie tego przedsięwzięcia, aż wreszcie plany odłożono na półkę i właściwie o nich zapomniano (tamże). Idea powróciła na krótko na początku XX wieku, ale w 1901 roku inżynier Aleksander Sadkowski napisał:

*Z naszej strony, powtarzamy raz jeszcze, nie widzimy żadnej natychmiastowej potrzeby budowy kanału pomiędzy Wartą od Koła do Konina a Wisłą pod Włocławkiem, o ile, i na to nacisk kładziemy, ma to być w sobie zamknięta całość, bez dalszych i to bardzo daleko sięgających zamierzeń. Miejscowe potrzeby kraju kanału dla nich specjalnego nie wymagają, a kanał tranzytowy pomiędzy dolną Wisłą i Odrą już istnieje i warunkom spławu drzewa i zboża do rzeczywistych środowisk handlu drzewem i zbożem (Gdańska, Bydgoszczy, Berlina, Szczecina) w zupełności odpowiada (Sadkowski 1901).*

Tak chyba zakończyła się nierozpoczęta nawet żeglugowa kariera kanału łączącego Ner z Bzurą. Wiele lat później pomysł powrócił, ale cel budowy kanału był już zupełnie inny.

Dzisiejszy Kanał Królewski oraz system rowów doprowadzających do niego wodę z rozległych podmokłości i torfowisk leżących w środkowej części pradolinie Bzury-Neru zbudowano, a w części odtworzono, w latach 60. i 70. XX wieku. Sztucznie utworzone koryto przebiega równoleżnikowo, a na sporym odcinku – na północ od koryt dolnego Neru i górnej Bzury (fot. 2.24).

Kanał rozpoczyna się w zlewni Bzury, nieco na wschód od Łęczycy (wieś Dobrogosty), i biegnie dalej na zachód, przecinając dział wodny I rzędu (Wisła/Odra), a w końcu wpływa do zlewni Neru, uchodząc do tej rzeki tuż przed Dąbiem na rzędnej około 93 m n.p.m. Spadek Kanału jest minimalny i przy wysokich stanach wód powierzchniowych i podziemnych w pradolinie (fot. 2.25) często występuje zjawisko bifurkacji, a odpływ odbywa się w obu kierunkach. Lokalizacja „aktualnego działu wodnego” jest bardzo zmienna i trudna do ustalenia.



**Fot. 2.24.** Kanał Królewski na południe od Leszna

**Źródło:** A. Bartnik

W końcu września 2003 roku w sąsiedztwie górnego fragmentu Kanału Królewskiego zapaliły się okoliczne torfowiska (miąższość torfu 3,0 m; powierzchnia 15 ha). Do ugaszenia tego pożaru początkowo przystąpiły jednostki straży pożarnej, ale ich zabiegi były mało skuteczne. Wykopano więc dodatkowy łącznik między Bzurą oraz Kanałem i dzięki spiętrzeniu na krótko wody w Bzurze wykorzystano go do zalania płonących łąk torfowych, gasząc tym sposobem pożar (*Nadal płoną torfowiska* 2003).

Z kolei początek ciekłu Zian, na niektórych mapach błędnie nazywanego Gniądą, znajduje się 0,3 km powyżej przepustu pod autostradą A2, w sąsiedztwie wsi Ignacew Rozlazły i na rzędnej 135 m n.p.m. W tej wsi, podobnie jak w wielu innych miejscowościach w sąsiedztwie pradoliny, występują wyraźne ślady i elementy krajobrazu kulturowego właściwego dla osadnictwa olęderskiego. Są to między innymi pola odchodzące od zagród i obniżające się w miarę zwiększania dystansu od drogi oraz widoczne nasadzenia rzędów topoli i wierzy osuszających teren z nadmiaru wód. Zachowały się tu również dom i zagroda z czasów dziewiętnastowiecznego osadnictwa olęderskiego.

Stały przepływ pojawia się w korycie Zianu dopiero w rejonie autostrady A2. W Parzęczewie struga ma już około 2 m szerokości, stanowi ciek uregulowany, a układ poziomy koryta jest słabo rozwinięty. Przeważają odcinki proste i krótkie łuki o regularnej krzywiźnie. Lokalnie pojawiają się progi piętrzące. W Leźnicy Wielkiej Zian jest spiętrzony groblą i tworzy zbiornik wodny (por. rozdz. 2.3.1), a jego średni przepływ wynosi w tym miejscu  $0,11 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

(Wasilewski, Faflik 2009). Na odcinku do zbiornika struga przyjmuje wody z dwu mechaniczno-biologicznych oczyszczalni w Parzęczewie ( $73$  i  $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ) oraz z oczyszczalni jednostki wojskowej w Leźnicy Wielkiej w ilości  $183 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  i z samej Leźnicy –  $10 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ .



**Fot. 2.25.** Wylew z Kanału Królewskiego w okolicy Bronna. Powódź 21 maja 2010 roku

**Źródło:** M.G. Bojarski

Poniżej zbiornika Zian przyjmuje kilka niewielkich cieków spływających z południa do pradoliny i we wsi Karkosy łączy się z Gnidą na rzędnej około  $100 \text{ m n.p.m.}$  Nazwa powstałej w ten sposób rzeczki na wielu mapach i w opracowaniach jest różna (Zian lub Gnida). Biorąc pod uwagę główny kierunek odwodnienia oraz bieg i wielkość obu dolin, właściwsza wydaje się nam nazwa Zian. Do pradoliny struga ta wpływa poniżej wsi Bronno i uchodzi do Kanału Królewskiego na rzędnej  $94 \text{ m n.p.m.}$  Na wschód od tego miejsca znajduje się duży kompleks torfianek i wyrobisk potorfowych.

Z kolei za początek Gnidy należy przyjąć okresowo zawadziony rów w Ignaciewie Folwarcznym na rzędnej  $147 \text{ m n.p.m.}$  Ciek jest uregulowany, prosty i intensywnie zarasta. W Powodowie struga przepływa pod drogą A2. Od tego miejsca dolina jest bardzo wyraźna i podmokła. Charakterystycznym zjawiskiem są tutaj posadzone co  $100\text{--}200 \text{ m}$  przez osadników olęderskich prostopadłe do koryta pasy olch i wierzb, których zadaniem było osuszanie terenu i osłona upraw przed chłodnymi i wilgotnymi północnymi wiatrami wiejącymi od strony pradoliny. Przed wsią Karkosy, z lewej strony, dopływa do Gnidy struga nazywana Nidą, a  $0,5 \text{ km}$  niżej Gnida łączy się z Zianem.

Rozlewiska oraz bagna i torfowiska pradoliny Bzury-Neru już od wczesnego średniowiecza stwarzały poważne problemy transportowe i komunikacyjne między Wielkopolską i Mazowszem. Jedno z trzech znanych przejść (traktów) przez te błota przebiegało właśnie wzdłuż dolnego biegu Gnidy oraz Zianu i prowadziło przez dwie miejscowości (Dąbie i Sobotka). W tym miejscu w XVI wieku dawne Błota Łęczyckie zwężały się, a na prawym ich brzegu występowały kompleksy leśne, dobrze widoczne choćby na mapie Gilly'ego. Tym właśnie przesmykiem biegła droga z Uniejowa do traktu Łęczyca–Koło. Dodajmy, że w Dąbiu nad Nerem istniała już od XIII wieku komora celna (Rutkowski 1998).

### 2.2.13. Pisia III

Pisia III, zwana niekiedy Pisią Uniejowską, jest małą rzeczką płynącą na pograniczu gmin Dąbie, Poddębice, Świnice Warckie, Uniejów i Wartkowice. To lewostronny dopływ Neru zaczynający się na południe od Bronowa, na wysokości około 117 m n.p.m. Stały przepływ w cieku pojawia się poniżej stawu leżącego w obrębie posiadłości Bronów (fot. 2.26). W latach 1862–1872 mieszkali tu Maria i Jarosław Konopniccy, a dziś w przebudowanym i odrestaurowanym dworku mieści się muzeum poetki. Na południe od miejsca wypływu Pisi III biegnie równoleżnikowo rozległa, dzisiaj martwa, ale mocno podmokła i wysłana torfowiskami, forma dolinna łącząca doliny Neru i Warty (Borówka i in. 2014) (por. rozdz. 2.3.2).



**Fot. 2.26.** Bronów – zarośnięty staw w pobliżu dawnego domu Konopniczych

**Źródło:** A. Bartnik

W górnym biegu, poniżej Bronowa, dolina Pisi III jest bardzo wąska i słabo wyróżnia się z otaczającego ją terenu. Ciek ma tu charakter wąskiego wysychającego rowu i zasila niewielkie stawy w Bronówku i Zelgoszczy. Za ostatnią z tych miejscowości dolina stopniowo się rozszerza, by przed lasem w okolicy Biernacic osiągnąć szerokość ponad 1 km. W rejonie Zelgoszczy oraz poniżej Zaborowa dolina jeszcze dwukrotnie się zwęża, gdyż ciek przecina dwa pasy wydm (Chmielecki, Kucharski 2016). Mimo niewielkich rozmiarów rzeczka stwarza lokalne zagrożenie powodziowe. W latach 1997, 2001 oraz 2010 w jej dolnym, a nawet środkowym biegu zanotowano liczne wylewy i podtopienia spowodowane długotrwałymi opadami (np. 18 maja 2010).

W środkowym biegu struga przyjmuje niewielki ciek z okolic Stemplewa. W jego sąsiedztwie hrabia Aleksander Toll zbudował w XIX wieku dworek i znaną w ówczesnej Polsce gorzelnię. Dobra uniejowskie (zamek w Uniejowie i Stemplew) oraz tytuł hrabiowski, w nagrodę za zasługi dla armii carskiej, otrzymał jego rosyjski przodek generał i hrabia Karol von Toll. Jako szef sztabu feldmarszałka Iwana Dybicza przyczynił się bowiem do rozbicia wojsk polskich w powstańczej bitwie pod Ostrołęką w maju 1831 roku. Po rewolucji w Rosji Tollowie schronili się w Stemplewie, gdzie przebywali do czasów odzyskania niepodległości przez Polskę. Wtedy gorzelnię i resztę majątku skonfiskowano i wystawiono na sprzedaż. Od 1982 roku w budynku stemplewskiego dworku mieści się specjalny ośrodek szkolno-wychowawczy dla dzieci upośledzonych (*Stemplew dawniej...* 2007).

Dolny bieg Pisi III rozpoczyna się właściwie tuż po przepłynięciu przez przepusty autostrady A2 w rejonie Kozanek Wielkich. Nieco poniżej tego miejsca wpływa ona w obręb pradoliny Bzury-Neru i przyjmuje ciek z Wyganowa. W odcinku ujściowym rzeczka stanowi granicę administracyjną województw łódzkiego i wielkopolskiego.

Na całej swej długości dolina Pisi III jest wycięta w osadach i eluwiach gliny zwałowej zlodowacenia warty. Dno doliny w większości pokrywają piaski i mułki z okresu zlodowacenia północnopolskiego oraz holocenijskie namuły i torfy. W pobliżu Roźniatowa oraz Zaborowa płytko występują węglanowe osady mastrychtu. Są one przez miejscową ludność wykorzystywane jako materiał budulcowy. Koryto Pisi III jest w całości uregulowane i wyprostowane, a w lecie intensywnie zarasta. Na całym odcinku rzeczka prowadzi niewielkie ilości wody, a następnie uchodzi do Neru na rzędnej około 93 m n.p.m., w pobliżu południowo-wschodnich krańców Dąbia. Długość strugi wynosi 17,6 km, a powierzchnia zlewni – 64,1 km<sup>2</sup>.

## 2.3. Zbiorniki wodne i mokradła

### 2.3.1. Zbiorniki wodne

W okresie eemu i wczesnego vistulianu na terenach Łodzi i obszarach sąsiednich, w tym w górnej części zlewni Neru, występowały liczne naturalne zbiorniki wodne szybko wypełniane osadami jeziornymi i bagiennymi. Tylko w zlewni

Neru stwierdzono sześć takich obiektów mających charakter oczek wytopiskowych, rynien polodowcowych lub dużych starorzeczy. W samej Łodzi i okolicach na powierzchni około 50 km<sup>2</sup> udokumentowano jedenaście takich kopalnych zbiorników wypełnionych między innymi osadami vistulianu i holocenu. Wskazuje to na występowanie w tej części Polski swoistego pojezierza eemskiego podobnego do istniejących dziś w północnej Polsce (Roman 2017). Także w późnym vistulianie funkcjonowało w tej części Polski wiele zbiorników wodnych o różnej genezie i wielkości, które później w sposób mniej lub bardziej naturalny zostały wypełnione różnymi osadami, np. torfami (Dzieduszyńska, Petera-Zganiacz 2016). Ner w vistulianie i holocenie był przy tym rzeką hydrologicznie bardzo aktywną. Świadczy o tym między innymi ogromna różnorodność form (np. starorzeczy) i osadów dolinnych (np. ich wypełnień) nawet na małych obszarach (Płóciennik i in. 2016).

Aktualnie w zlewni Neru poza niewielkimi i stosunkowo młodymi starorzeczami wypełnionymi jeszcze wodą nie występują inne naturalne zbiorniki wodne. Większość zawodnionych starorzeczy istnieje w dolinie środkowego Neru (Puczniew, Małyń, Wilkowice, Parski) oraz w obrębie pradoliny Bzury-Neru (np. między Dąbiem i Chełmnem). Spotkamy tu dwa rodzaje starorzeczy: długie, wąskie i kręte rynny powstałe najczęściej sztucznie jako odizolowane fragmenty koryta rzeki (wynik przeprowadzonych prac regulacyjnych) oraz zbiorniki o kształcie owalnym (czasem w formie „rogala”), będące fragmentami meandrów, a mające charakter naturalny lub *quasi*-naturalny. Zachowały się one zwykle w wyniku lokalnych działań człowieka. Największe i najlepiej wykształcone są starorzecza położone w sąsiedztwie wsi Podłęże oraz w rejonie Małynia. Stosunkowo mała liczba zawodnionych jeszcze starorzeczy jest w zlewni Neru nie tylko oczywistą konsekwencją ich naturalnego zaniku (wypełnianie osadami i zarastanie), ale również skutkiem wieloletnich i szerokoprzestrzennych prac regulacyjnych i melioracyjnych prowadzonych w dolinie tej rzeki oraz w dolnych odcinkach cieków, które do niej uchodzą.

Ogromna większość istniejących dziś w zlewni Neru zbiorników wodnych to albo obiekty całkowicie sztuczne, albo zbiorniki naturalne mocno zmienione wskutek wielowiekowej działalności człowieka (starorzecza, oczka polodowcowe, jeziora bagienne). Liczną grupę, zwłaszcza w pradolinie i w obrębie torfowisk, tworzą tzw. torfianki, czyli okresowo lub stale wypełnione wodą zagłębienia po wyeksploatowanych, na cele rolnicze i opałowe, złożach torfu. Obiekty takie występują w zlewniach Kanałów Królewskiego i Zbylczego (pradolina Bzury-Neru), zlewniach Pisi I, II i III, a także w martwej dolinie Balin-Chropy (torfowisko Wilczków) oraz zlewni Bełdówki (por. rozdz. 2.3.2). Ocena ich powierzchni, głębokości i objętości jest trudna, a to z uwagi na zmieniający się sezonowo i w wieloletnim czasie zawodnienia oraz postępujący proces zagospodarowywania. W rejonie wododziału Bzury i Neru miąższość torfu, a zatem i głębokość wykopanych tu torfianek, sięga 3 m, w kierunku zachodnim wartość ta maleje do 2 m i mniej. Znajdujące się w zlewni Kanału Królewskiego, udokumentowane, ale nigdy nieeksploatowane,



złoże torfu o nazwie Dolina Gnidy zostało w 1996 roku zweryfikowane negatywnie, głównie z uwagi na położenie na obszarze chronionym i niewielkie zasoby surowca. Miąższość torfu w innych torfowiskach leżących w zlewni Neru bywa znaczna i może sięgać nawet 5 m (Forysiak 2013).

Nieco inny charakter mają zbiorniki wodne powstałe w obrębie wyeksploatowanych lub porzuconych wyrobisk piasków budowlanych, szklarskich lub gliny. Występują one sporadycznie, między innymi w zlewni Kanału Królewskiego, np. w Parzęczewie i Ignacewie, w obrębie tzw. „pasa kemów” oraz w Wilczkowicach, na krawędzi pradoliny Bzury-Neru, a także w Roźniatowie (zlewnia Pisi III) i Kontrawersie (zlewnia Bełdówki). Akwenty te są zwykle niewielkie, płytkie i bezodpływowe powierzchniowo, więc ich zasoby wodne zostają włączone tylko w lokalny proces pionowej wymiany wody (opad – parowanie, czasem infiltracja).

Największą powierzchnię zajmują w zlewni Neru, spiętrzone gołbami lub wykopane, sztuczne zbiorniki wodne na ciekach lub w ich dolinach. Pełnią one bardzo różne funkcje i zadania. Szczególnie licznie występują, zasilane wodami podziemnymi (często aluwialnymi), wodami ze źródeł lub wysięków albo dopływem z rzek lub strug, pojedyncze lub w zespołach, stawy hodowlane i łowiska. Tego rodzaju obiekty wodne spotkamy na całym obszarze zlewni Neru (np. w Bełdowie, Sarnowie, Piorunowie oraz w sąsiedztwie Świnic Warckich). Większość z nich powstała całkiem niedawno, zwłaszcza te w okolicy Łodzi, jednak w wielu przypadkach są one pozostałością po dawnych piętrzeniach młyńskich (np. stawy w Zalewie czy Bąkach) lub powstały w wyrobiskach porzuconych piaskarni (np. w Kontrawersie).

Osobną grupę stanowią zbudowane w różnym czasie i mające odmienne funkcje stawy miejskie w Łodzi. Większość z nich jest pozostałością po dawnych piętrzeniach młyńskich, np. Młynek na Olechówce i Księży Młyn na Jasieniu, albo po dziewiętnastowiecznych przemysłowych zbiornikach technicznych lub ozdobnych stawach parkowych. Większość z tych ostatnich zasilana jest dziś z miejskiej sieci wodociągowej, np. dawny staw na Jasieniu przy Białej Fabryce czy znajdujący się powyżej – Widzewski. Należące do zlewni Neru łódzkie zbiorniki wodne są zwykle niewielkie (poniżej 5 ha), płytkie (poniżej 2 m), a ich pojemność nie przekracza  $10 \cdot 10^4 \text{ m}^3$ . Wyjątkiem są tu znacznie większe i bardziej pojemne Stawy Stefańskiego: istniejące dziś tego rodzaju akwenty były wielokrotnie przebudowywane i zmieniano ich zadania, a współcześnie większość z nich pełni funkcje retencyjną i krajobrazową.

Stosunkowo najtrwalsze są obiekty powstałe w wyniku celowych piętrzeń czy poborów wody z rzek i strug. Przykładem są Stawy Stefańskiego (na Nerze) oraz Stawy Jana i Młynek (na Olechówce) w Łodzi, zalew Lewityn (na Dobrzyńce) w Pabianicach, staw Koziówki (na Zalewce) w Lutomiersku czy zalew w Leźnicy Wielkiej (na Zianie). Akwenty te pełnią różne funkcje, od przeciwpowodziowej i przeciwpożarowej, przez krajobrazową i rekreacyjną, aż do ekologicznej. Dla przykładu w wykazie zarejestrowanych w Polsce kąpielisk znajduje się sześć obiek-

tów położonych w zlewni Neru (Stawy Jana i Stawy Stefańskiego w Łodzi, Nad Stawem w Konstancynie Łódzkiej, Lewityn w Pabianicach, Don Bosco w Lutomierniu oraz Zalew Leżnicki w Leżnicy Wielkiej).

W całej zlewni Neru powierzchnie wodne zajmują łącznie około 11,16 km<sup>2</sup> (w zlewni do przekroju w Dąbiu – 10,58 km<sup>2</sup>), co stanowi tylko 0,61% obszarów obu zlewni. Liczby te uzyskano na podstawie Mapy Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 000. Jeziorność zlewni Neru jest zatem wielokrotnie mniejsza od przeciętnej dla Polski (5%). Spośród zlewni elementarnych składających się na system Neru największa powierzchnia wód stojących występuje w zlewni Bełdówki (3,95 km<sup>2</sup>; 2,06% powierzchni zlewni) (tab. 2.2).

**Tab. 2.2.** Powierzchnia i udział wód stojących w zlewniach elementarnych systemu Neru

Zlewnia	Gadka	Jasień	Dobrzyńka	Łódka	Jasieniec	Zalewka	Lubczyna
	1	2	3	4	5	6	7
Pz [km <sup>2</sup> ]	0,05	0,23	0,49	0,09	0,05	0,25	0,05
UPz [%]	0,44	0,29	0,36	0,20	0,20	0,59	0,17

Zlewnia	Pisia I	Pisia II	Bełdówka	Kanał Królewski	Kanał Zbylczycki	Pisia III
	8	9	10	11	12	13
Pz [km <sup>2</sup> ]	0,66	0,21	3,95	1,27	0,82	0,32
UPz [%]	0,47	0,15	2,06	0,39	1,07	0,51

**Objaśnienia:** Pz – powierzchnia wód stojących; UPz – udział wód stojących w powierzchni zlewni

**Źródło:** obliczenia własne na podstawie MPHP10k

Podane wyżej dane należy jednak traktować ostrożnie, gdyż liczba i wielkość zbiorników wodnych zmienia się w czasie zarówno pod wpływem procesów naturalnych (szybka eutrofizacja i zarastanie), jak też w wyniku działalności człowieka (likwidacja bądź powstawanie nowych piętrzeń i zalewów, melioracje itd.). Należy też podkreślić, że przedstawione wyżej zestawienie nie obejmuje powierzchni wodnych powstających w obrębie koryt rzecznych w wyniku coraz szybszego rozwoju retencji liniowej (inaczej: korytowej), która tworzy się w efekcie budowy jazów i stopni wodnych. Nie dochodzi wówczas do piętrzenia wody w korytach powyżej rzędnej ich krawędzi (zalew nie występuje), ale wzrost powierzchni wodnej w korycie może być znaczący. W ciekach uregulowanych (koryta regularne) przyrost ten jest zwykle niewielki, ale na odcinkach *quasi*-naturalnych może być duży. Tylko w powiecie poddębickim na ciekach zlewni Neru funkcjonuje sześćdziesiąt osiem takich piętrzeń, a na samym Nerze jest ich trzydzieści dwa, przy czym wysokość piętrzenia wody przekracza często 2 m (Gośławska 2009).

W aktualnie realizowanym Programie Małej Retencji dla województwa łódzkiego zaplanowano budowę trzystu czterdziestu trzech sztucznych zbiorników retencyjnych, w tym stu dziewięćdziesięciu dwóch obiektów o powierzchni mniejszej niż 5 ha i stu pięćdziesięciu jeden większych niż 5 ha. Łączna powierzchnia ich zwierciadła wody wyniesie 63,1 km<sup>2</sup>, w tym 3,1 km<sup>2</sup> zbiorników o powierzchni poniżej 5 ha i 60 km<sup>2</sup> zbiorników dużych o powierzchni powyżej 5 ha. Aż dwadzieścia dwa zbiorniki wodne planowane są na obszarze łódzkiej części zlewni Neru, w tym dwa duże na samym Nerze (w Charzewie) i jeden na Łódce – w Brusie (*Opracowanie ekofizjograficzne...* 2017).

Opis wszystkich istniejących w zlewni Neru zbiorników wodnych przekracza przyjęty przez autorów zakres analiz i nie jest w nim niezbędny. By jednak umożliwić czytelnikowi prawidłowy odbiór tej części opracowania, przedstawimy krótką charakterystykę pięciu wybranych obiektów. Selekcja nie jest oczywiście przypadkowa. Chcieliśmy bowiem, by opisane obiekty wodne reprezentowały większość wymienionych wyżej rodzajów zbiorników współcześnie występujących w całej zlewni Neru. Opisy przedstawiamy w porządku hydrograficznym.

### **Stawy Stefańskiego (1; por. rys. 2.2)**

Nad górnym i środkowym Nerem ulokowane były dawniej cztery młyny: najwyższy położony – Rudzki – powstał na początku XVII wieku w miejscu dawnej kuźnicy żelaza. Pierwsza wzmianka o wsi Ruda (dziś Ruda Pabianicka), zwanej wówczas Kuźnicą Chocianowicką lub Rudą Chocianowicką, pochodzi z 1398 roku. W 1466 roku Jan Długosz w *Liber beneficiorum dioecesis Cracoviensis* napisał o znajdującej się tu hucie żelaza wykorzystującej okoliczne rudy darniowe oraz o obfitującym w ryby stawie „w korycie Neru”. W 1580 roku hutę tę zamknięto, zapewne z uwagi na braki drewna opałowego, i prawdopodobnie wówczas powstał w tym miejscu, wymieniony w dokumentach lustracyjnych w 1606 roku, młyn wodny na Nerze, a także folusz sukienniczy (Baruch 1903). Musiały one funkcjonować długo, gdyż zaznaczono je też na mapie Karola de Perthéesa z 1793 roku (Bartnik, Bartnik 2017), a także występowały w późniejszych opracowaniach (np. Wincentego Odrowąża Pieniążka z 1796 roku oraz Bergemanna z 1819 roku). W 1846 roku młyn i okoliczne ziemie odkupił od skarbu państwa Ludwik Geyer i zbudował w tym miejscu cukrownię (Baruch 1903). Najdokładniejszym zapisem ukazującym młyn Rudzki była sporządzona w 1819 roku, piękna od strony graficznej, *Mappa rozległości, gruntów, łąk, zarośli należących do Młyna zwanego Ruda sytuowanego w Ekonomii Rządowej Pabianice*, na której widać zarówno młynówkę, jak i staw. Obecnie jest to dolny Staw Stefańskiego (rys. 2.7).

Tuż po zakończeniu pierwszej wojny światowej właścicielem tego sporego stawu na Nerze stał się Aleksander Stefański. Pochodzący ze Szczecina przedsiębiorca uporządkował sąsiadujący ze stawem teren, wybudował restaurację i wypożyczalnię łódek, słusznie przypuszczając, że w szybko rozwijającej się i leżącej w sąsiedztwie Łodzi leśnej osadzie rekreacyjnej, jaką była wówczas Ruda Pabianicka, tego rodzaju obiekt będzie przynosił dochody.



**Rys. 2.7.** Okolice młyna Ruda ze stawem (dzisiejszy Staw Stefańskiego) i młynówką. *Mappy rozległości gruntów... Bergemanna z 1819 roku*

**Źródło:** AGAD, zb. kartogr. nr 357-12



**Fot. 2.27.** Stawy Stefańskiego na niemieckiej pocztówce z 1942 roku

**Źródło:** *Litzmannstadt. Freibad...*

W 1923 roku Ruda Pabianicka stała się nawet miastem, nieco później uzyskała połączenie tramwajowe z Łodzią, a nawet powstał na jej terenie tor wyścigów konnych. W czasie drugiej wojny światowej okupant konserwował i rozwijał funkcję rekreacyjną stawów i terenów sąsiednich (fot. 2.27) i to wówczas powstała nad stawem, nieistniejąca już dziś, górka, po której zjeżdżano na nartach i sankach. Jednak już po drugiej wojnie światowej (w 1946 roku) Ruda Pabianicka została inkorporowana i zmieniła status na dzielnicę Łodzi. Staw, a właściwie już dwa połączone przepustem otrzymały szybko najpierw nieoficjalną, a później już urzędową nazwę od nazwiska właściciela.

**Tab. 2.3.** Parametry Stawów Stefańskiego

Staw	Rzędna zwierciadła [m n.p.m.]	Powierzchnia stawu [ha]	Głębokość średnia [m]	Pojemność stawu [m <sup>3</sup> · 10 <sup>3</sup> ]	Stan techniczny
Górny	177,84	1,85	1,73	32,0	dobry
Dolny	177,84	11,50	1,74	200,0	dobry

**Źródło:** *Opracowanie ekofizjograficzne...* (2017)

Współcześnie oba stawy są przepływowe i zasilane wodami Neru oraz Gadki. Dzisiejszą formę przybrały w 1995 roku, kiedy przeprowadzono ich gruntowny remont i modernizację (tab. 2.3). Zbiornik górny jest osadnikiem, a dolny przeznaczono do celów rekreacyjnych. Betonowy jaz piętrzy wodę Neru na wysokość około 4,0 m. Staw dolny jest częściowo opróżniany z wody jesienią i napełniany na przełomie marca i kwietnia. W półroczu ciepłym pełni on funkcję kąpieliska i umożliwia uprawianie sportów wodnych (wypożyczalnie łodzi, kajaków, żaglówek), a od niedawna dozwolone jest tam również wędkarstwo. Wokół stawów znajdują się rozległe tereny spacerowe oraz bogata infrastruktura rekreacyjna.

### **Staw Księży Młyn (2; por. rys. 2.2)**

Staw na Księżym Młynie jest trzecim w kolejności zbiornikiem na Jasieniu. Jego początki wiążą się z czternasto-, piętnastowieczną osadą młyńską na terenie dzisiejszej Łodzi nazywaną Młyn Księży i należąca do proboszcza dawnej Starej Wsi. W XVIII wieku był to największy łódzki młyn o dwu kołach i stawie o powierzchni około 0,8 ha. Ostatni budynek młyński w tym miejscu spłonął jednak w 1822 roku i nigdy nie został odbudowany, ale powiększono znacznie piętrzenie Jasienia, a sfinansował to jeden z pierwszych łódzkich fabrykantów Krystian Wendisch. Zabieg ten umożliwił zwiększenie stawu do 5 ha i spowodował, że wody rzeczki mogły być użyte do napędzania maszyn przędzalniczych w powstającej obok manufakturze (Bieżanowski 2003). Z czasem siła wód Jasienia została najpierw uzupełniona, a potem całkowicie zastąpiona maszyną parową, a staw zaczął przechodzić na własność róż-

nych przedsiębiorców: Karola Moesa, Teodora Kruschego, a wreszcie Karola Scheiblera. W międzyczasie budynki sąsiednich fabryk wielokrotnie się paliły, a wspomniany Scheibler wybudował obok stawu „fabryczne miasto w mieście”, czyli ogromny kompleks fabryczno-mieszkalny, dziś już częściowo odrestaurowany i zrewaloryzowany, ale nadal nazywany Księżym Młynem (fot. 2.28). Staw przestał tym samym pełnić jakąkolwiek funkcję przemysłową, ale został zachowany i stał się elementem krajobrazowym powstałej obok rezydencji innego lodzermensza Edwarda Herbsta.



**Fot. 2.28.** Staw Księży Młyn; widoczny w tle dom K. Wendischa, zrewaloryzowane budynki fabryki K. Scheiblera oraz pałac E. Herbsta

**Źródło:** A. Bartnik

Dzisiejszy staw jest nieco mniejszy od ówczesnego i ma tylko 3,46 ha, bowiem został zmniejszony w latach 70. XX wieku wskutek budowy jednej z głównych arterii komunikacyjnych miasta. Jest natomiast dość głęboki (maks. 4,0 m; średnio 2,2 m), a jego pojemność wynosi około  $75 \cdot 10^3 \text{ m}^3$  (*Opracowanie ekofizjograficzne...* 2017). Jest nadal przepływowy (zasilają go wody Jasienia), a także stale zarybiany przez PZW, natomiast w latach 2013–2014 został gruntownie oczyszczony (fot. 2.29), wskutek czego wydobyto z niego przeszło metrową warstwę osadów, a także wiele okazów szczeżuj wielkich – rzadko już Polsce występujących małży (gatunek chroniony) – które zebrano i przetransportowano do innego zbiornika.



**Fot. 2.29.** Usuwanie osadu ze stawu Księży Młyn

**Źródło:** G. Gałasiński

W latach 2014–2015 przez nieckę stawu Księży Młyn, poza wodami z naturalnego drenażu Jasienia, przepływało dodatkowo od 0,45 (w marcu) do 0,20  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (w styczniu) wód podziemnych odpompowywanych z poziomów czwartorzędowych zrzucanych do górnego Jasienia w trakcie odwadniania wkopu remontowanej linii kolejowej biegnącej do nowego dworca Łódź Fabryczna. Objętość tych wód przekraczała kilkakrotnie naturalne zasilanie zbiornika równe w tym przekroju około 0,044  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Tempo wymiany wody w omawianym stawie zmniejszyło się wówczas z trzech, czterech tygodni do trzech dni (Bartnik, Moniewski 2015).

### **Zbiornik potorfowy (torfianka) w Wilczkowie (3; por. rys. 2.2)**

Niskie torfowisko Wilczków znajduje się we wschodniej części martwej doliny Balin-Chropy, której długość sięga 13 km. Dolina ta funkcjonowała w vistulianie i prowadziła wody środkowego Neru w kierunku Warty. Powierzchnia torfowiska zajmuje obszar około 300 ha i jest dziś silnie przekształcona w wyniku eksploatacji złóż torfu i melioracji (Forysiak, Michalska-Hejduk 2004; Forysiak i in. 2012). Miąższość torfów w centralnej części torfowiska sięga 5 m, ale jest bardzo zmienna przestrzennie i w kierunku wschodnim oraz zachodnim szybko maleje, osiągając wartość poniżej 1 m. Torfy turzycowo-trzcinowe powstawały tutaj w dwu fazach: na początku okresu preborealnego i w pierwszej połowie okresu atlantyckiego. Ich niska popielność wskazuje na brak, w okresie powstawania złoża, przepływów powierzchniowych doliną Balin-Chropy. Rozwój torfowiska

determinowały zaś częste podtopienia żyznymi wodami podziemnymi i stały wysoki poziom tych wód.



**Fot. 2.30.** Torfianka w Wilczkowie

**Źródło:** Google Maps

Złoże torfu w Wilczkowie należy do największych w województwie łódzkim. W środkowej części torfowiska występują liczne podłużne i wypełnione wodą torfianki, z których największa ma powierzchnię aż 7,5 ha (fot. 2.30). Znajduje się ona w miejscu, gdzie oś doliny Balin-Chropy zmienia kierunek z północno-zachodniego na zachodni i południowo-zachodni, a teren ten położony jest na dziale wodnym, w obszarze bifurkującym. Zwierciadło wody w tej największej torfiance leży na rzędnej 111–112 m n.p.m. W jej sąsiedztwie jest jeszcze kilkanaście mniejszych i zawodnionych torfianek, natomiast wyrobiska położone na wschód i zachód od tego rejonu nie są już stale wypełnione wodą. Większość z torfianek powstała w okresie międzywojennym oraz w latach 50. i 60. XX wieku w wyniku gospodarczej eksploatacji złoża, głównie na potrzeby opałowe i rolnicze.

### **Stawy w Bełdowie (4; por. rys. 2.2)**

Stawy w Bełdowie wraz z położonym nieco wyżej odtworzonym i zrewaloryzowanym kompleksem stawów Zgniłe Błoto zbudowano na Bełdówce i należą one do największych tego rodzaju obiektów w województwie łódzkim. Pierwsza wzmianka o Bełdowie pochodzi z 1386 roku, a w XV wieku była to wieś szlachecka i parafialna należąca do Bełdowskich, a później do rodziny Wężyków. Do 1954 roku istniała też gmina Bełdów, natomiast stawy funkcjonowały prawdopodobnie od XVI wieku, ale na początku były to obiekty młyńskie, gdyż górna Bełdówka z uwagi na duży spadek i zasoby wodne była w tym względzie intensywnie



eksploatowana (rys. 2.8). Na odcinku rzeki w sąsiedztwie Bełdowa funkcjonowały nawet cztery koła wodne (trzy młyny i tartak), a w samej wsi działały jeszcze dwie gorzelnie. Poniżej wsi piętrzyły wodę dwa inne młyny, a jeden zbudowano też powyżej, na cieku płynącym z Rąbienia (*Słownik geograficzny... 1880–1914*).



**Rys. 2.8.** Okolice Bełdowa ze stawami młyńskimi na Bełdówce (ówczesnej Miercznej). Fragment arkusza XXV (Kalisz) *Karty dawniej Polski z przyległymi okolicami...* 1:300 tys. W. Chrzanowskiego z 1859 roku

**Źródło:** Chrzanowski (1859)

Stawy w Bełdowie są dziś kompleksem ponad dwudziestu różnej wielkości akwenów o powierzchni od kilkuset metrów kwadratowych do kilku hektarów. Poszczególne obiekty hodowlane powstawały tu od 1916 roku, a dziś mają nawet swoje tradycyjne nazwy, np. staw Garbol, Głęboki, Kroczkowy, Kulibabiec, Żakowiec itd. Ich łączna powierzchnia wynosi obecnie 137,3 ha, a pojemność użytkowa – 2,01 mln m<sup>3</sup>. Głębokość stawów jest zróżnicowana i mieści się w przedziale od 1,5 do powyżej 2,5 m. W czasach PRL-u były to stawy hodowlane (głównie z karpiami), a ich powierzchnia stanowiła ponad 43% użytków ówczesnego Państwowego Gospodarstwa Rolnego w Bełdowie (Suliborski, Kulawiak 2017). Aktualnie bełdowskie stawy są własnością prywatną, a część akwenów wykorzystywana jest jako łowisko komercyjne (fot. 2.31). Karp z Bełdowa to dziś synonim ryby doskonałej jakości, posiadającej certyfikat UE.

Znajdujące się wyżej stawy Zgniłe Błoto wykorzystują również wody Bełdówki. Jest tu ponad dziesięć obiektów (hodowlanych lub łowisk), w tym największy z nich – Staw Krzywy – który zagospodarowano jako akwen kąpieliskowo-rekreacyjny. Łączna ich powierzchnia wynosi 60,7 ha, a pojemność użytkowa – 0,474 · 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.



**Fot. 2.31.** Staw wędkarski na Bełdówce w Bełdowie

**Źródło:** A. Bartnik

Warto też dodać, że poniżej Bełdowa, również na Bełdówce, znajduje się kolejny kompleks stawów hodowlanych (dwadzieścia cztery zbiorniki w Sarnowie) dorównujący wielkością i skalą produkcji wymienionym wyżej. Wskutek dużego poboru wody w fazach napełniania i uzupełniania Bełdówka poniżej stawów w Bełdowie i Sarnowie niemal wysycha, a jej zasoby wodne są praktycznie wyczerpane. Mimo to już od połowy lat 60. XX wieku tutejsze gospodarstwa hodowlane cierpią w okresie letnim na nieustający niedostatek wody, czego efektem są coroczne trudności z uzupełnianiem strat na parowanie. Uwzględniając fakt, że średni przepływ górnej Bełdówki wynosi ok.  $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Ruszkowski 1967), a łączna pojemność stawów w Bełdowie i Zgniłym Błocie jest równa  $2,475 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , to wskaźnik wykorzystania zasobów wodnych rzeki należy ocenić na około 40%, ale jeśli dodamy stawy w Sarnowie, sięgnie on 70%.

### **Zalew Leźnicki na Zianie (5; por. rys. 2.2)**

Zalew Leźnicki jest małym dolinnym zbiornikiem wodnym rozciągającym się ze wschodu na północny zachód w dolinie rzeki Zian. Obiekt zbudowano w 1976 roku w dużym stopniu na potrzeby sąsiedniej jednostki wojskowej i lotniska, przegradzając zaporą ziemną dolinę rzeki. Akwen ma niespełna 1,1 km długości i maksymalną szerokość około 140 m. W jego wschodniej części występuje, częściowo zadrzewiona, wyspa o regularnym podłużnym kształcie: jej długość sięga około 280 m, a szerokość od 40 do 45 m. Pojemność zbiornika, przy niskim

poziomie piętrzenia (NPP) równym 113,1 m n.p.m., wynosi około  $13 \cdot 10^4 \text{ m}^3$ , a powierzchnia – 14,5 ha. Najbardziej wyraźnym elementem obiektu jest lewostronna grobla o długości 250 m, leżąca między plażą i zaporą czołową. Szerokość korony grobli przed przebudową wahała się w granicach 4,0–5,0 m, skarpa odwodna umocniona była płytami żelbetowymi i faszyną, a u góry – roślinnością, natomiast w korpusie zapory czołowej zbiornika, przed modernizacją, wbudowane zostały trzy zasadnicze elementy: urządzenie spustowe w formie żelbetowego mnicha piętrzącego, dwa przelewy awaryjne z bystrzami oraz rurociągi odprowadzające wodę pod drogą z wylotem do ciek w dolnym stanowisku (Gąsowska, Urbański 2013).



**Fot. 2.32.** Zalew w Leżnicy Wielkiej – wskazano miejsca uszkodzeń po powodzi w 2010 roku

**Źródło:** Bing Maps...

Kilkudziesięcioletnia eksploatacja zbiornika spowodowała istotne pogorszenie się jego stanu technicznego (spękania umocnień i grobli zapory, osłabienie urządzeń spustowych). W maju 2010 roku na skutek intensywnych opadów deszczu zbiornik w Leżnicy Wielkiej w krótkim czasie musiał przyjąć ogromne ilości wody dopływające korytem Zianu. W wyniku przejścia wezbrania doszło do przemieszczenia elementów urządzeń upustowych oraz rozmycia fragmentów grobli piętrzących (fot. 2.32). Dalsza eksploatacja zbiornika w takim stanie nie była możliwa

i lokalne władze podjęły decyzję o renowacji obiektu. W 2011 roku odbudowano ziemne budowle piętrzące zbiornika oraz wykonano lub zmodernizowano budowle upustowe o konstrukcji żelbetowej, ze spustem dennym i przelewem wieżowym. Udrożniono również koryto Zianu i odbudowano zniszczoną groblę boczną zbiornika (Gąsowska, Urbański, 2013). Założony przepływ  $Q_{1\%}$  Zianu oszacowano na  $4,67 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Wasilewski, Faflik 2009), jednak już dziś wiadomo, że przy wypływie ze zbiornika na poziomie  $3,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  woda wystąpi z koryta upustowego i zaleje okoliczne tereny. Aktualnie zbiornik jest użytkowany rekreacyjnie.

### 2.3.2. Mokradła

W zlewni Neru występuje kilka różnych typów mokradeł, w tym mokradła torfowe i nietorfowe (tab. 2.4), a ich udział w powierzchni całej zlewni jest mniejszy od średniej krajowej szacowanej na 13,8% (Ciołkosz, Poławski 2006). Należy dodać, że mają one w zlewni Neru przeważnie postać łąk i pastwisk, a bardzo rzadko – terenów zalesionych. Łączna powierzchnia pierwszej z wymienionych form użytkowania terenu wynosi w zlewni Neru  $221 \text{ km}^2$ , co stanowi 12% jej całego obszaru (obliczenia własne na podstawie Bazy CLC2000).

Tab. 2.4. Mokradła w zlewni Neru

Rodzaj mokradła	Powierzchnia [ $\text{km}^2$ ]	Udział [%]
Mułowiska, namuliska i podmokliska	138,67	73
Torfowiska niskie	50,24	26
Torfowiska wysokie	1,36	1
Suma	190,27	100

**Źródło:** obliczenia własne na podstawie *Mokradła Polski...* (2006)

Wśród mokradeł ważną rolę hydrologiczną i ekologiczną pełnią torfowiska (tab. 2.5). Są one dość równomiernie rozrzucone na terenie zlewni, przy czym ich największą liczbę i powierzchnię udokumentowano w obrębie pradoliny Bzury-Neru oraz w górnych odcinkach dopływów Neru, np. Pisi I, Gnidy, Lubczyny i Bełdówki. Sporadycznie stwierdzono również torfowiska w obrębie teras zalewowych i nadzalewowych, a także w starorzeczach i martwych dolinach (Okupny i in. 2014). Liczba torfowisk, ich powierzchnia i stan zmieniały się szybko od przełomu XVII i XVIII wieku, a szczególnie intensywnie w okresie międzywojennym. Degradacja torfowisk postępowała głównie w wyniku eksploatacji złóż torfu, osuszania terenów podmokłych oraz regulowania rzek (osadnictwo ołędzkie i niemieckie).

Wśród udokumentowanych torfowisk, podobnie jak w całym regionie łódzkim, dominują niskie. Ich sedymentacja zachodziła w obniżeniach ukształtowanych w późnym wistulianie i holocenie, a miąższość złóż torfowych w różnych obiektach i profilach zmienia się od kilkudziesięciu centymetrów do ponad 6 m. Rozwój i podtrzymanie

akumulacji biogenicznej w obrębie torfowisk niskich zapewniał dopływ płytkich wód podziemnych, niekiedy spływ powierzchniowy i glebowy oraz wody wezbraniowe rzek. Torfowiska wysokie i przejściowe występują w zlewni rzadko. Do najlepiej rozpoznanych i największych należy przedstawione poniżej torfowisko Rąbień.

**Tab. 2.5.** Torfowiska w zlewni Neru

Obszar	Liczba torfowisk	Powierzchnia torfowisk [ha]	Średnia miąższość torfu [m]	Zasoby torfu [m <sup>3</sup> ]	Zatorfienie [%]
Zlewnia Neru	139	5 912	0,94	55 651	3,2
Polska	1142	36 845	0,97	357 706	1,9

**Źródło:** Żurek, Okupny (2015)

Obok torfowisk w dolinie środkowego i dolnego Neru zachowało się wiele mokradeł i bagien o różnym stopniu uwodnienia. Przykładem są tzw. Dąbskie Błota (por. niżej) oraz mokradła okalające starorzecza i torfianki w dolinie dolnego Neru czy zlewniach Kanałów Królewskiego i Zbylczyckiego, a także zabagnione łąki i olsy w środkowym biegu Neru (np. mokradła w międzyczeczu Neru i Dobrzyńki oraz tzw. Olsy nad Nerem) (fot. 2.33). Oba wymienione mokradła planuje się objąć ochroną w ramach projektu Zielone Skarby Łodzi.



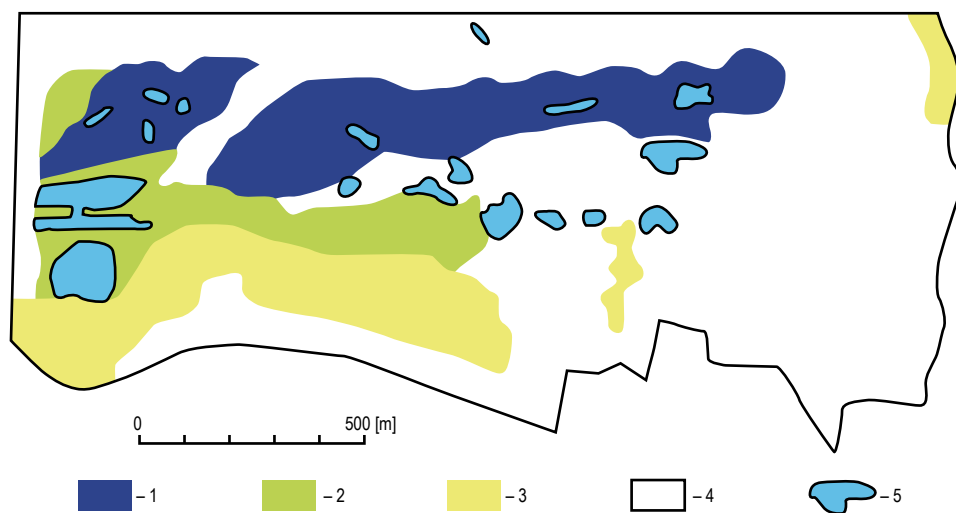
**Fot. 2.33.** Olsy nad Nerem – jeden z „zielonych skarbów Łodzi”

**Źródło:** A. Bartnik

Spśród wielu mokradeł występujących w zlewni Neru do bardziej szczegółowego opisu wybraliśmy dwa obiekty reprezentujące najliczniej występujące na tym obszarze typy podmokłości, a przy tym dobrze rozpoznane i mające niewątpliwą wartość przyrodniczą. Jest to stosunkowo duże torfowisko wysokie w Rąbieniu oraz zespół różnych torfowisk i mokradeł tworzący kompleks zwany Dąbskimi Błotami.

### **Torfowisko Rąbień (6; por. rys. 2.2)**

Torfowisko Rąbień znajduje się w zagłębieniu bezodpływowym leżącym niemal na dziale wodnym oddzielającym zlewnie Neru i Bzury. Jego powierzchnia wynosi około 42,5 ha, a rzędna niemal płaskiego obszaru zmienia się w przedziale 189–190 m n.p.m. (Forysiak 2012). Ma ono charakter ombrogenicznego nizinnego torfowiska wysokiego (mszaru) o genezie limnicznej (Kloss, Kucharski 2011). Jego południowa część została całkowicie przekształcona antropogenicznie, powstały tu bowiem liczne torfianki, które z biegiem lat były zasypywane m.in. odpadami budowlanymi i śmieciami. Mimo to w obrębie torfowiska znajduje się nadal około dwudziestu niewielkich zbiorników wodnych (torfianek), z których największe (o powierzchni około 0,4 ha) leżą w jego zachodniej części (rys. 2.9).



**Rys. 2.9.** Torfowisko Rąbień

**Objaśnienia:** 1 – torfowiska z mchem torfowcem; 2 – rozlewiska z szuwarami; 3 – łąki; 4 – drzewa i krzewy; 5 – oczka wodne (torfianki)

**Źródło:** Kloss, Kucharski (2011)

Nadmiar wód podziemnych i glebowych dopływających do torfowiska wyprowadzany jest dość głębokim rowem (2 m) w kierunku południowo-wschodnim, do Lubczyny. Na północ od torfowiska wykopano też niedawno kilka niewielkich

stawów hodowlanych. Zwierciadło wody podziemnej w obrębie torfowiska znajduje się płytko pod powierzchnią (do 1 m) i występuje na rzędnej 188–189 m n.p.m. (fot. 2.34). Teren wokół torfowiska pokrywa las, a obiekt podlega ochronie prawnej jako rezerwat torfowiskowy.



**Fot. 2.34.** Torfowisko Rąbień

**Źródło:** A. Bartnik

W obecnym kształcie misa torfowiska uformowała się w wyniku przegrodzenia niecki denudacyjnej przez wał wydmowy ciągnący się niemal południkowo. Istniejące przegłębienia w podłożu osadów biogenicznych mają prawdopodobnie pochodzenie termokrasowe (Okupny i in. 2014). Średnia miąższość torfu wynosi 1,68 m, a średnia popielność – 6,2%. Powierzchnię złoża określono na około 60 ha, a początkowe zasoby torfu – na 583 tys. m<sup>3</sup>, przy czym większość z nich została już wyeksploatowana (425 tys. m<sup>3</sup>), dlatego złoża tego nie zaliczono do potencjalnej bazy zasobowej torfu (Objaśnienia do MGŚP 2004, ark. Łódź Zachód). Naturalna szata roślinna torfowiska jest bardzo zdegradowana, a płyty roślinności wysokotorfowiskowej (np. mchy) przetrwały wyłącznie w środkowej części rezerwatu.

### ***Dąbskie Błota (7; por. rys. 2.2)***

Pradolina Bzury-Neru jest wschodnią częścią jednej z największych bruzd dolinnych na obszarze Polski – Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej. Powstała ona w środkowym plenivistulianie w rezultacie odprowadzania (z północy) wód roztopowych lądolodu zlodowacenia wisły, w fazach leszczyńskiej i poznańskiej, oraz

wód ówczesnych Warty i Neru, które dopływały tu z południa (Rdzany 2014). Dno pradoliny podlegało intensywnym procesom fluwialnym w holocenie. Wyścielające je holocenijskie osady rzeczne i biogeniczne powstawały tutaj wskutek oddziaływania Neru i niektórych jego dopływów. Na odcinku, który wykorzystuje dziś dolny Ner, dno pradoliny jest morfologicznie mało urozmaicone. Przeważają równiny fluwialne pocięte gęstą siecią cieków, rowów i torfianek, zaś mniej więcej pośrodku biegnie uregulowane koryto Neru wraz z wytworzonymi sztucznie korytami Kanałów Królewskiego i Zbylczyskiego. W sąsiedztwie koryta Neru występują liczne starorzecza o różnym stopniu zarośnięcia i wypełnienia (fot. 2.35). W okolicach Dąbia wyższa terasa nadzalewowa pradoliny nadbudowana jest pokrywami eolicznymi i wydymami.



**Fot. 2.35.** Starorzecze w Dąbskich Błotach

**Źródło:** A. Bartnik

Intensywne wylesianie terenów pradoliny, a więc obszarów, które i tak miały wysoki poziom wód podziemnych, spowodowało z czasem dodatkowe jego podniesienie i w rezultacie wzrost zasilania podziemnego cieków i przepływów w nich oraz powstawanie dodatkowych koryt, a także licznych mokradeł i bagien. Dobrym tego przykładem jest mocno rozbudowana i stosunkowo młoda sieć cieków, stawów i mokradeł w „kolanie Neru” koło Grodziska (rys. 2.10). Największa rozbudowa systemu korytowego w tej części pradoliny Bzury-Neru i szybki rozrost mokradeł wystąpiły w XVII, XVIII i na początku XIX wieku, czyli w okresie małej epoki lodowej (Kobojeck 2009). Wzrastająca liczba rowów oraz słaba dbałość o ich



utrzymanie paradoksalnie przyczyniły się w drugiej połowie XX wieku do „przechowania”, a następnie – rozrostu populacji niektórych gatunków ryb, znikających szybko z zanieczyszczonego wówczas Neru. Dość tu wymienić populację chronionego w Polsce piskorza (Pyrzanowski i in. 2015).



**Rys. 2.10.** Dąbskie Błota i „kolano Neru”. Fragment *Mappy szczególnej wojewudztwa łęczyckiego* K. de Perthéesa z 1793 roku (1:225 tys.)

**Źródło:** AGAD, zb. S.A. AK 96

Występujące w dolinie dolnego Neru torfowiska niskie charakteryzują się stosunkowo niewielką miąższością warstwy torfowej (średnio 0,85 m). Z uwagi na małe zasoby i wysoką popielność torfy te nie są ujęte w bazie zasobowej złóż torfu (Ostrzyżek, Dembek 1996), były jednak intensywnie eksploatowane przez miejscową ludność, zwłaszcza w pierwszej połowie XX wieku, o czym świadczą liczne torfianki (np. pod Kupininem) tworzące sieć małych zbiorników wodnych w istotny sposób przyczyniających się do atrakcyjności obszaru dla ptaków wodno-błotnych i innej fauny wodolubnej. Torfianki nie są tu jednak siedliskiem przyrodniczym podlegającym ochronie. Łatwo je przy tym odróżnić od sąsiadujących z nimi starorzeczy (fot. 2.35), gdyż mają zwykle oś dłuższą biegnącą w kierunku północno-południowym, dość regularny kształt, wyraźną krawędź, a także cechuje je brak strefy przejściowej pomiędzy roślinnością porastającą zbiornik a go otaczającą. Ich ochrona, a także chęć zachowania *quasi*-naturalnych siedlisk wodno-błotnych jako ostoi dla ptaków przyczyniły się do powołania w dolinie dolnego Neru obszaru krajobrazu chronionego Dąbskie Błota. Wchodzi on w skład większej jednostki przestrzennej: Obszaru Specjalnej Ochrony Ptaków Natura 2000 (PLB 100001): Pradolina Warszawsko-Berlińska.

Obszar chroniony w tej części pradoliny rozciąga się wąską strefą (około 2 km) na odcinku około 7 km. Leży on po obu stronach koryta dolnego Neru (od Zbylczyc do Dąbia) i obejmuje powierzchnię około 1443 ha. Teren pokrywają liczne torfowiska niskie i przejściowe, zalegające na złożach torfu. Dużo tu rowów, starorzeczy i torfianek. Jego znaczną część zajmują rozległe łąki, turzycowiska, szuwały trzcinowe, zarośla łozowe oraz podmokłe lasy olchowe. Żerują w nich liczne stada ptaków wodno-błotnych i innych. Jest to też miejsce występowania wielu rzadkich i zagrożonych w skali kraju gatunków roślin naczyniowych, w tym kilku prawnie chronionych. Jednym z głównych czynników, które warunkują w tym rejonie wysoki poziom wód podziemnych oraz wód w torfiankach i starorzeczach, a także zjawisko podtapiania mokradeł nietorfowych i łąk, są wiosenne wezbrania Neru i wywołane nimi lokalne podtopienia, a czasem zalewy. Duże wezbrania Neru nie są tu jednak częste, stąd sezonowo niektóre fragmenty mokradeł ulegają przesuszeniu, wskutek czego liczebność niektórych gatunków ptaków korzystających z wód otwartych (np. perkoza, kormorana, rybitwy i wielu innych) dość systematycznie maleje (Socha 2011).



## **Pokrycie i użytkowanie terenu zlewni Neru**

Pokrywa glebowa zlewni Neru nie jest bardzo zróżnicowana, choć zmienna przestrzennie. Przyczyną jest duże rozczłonkowanie powierzchni przy niewielkim zróżnicowaniu skał macierzystych (por. rys. 1.3). Dominują na tym terenie utwory piaszczyste, przy czym piaski są zwykle pochodzenia fluwioglacjalnego i mają mały udział części spławialnych. Podłożem gleb są też często gliny zwałowe lub piaski gliniaste o różnej frakcji i zawartości cząstek spławialnych. Stosunkowo duże powierzchnie zajmują także, zwykle warstwowane, piaszczysto-mułkowe osady rzeczne charakteryzujące się dobrym wysortowaniem. Lokalnie pojawiają się też pyły i pyły piaszczyste, a w dolinach oraz w obrębie zagłębień terenu – muły i osady organogeniczne, zwykle torfy. Konsekwencją tego jest stosunkowo mało urozmaicona pokrywa glebowa: dominują w zlewni gleby piaszczyste różnych typów genetycznych (bielicowe, rdzawe, brunatne wyługowane i kwaśne) i zajmują one ponad 1/3 jej powierzchni (Majchrowska 2002).

Ponad 25% obszaru zlewni Neru pokrywają gleby pseudobielicowe (płowe i bielicowe), a około 15% – czarne ziemie, przeważnie zdegradowane. Mady rzeczne występujące głównie w dolinie Neru oraz w odcinkach ujściowych większych dopływów zajmują niespełna 10% powierzchni i stanowią podłoże łąk i pastwisk. Obok wymienionych spotyka się również niewielkie połacie gleb murszowych, torfowych oraz brunatnych właściwych, a sporadycznie nawet rędzin. W górnej części zlewni Neru dominują gleby brunatne i płowe na glinach lekkich, a w zlewni Dobrzyńki – bielicowe i rdzawe na piaskach słabogliniastych. W części środkowej przeważają bielice i gleby rdzawe, a w szerokiej dolinie Neru – torfowe, mułowe i murszowe. W dolnej części zlewni ponownie wzrasta udział gleb brunatnych i płowych oraz torfowych i mułowych (bagiennych). Te ostatnie zajmują ogromne powierzchnie w obrębie pradoliny Bzury-Neru (Laskowski 2001). Na terenie Łodzi i innych większych miast (Pabianice, Poddębice itd.) znaczne powierzchnie zajmują różnego typu gleby zdegradowane i antropogeniczne lub tzw. industroziemy, które są efektem gospodarczej działalności człowieka (tenże 1993).

Wartość użytkowa gleb w zlewni Neru jest zróżnicowana. W południowo-zachodniej części zlewni (zlewnia Pisi I) występują kompleksy gleb dobrych, a nawet bardzo dobrych, w górnej i dolnej przeważają słabe, niekiedy tylko dobre, natomiast w części środkowej ponad 50% powierzchni rolnej zajmują gleby słabe i bardzo słabe. Należy też podkreślić, że rozczłonkowanie powierzchni w aspekcie bonitacji i wartości użytkowej gleb jest na tym terenie bardzo duże.

Przez zlewnię Neru w okolicach Lutomska, w kierunku SW-NE, biegnie umowna granica rozdzielająca dwie duże jednostki geobotaniczne Polski: Pas Wielkich Dolin i Pas Wyżyn Środkowych. Dzieli ona ten obszar na dwie niemal równe części. Na północ i północny-zachód od tej linii potencjalnymi formacjami roślinnymi są najczęściej ubogie niżowe grądy środkowoeuropejskie, uzupełnione niekiedy świetlistymi dąbrowami i borami mieszanymi. Natomiast na południe i południowy wschód od niej dominują wyżynne grądy subkontynentalne, uzupełnione niekiedy eutroficznymi lasami jodłowymi. W dolinach rzek zbiorowiskami potencjalnymi są różnego typu olsy i lasy łąkowe (Majchrowska 2002), zatem w zlewni Neru mają one charakter wybitnie przejściowy. Z zachodu na wschód zmieniają się od atlantycko-subatlantyckich do subkontynentalno-kontynentalnych (wzdłuż Pasa Wielkich Dolin). Natomiast z północy na południe (w granicach Pasa Wyżyn Środkowopolskich) zmiany następują od zbiorowisk typowo nizinnych po wyżynne (Czyżewska, Markowski 2001).

Holocenijskie zmiany klimatu przejawiające się oscylacjami uwilgotnienia przy stosunkowo trwałym wzroście temperatury doprowadziły na tym terenie do szybkiej sukcesji środowisk leśnych. Ekspansji lasów sprzyjał w środkowej Polsce charakter pokrywy glebowej, duże możliwości adaptacyjne i penetracyjne ekosystemów leśnych oraz ukształtowanie powierzchni. Szerokie doliny i pradoliny, a także duża liczba cieków umożliwiały stosunkowo wydajny „transport genowy”, zaś panujący na tych terenach łagodny klimat ułatwiał szybką adaptację wielu gatunków drzew. Rozrastały się powierzchnie zajmowane przez bory sosnowe z brzozą, a na terenach wilgotniejszych pojawiały się lasy i zarośla liściaste z wiązem, lipą, dębem i leszczyną. W sąsiedztwie rzek i mokradeł występowały ziołorośla, olszyny i wierzby, a przy ich brzegach – trzcinowiska. W okresie atlantyckim (8450–5000 lat BP) panowały na tych terenach optymalne warunki dla rozwoju roślinności leśnej (Papińska 2004). U schyłku tego okresu rozpoczęła się tu epoka kamienia (paleolit i neolit) i na terenach zlewni Neru pojawił się na stałe człowiek.

Aktualny stan użytkowania terenów w zlewni Neru był kształtowany od przełomu plejstocenu i holocenu, a zatem od momentu pojawienia się tutaj pierwszych grup ludzkich przemierzających tereny ówczesnej tundry w poszukiwaniu zwierząt łownych. Ich wpływ na środowisko był jednak znikomy, ale już w okresie młodszego kamienia (neolitu) i pojawienia się pierwszych form działalności rolniczej stawał się coraz bardziej znaczący. Z początkiem kultury pucharów lejkowych, trwającej tu między 3600 i 2200 r. p.n.e., a później kultury trzcinieckiej (1500–1300 r. p.n.e.) rozpoczęła się na tych terenach działalność rolnicza i hodowlana. Tempo ekspansji rolnictwa w ówczesnej Europie szacowane jest na 1 km na rok

(Mannion 2001). Na początku powoli, a z biegiem lat coraz szybciej przekształcały się, a niekiedy likwidowane były powierzchnie leśne. Wskutek stosowania techniki żarowej (wypalania) pojawiały się na ich miejsce pola uprawne, a w dolinach – pastwiska oraz sezonowe, a w dalszym etapie stałe, osady i osiedla (Pelisiak 1992). Ich ślady odnaleziono między innymi w dolinie Neru, w rejonie Bałdrzychowa, Puczniewa i Lutomińska, a zatem na terenach stosunkowo dobrych gleb i w miejscach z łatwym dostępem do wody. Taka lokalizacja osad umożliwiała dostęp do wody pitnej, rybołówstwo, komunikację i orientację w terenie, zaś wylewy Neru powodowały podniesienie jakości gleb i względnie intensywne rolnictwo dolinne (Majchrowska 2002). Liczne stanowiska kultury trzcinieckiej odnaleziono również w dolinach dopływów Neru: Jasienia i Olechówki oraz Dobrzyńki (Papińska 2004), a także w Konstancynie Łódzkim.

W epoce brązu, a później żelaza wpływ człowieka na środowisko zlewni Neru nadal wzrastał. Ówczesne ochłodzenie i wzrost uwilgotnienia wywołały częstsze powodzie i wyższe stany wód podziemnych w dolinach i lokalnych zagłębieniach terenu. Spowodowało to między innymi skutek w postaci zabagnienia teras niskich i terenów użytkowanych rolniczo, a w konsekwencji przenoszenie upraw, osad oraz domostw na tereny wyżej położone – teras wysokich, dolin pobocznych i wysoczyzn. Mimo to dolina Neru była nadal obszarem intensywnie użytkowanym i wykorzystywanym, choć osady stały się mniejsze i bardziej rozproszone. Zmieniła się także flora lasów (wzrósł udział dębów), a gleby piaszczyste ulegały odwapnieniu i zakwaszeniu, co sprzyjało ich zbielicowaniu (Papińska 2004). Kultura łużycka, która wykształciła się w tym czasie, przyniosła z sobą rozwój hutnictwa i obróbki metali kolorowych, a później żelaza. Doprowadziło to szybko do wylesienia, zwłaszcza że drewno potrzebne było również na opał, do budowy domostw, zabudowań obronnych, a nawet brodów i mostów. Podobne skutki wywołał późniejszy rozwój kultury przeworskiej z elementami celtyckimi. Umiejętność pozyskiwania (z rud darniowych) i obróbki żelaza umożliwiła coraz intensywniejszą uprawę ziemi, w tym zagospodarowanie żyznych gleb „ciężkich”, między innymi poprzez wykorzystanie żelaznego lemiesza. Z tego okresu pochodzą też ślady pierwszych studni kopanych, okładanych drewnem lub wydrążonymi pniami drzew. Obszar zlewni górnej Neru należał wówczas do najgęściej zaludnionych terenów środkowej Polski – 10 osób · km<sup>-2</sup> (tamże).

Karczowanie lasów i rozszerzanie areału łąk i pól uprawnych skutkowało, zwłaszcza w średniowiecznym optimum klimatycznym, wkraczaniem osadnictwa na tereny wysoczyznowe. Jednoczesne zagospodarowanie i wylesianie wysoczyzn wywoływało skutki hydrologiczne w postaci zwiększenia dynamiki przepływów rzek czy pojawienia się częstych powodzi i susz. Ich konsekwencją było pogarszanie się warunków zasiedlania i użytkowania dolin. Mimo to dolina Neru i fragmenty wysoczyzn leżące po jej wschodniej stronie były nadal gęsto zasiedlone (Majchrowska 2002). Podstawą gospodarki na terenach zlewni Neru było w tym czasie nadal rolnictwo z upowszechniającym się systemem trójpolowym oraz hodowla, w której coraz mniejszą rolę odgrywał wypas śródleśny, a większą

– ugorowy i odłogowy. Na całym obszarze trwał również intensywny wyrąb lasów, zwłaszcza do produkcji węgla drzewnego, smoły i potażu. W osadnictwie coraz częściej pojawiały się osady obronne (grody), a rosnące podgrodzia stawały się zaczątkami późniejszych miast (np. Szydłów i Lutomiersk nad Nerem). Zaczęto również wykorzystywać siłę wód i intensywnie czerpać z niej różne pożytki – powstawały liczne młyny wodne i stawy hodowlane. Od XIII wieku rozpoczęła się też lokacja osad i miast na prawie niemieckim. Poziomem zamożności ludność tych obszarów dorównywała już wówczas mieszkańcom Wielkopolski i Małopolski (rys. 3.1).



**Rys. 3.1.** Skarb z Leźnicy Małej nad Zianem – denary krzyżowe z przełomu XI i XII wieku

**Źródło:** Suchodolski, Bogucki (2017)

W połowie XVI wieku nasiliły się jednak zmiany klimatyczne zaznaczające się głównie dużym ochłodzeniem (mała epoka lodowa). Średnia temperatura lata w tej części Europy obniżyła się prawie o 1°C, zimy stały się dłuższe i bardziej surowe, a okres wegetacyjny – krótszy i bardzo wilgotny (Mannion 2001). Niemal w tym samym czasie rozpoczęło się w zlewni Neru osadnictwo olęderskie. Doprowadziło ono nie tylko do osuszenia oraz zagospodarowania terenów podmokłych i wielu ówczesnych nieużytków, ale również do rozwoju hydrotechniki

i intensywnego wykorzystywania wód płynących (koła wodne) i stojących (stawy hodowlane), a także intensywnego wydobywania torfu dla celów opałowców. Był to również czas licznych wojen oraz częstych klęsk żywiołowych i epidemii, które przyczyniły się istotnie do osłabienia możliwości rozwojowych na tym obszarze (w przeciwieństwie do reszty Europy). O stopniowym upadku gospodarczym regionu w tym okresie świadczy choćby fakt, że w ciągu dwu stuleci (XVII i XVIII) porzuconych tu zostało wiele wsi, a przybyło jednocześnie tylko trzydzieści nowych osad (Majchrowska 2002).

W końcu XVIII stulecia obszar zlewni Neru należał do wschodniej Wielkopolski obejmującej przedrozbiorowe ziemie: łęczycką i sieradzką. Nastąpiło tu wówczas dość wyraźne ożywienie gospodarcze i daleko idące przekształcenia społeczne i kulturowe, między innymi związane z przynależnością części obszaru do zaboru pruskiego. W powstałym nieco później Księstwie Warszawskim, jak również w ukonstytuowanym w 1815 roku Królestwie Polskim zaczęły szybko powstawać manufaktury i zakłady rzemieślnicze, rozwijało się także intensywnie osadnictwo przemysłowe. Zbudowano liczne osady fabryczne (Łódź, Pabianice, Konstantynów Łódzki, Aleksandrów Łódzki itd.), które rozrosły się szybko w duże miasta przemysłowe z dominacją włókiennictwa i tkactwa. Traciły jednocześnie na znaczeniu dawne ośrodki miejskie związane z administracją lokalną, rolnictwem i rzemiosłem (Szymczak, Chańko 2001). Południowa i środkowa część zlewni Neru była wtedy intensywnie urbanizowana, zaś na północy nadal dominowało rolnictwo.

Liczne mapy i plany powstające od XIX wieku umożliwiają dziś względnie wiarygodną ocenę zmian w osadnictwie i użytkowaniu terenu na tym obszarze. Obraz tych przekształceń w czterech momentach czasowych (1793, 1830, 1900, 1930) przedstawiła dla zachodniej części województwa łódzkiego Anna Majchrowska (2002). Jeśli uwzględnimy tylko podstawowe formy użytkowania przeanalizowane przez tę autorkę: osiedla, grunty rolne, łąki i pastwiska, zarośla, lasy, mokradła, wody i nieużytki, łatwo zauważymy, że w stuleciu 1830–1930 w zachodniej części województwa łódzkiego, w tym w zlewni Neru, udział gruntów rolnych w powierzchni obszaru wzrósł z 53 do 67%, terenów osiedli – z 2,6 do 3,8%, a wód – z 0,15 do 0,56%. W tym samym czasie zmalały udziały powierzchni lasów z 26 do 12,5% i mokradeł – z 5,7 do 3,4%. Znaczenie pozostałych form użytkowania nie uległo dużym zmianom. Biorąc pod uwagę zasięg zlewni Neru w relacji do obszaru badanego przez autorkę i po szczegółowej analizie map zamieszczonych we wskazanym wyżej opracowaniu, wydaje się, że kierunki przemian użytkowania w zlewni Neru były bardzo podobne do charakterystycznych dla zbadanej części województwa łódzkiego.

Aktualny stan użytkowania zlewni Neru, w podziale na zlewnie elementarne, oceniono w oparciu o bazę danych *CORINE. Land Cover* (2018) (tab. 3.1). W stosunku do wydzieleni stosowanych w ww. bazie w prezentowanym zestawieniu dokonano jednak kilku uproszczeń polegających na zgrupowaniu niektórych wydzieleni. Natomiast opracowania kartograficzne i poniższa tabela odzwierciedlające przestrzenne zróżnicowanie form użytkowania w obrębie zlewni Neru w latach



1990 i 2018 zawierają wszystkie formy, które zostały uwzględnione w bazie CLC (rys. 3.2). Już z pobieżnej analizy wskazanej tabeli i mapy jasno wynika, że zlewnia Neru charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem przestrzennym form użytkowania, zarówno w odniesieniu do całego obszaru, jak i w obrębie poszczególnych zlewni elementarnych. W zlewni Neru po Dąbie największy dziś udział mają uprawy rolne, lasy oraz łąki i pastwiska (80%). Natomiast łączny udział wszystkich pozostałych form użytkowania terenu wynosi około 20%.

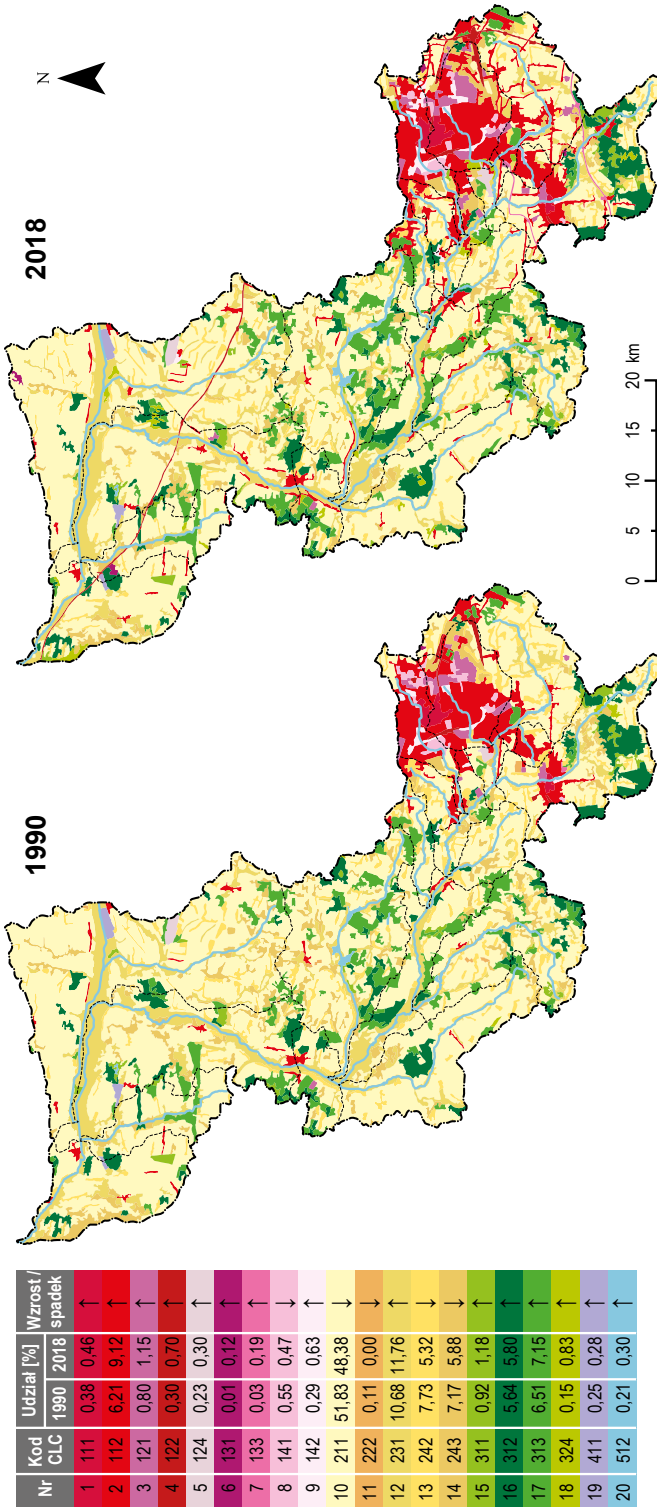
**Tab. 3.1.** Udział różnych form użytkowania terenu w zlewniach systemu Neru w 2018 roku [%]

Zlewnia	ZZ	ŁP	L	W	PGK	ZW	LZ	UR
Polska	4,8	9,2	30,2	5,0	1,2	2,5	1,8	45,3
Ner	9,6	12,0	14,1	0,3	3,6	5,3	0,8	54,3
Ner – Dąbie	10,0	12,0	14,4	0,3	3,7	5,4	0,8	53,5
Ner – Lutomiersk	28,3	6,3	11,4	0,1	10,7	5,1	0,9	37,2
Ner – GOŚ	27,6	6,8	13,6	0,1	10,8	4,1	0,7	36,3
Ner – Chocianowice	27,7	8,4	6,2	0,3	7,3	3,7	0,0*	46,5
Gadka	22,0	9,0	5,9	0,3	6,8	3,8	0,0*	52,3
Jasień	55,3	2,4	0,7	0,0*	26,6	0,5	1,7	12,7
Dobrzyńka	13,1	7,2	28,5	0,0*	4,2	6,3	0,6	40,1
Łódka	53,1	2,1	0,8	0,0*	25,0	2,5	1,2	15,3
Jasieniec	33,3	0,2	2,8	0,0*	1,6	17,8	0,0*	44,3
Zalewka	8,4	2,5	8,9	0,0*	0,0*	8,2	0,7	71,3
Lubczyna	19,9	2,1	18,8	0,0*	0,8	14,3	0,0*	44,2
Pisia I	1,4	8,1	23,5	0,3	0,0*	8,4	1,2	57,2
Pisia II	1,3	8,6	12,4	0,0*	0,0*	4,7	1,2	71,8
Bełdówka	1,7	9,0	24,0	2,1	0,1	5,7	0,1	57,3
Kanał Królewski	1,8	14,6	6,2	0,1	1,9	6,2	0,7	68,6
Kanał Zbylczycki	0,7	19,7	12,8	0,4	0,9	1,5	0,0*	64,1
Pisia III	1,0	9,5	14,9	0,0*	2,9	2,0	0,9	68,7

**Objaśnienia:** ZZ – osadnictwo (zabudowa zwarta); ŁP – łąki i pastwiska; L – lasy; W – wody; PGK – przemysł, górnictwo, komunikacja, zieleń antropogeniczna; ZW – tereny rolnicze z rozproszonym osadnictwem; LZ – lasy w stanie zmian; UR – uprawy rolne; \* – udział zaniedbywalnie mały

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie Ciołkosz, Poławski (2006) i *CORINE. Land Cover* (2018)

Udział powierzchni zajętej przez wody stanowi aktualnie 0,3% całej zlewni Neru (5,32 km<sup>2</sup>). W relacji do średniej uzyskanej dla Polski (5%) jest to niewiele, ale stosunek ten systematycznie się zmniejsza (rys. 3.2). Niewielki jest też udział powierzchni leśnych (L + LZ): przekracza on nieco 15% całego obszaru zlewni Neru po Dąbie i jest to wartość dwukrotnie mniejsza od średniej dla Polski. Warto przy tym podkreślić, iż w żadnej ze zlewni elementarnych udział lasów nie jest większy od tej średniej.

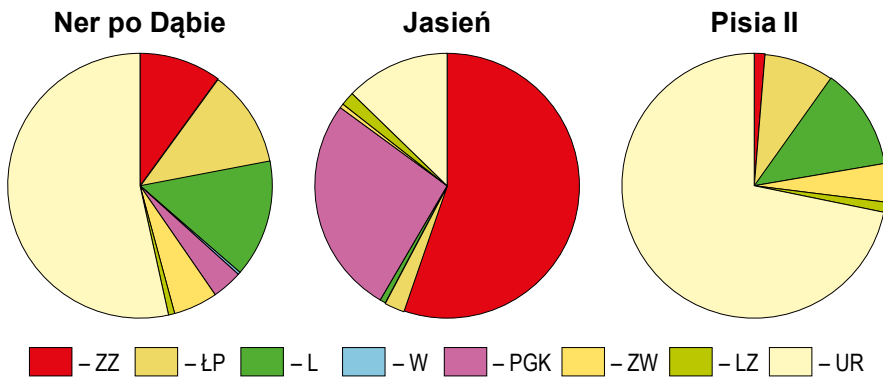


Rys. 3.2. Użytkowanie terenu w zlewni Neru w latach 1990 i 2018

**Objaśnienia:** numer pozycji w tabeli (kolor pola odpowiada kolorowi na mapie): 1 – zabudowa miejska luźna; 2 – zabudowa miejska zwarta; 3 – tereny przemysłowe i usługowe; 4 – tereny komunikacyjne; 5 – lotniska; 6 – kopalnie odkrywkowe, piaskownie, glinianki; 7 – budowy; 8 – tereny zieleni miejskiej, parki; 9 – tereny rekreacyjne; 10 – grunty orne poza zasięgiem urzędzeń nawadniających; 11 – sady i plantacje; 12 – łąki i pastwiska; 13 – złożone systemy upraw np. działkowych; 14 – tereny rolnicze z dużym udziałem roślinności naturalnej; 15 – lasy liściaste; 16 – lasy iglaste; 17 – lasy mieszane; 18 – lasy i roślinność krzewiasta w stanie zmian; 19 – bagna śródlądowe, torfowiska; 20 – rzeki i zbiorniki wodne

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie CORINE. Land Cover (1990 i 2018)

Zwraca natomiast uwagę relatywnie duży udział łąk i pastwisk – 12%, a w północnej pradolinnej części zlewni Neru dochodzi on nawet do 20%. Obszary te są najczęściej podmokłe, a w wielu przypadkach mają charakter mokradeł okresowych lub stałych. Ponad dwukrotnie większy od średniej dla Polski jest też udział terenów zabudowanych. W zlewniach rzek odwadniających Łódź tereny zabudowane, w tym miejskie i przemysłowe (ZZ + ZW + PGK), zajmują nawet 80% powierzchni, natomiast w zlewniach rolniczych dolnej i środkowej części systemu Neru dominujący jest nadal udział upraw rolnych, łąk i lasów. Dobrym przykładem wspomnianych różnic są zlewnie Jasienia i Pisia II (rys. 3.2 i 3.3).



**Rys. 3.3.** Udział różnych form użytkowania terenu w wybranych zlewniach Neru [%]

**Objaśnienia:** ZZ – osadnictwo (zabudowa zwarta); ŁP – łąki i pastwiska; L – lasy; W – wody; PGK – przemysł, górnictwo, komunikacja, zielen antropogeniczna (parki, cmentarze, ogródki itd.); ZW – tereny rolnicze z rozproszonym osadnictwem; LZ – lasy w stanie zmian; UR – uprawy rolne

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie CORINE. Land Cover (2018)

W ciągu ostatnich trzydziestu lat struktura użytkowania całej zlewni Neru niewiele się zmieniła, przy czym przełamane zostały charakterystyczne dla wcześniejszych lat tendencje wzrostu powierzchni uprawianych i spadku terenów leśnych. Udział gruntów ornych i innych terenów rolniczych wyraźnie zmalał, natomiast wzrosły powierzchnie zajęte przez tereny zurbanizowane (mieszkalne, komunikacyjne, przemysłowe itd.). Na przekór wcześniejszym tendencjom powstrzymane więc zostało szybkie wylesianie terenu, a nastąpił nawet niewielki przyrost powierzchni leśnych. Wzrosła także nieco powierzchnia łąk i pastwisk. W ujęciu przestrzennym największe zmiany dotknęły górnej części zlewni (rys. 3.4).

Obszary pokryte wodą zajmują w zlewni Neru nieco ponad 5,3 km<sup>2</sup>. Ich powierzchnia rośnie i jest to pozytywny aspekt zmian użytkowania, bowiem ekosystemy wodne i od wody zależne (zarówno naturalne, jak i sztuczne) pełnią kluczowe funkcje usługowe związane z jej obiegiem, retencją oraz mitygacją zmian pogody i klimatu.



**Rys. 3.4.** Zmiany użytkowania terenu, jakie nastąpiły między 1942 (fot. lewa) i 2018 (fot. prawa) w rejonie ujścia Karolewki do Jasienia

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie zdjęć lotniczych pochodzących ze strony WWII Aerial Photos and Maps oraz ortofotomapy *Bing Maps*. Ujście...

Te usługi mają już dziś nawet swój wymiar ekonomiczny i – jak się okazuje – mogą być wycenione (Grizzetti i in. 2016). Dla przykładu tego rodzaju świadczenia dostarczane przez ekosystemy rzek i jezior wyceniono na  $8500 \$ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , a przez ekosystemy terenów podmokłych na  $14800 \$ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Dla porównania łąki i pastwiska świadczą podobne usługi za  $232 \$ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , a użytki rolne przynoszą tylko  $92 \$ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  (Sierka i in. 2018). Łatwo obliczyć, że wody zlewni Neru dają rocznie korzyści ekologiczne warte prawie 4,5 mln dolarów amerykańskich, a  $190,27 \text{ km}^2$  różnych podmokłości występujących w jego zlewni (por. tab. 2.2) wzbogaca nas o ponad 281 mln „ekologicznych dolarów” rocznie. Zatem ekonomia i ekologia mogą żyć w separacji, ale jednak przyjaznej.



# Klimatyczne składowe obiegu wody w zlewni Neru

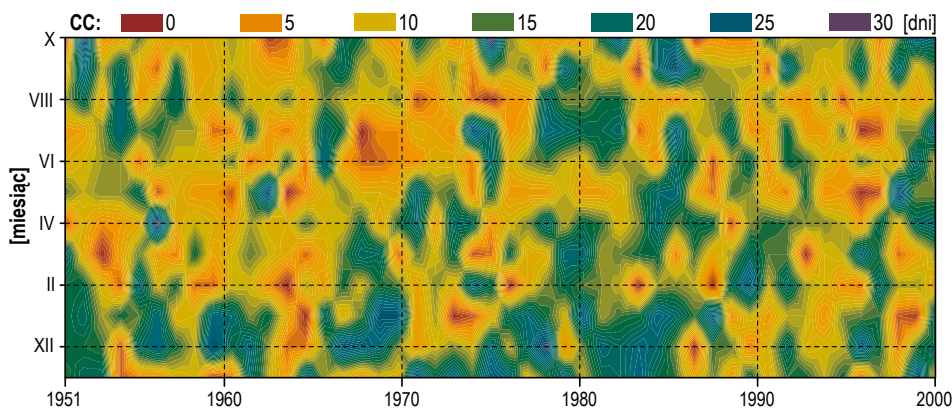
## 4.1. Główne cechy klimatu

Według regionalizacji klimatycznej Polski zlewnia Neru niemal w całości położona jest w regionie środkowopolskim, a tylko niewielka północno-zachodnia jej część należy do regionu środkowowielkopolskiego (Woś 2010). Na obu tych obszarach średnia liczba dni z opadem w roku wynosi od stu sześćdziesięciu jeden do stu sześćdziesięciu pięciu, a przez dwieście pięćdziesiąt dwa, dwieście pięćdziesiąt sześć dni roku panuje pogoda ciepła, sprzyjająca ewapotranspiracji. W ciągu przeciętnego roku najdłużej trwają tu sezony klimatyczne C i B, odpowiednio: sto trzydzieści pięć (12.11–26.03) i sto pięć (31.05–12.09) dni w roku (tenże 1993). Pozostałe dni tworzą kolejne trzy sezony: A1 (czterdzieści dni; 21.04–30.05), A2 (sześćdziesiąt dni; 13.09–11.11) i D (dwadzieścia pięć dni; 27.03–20.04). Dominujący niemal przez całe półrocze chłodny sezon C charakteryzuje się między innymi występowaniem dużego zachmurzenia i opadu atmosferycznego przez 51% dni w roku oraz podobnymi do siebie udziałami dni z pogodą ciepłą (27%) i mroźną (31%). Sezon B trwający przez znaczną część półrocza ciepłego cechuje przeciętnie 58% dni bezopadowych i ponad 90% dni ciepłych, sprzyjających ewapotranspiracji. Pozostałe sezony (dwa wiosenne: D i A1, oraz jesienny: A2) cechuje pogoda bardzo zmienna, ciepła (D: 99% dni ciepłych), z połową dni z opadem, przymrozkami i sporym usłonecznieniem (12–17% dni roku).

Analizując ogólne warunki radiacyjne i cyrkulacyjne panujące w zlewni Neru, łatwo zauważyć, że charakteryzują się one niewielkim zróżnicowaniem przestrzennym i dużą zmiennością sezonową, a w przypadku cyrkulacji – również wieloletnią (Jokiel 2004). W ogólności klimat zlewni Neru (podobnie jak całej środkowej Polski) kształtują głównie czynniki cyrkulacyjne, które wywołują jego niewielkie zmiany z zachodu na wschód, zwiększając nieco stopień kontynentalizmu

(Kozuchowski 2011). Wskutek tego i w efekcie południkowej rozciągłości zlewni występujące na tym terenie różnice klimatyczne są niewielkie, dotyczą raczej mezoskali i wiążą się głównie z czynnikami morfologicznymi. Jednocześnie bardzo szybko zmienia się tutaj stan pogody, niemal z dnia na dzień. Także wymienione wyżej sezony klimatyczne nie są stabilne i to zarówno w aspekcie ich występowania czy długości, jak też horyzontu czasowego. W konsekwencji klimat zlewni Neru w aspekcie przestrzennym ma charakter przejściowy, a w kontekście czasowym cechuje go duża zmienność.

Roczne sumy promieniowania całkowitego były w tej części Polski zmienne w wieloleciu: od  $3240 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$  w roku 1962 do  $4300 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$  w 1959. Średnio do zlewni Neru dociera w ciągu roku ponad  $3800 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$  promieniowania całkowitego (Lorenc 2005). Łódź otrzymuje przeciętnie w roku  $3711 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$  (Kozuchowski 2011), tj. około 5% mniej ( $180 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ ) niż tereny sąsiednie – efekt ten jest typowy dla obszarów zurbanizowanych (Podstawczyńska 2004). Najwięcej promieniowania dociera do zlewni w czerwcu (nieco ponad  $19 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ), natomiast najmniej – w grudniu (niecałe  $2 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ). Od listopada do lutego bilans promieniowania powierzchni zlewni jest ujemny, a w pozostałych miesiącach – dodatni (Kłysik 1999). Mimo sporej rozciągłości południkowej zlewni podane liczby można uznać za charakterystyczne dla całego jej obszaru.



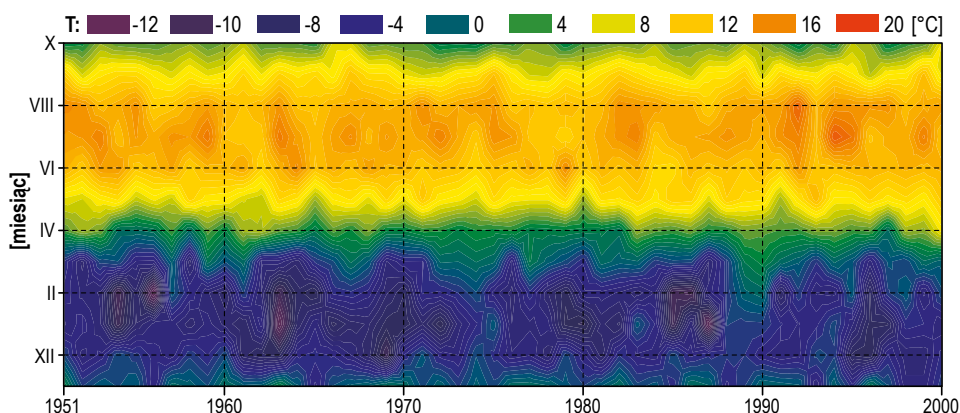
**Rys. 4.1.** Sezonowe i wieloletnie zmiany liczby dni z zachodnią cyrkulacją atlantycką w Łodzi (wskaźnik CC wg Osuchowskiej-Klein 1978)

**Źródło:** Jokiel (2004)

Podstawową cechą warunków cyrkulacyjnych w zlewni Neru jest duża zmienność układów ciśnienia, cyrkulacji i pogody, typowa dla całej środkowej Polski (rys. 4.1). W półroczu chłodnym największy wpływ na pogodę ma zachodnia cyrkulacja cyklonalna, która powoduje, że wraz z niżami napływa nad ten teren wilgotne powietrze znad Atlantyku. Natomiast w półroczu ciepłym występuje najczęściej zachodni typ cyrkulacji antycyklonalnej, który jest

związany z rozrostem wyżu azorskiego. Następstwem dużej zmienności typów cyrkulacji jest to, że nad obszar zlewni mogą napływać bardzo zróżnicowane masy powietrza o rozmaitej wilgotności i temperaturze, w tym powietrze polarne, arktyczne oraz zwrotnikowe. Zazwyczaj wilgotne powietrze polarnomorskie pojawia się nad danym obszarem najczęściej i średnio występuje tutaj przez 45% dni w roku. Jest ono przy tym notowane w 30% dni wiosennych, zaś w lecie jego udział może dochodzić nawet do 60%. Przez około 38% dni w roku pogodę nad Nerem kształtują masy przeważnie suchego powietrza polarnokontynentalnego, zaś przez 10% dni – arktycznego (zdarza się to zazwyczaj wiosną). Relatywnie rzadko i przeważnie jesienią dominuje nad zlewnią powietrze zwrotnikowe, czasem bardzo wilgotne (Dubaniewicz 1974; Kłysik 1993, 2001; Wibig 2001).

Temperatura powietrza zależy od czynników radiacyjnych oraz adwekcyjnych. W literaturze klimatologicznej środkowa Polska uznawana jest za obszar o niskiej zmienności przestrzennej warunków termiczno-opadowych. Ze względu na niewielkie różnice radiacji w tej części kraju podstawową rolę w kształtowaniu zmian czasowych i zróżnicowania przestrzennego temperatury odgrywa adwekcja wymienionych wyżej mas powietrza. Średnia roczna temperatura na obszarze zlewni Neru jest mało zróżnicowana i wynosi od 7,6°C na południowym wschodzie do 8°C na północnym zachodzie – średnio 7,8°C. Najniższą średnią roczną temperaturę (5,4°C) odnotowano w zlewni w 1940 roku, zaś najwyższą, równą 9,6°C, w latach 1989 i 2000 (Kłysik 2001; Podstawczyńska 2010). Najzimniejszym miesiącem w roku jest tu zwykle luty (w Łodzi styczeń), ze średnią temperaturą zróżnicowaną przestrzennie w granicach od -3,5°C do -3,0°C (w Łodzi -2,9°C). Natomiast miesiącem najcieplejszym jest lipiec, przy czym jego średnia temperatura wykazuje również małe zróżnicowanie przestrzenne w zlewni: od 17,8°C do 18,2°C (rys. 4.2).



**Rys. 4.2.** Sezonowe i wieloletnie zmiany średniej miesięcznej temperatury powietrza w Łodzi

**Źródło:** Jokiel (2008b)



Maksymalne dobowe temperatury na tym obszarze mogą niekiedy przekraczać 36°C (37,6°C w Łodzi w sierpniu 1994 roku, 38,4°C w Kole w lipcu 1998), a minimalne spadać poniżej -30°C (-31,1°C w Łodzi w styczniu 1963 roku). Dni ciepłych, z maksimum temperatury powyżej 25°C, występuje tu średnio w roku od trzydziestu pięciu do trzydziestu ośmiu, zaś dni upalnych, z najwyższą temperaturą przekraczającą 30°C, jest od pięciu do siedmiu (Wibig 2007; Podstawczyńska 2010). Jednocześnie dni bardzo mroźnych, gdy najwyższa temperatura nie przekracza -10°C, notuje się niewiele w ciągu roku – średnio dwa, trzy. Natomiast dni mroźnych, kiedy temperatura nie jest wyższa od 0°C, jest przeciętnie około czterdziestu (Dubaniewicz 1974; Kłysik 1993, 2001).

Niemal na całym obszarze Polski średnie temperatury roczne, a szczególnie półroczna chłodnego, w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat dość wyraźnie rosły: szacuje się, że w ostatnich sześciu dekadach, w zależności od regionu, od 1,1°C do 1,6°C. W zlewni Neru położonej przecież w nizinnej części kraju ocieplenie to jest bliższe dolnej granicy: najszybciej rosą tutaj temperatury w sierpniu i kwietniu. W Łodzi, począwszy od 1988 roku, wszystkie lata, z wyjątkiem 1996 i 1997, cechowały się średnią roczną temperaturą wyższą od przeciętnej ze stu trzech lat (Podstawczyńska 2010). Równocześnie istotny statystycznie liniowy wzrost średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1904–2006 wynosił przeciętnie 0,12°C na dekadę. W latach 1951–2008 liczba dni z temperaturą ujemną w zimie malała w Łodzi w tempie dwóch na dziesięć lat, a liczba dni z temperaturą powyżej 5°C rosła średnio o jeden i trzy dziesiąte (Kozuchowski 2011). Zimy stają się nie tylko coraz cieplejsze i bardziej sprzyjające ewapotranspiracji, ale jednocześnie panujące wówczas temperatury wydają się coraz bardziej zmienne na przestrzeni lat. Choć kilkuletnie sekwencje ciepłych zim przedzielone są nadal okresami chłodnymi, to jednak liczba i surowość tych drugich systematycznie maleje (Jokieli 2004; Kozuchowski 2011). Zdaniem niektórych autorów skutkiem postępującego ocieplenia jest w Polsce między innymi wzrost opadów podczas ciepłych zim i ich spadek w upalnych sezonach letnich (Kozuchowski 2004). W środkowej Polsce obserwuje się także zwiększenie częstości i długości fal ciepła (w obu półroczach) przy jednoczesnym spadku liczby i długości fal chłodu. Następują też dość systematyczne wzrosty częstości upałów i spadki częstości mrozów (Wibig 2007).

Przeciętnie zima rozpoczyna się w tej części środkowej Polski 7–15 grudnia ( $T < 0^{\circ}\text{C}$ ), a kończy – około 1–3 marca ( $T > 0^{\circ}\text{C}$ ). Termiczne lato ( $T > 15^{\circ}\text{C}$ ) trwa tu średnio od 30 maja do 4–7 września (por. rys. 4.2), zaś okres wegetacyjny ( $T > 5^{\circ}\text{C}$ ) – od 30 marca do 7 listopada (Kłysik, Maksymiuk 1999; Podstawczyńska 2010). Notowane ocieplenie zmieniło nieco charakter zim w środkowej Polsce: kończą się one dość wcześnie, brak im przysłowiowego „zimnego jądra” (temperatury dodatnie trwają zimą dłużej niż miesiąc) i charakteryzują się stosunkowo małą ilością śniegu (Kozuchowski 2000). Oszacowano, że zima w tej części Polski jest dziś o dwadzieścia dni krótsza niż w latach 40. XX wieku, a najsurowsze wystąpiły w zlewni Neru w latach 1954, 1963, 1979 i 1996. Jak łatwo zauważyć, większość z nich przypadła na początek wielolecia 1951–2018. W dwóch pierwszych wska-

zanych wyżej latach średnia temperatura w całym sezonie wynosiła odpowiednio:  $-7,7^{\circ}\text{C}$  i  $-8,1^{\circ}\text{C}$ . Najcieplejsze lata z falami gorąca zanotowano zaś w 1962, 1989, 1994, 2000, 2002 i 2006. Tu z kolei dostrzegamy, że ogromna większość z nich przypadła na koniec XX i początek XXI wieku (Wibig 2007).

## 4.2. Opad

Przejście pary wodnej w stan ciekły następuje w wyniku przekroczenia punktu rosy. Odbywa się to najczęściej na skutek obniżenia temperatury powietrza, wzrostu jego ciśnienia lub obu tych czynników równocześnie. Opadem atmosferycznym nazywamy w ogólności wodę, która jako produkt kondensacji, w postaci stałej lub ciekłej, opada na powierzchnię terenu. Z hydrologicznego punktu widzenia ważne są trzy podstawowe rozróżnienia opadu atmosferycznego:

- opady stałe ÷ opady ciekłe;
- opady ulewne ÷ opady rozlewne;
- opady zmierzone ÷ opady rzeczywiste.

Pierwsze rozróżnienie wiąże się z zagadnieniem retencji, a w szczególności retencji śnieżnej. Opad w postaci stałej zwykle nie bierze natychmiast udziału w obiegu, ale zostaje czasowo zmagazynowany w postaci pokrywy śnieżnej, przy czym czas tej retencji może być bardzo zróżnicowany w przestrzeni i zmienny w czasie. Natomiast opad w postaci deszczu niemal zaraz bierze udział w obiegu poprzez procesy intercepcji, ewapotranspiracji, infiltracji czy spływu powierzchniowego, czego efektem jest względne przyspieszenie obiegu wody w środowisku.

Drugie rozróżnienie wiąże się z natężeniem opadu, jego intensywnością i wydatkiem. Krótkotrwałe ulewy o dużym natężeniu, choć obejmują zwykle niewielkie obszary, powodują szybkie powstawanie spływu powierzchniowego i wywołują gwałtowną reakcję małych lub miejskich rzek. Ulewami nazywa się w Polsce deszcze, które osiągają natężenia  $1,1\text{--}1,9\text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , natomiast opady o natężeniu przekraczającym  $2,0\text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  nazywane są opadami nawalnymi (Kozuchowski 2017). Natężenia deszczów rozlewnych są znacznie mniejsze, ale poprzez swą długość opady te bywają nawet bardziej „skuteczne” od krótkotrwałych o tej samej wysokości. Wywołują bowiem wyraźny wzrost stanu retencji (powierzchniowej, glebowej i niekiedy podziemnej), przy czasowym spadku wydajności procesu ewapotranspiracji (duża i stabilna w czasie wilgotność powietrza). Są one również bardzo uciążliwe dla gospodarki wodnej i mogą być przyczyną podtopień i wezbrań zarówno rzek małych, jak i dużych.

Trzecie rozróżnienie wynika z faktu systematycznego zaniżania wielkości opadu w wyniku błędów popełnianych w trakcie pomiaru standardowym deszczomierzem. Ilość opadu, jaka dociera do powierzchni gruntu, jest prawie zawsze większa od opadu rejestrowanego za pomocą deszczomierza (największa różnica występuje w półroczu chłodnym i w przypadku pomiaru opadów stałych). Wartość poprawki oblicza się jako sumę trzech błędów systematycznych (zwilżania,

parowania i tzw. efektu Jevonsa – poprawka aerodynamiczna) oraz błędu losowego (Lenart 1980; Jaworski 2004). Łącznie średnia suma błędów systematycznych wynosi od 9% (w lipcu) do ponad 27% (w styczniu) sumy opadu zmierzonego i zależy od rzędnej terenu i ekspozycji urządzenia pomiarowego. Dla zlewni Neru średnia poprawka sumy rocznej opadu zmierzonego wynosi około 21% (Chomicz 1976; Kowalczyk, Ujda 1987). O ile w analizach hydrologicznych, w których opad jest umowną charakterystyką klimatu, a jego ilość – tylko wskaźnikiem, proces korygowania opadów zmierzonych można pominąć, o tyle w analizach bilansowych oraz wszędzie tam, gdzie konieczna jest znajomość objętości odpływającej wody, korekta opadu zmierzonego musi być wykonana.

Zlewnia Neru niemal w całości znajduje się na obszarze o kontynentalno-morskim reżimie opadowym, z najwyższą sumą miesięczną w lipcu i przewagą opadów jesiennych nad wiosennymi (Chomicz 1971). Średnia suma zmierzonych opadów atmosferycznych w półroczu ciepłym jest przeciętnie o 50% wyższa niż w półroczu chłodnym. Na wysokość opadów w większym stopniu wpływa tutaj typ cyrkulacji niż kierunek adwekcji mas powietrza (Wibig, Fortuniak 1998). Istotną rolę dla przestrzennego zróżnicowania opadów pełni również rzędna terenu, a niekiedy także jego ekspozycja. W ciągu całego roku najwyższe średnie sumy opadów atmosferycznych występowały podczas adwekcji powietrza z kierunków zachodnich (północno-zachodniego, zachodniego i południowo-zachodniego). Sumy te były równocześnie średnio pięciokrotnie wyższe podczas cyrkulacji cyklonalnej niż w fazie antycyklonalnej. Największe prawdopodobieństwo wystąpienia opadów atmosferycznych w zlewni Neru (od 40% jesienią do 80% latem) zachodzi podczas cyrkulacji cyklonalnej. Najwyższe średnie sumy opadów występowały w sezonie letnim, podczas adwekcji mas powietrza z kierunków południowego i południowo-zachodniego. Należy to powiązać z relatywnie dużą częstością napływu mas powietrza z tych kierunków w ciągu całego roku (Radziun 2017).

W obrazie przestrzennego zróżnicowania zmierzonej sumy opadu rocznego w województwie łódzkim nakreślonym przez Kazimierza Kłysika (2001) najwyższe sumy opadów zmierzonych w zlewni Neru występują w górnej części (> 600 mm). Wartości te systematycznie maleją w kierunku północno-zachodnim i w miarę przyrostu powierzchni zlewni: od około 600 mm – w zlewni Dobrzyńki, do 550–600 mm – w zlewniach łódzkich dopływów Neru oraz Lubczyny, Bełdówki i Zalewki. W zlewni różnicowej Neru, od Lutomiarska do ujścia, oraz w zlewniach jego pozostałych dopływów (Pisi I, II i III, a także Kanału Królewskiego i Zianu) sumy opadów zmierzonych są mniejsze od 550 mm, a w rejonie ujścia Neru zbliżają się do 500 mm. Swoistą nieciągłość w tym dość jednolitym obrazie tworzy lokalny wzrost opadu (> 550 mm) w rejonie Poddębic.

W zlewni Neru opady śniegu występują średnio w ciągu czterdziestu, czterdziestu pięciu dni w roku. Przeciętnie pokrywa śnieżna zalega od pięćdziesięciu do siedemdziesięciu dni (ostatnio dużo krócej). Minimalna liczba dni występowania śniegu waha się w granicach od dziesięciu do dwudziestu, natomiast maksymalna dochodziła kiedyś do czterech miesięcy. Średnia grubość pokrywy śnieżnej w tej

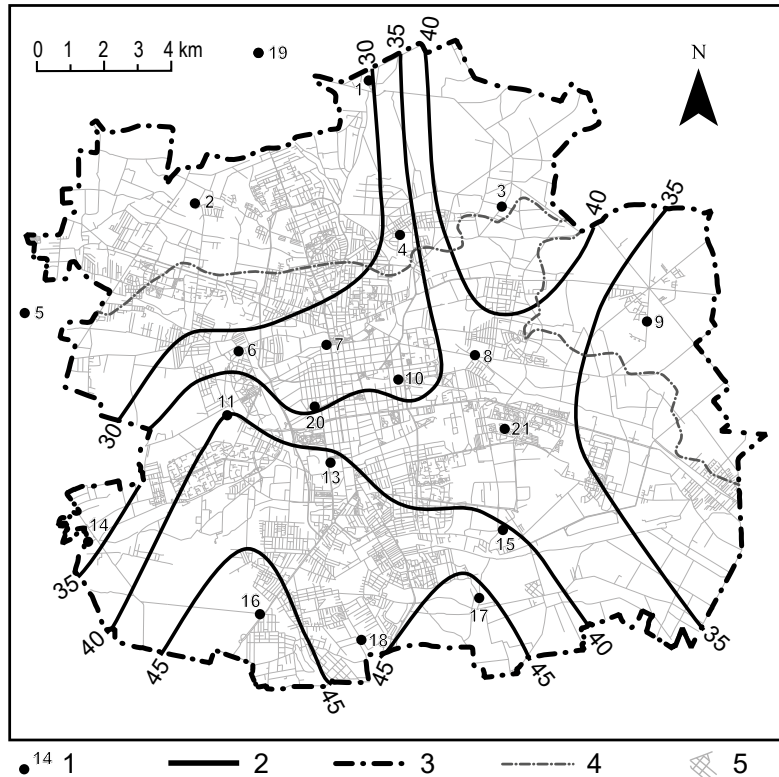
części regionu łódzkiego mieści się w granicach od kilku do kilkunastu centymetrów, ale bywa, że może osiągać 40 cm. Względnie trwała pokrywa pojawia się na obszarze zlewni w ostatniej dekadzie listopada, zaś jej całkowity zanik rozpoczyna się na przełomie drugiej i trzeciej dekady marca (Dubaniewicz 1974; Kłysik 1993, 2001). W ostatnich latach coraz częściej pojawia się jednak zimą kilka okresów topnienia śniegu wywołujących roztopowe wezbrania śródzimowe, np. w styczniu i lutym. Są one często „wzmacniane” opadami deszczu i wywołują niekiedy lokalne podtopienia i powodzie, głównie w dolinach rzek. Dowodem na coraz częstsze występowanie wysokich wezbrań śródzimowych jest między innymi fakt, że współczynniki zmienności maksymalnych odpływów w środkowej Polsce są w półroczu chłodnym bardzo wysokie (najwyższe w styczniu) i dość systematycznie wzrastają (Jokiel, Tomalski 2015).

Istotnym zagrożeniem związanym z epizodycznym nadmiarem wody w zlewni Neru są intensywne roztopy, czyli faza obiegu wody, w czasie której woda pochodząca z topnienia pokrywy śnieżnej wsiąka w podłoże i/lub spływa po powierzchni terenu. Największe problemy pojawiają się wówczas, gdy pokrywa śnieżna ma dużą miąższość ( $> 10$  cm), śnieg jest zbity i mokry (wodny równoważnik śniegu jest wysoki), temperatura przez całą dobę przekracza  $1,5^{\circ}\text{C}$ , a obszar zasilany jest dodatkowo opadem ciekłym o sumie dobowej większej od 20 mm. Sytuacja taka w zlewni Neru może się pojawić właściwie w całym półroczu chłodnym (zwykle jednak od grudnia do marca). Po okresie mroźnym z trwałą pokrywą śnieżną wywołać ją może napływ ciepłego wilgotnego powietrza z sektorów zachodnich (najczęściej za ciepłym frontem). Temperatura przy gruncie szybko wówczas wzrośnie, deszcz, nawet o niewielkim natężeniu, przyspieszy topnienie i wywoła przyrost ilości wody, a spływ po powierzchni będzie bardzo szybki i wydajny, zwłaszcza że wystąpić może po zamrożonym podłożu, którego współczynnik tarcia jest w tym sezonie dodatkowo obniżony, a to z uwagi na brak zwartej pokrywy roślinnej. Przyrost retencji glebowej i podziemnej, tak istotny i potrzebny w tym regionie w półroczu chłodnym, będzie wtedy niewielki, głównie wskutek ograniczonej infiltracji. Wzmacniane opadami roztopy wywoływały już kiedyś w zlewni Neru duże lokalne powodzie i podtopienia (niektóre przypadki opisano w rozdz. 2).

Na terenach nizinnych, w tym w zlewni Neru, przy sumach zmierzonego opadu ciekłego przewyższających  $30 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  pojawiają się lokalne podtopienia. Woda stagnuje w zagłębieniach lub spływa po terenach o urozmaiconej rzeźbie, ulicach i drogach. Konsekwencją tego są niewielkie utrudnienia komunikacyjne. W Łodzi (górną część zlewni Neru) i w Kole (stacja położona w sąsiedztwie dolnej części zlewni) opady o wydajności  $32\text{--}35 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  zdarzają się z prawdopodobieństwem około 50% (raz na dwa lata).

Opady zmierzone większe od  $50 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  powodują natomiast istotne zagrożenie powodziowe. Nawet na nizinach tworzą się wtedy zastoiska wody na obszarach pól uprawnych (podmokliska), formują się epizodyczne strugi i rowki erozyjne. Spływająca po powierzchni woda podmywa korzenie drzew, a także wywołuje erozję gleb oraz lokalne zniszczenia infrastruktury drogowej i odwadniającej.

Zmierzony opad dobowy o prawdopodobieństwie pojawienia się 10% (raz na dziesięć lat) w górnej części zlewni (np. w Łodzi) wynosi 58 mm, a w dolnej (np. w Kole) – 49 mm (Krężałek i in. 2013). Są to zatem wartości bliskie lub nawet nieco większe od podanego wyżej normatywu zagrożenia.



**Rys. 4.3.** Zróżnicowanie przestrzenne dobrego opadu w Łodzi 14 czerwca 2012 roku

**Objaśnienia:** 1 – posterunki opadowe; 2 – izohiety; 3 – granice administracyjne Łodzi; 4 – dział wodny I rzędu; 5 – siatka ulic

**Źródło:** Bartnik, Marcinkowski (2015)

Na obszarze Łodzi opad o średniej sumie dobowej bliskiej 36 mm, z maksimum i minimum lokalnym równymi odpowiednio: 53,7 i 14,7 mm, zanotowano np. 14 czerwca 2012 roku (rys. 4.3). Jego zróżnicowanie przestrzenne w mieście zobrażowano na podstawie danych z osiemnastu deszczomierzy lokalnej sieci AsterGate (Bartnik, Marcinkowski 2015). Warto dostrzec duże zróżnicowanie przestrzenne sum dobowych w obrębie miasta, które było jeszcze wyraźniejsze w przypadku sum godzinowych. Maksimum takiego opadu zmierzonego w Łodzi w dniu 14 czerwca 2012 roku wynosiło  $30,6 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ , a minimum – tylko  $0,5 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Średnio w całym mieście ( $293,2 \text{ km}^2$ ) spadło tego dnia 12,7 mm wody.

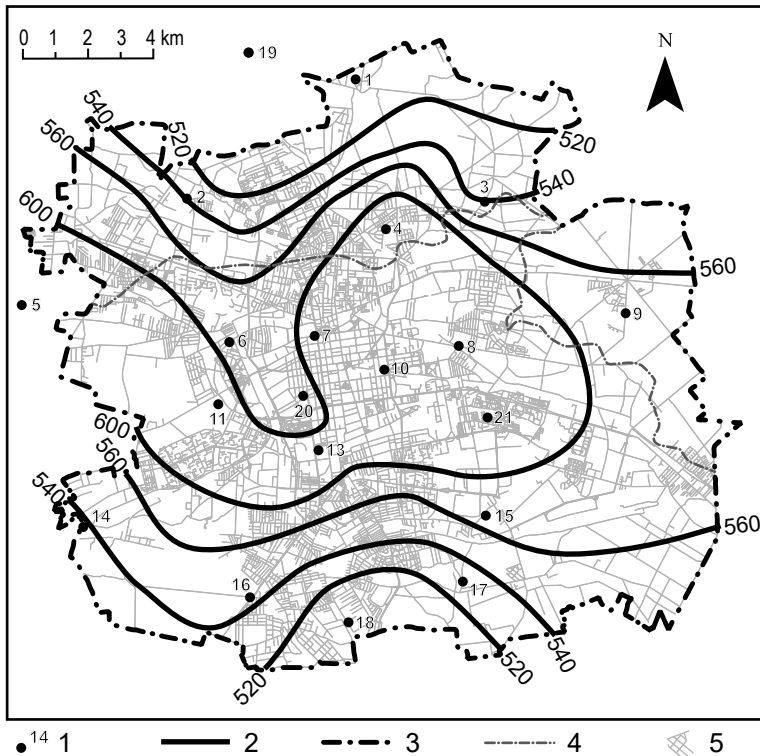
Opady intensywniejsze od  $70 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  na nizinach wywołują już wezbrania powodziowe w rzekach, intensywną erozję na stokach, zniszczenia upraw, wylewy cieków z koryt na terasy zalewowe oraz dewastację urządzeń hydrotechnicznych i brzegów rzek (nawet sztucznie ukształtowanych). Na terenach miast, np. w Łodzi, pojawiają się po nich poważne problemy z odprowadzeniem wody z ulic i obniżen, zalewane są piwnice i budynki, lokalnie wylewają rzeki, np. Olechówka, a w obrębie zwężeń koryt i przepustów drogowych tworzą się głębokie zalewy. Dobowe opady zmierzone o prawdopodobieństwie 1% (tzw. opad stuletni) są w Łodzi wyższe od wskazanej wartości i wynoszą prawie 90 mm, a w Kole nieco niższe – 65 mm (Kręzałek i in. 2013). Zatem opady dobowe przekraczające  $100 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$  mogą być już w zlewni Neru przyczyną katastrofalnych, szybko rozwijających się powodzi lokalnych typu *flash flood*, a na terenach zurbanizowanych – *urban flood*, powodujących nawet zagrożenia dla życia i zdrowia mieszkańców oraz bardzo duże straty gospodarcze – tzw. powodzie zupełne.

Maksymalna suma dobową opadu zanotowana w Łodzi w latach 1951–2018 wynosiła 99,8 mm. Taki opad dobowy zarejestrowano 15 czerwca 1980 na stacji meteorologicznej Łódź Lublinek. W ten niedzielny czwarcowy poranek w ciągu dwu, dwu i pół godziny spadło na terenie miasta co najmniej 87,5 mm wody. Przestała wówczas działać cała komunikacja miejska, na ulicach zalanych zostało sto siedemdziesiąt osiem tramwajów i osiemdziesiąt autobusów, podtopionych było siedem łódzkich szpitali, największy dom handlowy Uniwersal oraz setki budynków. Woda gromadząca się w obniżeniach wiaduktów miała głębokość 1,5 m, a w niektórych domach dochodziła do pierwszego piętra (*Skutki niedzielnej...* 1980). A przecież nie był to najwyższy opad odnotowany w mieście, bowiem dobowe maksimum absolutne zanotowano tu znacznie wcześniej, bo w 1939 roku, i wyniosło ono 103,5 mm. Obie sumy były zatem wyższe od tzw. opadów stuletnich, a ich skutki okazały się katastrofalne. Dodajmy, że w lipcu 1997 roku suma miesięczna opadu w Łodzi wyniosła 256,3 mm. Była ona z kolei następstwem kilkunastodniowych deszczów rozlewnych, które na Dolnym Śląsku wywołały skutki katastrofalne, a w Łodzi i w całej zlewni Neru pociągnęły za sobą duże straty gospodarcze i utrudnienia komunikacyjne.

Zróznicowanie rocznych sum opadu w samej Łodzi jest coraz lepiej rozpoznawane, a jego podstawowy obraz został już dość dobrze udokumentowany (Zawilski 2011; Bartnik, Marcinkowski 2015). Opady atmosferyczne na obszarze miasta charakteryzują się dużym zróżnicowaniem przestrzennym (rys. 4.4): najwyższe sumy roczne występują w centralnej jego części, w obrębie pasa przebiegającego równoleżnikowo (zachód–wschód) – zlewnie górnego Jasienia i Łódki oraz ich łódzkich dopływów. Głównymi czynnikami decydującymi o takim obrazie zróżnicowania są orografia terenu, główny kierunek napływu wilgotnych mas powietrza, duża „szorstkość” powierzchni miasta i relatywnie wysokie zapylenie w strefie tarcia.

Średnia suma roczna opadów skorygowanych w Łodzi w latach 1950–2015, obliczona przy użyciu poprawki Kazimierza Chomicza, wynosiła 675 mm i we wskazanym wieloleciu zmieniała się od 469 mm (2015) do 899 mm (2010).

Warto zauważyć, że oba ekstrema pojawiły się w tej samej dekadzie. Do połowy lat 80. ubiegłego stulecia sumy roczne oscylowały wokół przeciętnej, by przez następne dziesięć lat spaść poniżej tej wartości. Koniec XX i początek XXI wieku charakteryzowały sumy roczne znacznie wyższe od średniej, natomiast po 2003 roku zanotowano tylko cztery takie sumy oraz minimum wieloletnie. Maksimum miesięczne było równe 310 mm (lipiec 1997). Tylko raz w całym wieloleciu odnotowano miesiąc bezopadowy – listopad 2011 roku. W przebiegu rocznym najwyższe średnie sumy miesięczne opadów dotyczyły lipca (95 mm), natomiast luty (39 mm) charakteryzował się najniższą średnią sumą opadów skorygowanych (Bąk 2019).



**Rys. 4.4.** Zróżnicowanie przestrzenne sum rocznych opadu zmierzono w Łodzi w latach 2011–2013

**Objaśnienia:** 1 – posterunki opadowe; 2 – izohiety; 3 – granice administracyjne Łodzi;  
4 – dział wodny I rzędu; 5 – siatka ulic

**Źródło:** Bartnik, Marcinkowski (2015)

Z punktu widzenia hydrologicznego, lokalnej gospodarki wodnej, a także z uwagi na negatywne konsekwencje susz dla rolnictwa i leśnictwa ważną charakterystyką reżimu opadów jest liczba, czas trwania oraz pora występowania

dni bezopadowych. Przeciętnie w Łodzi przez 54% dni roku (198) nie notuje się opadu, przy czym należy mocno podkreślić, iż liczba dni bezopadowych jest bardzo zmienna z roku na rok, a w przeciągu ostatnich pięćdziesięciu lat była przeważnie mniejsza od średniej wieloletniej (Podstawczyńska 2010), zatem z punktu widzenia ilości i częstości opadu trudno zgodzić się z powtarzaną ostatnio tezą, że obszar tej części Polski „stepowieje”. Ilość i częstość opadów podlega bowiem nadal tylko fluktuacjom, typowym dla klimatu przejściowego i zmiennego.

Przestrzenną analizę opadu w zlewni Neru w latach 1951–2017 wykonano w oparciu o dane pochodzące z dwunastu posterunków opadowych znajdujących się w zlewni i w jej bezpośrednim sąsiedztwie. Do oceny zróżnicowania przestrzennego i obliczenia wskaźników opadowych dla poszczególnych zlewni systemu Neru zastosowano metodę wieloboków równego zadeszczenia. Miesięczne sumy opadów w zlewni były obliczane jako średnie ważone (wagę stanowiła powierzchnia wieloboku) sumy opadów zarejestrowanych na wybranych posterunkach opadowych. Liczba i przestrzenna konfiguracja posterunków, a co za tym idzie – układ wieloboków, zmieniały się jednak w zależności od miesiąca, roku i zlewni (serie z poszczególnych posterunków nie były bowiem pełne i obejmowały różne horyzonty czasowe). W następnym etapie średnie sumy miesięczne posłużyły do obliczeń charakterystyk rocznych i długookresowych. Korekty opadu zmierzonego i przekształcenia jego sum miesięcznych oraz rocznych w odpowiednie sumy opadów skorygowanych dokonano według formuły zaproponowanej przez Jerzego Jaworskiego (2004), uwzględniającej liczbę dni z opadem, rzędną posterunku i porę roku. Rozłożenia opadu skorygowanego na obszarze zlewni Neru, w celu obliczenia wskaźników opadu dla zlewni elementarnych, dokonano zaś, stosując metody geoinformacyjne, w szczególności funkcję „statystyk strefowych”, gdzie strefami były zlewnie cząstkowe, a podstawę obliczeń stanowiły wieloboki o określonej sumie opadów.

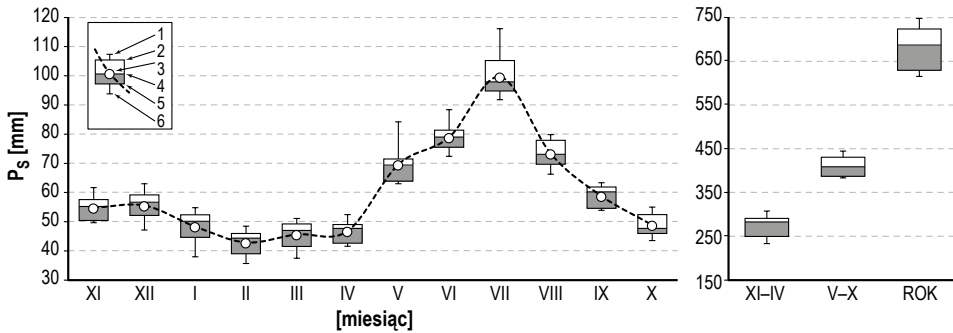
Zróżnicowanie średnich wieloletnich, miesięcznych, półrocznych i rocznych sum opadu skorygowanego w zbiorze dwunastu badanych posterunków (Dąbie, Kruszów, Krzepocinek, Lućmierz, Łask, Poddębice, Rokiciny, Skępe, Szadek, Topola, Uniejów, Wilanów) prezentuje rysunek 4.5. Zróżnicowanie przestrzenne miesięcznych sum opadu skorygowanego w zlewni Neru jest niewielkie. Przedziały 50% liczebności są wąskie, a rozstępy kwartyli nie przekraczają zwykle 10 mm. Najwyższe średnie sumy opadów skorygowanych na wziętych pod uwagę dwunastu posterunkach występują w lipcu i wynoszą 99,7 mm. Zauważmy przy tym, że najniższe wartości w zbiorze sum z lipca są zawsze większe od najwyższych sum w pozostałych miesiącach.

Średnie sumy maja, czerwca i sierpnia są nieco mniejsze od lipcowych, ale podobne na wszystkich posterunkach i to zarówno w aspekcie wartości średnich (od 70 do 80 mm), jak i zróżnicowania w dwunastoelementowej grupie posterunków. Rozkłady sum miesięcznych maja, czerwca i lipca są jednocześnie prawostronnie asymetryczne, co wskazuje, że to właśnie w tych miesiącach mogą się zdarzyć sumy bardzo wysokie, będące skutkiem katastrofalnych opadów



nawalnych lub długotrwałych deszczów rozlewnych. W przypadku innych rozkłady sum miesięcznych są prawie symetryczne, z niewielką tendencją do asymetrii lewostronnej, np. w przypadku opadów grudniowych. Najniższe średnie sumy miesięczne na wszystkich posterunkach wystąpiły w lutym oraz w dwóch sąsiednich miesiącach półrocza chłodnego: w styczniu i marcu. Niewiele też padało w kwietniu.

Rozkłady półrocznych i rocznych sum opadów skorygowanych na analizowanych dwunastu posterunkach wskazują na relatywnie duży rozstęp sum rocznych (616–749 mm), przy znacznie mniejszym zróżnicowaniu sum półrocznych: 233–308 mm (półrocze chłodne) i 383–445 mm (półrocze ciepłe). Sumy przeciętne opadów skorygowanych obliczone jako średnie z dwunastu posterunków wynoszą odpowiednio: 679,4 mm, 274,1 mm i 409,3 mm. Warto podkreślić, że zróżnicowanie przestrzenne sum półrocza chłodnego i ciepłego jest podobne, a przedziały połowy liczebności – stosunkowo wąskie (rys. 4.5).



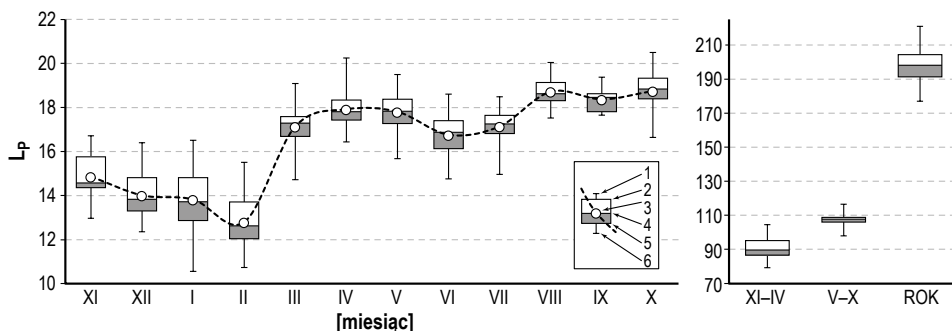
**Rys. 4.5.** Zróżnicowanie średnich miesięcznych oraz półrocznych i rocznych sum opadu skorygowanego na 12 uwzględnionych posterunkach opadowych (diagram typu *box-whisker*)

**Objaśnienia:** 1 – maksimum w zbiorze posterunków; 2 – kwartyl trzeci; 3 – średnia arytmetyczna; 4 – mediana; 5 – kwartyl pierwszy; 6 – minimum w zbiorze posterunków

**Źródło:** opracowanie własne

Z uwagi na fakt, że obszar zlewni Neru należy niewątpliwie do najuboższych w Polsce z punktu widzenia zasobów wodnych i – zdaniem niektórych badaczy (por. niżej) – sytuacja ta stale się pogarsza, przeanalizowano również przestrzenne zróżnicowanie w zlewni liczby dni bez opadu atmosferycznego (bezopadowych). Wyniki prezentuje rysunek 4.6. Z przeprowadzonych analiz wynika, że średnia liczba dni bez opadu jest w całej zlewni podobna i mało zróżnicowana sezonowo: od marca do czerwca – siedemnaście do osiemnastu dni w miesiącu, od sierpnia do października – osiemnaście do dziewiętnastu. Od listopada do lutego jest natomiast nieco mniejsza od wyżej wymienionych – dwanaście do piętnastu dni w miesiącu. Największe zróżnicowanie przestrzenne i w wieloleciu występuje w styczniu, a najmniejsze – we wrześniu. Różnice między półroczami są dość wyraźne: dotyczą średniej liczby dni bez opadu i zakresu przedziałów 50% liczebno-

ści. Jednak rozstępy między ekstremami są podobne: od dziewięćdziesięciu ośmiu do stu siedemnastu dni w półroczu ciepłym i od siedemdziesięciu dziewięciu do stu pięciu w półroczu chłodnym. Średnia liczba dni bez opadu w ciągu roku wynosi przeciętnie w całej zlewni Neru sto dziewięćdziesiąt osiem, przy czym jej zróżnicowanie przestrzenne jest dość duże: od stu siedemdziesięciu siedmiu do dwustu dwudziestu jeden dni w roku. Oszacowana średnia liczba dni bezopadowych na dwunastu posterunkach jest identyczna z wartością podaną przez Agnieszkę Podstawczyńską dla Łodzi (2010).



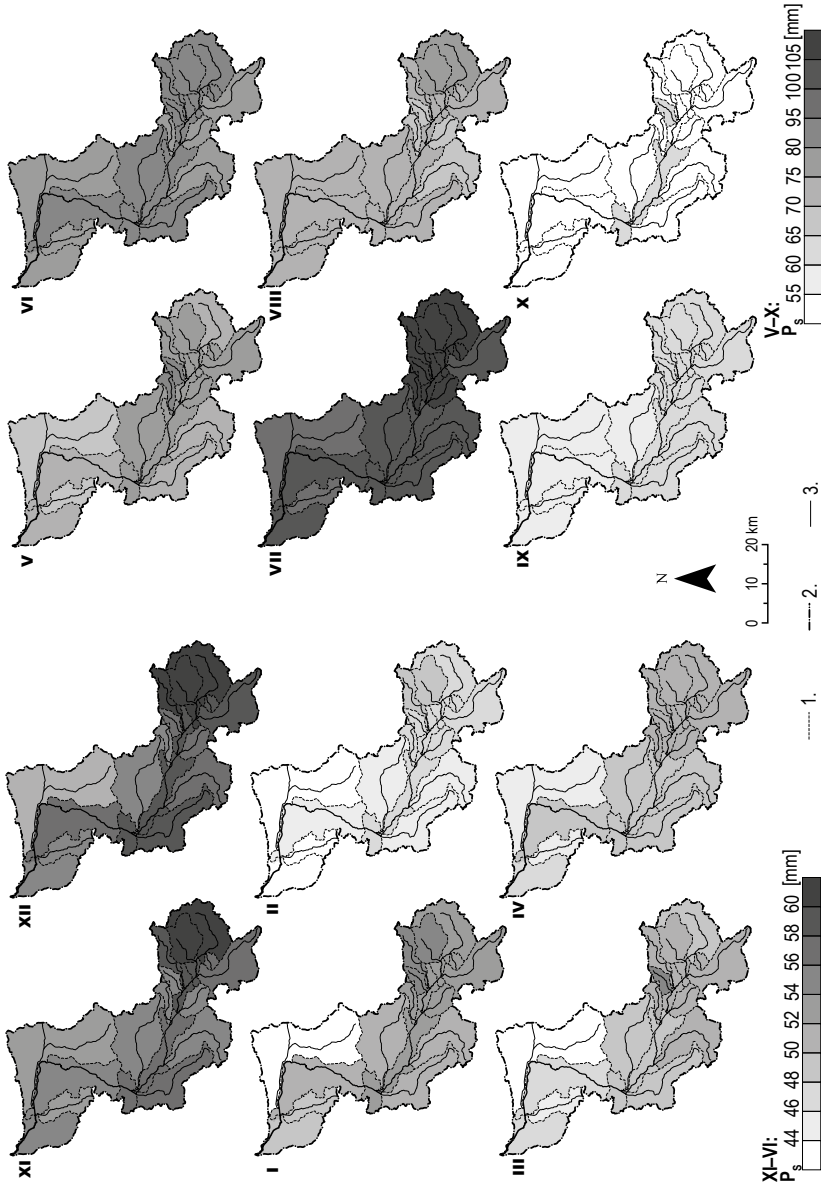
**Rys. 4.6.** Miesięczna, półroczna i roczna liczba dni bez opadu ( $L_p$ ) na 12 uwzględnionych posterunkach opadowych (diagramy typu *box-whisker*)

**Objaśnienia:** 1 – maksimum w zbiorze posterunków; 2 – kwartył trzeci; 3 – średnia arytmetyczna; 4 – mediana; 5 – kwartył pierwszy; 6 – minimum w zbiorze posterunków

**Źródło:** opracowanie własne

Wynikiem przeprowadzonych analiz statystyczno-kartograficznych są też obrazy przestrzennego zróżnicowania średnich miesięcznych (rys. 4.7), półrocznych i rocznych sum (rys. 4.8) opadów skorygowanych w zlewni Neru. Uwzględniają one podział hydrograficzny zlewni, zatem sumy mają postać wskaźników opadu skorygowanego obliczonych dla poszczególnych zlewni elementarnych. Obrazy te znakomicie oddają podstawowe aspekty przestrzennego zróżnicowania średnich wieloletnich opadów skorygowanych w zlewni Neru w poszczególnych okresach. Uzyskane wartości dla określonych miesięcy oraz lat, odniesione do zlewni systemu Neru, będą ponadto użyteczne dla przeprowadzenia dalszych analiz i ocen różnych miar i składowych bilansu wodnego jego zlewni.

W półroczu chłodnym największe zasilanie opadem występuje w listopadzie oraz grudniu, najmniejsze zaś – w lutym (rys. 4.7), miesiącu o najmniejszym zróżnicowaniu opadu w całej zlewni Neru. W aspekcie przestrzennym najwyższe sumy miesięczne opadu w tym półroczu otrzymują zlewnie górnej i środkowej części systemu Neru, przy czym najwięcej opadów występuje na terenie zlewni rzek łódzkich, Pisi II oraz przyrzecza środkowego Neru, a najmniej – na obszarach odwadnianych przez Kanał Królewski z Zianem oraz Pisię III (rys. 4.8).

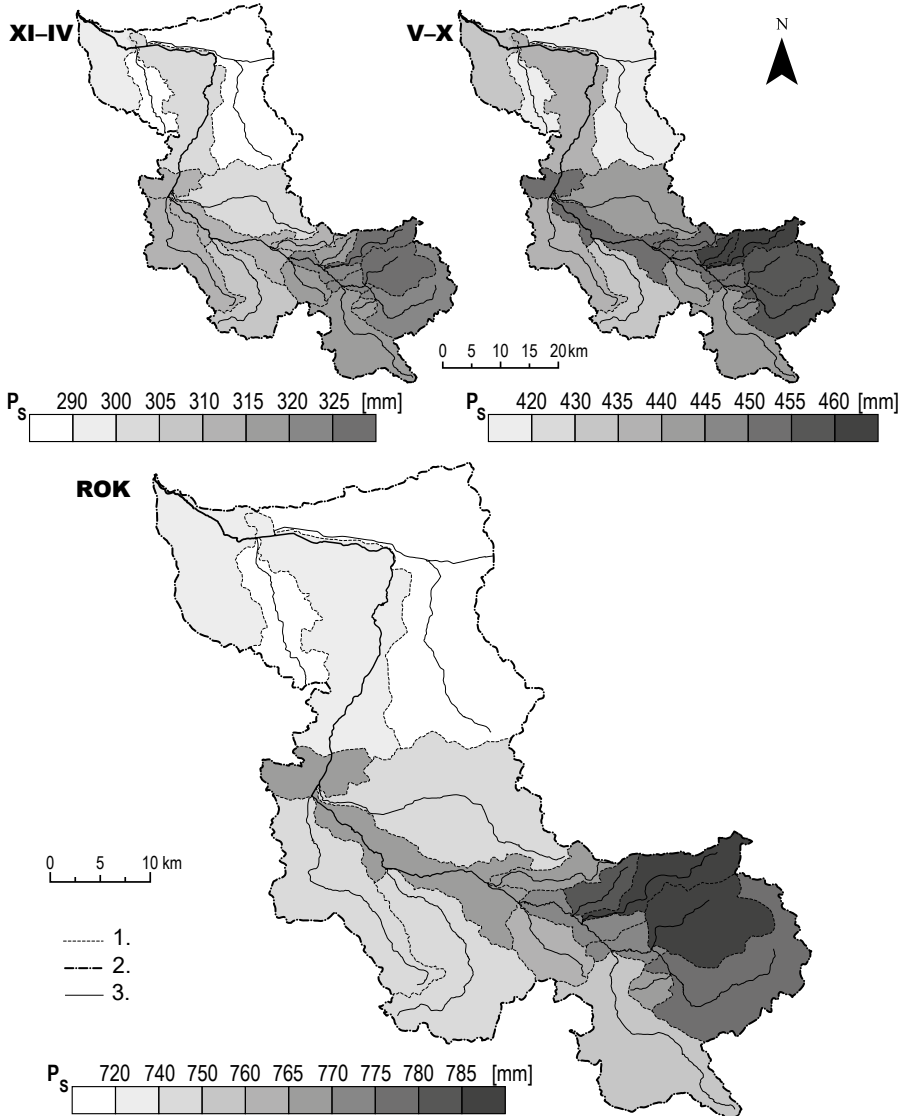


**Rys. 4.7.** Średnie wskaźniki opadu skorygowanego  $P_s$  [mm] w zlewniach systemu Neru w poszczególnych miesiącach wielolecia 1951–2017

**Objaśnienia:** 1 – działki zlewni cząstkowych; 2 – działki wodny zlewni Neru; 3 – większe cieki

**Źródło:** opracowanie własne

Spośród miesięcy półrocza ciepłego najwięcej opadów notuje się w lipcu (rys. 4.7), a najmniej – w październiku. Ten ostatni miesiąc charakteryzuje się też najmniejszym zróżnicowaniem przestrzennym opadu skorygowanego. Największe sumy półrocza ciepłego występują w zlewniach rzek łódzkich, zwłaszcza Łódki i Jasińca (rys. 4.8).



**Rys. 4.8.** Średnie wskaźniki opadu skorygowanego  $P_s$  [mm] w zlewniach systemu Neru w obu półroczach i w roku hydrologicznym wielolecia 1951–2017

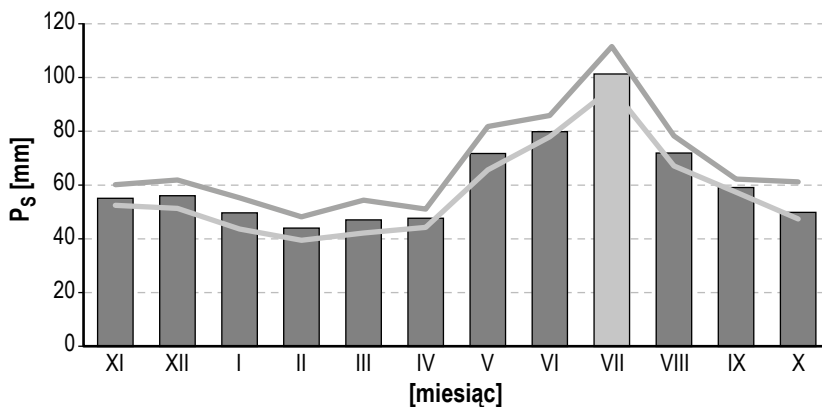
**Objaśnienia:** 1 – działy zlewni cząstkowych; 2 – dział wodny zlewni Neru; 3 – większe ciekі

**Źródło:** opracowanie własne

Stosunkowo duże ilości opadów otrzymują również przyrzecza środkowego Neru oraz zlewnia Lubczyny. Najmniejszy opad występuje zaś w zlewniach Kanału Królewskiego i Zianu oraz Pisi III. Podział zlewni Neru na część górną, relatywnie zasobną, i dolną, mniej zasobną w opady półrocza ciepłego, widoczny jest najlepiej we wrześniu.

Średnie roczne wskaźniki opadu skorygowanego w poszczególnych zlewniach systemu Neru są niezbyt zróżnicowane, choć dość wyraźny jest podział na obszary o relatywnie wysokim, średnim i słabym zasilaniu. Do pierwszej grupy należą niewątpliwie zlewnie rzek łódzkich (górną Ner, Jasień z Olechówką, Łódka z Bałutką i Jasieniec) oraz Lubczyny i przyrzecza środkowego Neru – średni roczny opad skorygowany przekracza tam 760 mm. Do grupy drugiej należą zlewnie Dobrzyńki, Zalewki, Pisi I i II oraz Bełdówki, gdzie roczny opad skorygowany jest wyraźnie mniejszy: 740–760 mm. Opady najmniejsze występują zaś w dolnej części zlewni Neru (Kanał Królewski, Zian, Pisia III, Kanał Niemiecki i przyrzecza dolnego Neru): średnie sumy roczne opadów skorygowanych są tu mniejsze od 740 mm.

Sezonowe zróżnicowanie opadu skorygowanego w całej zlewni Neru (po przekrój w Dąbiu) jest dość typowe dla tej części Polski (rys. 4.9). Maksimum występuje w lipcu, a minimum – w lutym. Sumy majowe są zbliżone do sierpniowych, a krzywe obrazujące ekstrema sum miesięcznych – niemal równoległe w ciągu całego roku.



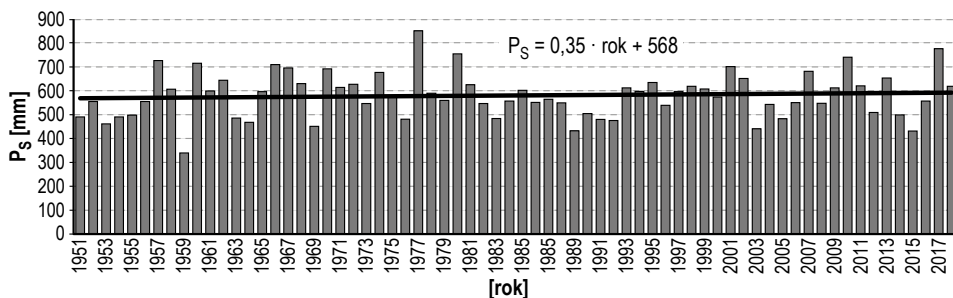
**Rys. 4.9.** Sezonowe zróżnicowanie miesięcznych wskaźników opadu skorygowanego ( $P_s$ ) w zlewni Neru po Dąbiu w latach 1951–2017

**Objaśnienia:** linie przedstawiają wskaźniki minimalne i maksymalne

**Źródło:** opracowanie własne

Średni opad skorygowany w zlewni Neru po Dąbiu w wieloletniu 1951–2017 wyniósł 738,8 mm i zmieniał się w szerokim zakresie od ponad 412 mm w najsuchszym 1959 roku do powyżej 964 mm w szczególnie mokrym 1977 (rys. 4.10). Ilość obu wartości ekstremalnych wynosi nieco ponad 2,3 – zatem opad w roku skrajnie suchym jest ponad dwa i trzy dziesiąte razy mniejszy od opadu w roku bardzo

wilgotnym. Wskazany na diagramie trend liniowy sugerujący wzrost opadu skorygowanego o niespełna 3,5 mm na dziesięć lat jest statystycznie nieistotny (test Manna-Kendalla). Nie ma zatem podstaw do wysuwania tezy o istnieniu trwałej wieloletniej tendencji w sumach rocznych opadu w zlewni Neru.



Rys. 4.10. Zmienność opadu skorygowanego w zlewni Neru po Dąbie w latach 1951–2017

**Objaśnienia:** trend nieistotny (test Manna-Kendalla)

**Źródło:** opracowanie własne

### 4.3. Ewapotranspiracja

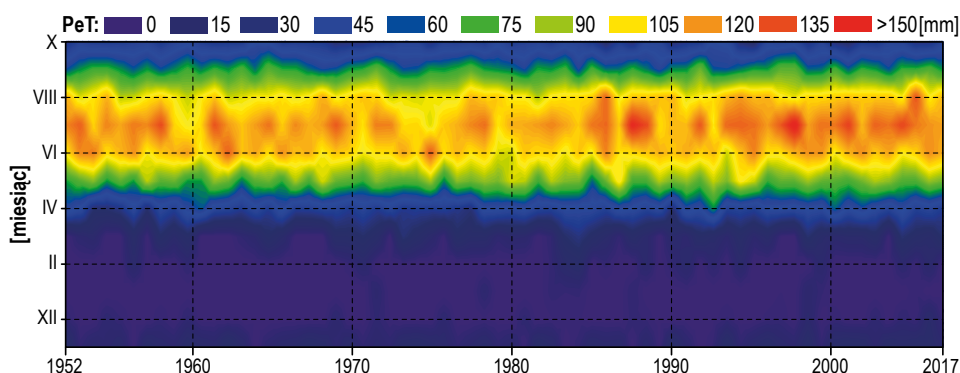
Wypadkową warunków termiczno-wilgotnościowych oraz charakteru i zawartości pokrycia terenu jest parowanie terenowe oraz ewapotranspiracja. W zlewni Neru, jak i w obrębie całej środkowej Polski sumy parowania są relatywnie mało zróżnicowane. Średnia suma roczna parowania potencjalnego w okresie wegetacyjnym (kwiecień–październik), wyznaczona metodą van Bavela, kształtuje się w tym regionie na poziomie 650–700 mm (Olechnowicz-Bobrowska 1978). Natomiast średnie roczne parowanie potencjalne uzyskane metodą Penmana, na podstawie danych z lat 1951–1990, zawiera się tu w granicach 680–690 mm (Jurak 1998). Najwyższe sumy miesięczne charakteryzują czerwiec (średnio 128 mm) i lipiec (125 mm), zaś najniższe uzyskano dla miesięcy zimowych (grudzień – 2,8 mm, styczeń – 4,7 mm). Warto przy tym podkreślić, iż zarówno w skali roku (sumy miesięczne), jak i wielolecia (sumy roczne) zmienność „penmanowskiego” parowania potencjalnego jest niewielka, np. w odniesieniu do sum rocznych średnie odchylenie wynosi tylko około 35 mm.

Niższe od penmanowskich sumy ewapotranspiracji potencjalnej (ewaporacyjnej mocy atmosfery) dla tej części Polski uzyskano przy zastosowaniu metody Thornthwaite’a (PeT). Dla przeciętnego roku Krzysztof Wojciechowski (1968) podaje dla środkowej Polski przedział PeT równy 600–620 mm, wskazując, że analizowany obszar leży na granicy stref nadwyżek i niedoborów wody. Dla wielolecia 1951–2000 oraz stacji Łódź Lublinek uzyskano tą metodą wartość nieco większą – 632,9 mm, przy zmienności wieloletniej 3,7%. Obliczone średnie sumy miesięczne PeT wynosiły zaś od 130,5 mm w lipcu (maksymalna 162 mm) do 0,8 mm w styczniu, przy

czym w odniesieniu do miesięcy zimowych (grudzień–luty) ponad połowa z nich miała zerowe sumy ewapotranspiracji potencjalnej (Jokiel 2008b).

Przeciętne parowanie terenowe, obliczone metodą Konstantinowa (PtK) dla dwudziestolecia 1951–1970, było w środkowej Polsce wyraźnie mniejsze od ewapotranspiracji potencjalnej (PeT) i wynosiło 500–520 mm oraz wykazywało małe zróżnicowane przestrzenne (Stachý i in. 1987). Dla okresu 1951–2000, biorąc za podstawę tylko dane meteorologiczne ze stacji Łódź Lublinek, uzyskano sumę roczną jeszcze mniejszą, bo równą 452,5 mm, przy współczynniku zmienności 6,3% (Jokiel 2008b). Największy średni udział w sumie rocznej miało parowanie terenowe czerwca i lipca (po 16,2%) oraz sierpnia (15,0%). Najmniejszy natomiast był udział grudnia i stycznia (odpowiednio: 2,1 i 2,3%). W roku skrajnie sprzyjającym parowaniu terenowemu, gdy wszystkie sumy miesięczne będą na poziomie prawdopodobieństwa przekroczenia  $p < 1\%$ , suma roczna może osiągnąć w Łodzi 700 mm. Natomiast w roku skrajnie niesprzyjającym parowaniu (99% poziom nieosiągnięcia) suma ta może być bliska 300 mm (tamże).

Zlewnia Neru znajduje się na pograniczu dwóch regionów klimatycznych narysowanych przez Włodzimierza Chełchowskiego i Wacława Wiszniewskiego (1987): łódzko-wieluńskiego (górną i środkową część zlewni) oraz wielkopolsko-mazowieckiego (część środkową i dolną). Roczna suma ewapotranspiracji potencjalnej PeT (Thornthwaite'a) oszacowana dla tych regionów i wielolecia 1981–2010 wynosiła odpowiednio: 619,3 mm i 625,1 mm (Wypych, Kowanetz 2017). Dodajmy, że obliczony przez tych autorów dziesięcioletni przyrost sumy rocznej PeT wynosi w obu regionach około 10,7 mm. Słabszy, ale istotny statystycznie trend PeT odnotowano też w Łodzi w wieloleciu 1951–2000. Oszacowano go na 4,6 mm na dziesięć lat (Jokiel 2008a). Podobny liczbowo przyrost uzyskano też dla tego wielolecia w odniesieniu do parowania terenowego PtK (formuła Konstantinowa) – 6,2 mm na dziesięć lat (tamże).



**Rys. 4.11.** Sezonowe i wieloletnie zmiany ewapotranspiracji potencjalnej (PeT) obliczonej metodą Thornthwaite'a na stacji Łódź Lublinek [mm]

**Źródło:** opracowanie własne

Obliczone przez autorów wieloletnie i sezonowe zmiany miesięcznych sum PeT (Thornthwait'e'a) w Łodzi prezentuje rysunek 4.11. Średnia roczna suma PeT dla wielolecia 1952–2017 wyniosła 612,3 mm, a sumy ekstremalne były równe: 659 mm (2016) i 561 mm (1980). Uzyskany trend rosnący sum rocznych PeT opisuje równanie:

$$\text{PeT} = 0,788 \cdot r + 586 \text{ [mm]} \quad (4.1)$$

gdzie:

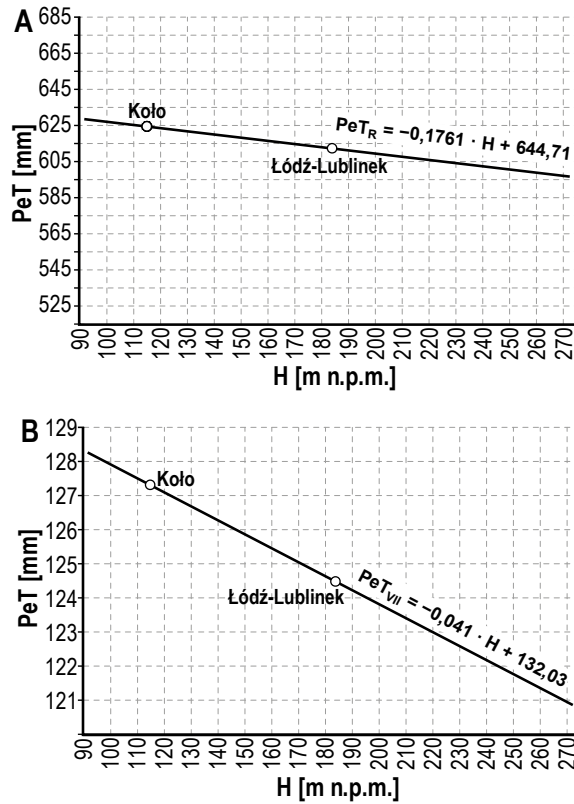
r – rok: 1, 2, 3...

Należy podkreślić, że trend ten jest istotny na poziomie  $\alpha = 0,01$  (test Manna-Kendalla), a współczynnik determinacji  $R^2$  wynosi 0,385. W związku z tym w Łodzi występuje istotny statystycznie wzrost PeT bliski 8 mm na dziesięć lat. Kierunek trendu ewapotranspiracji potencjalnej jest z oczywistych powodów zgodny z notowanym w przypadku temperatury (Podstawczyńska 2010), bo-  
wiem  $\text{PeT} = f(T)$ .

Ewapotranspirację potencjalną obliczono również dla stacji meteorologicznej w Kole. W ocenie autorów warunki klimatyczne na tym obszarze są najbardziej podobne do charakterystycznych dla dolnej części zlewni Neru, a ponadto stacja ta znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie wskazanego obszaru. Na podstawie danych z obu stacji ustalono też liniowe zależności między ewapotranspiracją potencjalną (miesięczną, półroczną i roczną) i rzędnymi terenu, na których się znajdują – na drodze interpolacji i ekstrapolacji obliczono średnią zmianę PeT (sum miesięcznych i rocznych) wraz ze zmianą rzędnej terenu (rys. 4.12). Przyjęto tym samym dyskusyjne, choć fizycznie interpretowalne założenie, że średnia temperatura (miesięczna i roczna), a co za tym idzie – obliczone na ich podstawie przeciętne wartości PeT, w zlewni Neru zależą od rzędnej terenu.

By ocenić ewapotranspirację PeT w obrębie całej zlewni Neru, wykorzystano NMT (numeryczny model terenu), na podstawie którego utworzono chmurę punktów o znanej rzędnej, przyjmując ograniczenie ich liczby do trzech tysięcy i założenie, że nie mogą być one od siebie oddalone o mniej niż 100 m. Losowania punktów dokonano za pomocą jednej z funkcji stosowanych w geoinformatyce (tzw. dziesiątkowanie węzłów). Następnie na podstawie rzędnych poszczególnych punktów obliczono wartości PeT (korzystając z powiązań podanych przykładowo na rys. 4.12). W kolejnym etapie metodą funkcji sklejanych dokonano interpolacji między punktami, uzyskując przestrzenne zróżnicowanie PeT w zlewni Neru w poszczególnych miesiącach i latach. Na ich podstawie obliczono, a także wyznaczono średnie i ekstremalne sumy miesięcznej oraz rocznej PeT w poszczególnych zlewniach systemu Neru (tab. 4.1).





**Rys. 4.12.** Przykłady zależności liniowych pomiędzy rzędną stacji (H) a średnim parowaniem potencjalnym (PeT) w wieloleciu 1952–2017

**Objaśnienia:** zakres osi odciętej w przybliżeniu odpowiada zróżnicowaniu rzędnych terenu w zlewni Neru; A – średnia roczna PeT; B – średnia lipcowa PeT

**Źródło:** opracowanie własne

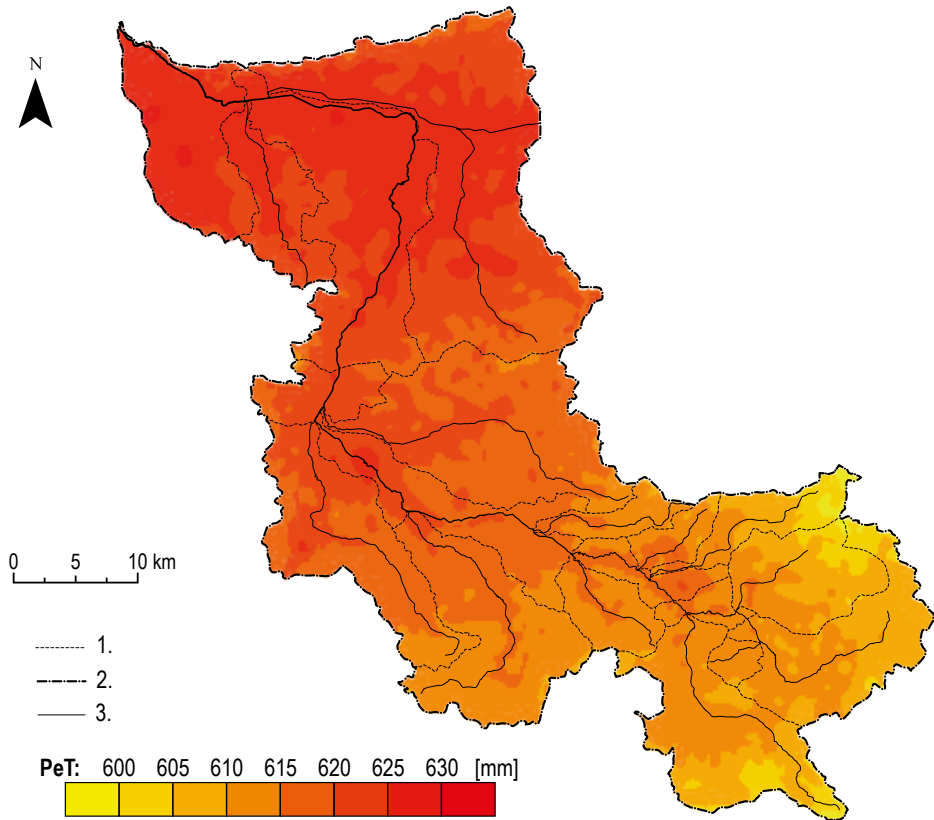
Średnia roczna ewapotranspiracja potencjalna PeT w zlewni Neru wynosi około 617,7 mm i jest mało zróżnicowana przestrzennie. Maksymalna rozpiętość sum rocznych PeT w zbiorze zlewni elementarnych jest niewielka i wynosi 18,2 mm (< 3%). Największa roczna PeT występuje w zlewni Pisi III (625,2 mm), a najmniejsza – w zlewni Łódki (607 mm). Małe różnice dotyczą również wartości półrocznych i miesięcznych. Zgodnie z przewidywaniami największą średnią PeT otrzymano dla lipca, a najmniejszą – dla stycznia. Sumy półrocza ciepłego zawierają się w przedziale 535–548 mm, a chłodnego – 72–77 mm (tab. 4.1).

Teżę o małym zróżnicowaniu przestrzennym ewapotranspiracji potencjalnej (PeT) w zlewni Neru dobrze odzwierciedla rysunek 4.13. Różnice średnich sum rocznych, choć niewielkie, są jednak widoczne. Z oczywistych powodów uzyskany obraz jest też odzwierciedleniem zróżnicowania wysokościowego zlewni. Zatem podział na górną, środkową i dolną część zlewni jest wyraźny i dość dobrze oddają go izotymy 615 mm i 625 mm.

**Tab. 4.1.** Średnie wieloletnie sumy ewapotranspiracji potencjalnej (PeT) obliczonej metodą Thornthwaite'a dla zlewni systemu Neru i wielolecia 1952–2017

Średnia PeT [mm]	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	ROK
Ner cały	12,1	2,3	1,0	2,6	12,7	44,4	84,9	115,6	125,9	109,7	70,4	36,8	75,1	543,1	618,3
Ner po Dąbie	12,1	2,2	1,0	2,6	12,6	44,4	84,9	115,4	125,7	109,6	70,3	36,8	75,0	542,7	617,7
Ner po Poddębice	12,0	2,1	0,9	2,5	12,4	44,2	84,8	114,8	124,9	109,1	70,0	36,7	74,0	540,2	614,2
Ner po Lutomiernik	11,8	1,9	0,8	2,3	12,1	44,0	84,7	114,0	123,9	108,4	69,6	36,5	72,8	537,1	609,9
Ner po ujście „Goški”	11,8	1,9	0,7	2,3	12,0	44,0	84,7	113,8	123,8	108,3	69,5	36,5	72,6	536,6	609,2
Ner po Chocianowice	11,8	1,9	0,7	2,2	12,0	43,9	84,7	113,8	123,7	108,3	69,5	36,5	72,5	536,5	609,0
Gadka	11,8	1,9	0,8	2,3	12,1	44,1	84,7	114,2	124,2	108,6	69,7	36,6	73,1	537,9	611,1
Jasień z Olechówką	11,7	1,8	0,7	2,2	12,0	43,9	84,7	113,7	123,6	108,2	69,5	36,5	72,4	536,1	608,5
Dobrzynka z Pabianką	11,8	1,9	0,7	2,3	12,0	44,0	84,7	113,8	123,8	108,3	69,5	36,5	72,6	536,6	609,2
Łódka z Bałutką	11,7	1,8	0,7	2,2	11,9	43,8	84,6	113,4	123,2	108,0	69,3	36,5	72,0	535,0	607,0
Jasieniec	11,9	2,0	0,9	2,4	12,3	44,2	84,8	114,6	124,7	108,9	69,9	36,6	73,7	539,4	613,1
Zalewka	11,9	2,1	0,9	2,4	12,3	44,2	84,8	114,6	124,8	109,0	69,9	36,6	73,8	539,7	613,5
Lubczyna	11,9	2,0	0,9	2,4	12,3	44,2	84,8	114,6	124,7	108,9	69,9	36,6	73,7	539,4	613,1
Pisia I	12,0	2,1	0,9	2,5	12,4	44,2	84,8	114,9	125,0	109,1	70,0	36,7	74,1	540,5	614,6
Pisia II	12,2	2,3	1,1	2,7	12,7	44,4	84,9	115,6	126,0	109,8	70,4	36,8	75,3	543,5	618,7
Bełdówka	12,1	2,3	1,1	2,6	12,7	44,4	84,9	115,6	126,0	109,7	70,4	36,8	75,3	543,4	618,7
Kan. Królewski z Zianem	12,4	2,5	1,2	2,9	13,0	44,7	85,0	116,6	127,1	110,5	70,8	36,9	76,6	546,9	623,6
Pisia III	12,4	2,5	1,3	2,9	13,1	44,8	85,1	116,9	127,5	110,8	71,0	37,0	77,1	548,1	625,2

**Źródło:** opracowanie własne

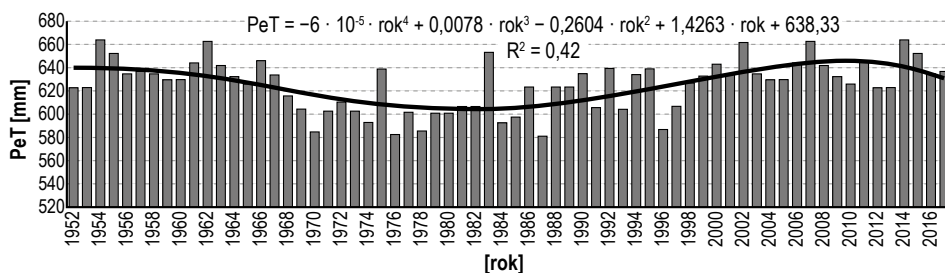


**Rys. 4.13.** Przestrzenne zróżnicowanie średnich wieloletnich sum rocznych ewapotranspiracji potencjalnej obliczonej metodą Thornthwaite'a (PeT) w zlewni Neru (wielolecie 1952–2017)

**Objaśnienia:** 1 – działki zlewni cząstkowych; 2 – dział wodny zlewni Neru; 3 – większe ciek

**Źródło:** opracowanie własne

Roczne sumy ewapotranspiracji potencjalnej uzyskane dla zlewni Neru po przekrój w Dąbiu cechuje dość duża zmienność w wieloleciu (rys. 4.14). Najmniejszą ewapotranspirację odnotowano w 1987 roku (581 mm), a największą – w 2014 (664 mm). Zmienność wieloletnia sum rocznych PeT była niewielka – współczynnik zmienności 3,5%. Ciekawe wydaje się to, że statystycznie istotny, rosnący trend liniowy odnotowany w łódzkiej serii PeT oraz istotny na podobnym poziomie trend występujący w serii PeT uzyskanej dla Koła nie potwierdziły się w serii uzyskanej dla całej zlewni Neru po Dąbie. Trend liniowy jest w niej bowiem nieistotny, ale dość wyraźnie zaznaczają się nieliniowe fluktuacje wieloletnie o cechach rytmu. Ich charakter dobrze oddaje wielomian czwartego stopnia (rys. 4.14). Zmiany wieloletnie wskazują, że od połowy lat 50. do połowy 80. XX wieku PeT malała (minimum w 1987), natomiast później zaznaczył się jej wzrost z kulminacjami w latach 2008 i 2014.

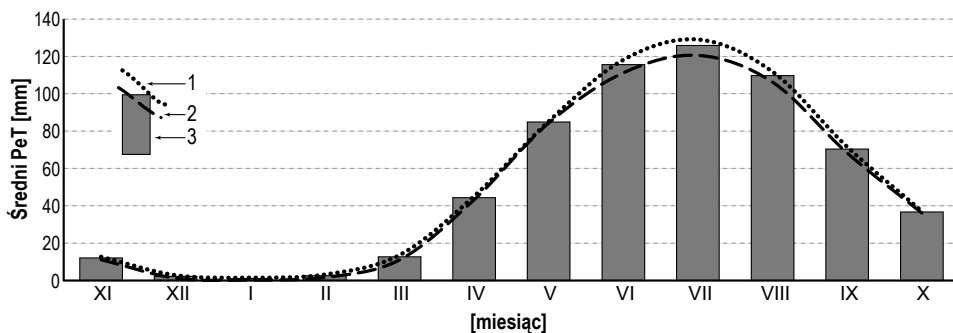


**Rys. 4.14.** Zmienność ewapotranspiracji potencjalnej (PeT) obliczonej metodą Thornthwaite'a w zlewni Neru po Dąbie w latach 1952–2017

**Objaśnienia:** zaznaczono trend w postaci wielomianu

**Źródło:** opracowanie własne

Sezonowa zmienność PeT w zlewni Neru po Dąbie ma wszystkie cechy zidentyfikowane i opisane w odniesieniu do obszaru środkowej Polski (rys. 4.15). Maksymalne sumy PeT występują od czerwca do sierpnia, a minimalne – od grudnia do lutego. Ewapotranspiracja potencjalna w maju jest także większa niż we wrześniu, a suma z miesięcy wiosennych (marzec, kwiecień, maj) przewyższa jesienne (wrzesień, październik, listopad). Należy jednak podkreślić, że ewapotranspiracja PeT uzyskana dla miesięcy zimowych omawianego wielolecia była większa od odpowiednich sum uzyskanych dla lat 1951–2000 (por. Jokiel 2008b). Ciepłe zimy ostatnich dwudziestu lat znalazły tu zatem odzwierciedlenie.



**Rys. 4.15.** Sezonowe zróżnicowanie ewapotranspiracji potencjalnej obliczonej metodą Thornthwaite'a (PeT) dla zlewni Neru po przekrój w Dąbiu w latach 1952–2017

**Objaśnienia:** 1 – maksymalna PeT; 2 – minimalna PeT; 3 – sumy miesięczne

**Źródło:** opracowanie własne

Mając do dyspozycji pełne dobowe dane meteorologiczne z dwóch stacji: Łódź Lublinek i Koło z lat 1993–2017, podjęto również próbę oceny ewapotranspiracji wskaźnikowej metodą Penmana-Monteitha w wersji rekomendowanej przez FAO (Allen i in. 1998; Jaworski 2004). W Polsce formuła ta stosowana była wielokrotnie (Łabędzki 1999; Kasperska-Wołowicz, Łabędzki 2004; Kuźniar 2010; Chieng i in.

2012; Somorowska, Ślęzek 2016; Bogawski, Bednorz 2016; Bartnik 2017). Wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej ( $ET_0$ ) obliczano dla poszczególnych dni, miesięcy i lat wielolecia 1993–2017, a na ich podstawie uzyskano również sumy średnie (tab. 4.2). Należy dodać, że ocena ewapotranspiracji wskaźnikowej dla przyjętego za podstawowy okresu 1951–2017 nie była możliwa z uwagi na całkowity brak bądź duże luki w obserwacjach wielu charakterystyk niezbędnych do tych obliczeń (np. promieniowania) w latach 1951–1992.

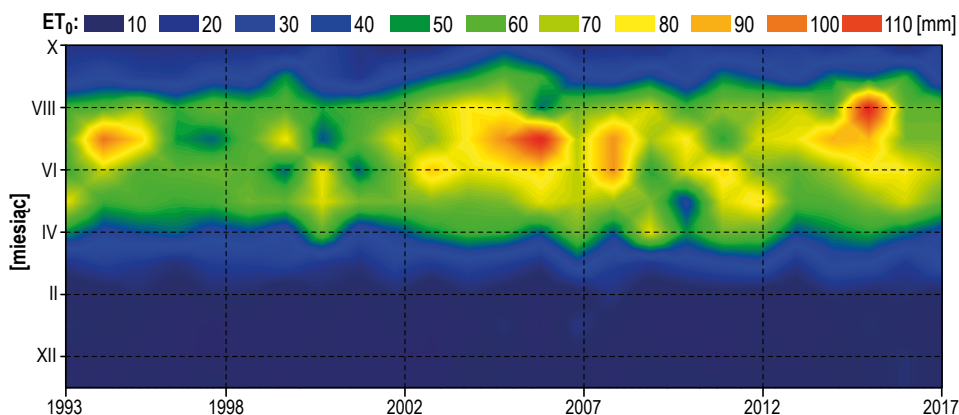
**Tab. 4.2.** Średnie miesięczne i roczne sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej  $ET_0$  [mm] w latach 1993–2017

Stacja	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	ROK
Koło	16,3	13,7	14,8	17,1	33,2	54,7	70,1	74,7	80,1	73,5	46,7	28,6	149,9	373,8	523,6
Łódź	15,6	12,8	13,5	15,8	31,1	51,3	66,2	70,1	73,3	64,7	41,4	26,3	140,1	342,0	482,2

**Źródło:** opracowanie własne

Uzyskany obraz zróżnicowania sezonowego ewapotranspiracji wskaźnikowej oraz jej przeciętne sumy roczne i półroczne bardzo dobrze korespondują z wartościami podanymi przez wymienionych wyżej autorów. Należy też koniecznie podkreślić, że średnie  $ET_0$  w Łodzi są wyraźnie mniejsze od uzyskanych dla Koła, a różnica w skali roku przekracza 40 mm, zaś w układzie sezonowym dotyczy wszystkich miesięcy. Na obu stacjach największe sumy  $ET_0$  wystąpiły w lipcu, a najmniejsze – w grudniu. Najwyższą dobową ewapotranspirację wskaźnikową równą 7,04 mm zanotowano 16 lipca 2015 roku, a najniższą śladową (0,05 mm) dwukrotnie: 21 grudnia 2001 i 24 grudnia 2003. W półroczu ciepłym zwracane jest do atmosfery około 71% rocznej sumy ewapotranspiracji.

Wielolecie 1993–2017 jest stosunkowo krótkie, niemniej jednak daje się w nim zauważyć kilka prawidłowości w odniesieniu do dynamiki sezonowej i wieloletniej  $ET_0$  (rys. 4.16). Należy w tym miejscu dodać, że na wskazanym diagramie zaprezentowano średnie arytmetyczne sumy miesięcznej ewapotranspiracji wskaźnikowej obliczonej na podstawie danych z obu stacji: Koło i Łódź Lublinek. W omawianym wieloleciu dość wyraźnie zaznaczają się dwie fazy: pierwsza z nich trwała co najmniej od 1993 roku, a kończyła się tuż po przełomie stuleci i charakteryzowała się relatywnie niskimi rocznymi i miesięcznymi sumami  $ET_0$  w półroczu ciepłym, a także stosunkowo wąskim okresem (kwiecień–sierpień) sum miesięcznych wyższych od 60 mm. Po 2002 roku sytuacja się zmieniła. Sumy miesięczne w półroczu ciepłym wzrosły, pojawiały się absolutne maksima lipcowe i sierpniowe, a okres podwyższonych sum ewapotranspiracji rozpoczynał się często już w marcu, a kończył we wrześniu (niekiedy nawet w październiku). Warto też zauważyć, że w latach 1997–2001, w czerwcu i lipcu, miesięczne sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej wielokrotnie malały poniżej 40 mm. Niektóre z tych prawidłowości będzie widać jeszcze wyraźniej w zamieszczonych niżej zestawieniach (por. tab. 4.3 i rys. 4.17).



**Rys. 4.16.** Sezonowe i wieloletnie zmiany średniej sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej Penmana-Monteitha ( $ET_0$ ) w latach 1993–2017 obliczone jako średnie arytmetyczne ze stacji meteorologicznych w Kole i Łodzi Lublinku

**Źródło:** opracowanie własne

Stosując niemal identyczną procedurę interpolacyjną jak w odniesieniu do ewapotranspiracji potencjalnej ( $PeT$ ), obliczono również miesięczne i roczne sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej ( $ET_0$ ) dla poszczególnych zlewni systemu Neru (tab. 4.3), a w dalszym etapie zidentyfikowano ich wartości przeciętne i ekstremalne (rys. 4.18). Obraz przestrzennego zróżnicowania średnich sum półrocznych i sumy rocznej  $ET_0$  w całej zlewni Neru przedstawia rysunek 4.17.

Średnia roczna suma  $ET_0$  w całej zlewni Neru we wskazanym wyżej wieloleciu wynosiła nieco ponad 493 mm (w zlewni Neru po Dąbie 492,2 mm), a ekstrema roczne były równe: 583 mm (2005) i 357 mm (2001), zatem rozstęp sum rocznych przekraczał 220 mm. Sumy roczne  $ET_0$  wyższe od 500 mm były charakterystyczne dla dolnej części zlewni Neru (zlewnie Kanałów Królewskiego i Zbylczyckiego oraz Pisi III), a także zlewni Beldówki i Zalewki (rys. 4.17). Najniższe średnie sumy roczne uzyskano zaś dla górnego Neru, zlewni rzek łódzkich oraz Dobrzyńki (< 490 mm), przy czym ta ostatnia zlewnia charakteryzuje się równocześnie najniższą ewapotranspiracją w obu półroczach. Sumy miesięczne czerwca i lipca w większości zlewni przekraczały zwykle 70 mm, a w maju i sierpniu były wyższe od 65 mm. Najniższe średnie we wszystkich zlewniach uzyskano dla grudnia (12,5–13,0 mm).

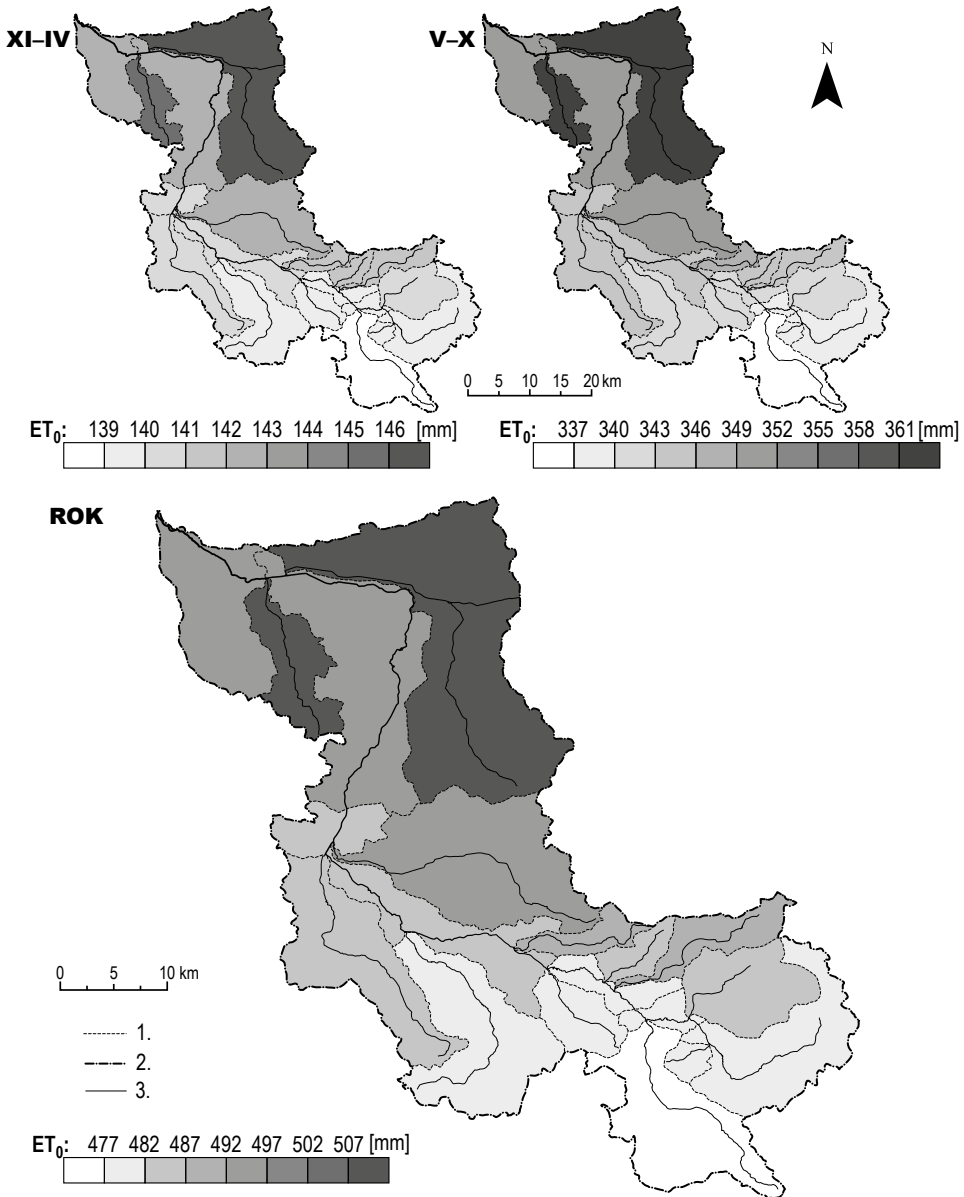
W zlewni Neru po Dąbie średnie sumy roczne i ekstremalne były nieco niższe od uzyskanych dla całej zlewni (tab. 4.3), jednak w poszczególnych miesiącach ich rozkład okazał się charakterystyczny dla tej części Polski i niewiele różnił się od obliczonego dla poszczególnych zlewni elementarnych. Łatwo dostrzec, że rozstępy sum  $ET_0$  w miesiącach od kwietnia do sierpnia były bardzo szerokie (rys. 4.18). Zatem w poszczególnych miesiącach wielolecia średnie sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej w całej zlewni Neru mogą być zróżnicowane, np. w lipcu od 25 mm do ponad 140 mm, a w kwietniu od 18 mm do prawie 110 mm.

Tab. 4.3. Miesięczne, półroczne i roczne sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej Penmana-Monteitha w latach 1993–2017 w zlewniach systemu Neru

Średnia $ET_0$ [mm]	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	ROK
Ner cały	15,8	13,0	13,9	16,2	31,7	52,2	67,2	71,3	75,2	67,0	42,9	26,9	142,7	350,5	493,2
Ner po Dąbie	15,8	13,0	13,8	16,1	31,6	52,1	67,1	71,2	75,0	67,0	42,8	26,9	142,4	349,8	492,2
Ner po Poddębice	15,6	12,8	13,6	15,9	31,2	51,4	66,3	70,2	73,7	65,4	41,8	26,4	140,4	343,8	484,3
Ner po Lutomiernik	15,6	12,8	13,4	15,7	31,0	51,1	66,0	69,9	73,0	64,3	41,1	26,2	139,6	340,4	480,0
Ner po ujście „Gośki”	15,5	12,7	13,4	15,7	30,9	51,0	65,8	69,7	72,7	63,9	40,9	26,1	139,2	339,0	478,2
Ner po Chocianowice	15,6	12,7	13,4	15,7	31,0	51,1	66,0	69,8	72,8	63,9	40,9	26,1	139,5	339,6	479,1
Gadka	15,5	12,7	13,4	15,7	30,9	51,0	65,8	69,6	72,7	64,0	41,0	26,1	139,1	339,1	478,3
Jasień z Olechówką	15,7	12,8	13,5	15,8	31,2	51,5	66,4	70,3	73,5	64,8	41,4	26,4	140,6	342,8	483,4
Dobrzynka z Pabianką	15,4	12,6	13,3	15,5	30,6	50,5	65,3	69,1	72,0	63,2	40,5	25,9	138,0	336,0	473,9
Łódka z Bałutką	15,7	12,9	13,6	16,0	31,4	51,8	66,8	70,8	74,1	65,5	41,9	26,6	141,5	345,6	487,1
Jasieniec	15,7	12,9	13,6	15,9	31,3	51,6	66,6	70,5	73,9	65,5	41,9	26,5	141,0	345,0	486,0
Zalewka	15,5	12,8	13,5	15,8	31,0	51,2	66,0	69,9	73,2	64,8	41,5	26,3	139,8	341,8	481,5
Lubczyna	15,7	12,9	13,7	16,0	31,4	51,7	66,7	70,7	74,2	65,9	42,1	26,6	141,3	346,0	487,3
Pisia I	15,5	12,7	13,5	15,7	30,9	51,0	65,7	69,6	73,1	64,9	41,5	26,2	139,3	341,0	480,3
Pisia II	15,5	12,8	13,6	15,9	31,2	51,4	66,2	70,2	74,0	66,2	42,3	26,5	140,5	345,4	485,9
Betdówka	15,8	13,0	13,8	16,1	31,6	52,1	67,1	71,2	75,1	67,1	42,9	26,9	142,5	350,3	492,8
Kan. Królewski z Zianem	16,1	13,4	14,3	16,6	32,5	53,5	68,8	73,1	77,5	69,9	44,6	27,7	146,4	361,7	508,1
Kanał Zbylczycy	16,1	13,4	14,3	16,7	32,5	53,6	68,8	73,1	77,7	70,4	44,8	27,8	146,5	362,7	509,2
Pisia III	16,0	13,3	14,3	16,6	32,3	53,3	68,5	72,8	77,4	70,2	44,7	27,7	145,9	361,3	507,2

Objaśnienia:  $ET_0$  – ewapotranspiracja wskaźnikowa Penmana-Monteitha

Źródło: opracowanie własne

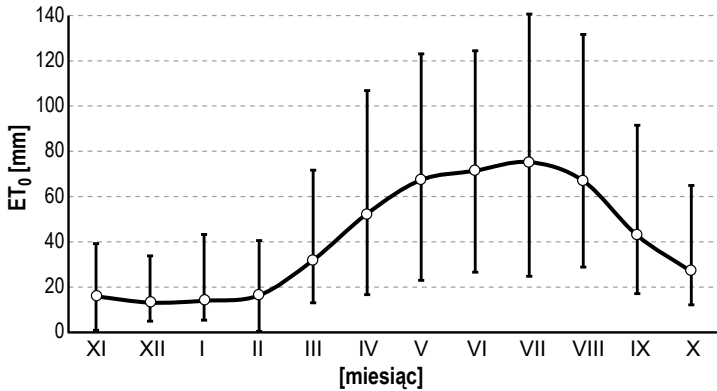


**Rys. 4.17.** Średnie półroczne i roczne wskaźniki ewapotranspiracji wskaźnikowej Penmana-Monteitha  $ET_0$  [mm] w zlewniach systemu Neru w okresie 1993–2017

**Źródło:** opracowanie własne

Jednocześnie od listopada do lutego średnie sumy miesięczne są bardzo podobne (12–17 mm) i mało zróżnicowane w wieloleciu – rozstępy nie są większe od 40 mm.

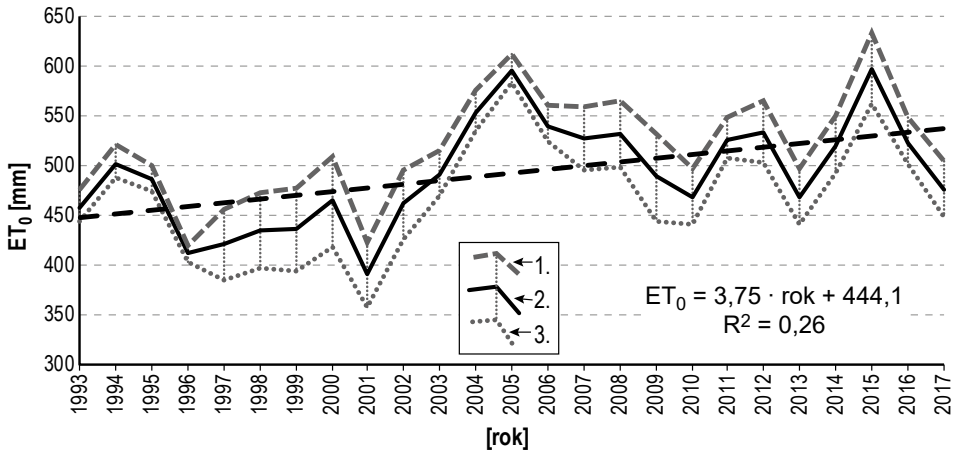




**Rys. 4.18.** Średnie oraz ekstremalne sumy miesięczne ewapotranspiracji wskaźnikowej  $ET_0$  w zlewni Neru po Dąbie w latach 1993–2017

**Źródło:** opracowanie własne

Choć badane wielolecie (1993–2017) jest zbyt krótkie, by na podstawie uzyskanych dla niego wyników wyciągnąć daleko idące wnioski odnośnie trendów i zmian wieloletnich, należy jednak stwierdzić, że ewapotranspiracja wskaźnikowa  $ET_0$  w zlewni Neru rosła w tym okresie dość systematycznie (rys. 4.19). Dla zlewni po Dąbie wzrost ten wynosił około 3,7 mm na dziesięć lat i był kierunkiem i skalą zbieżny z przytaczanymi wyżej wynikami badań innych autorów. Wskazane na diagramie równanie trendu jest istotne na poziomie 0,05 (test Manna-Kendalla), a współczynnik determinacji przekracza 26%.



**Rys. 4.19.** Roczne sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej  $ET_0$  w zlewni Neru po Dąbie w latach 1993–2017

**Objaśnienia:** 1 – maksimum lokalne w zlewni; 2 – sumy roczne; 3 – minimum lokalne w zlewni; grubą czarną linią przerywaną zaznaczono trend, którego równanie podano w ramce

**Źródło:** opracowanie własne

Zróznicowanie przestrzenne sum miesięcznych ewapotranspiracji wskaźnikowej dobrze odzwierciedlają, zaznaczone na wykresie 4.19, linie prezentujące rozrzut rocznych sum  $ET_0$  uzyskanych dla poszczególnych zlewni elementarnych. Największe różnice przestrzenne rocznych sum  $ET_0$  wystąpiły w zlewni Neru w końcu lat 90. ubiegłego stulecia oraz w drugiej pentadzie XXI wieku. Natomiast w ciągu pierwszych pięciu lat wielolecia oraz XXI wieku, a także w końcu badanego okresu zróznicowanie sum rocznych było w zlewni stosunkowo niewielkie.

Biorąc również pod uwagę omówione wyżej inne prawidłowości przestrzenne, należy podkreślić, że wzrost ewapotranspiracji wskaźnikowej w wieloleciu był relatywnie duży w dolnej, typowo równinnej części zlewni. Natomiast w części górnej, bardziej urozmaiconej i zantropogenizowanej, zanotowano wzrost wyraźnie mniejszy.

#### 4.4. Klimatyczny bilans wodny

Radiacyjny wskaźnik suchości klimatu (*radiant index of climate aridity* – RIA), zdefiniowany przez Michaiła Iwanowicza Budykę (1975), jest ilorazem rocznego salda promieniowania na danym obszarze i energii potrzebnej do wyparowania wody spadającej na ten obszar w ciągu roku (Kozuchowski 2013). Najlepsze warunki uwilgotnienia zapewnia klimat, w obrębie którego wskaźnik RIA zawiera się w przedziale 0,8–1,0, przy czym wartością optymalną jest  $RIA = 0,8$ . W Polsce wskaźnik ten wynosi średnio 0,92; w Łodzi jest nieco wyższy (0,98), a w Wielkopolsce (np. w Kórniku) przekracza już jeden (1,03). Klimat zlewni Neru można więc uznać za pośredni między suchym i wilgotnym ( $RIA \approx 1,0$ ), z zaostrzającym się ze wzrostem jej powierzchni deficytem wilgoci (południkowy układ zlewni). Zakładając określone saldo promieniowania, istnieje pewna ilość opadów, która warunkuje, że RIA będzie równe 0,8 (optymalne). Jest to tzw. opad optymalny, który dla Łodzi oszacowano na 677 mm, a dla Kórnika – na 663 mm. Natomiast opad określony dla RIA równego 1,0 (granica suchości) wynosi odpowiednio: 542 mm i 530 mm. Opad ten nazwano krytycznym (tamże).

Z analizy zróznicowania przestrzennego opadu optymalnego w Polsce wynika, że w górnej części zlewni Neru zmierzony opad optymalny winien być większy od 700 mm, a w środkowej i dolnej – mieścić się w przedziale 650–700 mm (Kozuchowski 2013). Średnie wieloletnie opady zmierzone i podane dla poszczególnych zlewni w postaci wskaźników zawierają się w dość szerokim przedziale: od 537,2 mm i 544,3 mm w zlewniach Pisi III i Kanału Królewskiego do 633,3 mm i 632,5 mm w zlewniach Łódki i Jasienia. Są to wartości od 60 mm (górną część zlewni) do ponad 100 mm (dolną część zlewni) niższe niż wskazane wyżej opady optymalne dla tej części Polski. Zauważmy również, że na dolną część zlewni Neru spada rocznie warstwa wody bliska lokalnemu opadowi krytycznemu. Jeśli jednak weźmiemy pod uwagę sumy opadów skorygowanych, które w całej zlewni Neru, poza obszarem odwadnianym przez Kanał Królewski i Zian (691 mm), są wyższe od 700 mm, dochodzimy do wniosku, że na całym

obszarze zasilanie atmosferyczne jest nieco wyższe od poziomu optymalnego i wyraźnie wyższe od krytycznego.

Klimatyczny bilans wodny ( $KBW_0$ ) definiowany jest jako różnica między opadem atmosferycznym i ewapotranspiracją potencjalną lub wskaźnikową. Wynik tego działania odpowiada zatem na pytanie, czy w danym okresie (miesiąc, rok, wielolecie) suma opadów wystarcza na pokrycie ewapotranspiracji potencjalnej (parowania potencjalnego), czyli parowania, jakie występowałoby w warunkach pełnej dostępności wody. Wartość ujemna wskazuje natomiast, że ewapotranspiracyjne potrzeby wodne środowiska musiały być zredukowane lub też uzupełnione (zdarza się to niezbyt często) z innych form retencji, np. gleby lub wód podziemnych. Dodatni wskaźnik  $KBW_0$  oznacza natomiast, że część opadu odpłynęła lub/i została zretencjonowana. Przy analizowaniu wielkości wskaźnika  $KBW_0$  konieczna jest informacja o uwzględnianych przy jego ustalaniu własnościach: opadzie (zmierzonym czy skorygowanym), ewapotranspiracji (wskaźnikowej czy potencjalnej) i metodach ich obliczania. Sposób oceny tych charakterystyk wpływa bowiem istotnie na wielkość  $KBW_0$  i sposób interpretacji uzyskanych wyników.

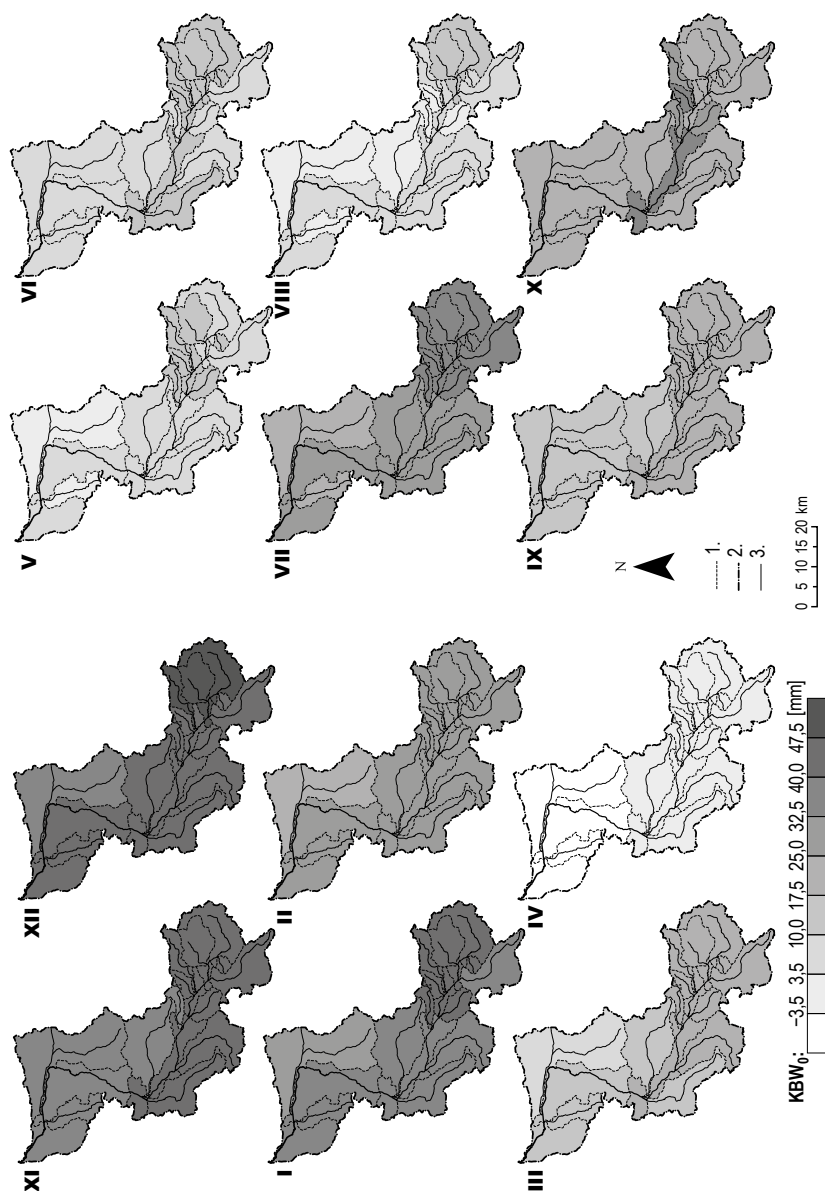
Do oceny warunków wilgotnościowych danego okresu (np. roku) w stosunku do średniej wieloletniej uzyskanej dla danego obszaru wykorzystywano standaryzowany klimatyczny bilans wodny ( $KBW_s$ ). Jest on pochodną wskaźnika klimatycznego bilansu wodnego ( $KBW_0$ ) i oblicza się go jako iloraz różnicy  $KBW_0$  uzyskanego dla danego okresu (np. roku) i średniego wieloletniego  $KBW_0$  na danym obszarze oraz odchylenia standardowego  $KBW_0$  uzyskanego dla okresu uśredniania (np. wielolecia). Jest zatem miarą względną, której zaletą jest mała czułość na sposób oceny opadu (zmierzony, skorygowany) i ewapotranspiracji (potencjalna, wskaźnikowa). Standaryzowany wskaźnik bilansu klimatycznego jest ponadto uznanym powszechnie miernikiem suszy (Wibig 2017) (tab. 4.4).

**Tab. 4.4.** Klasy suszy według wskaźnika standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego

Ocena wilgotności	Zakres wskaźnika $KBW_s$
W normie	$KBW_s \geq -0,49$
Umiarkowanie sucho	$-0,50 \geq KBW_s \geq -1,49$
Dotkliwie sucho	$-1,50 \geq KBW_s \geq -1,99$
Ekstremalnie sucho	$-2,00 \geq KBW_s$

**Źródło:** Wibig (2017)

Mając do dyspozycji informacje o miesięcznych, półrocznych i rocznych sumach opadów skorygowanych w poszczególnych zlewniach systemu Neru ( $P_s$  – por. rys. 4.7) oraz odpowiadające im wartości sum ewapotranspiracji wskaźnikowej ( $ET_0$  – por. tab. 4.3) dla lat 1993–2017, obliczono dla tego okresu średnie miesięczne, półroczne i roczne wskaźniki  $KBW_0$  dla poszczególnych zlewni (tab. 4.5). Uzyskane wartości stały się również podstawą konstrukcji map odzwierciedlających zróżnicowanie średniego  $KBW_0$  w zlewni Neru w poszczególnych miesiącach (rys. 4.20) oraz w obu półroczach i roku (rys. 4.21).



**Rys. 4.20.** Zróżnicowanie średnich miesięcznych wskaźników klimatycznego bilansu wodnego  $KBW_0$  w zlewni Neru (okres 1993–2017)

**Objaśnienia:** 1 – działki zlewni cząstkowych; 2 – działki wodny zlewni Neru; 3 – większe ciek

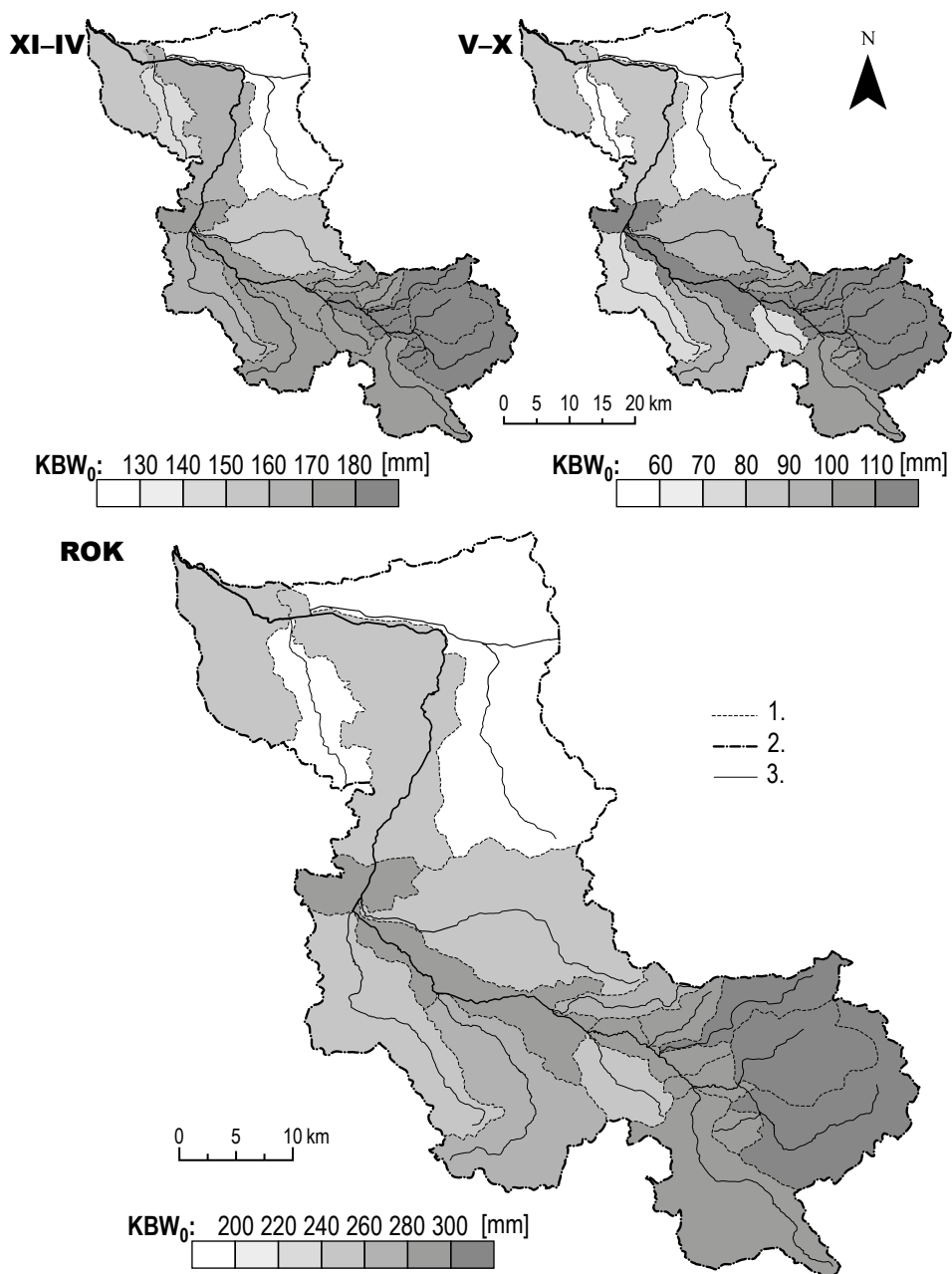
**Źródło:** opracowanie własne

Tab. 4.5. Średnie wskaźniki klimatycznego bilansu wodnego (KBW<sub>0</sub>) w zlewniach systemu Neru i wieloletnia 1993–2017

Średni KBW <sub>0</sub> [mm]	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	ROK
Ner cały	39,3	43,0	35,8	27,8	15,4	-4,5	4,5	8,6	26,1	4,9	16,2	22,9	156,9	83,2	240,2
Ner po Dąbie	39,9	43,5	36,4	28,3	16,0	-3,9	5,2	9,3	26,8	4,9	16,8	23,5	160,2	86,4	246,5
Ner po Poddębce	41,2	45,3	39,0	30,4	18,6	-1,6	9,0	11,1	30,9	6,8	18,6	34,0	172,9	110,4	283,3
Ner po Lutomiernik	42,6	47,2	40,5	31,4	19,8	-0,5	10,6	12,5	33,9	9,1	20,3	24,9	181,0	111,4	292,4
Ner po ujściu „Gośki”	43,1	47,8	40,2	31,5	19,6	-0,4	9,5	13,1	33,3	10,8	20,6	24,6	181,8	111,9	293,7
Ner po Chocianowice	44,6	49,1	40,1	31,9	18,9	-0,7	8,2	15,3	32,9	14,3	21,0	24,5	183,9	116,3	300,2
Gadka	41,9	46,7	40,5	31,2	20,2	-0,2	11,1	11,4	33,9	7,8	20,2	24,7	180,3	109,2	289,5
Jasień z Olechówką	44,5	49,0	40,9	32,2	19,7	-1,4	10,3	15,5	33,9	11,8	20,7	24,7	184,9	117,0	301,9
Dobryznka z Pabianką	41,0	46,1	39,8	30,6	20,0	0,6	9,9	9,8	33,0	7,5	20,4	24,5	178,1	105,0	283,1
Łódka z Bałutką	43,5	47,8	41,6	32,2	20,3	-1,6	12,7	14,2	35,9	8,5	20,3	25,6	183,9	117,1	301,0
Jasieniec	40,3	44,1	40,7	30,9	23,1	-1,2	15,2	10,3	37,5	2,9	19,3	34,7	177,9	119,8	297,8
Zalewka	40,2	44,6	40,5	30,7	20,6	-0,2	12,6	8,9	33,5	2,9	19,2	25,4	176,5	102,4	278,9
Lubczyzna	39,4	42,7	40,1	30,3	20,4	-1,2	15,0	9,1	37,1	1,3	18,7	26,5	171,6	107,7	279,2
Pisia I	40,3	44,8	38,1	29,7	19,1	-1,5	7,8	9,5	28,5	4,4	18,9	24,7	170,5	93,8	264,3
Pisia II	41,6	45,8	38,2	30,1	17,1	-2,8	4,4	11,4	26,5	8,0	17,9	25,0	169,9	93,1	263,0
Bełdówka	38,8	41,2	36,2	28,5	16,7	-3,3	9,3	9,3	29,2	3,2	15,8	24,4	158,1	91,2	249,3
Kan. Królewski z Zianem	36,4	38,0	29,4	22,9	9,7	-8,6	-2,4	4,9	18,5	1,1	12,8	20,8	127,7	55,8	183,4
Kanał Zbylczycki	39,4	44,2	35,3	26,9	12,9	-7,6	-3,1	7,1	20,3	-0,6	15,8	22,6	151,2	62,1	213,3
Pisia III	37,1	42,1	33,9	25,6	11,7	-9,0	-2,0	5,1	19,4	1,3	12,7	19,7	141,5	56,0	197,5

**Objaśnienia:** KBW<sub>0</sub> – wskaźnik klimatycznego bilansu wodnego (KBW<sub>0</sub> = P<sub>s</sub> – ET<sub>0</sub>)

**Źródło:** opracowanie własne



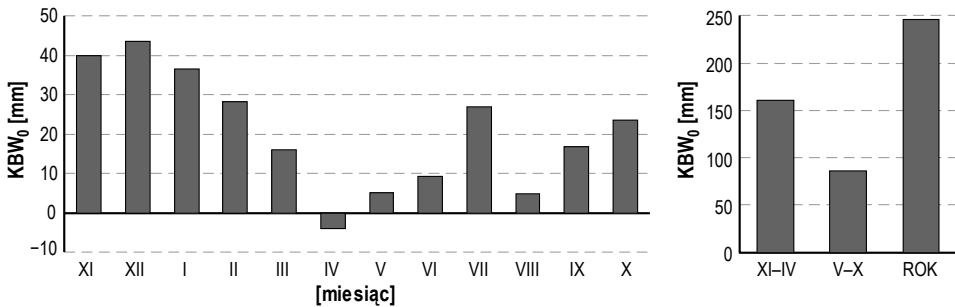
**Rys. 4.21.** Zróżnicowanie średnich półrocznych i rocznych wskaźników klimatycznego bilansu wodnego KBW<sub>0</sub> w zlewniach systemu Neru (okres 1993–2017)

**Objaśnienia:** 1 – działy zlewni cząstkowych; 2 – dział wodny zlewni Neru; 3 – większe ciekі

**Źródło:** opracowanie własne

Najwyższe wskaźniki klimatycznego bilansu wodnego występują w zlewniach łódzkich dopływów Neru oraz w górnym Nerze ( $KBW_0 > 280$  mm), a najniższe – w zlewniach dopływów dolnego Neru ( $KBW_0 < 220$  mm). Większe względne zróżnicowanie przestrzenne występuje w półroczu ciepłym (56–120 mm) niż w chłodnym (130–185 mm). Najniższy  $KBW_0$  uzyskano dla zlewni Kanału Królewskiego, a najwyższy – dla zlewni Jasienia (tab. 4.5). W układzie miesięcznym najniższe (ujemne)  $KBW_0$  odnotowano w kwietniu i to właściwie we wszystkich zlewniach, a najwyższe – w grudniu (rys. 4.20). Kwiecień jest zatem miesiącem, w którym w całej zlewni Neru dość często „brakuje” opadu skorygowanego, by zaspokoić „potrzeby” ewapotranspiracji wskaźnikowej. W grudniu natomiast przewaga opadu nad ewapotranspiracją wskaźnikową jest największa i wyraźnie przekracza 40 mm. Miesięczne minimum  $KBW_0$  uzyskano dla kwietnia i zlewni Pisi III, a maksimum – dla grudnia i zlewni Neru po Chocianowice.

Śśród miesięcy półrocza ciepłego w lipcu  $KBW_0$  był relatywnie wysoki, zaś w czerwcu i sierpniu – stosunkowo niski. Za taki obraz rocznej dynamiki  $KBW_0$  w dużej mierze odpowiada rozkład miesięcznych sum opadów atmosferycznych z wyraźnym maksimum w lipcu, przy stosunkowo wyrównanej ewapotranspiracji wskaźnikowej w czasie wszystkich trzech miesięcy letnich (Wibig 2017). Warto też dostrzec, że kwiecień, maj i sierpień należą w zlewni Neru do miesięcy o dużym deficycie opadu, a listopad, grudzień i styczeń cechują się jego sporą nadwyżką.

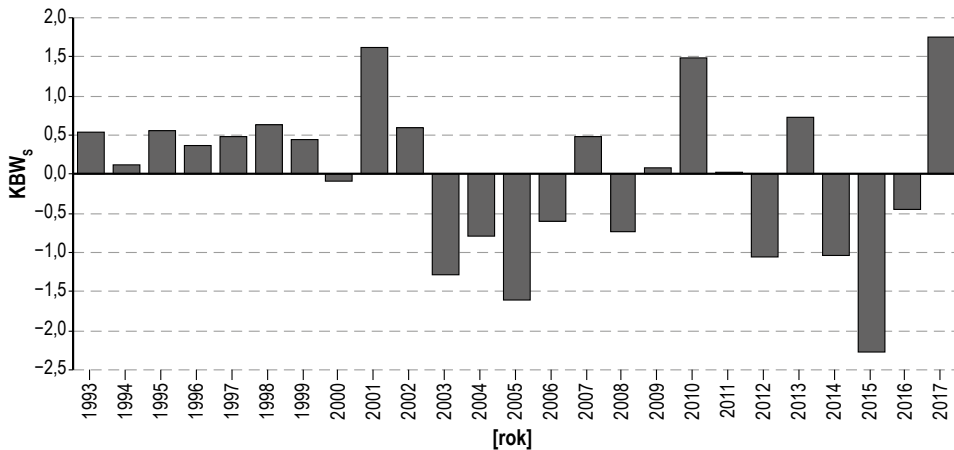


**Rys. 4.22.** Średnie miesięczne i półroczne oraz roczna suma  $KBW_0$  w zlewni Neru po przekrój w Dąbiu (wielolecie 1993–2017)

**Źródło:** opracowanie własne

Przestrzenne zróżnicowanie wskaźnika klimatycznego bilansu wodnego  $KBW_0$  w zlewni Neru w układzie półroczy i średniego roku prezentują diagramy na rysunkach 4.21 i 4.22. Stosunek sumy  $KBW_0$  półrocza chłodnego do sumy rocznej był w poszczególnych zlewniach zróżnicowany: od 28% w zlewni Pisi III do 40% w zlewni Jasienia. Dla Neru po Dąbiu wynosił zaś 35%. Zaznaczyła się też dość wyraźna prawidłowość: im wyższy  $KBW_0$  w skali roku, tym większy udział sumy  $KBW_0$  z miesięcy półrocza ciepłego.

W zlewni Neru po przekrój w Dąbiu sezonowe zróżnicowanie  $KBW_0$  jest wypadkową i odzwierciedleniem omówionych wyżej prawidłowości (tab. 4.5, rys. 4.20). Deficytowy jest kwiecień, zaś w maju, czerwcu i sierpniu wskaźniki klimatycznego bilansu wodnego ledwo przekraczają zero. W pozostałych miesiącach nadwyżki opadu skorygowanego nad ewapotranspiracją wskaźnikową są już znaczące, choć zróżnicowane. Przeciętny wskaźnik  $KBW_0$  dla roku wynosi 246,5 mm, a średnie sumy półroczne: 160 mm (półrocze chłodne) i 84 mm (półrocze ciepłe). W związku z tym przeciętna nadwyżka opadów skorygowanych nad ewapotranspiracją wskaźnikową jest niemal dwukrotnie wyższa w półroczu chłodnym niż w ciepłym.



**Rys. 4.23.** Wieloletnia dynamika standaryzowanych wskaźników  $KBW_s$  w zlewni Neru po Dąbie (lata 1993–2017)

**Źródło:** opracowanie własne

Zróżnicowanie standaryzowanych wskaźników bilansu wodnego ( $KBW_s$ ) dla całej zlewni Neru w Dąbiu w poszczególnych latach wielolecia prezentuje rysunek 4.23. Obraz zmian  $KBW_s$  w badanym wieloleciu pozwala dostrzec dość duże różnice między jego pierwszą dekadą i okresem po 2002 roku. W pierwszych latach roczne wskaźniki standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego są zwykle dodatnie i mało zróżnicowane, z kolei później pojawia się faza dużych zmian  $KBW_s$ , kiedy to wskaźniki stają się przeważnie ujemne, ale odnotowywane są też lata o relatywnie wysokim  $KBW_s$ . Zmiany z roku na rok są również duże. Warto przy tym podkreślić, że w tym okresie wystąpiły także ekstrema wieloletnie  $KBW_s$  (2015 i 2017) i – co ciekawe – zdarzyły się one w latach niemal sąsiadujących ze sobą. Faza niedostatecznego i bardzo zróżnicowanego uwilgotnienia zlewni Neru w ostatnich piętnastu latach jest bardzo wyraźnie zaznaczona: rok 2015 należy uznać za ekstremalnie suchy (por. tab. 4.4), a 2005 – za dotkliwie suchy. Ponad połowa lat w tym okresie charakteryzowała się względną suszą, jednocześnie w okresie 1993–2002 wszystkie lata można zakwalifikować jako normalne.





# Odptyw rzeczny w zlewni Neru

## 5.1. Obserwacje i pomiary hydrologiczne

### 5.1.1. Obserwacje wodowskazowe

Pomiary i obserwacje hydrologiczne w zlewni Neru były prowadzone już w okresie międzywojennym. Najstarszy wodowskaz na tej rzece założono w lipcu 1921 roku w miejscowości Dąbie: znajdował się on na 12,5 km biegu rzeki i zamykał zlewnię o powierzchni 1726 km<sup>2</sup>. Wodowskaz był wówczas dwułatowy i zamontowano go około 250 m poniżej nowego mostu drogowego na szosie Dąbie–Uniejów. Łata dolna z podziałem od 80 cm do 240 cm przymocowana była do pała pozostałego po starym moście, przy prawym brzegu rzeki. Łatę górną z podziałką od 240 cm do 420 cm zamontowano do kamiennego przyczółka starego mostu, też na prawym brzegu (rys. 5.1). Obserwowane i publikowane w „Rocznikach Hydrograficznych” lub innych późniejszych wydawnictwach IMGW-PIB (PIHM) były i są nadal stany wody, zjawiska lodowe i zarastanie koryta, a od 1965 roku notowana jest także temperatura.

Od 2005 roku pomiary hydrometryczne są już prowadzone za pomocą urządzeń automatycznych (limnigrafu), jednak nadal do pała mostu przymocowana jest łata wodowskazowa z wyróżnionym zakresem stanów ostrzegawczych i alarmowych (fot. 5.1). Krzywa konsumcyjna ustalona dla przekroju w Dąbiu jest wiarygodna, a przepływy publikowane są systematycznie od 1951 roku. Aktualne stany wody, a nawet przepływy można odczytywać *on-line* w portalu Pogodynka.pl. Poniżej Dąbia, na 3 km biegu rzeki, od 1927 roku działał też przez prawie pięć lat wodowskaz w Rzuchowie, jednak został on szybko zlikwidowany z uwagi na wpływ cofki Warty.

Na Nerze w różnym czasie funkcjonowały jeszcze trzy wodowskazy. Najwyżej położony był obiekt w Chocianowicach na 98,8 km biegu rzeki, założony w 1929 roku

przy moście kolejki dojazdowej (dzisiaj moście tramwajowym) między Łodzią i Pabianicami z zamiarem obserwacji stanów wody i pomiarów przepływu.



**Rys. 5.1.** Lokalizacja wodowskazu w Dąbciu na Nerze

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie Ujda (1969) i map topograficznych Polski (Geoportal Województwa Łódzkiego, Moduł Ortofotomapa 2018)

Część tych materiałów hydrometrycznych opublikowano w ww. „Rocznikach” (stany wody i przepływy), a niektóre w innych publikacjach PIHM. W 1965 roku obserwacje i pomiary zakończono (rys. 5.2).

Kolejny wodowskaz, który funkcjonował niegdyś i funkcjonuje aktualnie w zlewni Neru, znajduje się w Lutomierniku. Założono go już w 1928 roku, przytwierdzając łąkę do pala poniżej mostu drogowego (82,3 km biegu Neru). Jednak w latach 1937 i 1941 łąka była dwukrotnie niszczone przez zjawiska lodowe, więc w 1957 roku wodowskaz przeniesiono i przytwierdzono do filara nowego mostu drogowego na drodze Lutomiernik–Konstantynów. Stany wody i wyniki pomiarów hydrometrycznych publikowano w „Rocznikach Hydrograficznych” i innych zbiorach danych PIHM do roku 1965, choć bez uwzględniania codziennych przepływów. Od 2005 roku pomiary stanów wody prowadzone są przy użyciu automatycznego limnigrafu. Aktualne informacje na ten temat można również uzyskać w portalu Pogodynka.pl.



**Fot. 5.1.** Posterunek hydrometryczny w Dąbiu nad Nerem

**Objaśnienia:** A – wodowskaz; B – pomiar natężenia przepływu metodą ADCP, w tle widoczna stacja telemetryczna

**Źródło:** A. Bartnik

W tym samym roku na filarze mostu w Poddębicach stojącego na 51,4 km biegu Neru zainstalowano kolejny wodowskaz. W latach 1958–1959, w trakcie regulacji rzeki, wodowskazu nie obserwowano z uwagi na przerzut wód Neru z koryta na terasę zalewową. Po zakończeniu regulacji łatę przymocowano do nowego mostu, zmieniając też jej lokalizację i rzędną wodowskazu. Od 1952 do 1957 roku w przekroju Poddębice prowadzono również pomiary zmaczenia, a wyniki opublikowano w „Rocznikach Hydrograficznych” z lat 1929–1933 i 1939–1965, choć bez uwzględniania codziennych przepływów. Od 2005 roku stany wody rejestrowane są w tym miejscu za pomocą urządzenia automatycznego, natomiast bieżące dane o stanach wody i jej temperaturze w tym przekroju można odnaleźć na stronie internetowej Pogodynka.pl.

Na dopływach Neru pomiary hydrometryczne wykonywane były rzadko, a ciągłe obserwacje wodowskazowe prowadzono okazjonalnie i dość wyjątkowo, głównie w sytuacjach rozbudowy sieci wodowskazowej bądź planowania większych prac melioracyjnych. Pierwszy przypadek zaistniał na Zianie przed Leźnicą Wielką, gdzie w 1938 założono wodowskaz służący do oceny prawidłowości wykonanych prac melioracyjnych. Działał on do 1958 roku, ale w „Rocznikach

Hydrograficznych” opublikowano tylko kilkuletnią serię stanów wody z tego okresu. Z uwagi na częste zmiany zera wodowskazowego przydatność tych danych jest niewielka. Druga sytuacja miała miejsce w latach 1955–1960: wówczas to założono i obserwowano wodowskaz na Bełdówce w Kałowie, natomiast pomiary stanów wody i przepływów były tu prowadzone w ramach ówczesnego programu badań małych zlewni. W „Rocznikach Hydrograficznych” opublikowano stany wody z lat 1956–1960.



**Rys. 5.2.** Wodowskaz na Nerze w Chocianowicach

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie Ujda (1969) i map topograficznych Polski (Geoportal Województwa Łódzkiego, *Moduł Ortofotomapa* 2018)

Działające dziś w zlewni Neru trzy stacje pomiarowe są posterunkami wodowskazowymi II rzędu. Ich dane są niezbędne do podstawowej osłony hydrologicznej kraju, bowiem dostarczają informacje w trybie terminowym (codziennie o godzinie 06 UTC) i są wyposażone w automatyczne czujniki stanu wody (pływakowe, ciśnieniowe lub radarowe) z funkcją transmisji danych w czasie rzeczywistym. Pozwala to na analizę sytuacji hydrologicznej w trybie ciągłym i godzinowym oraz szybką reakcję w trybie alarmowym. Niestety, serie obserwacyjne posterunków w Lutomierniku i Poddębicach, zwłaszcza w odniesieniu do przepływów, są bardzo niepewne, nieciągłe i stosunkowo krótkie, a to z uwagi na częste zmiany zer wodowskazowych, regulacje koryta rzeki, wpływ urządzeń piętrzących i szereg innych problemów technicznych. Stąd ewentualne analizy

odptywu prowadzone na ich podstawie w aspekcie oceny zmian wieloletnich i wpływu antropopresji są obarczone dużą niepewnością i wnioski na ich podstawie o kierunkach i sile zmian odptywu z poszczególnych części zlewni Neru jest mało wiarygodne.

### 5.1.2. Przestrzenne zróżnicowanie odptywu w zlewni Neru

Brak całościowych i wieloletnich danych dotyczących przepływu rzek składających się na system Neru sprawia, że analizę musimy oprzeć na wartościach średnich uzyskanych przy pomocy wzorów empirycznych. Uproszczenie jest tu oczywiste, ale są również pozytywne aspekty takiej analizy. Zauważmy bowiem, że przytoczone poniżej formuły empiryczne powstały stosunkowo dawno i bazują głównie na informacji dotyczącej opadu, temperatury, wielkości zlewni oraz kilku charakterystyk objaśniających morfologię cieków lub zlewni i pozwalających przyjąć *a priori* (np. wzór Iszkowskiego) lub obliczyć (np. wzór Kollisa) współczynnik odptywu. Umożliwiają zatem oszacowanie „teoretycznego”, a co za tym idzie – *quasi*-naturalnego, przepływu rzek, z których wiele funkcjonuje dziś pod ogromnym wpływem antropopresji (np. rzeki odwadniające teren Łodzi i całej aglomeracji łódzkiej). Wskutek tej antropopresji ilość i dynamika odptywu z ich obszarów od wielu już lat są w dużym stopniu uzależnione od sposobu włączenia tych cieków i ich dopływów do systemów kanalizacji i odwadniania miasta, a także objętości odprowadzanych wód pościekowych (zwłaszcza allochtonicznych) oraz stopnia uszczelnienia koryt rzecznych i skali redukcji podziemnego zasilania. Jednocześnie zauważmy, że wysokość opadu występującego w obu wskazanych wyżej formułach empirycznych oraz temperatura powietrza, którą uwzględnia na przykład wzór Kollisa, choć są zmienne sezonowo i w wieloletniu, to można je, zwłaszcza w tej skali analiz, uznać za nadal uwarunkowane klimatem lokalnym. Natomiast inne charakterystyki wymienionych formuł są *quasi*-stałe i tylko w niewielkim stopniu podlegają antropopresji (np. nachylenie terenu). Równocześnie występujące w formułach autorskie współczynniki odptywu wyznaczano wtedy, kiedy presja człowieka na to zjawisko była relatywnie niewielka. W efekcie określone za pomocą tych formuł przepływy mogą być traktowane jako swoiste tło, do którego odnosi się wartości uzyskiwane współcześnie na podstawie pomiarów hydrometrycznych.

Do oszacowania średnich przepływów wieloletnich (SSQ) zastosowano proste i powszechnie znane wzory empiryczne Romualda Iszkowskiego i Władysława Kollisa (Dębski 1970) oraz podobną formułę opracowaną później przez Andrzeja Byczkowskiego i Barbarę Mendes (B-M). Przepływ średni niski (SNQ) uzyskano natomiast formułą Juliusza Stachy'ego (Byczkowski 1996). Morfologiczne charakterystyki zlewni potrzebne do wzorów Kollisa i Stachy'ego obliczono, wykorzystując techniki geoinformatyczne, na podstawie trzydziestometrowego numerycznego modelu terenu (numeryczny model terenu / EU-DEM) udostępnionego przez Europejską Agencję Środowiska (EEA) i przy uwzględnieniu Mapy Podziału Hydrograficznego Polski

w skali 1:10 tys. (MPHP10) opracowanej w ramach projektu Informatyczny System Osłony Kraju przed Nadzwyczajnymi Zagrożeniami (ISOK).

Średnie roczne sumy opadów zmierzonych uzyskano metodą wieloboków równego zadeszczenia na podstawie danych opadowych z wielolecia (1981–2017) pochodzących z jedenastu posterunków opadowych w zlewni i jej sąsiedztwie, przy czym ich liczba i konfiguracja, a co za tym idzie – układ wieloboków, zmieniały się w zależności od roku i zlewni (serie z poszczególnych posterunków miały bowiem liczne luki). Największy udział w ustalaniu wielkości wskaźników opadów zmierzonych miały wyniki pomiarów w Kruszwowie, Szadku, Krzepocinku, Dąbiu i Skępem.

Średnia suma opadów zmierzonych na obszarze całej zlewni Neru w latach 1981–2017 wyznaczona tą metodą wyniosła 572,7 mm. Najwyższa suma roczna wystąpiła w zlewni w 2017 roku (771,5 mm), a najniższa – w 1989 (425,5 mm). Współczynniki korekcyjne do ww. wzorów przyjęto z tabel przedstawionych przez autorów poszczególnych formuł. Przy takich założeniach obliczone przepływy charakterystyczne rzek w przekrojach ujściowych odnoszą się do wielolecia 1981–2017.

Obliczone wzorami empirycznymi teoretyczne średnie wieloletnie przepływy Neru i jego dopływów różnią się mocno i to zarówno w odniesieniu do poszczególnych rzek, jak i użytych metod. Najwyższe SSQ uzyskiwano zawsze, stosując wzór B-M, a najniższe – z wykorzystaniem formuły Kollisa (tab. 5.1). Warto jednak dostrzec, że różnice między przepływami średnimi otrzymanymi formułami Iszkowskiego i Kollisa są bardzo małe w przypadku niewielkich zlewni, ale dość szybko rosną ze wzrostem ich powierzchni. Jednocześnie SSQ (K) są zwykle nieco większe od SSQ (I).

Średni przepływ Neru w Dąbiu, obliczony dla ww. wielolecia na podstawie danych wodowskazowych, wynosił  $9,98 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a zatem był wyraźnie większy od wartości uzyskanych wzorami Iszkowskiego i Kollisa, ale mniejszy od obliczonego formułą B-M. Jeżeli do średniego przepływu uzyskanego wzorem Iszkowskiego ( $7,86 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) dodamy objętość wód, w większości allochtonicznych (spoza zlewni Neru), jaką wprowadzał w tym okresie do Neru kolektor wód ściekowych z aglomeracji łódzkiej, tzw. „Gośka”, czyli  $2,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , otrzymamy średni wieloletni przepływ w Dąbiu równy  $10,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a zatem wartość niemal identyczną z uzyskaną dla tego wielolecia na podstawie obserwacji wodowskazowych. Można zatem przyjąć, że formuła Iszkowskiego prawidłowo oddaje średni naturalny przepływ Neru w przekroju Dąbie. Analizując wszystkie przepływy średnie uzyskane trzema wymienionymi formułami, wydaje się ponadto, iż wartości uzyskane formułą B-M są zbyt wysokie. Przyczyną jest zapewne fakt, że autorzy tej stosunkowo „młodej metody” (lata 90. XX wieku) mocno zawyżyli współczynniki odpływu określone dla zlewni górnego i dolnego Neru. To zaś wynikało zapewne z faktu, że ocen tych dokonywano w oparciu o odpływy Neru mocno już wówczas zawyżone wodami allochtonicznymi, czyli dopływem spoza zlewni Neru (głównie ze zlewni Pilicy), oraz ze strefy hydrologicznie biernej (apotamiczne, głębokie wody podziemne). Wody te w postaci ścieków zrzucane do Neru i jego łódzkich dopływów niewspółmiernie zawyżały szacowany wtedy iteracyjnie współczynnik odpływu ze zlewni tej rzeki.

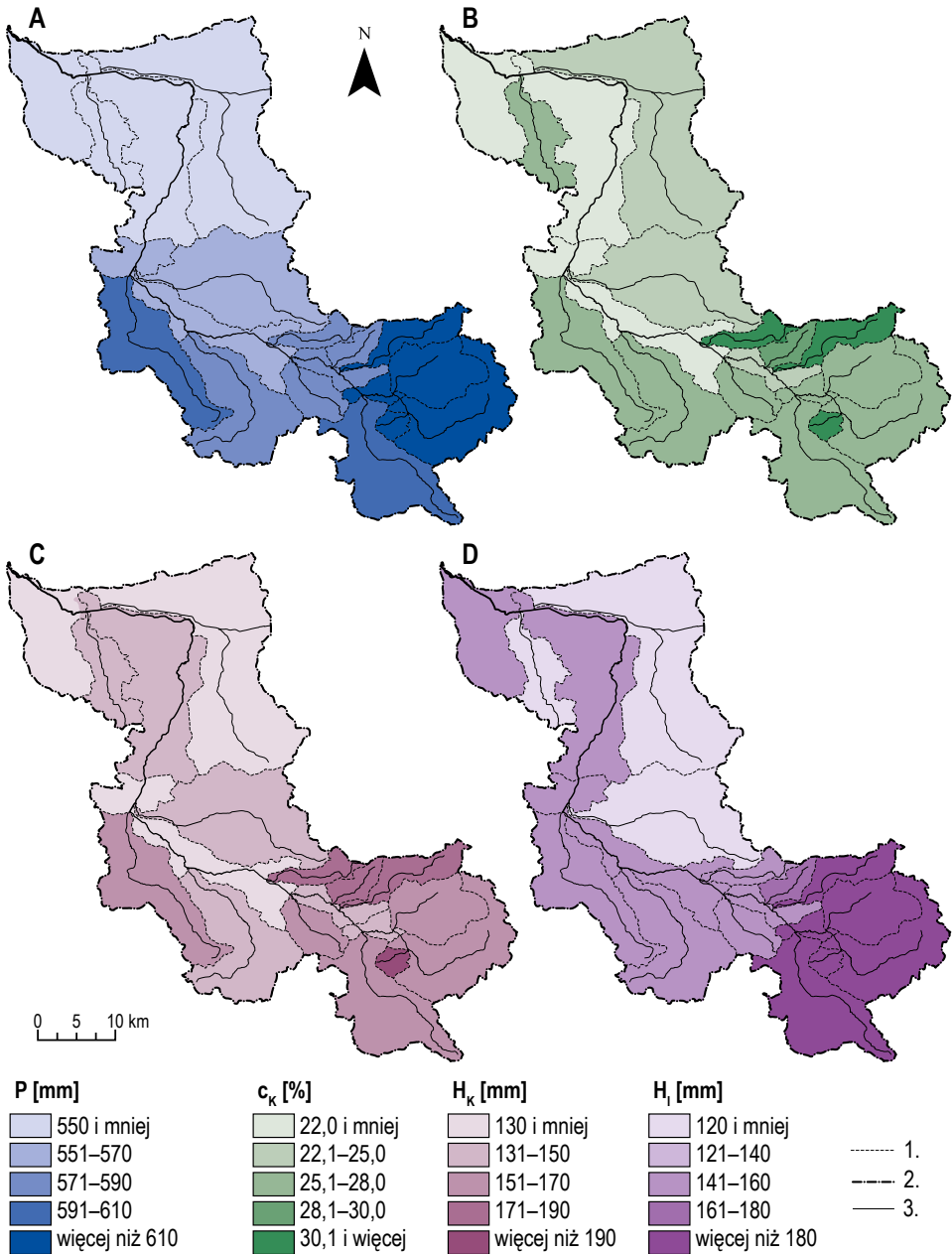
Tab. 5.1. Podstawowe charakterystyki odpływu ze zlewni systemu Neru (1981–2017)

Zlewnia	A [km <sup>2</sup> ]	P [mm]	SSQ (B-M) [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	SNQ [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	SSq (B-M) [dm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ·km <sup>-2</sup> ]	SSQ (I) [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	SSq (I) [dm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ·km <sup>-2</sup> ]	SSQ (K) [m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	SSq (K) [dm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ·km <sup>-2</sup> ]
Ner (ujście)	1834,3	572,7	11,10	8,00	6,05	8,33	4,54	7,10	3,87
Ner (Dąbie)	1725,8	575,0	10,57	7,48	6,12	7,86	4,56	6,70	3,88
Ner (GOŚ)	363,1	615,1	2,67	1,34	7,34	2,12	5,83	1,68	4,63
Ner (Chocian.)	130,7	623,9	1,01	0,45	7,73	0,76	5,85	0,67	5,14
Gadka	12,3	628,3	0,09	0,03	7,71	0,07	5,98	0,08	6,24
Jasień	79,4	629,1	0,66	0,28	8,35	0,48	5,98	0,42	5,28
Dobrzyńka	136,1	607,3	1,02	0,52	7,53	0,79	5,78	0,70	5,17
Łódka	47,0	620,3	0,40	0,18	8,47	0,28	5,90	0,28	5,94
Jasieniec	23,3	590,5	0,17	0,06	7,18	0,13	5,62	0,13	5,43
Zalewka	41,8	579,4	0,28	0,12	6,71	0,19	4,59	0,21	5,06
Lubczyzna	27,2	584,1	0,19	0,08	7,04	0,13	4,63	0,15	5,56
Pisia I	140,7	580,8	0,93	0,46	6,58	0,65	4,60	0,67	4,76
Pisia II	133,4	591,1	0,92	0,46	6,88	0,62	4,68	0,67	4,99
Betdówka	192,0	554,1	1,11	0,58	5,79	0,67	3,51	0,81	4,23
Kan. Królewski	324,9	532,3	1,69	0,91	5,20	1,10	3,37	1,21	3,74
Kan. Zbylczycki	76,7	572,2	0,46	0,19	6,05	0,28	3,63	0,36	4,65
Pisia III	64,1	548,1	0,36	0,15	5,56	0,22	3,47	0,29	4,50

**Objaśnienia:** A – powierzchnia zlewni; P – średnia warstwa opadu zmierzonego uzyskana metodą wielokątów; SSQ (B-M), Ssq (B-M) – przepływ średni oraz odpowiadający mu odpływ jednostkowy uzyskany wzorem Byczkowskiego i Mendes (B-M); SNQ – średni niski przepływ uzyskany wzorem Stachy'ego (Byczkowski 1996); SSQ (I), Ssq (I) – średnie przepływy i odpływy jednostkowe uzyskane wzorem Iszkowskiego (Dębski 1970); SSQ (K), Ssq (K) – średnie przepływy i odpływy jednostkowe uzyskane wzorem Kollisa (tamże)

**Źródło:** opracowanie własne





**Rys. 5.3.** Zróżnicowanie przestrzenne w zlewniach systemu Neru: rocznej warstwy opadów zmierzonych (A), warstwy odpływu uzyskanej wzorami Kollisa i Iszkowskiego (C i D) oraz współczynnika odpływu ( $c_k$ ) obliczonego do wzoru Kollisa (B) w latach 1981–2017

**Objaśnienia:** 1 – działki wodne zlewni cząstkowych; 2 – dział wodny zlewni Neru; 3 – rzeki

**Źródło:** opracowanie własne

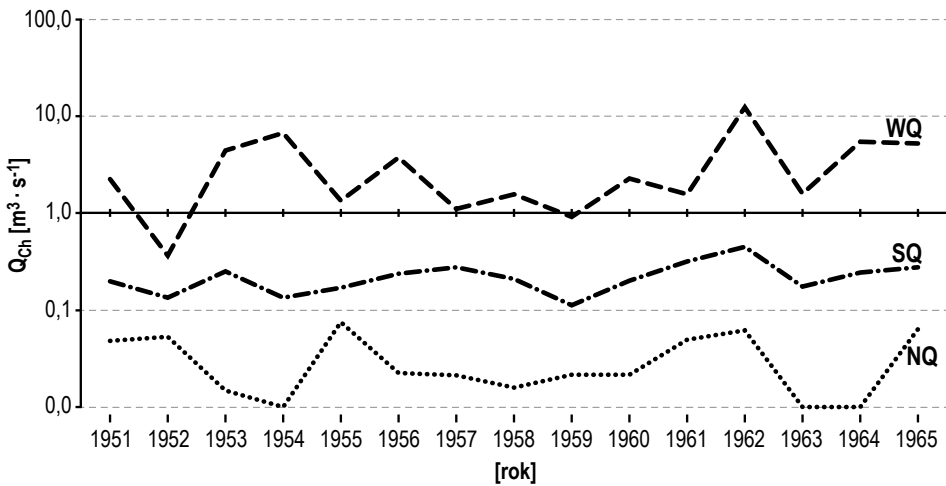
Teoretyczne *quasi*-naturalne odpływy jednostkowe w zlewniach systemu Neru są bardzo zróżnicowane. W zależności od zastosowanej formuły zawierają się one w przedziałach: od 5,98 do 3,37  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (SSq (I)) i od 6,24 do 3,74  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (SSq (K)). Średnie jednostkowe odpływy ze zlewni Neru po Dąbie obliczone trzema wymienionymi formułami wynoszą natomiast: 6,12  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (SSq (B-M)), 4,56  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (SSq (I)) oraz 3,88  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (SSq (K)). Odpływ zmierzony był w tym czasie równy 5,78  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , ale – jak podkreśliliśmy wcześniej – zawierał on antropogeniczny dopływ wód allochtonicznych.

Przestrzenne zróżnicowanie opadu zmierzonego (A) oraz warstwy odpływu obliczonej na podstawie wzorów Iszkowskiego i Kollisa (C, D) prezentuje rysunek 5.3. Diagram ten zawiera również obraz rozmieszczenia współczynnika odpływu ( $c_k$ ) ustalonego do wzoru Kollisa (B). Warstwy odpływu i współczynniki  $c_k$  dla zlewni różnicowych uzyskano, stosując procedurę interpolacji i ważenia powierzchnią zlewni, przy uwzględnieniu stosownych współczynników redukcji (Byczkowski 1996). Najwyższe opady i odpływy naturalne występują w górnej części zlewni Neru, a najniższe – w części dolnej i przyrzeczach rzeki głównej. Warstwy odpływu obliczone wzorem Iszkowskiego są w zlewniach elementarnych systemu Neru nieco mniejsze i mniej zróżnicowane przestrzennie niż odpowiadające im warstwy odpływu otrzymane z formuły Kollisa. Tworzą się też wyraźnie zaznaczone obszary podobne z punktu widzenia wielkości odpływu uzyskanego wzorem Iszkowskiego (rys. 5.3D). Równocześnie nieco większe zróżnicowanie przestrzenne obserwujemy w przypadku odpływów otrzymanych wzorem Kollisa (C) niż uzyskanych formułą Iszkowskiego (D). Na większości obszarów zlewni Neru odpływy *quasi*-naturalne uzyskane wzorami empirycznymi są mniejsze od średniej dla Polski równej 172,5 mm (Michalczyk 2017).

## 5.2. Zmiany odpływu ze zlewni górnego Neru po Chocianowice w okresie obserwacji

Seria wiarygodnych danych o przepływie górnego Neru obejmuje lata 1951–1965. Przekrój wodowskazowy w Chocianowicach położony był poniżej Stawów Stefańskiego i ujścia Gadki, ale powyżej ujścia Dobrzyńki i rzek odbierających wody z obszarów miejskich Łodzi (Jasienia, Łódki, Jasięca i ich dopływów) oraz pozostałych cieków systemu (rys. 5.2). Dysponując tą serią, można przeanalizować i ocenić rzeczywiste przepływy górnego Neru i to zarówno w układzie sezonowym, jak i wieloletnim, oraz zestawić je z wartościami obliczonymi przy użyciu wskazanych w poprzednim rozdziale wzorów empirycznych (por. rozdz. 5.1.2). Porównując je, należy jednak mieć na uwadze fakt, że liczby te odnoszą się do różnych wieloleci, a także że analizowane okresy dzieli kilkadziesiąt lat, w czasie których intensywnej zmianie ulegały kierunki i sposób antropopresji na lokalne zasoby wód rzecznych.

Średnie przepływy naturalne Neru w przekroju Chocianowice obliczone podanymi wyżej wzorami empirycznymi dla okresu 1981–2017 zawierały się w przedziale od  $0,67 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (wzór Kollisa) do  $1,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (formuła B-M), a odpływy jednostkowe od  $5,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (wzór Kollisa) do  $7,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (formuła B-M), przy czym wartości uzyskane równaniem B-M są najbardziej zawyżone, głównie z powodów podanych wyżej (tab. 5.1). Przepływy uzyskane wzorem Iszkowskiego osiągnęły wartości pośrednie. Średni przepływ wieloletni Neru w Chocianowicach (SSQ), uzyskany na podstawie serii obserwacyjnej (1951–1965), był natomiast kilkakrotnie mniejszy i wynosił  $0,23 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , przy ekstremach równych  $12,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (1962) oraz  $0,01 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (1954, 1963, 1964) (rys. 5.4).



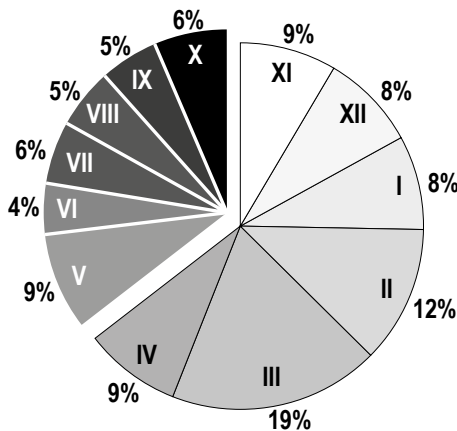
Rys. 5.4. Przepływy charakterystyczne górnego Neru po Chocianowice w latach 1951–1965

Źródło: opracowanie własne

Przeciętny odpływ jednostkowy w tej części zlewni Neru wynosił zatem w badanym wieloleciu  $1,76 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Jest to wartość bardzo niska i porównywalna z uzyskiwanymi dla najbardziej ubogich w wodę regionów Polski, np. Kujaw. Jeśli uwzględnimy fakt, że opady zmierzone, a jednocześnie i skorygowane, były i są nadal w tej zlewni relatywnie wysokie ( $> 600 \text{ mm}$ , por. rys. 4.8 i Dubaniewicz (1974)), to przyczyna tak małego odpływu musi tkwić w antropopresji, a w szczególności – w zaborze znacznej części wód na potrzeby lokalnej gospodarki wodnej, antropogenicznej stymulacji wysokich strat bilansowych i odprowadzaniu poprzez sieć kanalizacyjną dużej części opadów poza zlewnię górnego Neru. Szczególnie istotna może być ostatnia z wymienionych przyczyn, gdyż tereny zurbanizowane i przemysłowe stanowią dziś w tej części zlewni Neru ponad 35% jej powierzchni, a i wcześniej ich odsetek był niewiele mniejszy (obliczenia własne na podstawie CLC2000). Pewną rolę w ograniczaniu odpływu Nerem odgrywał, i odgrywa też do dziś, pobór wody rzecznej do nawodnień i napełniania licznych stawów ho-

dowlanych oraz zbiorników wodnych (rejon Wiskitna i Rzgowa, zlewni Gadki oraz Stawy Stefańskiego) oraz wynikające z ich obecności w zlewni relatywnie wysokie parowanie terenowe (podwyższone wskutek lokalnie wzmożonego parowania z wolnej powierzchni wodnej). Łączna powierzchnia zbiorników wodnych w omawianej zlewni górnego Neru wynosi około 35 ha (na podstawie MPHP10). Dla przykładu zasoby wodne potrzebne do jednorazowego napełnienia tych stawów, powiększone o roczną sumę parowania z ich powierzchni wodnej, dają łącznie około 9% rocznej sumy odpływu ze zlewni górnego Neru.

Z przeprowadzonych analiz wynika również, że bardzo ważną przyczyną tak niskiego odpływu ze zlewni Neru po Chocianowice jest fakt, że górny Ner ma relatywnie dużą zlewnię zerowego odpływu (Jokiel, Tomalski 2017b). Obejmuje ona aż 19,2 km<sup>2</sup>, w większości terenów miejskich i podmiejskich, i stanowi około 15% całego odwadnianego obszaru (obliczenia własne na podstawie CLC2000). Zlewnia ta jest jednocześnie cztery razy większa od przeciętnej powierzchni zlewni zerowego odpływu znajdującej się w tej części środkowej Polski. Ponadto tereny zlewni górnego Neru znajdują się w 40% w zasięgu sieci kanalizacyjnej Łodzi, w tym kolektorów burzowych, którymi wody opadowe kierowane są do innych cieków (także do Olechówki i Jasienia) lub poprzez GOŚ-ŁAM bezpośrednio do Neru poniżej Chocianowic. W zlewni tej funkcjonowało też niegdyś, i działa nadal, kilkanaście dużych i kilkadziesiąt małych ujęć wód podziemnych z potamicznych wodonośców czwartorzędowych. Pobierają one wodę dla potrzeb komunalnych i przemysłowych Łodzi, a przez to intensywnie odwadniają ten teren. Wszystko to sprawia, że przepływ Neru w przekroju Chocianowice i odpływ z tej części zlewni były i są nadal dużo mniejsze od odpływu teoretycznego uzyskanego w oparciu o ww. wzory empiryczne (tab. 5.1).



**Rys. 5.5.** Udział sum miesięcznych w odpływie rocznym Neru w Chocianowicach (U) w latach 1951–1965

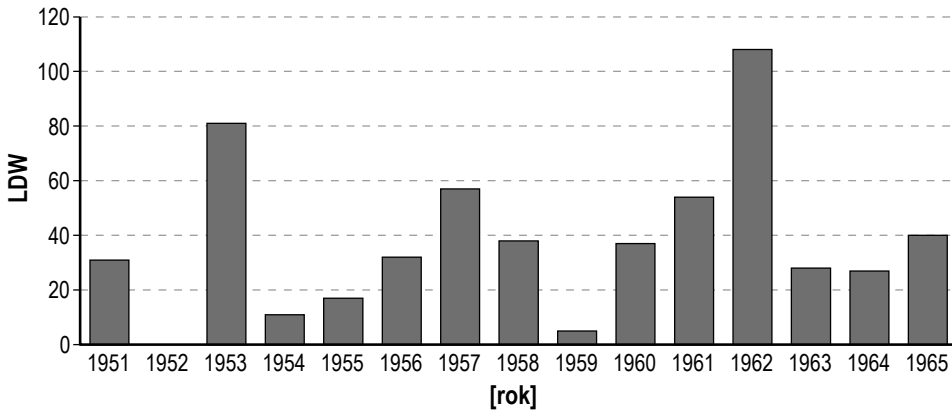
**Źródło:** opracowanie własne

Przepływy charakterystyczne Neru w Chocianowicach w wieloleciu 1951–1965 prezentuje rysunek 5.4, a średni udział sum miesięcznych w odpływie rocznym (U) – rysunek 5.5. Na uwagę zasługuje fakt, że w badanym wieloleciu odpływy górnego Neru systematycznie wzrastały. Trend liniowy średnich przepływów miesięcznych opisuje funkcja:  $SQ_m = 6,15 \cdot 10^{-4} \cdot t + 0,173$ , której równanie jest istotne na poziomie 5% (test Manna-Kendalla). Z formuły tej wynika, że każdego roku wskazanego wielolecia średnie przepływy ciekłu rosły przeciętnie o  $7,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Swoisty „ślad” zidentyfikowanej tu tendencji odnajdujemy nie tylko w piętnastoletniej serii średnich przepływów rocznych (SQ), ale również w analogicznej serii przepływów wysokich – WQ (rys. 5.4).

Największy udział w sumie rocznej miały w omawianym wieloleciu odpływy marcowe i lutowe, zaś najmniejszy – czerwcowe, sierpniowe i wrześniowe. Udział półroczia chłodnego był bardzo duży i wynosił aż 65%. Fakt ten jest konsekwencją dużego zużycia wody na cele gospodarcze w miesiącach letnich (woda do nawodnień i uzupełnień w stawach). Średnie wieloletnie zasilanie podziemne Neru do przekroju w Chocianowicach, obliczone metodą Wundta (średnia z minimów miesięcznych –  $SNQ_m$ ), wynosiło  $0,08 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , zatem przeciętny podziemny odpływ jednostkowy ze zlewni był równy  $0,61 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , a udział odpływu podziemnego w całkowitym wynosił tylko 34,6%. Są to wartości bardzo niskie i znacznie niższe od typowych dla tej części Polski. Wskazują na znikome podziemne zasilanie systemu cieków górnego Neru i skrajnie małą retencyjność tej zlewni. Przyczyną jest oczywiście, wspomniany wyżej, zabór na cele gospodarcze i przerzut poza zlewnię dużej części potamicznych zasobów wód podziemnych tego obszaru. Średnie miesięczne i roczne przepływy Neru w Chocianowicach były jednocześnie w ww. wieloleciu istotnie skorelowane z analogicznymi przepływami w przekroju Dąbie.

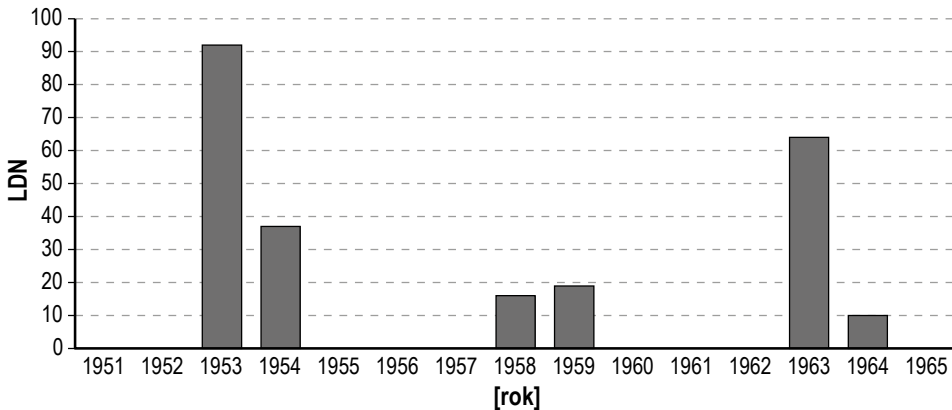
Mimo niewielkich przepływów fazy odpływu w postaci wezbrań i niżówek występowały w górnym Nerze z częstością typową dla tej części środkowej Polski. Jeśli przyjmiemy, że dzień wezbraniowy to taki, w którym przepływ jest większy od NWQ (niski wysoki przepływ z wielolecia), a w dniu niżówkowym przepływ jest mniejszy od SNQ (średniego niskiego przepływu z wielolecia), to liczba takich dni w roku może definiować jego hydrologiczny charakter (rys. 5.6 i 5.7).

Najwięcej wezbrań w ciągu piętnastu lat obserwacji wystąpiło w latach 1962 i 1953, a niżówek – w 1953 i 1963. Zauważmy też, że w roku 1953 było ekstremalnie dużo dni wezbraniowych (osiemdziesiąt jeden) i nawet nieco więcej niżówkowych (dziewięćdziesiąt dwa). Był to więc rok o skrajnie zróżnicowanych przepływach w skali badanego wielolecia. Łączna liczba dni niżówkowych zidentyfikowanych w całym piętnastoleciu wynosiła dwieście trzydzieści osiem, a wezbraniowych było ponad dwa razy więcej – pięćset sześćdziesiąt sześć. Najwyższe wezbranie wystąpiło między 2 maja i 12 czerwca 1962 roku. Przepływ maksymalny wyniósł wówczas  $12,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Natomiast odpływ jednostkowy w kulminacji był równy  $96 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , a objętość fali wezbraniowej wynosiła prawie 3 mln  $\text{m}^3$ . Najdłuższa, choć nie najgłębsza, była zaś niżówka letnia w 1953 roku: rozpoczęła się 20 maja, a zakończyła 7 sierpnia (siedemdziesiąt pięć dni).



**Rys. 5.6.** Liczba dni z wezbrzeniami (LDW) w Nerze (przekrój Chocianowice) w poszczególnych latach wielolecia 1951–1965

**Źródło:** opracowanie własne



**Rys. 5.7.** Liczba dni z niżówkami (LDN) w Nerze (przekrój Chocianowice) w poszczególnych latach wielolecia 1951–1965

**Źródło:** opracowanie własne

Przepływ Neru zmalał wtedy do  $0,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a łączny deficyt niżówkowy wyniósł  $54 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ . Najgłębsza była jednak niżówka zimowa w 1954 roku (8 lutego – 2 marca) – Ner w górnym biegu zamarzył wówczas niemal do dna, a korytem płynęło jedynie 10 l wody na sekundę. W analizowanym wieloleciu lata z długim czasem niżówek zgrupowały się w dwuletnie okresy przedzielone trzyletnimi fazami bez niżówek, zaś wezbrania występowały niemal w każdym roku, za wyjątkiem 1952 (rys. 5.7). W przebiegu obu charakterystyk trudno się jednak doszukać jakiegokolwiek trwałej tendencji dostrzeżonej na przykład w seriach przepływów średnich i wysokich (por. rys. 5.4).

## 5.3. Dynamika odpływu Neru po Dąbie

### 5.3.1. Przepływy i odpływy charakterystyczne i prawdopodobne

Zlewnia Neru należy w całości do dziedziny, w której rzeki mają reżim niwalny średnio wykształcony (Wrzesiński 2017), a średnie zasilanie podziemne mieści się w przedziale 40–60% i wynosi 2–3  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (Jokiel, Tomalski 2017). Jednak w przypadku tej rzeki zarówno wskazany reżim, jak i wielkość zasilania podziemnego są czysto teoretyczne, bowiem hydrologiczne miary i cechy Neru i jego zlewni są od wielu lat intensywnie modyfikowane przez czynniki związane z urbanizacją i alimentacją wodami allochtonicznymi (powierzchniowymi i podziemnymi), pochodzącymi z międzyzlewniowego przerzutu wody (między innymi ze zlewni Pilicy), poprzez aglomerację Łódzką, a także wprowadzanie do rzeki znacznej ilości wód ze strefy apotamicznej (wód podziemnych z głębokich warstw wodonośnych) (por. rozdz. 1.3, 2.1 oraz 2.2.4). Między innymi dlatego średni wieloletni odpływ jednostkowy ze zlewni Neru po Dąbie (1725,8  $\text{km}^2$ ), wynoszący prawie 5,8  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (tab. 5.2), przekracza wyraźnie średnią dla Polski (5,5  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ), mimo że zlewnia ta znajduje się w dziedzinie o odpływach jednostkowych mieszczących się w przedziale 3–5  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (Michalczyk 2017; Jokiel 2018).

Ekstremalnie wysoki przepływ dobowy (86  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) w przekroju Dąbie zanotowano w wieloletniu 1951–2017 dwukrotnie w 1979 roku (15 i 16 marca). Po ostrej śnieżnej i długiej zimie przełomu 1978 i 1979 roku, na początku marca rozpoczęły się w środkowej Polsce gwałtowne roztopy i w ciągu kilku dni zgromadzona w okresie ponad dwóch miesięcy pokrywa śnieżna szybko stopniała. Fala wezbraniowa na Nerze wznosiła się wówczas przez jedenaście dni, a opadała przez dwa miesiące (do 15 maja). Jej objętość wynosiła prawie 127,5 mln  $\text{m}^3$ , czyli 0,127  $\text{km}^3$  wody. Warto w tym miejscu dodać, że w omawianym wieloletniu wystąpiły jeszcze dwa duże wezbrania (roztopowe i roztopowo-opadowe), choć o nieco niższych kulminacjach. W czasie ich trwania objętości fal były nawet większe od podanej wyżej: w lutym 1975 – 0,140  $\text{km}^3$ , a w styczniu 2011 – 0,135  $\text{km}^3$ . Odpływ jednostkowy ze zlewni Neru w trakcie kulminacji marcowego wezbrania roztopowego przekroczył nieco 50  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , był zatem o połowę mniejszy od maksymalnego odpływu jednostkowego o prawdopodobieństwie 1% oszacowanego dla tych obszarów na około 100  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (Jokiel, Bartnik 2017). Wezbranie to było natomiast bardzo długie (trwało ponad dwa miesiące), a przepływy większe od SWQ (tab. 5.2) notowano przez siedemnaście dni. Już na podstawie tych trzech zdarzeń warto odnotować, że największe i najdłużej trwające wezbrania Neru miały dotąd charakter roztopowy, czasem mieszany (roztopowo-opadowy) – kiedy objętość wód z topniejącego śniegu została wzbogacona przez wody z długotrwałych opadów przedwiośnia (por. rozdz. 5.3.3).

Tab. 5.2. Przepływy charakterystyczne Neru w przekroju Dąbie w latach 1951–2017

	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	ROK
WWQ	43,50	46,20	73,00	74,50	86,00	51,20	70,80	64,10	65,50	70,60	59,80	39,80	86,00	70,80	86,00
SWQ	12,77	17,16	20,29	22,73	27,04	21,17	15,92	13,09	13,06	12,69	9,96	10,88	34,82	23,35	39,09
ZWQ	11,10	13,40	15,50	19,20	23,70	18,20	12,50	10,10	10,20	7,72	8,25	9,12	35,00	16,90	40,40
NWQ	4,60	5,39	2,80	2,66	7,07	7,30	5,91	3,74	2,98	2,29	1,91	3,20	13,40	5,91	13,40
WSQ	25,06	28,62	37,54	34,88	47,26	36,42	30,93	27,61	28,27	33,66	29,93	20,08	24,32	18,59	17,86
SSQ	9,07	11,38	11,96	14,18	15,64	13,04	9,44	7,66	6,64	6,94	6,47	7,68	12,53	7,48	9,99
ZSQ	8,35	9,46	9,67	12,37	14,78	11,68	8,02	6,38	5,82	4,92	5,54	6,77	12,08	6,87	9,62
NSQ	3,75	3,61	2,35	2,28	5,06	5,59	4,11	2,21	1,79	1,13	1,38	2,76	5,22	2,58	4,51
WZQ	25,30	29,40	36,20	38,50	45,00	36,10	23,10	25,55	33,50	33,80	26,20	16,70	21,30	18,15	14,80
SZQ	8,82	11,01	11,12	13,41	14,17	12,43	8,74	7,35	6,08	6,36	6,21	7,39	10,59	6,32	8,02
ZZQ	7,87	9,15	8,90	11,95	12,00	10,80	7,52	6,09	5,17	5,00	5,32	6,95	9,88	6,10	7,38
NZQ	3,85	4,10	2,30	2,20	3,17	5,28	4,05	1,40	1,60	0,85	1,34	2,76	3,54	2,52	3,48
WNQ	16,50	21,10	19,00	28,00	19,80	23,80	10,30	15,20	23,30	13,70	18,10	13,70	9,78	5,36	5,05
SNQ	6,44	7,20	6,93	8,31	8,82	7,73	5,53	4,12	3,35	3,72	4,22	5,49	5,01	2,56	2,52
ZNQ	6,15	6,60	5,83	7,30	7,85	6,60	5,29	3,58	2,86	3,12	3,61	5,27	4,62	2,60	2,60
NNQ	1,91	2,10	1,91	2,10	2,66	3,73	2,46	0,70	0,74	0,41	0,79	1,53	1,91	0,41	0,41

**Objaśnienia:** WWQ, SWQ... [m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>] – przepływy charakterystyczne (por. Byczkowski 1996)

**Źródło:** opracowanie własne



Na podstawie rozkładu rocznych przepływów maksymalnych, aproksymowanego funkcją Pearsona III typu, oszacowano przepływy i odpływy maksymalne Neru o prawdopodobieństwie przekroczenia: 10%, 1% i 0,2%. W przekroju Dąbie wynoszą one (*Raport z wykonania...* 2013):

$$Q_{10\%} = 64,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{ (} 37,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}\text{),}$$

$$Q_{1\%} = 94,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{ (} 55,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}\text{),}$$

$$Q_{0,2\%} = 113,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \text{ (} 66,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}\text{)}.$$

Warto dostrzec, że odnotowane maksimum przepływu Neru jest nieco niższe od wody stuletniej ( $Q_{1\%}$ ), a indeks powodziowości Françou-Rodiera dla tego przekroju wynosi niespełna 1,5 (Bartnik, Jokiel 2012). Ner jest zatem rzeką o małym potencjale powodziowym, choć z uwagi na charakter koryta i doliny, a także wskutek silnej urbanizacji górnej części zlewni lokalne powodzie i podtopienia zdarzają się i będą się zdarzać dość często.

Niskie lub bardzo niskie przepływy dobowe Neru w Dąbiu notowano w wieloletniu wielokrotnie i były one zwykle konsekwencją długotrwałych niżówek letnio-jesiennych. Jednak przepływ (NNQ), który wystąpił 17 sierpnia 2015 roku i był równy  $0,41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , należy niewątpliwie zaliczyć do wyjątkowych. Przy stanie wody w Dąbiu równym 50 cm ze zlewni odpływało wtedy tylko  $0,24 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Zanotowane minimum było konsekwencją trwającej sześćdziesiąt dwa dni bardzo głębokiej niżówki. W jej trakcie aż przez trzydzieści dwa dni przepływy w Dąbiu były znacznie mniejsze od minimalnego zrzutu oczyszczonych wód pościekowych, które poprzez „Goškę” trafiały wtedy do Neru –  $1,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (por. rozdz. 2.2.4). Sytuacja taka zdarzyła się kilka razy w badanym wieloletniu, ale po raz pierwszy była tak długotrwała (por. rozdz. 5.3.3). Należy zatem podkreślić, że łódzkie wody pościekowe na odcinku Neru od ujścia kolektora („Goški”) do Dąbia były wielokrotnie i niemal w pełni wykorzystywane do zaopatrzenia licznych tu systemów nawadniających, a odpływ naturalny z tej części jego zlewni bywa często prawie zerowy. Warto też podkreślić, że średni niski odpływ (SNq) ze zlewni Neru po Dąbie wynosi  $1,46 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , zatem jest wyraźnie wyższy od typowego dla południowej i wschodniej Wielkopolski ( $0,5\text{--}1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ), ale jednocześnie dużo niższy od średniej dla Polski ( $1,73 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) (Bartnik 2005). Liczby te ponownie potwierdzają fakt, że do rzeki trafia stabilny w czasie i relatywnie duży dopływ allochtonicznych wód pościekowych.

### 5.3.2. Odpływ dobowy i jego zmiany w wieloletniu

Analiza wieloletniej serii rocznych przepływów charakterystycznych Neru w Dąbiu wskazuje, iż obok losowych i sezonowych zmian i fluktuacji występują również trwałe, choć zróżnicowane w wieloletniu, statystycznie istotne trendy. Zmiany znaku trendu są szczególnie wyraźne w przypadku przepływów niskich, które od 1951 do końca lat 80. rosły, a potem zaczęły maleć. W odniesieniu do

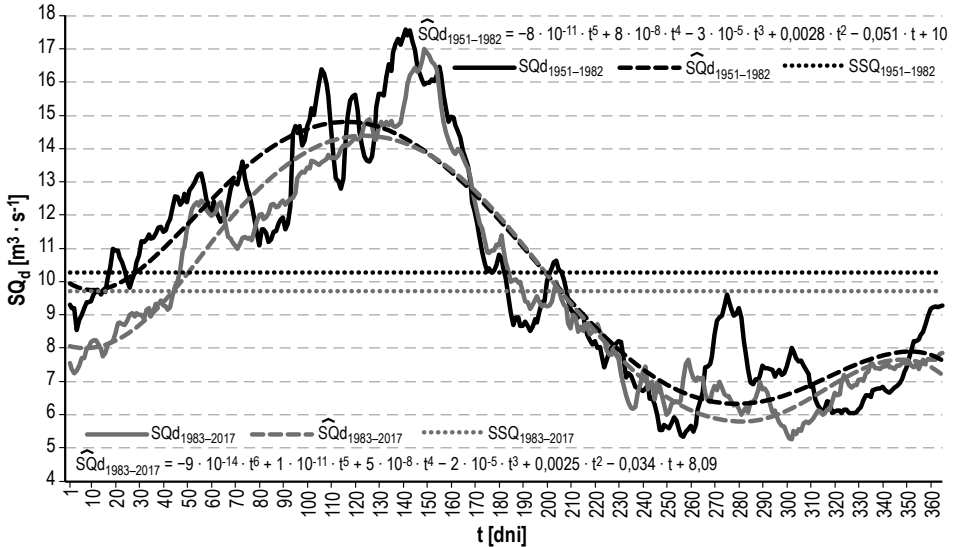
przepływów średnich kierunku trendów były również zmienne, przy czym maksymalne przyrosty notowano na początku lat 80. Wydaje się zatem, że w połowie tej dekady zaznaczył się w Nerze swoisty przełom w ilości i strukturze odpływu z jego zlewni (Jokiel 2018). By udokumentować i potwierdzić tę zmianę, dokonano podziału analizowanej serii przepływów dobowych (1951–2017) na dwa wieloletnie odcinki obejmujące okresy 1951–1982 i 1983–2017. Uzyskane w ten sposób dwie serie mają podobną i – co ważne – wystarczającą długość (więcej niż trzydzieści lat), by je porównać, a wnioski sformułowane na podstawie ich statystycznej analizy uznać za wiarygodne i wartościowe naukowo. Jednocześnie warto zauważyć, że miejsce rozcięcia całej serii wieloletniej, a więc lata 1982/1983, były dla Neru i całej środkowej Polski okresem pod wieloma względami charakterystycznym i mającym cechy swoistego „punktu nieciągłości”.

Połowa lat 80. XX wieku była, i to właściwie w całej Polsce, okresem dość specyficznym w skali wielolecia. Po 1987 roku zaczęła w kraju dominować silna cyrkulacja strefowa i częstszy niż wcześniej napływ mas powietrza z południa (Kozuchowski 2000). Wyraźnie, bo aż o 10% na przestrzeni dwóch lat (1982–1983), zmalał wtedy średni współczynnik odpływu wody z całego kraju w stosunku do ilości opadów, a następnie zaczął systematycznie rosnąć, stabilizując się na poziomie bliskim średniemu dopiero pod koniec lat 90. XX wieku. Proces ten zachodził wraz ze wzrostem średniej temperatury i parowania terenowego w kraju, a właściwie – na przekór tym wzrostom (Jokiel 2004). Jednocześnie w latach 1983 i 1984 w rzekach dorzeczy Wisły i Odry zanotowano ponad 20% wszystkich przepływów minimalnych (NNQ) z wielolecia 1951–2010 (Jokiel, Stanisławczyk 2012). W tym samym czasie zauważalnej zmianie uległa także relacja między poborem wody przez gospodarkę narodową a opadem i odpływem. W Polsce, a co ważne – również w Łodzi i niemal w całym województwie łódzkim, dla gospodarki pobierano wtedy największe w skali wielolecia ilości wody – ok. 16 km<sup>3</sup> rocznie (1982, 1983). Rok 1982 charakteryzował się bardzo małym deficytem odpływu (94,6 km<sup>3</sup>), a 1983 – niezwykle wysoką w skali całego wielolecia ewapotranspiracją wskaźnikową (225 km<sup>3</sup>) (Jokiel 2004).

Także w zlewni Neru i w Łodzi zmiany niektórych charakterystyk hydroklimatycznych były wtedy wyraźne. Dla przykładu opad skorygowany w latach 80. XX wieku był w zlewni Neru niemal zawsze mniejszy od wartości przeciętnej (por. rys. 4.10), natomiast w Łodzi do połowy tej dekady sumy roczne opadu oscyływały wokół przeciętnej, by przez następne dziesięć lat kształtować się wyraźnie poniżej tej wartości. Zmalała także wówczas częstotliwość występowania długich surowych i śnieżnych zim. Jednocześnie od 1952 roku do połowy lat 80. XX wieku w Łodzi i w zlewni Neru malały wyraźnie sumy ewapotranspiracji potencjalnej, by później szybko wzrastać (por. rys. 4.11 i 4.14). Są zatem podstawy do traktowania połowy lat 80. jako swoistego przełomu, po którym zmianie uległy różne aspekty obiegu i gospodarowania wodą w zlewni Neru.

Ocenę zmian i zmienności przepływów dobowych w skali wielolecia warto rozpocząć od analizy dobowych hydrogramów przepływu uzyskanych dla obu

wieloleci na podstawie średnich oraz minimalnych i maksymalnych przepływów dobowych (rys. 5.8). W celu lepszego zobrazowania przeciętnych zmian wartości dobowych i różnic występujących w obu seriach hydrogramy średnich i ekstremalnych przepływów wyrównano wielomianami  $n$ -tego stopnia.



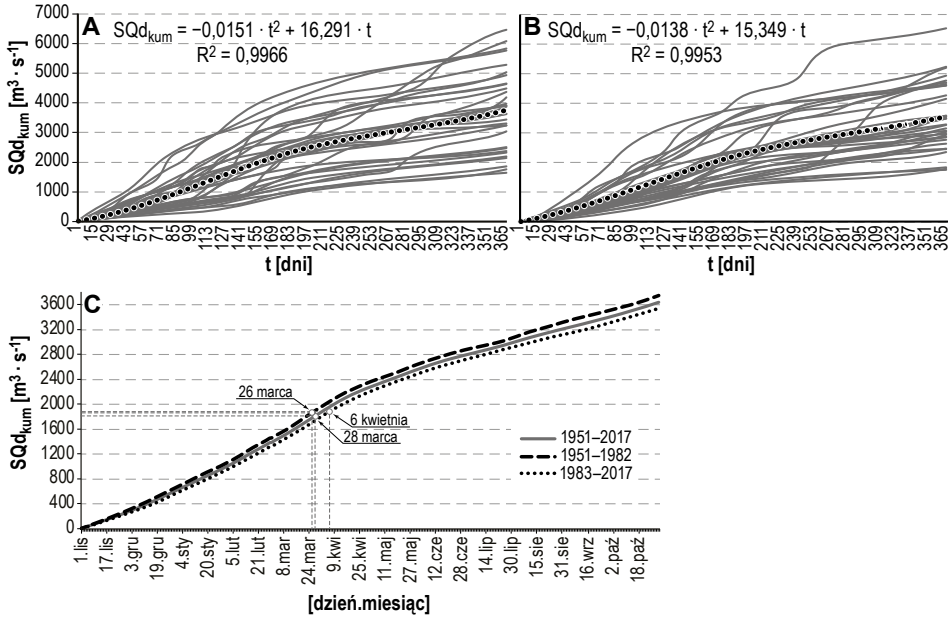
**Rys. 5.8.** Średnie dobowe hydrogramy przepływu Neru w Dąbiu obliczone dla wieloleci 1951–1982 i 1983–2017

**Źródło:** opracowanie własne

Z przebiegu obu przeciętnych hydrogramów przepływów dobowych, jak też z uzyskanych dla nich wyrównujących linii trendów jasno wynika, że w serii późniejszej, obejmującej lata 1983–2017, i w stosunku do wielolecia wcześniejszego (1951–1982) przepływy były wyraźnie mniejsze jesienią i wczesną zimą oraz późnym latem, a podobne w porze roztopów – wiosną i wczesnym latem. Średni hydrogram przepływu uzyskany dla serii 1983–2017 jest przy tym nieco „gładszy” niż dla okresu wcześniejszego. Współczynnik zmienności w skali średniego roku zmalał z 71% do 60%. Również międzysezonowe różnice przepływu Neru nieco się zmniejszyły. Należy jednak podkreślić, że objętość wody, jaka odpływała Nerem przez przekrój w Dąbiu, nie zmieniła się istotnie, chociaż przepływ średni w ostatnim wieloleciu był nieco mniejszy niż w poprzednim:  $SSQ_1 = 10,26 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do  $SSQ_2 = 9,75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Różnice dynamiki dobowych przepływów w różnych latach należących do obu wieloleci bardzo dobrze oddają roczne krzywe kumulowane (rys. 5.9). Różnią się one kształtem, średnim nachyleniem oraz skalą dobowych i sezonowych przyrostów przepływu. W pierwszym wieloleciu roczne przepływy skumulowane zawierały się w przedziale od  $1757 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (1955) do ponad  $6470 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (1977). Warto

przy tym zwrócić uwagę na zróżnicowane i zmienne sezonowo tempo przyrostów przepływu w obu tych latach. W późniejszym wieloleciu wspomniane wyżej przepływy skumulowane mieściły się w podobnym przedziale: od  $1829 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (2012) do  $6520 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (1999), przy czym krzywa uzyskana dla 1999 roku wyraźnie odbiegała kształtem i tempem przyrostu od pęku wszystkich pozostałych.



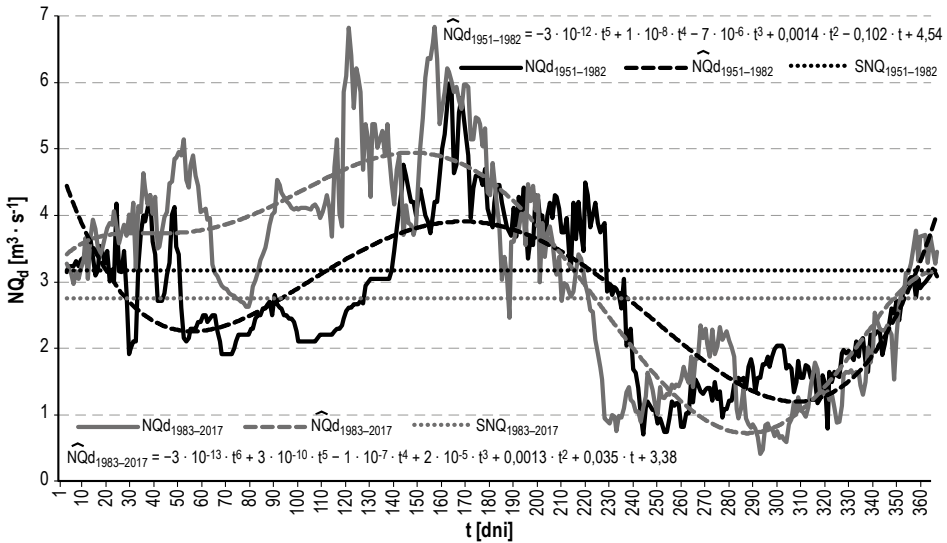
**Rys. 5.9.** Roczne krzywe kumulacyjne przepływów dobowych Neru w Dąbju

**Objaśnienia:** A – wielolecie 1951–1982; B – wielolecie 1983–2017;  $SQd_{kum}$  – dobowy przepływ kumulowany; linia kropkowana – przeciętna krzywa kumulacyjna aproksymowana wskazanym na wykresie równaniem; C – średnie krzywe kumulowane i terminy połowy odpływu (TPO) dla całego wielolecia i wyróżnionych podokresów

**Źródło:** opracowanie własne

Przeciętne krzywe kumulacyjne uzyskano dla obu wieloleci na podstawie średnich dobowych przepływów kumulowanych. Smugi punktów aproksymowano różnymi typami funkcji. W obu przypadkach najlepsze wyniki uzyskano dla wielomianów drugiego stopnia (rys. 5.9). Równania obu funkcji nie różnią się właściwie kształtem, chociaż krzywa uzyskana dla późniejszego wielolecia znajduje się w całym prawie przedziale przyrostu  $SQ_d$  poniżej krzywej kumulacyjnej z okresu wcześniejszego. Zatem odpływy skumulowane niemal w każdym dniu roku przeciętnego były w drugim wieloleciu mniejsze niż w pierwszym. Różnica ta powstała głównie w ciągu trzech pierwszych miesięcy roku hydrologicznego (listopad, grudzień, styczeń) i wyniknęła z zanotowanego w tym sezonie spadku dobowych przepływów (por. rys. 5.8). Warto też zwrócić uwagę, że obie przeciętne krzywe kumulowane

mają najwyższy średni gradient przyrostu przepływu między dziewięćdziesiątym pierwszym (30 stycznia) i sto siedemdziesiątym (19 kwietnia) dniem roku – później gradient jest już niewielki i mało zmienny. To istotna przesłanka wskazująca, że reżim odpływu Neru jest prosty (śnieżny). Największe zasilanie rzeki odbywa się późną zimą oraz wczesną wiosną i – co ważne – reżim ten w aspekcie sezonowej struktury odpływu nie zmienił się istotnie w ostatnim wieloleciu.

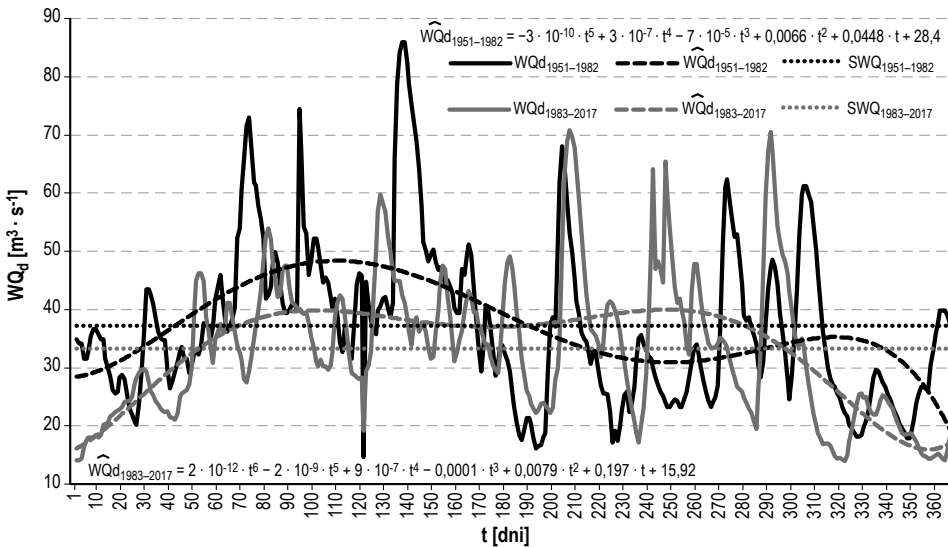


Rys. 5.10. Dobowe minima przepływu Neru w Dąbiu w wieloleciach 1951–1982 i 1983–2017

Źródło: opracowanie własne

Duże zmiany zaszły natomiast w odniesieniu do dobowych przepływów niskich: minima uzyskane dla obu wieloleci różnią się wyraźnie i nie jest to przypadkowe (rys. 5.10). Przeciętne dla wielolecia dobowe minimum przepływu Neru w Dąbiu wzrosło o około  $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , czyli o 20%. W pierwszym wieloleciu minima dobowe były przeważnie niższe niż w serii późniejszej, przy czym największe różnice dotyczyły półrocza chłodnego (od grudnia do marca). Towarzyszył temu wyraźny wzrost zmienności  $NQ_d$ , zwłaszcza w styczniu i lutym. Wiosną i wczesnym latem różnice były natomiast niewielkie, ale już od sierpnia do listopada ponownie wzrastały, chociaż w stopniu znacznie mniejszym niż zimą. Zaobserwowaną zmianę dobrze oddają wyestymowane, regresyjne, wielomianowe modele hydrogramów dobowych przepływów minimalnych, a skalę przeciętnej zmiany w ciągu roku – średnie wartości  $NQ_d$  uzyskane dla obu wieloleci. Niepewność i błędy regresji wszystkich prezentowanych tu wielomianowych modeli regresyjnych są oczywiście duże, choć nie pełnią one funkcji prognostycznych, ale informacyjne, a ich zadaniem jest wyłącznie uogólniona i uśredniona prezentacja obserwowanych zmian przepływów.

Głębokie niżówki zimowe związane ze zlodzeniem, trwałą pokrywą lodową oraz ograniczeniem zasilania płytkimi wodami z aluwii obserwowane jeszcze we wcześniejszym wieloleciu dziś już właściwie w Nerze nie występują (por. rozdz. 5.3.4). Bazowy i sezonowy odpływ podziemny ze znacznej części powierzchni zlewni Neru został w półroczu chłodnym niemal całkowicie zastąpiony zasilaniem ciepłymi, mało zmiennymi sezonowo i względnie stabilnymi w wieloleciu wodami zużyтыми płynącymi z aglomeracji łódzkiej. Podobny skutek dotknął niżówek letnio-jesiennych, w czasie których trwałe podziemne zasilanie rzeki, i tak już ograniczone na zurbanizowanym obszarze zlewni (uszczelnione koryta, zanik płytkich i aluwialnych poziomów wodonośnych), zostało uzupełnione, a lokalnie zastąpione stabilnym w czasie dopływem allochtonicznych wód pościekowych.



**Rys. 5.11.** Dobowe maksima przepływu Neru w Dąbii w wieloleciach 1951–1982 i 1983–2017

**Źródło:** opracowanie własne

Nieco inny obraz rocznej dynamiki uzyskano dla dobowych przepływów maksymalnych (rys. 5.11). Łatwo dostrzec, że przepływy wysokie w półroczu chłodnym wyraźnie zmalały w ostatnim wieloleciu. Zimowe i wczesnowiosenne wezbrania Neru są ostatnio niższe (ekstrema w wieloleciu 1983–2017 nie przekraczały  $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) i trwają zwykle krócej, niż to miało miejsce wcześniej. Wydaje się jednak, że wzrosła jednocześnie ich liczba. Hydrogram maksimów dobowych w pierwszej połowie roku stał się ostatnio nieco bardziej wyrównany. W półroczu ciepłym, zwłaszcza w jego części wiosenno-letniej, przepływy maksymalne były natomiast wyraźnie wyższe od notowanych w poprzednim wieloleciu, przy czym wezbrania zdarzały się równie często i miały podobny czas trwania jak wcześniejsze. Zmalały natomiast wyraźnie maksima dobowe jesienią.

Analizując kształt obu wielomianowych modeli hydrogramów maksimów dobowych z wielolecia, zauważymy, że wiosną i latem maksima te wzrosły nieco, aż do poziomu charakterystycznego dla półrocza chłodnego, a nawet nieco ten poziom przekroczyły. Natomiast zmalały wyraźnie przepływy wysokie jesienią. W ogólności przepływy wezbraniowe w półroczu chłodnym zmniejszyły się, a w ciepłym – nieco wzrosły (por. rozdz. 5.3.4). Swoiste wyrównanie maksimów przepływów dobowych w półroczu chłodnym i ciepłym jest oczywistą konsekwencją zaniku typowych wiosennych wezbrań roztopowych i przyrostu liczby niewielkich wezbrań śródziemnych w półroczu chłodnym oraz skutkiem wzrostu liczby, a także wysokości krótkotrwałych wezbrań opadowych wynikających z coraz większej skali urbanizacji górnej części zlewni Neru.

Roczne krzywe kumulacyjne oraz krzywe średnie dla obu wielolecia (rys. 5.9C) umożliwiają również obliczenie rocznych i przeciętnych dla wielolecia terminów połowy odpływu (TPO), które wraz z innymi miarami położenia, np. terminami kwantylowymi, są ciekawymi miarami sezonowego rozmieszczenia odpływu i jego fluktuacji w wieloleciu, jak również markerami zmian reżimu odpływu (Jokiel 2016). Przeciętny termin połowy odpływu Neru w Dąbiu wynosi sto pięćdziesiąt siedem, co oznacza, że połowa rocznych zasobów wodnych zlewni Neru odpływa średnio już w sto pięćdziesiątym siódmym dniu roku, czyli 6 kwietnia. Najwcześniejszy TPO w wieloleciu zanotowano osiemdziesiątego szóstego dnia roku hydrologicznego (koniec stycznia), a najpóźniejszy – dwieście trzydziestego drugiego (19 czerwca). W odniesieniu do innych rzek środkowej Polski średni TPO Neru można uznać za wartość przeciętną, a zakres jego zmienności w wieloleciu – za relatywnie szeroki (tamże). Biorąc pod uwagę średnie krzywe kumulacyjne uzyskane dla obu wielolecia, łatwo też obliczyć, że połowa odpływu ze zlewni w serii 1983–2017 odpływała o dekadę później niż w serii wcześniejszej.

Uwzględniając wieloletnie zróżnicowanie i zmienność TPO oraz wynikający z kształtów krzywych kumulacyjnych relatywnie mały udział wód odprowadzanych w półroczu letnim (por. rozdz. 5.3.1), reżim odpływu Neru jest dziś podobny do zasobnych w wodę rzek odwadniających wyżyny węglanowe. Ner odbiera bowiem przez cały rok znaczne ilości szybko spływających wód opadowych i opadowo-roztopowych pochodzących z kanalizacji burzowej Łodzi oraz kilku innych miast aglomeracji (Jokiel 2016; Bartnik 2017). Wody te zwiększają zmienność odpływu poprzez wzrost liczby wezbrań i zwiększenie spływu powierzchniowego. Jednocześnie przez cały rok Ner prowadzi mało zróżnicowane sezonowo ilości wód allochtonicznych wprowadzanych do rzeki przez „Gośkę” i inne kolektory z lokalnych oczyszczalni. Tworzą one stabilny w czasie odpowiednik zasilania podziemnego. Szybko spływające wody z kanalizacji burzowej są w odpływie Neru specyficznym odpowiednikiem spływu powierzchniowego i wraz z nim dopływają do łódzkich rzek systemu. Są one uzupełniane przez stosunkowo duże i mało zmienne w czasie zasilanie oczyszczonymi ściekami z aglomeracji, które stanowi specyficzny zamiennik (odpowiednik), ograniczo-

nego mocno przez urbanizację, podziemnego zasilania łódzkich rzek systemu. Zatem czynnik antropogeniczny na tyle mocno kształtuje ilościową i jakościową strukturę odpływu ze zlewni Neru, że niektóre zjawiska zachodzące w górnej zurbanizowanej części zlewni wpływają bardzo mocno na dynamikę odpływu nawet w dolnym biegu tej rzeki.

### 5.3.3. Wezbrania i niżówki

Wezbraniem nazywa się gwałtowne i wyraźne podniesienie stanu wody w rzece lub w innym zbiorniku wody powierzchniowej wywołane wzmożonym zasilaniem czy podpiętrzeniem spowodowanym utrudnieniami w swobodnym odpływie wody. Stan taki może utrzymywać się przez pewien czas, a zatem wezbranie należy rozpatrywać jako okres hydrologiczny (fazę odpływu), w którym stany wody (przepływy) są wyższe niż przed jego rozpoczęciem. Wezbranie jako zjawisko hydrologiczne należy zatem rozpatrywać zarówno w kategoriach wysokości, jak i czasu trwania. Pojęcie wezbrania nie jest tożsame z powodzią, choć oczywiście terminy te są ze sobą powiązane. Mówiąc najprościej: nie każde wezbranie przynosi w efekcie powódź, czyli wywołuje straty gospodarcze, społeczne, a niekiedy i środowiskowe. Warto też pamiętać, że o ile powódź jest dla nas przeważnie klęską i wydarzeniem katastrofalnym, to dla środowiska przyrodniczego bywa zwykle dobrodziejstwem.

Na hydrogramie przepływu rzeki obrazem wezbrania jest fala wezbraniowa składająca się z kilku mniej lub bardziej wyraźnych elementów: krzywej wznoszenia (propagacji), kulminacji fali i krzywej opadania (recesji). Falę wezbraniową charakteryzują również objętość oraz czas jej trwania. Czasy i tempa przyrostu lub ubytku przepływów w obrębie obu gałęzi fali charakteryzują natomiast sposób zasilania i drenażu zlewni. Jednocześnie objętość fali w relacji do objętości zasilania odzwierciedla, z jednej strony, wielkość chwilowych strat bilansowych, a z drugiej – chwilowe możliwości retencyjne zlewni.

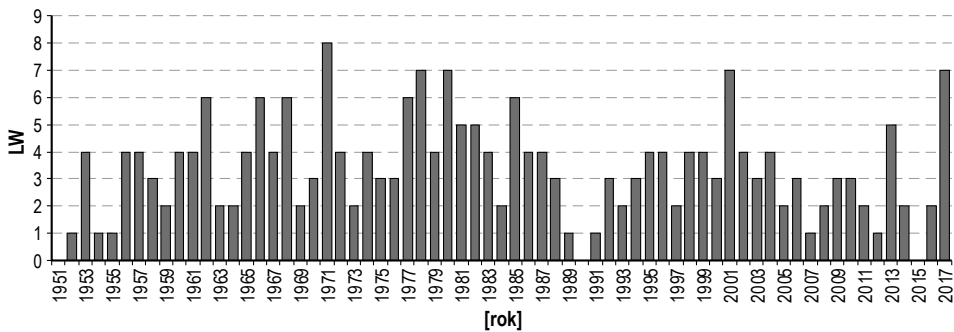
Biorąc pod uwagę charakter czynnika wywołującego powstanie fali wezbraniowej, przyjęto, że wezbrania mogą być zarówno skutkiem chwilowej nadwyżki zasilania nad stratami i retencją (wezbrania: opadowe i roztopowe), jak też wynikiem utrudnień w odpływie wywołanych zmianami w przekroju koryta (wezbrania: zimowe, sztormowe, cofki). W ostatnich dekadach coraz częściej pojawiają się w Polsce wezbrania o mieszanym typie genetycznym, np. roztopowo-opadowe. Są one wywoływane nakładaniem się opadów atmosferycznych na odwilże (Stachý i in. 1996). Obserwowany wzrost ich liczby jest zaś konsekwencją coraz krótszych i cieplejszych zim (Byczkowski 1996), cechujących się na dodatek nietrwałą pokrywą śnieżną, oraz częstych odwilży (Bartnik, Jokiel 2012). Obecnie rzadko obserwuje się również w Polsce wezbrania zimowe (śryżowe, zatorowe i lodowe), co jest konsekwencją zaniku zjawisk lodowych w rzekach na skutek wzrostu temperatury powietrza i wody (Pawłowski 2017; Ptak 2017; Graf, Wrzesiński 2019) oraz przebudowy koryt rzecznych (por. rozdz. 6.2).



Jeśli uwzględnimy zasięg terytorialny zdarzenia, można wyróżnić wezbrania lokalne oraz regionalne (Jokiel, Bartnik 2017). Te pierwsze obejmują pojedyncze, zwykle małe zlewnie bądź obszary kilku sąsiednich i są przeważnie konsekwencją opadów konwekcyjnych, rzadziej szybkich roztopów, a całkiem wyjątkowo katastrof hydrotechnicznych. Do tego rodzaju zdarzeń zaliczymy na przykład wezbrania błyskawiczne i rzek miejskich. Wezbrania regionalne obejmują natomiast duże obszary, czasem całe systemy rzeczne, przy czym tereny, na których się zdarzają, są zwykle jednorodne pod względem fizjograficznym (podobny klimat). Wezbrania takie to przeważnie konsekwencja zjawisk pogodowych o zasięgu regionalnym, na przykład rozlewnych opadów frontalnych, regionalnych roztopów, a sporadycznie zjawisk lodowych.

Ner i jego zlewnia leżą na obszarze, na którym średnio występuje blisko pięć wezbrań w ciągu roku i to najczęściej w półroczu chłodnym (roztopowe i roztopowo-opadowe). Przepływy wezbraniowe Neru nie są duże i nigdy nie przekroczyły  $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (por. rozdz. 5.3.2), a maksymalne, chwilowe odpływy jednostkowe o prawdopodobieństwie 1% mieszczą się w przedziale od 100 do  $200 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (tamże).

Z treści zamieszczonych w poprzednich rozdziałach wynika, że charakter odpływu ze zlewni Neru zmieniał się w wieloleciu i przekształcenia te miały zarówno przyczyny klimatyczne, jak i lokalne – antropogeniczne. Przyjmując, że dzień wezbraniowy to taki, w którym przepływ rzeki jest większy od NWQ (niskiej wysokiej wody), a wezbranie to sekwencja co najmniej trzech takich dni, obliczono liczbę dni wezbraniowych i wezbrań Neru w Dąbiu w poszczególnych latach wielolecia, a także kilka innych charakterystyk cechujących poszczególne wezbrania (objętość fali, czas jej trwania, propagacji, recesji itd.). Wyniki przeprowadzonych analiz w odniesieniu do dwu wyróżnionych wyżej serii (1951–1982 i 1983–2017) i całego wielolecia przedstawiamy niżej.

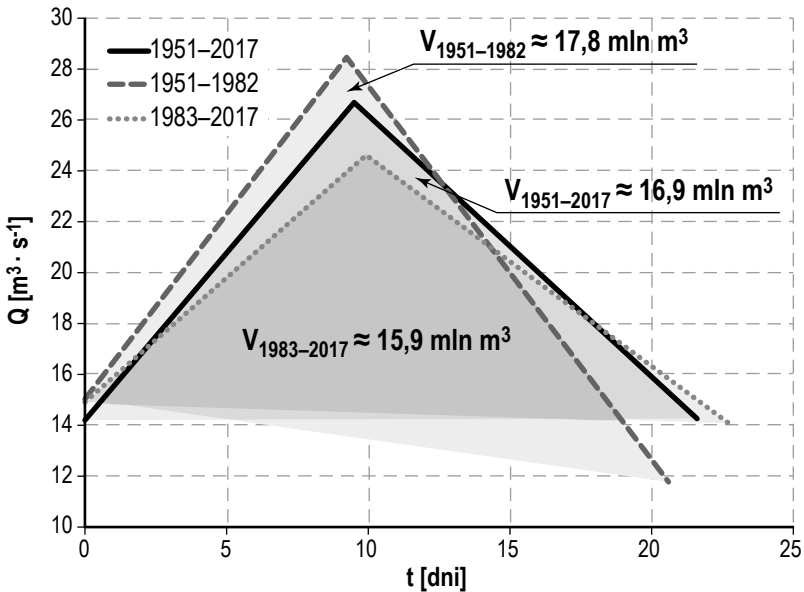


**Rys. 5.12.** Liczba wezbrań (LW) Neru w Dąbiu w poszczególnych latach wielolecia 1951–2017

**Źródło:** opracowanie własne

W całym badanym wieloleciu odnotowano w Dąbiu łącznie dwieście dwadzieścia sześć wezbrań, które trwały od trzech (wielokrotnie) do stu szesnastu dni (1988). Przeciętnie w roku wystąpiły trzy, cztery wezbrania (średnia równa 3,4), a ich średni czas trwania w roku wynosił siedemdziesiąt trzy dni (rys. 5.12). Zda-

rzył się w wieloleciu rok z ośmioma wezbrzeniami (1971), jak i lata, w których nie odnotowano żadnego zdarzenia spełniającego przyjęte kryteria (np. 1951, 2015). Średni czas trwania wezbrania Neru wynosił dwadzieścia jeden i pół dnia, a średni przepływ w kulminacji –  $26,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Przeciętna objętość fali wezbraniowej ( $V$ ) była równa prawie 17 mln  $\text{m}^3$  (rys. 5.13), a czas jej wznoszenia – średnio krótszy od czasu opadania o trzy dni ( $9,5 \div 12,4$  dnia), chociaż wielokrotnie odnotowano fale, których czasy opadania były krótsze od czasów wznoszenia. Średnie fale wezbraniowe uzyskane dla obu wieloleci nieco się różnią. W uproszczeniu fala uzyskana dla podokresu 1951–1982 miała wyższą kulminację, większą objętość i trwała nieco krócej niż fala z lat 1983–2017 (rys. 5.13).

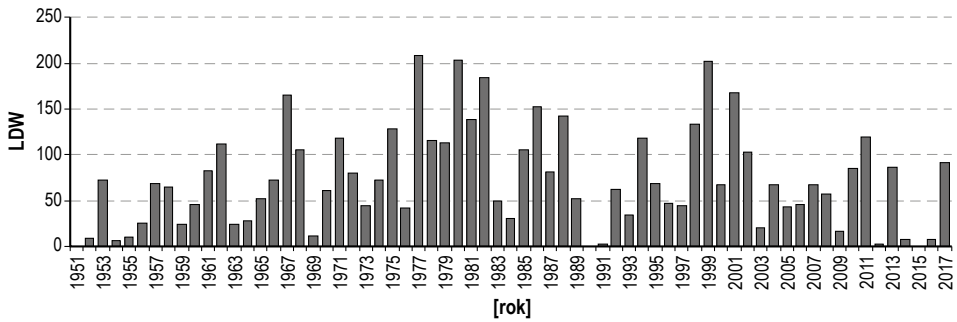


**Rys. 5.13.** Schematy typowego (średniego) wezbrania Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017 i w obu wyróżnionych podokresach

**Objaśnienia:**  $V$  – objętość przeciętnej fali wezbraniowej

**Źródło:** opracowanie własne

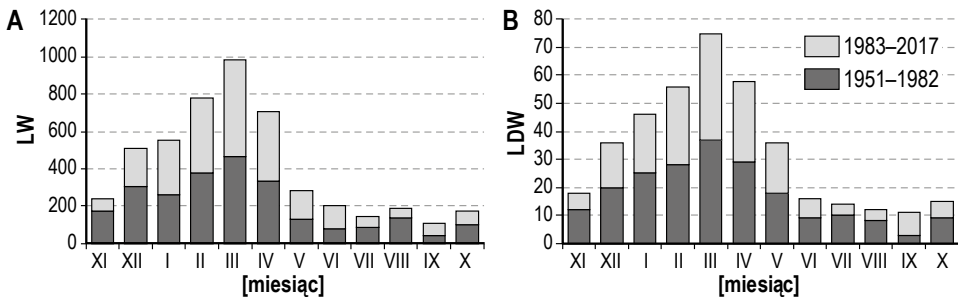
W całym wieloleciu odnotowano cztery tysiące osiemset siedemdziesiąt osiem dni wezbraniowych (rys. 5.14): szczególnie duży ich odsetek wystąpił na przełomie lat 70. i 80. XX wieku, natomiast w 1951, 1990 i 2015 dni takich w ogóle nie odnotowano. Średnia liczba dni wezbraniowych w roku wynosiła siedemdziesiąt trzy. Wydzielone dwa okresy wielolecia różniły się zarówno liczbą, jak i charakterem wezbrań: we wcześniejszej serii było ich w roku blisko cztery (3,8), a w późniejszej – równo trzy. W pierwszym okresie w ciągu roku wystąpiło średnio siedemdziesiąt osiem dni wezbraniowych, a w drugim – tylko sześćdziesiąt osiem. Zatem liczba dni wezbraniowych i wezbrań zmalała w ciągu wielecia o około 13%.



**Rys. 5.14.** Liczba dni z wezbrzeniami (LDW) Neru w Dąbiu w poszczególnych latach wielolecia 1951–2017

**Źródło:** opracowanie własne

Niektóre wieloletnie tendencje w reżimie wezbraniowym Neru można dostrzec, analizując sezonowe rozmieszczenie wezbrań (rys. 5.15A). Najwięcej ich kulminacji w obu seriach zanotowano w marcu, lutym i kwietniu, przy czym ta liczba w obu wieloleciach była podobna, nawet jeśli uwzględnimy fakt, że seria późniejsza jest o trzy lata dłuższa od wcześniejszej. Dość wyraźnie zmniejszyła się natomiast liczba wezbrań we wszystkich innych miesiącach roku (poza majem i wrześniem). Spadek ten był największy od czerwca do sierpnia, a także w październiku i listopadzie. Jeszcze wyraźniej zmiany reżimu wezbraniowego Neru są widoczne na diagramie ilustrującym średnie liczby dni wezbraniowych w poszczególnych miesiącach obu wieloleci (rys. 5.15B).



**Rys. 5.15.** Miesiące, w których odnotowano kulminacje wezbrań Neru w Dąbiu (A), i liczba dni wezbraniowych Neru w Dąbiu w poszczególnych miesiącach (B) oraz seriach badanego wielolecia 1951–2017

**Źródło:** opracowanie własne

Niemal we wszystkich miesiącach roku liczba dni wezbraniowych była mniejsza w drugiej połowie wielolecia, przy czym spadek wielokrotnie przekraczał 50% (listopad, grudzień, lipiec, sierpień, wrzesień, październik). Reasumując, liczba wezbrań półrocza chłodnego (zwykle roztopowych i mieszanych) jest dziś podobna do wcześniejszej (tylko wczesną zimą mniejsza), przy czym wezbrania te

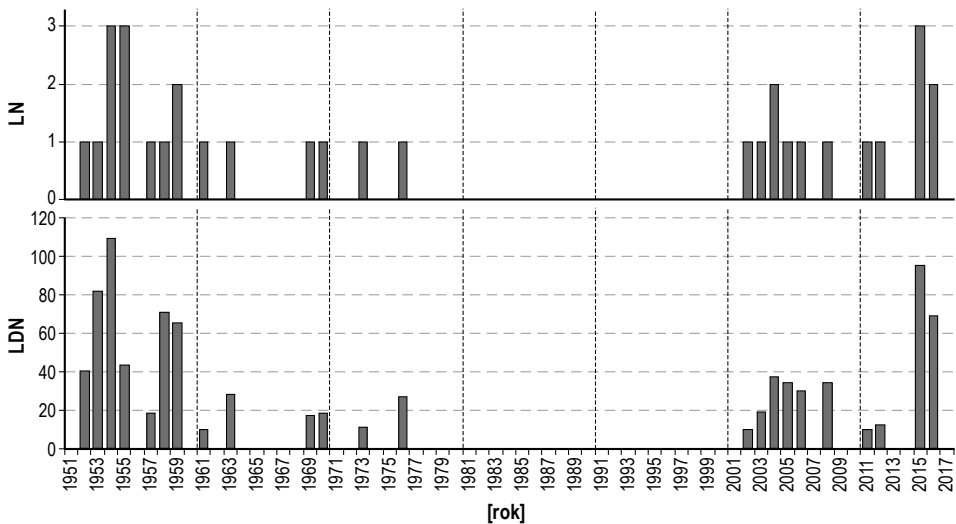
trwają aktualnie dużo krócej. Natomiast wezbrań półroczna ciepłego jest wyraźnie mniej niż kiedyś, są krótsze i coraz rzadziej notowane w lipcu i sierpniu.

Konsekwencją długotrwałej suszy atmosferycznej jest przeważnie susza glebowa, która wskutek dalszego wzrostu deficytu wody na danym obszarze przechodzi w suszę hydrologiczną (Tomaszewski 2017). Przejawami suszy hydrologicznej są: obniżone zwierciadło wody podziemnej (niżówka wód podziemnych) i niskie przepływy rzek (niżówka wód powierzchniowych). Ten ostatni rodzaj niżówek wynika bezpośrednio z braku zasilania powierzchniowego rzek, przy mocno ograniczonym drenażu wód podziemnych. Jest więc skutkiem małych zasobów wodnych w strefie aktywnej wymiany. Warto jednak dodać, że niżówka wód powierzchniowych może pojawić się również w sytuacji czasowego ograniczenia (niekiedy zaniku) zasilania koryt rzecznych wodami powierzchniowymi i podziemnymi wywołanego retencją śnieżną, przemarzeniem wierzchniej warstwy gruntu, a niekiedy zamarzeniem wody w górnych odcinkach cieków niskich rzędów. Niżówka w rzece jest zatem niemal zawsze skutkiem splotu pogodowych i fizycznogeograficznych okoliczności prowadzących do ograniczenia zasilania rzeki różnymi rodzajami wód wolnych zlewni. Należy jednak pamiętać, że również działalność człowieka odciska swoje piętno na każdej właściwie determinancie rozwoju niżówki. Może między innymi wywołać przyspieszenie rozwoju suszy, a w konsekwencji także szybszy i głębszy rozwój tego zjawiska.

Definicja niżówki, podobnie jak wezbrania, ma charakter umowny, konwencjonalny, przy czym dotyczy to zwykle określenia początku zjawiska (przepływ graniczny) oraz minimalnego czasu jego trwania. Za początek niżówki uznaje się zwykle jeden z przepływów charakterystycznych lub o zadanym prawdopodobieństwie nieosiągnięcia (przewyższenia). Są również definicje przeznaczone dla określonych eksploatorów wody, np. żeglugi śródlądowej, konsumentów oraz użytkowników wody itd. (Tomaszewski 2012). Biorąc pod uwagę fakt, że w warunkach naturalnych w okresie niżówki rzeka zasilana jest niemal wyłącznie wodami podziemnymi, za granicę niżówki powinno się przyjmować średni przepływ podziemny (Jokiel 1994), zaś w sytuacji, gdy nie jest on określony, jego dobrą aproksymację może stanowić przepływ charakterystyczny  $SNQ_m$  (średni przepływ z minimów miesięcznych), którego wartość znakomicie koreluje ze średnim odpływem podziemnym i to w przypadku rzek odwadniających bardzo różne obszary (tamże; Bartnik, Jokiel 2000). Ten sposób oceny granicznej wartości niżówki przyjęto też w poniższych analizach, zakładając równocześnie, że minimalna długość okresu niżówki wynosi dziesięć dni. Podobnie jak w przypadku wezbrań, każdą niżówkę da się opisać kilkoma parametrami, a do najważniejszych należą: jej deficyt, czas trwania i głębokość. Można również oceniać czas i tempo recesji (ubytku zasobów) oraz progresji przepływu niżówkowego (odnawiania zasobów) (Tomaszewski 2012).

Przyjmując, że przepływem granicznym niżówki w Nerze w przekroju Dąbie jest średnia z minimów miesięcznych równa  $2,52 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a także że niżówka to okres trwający co najmniej dziesięć dni, otrzymujemy wyniki świadczące o tym,

że w czasie całego badanego wielolecia wystąpiły tylko trzydzieści dwie niżówki, które trwały od dziesięciu (1955, 1961, 2002, 2011) do osiemdziesięciu dwóch dni (1953). Średni czas trwania niżówki w Nerze wynosił prawie dwadzieścia osiem dni, a ogromna większość tych epizodów (trzydzieści) miała charakter ewapotranspiracyjny (letni lub letnio-jesienny). Tylko dwie niżówki wystąpiły zimą (grudzień/styczeń 1953 i styczeń/luty 1954), przy czym były one stosunkowo długie (trzydzieści trzy i dwadzieścia sześć dni), ale jednocześnie dość płytkie. Łącznie liczba dni niżówkowych w wieloleciu wyniosła osiemset osiemdziesiąt dziewięć. Daje to średnio „niecałe pół niżówki” i trzynaście dni niżówkowych rocznie (rys. 5.16). Uwzględniając te dane, łatwo dostrzec, że liczba i czas trwania niżówek w Nerze są dużo mniejsze od typowych dla rzek środkowej Polski. Z różnych analiz wynika, że przeciętny czas trwania niżówki w rzekach tego obszaru wynosi około czterdziestu czterech, czterdziestu dziewięciu dni, a średnio w roku pojawiają się w tych ciekach dwa, trzy epizody niżówkowe (Jokiel 2010; Tomaszewski 2012). Ner jest zatem rzeką „niechętnie” wchodzącą w okres niżówkowy, a sprzyja temu intensywne i stabilne w czasie zasilanie wodami allochtonicznymi (pościekowymi), które tworzą specyficzny rodzaj trwałego w czasie odpływu bazowego (por. rozdz. 7.3). Podobne zjawisko udokumentowano w górnośląskiej Kłodnicy (Tokarczyk 2011).



**Rys. 5.16.** Liczba niżówek (LN) i dni z niżówkami (LDN) dla Neru w przekroju Dąbie w latach 1951–2017

**Źródło:** opracowanie własne

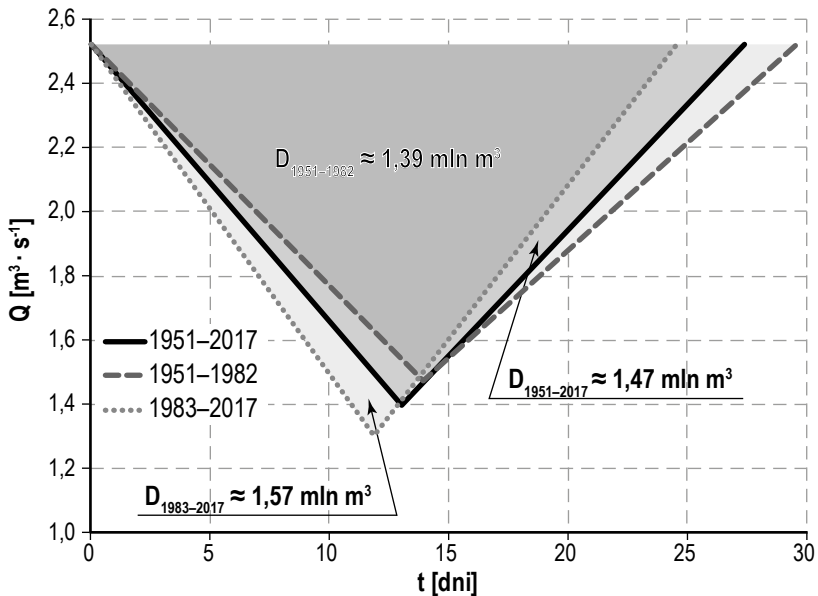
Liczba niżówek i dni niżówkowych w analizowanym wieloleciu była bardzo zróżnicowana (rys. 5.16). Najwięcej ich wystąpiło w latach 1954 i 2015 (odpowiednio: sto dziewięć i dziewięćdziesiąt pięć), natomiast w okresie 1977–2001 nie odnotowano w Nerze ani niżówek, ani dni niżówkowych spełniających ww. kryteria.

Obraz ten jest konsekwencją wspomnianych wcześniej fluktuacji klimatycznych i różnorodnych zmian w gospodarce wodnej w zlewni Neru. O ile jednak w całej środkowej Polsce we wskazanym okresie na plan pierwszy wysuwały się hydrologiczne efekty zmian i fluktuacji klimatu, o tyle w Nerze i jego zlewni nałożyły się na to skutki różnych form antropopresji (Jokiel 2018).

Druga połowa XX wieku charakteryzowała się w środkowej Polsce wyraźną zmiennością klimatyczną (Kozuchowski 2000; Wibig 2001; Jokiel 2008a), co w dużej mierze wpływało na wiele charakterystyk odpływu (Jokiel 2004; Bartnik, Jokiel 2001). Okres do 1965 roku odznaczał się częstym występowaniem wezbrań i niżówek oraz odpływami nieco poniżej przeciętnej, zaś w latach 1966–1983 dominującym zjawiskiem hydrologicznym były liczne i duże wezbrania oraz stosunkowo rzadkie i bardzo płytkie niżówki. Dodajmy, że odpływy średnie były wówczas w tej części Polski wyższe od normy wieloletniej. Częste i głębokie niżówki przy stosunkowo niskich odpływach średnich charakteryzowały natomiast lata 1983–2000, z kolei w pierwszej dekadzie XXI wieku odpływy stały się ponownie zróżnicowane, a liczba i skala wezbrań i niżówek były ponownie bliskie przeciętnych.

Wskazane fluktuacje odpływu, zaobserwowane w środkowej Polsce, odnajdziemy również w zlewni Neru. Wydaje się jednak, że w odniesieniu do niżówek zmiany te zostały tutaj bardzo wzmocnione antropopresją. Brak niżówek w Nerze od końca lat 80. do początku XXI wieku jest oczywistą konsekwencją ogromnych dopływów wód pościekowych z sieci kanalizacyjnej Łodzi, spowodowanych nieracjonalnie dużym zużyciem wody w aglomeracji. Na to nałożył się jeszcze efekt niewielkiego zużycia wody pobieranej z Neru do nawadniania łąk i pastwisk w jej dolinie, który został wywołany kryzysem rolnictwa w regionie i ogromnym zanieczyszczeniem zarówno samej rzeki, jak i jej wód aluwialnych w dolinie. Po oddaniu do użytku Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi (GOŚ-ŁAM) oraz wskutek upadku przemysłu włókienniczego w regionie i urynkowaniu cen wody ilość wód pościekowych wyraźnie zmalała, a woda w Nerze mogła być ponownie używana do nawodnień okolicznych łąk. W efekcie mimo niewielkich zmian w ilości i sezonowej strukturze naturalnego zasilania niżówki w Nerze zaczęły pojawiać się ponownie.

Średni deficyt niżówki Neru wynosił w badanym wieloleciu 1,47 mln m<sup>3</sup>, przy czym różnice między poszczególnymi epizodami przekraczały rząd wielkości. Największy deficyt odnotowano w trakcie sześćdziesięciodwudniowej niżówki letnio-jesiennej w 2015 roku – 5,17 mln m<sup>3</sup>, kiedy to przepływ Neru w Dąbiu obniżył się do 0,41 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. Średni czas recesji przepływu niżówkowego był nieco krótszy od czasu progresji (trzydzieści wobec siedemnaście dni), ale jednocześnie średnie tempo odbudowy zasobów wodnych było w Nerze szybsze niż tempo ich spadku (0,17 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup> wobec 0,12 m<sup>3</sup> · d<sup>-1</sup>). Upraszczając nieco, można zatem stwierdzić, że odpływ minimalny niżówki w Nerze osiągniany jest w czasie krótszym niż odpływ graniczny w fazie wychodzenia z niżówki. Diagram 5.17 prezentuje schemat przeciętnej niżówki letnio-jesiennej Neru w przekroju Dąbie. Łatwo zauważyć, że typowa niżówka z pierwszego podokresu była przeciętnie płytsza, trwała nieco dłużej i miała mniejszy deficyt (D) niż niżówka z podokresu późniejszego.

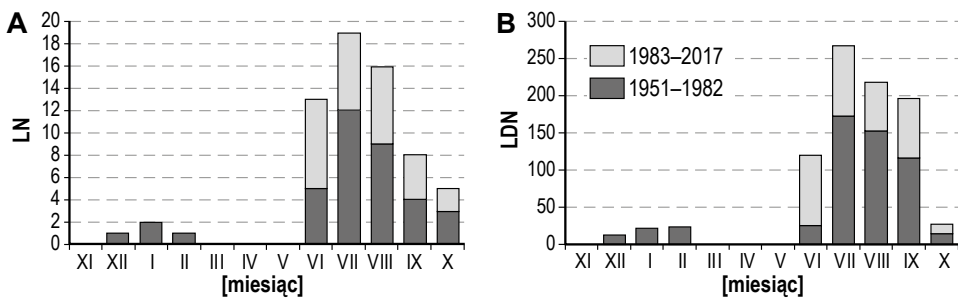


**Rys. 5.17.** Schematy typowej (średniej) niżówki Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017 i w obu wyróżnionych podokresach

**Objaśnienia:** D – objętość przeciętnej niżówki (deficyt niżówki)

**Źródło:** opracowanie własne

Zidentyfikowane w Nerze niżówki miały głównie charakter ewapotranspiracyjny (niżówki letnie i letnio-jesienne). Najwięcej epizodów niżówkowych odnotowano w lipcu i sierpniu, przy czym należy podkreślić, że liczba niżówek i dni niżówkowych w drugim wieloleciu była dużo mniejsza niż w pierwszym, a niżówki zimowe całkiem zanikły (rys. 5.18).



**Rys. 5.18.** Liczba zanotowanych niżówek (A) i dni z niżówkami (B) w poszczególnych miesiącach wyróżnionych wieloleci (1951–1982 i 1983–2017)

**Źródło:** opracowanie własne

Warto również dostrzec, że spadek mocniej zaznaczył się w przypadku liczby dni niżówkowych niż niżówek, a zatem w podokresie 1983–2017 niżówek było

mniej i trwały znacznie krócej niż wcześniej. Dla przykładu przeciętna liczba dni niżówkowych w ciągu roku wynosiła wówczas jedenaście wobec siedemnastu w okresie wcześniejszym.

### 5.3.4. Sezonowy rozkład odpływu i jego zmiany w wieloleciu

Coroczna lepiej lub gorzej zarysowana powtarzalność zjawisk hydrologicznych w Polsce jest oczywistą konsekwencją klimatycznie uwarunkowanych zmian pór roku, a co za tym idzie – skutkiem powtarzających się sezonowych zmian wielkości i rodzaju opadu atmosferycznego oraz sposobów jego redystrybucji. Wiosną spodziewamy się roztopów, opadów i wysokich przepływów w rzekach, latem pojawiają się zwykle niżówki przerywane niekiedy dużymi wezbraniami opadowymi, jesienią niżówki letnie wskutek niskich opadów lub ich braku mogą się pogłębić lub też, w efekcie wzrostu wilgotności i spadku parowania, całkowicie zaniknąć, natomiast zimą przepływy rzek zwykle wzrastają, by przejść w roztopowe wezbrania śródzimowe, a później wiosenne. Wydaje się zatem, że cykl roczny jest zamknięty i wyraźnie zaznaczony, ale przecież jego powtarzalność w kolejnych latach jest względna. Zimy mogą być bowiem mroźne i długie, łagodne i krótkie albo śnieżne lub prawie bezśnieżne. Już tylko tych sześć ocen tej jednej pory roku daje możliwość utworzenia dwunastu „odmiennych zim” o cechach warunkujących bardzo zróżnicowany przebieg zjawisk hydrologicznych i to nie tylko w tej porze roku, ale również w czasie wiosny czy nawet lata. Jest to skutkiem retencji determinującej relatywnie dużą bezwładność odpływu rzecznego.

Także w innych porach roku zaznacza się bardzo duża zmienność wieloletnia cech i charakterystyk klimatycznych. W efekcie pory genetycznie różnych wezbrań i niżówek „wędrują” co roku dość swobodnie po osi czasu, przy czym wraz z położeniem na tej osi zmieniają się również ich parametry i geneza. Jeśli nałożymy na to dostrzegane już niekiedy hydrologiczne skutki trwałych bądź nietrwałych zmian klimatycznych i efekty antropopresji, zauważymy, że pojęcie „sezonowość odpływu” w coraz większym stopniu jest umowne i wymaga uściślenia, a nawet okresowego redefiniowania (Jokiel, Tomalski 2015).

Sezonowa struktura odpływu ze zlewni jest jedną z tych prawidłowości, które decydują o reżimie odpływu rzeki. To również ta cecha dynamiki, która jest jedną z najbardziej podstawowych i najważniejszych informacji niezbędnych w praktyce hydrologicznej i gospodarce wodnej. Czasowy reżim odpływu rzecznego jest z oczywistych powodów funkcją sezonowego zróżnicowania wielkości i rodzaju opadów oraz natężenia parowania terenowego. Jednak obok czynników zewnętrznych, w tym klimatycznych, ważną rolę odgrywa również cały kompleks zjawisk, procesów i właściwości związanych z samą rzeką i jej zlewnią. Zlewnia i system rzeczny tworzą bowiem zespół filtrów, w których impulsy zewnętrzne, w tym pogodowe, klimatyczne, a nawet antropogeniczne, są na tyle mocno transformowane, że przybierają często formę oraz rozkład czasowy bardzo różne od występujących na wejściu do systemu. W ten sposób działają np. różne rodzaje retencji, które zwiększają bezwładność systemu i spowalniają przemieszczający się w nim impuls opadowy.



W serii średnich przepływów miesięcznych w wieloleciu 1951–2017 nie stwierdzono istnienia ważnego statystycznie trendu (tab. 5.3), natomiast w dwu analizowanych podokresach zastosowany test Manna-Kendalla udokumentował takie trendy. Średnie przepływy miesięczne Neru istotnie rosły w latach 1951–1983, a później istotnie malały. Zatem w pierwszym wieloleciu przyrost przepływu wyniósł  $0,28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , zaś w drugim istotny statystycznie spadek był równy  $0,10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . W pierwszej połowie lat 80. ubiegłego stulecia odpływ roczny ze zlewni Neru był w konsekwencji większy o 8,8 mln  $\text{m}^3$  od notowanego na początku lat 50., natomiast w ostatnich latach roczna suma odpływu wody Nerem zmalała w stosunku do początku lat 80. o ponad 3,2 mln  $\text{m}^3$ . Biorąc pod uwagę obie te liczby oraz fakt, iż trend przepływu w skali całego wielolecia jest statystycznie nieistotny, można ostrożnie postawić tezę, że uwarunkowany wzrostem uwilgotnienia i objętości zrzucanych wód allochtonicznych rosnący trend odpływu odnotowany w pierwszych trzech dekadach wielolecia został nie tylko zahamowany, ale i odwrócony. Przyczyną był zapewne niewielki wzrost zasilań, ale równocześnie istotny spadek ilości allochtonicznych wód pościekowych wprowadzanych do tej rzeki (por. rozdz. 7.3).

Tab. 5.3. Trendy miesięcznych przepływów Neru w Dąbiu

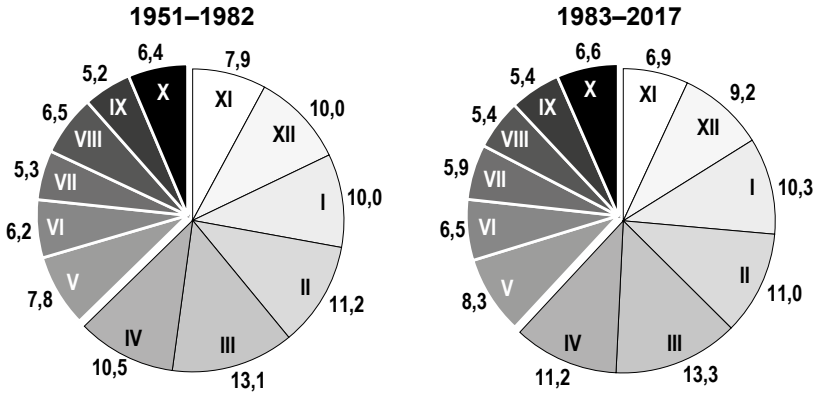
Zmienna	Wielolecie		
	1951–2017	1951–1982	1983–2017
N	804	384	420
S	4991	21993	-14743
Var (S)	$5,8 \cdot 10^7$	$6,3 \cdot 10^6$	$8,3 \cdot 10^6$
$Z_s$	0,66	8,75	-5,13
$Z_{\text{kryt},0,5\%}$	1,96	1,96	1,96
Rodzaj trendu	brak trendu	trend rosnący	trend malejący
Równanie trendu	-	$SQ_m = 0,023 \cdot n_m + 5,805$	$SQ_m = -0,008 \cdot n_m + 14,785$
Średnia roczna zmiana	-	0,280	-0,102

**Objaśnienia:** N – liczba miesięcy; S – suma odchyłeń; Var (S) – wariancja;  $Z_s$  – statystyka testowa Manna-Kendalla;  $Z_{\text{kryt},0,5\%}$  – wartość krytyczna;  $SQ_m$  – przepływ średni w danym miesiącu;  $n_m = 1, 2, 3, \dots, N$  (numer kolejnego miesiąca)

**Źródło:** opracowanie własne

Różnice w sezonowym rozmieszczeniu odpływu między wskazanymi wyżej dwoma podokresami są widoczne na diagramach obrazujących przeciętne udziały odpływu z poszczególnych miesięcy w sumie rocznej (rys. 5.19). Dość łatwo dostrzeżemy, że udział odpływów z listopada i grudnia oraz z sierpnia i września zmalał. Wzrosło natomiast znaczenie miesięcy wiosennych i letnich (od kwietnia do lipca). Zmiany ilościowe nie były jednak duże i nie przekraczały zwykle 1% odpływu rocznego (1,1% dla listopada). W półroczu chłodnym wcześniejszego wielolecia odpły-

wało 63,2% rocznych zasobów wodnych, a w późniejszym – o 1% mniej (62,2%). Zwiększył się zatem nieco udział zasilania opadowego kosztem roztopowego.



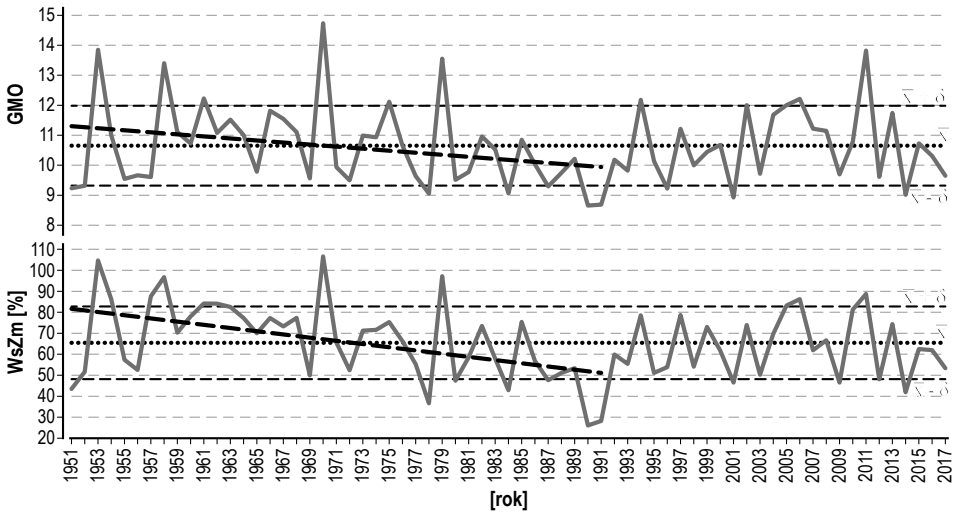
**Rys. 5.19.** Udział poszczególnych miesięcy [%] w rocznej sumie odpływu ze zlewni Neru w Dąbiu

**Źródło:** opracowanie własne

Niewielkie zmiany w rocznym rozmieszczeniu odpływu przyniosły w efekcie dość wyraźnie zaznaczone fluktuacje kilku wskaźników sezonowości odpływu Neru (Jokiel 2018). Od początku serii do końca lat 80. sezonowość odpływu z tej zlewni, rozumiana jako udział składowej sezonowej w zmienności rocznej, dość wyraźnie malała. Roczne wskaźniki koncentracji przepływu GMO i innych miar sezonowości (Oliver 1980; Soja 2002; Jokiel, Tomalski 2017), obliczone na podstawie średnich przepływów miesięcznych, mocno wtedy malały (rys. 5.20). W konsekwencji roczne hydrogramy przepływu Neru stawały się w tym okresie coraz bardziej „wygładzone”, a odpływ w coraz mniejszym stopniu był zjawiskiem sezonowym.

Od połowy lat 80. trend ten uległ zmianie. Wskaźniki koncentracji i indeksy sezonowości najpierw się ustabilizowały, a następnie zaczęły powoli rosnąć, osiągając w ostatniej dekadzie średnią i dyspersję bliskie typowym dla dwudziestolecia 1951–1970. Warto również podkreślić, że przeciętny wskaźnik GMO Neru w Dąbiu jest równy 10,6, a zatem relatywnie niski w skali Polski, ale bliski wartościom charakterystycznym dla rzek środkowej części kraju. Bardzo charakterystyczny jest też obraz wieloletniej zmienności rocznych współczynników zmienności przepływów dobowych *WsZm* (rys. 5.20).

Roczna zmienność przepływów dobowych malała od początku serii do końca lat 80., a w latach późniejszych niemal skokowo wzrosła i ustabilizowała się na poziomie bliskim średniej z wielolecia (ok. 66%). Nieprezentowany tu obraz wieloletniej dynamiki kolejnej miary sezonowości – indeksu sezonowości Markhama – charakteryzował się w badanym wieloleciu relatywnie dużą zmiennością: od poniżej 5% do ponad 50%. Średni indeks sezonowości przepływu Neru w Dąbiu wynosi około 26% i jest to wartość bliska przeciętnej dla rzek regionu środkowej Polski (Jokiel 2018).



**Rys. 5.20.** Wskaźnik koncentracji i roczny współczynnik zmienności dobowej odplywu Neru w Dąbie w latach 1951–2017

**Objaśnienia:** GMO – wskaźnik koncentracji odplywu (Jokiel, Tomalski 2017); WsZm – współczynnik rocznej zmienności przepływów dobowych (Jokiel 2018); pogrubionymi liniami przerywanymi zaznaczono przebieg lokalnych trendów; linie kropkowane przedstawiają średnie wieloletnie, zaś czarne i cienkie linie przerywane – odchylenia standardowe od średnich wieloletnich

**Źródło:** Jokiel (2018, zmienione)

Ner w przekroju Dąbie jest zatem rzeką, której przepływ w ciągu roku może być bardzo mało zróżnicowany (np. w latach 1977 i 2001) albo charakteryzujący się bardzo dużą zmiennością sezonową (np. w latach 1958 i 2011).

### 5.3.5. Odplywy podziemne i powierzchniowe oraz ich zmiany w wieloleciu

Woda pochodząca z opadów atmosferycznych lub topniejącej pokrywy śnieżnej dociera bezpośrednio do trzech podsystemów zlewni: intercepcji (pokrywy roślinnej), wód otwartych (stojących i płynących) oraz nagiej lub pokrytej wytworami gospodarczej działalności człowieka powierzchni terenu. Z nich wskutek różnych procesów hydrologicznych kierowana jest do kolejnych podsystemów cyklu hydrologicznego (Soczyńska 1997). Właściwie z każdego z wymienionych podsystemów część wody może wrócić do atmosfery (w postaci pary wodnej) lub wydostać się do strefy retencji biernej, inaczej apotamicznej (Jokiel, Tomalski 2017). Każdy ze wskazanych podsystemów retencji może również „odrzuścić” określoną nadwyżkę kierowanego do niego strumienia wody opadowej lub roztopowej, skutkiem czego powstaną mniej lub bardziej trwałe i zróżnicowane formy odplywu, które mogą zostać zdrenowane i skoncentrowane w ciekach: stałych, okresowych lub epizodycznych.

Odptywem powierzchniowym nazywamy część odptywu całkowitego ze zlewni skoncentrowaną w korycie cieką, a pochodzącą ze spływu powierzchniowego powstającego na hydrologicznie czynnej części powierzchni terenu. Spływ powierzchniowy wystąpi tylko tam, gdzie nachylenie terenu, słaba przepuszczalność gleb i małe tarcie wywołane roślinnością pozwolą na przewyżczenie detencji powierzchniowej i powstanie lokalnych form spływu powierzchniowego: skupionego i rozproszonego, które w sprzyjających warunkach mogą dotrzeć do koryt cieków różnego rzędu. Ta forma odptywu rzecznoego na nizinach występuje stosunkowo rzadko i z uwagi na infiltrację przesuniętą jest tam mało wydajna. Natomiast na terenach zabudowanych, pokrytych powierzchniami słaboprzepuszczalnymi i przez to intensywnie zdrenowanych przez różne systemy odwodnieniowe, np. na utwardzonych terenach miejskich, drogach itp., odptyw powierzchniowy występuje często i wpływa znacząco na formowanie się wezbrań nawet dużych rzek. Swoistym uzupełnieniem odptywu powierzchniowego jest dominujący na terenach nizinnych i dobrze przepuszczalnych odptyw podpowierzchniowy. Jest to część odptywu całkowitego rzeki, która powstaje w wyniku zdrenowania i skoncentrowania wody docierającej do koryt cieków wskutek procesów: perkolacji, infiltracji i filtracji, zachodzących w obrębie nasyconej wodą, najpłytszej części strefy aeracji, np. gleby lub pokrywy zwietrzelinowej. Obie formy odptywu pojawiają się w rzece w okresach nadwyżek zasilania wywołanych przez intensywne opady lub roztopy. Mają one dużą dynamikę, epizodyczny lub okresowy charakter, a ich identyfikacja w masie wody rzecznej jest praktycznie niemożliwa (Soczyńska 1997; Szymkiewicz, Gąsiorowski 2010). Wskutek tego w analizach hydrologicznych są traktowane łącznie i nazywane odptywem szybkim lub częściej, ale niezbyt precyzyjnie – powierzchniowym.

Odptywem podziemnym nazywamy zaś skoncentrowaną w rzece wodę pochodzącą z poziomów wodonośnych drenowanych przez liniowe (cieki), punktowe (źródła i inne wypływy) oraz powierzchniowe (jeziora, podmokłości) elementy jej systemu hydrograficznego. Ilość wody podziemnej, którą ze strefy saturacji odbierają w danym momencie te obiekty, jest wypadkową aktualnego stanu jej napełnienia oraz liczby, rodzaju i powierzchni drenowanych poziomów wodonośnych. Odptyw podziemny jest zatem miarą dynamicznych zasobów odnawialnych zlewni, jak też informuje o wielkości infiltracji efektywnej (Jokiel 1994). Jest również procesem przebiegającym wewnątrz trójwymiarowej przestrzeni zlewni i dopiero w ostatniej fazie, w trakcie drenażu wody podziemnej pojawiają się na powierzchni (w korycie rzecznoym, źródle, jeziorze lub mokradle).

Odptyw podziemny jest również najbardziej stabilną w czasie formą alimentacji rzek. W przypadku, gdy system rzeczno drenuje kilka różnych zbiorowisk wód podziemnych, w tym głębokie i zasobne poziomy wodonośne, w obrębie odptywu podziemnego wyróżnia się niekiedy odptyw bazowy będący jego najtrwalszą formą. W rzekach odwadniających tereny miejskie i uprzemysłowione do koryt kierowane są często wody zużyte (oczyszczone lub nie). Czasowa dynamika zrzutów tych wód w relacji do dynamiki naturalnego powierzchniowego i podpowierzchniowego zasilania rzeki jest niewielka, natomiast przypomina dynamikę odptywu

podziemnego. W efekcie metody i modele szacowania różnych form odpływu słabo sobie radzą z identyfikacją tej antropogenicznej formy zasilania rzeki (Jokiel 2018). Można nawet postawić tezę, że odpływ rzek odwadniających tereny miejskie i odbierających wody z kanalizacji jest, z jednej strony, zubożony o stabilne formy odpływu wskutek uszczelnienia koryt (ograniczone zasilanie podziemne), ale jednocześnie wzbogacony w wyniku dopływu wód pościekowych.

Ner i jego system hydrograficzny jest zasilany głównie z czwartorzędowego piętra wód podziemnych uformowanego w postaci kilku, mniej lub bardziej ciągłych, poziomów wodonośnych położonych na różnych głębokościach i mających zróżnicowane zasoby i dynamikę (por. rozdz. 1.3). Uzupełnieniem tego są wody z poziomów kredowych, lokalnie drenowane przez Ner, oraz duże ilości dopływających „Gošką” i innymi ciekami zużytych wód allochtonicznych pochodzących spoza terenu zlewni, a także wody podziemne pobrane ze strefy apotamicznej zlewni. Podziemną i powierzchniową składową odpływu oszacowano dla przekroju w Dąbiu, stosując algorytm ET (Tomaszewski 2001), który analizuje informacje na temat przebiegu i kształtu hydrogramu przepływu i na tej podstawie wydziela wartości odpowiadające powierzchniowej i podziemnej jego składowej. Procedura ta pozwala uzyskać obie formy odpływu w przedziałach dobowych, a po zsumowaniu – również w okresach miesięcznych i rocznych.

Średni wieloletni przepływ podziemny Neru w Dąbiu oszacowany algorytmem ET wynosi  $6,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , co stanowi około 67% przepływu całkowitego (tab. 5.4). Jak łatwo obliczyć, składowa powierzchniowa wynosi więc niespełna  $3,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a zatem stanowi tylko 33% całości odpływu. Średni podziemny odpływ jednostkowy wynosi  $3,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , zaś powierzchniowy –  $1,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Liczby te wskazują, że obie składowe Neru różnią się dość istotnie od typowych dla tej części Polski. Zasilanie podziemne jest znacznie większe od wartości typowych dla regionu, zaś powierzchniowe – wyraźnie mniejsze (Jokiel, Tomalski 2017). Podobną uwagę należy opatrzyć współczynniki zasilania podziemnego i powierzchniowego. Przytoczone charakterystyki ponownie wskazują, że Ner jest rzeką o zasilaniu podziemnym porównywalnym z uzyskiwanym dla zasobnych w wody podziemne zlewni, położonych na obszarach węglanowych lub młodogłacjalnych. Wiadomo jednak, że drenowane przez system Neru poziomy wodonośne są w większości mało zasobne, a i ich drenaż jest niezbyt intensywny. Zatem w tzw. odpływie podziemnym Neru określanym metodami hydrologicznymi znajdują się również wody zupełnie innego pochodzenia, w ogromnej większości pościekowe zrzucane do cieków systemu w jego górnej i środkowej, bardzo zurbanizowanej, części zlewni (por. rozdz. 7.3).

Analizując dane zawarte w tabeli 5.4, zauważymy również, że odpływ podziemny w półroczu chłodnym jest znacznie większy od występującego w półroczu ciepłym, a miesiącem o największym podziemnym zasilaniu jest marzec, choć najwyższe zasilanie podziemne odnotowano w styczniu 1975 roku, kiedy średni podziemny odpływ jednostkowy ze zlewni Neru wynosił prawie  $24,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ .

Tab. 5.4. Podziemne przepływy charakterystyczne Neru w przekroju Dąbie w latach 1951–2017 oszacowane algorytmem ET

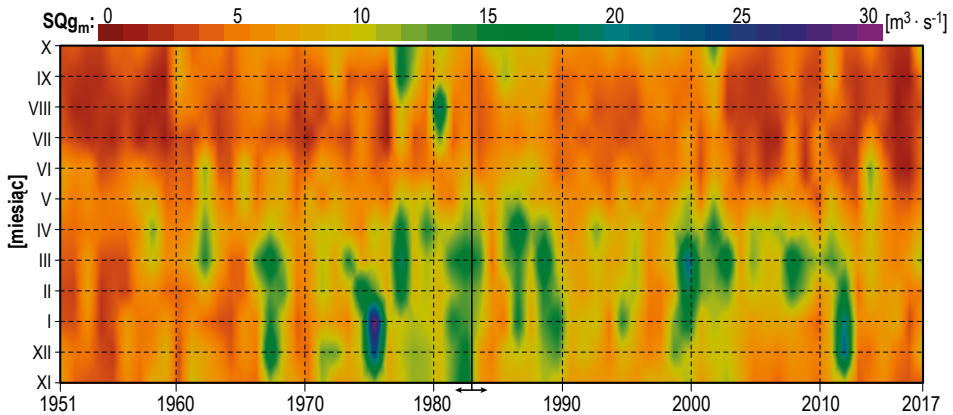
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	ROK
WWQg	21,50	31,20	42,20	23,20	26,50	21,10	16,10	19,50	17,45	25,60	18,10	18,00	42,20	25,60	42,20
SWQg	8,39	9,76	9,87	10,16	11,64	10,98	8,24	6,88	5,00	5,22	5,74	7,25	14,19	9,62	14,78
ZWQg	7,82	8,50	8,89	9,15	10,70	10,39	7,28	6,49	4,67	4,90	5,32	6,80	13,20	8,94	13,40
NWQg	3,37	3,02	2,50	2,51	3,77	4,80	4,10	1,87	1,16	1,34	1,33	2,28	5,33	4,66	6,10
WSQg	16,60	24,04	29,30	18,40	21,89	18,40	10,96	11,89	11,93	19,68	16,00	15,44	16,14	10,93	12,22
SSQg	7,09	8,09	8,11	8,45	9,58	8,68	6,63	5,17	3,83	4,20	4,65	6,07	8,34	5,09	6,70
ZSQg	6,77	7,23	6,78	7,90	9,00	8,27	5,98	4,77	3,58	3,75	4,16	5,92	7,98	4,83	6,36
NSQg	3,07	2,50	2,15	2,23	3,15	4,31	3,15	1,08	0,87	0,88	1,08	1,86	3,18	1,74	2,99
WZQg	16,59	25,78	31,37	18,36	21,83	18,88	11,86	11,92	11,58	20,01	16,34	15,97	13,82	10,27	11,64
SZQg	7,03	8,09	8,07	8,38	9,52	8,68	6,55	5,15	3,74	4,17	4,61	6,05	7,87	4,76	6,27
ZZQg	6,71	7,22	7,05	7,90	9,10	8,33	5,99	4,88	3,47	3,76	4,16	6,05	7,47	4,68	5,86
NZQg	3,12	2,48	2,13	2,20	3,09	4,41	3,00	0,91	0,85	0,61	1,06	1,82	3,06	1,49	2,50
WNQg	11,64	15,02	19,00	17,20	17,21	14,20	8,96	8,65	7,68	12,86	12,47	11,40	9,24	5,36	5,05
SNQg	6,00	6,51	6,60	7,00	7,79	6,64	5,25	3,65	2,98	3,33	3,79	4,98	4,87	2,56	2,52
ZNQg	6,05	6,20	5,83	6,65	7,75	5,79	5,12	3,38	2,83	3,05	3,29	4,74	4,50	2,60	2,60
NNQg	1,91	2,04	1,91	2,10	2,54	3,26	1,97	0,70	0,74	0,41	0,68	1,23	1,91	0,41	0,41

**Objaśnienia:** WWQg, SWQg... [m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>] – podziemne przepływy charakterystyczne (por. Byczkowski 1996); pogrubiono średnie i ekstrema

**Źródło:** opracowanie własne

Sierpień jest natomiast miesiącem, w którym Ner może mieć zarówno duże, jak i skrajnie małe zasilanie podziemne. Przykładem jest sierpień 1980 ( $14,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) i sierpień 2015 roku ( $0,24 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ).

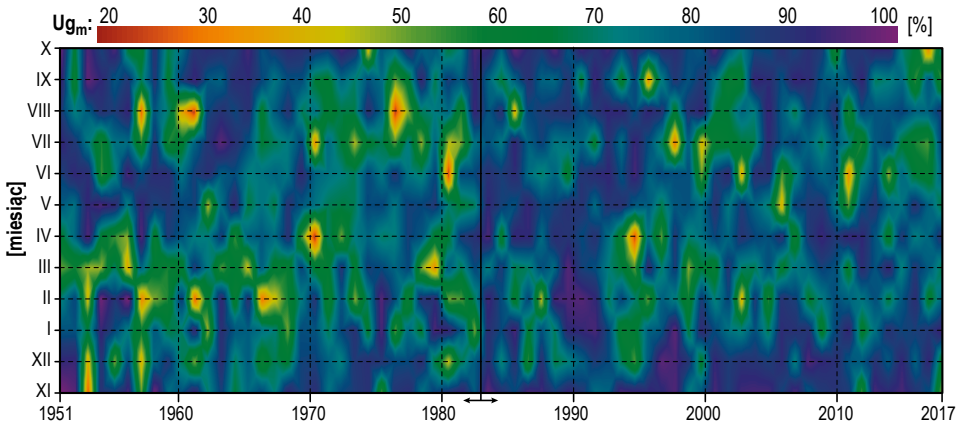
Średni odpływ podziemny w podokresie 1951–1982 wynosił  $6,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i był nieco mniejszy od uzyskanego dla drugiego podokresu ( $6,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Sezonowe i wieloletnie zróżnicowanie tego odpływu ilustruje rysunek 5.21. W drugim podokresie wyraźnie wzrosły odpływy podziemne, zwłaszcza niskie, i to zarówno w półroczu chłodnym, jak i ciepłym, w konsekwencji czego zwiększyła się stabilność odpływu podziemnego. Warto jednak dostrzec, że w ostatnich latach letnio-jesienne minima zasilania podziemnego stają się coraz mniejsze, a mały odpływ podziemny zaczyna również dominować w półroczu chłodnym. Obraz ten w coraz większym stopniu przypomina sytuację z lat 50. XX wieku.



**Rys. 5.21.** Sezonowe i wieloletnie zmiany średniego miesięcznego natężenia przepływu podziemnego ( $SQg_m$ ) Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017. Pionową linią ciągłą zaznaczono granicę między podokresami 1951–1982 i 1983–2017

**Źródło:** opracowanie własne

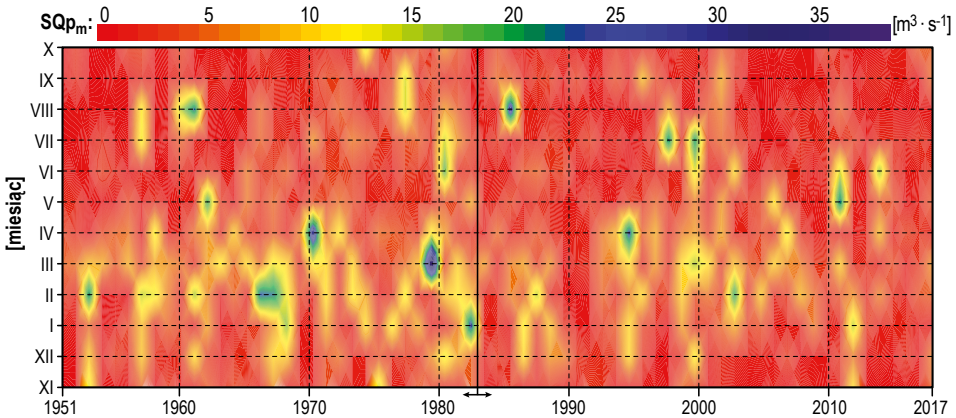
Konsekwencją wzrostu podziemnej składowej odpływu w całkowitym zasilaniu Neru w drugim podokresie, przy jednoczesnym spadku odpływu całkowitego z  $10,28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  do  $9,72 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , był istotny wzrost współczynnika zasilania podziemnego (rys. 5.22). W pierwszym wieloleciu odpływ podziemny stanowił średnio 63% odpływu całkowitego, by w drugim wzrosnąć do 71%. Wzrost zasilania podziemnego najmocniej zaznaczył się w półroczu chłodnym, ale i w miesiącach letnich był on zauważalny. Zjawisko to dotknęło szczególnie pierwszej i ostatniej dekady drugiego podokresu. Zważywszy, że nie ma przesłanek do twierdzenia, iż w zlewni Neru wzrosła w ostatnim podokresie infiltracja efektywna czy też powiększył się drenaż wód podziemnych, należy sądzić, że wzrost współczynnika  $Ug_m$ , jak i samego zasilania podziemnego był skutkiem przyrostu objętości wprowadzanych do rzeki allochtonicznych wód pościekowych z miast aglomeracji łódzkiej, ale jednocześnie zmniejszenia się powierzchniowej składowej odpływu.



**Rys. 5.22.** Sezonowe i wieloletnie zmiany współczynnika zasilania podziemnego ( $U_{g,m}$ ) Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017. Pionową linią ciągłą zaznaczono granicę między wieloletniami 1951–1982 i 1983–2017

**Źródło:** opracowanie własne

Z kolei odpływ powierzchniowy Neru nie jest formą stałą i w całym badanym wieloleciu niemal we wszystkich miesiącach odnotowano jego wartości zerowe. Różnice w dynamice odpływu powierzchniowego i podziemnego dobrze oddają ich roczne współczynniki zmienności. Dla pierwszego średni współczynnik wynosi 42,5%, a dla drugiego – 158%. Największy średni odpływ powierzchniowy wystąpił w 1999 roku ( $7,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), a najmniejszy – w 2012 ( $1,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).



**Rys. 5.23.** Sezonowe i wieloletnie zmiany średniego miesięcznego natężenia przepływu powierzchniowego ( $SQ_{p,m}$ ) Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017. Pionową linią ciągłą zaznaczono granicę między wieloletniami 1951–1982 i 1983–2017

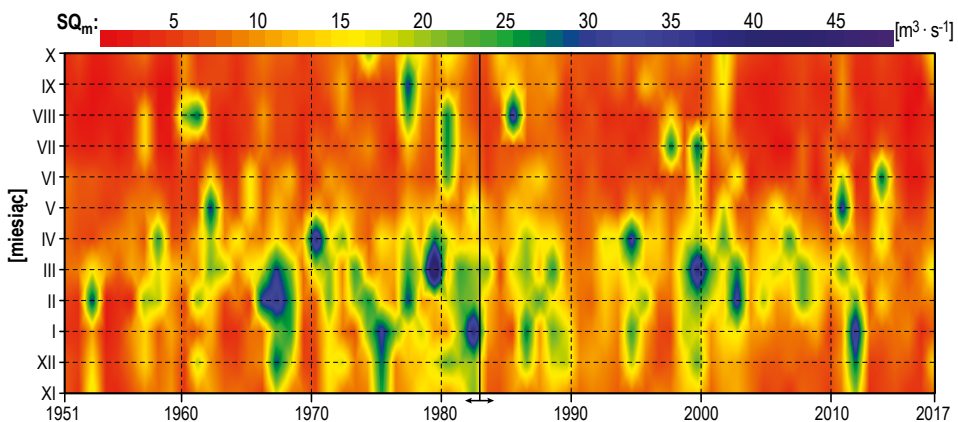
**Źródło:** opracowanie własne



W analizowanych podokresach odpływ powierzchniowy uległ istotnym zmianom. W drugim okresie zmalał on średnio o ponad  $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , czyli prawie o  $1/4$  i wynosił  $2,84 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Szczególnie mocno zmalały odpływy powierzchniowe w półroczu chłodnym, co wskazuje na spadek objętości i wysokości wezbrań roztopowych i mieszanych (rys. 5.23). Jest symptomatyczne, że w pierwszym wieloleciu dwie największe sumy odpływu powierzchniowego wystąpiły w miesiącach półroczna chłodnego ( $75,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – marzec 1979, i  $68,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – luty 1953), zaś w drugim podokresie, w miesiącach półroczna ciepłego ( $64,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – sierpień 1985, i  $62,77 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – maj 2010). Potwierdza to pośrednio wcześniejszą tezę, że wezbrania roztopowe i mieszane w półroczu chłodnym są coraz mniejsze, zaś wzrasta waga opadowych wezbrań półroczna ciepłego.

### 5.3.6. Sezony hydrologiczne i reżim odpływu

Obraz wieloletniej i sezonowej zmienności odpływu całkowitego Neru w Dąbiu w badanym wieloleciu prezentuje rysunek 5.24. Przedstawione i omówione w poprzednim rozdziale prawidłowości zmian wieloletnich i sezonowych są na nim również doskonale uwidocznione. Szczególną uwagę zwraca między innymi spadek znaczenia wezbrań wiosennych i zimowych oraz coraz wcześniejsze i dłuższe okresy niżówkowe.

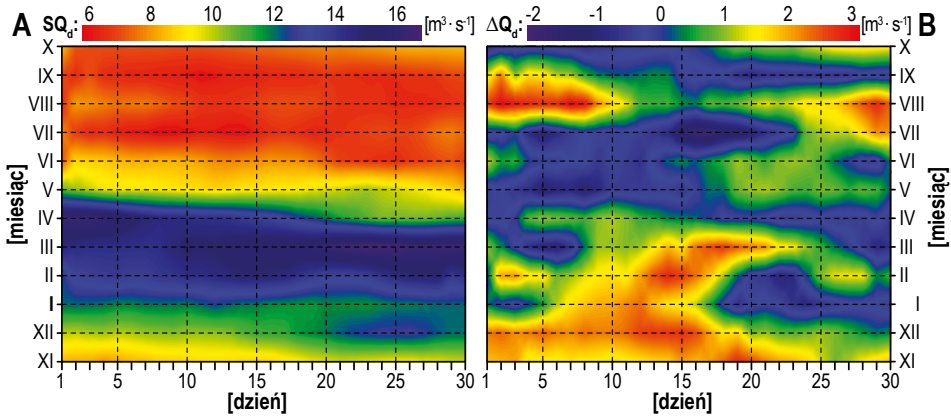


**Rys. 5.24.** Sezonowe i wieloletnie zmiany średniego miesięcznego natężenia przepływu ( $SQ_m$ ) Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017. Pionową linią ciągłą zaznaczono granicę między wieloletniami 1951–1982 i 1983–2017

**Źródło:** opracowanie własne

Kilka symptomów zmian rozmieszczenia odpływu w ciągu roku jest również widoczne na rysunku 5.25: na przykład z diagramu B wynika, że w stosunku do wartości z pierwszego podokresu odpływy dobowe Neru w drugim podokresie wzrosły głównie w miesiącach wiosennych i wczesno-lletnich, zwłaszcza w dwu pierwszych

dekadach tych miesięcy. Istotny wzrost zanotowano również wczesną jesienią oraz w trzeciej dekadzie kwietnia i stycznia. Spadek przepływów dobowych wystąpił natomiast w listopadzie i grudniu oraz w drugich dekadach lutego i marca.



**Rys. 5.25.** Średnie dobowe przepływy Neru w Dąbiu ( $SQ_d$ ) w ciągu przeciętnego roku wielolecia 1951–2017 i różnice między dwoma podokresami ( $\Delta Q_d$ )

**Objaśnienia:** A – średnie dobowe przepływy obliczone dla wielolecia 1951–2017; B – różnice pomiędzy średnimi dobowymi przepływami w obu wieloleciach ( $\Delta Q_d = SQ_{d(1951-1982)} - SQ_{d(1983-2017)}$ ). Wartości dodatnie oznaczają spadek odpływu w wieloleciu 1983–2017; ujemne – jego wzrost w stosunku do wielolecia 1951–1982

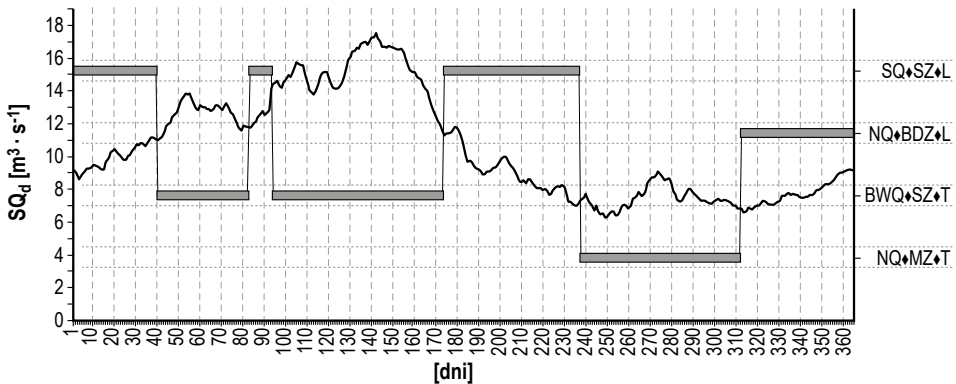
**Źródło:** opracowanie własne

Sezonami hydrologicznymi nazywamy sekwencje dni cechujących się względnym podobieństwem wewnętrznym w odniesieniu do wielkości odpływu i szeroko pojętej jego zmienności w wieloleciu (zmienność i trendy) oraz statystycznie istotnymi różnicami tych cech między wyróżnionymi sezonami (Jokiel, Tomalski 2014). Procedura wyznaczania sezonów hydrologicznych jest dość skomplikowana i bazuje na wielokryterialnej analizie średnich dobowych przepływów, ich zmienności w wieloleciu i delimitacji ewentualnych trendów lub rytmów w ich seriach. Teoretyczna liczba sezonów hydrologicznych wynosi sto czterdzieści siedem, ale w praktyce ich liczba jest ograniczona do kilkudziesięciu, a w poszczególnych rzekach przeważnie do mniej niż dziesięciu. Warto jednak podkreślić, iż niektóre sezony hydrologiczne mogą w danej rzece pojawiać się kilka razy w roku (Jokiel, Tomalski 2018).

W Nerze w przekroju Dąbie na podstawie danych z serii 1951–2002 zidentyfikowano cztery sezony hydrologiczne występujące łącznie siedem razy w ciągu przeciętnego roku (rys. 5.26):

- BWQ♦NZ♦T (bardzo wysokie przepływy, mała zmienność, istotny trend rosnący) – dwa wystąpienia w roku (czterdziesty pierwszy–osiemdziesiąty pierwszy oraz dziewięćdziesiąty drugi–sto siedemdziesiąty piąty dzień roku);

- SQ♦SZ♦L (średnie przepływy, średnia zmienność, brak trendu i rytmu) – trzy wystąpienia w roku (pierwszy–czterdziesty, osiemdziesiąty drugi–dziewięćdziesiąty pierwszy i sto siedemdziesiąty szósty–dwieście trzydziesty piąty dzień roku);
- NQ♦BDZ♦L (niskie przepływy, bardzo duża zmienność, brak trendu i rytmu) – jedno wystąpienie (dwieście trzydziesty szósty–trzysta dwunasty dzień roku);
- NQ♦NZ♦T (niskie przepływy, mała zmienność, istotny trend malejący) – jedno wystąpienie (trzysta trzynasty–trzysta sześćdziesiąty piąty dzień roku).



**Rys. 5.26.** Średni hydrogram przepływu i sezony hydrologiczne w Nerze w przekroju Dąbie

**Objaśnienia:** SQ<sub>d</sub> – średni przepływ dobowy z wielolecia 1951–2002; SQ♦SZ♦L – przepływy średnie, średnia zmienność, losowość; BWQ♦SZ♦T – bardzo wysokie przepływy, średnia zmienność, trend; NQ♦BDZ♦L – niskie przepływy, bardzo duża zmienność, losowość; NQ♦MZ♦T – niskie przepływy, mała zmienność, trend

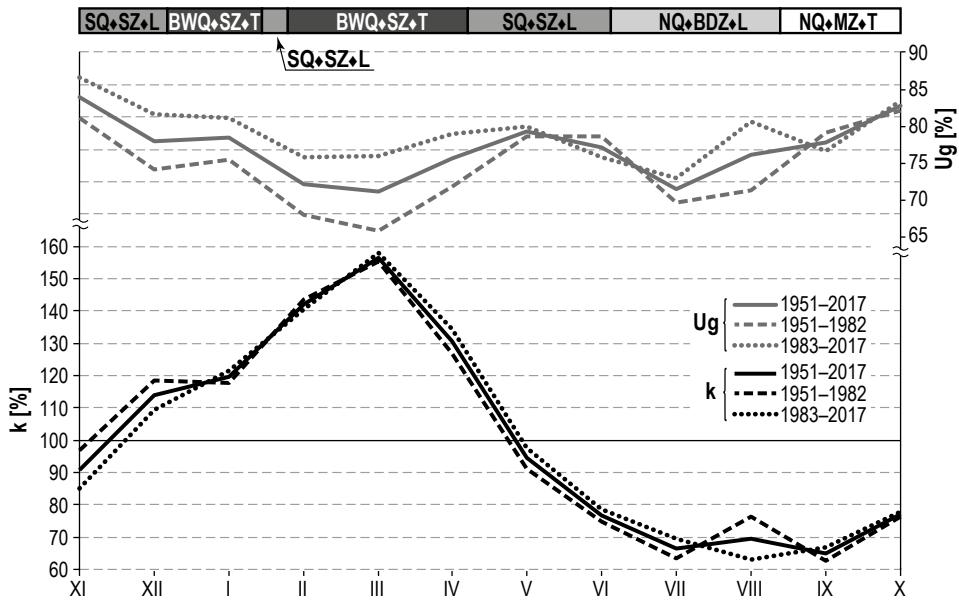
**Źródło:** Jokiel, Tomalski (2015)

W relacji do innych rzek regionu środkowej Polski liczba sezonów hydrologicznych w Nerze należy do najmniejszych. Relatywnie mała jest również liczba ich wystąpień (siedem), która w innych rzekach regionu przekracza zwykle dziesięć (Jokiel, Tomalski 2015). Natomiast wskazane wyżej trendy w dwu sezonach hydrologicznych, a zwłaszcza trend rosnący w miesiącach półroczna chłodnego, można również dostrzec na rysunku 5.25B.

Biorąc pod uwagę dotychczasowe typologie reżimów rzek Polski, reżim Neru w Dąbiu należy zakwalifikować do śnieżnego średnio wykształconego – typ 2 (Wrzesiński 2017). Średni przepływ wieloletni w marcu wynosi bowiem 15,64 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup> i stanowi 156% średniej rocznej (różnica w obu podokresach jest niewielka). Także w innych miesiącach, poza listopadem, grudniem i sierpniem, w których zanotowano niewielki spadek wartości „k” w drugim podokresie, różnice między podokresami można uznać za zaniedbywalnie małe.

W przypadku współczynnika zasilania podziemnego Ug różnice między podokresami, jak i skutki zmian antropogenicznych są dużo wyraźniejsze. Po pierwsze, nie można uznać Neru za rzekę o przeciętnym zasilaniu podziemnym i współczynnikiem

zasilania podziemnego z przedziału 40–60% (Wrześciński 2017). Z przeprowadzonych w poprzednim rozdziale analiz tej formy odptywu wynika bowiem, że udział odptywu podziemnego jest znacznie większy i wynosi średnio 67%, przy czym wartość ta wzrosła z 63% (1951–1982) do 71% w kolejnym wieloleciu. Uwzględniając jednak fakt, że metody wyznaczania podziemnej składowej odptywu nie pozwalają na rozdzielenie faktycznego drenażu wód podziemnych od zasilania rzeki stabilnym w czasie dopływem wód allochtonicznych (pościekowych), należy przyjąć, że faktyczne zasilanie podziemne Neru jest znacznie mniejsze od uzyskanego metodami hydrologicznymi, przy czym różnica ta zmienia się wprost proporcjonalnie do zużycia wody w gospodarce i wielkości zrzutu wód allochtonicznych (por. rozdz. 7.3).



**Rys. 5.27.** Podstawowe cechy reżimu odptywu Neru w przekroju Dąbie w wieloleciu 1951–2017 i w analizowanych podokresach

**Objaśnienia:** k – średnie miesięczne współczynniki przepływu; Ug – średnie miesięczne współczynniki zasilania podziemnego; zaznaczono wyróżnione sezony hydrologiczne (por. rys. 5.26)

**Źródło:** opracowanie własne

Zatem oceny zasilania podziemnego można dokonać wyłącznie po uwzględnieniu składowej antropogenicznej. Należy też koniecznie zauważyć, że wzrost *quasi*-podziemnego zasilania Neru dotyczy większości miesięcy, oprócz maja i czerwca oraz września i października, a więc okresów, w których znacząca część zasobów wodnych systemu Neru użytkowana była i jest nadal do prowadzenia nawodnień w dolinie środkowego biegu rzeki (maj, czerwiec) oraz uzupełniania retencji stawowej i poprawy uwilgotnienia mokradeł nadrzecznych w biegu dolnym (obszary Natura 2000; wrzesień, październik) (rys. 5.27).



## **Termika wody i zjawiska lodowe w Nerze**

### **6.1. Sezonowe i wieloletnie zmiany temperatury wody**

Chwilowe zasoby energii cieplnej rzeki w danym przekroju poprzecznym są funkcją ciepła właściwego oraz masy i temperatury wody, która w danym momencie przez niego przepływa. Zatem informacja o temperaturze pozwala wnioskować o aktualnym stanie cieplnym rzeki, a przez to o wielu innych właściwościach płynącej w niej wody, w tym o parametrach fizykochemicznych, biologicznych i ekologicznych. Pomiar temperatury jest nie tylko standardowym elementem jakościowego monitoringu wód rzecznych, ale może być również wykorzystywany do oceny skali i kierunków zmian klimatycznych, a także wpływu antropopresji na środowisko. Zagadnienie reprezentatywności wykonywanych i publikowanych przez IMGW-PIB wyników pomiarów temperatury wody rzek Polski jest jednak bardzo złożone i cały czas otwarte. Problemem jest bowiem nie tylko niewielka liczba przekrojów pomiarowych i mała częstość pomiarów (jeden raz na dobę), ale również niezbyt szczęśliwie dobrany termin ich wykonywania (poranek – pora występowania minimum temperatury powietrza) i bardzo częsta niejednorodność genetyczna serii pomiarowych (fot. 6.1). Stwarza to oczywiście trudności przy ocenie średniej dobowej temperatury wody oraz w analizach jej zmian i zmienności (Jurak, Głowacka 2004). Jeśli dodamy do tego cały kompleks zagadnień związanych z podłużnym i poprzecznym zróżnicowaniem temperatury wody w rzece i procesów, które je determinują, to zakres informacji pozyskiwany na drodze analizy takich pomiarów należy uznać za podstawowy, choć bardzo często tylko orientacyjny.

Temperatura wody w korycie rzeczonym zmienia się w wyniku szeregu bardzo złożonych procesów i zjawisk: zasilania wodami powierzchniowymi (dopływy) i podziemnymi (drenaż linijny i punktowy), absorpcji różnych form

promieniowania słonecznego, ewaporacji, wymiany ciepła z atmosferą i łóżyskiem rzeki, a także tarcia. Temperatura ta zależy również od mineralizacji i barwy wody (albedo), a także od wielu innych, często lokalnych czynników środowiskowych (Gołek 1961; Ciupa 2006). W tym kontekście wpływ na jej zmiany krótkookresowe, długookresowe i przestrzenne ma kompleks warunków i zmiennych środowiskowych, od regionalnych po lokalne, z których za najważniejsze uważa się czynniki klimatyczne i oddziaływania związane z szeroko pojętą antropopresją.



**Fot. 6.1.** Stosunkowo ciepłe i intensywnie parujące wody w korycie dolnego Neru w zimowy poranek

**Źródło:** M. Gwizdek

Średnia temperatura wody małych rzek i górnych odcinków dużych jest bliska średniej rocznej temperaturze powietrza na obszarze ich zlewni i podobnie jak ona zmienia się sezonowo. Temperatura wody rzek dużych jest w ich środkowych i dolnych biegach zwykle nieco wyższa (o 1–2°C) od temperatury powietrza, a różnica ta występuje najczęściej na skutek dużej wymiany cieplnej z atmosferą (rozległa powierzchnia lustra wody) oraz antropopresji, w tym zrzutów wód zużytych, np. z oczyszczalni, systemów nawadniających, stawów hodowlanych itd. Szacuje się, że czynniki antropogeniczne mogą dodatkowo zwiększać średnią roczną i sezonowe temperatury wody w korytach rzek nawet o 5°C (Graf 2015, 2019; Łaszewski 2018). Sezonowe zmiany temperatury wód rzecznych są wyraźnie mniejsze od podobnych zmian temperatury powietrza, przy czym zjawisko to dotyczy zarówno tempera-

tur niskich (zimą), jak i wysokich (latem). Jest to między innymi skutkiem dużej pojemności cieplnej wody oraz efektem jej zamarzania w temperaturze bliskiej 0°C. Relatywnie niskie czy też skrajnie wysokie temperatury wody rzecznej wpływają zwykle negatywnie na stan ekologiczny rzek, bioróżnorodność ich środowisk wodnych, a także przydatność wód rzecznych dla gospodarki wodnej. Ocieplenie wód rzecznych zimą wywołuje między innymi zanik lub zmianę charakteru zjawisk lodowych, a latem, w szczególności w rzekach nizinnych, częstym skutkiem jest intensywne zarastanie koryt i w konsekwencji podtopienia teras zalewowych.

W ostatnim półwieczu średnia temperatura rzek europejskich wzrosła o wartość podobną do notowanej w odniesieniu do średniego wzrostu temperatury powietrza: 1–1,5°C (EEA 2012). Trend wzrostowy jest wyraźny i dość systematyczny, choć niektórzy autorzy wskazują również na istotny wpływ różnego rodzaju oscylacji cyrkulacji atmosferycznej nad Europą (np. NAO, AO i innych), które wywołują dodatkowe fluktuacje kierunku i skali zmian temperatury wód rzecznych, między innymi w Polsce (Graf, Wrzesiński 2019). Uwarunkowany ociepleniem klimatu Polski wzrost temperatury wody w rzekach naszego kraju, zwłaszcza nizinnych, jest już dobrze udokumentowanym faktem, choć równie znaczące wydają się również lokalne jej wzrosty wywołane presją człowieka, a w szczególności wpływem szeroko pojmowanej gospodarki wodnej (Marszelewski 2010; Łaszewski 2014; Graf 2015, 2019; Marszelewski, Pius 2016; Pawłowski 2017; Ptak, Nowak 2017).

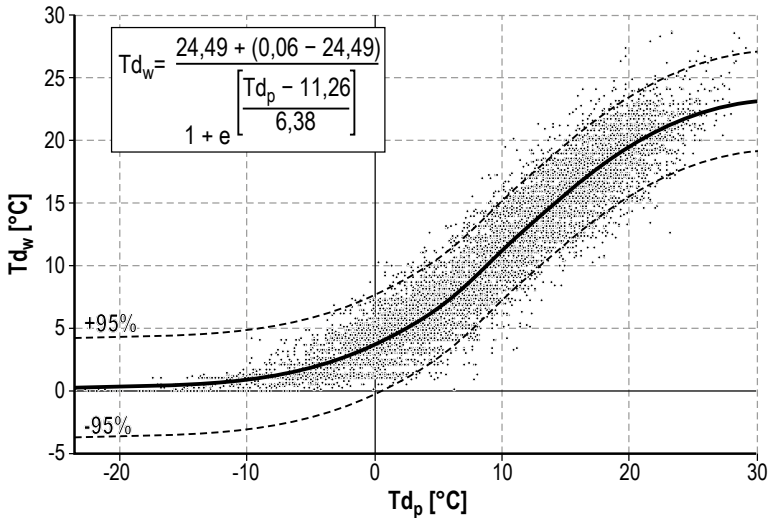
W przypadku Neru na wzrost temperatury wody w ostatnim wieloleciu mogły wpłynąć zarówno czynniki klimatyczne, jak i antropogeniczne. W zlewni tej udokumentowano bowiem istotne ocieplenie klimatu wyrażające się między innymi wzrostem średniej rocznej temperatury powietrza i temperatury półrocznej chłodnego (por. rozdz. 4.1). W zlewni oraz w samej rzece wystąpił również wzrost ilości wody i zmiana jej cech fizykochemicznych, spowodowane przede wszystkim międzyzlewniowym przerzutem wód powierzchniowych (z Pilicy) i dopływem wód podziemnych ze strefy retencji biernej (Mosiej i in. 2007b). Czynnikiem dodatkowym jest oczywiście fakt, że wody allochtoniczne wprowadzane są do rzek systemu Neru jako wody zużyte przez przemysł i gospodarkę komunalną, a zatem ich stan termiczny zależy od sposobu użytkowania i formy odprowadzenia. Warto przy tym podkreślić, że wody zużyte przez przemysł są zwykle znacznie cieplejsze, a wody komunalne tylko nieco cieplejsze od drenowanych przez koryto.

Najpełniejszy jak dotąd obraz wieloletnich fluktuacji i zmian temperatury wody Neru przedstawił niedawno Mariusz Ptak (2017). Przedmiotem badań była jedyna wiarygodna seria temperatury wód Neru z przekroju w Dąbiu obejmująca wielolecie 1965–2014. W opracowaniu tym wskazano między innymi, że w badanym okresie temperatura wody Neru wzrastała średnio w tempie 0,24°C na dekadę, czyli od połowy lat 60. jej wzrost wyniósł około 1,2°C. Autor udokumentował również, że najbardziej ociepliły się wody Neru płynące w lipcu, kwietniu oraz w dwu miesiącach zimowych (grudzień, styczeń) o około 1,7°C. Zasugerował też (analizując korelację temperatur wód Neru z temperaturą powietrza w Kole), że około 25% zmienności w obu szeregach może być spowodowane wpływem tego samego



czynnika – zmianami klimatycznymi. Jednocześnie pozostała część tendencji wzrostowej temperatury Neru wynika zapewne z oddziaływania antropopresji (zrzuty wód zużytych). Wnioski z tych analiz, choć interesujące, zrodziły jednak szereg pytań i wątpliwości oraz zachęciły autorów do reanalizy wskazanej wyżej serii.

Seria temperatury wody z Dąbia nad Nerem znajdująca się w bazie IMGW-PIB obejmuje wielolecie 1965–2014. Jest to, niestety, seria niepełna, brakuje bowiem danych z sierpnia i września 1980 roku. Na potrzeby poniższej analizy wartości w tych miesiącach uzupełniono na podstawie ustalonego równania związku między dobowymi temperaturami powietrza w Kole ( $Td_p$ ) i wody Neru ( $Td_w$ ). By ograniczyć błędy szacunku, które mogły wyniknąć z trendu obecnego w serii, wykorzystano tylko temperatury dobowe pochodzące z dwu lat wcześniejszych (1978–1979) i dwu późniejszych (1981–1982). Uzyskane równanie korelacji ma postać:  $Td_w = 0,635 \cdot Td_p + 6,57$ . Współczynnik  $R^2$  dla tej formuły wynosi 0,8 i jest ona istotna na poziomie 1% (test Manna-Kendalla). Na podstawie tego równania uzupełniono serię temperatur dobowych i jej pochodne (średnie miesięczne i roczne).



**Rys. 6.1.** Zależność pomiędzy temperaturą wody Neru ( $Td_w$ ) i średnią dobową temperaturą powietrza w Kole ( $Td_p$ ) w latach 1965–2014

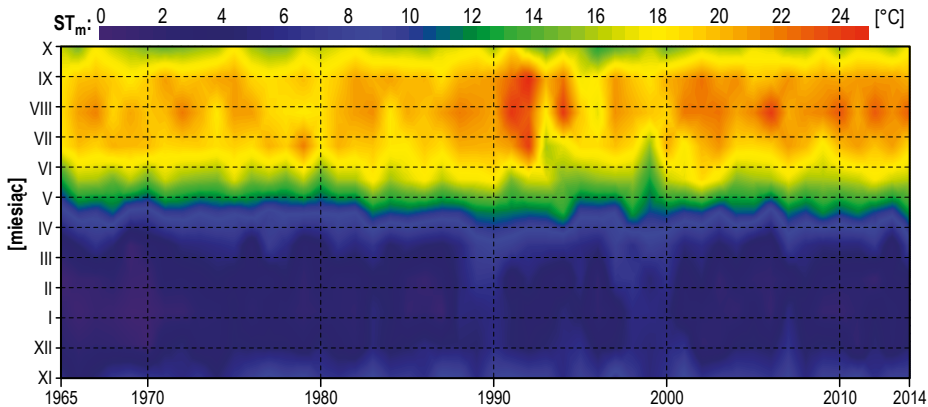
**Objaśnienia:** zależność wyrównano za pomocą czteroparametrowej funkcji wzrostu logistycznego (tzw. S-krzywa) – linia ciągła; linie przerywane wyznaczają 95% przedział zmienności wartości oczekiwanej; e – podstawa logarytmu naturalnego

**Źródło:** opracowanie własne

Ustalono również równanie związku dobowych temperatur powietrza i wody dla całego analizowanego wielolecia (rys. 6.1). Formuła ma charakter czteroparametrowej funkcji logistycznej (S-krzywa), a podobne równania uzyskali dla kilku nizinnych rzek Polski inni autorzy (Łaszewski 2014, 2018; Graf 2015, 2019). Postać tzw. S-krzywej

znakomicie oddaje charakter występującego powiązania, a dotyczy to szczególnie zakresów niskich i wysokich temperatur powietrza i wody, bowiem krzywa dobrze odzwierciedla asymptotyczny spadek temperatury wody w kierunku punktu zamarzania, a także dużą pojemność cieplną oraz związaną z tym bezwładność termiczną wody w relacji do powietrza. O dużej bezwładności termicznej wód Neru świadczą też współczynniki autokorelacji ( $R_a$ ) obliczone dla dobowych serii temperatur. Dla przesunięć od jednego do dziesięciu dni są one wyższe od 0,90 i dopiero przy przesunięciach powyżej pięćdziesięciu dni maleją do wartości mniejszych od 0,60.

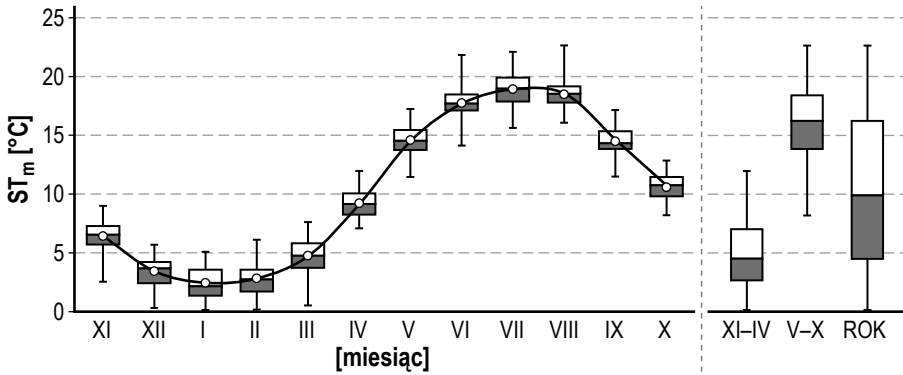
Średnia roczna temperatura wód rzeki winna być nieco wyższa od średniej temperatury powietrza w jej zlewni. Dla części Polski odwadnianej przez Ner średnia ta (nazwijmy ją strefową) powinna się zatem mieścić w przedziale 9–10°C. W niektórych analizach zlewnię dolnego Neru zalicza się przy tym do dziedziny rzek o najwyższych temperaturach wody w Polsce;  $SST_w > 10^\circ\text{C}$  (Graf, Wrześniński 2019). Z przeprowadzonej analizy serii z Dąbia wynika, że średnia roczna temperatura rzeczywiście była tu w badanym wieloleciu wyższa od 10°C i wynosiła 10,3°C przy zmienności w przedziale od 0,1°C do 22,6°C. Jednak tak wysokiej temperatury średniej i maksymalnej nie należy wiązać wyłącznie z położeniem zlewni w dziedzinie rzek ciepłych i ociepleniem klimatu. Istotną rolę odgrywała również szeroko pojęta antropopresja. Dowody na to postaramy się przedstawić niżej.



**Rys. 6.2.** Sezonowe i wieloletnie zmiany średniej miesięcznej temperatury wody Neru w Dąbiu ( $ST_m$ ) w wieloleciu 1965–2014

**Źródło:** opracowanie własne

Sezonową i wieloletnią dynamikę średnich miesięcznych temperatur wody Neru w Dąbiu prezentuje rysunek 6.2. Charakteryzowały się one stosunkowo niewielką zmiennością w wieloleciu – jej współczynnik wynosi tylko 19,4%. Najcieplejsze wody płynęły Nerem w trzech miesiącach letnich ( $ST_m$  zwykle powyżej 15°C), a najchłodniejsze – w styczniu i lutym ( $ST_m$  poniżej 4°C). Z kolei największym zróżnicowaniem temperatury w wieloleciu cechowały się czerwiec, marzec i listopad, a najmniejszym: styczeń, kwiecień i październik (rys. 6.3).

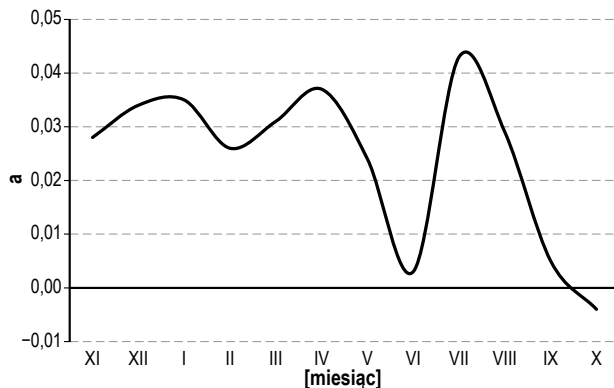


**Rys. 6.3.** Zróżnicowanie średnich miesięcznych, półrocznych i rocznej temperatury wody Neru (Dąbie) w wieloleciu 1965–2014

**Objaśnienia:**  $ST_m$  – średnie miesięczne temperatury wody; 1 – maksimum w zbiorze postępow; 2 – kwartył trzeci; 3 – średnia arytmetyczna; 4 – mediana; 5 – kwartył pierwszy; 6 – minimum w zbiorze postępow

**Źródło:** opracowanie własne

Spśród dwunastu miesięcy istotny trend rosnący ( $\alpha = 1\%$ ; test Manna-Kendalla) wystąpił w ośmiu przypadkach, a w pozostałych (luty, czerwiec, wrzesień, październik) go nie wykryto. Najszybszy przyrost temperatury cechował lipiec ( $0,4^\circ\text{C}$  na dekadę) oraz kwiecień i styczeń (odpowiednio:  $0,37^\circ\text{C}$  i  $0,35^\circ\text{C}$  na dekadę). Uzyskane wartości korespondują z wynikami zaprezentowanymi w przywołanym wyżej opracowaniu (Ptak 2017). Zasadne wydaje się natomiast postawienie pytania, dlaczego w lutym i czerwcu oraz w dwu miesiącach jesiennych temperatura wody w Nerze nie wzrastała (rys. 6.4). Odpowiedź autorów może być w tym względzie jedynie żartobliwa: potęga statystyki.

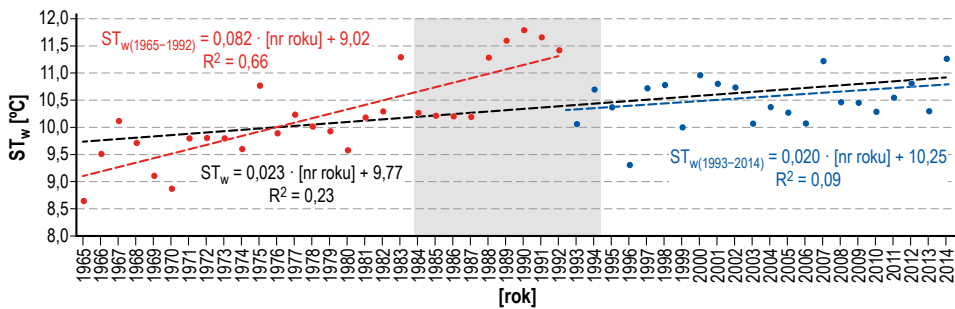


**Rys. 6.4.** Współczynniki kierunkowe trendów liniowych (a) zmian średniej temperatury miesięcznej wody w Nerze w wieloleciu 1965–2014

**Źródło:** opracowanie własne

Średnia roczna temperatura wody Neru w ciągu badanego wielolecia niewątpliwie rosła, choć wzrost ten nie był równomierny. Mniej więcej w połowie okresu (dekada 1984–1994) zaznaczyły się bowiem dość wyraźne zmiany skokowe (rys. 6.5): po mocno zaznaczonym spadku temperatury w latach 1984–1988 nastąpił jej szybki wzrost (lata 1988–1992), a potem ponowny spadek, aż do lokalnego minimum w 1996 roku. Lokalne tendencje dobrze oddają uzyskane linie trendów. Do 1992 roku trend rosnący jest statystycznie istotny, a wzrost temperatury przekracza  $0,8^{\circ}\text{C}$  na dekadę, natomiast w latach 1993–2014 jest na granicy istotności i wskazuje na przyrost zaledwie o  $0,2^{\circ}\text{C}$  na dekadę. Jeśli obliczymy tendencję dla całego wielolecia, trend rosnący będzie istotny, choć słaby. Średni wzrost temperatury osiągnie bowiem, wskazaną wcześniej, wartość  $0,23^{\circ}\text{C}$  na dekadę (Ptak 2017).

W sąsiedniej Prośnie (przekrój Bogusław) średnia temperatura wody uzyskana dla tego samego wielolecia wynosiła  $10,1^{\circ}\text{C}$  i również rosła w tym samym wieloleciu, choć w nieco szybszym tempie  $0,27^{\circ}\text{C}$  na dekadę (Ptak, Nowak 2017). Największy wzrost temperatury wody odnotowano w tej rzece w kwietniu ( $0,46^{\circ}\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$ ) i lipcu ( $0,45^{\circ}\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$ ), a najmniejszy w grudniu i lutym ( $0,15^{\circ}\text{C} \cdot \text{dek}^{-1}$ ). Autorzy analizy wskazują jednak, że największy wzrost temperatury zaznaczył się w dwu ostatnich dekadach wielolecia 1965–2014.



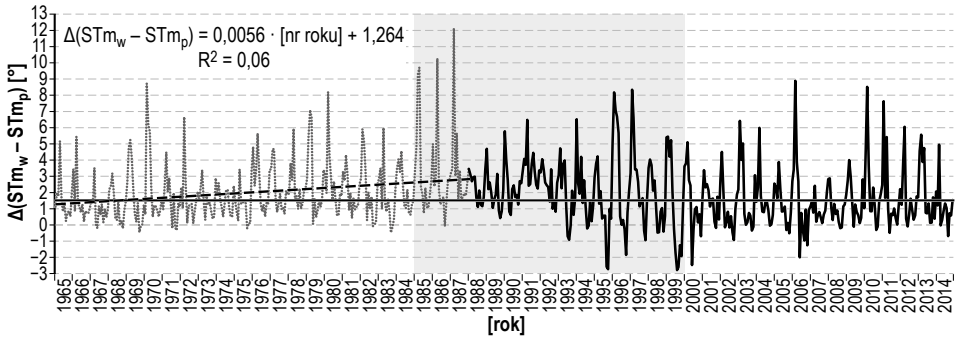
**Rys. 6.5.** Trendy liniowe średniej rocznej temperatury wody Neru ( $ST_w$ ) w latach 1965–2014

**Objaśnienia:** linia czerwona – trend w latach 1965–1992; linia niebieska – trend w latach 1993–2014; linia czarna – trend w całym wieloleciu; podano równania trendów i współczynniki determinacji

**Źródło:** opracowanie własne

W przypadku Neru było inaczej. Pierwsze dwadzieścia pięć lat to szybki wzrost średniej temperatury wody ( $0,8^{\circ}\text{C}$  na dekadę), a w ostatnich dziesięcioleciach nastąpiła jej stabilizacja, z niewielkim, choć istotnym trendem rosnącym (rys. 6.5). Zatem obserwowany wzrost temperatury wody Neru był nie tylko spowodowany ociepleniem uwarunkowanym, jak w przypadku innych rzek, wielkoskalowym czynnikiem klimatycznym. Na ten trwały w czasie, ale stosunkowo niewielki trend rosnący nałożył się, szczególnie mocno zaznaczony w początkowym dwudziestolecu, dodatkowy trend rosnący wywołany zwiększającym się zrzutem stosunkowo ciepłych i stabilnych termicznie ścieków komunalnych i przemysłowych z Łodzi

i miast sąsiednich (por. rozdz. 7.1). Trend ten jednak wygasł wraz z gwałtownym zmniejszeniem się tych zrzutów w okresie upadku łódzkiego przemysłu, który nastąpił w końcu lat 80. XX wieku.



**Rys. 6.6.** Dynamika różnic średnich miesięcznych temperatur wody Neru (Dąbie) i powietrza (Koło) w latach 1965–2014

**Objaśnienia:**  $\Delta(STm_w - STm_p)$  – różnica średnich miesięcznych temperatur wody i powietrza; zaznaczono okres szczególnie intensywnych zmian temperatury wody Neru

**Źródło:** opracowanie własne

Do ciekawych wniosków prowadzi również analiza wieloletnich zmian różnic między miesięcznymi temperaturami wody Neru i powietrza na stacji w Kole (rys. 6.6). W ogólności różnice te zmieniają się w rytmie rocznym. Najmniejsze są zwykle latem, a największe – zimą. Od maja do sierpnia średnia temperatura wody Neru bywała jednak niższa od średniej temperatury powietrza w danym miesiącu. Najwięcej takich przypadków zanotowano w lipcu i sierpniu oraz w drugiej połowie lat 90. XX wieku. Różnice przekraczały niekiedy  $2^{\circ}\text{C}$  (1995 i 1999). Średnia różnica obu temperatur wyniosła w badanym wieloleciu  $1,9^{\circ}\text{C}$ , przy czym w okresie 1965–1988 jej wartość systematycznie wzrastała, osiągając szczególnie wysoki poziom w miesiącach zimowych lat 1985–1987. Maksimum absolutne przekraczające  $12^{\circ}\text{C}$  odnotowano w styczniu 1987 roku. Warto też dodać, że wyznaczona dla pierwszych dwóch dekad funkcja trendu „przecina” średnią w 1973 roku, czyli w momencie oddania do użytku Zbiornika Sulejowskiego i następującego rok później znacznego przyrostu wód zużywanych w Łodzi (por. rozdz. 7.1). Wspomniany wcześniej efekt upadku łódzkiego przemysłu jest tu również doskonale widoczny: przejawia się on najpierw stabilizacją, potem znacznym spadkiem wartości  $\Delta(STm_w - STm_p)$  i wzrostem jej dynamiki w poszczególnych latach, a później ponowną stabilizacją zmian i powrotem do *quasi-naturalnego* przebiegu. W konsekwencji obserwowana w ostatniej dekadzie wielolecia duża zmienność różnic temperatur miesięcznych, i to zarówno w aspekcie średniej, jak i zmienności, przypomina już dynamikę notowaną w pierwszej dekadzie analizowanej serii.

## 6.2. Reżim lodowy i jego zmiany w wieloleciu

W warunkach klimatycznych Polski różne formy lodu w rzece były do niedawna zjawiskiem powszechnym, choć okresowym i z różną intensywnością, trwałością i formami występowały corocznie w większości rzek. Były one też uznawane za jedną z typowych właściwości reżimu naszych rzek wskazującą na istotny wpływ kontynentalnych cech klimatu w zimie. Zjawiska lodowe w rzekach Polski przybierały różne formy: wśród najczęściej dostrzeganych i badanych należy wymienić: śryż, lód brzegowy, pokrywę lodową, krę oraz występujące niekiedy zatory śryżowe i lodowe (fot. 6.2 i 6.3). Poszczególne zjawiska pojawiały się zwykle w rzekach w formie tzw. cykli lodowych, na początku których występował zwykle lód brzegowy i denny, potem śryż, a czasem zator śryżowy. W następnym etapie formowała się pokrywa lodowa i zjawiska z nią związane, a na końcu cyklu – kra tworząca niekiedy zatory lodowe. Cykl taki mógł być pełny, ale częściej występował w formie niepełnej, przy czym kolejność poszczególnych zjawisk mogła być niekiedy różna. W konsekwencji liczba i charakter cykli lodowych były zróżnicowane w poszczególnych latach i rzekach. Podobnie różne były czasy ich trwania i przerw między nimi, przy czym zależały one od terminów pojawienia się oraz zaniku poszczególnych zjawisk lodowych i pokrywy lodowej (Pawłowski i in. 2017). Dziś wskutek ocieplenia i wzrostu temperatury wód rzecznych zimą zjawiska lodowe w rzekach Polski stają się coraz rzadziej okresowe, a częściej epizodyczne, natomiast pełne cykle lodowe występują już niezbyt często.

Z uwagi na częstość występowania oraz duży wpływ na zmianę parametrów koryta i transformację wymiany ciepła z atmosferą największą rolę w kształtowaniu reżimu lodowego rzeki miała niegdyś, i ma nadal, pokrywa lodowa (Pawłowski 2017). W rzekach nizinnych, a w szczególności na tych ich odcinkach, na których przepływy i spadki wody są małe, pokrywa lodowa tworzy się przez stopniowe narastanie lodu brzegowego. W miejscach lub w rzekach o podwyższonym spadku i prędkości wody powstanie pokrywy lodowej wiąże się zaś zwykle z intensywnym splywem i wiązaniem śryżu lub lodu prądowego. W ogólności jednak czas trwania, terminy początku i końca oraz charakter zjawisk i form lodowych świadczą nadal o srogości lub łagodności polskich zim i mają spory wpływ na gospodarkę wodną oraz sposoby wykorzystania naszych rzek. Są również podstawy do twierdzenia, że mają również wpływ na ich stan ekologiczny i bioróżnorodność.

Mechanizm formowania się zjawisk lodowych na rzekach jest procesem złożonym, kształtowanym przez wiele zmiennych: meteorologicznych, hydrologicznych, hydraulicznych i hydromorfologicznych. Choć czynnikiem decydującym jest zawsze temperatura: powietrza i wody, to przecież istotną rolę odgrywają również opady atmosferyczne (temperatura i forma opadu), parametry koryta (głębokość, szerokość), prędkość przepływu rzeki (wielkość i charakter tarcia), udział podziemnego zasilania oraz szereg innych czynników lokalnych.



**Fot. 6.2.** Lód brzegowy na Czarnej Malenieckiej

**Źródło:** P. Wypych



**Fot. 6.3.** Pokrywa lodowa na Widawce

**Źródło:** P. Wypych



**Fot. 6.4.** Grabia płynąca po pokrywie lodowej

**Źródło:** P. Wypych

W ostatnich latach coraz większą rolę w kształtowaniu reżimu lodowego rzek przypisuje się również antropopresji i to zarówno bezpośredniej, jak i pośredniej. Ta pierwsza wpływa bowiem na zlodzenie rzek nie tylko poprzez bezpośrednie oddziaływanie czynników gospodarczych na temperaturę wody oraz tempo i sposób jej zamarzania (zanieczyszczenie/mineralizacja wody), ale również przez antropogeniczne zmiany morfologii koryt i sposobów ich zasilania. Te ostatnie wywołują między innymi spadek zasilania podziemnego wskutek uszczelnienia i wyprostowania koryt oraz wzrost składowej powierzchniowej w konsekwencji szybkiego dopływu wód z kanalizacji burzowej i systemów odwodnieniowych, przy jednoczesnym ograniczeniu infiltracji. Dużą rolę odgrywa również dopływ wód zużytych, które w zależności od sezonu mogą się termicznie różnić od wód w korycie, np. zimą wody dopływające z oczyszczalni ścieków są relatywnie ciepłe, a pochodzące ze stawów hodowlanych – stosunkowo chłodne. Istotną rolę odgrywa również sztuczne sterowanie stanem wody i przepływem rzeki (Graf 2018). Pośredni wpływ antropopresji wynika zaś głównie z obserwowanego aktualnie antropogenicznego ocieplenia klimatu, zwłaszcza w półroczu chłodnym, którego dodatkową konsekwencją są także przemiany w reżimie opadowym polegające między innymi na spadku udziału opadów stałych, które są w stanie ustabilizować i pogrubić sryż i lód brzegowy.

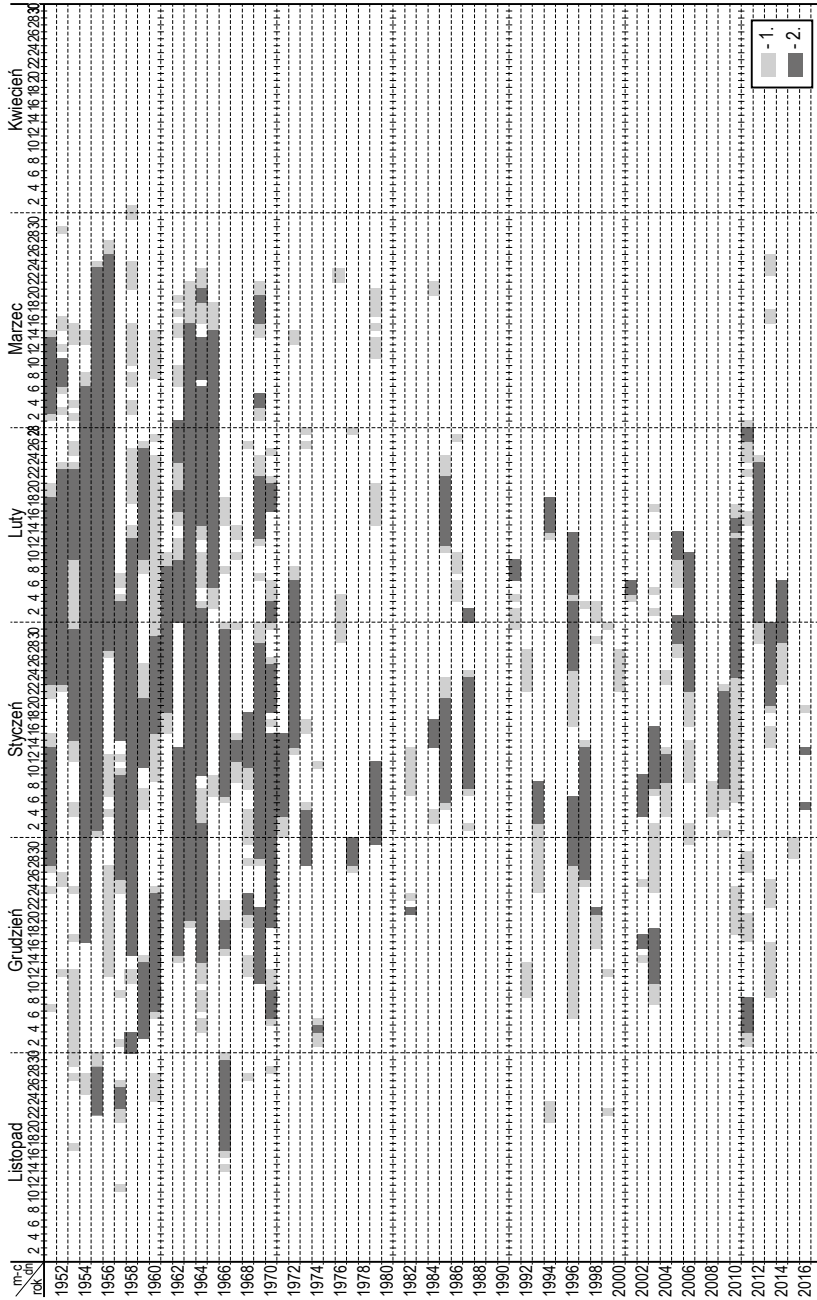
Obserwacje różnego rodzaju zjawisk i form lodowych na Nerze w przekroju Dąbie prowadzono właściwie od momentu powstania w tym miejscu



wodowskazu. Wykonywali je obserwatorzy służby IMGW-PIB, a wcześniej PIHM. W latach 1945–1950, a także w okresie przedwojennym i podczas drugiej wojny światowej obserwacje miały jednak charakter niepełny (nie zawsze notowano rodzaj zjawiska), a zachowane dane zawierają liczne luki. Mimo to seria z okresu 1945–2017 jest niemal pełna, a po niewielkich korektach – również wiarygodna, i może być poddana różnego rodzaju analizom statystycznym. Jediną jej wadą jest to, że dość często ulegał zmianie kształt koryta Neru (regulacje) oraz miejsce prowadzonej obserwacji. W przywołanym okresie standardowo notowano w Dąbiu: rodzaj zjawiska lodowego (sryż, lód brzegowy i prądowy, pokrywą lodową, krę, zatory lodowe), kombinacje tych zjawisk i form, terminy pojawienia się i zaniku pokrywy lodowej i innych form lodowych, a sporadycznie mierzone również grubość lodu. Należy też wspomnieć, że w latach 1951–1965 prowadzono obserwacje zjawisk lodowych na górnym Nerze w przekroju Chocianowice (por. rozdz. 5.1), ale seria ta jest niepełna, krótka i mało wiarygodna.

Uproszczony nieco graf prezentujący terminy pojawiania się i zaniku oraz czasy trwania zjawisk lodowych i pokrywy lodowej na Nerze w Dąbiu prezentuje rysunek 6.7. Analizując ten diagram, łatwo zauważyć kilka najważniejszych cech i przemian reżimu lodowego tej rzeki w badanym wieloleciu. Z przeprowadzonych analiz wynika jasno, że coroczne pojawianie się różnych zjawisk lodowych i pokrywy lodowej skończyło się właściwie w 1972 roku. Towarzyszył temu również zanik pełnych cykli lodowych. Mniej więcej od tego momentu przez następne dwadzieścia lat zjawiska lodowe, a w szczególności pokrywa, pojawiały się już rzadko i nieregularnie – średnio co drugi rok. Po 1990, a zwłaszcza w pierwszej dekadzie XXI wieku częstość występowania różnych form lodu w Nerze ponownie wzrosła i zaczęły się one pojawiać średnio dwa razy na trzy lata. Oczywiście konsekwencją dużych zmian i fluktuacji terminów pojawiania się i zaniku zjawisk oraz pokrywy lodowej jest również duże zróżnicowanie liczby dni ze zjawiskami i pokrywą lodową (rys. 6.7).

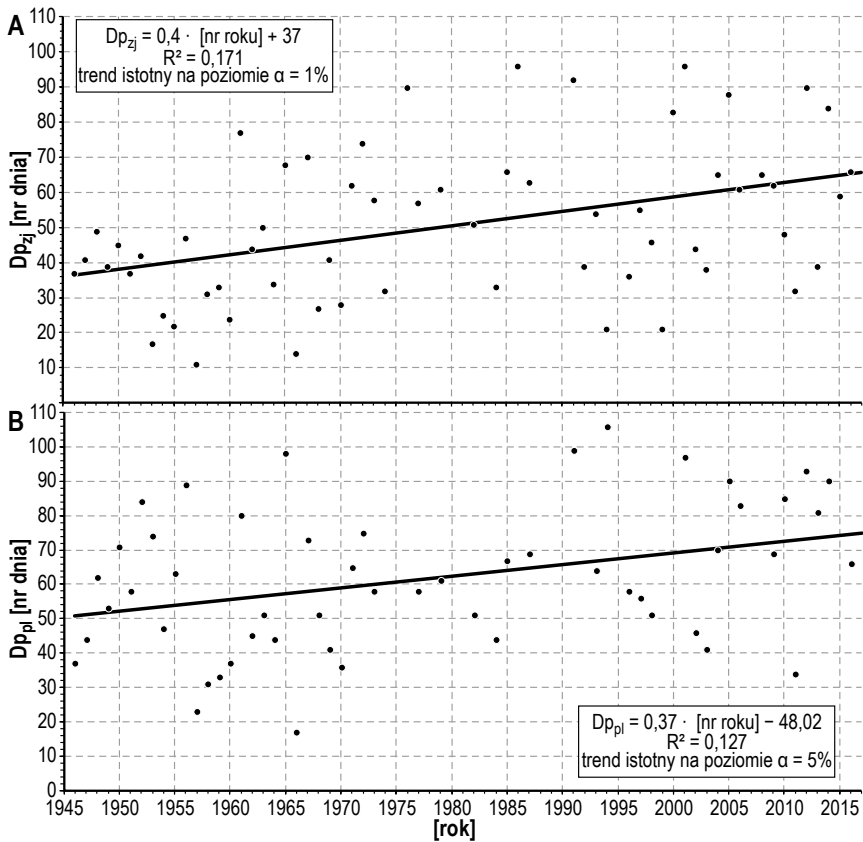
Najwcześniej zjawiska lodowe i pokrywą lodową notowano w latach 1957 i 1965, odpowiednio: 11 listopada (zjawiska) i 23 listopada (pokrywa). Właściwie do końca lat 60. zjawiska i pokrywa lodowa pojawiały się często już w listopadzie albo w pierwszej połowie grudnia. Później termin ten stopniowo przesuwał się w kierunku środka zimy. Najpóźniejsze początki zjawisk i pokrywy lodowej zanotowano odpowiednio: 4 lutego (1986 i 2001) oraz 14 lutego (1994), przy czym obie formy zlodzenia trwały wówczas krótko, bo poniżej dziesięciu dni. Zwraca również uwagę duże zróżnicowanie dat początku zjawisk i pokrywy lodowej w skali wielolecia oraz istotne ( $\alpha = 1\%$  i  $\alpha = 5\%$ ) trendy rosnące, wskazujące na stopniowe przesuwanie się obu dat w kierunku środka zimy (rys. 6.8). Średnie tempa zmian są tutaj podobne i wynoszą odpowiednio cztery i niecałe cztery dni na dekadę.



Rys. 6.7. Graf zlodzenia Neru w przekroju Dąbie w latach 1951–2017

Objaśnienia: 1 – zjawiska lodowe; 2 – pokrywa lodowa

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych archiwalnych IMGW-PIB



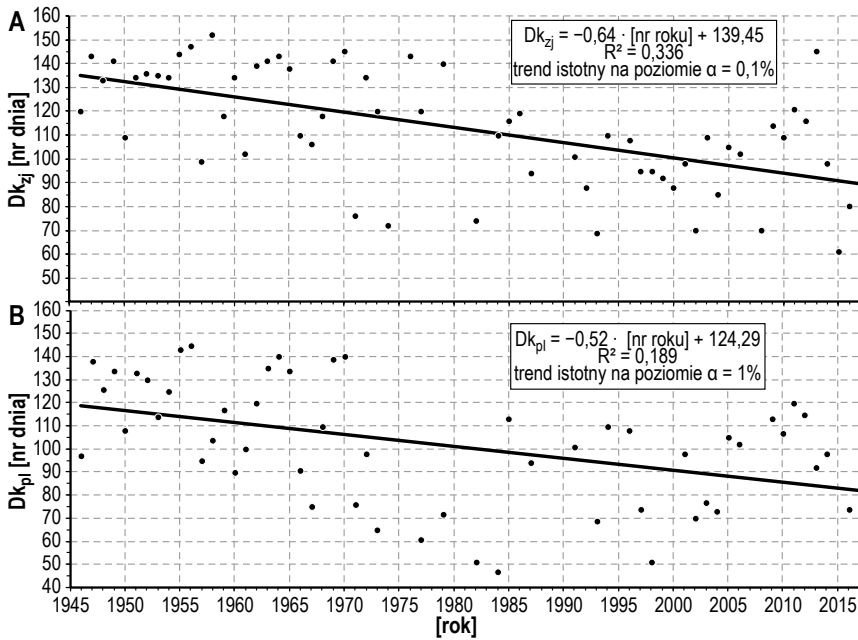
**Rys. 6.8.** Zmiany pojawiania się zjawisk lodowych (A) i pokrywy lodowej (B) w Nerze (Dąbie) w wieloleciu 1946–2017

**Objaśnienia:** A – termin pojawiania się zjawisk lodowych; B – termin pojawienia się pokrywy lodowej;  $Dp_{zj}$  – dzień pojawiania się zjawisk lodowych;  $Dp_{pl}$  – dzień pojawienia się pokrywy lodowej;  $R^2$  – współczynnik determinacji trendu;  $\alpha$  – istotność trendów badano testem Manna-Kendalla

**Źródło:** opracowanie własne

Termin zaniku zjawisk lodowych w Nerze był w tym wieloleciu bardzo zmienny w czasie (rys. 6.9). Najpóźniej zjawiska i pokrywa lodowa zanikały także w latach 1945–1960. Ekstremalne daty to odpowiednio: 1 kwietnia 1958 i 24 marca 1956. Do końca lat 60. XX wieku zjawiska lodowe, a nawet trwały pokrywą lodową notowano często jeszcze w marcu. Natomiast w następnym wieloleciu, mniej więcej do końca lat 90., zjawiska lodowe występowały bardzo rzadko, a jeśli się pojawiały, to zanikały bardzo wcześnie i trwały stosunkowo krótko, np. w 1974 (do 11 stycznia – pięć dni) i w 1993 (do 8 stycznia – szesnaście dni). Podobnie było w przypadku pokrywy lodowej, która w ostatnim trzydziestoleciu pojawiała się rzadko i także na krótko. Zanikała bowiem w grudniu (np. w 1984 roku) lub na początku stycznia. Należy jednak zauważyć, że po 2000 roku terminy zaniku zjawisk i pokrywy lodowej ponownie stały

się nieco późniejsze. Na przykład w 2013 zjawiska lodowe zanikły dopiero w trzeciej dekadzie marca, a w 2011 i 2012 pokrywa lodowa trwała do trzeciej dekady lutego.



**Rys. 6.9.** Zmiany terminu zaniku zjawisk lodowych (A) i pokrywy lodowej (B) w Nerze (Dąbie) w wieloleciu 1946–2017

**Objaśnienia:** A – termin zaniku zjawisk lodowych; B – termin zaniku pokrywy lodowej; Dk<sub>zj</sub> – dzień pojawienia się zjawisk lodowych; Dk<sub>pi</sub> – dzień pojawienia się pokrywy lodowej; R<sup>2</sup> – współczynnik determinacji trendu; α – poziom istotności trendów (test Manna-Kendalla)

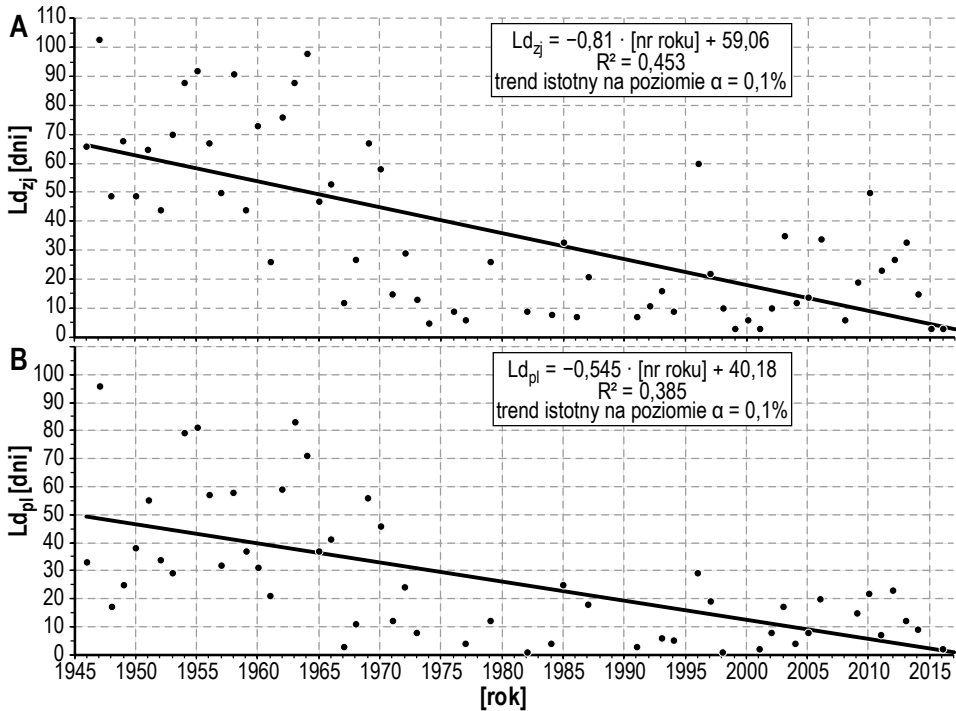
**Źródło:** opracowanie własne

Podobnie jak data pojawiania się zjawisk i pokrywy lodowej, tak również termin ich zaniku był w wieloleciu bardzo zróżnicowany (rys. 6.9). Uzyskane trendy wskazujące na systematyczne przesuwanie się w kierunku środka zimy terminów zaniku zjawisk i pokrywy lodowej są w tym przypadku nawet mocniejsze, a ich istotność statystyczna – lepsza, od uzyskanych dla terminów pojawiania się obu tych zjawisk (por. rys. 6.8). Należy jednak dostrzec, że liniowy charakter funkcji trendu jest tutaj bardzo dyskusyjny, bowiem na początku lat 80. pojawia się w serii swoista nieciągłość; do tego czasu oba terminy zaniku cofały się szybko, by później się ustabilizować i oscylować wokół lokalnej wartości przeciętnej.

Liczba dni, w których notowano różne formy lodu w Nerze, zawierała się w szerokim zakresie, od stu trzech w 1947 roku do pięciu (wielokrotnie). Należy przy tym koniecznie dodać, że w ciągu jedenastu zim nie zanotowano żadnych form lodowych w Nerze (rys. 6.7). Także czas trwania pokrywy lodowej był w wieloleciu zróżnicowany: od dziewięćdziesięciu sześciu dni w 1947 roku do jednego w latach

1982 i 1998. W czasie osiemnastu zim badanego wielolecia pokrywa lodowa w Dąbiu w ogóle nie powstała. Statystycznie istotny trend liniowy wskazuje, że czas trwania zjawisk lodowych w Nerze malał średnio w tempie ośmiu dni na dekadę. Wyraźnie mniejszą wartość dla sąsiedniej Prosnycy w przekroju Bogusław podali Bogumił Nowak i Mariusz Ptak: pięć i sześć dziesiątych dnia na dekadę (2017).

W przypadku Neru wydaje się jednak, że uzyskana liniowa postać trendu nie do końca poprawnie oddaje obserwowane zmiany (rys. 6.10A). Układ punktów wskazuje bowiem na istnienie w szeregu swoistej nieciągłości, dość wyraźnie widocznej na początku lat 80. XX wieku i przejawiającej się zarówno w odniesieniu do średnich lokalnych, jak również dyspersji w szeregu. Do początku lat 80. XX wieku trend spadkowy liczby dni ze zjawiskami lodowymi był wyraźny, a dyspersja – duża. Średnie tempo występującego wtedy spadku przekraczało piętnaście dni na dekadę. Trend ten uległ jednak załamaniu na początku lat 80. i przez następne dekady liczba „dni lodowych” w Nerze oscylowała wokół dwudziestu, a szereg cechował się małym rozrzutem.

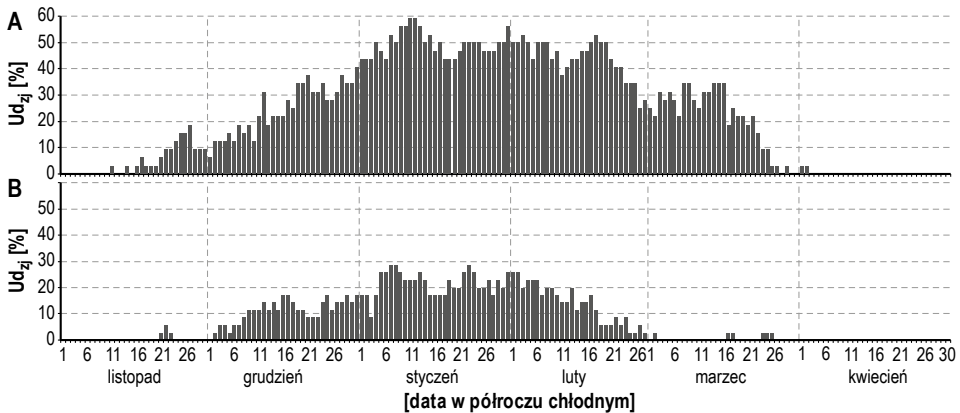


**Rys. 6.10.** Czas trwania zjawisk lodowych (A) i pokrywy lodowej (B) w Nerze w przekroju Dąbie w wieloleciu 1946–2017

**Objaśnienia:** A – czas trwania zjawisk lodowych; B – czas trwania pokrywy lodowej;  $Ld_{zj}$  – liczba dni ze zjawiskami lodowymi;  $Ld_{pl}$  – liczba dni z pokrywą lodową;  $R^2$  – współczynnik determinacji trendu;  $\alpha$  – poziom istotności trendów (test Manna-Kendalla)

**Źródło:** opracowanie własne

Podobne prawidłowości widoczne są w odniesieniu do zmian czasu trwania pokrywy lodowej na Nerze (rys. 6.10B). Trend liniowy w całej serii jest również wyraźny i statystycznie istotny. Zgodnie z nim liczba dni z pokrywą lodową malała średnio w wieloleciu w tempie pięciu dni na dekadę. Jednak i tu zaznaczył się przełomowy początek lat 80., w którym silny trend spadkowy pierwszej połowy wielolecia wygasł, a dyspersja – wyraźnie zmalała. Po tym załamaniu roczna liczba dni z pokrywą lodową zaczęła oscylować wokół dziesięciu, a jej rozrzut wyraźnie się zmniejszył.

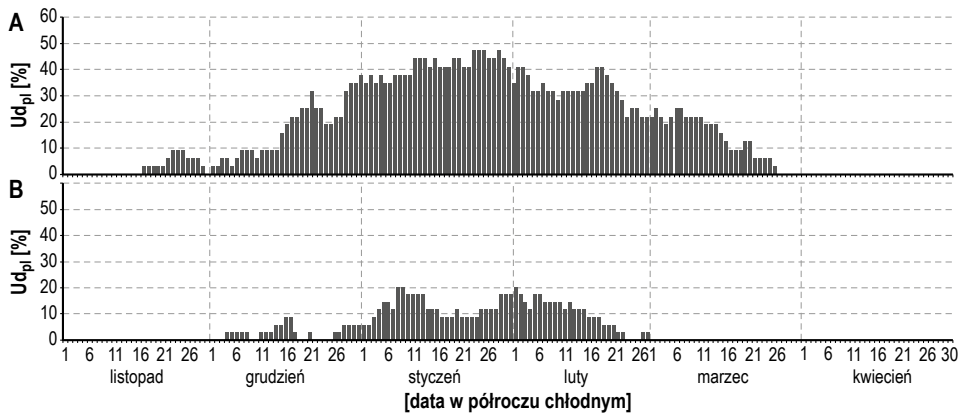


**Rys. 6.11.** Procentowy udział dni ze zjawiskami lodowymi ( $U_{d_{zj}}$ ) w Nerze (Dąbie) w łącznej liczbie jednoimiennych dni półrocza chłodnego w wyróżnionych podokresach

**Objaśnienia:** A – lata 1951–1982; B – lata 1983–2017

**Źródło:** opracowanie własne

Różnice w podstawowych cechach reżimu lodowego Neru we wskazanych wyżej podokresach dobrze ilustrują rysunki 6.11 i 6.12. Pokazują one, w jakim procencie wszystkich dni półrocza chłodnego obu podokresów (trzydziestodwui trzydziestopięcioletniego) zanotowano w Nerze jakąś formę zjawiska lodowego lub pokrywę lodową. W odniesieniu do wszystkich form lodowych zmiany są ogromne. W pierwszym podokresie udział przekraczający 30% miał przedział czasowy rozpoczynający się około 20 grudnia, a kończący 28 lutego, w drugim natomiast żadnego dnia udział ten nie przekroczył tychże 30%. W dniach od początku stycznia do początku lutego, w pierwszym wieloleciu, zjawiska lodowe w Nerze notowano z pięćdziesięcioprocentowym prawdopodobieństwem empirycznym (co drugi rok), a w drugim podokresie w tym samym czasie wynosiło ono 20–30% (średnio co cztery lata). Wydaje się również, że największe zmiany, gdy idzie o częstość występowania zjawisk lodowych, dotknęły marzec. O ile w pierwszym podokresie empiryczne prawdopodobieństwo wystąpienia dnia z lodem na Nerze wynosiło w tym miesiącu 10–30%, to w drugim wieloleciu spadło niemal do zera. Podobne zmiany dotknęły również listopad, przy czym były tu zdecydowanie słabiej zaznaczone.



**Rys. 6.12.** Procentowy udział dni z pokrywą lodową ( $Ud_{pi}$ ) w Nerze (Dąbie) w łącznej liczbie jednoimiennych dni półroczu chłodnego w wyróżnionych podokresach

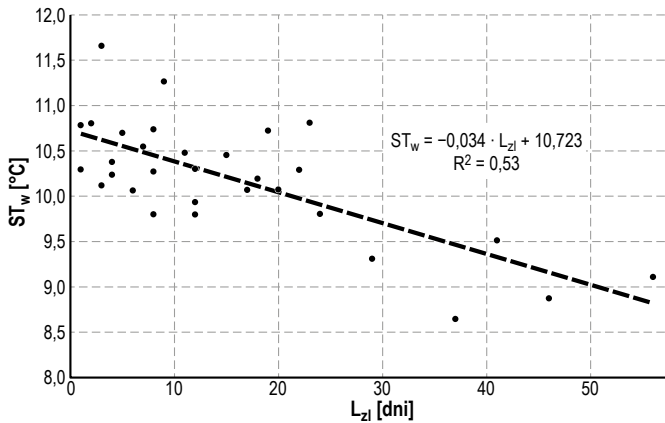
**Objaśnienia:** A – lata 1951–1982; B – lata 1983–2017

**Źródło:** opracowanie własne

Zmiany czasu i częstości występowania pokrywy lodowej były jeszcze większe. W pierwszym podokresie trzydziestoprocentowe prawdopodobieństwo wystąpienia dnia z pokrywą lodową (co trzy lata) dotyczyło dni z przedziału od 15 grudnia do początku trzeciej dekady lutego, natomiast w drugim podokresie największe, około dwudziestoprocentowe, dotyczyło tylko kilku dni stycznia. Należy również odnotować, że w przypadku pokrywy lodowej zmiany częstości i okresu występowania dotknęły zarówno fazy jej powstawania, jak i zaniku (początku i końca zimy).

Liczba dni ze zjawiskami lodowymi w Nerze wykazuje istotny związek ze średnią temperaturą jego wody w danym roku (rys. 6.13). Trend liniowy jest oczywiście pewnym przybliżeniem i wnioskowanie na jego podstawie cechuje się dużą niepewnością. Niemniej jednak z równania wynika, że wzrost średniej rocznej temperatury wody Neru o  $1^{\circ}\text{C}$  powoduje spadek liczby dni lodowych w roku o trzydzieści. Współczynnik determinacji ( $R^2$ ) wskazuje zaś, że wzrost temperatury wody w ponad 50% decyduje o obserwowanym spadku liczby dni lodowych na Nerze.

Reżim lodowy Neru zmienił się w ciągu ostatnich siedemdziesięciu lat w sposób zasadniczy. Bardzo zmalała częstość występowania zjawisk lodowych w korycie, zmieniły się terminy ich początku i zaniku, a w konsekwencji niemal o połowę skrócił się czas trwania tych zjawisk. Pełne cykle lodowe są w Nerze rzadkością, a zatory śryżowe i lodowe, mimo predyspozycji koryta w środkowym i dolnym biegu, wcale już nie powstają. Podobne trendy notowane są w wielu innych rzekach Polski, zarówno dużych, jak i małych (Marszelewski 2010; Graf 2015, 2018; Pawłowski 2017; Ptak, Nowak 2017). Należy jednak podkreślić, że na ich tle zmiany w Nerze były szczególnie duże i, co ważne, ich siła i kierunki – bardzo zmienne w wieloleciu, co stanowi oczywistą konsekwencję zróżnicowanej w czasie antropopresji, a w szczególności zmian jej kierunków i natężenia w badanym wieloleciu.



**Rys. 6.13.** Korelacja rocznej liczby dni ze zjawiskami lodowymi w Nerze ze średnią temperaturą wody w danym roku (1965–2014)

**Objaśnienia:** ST<sub>w</sub> – średnia roczna temperatura wody w Nerze; L<sub>zi</sub> – liczba dni ze zjawiskami lodowymi; R<sup>2</sup> – współczynnik determinacji

**Źródło:** opracowanie własne

Na długotrwałe trendy związane ze wzrostem temperatury powietrza, zwłaszcza w półroczu chłodnym, i antropopresją wynikającą z rozwoju infrastruktury hydrotechnicznej w zlewni nałożyły się w pierwszych trzydziestu latach powojennego wielolecia zmiany spowodowane szybkim przyrostem ilości zużytych i zanieczyszczonych termicznie (relatywnie ciepłych) wód allochtonicznych wprowadzanych do Neru z aglomeracji łódzkiej. Ich coraz większa objętość była konsekwencją szybkiego, a od połowy lat 70. gwałtownego, wzrostu zużycia wody przez przemysł i gospodarkę. Było to możliwe dzięki dużym poborom wody z oddanego wówczas do użytku Zbiornika Sulejowskiego. W połowie lat 80. wskutek upadku łódzkiego przemysłu, a potem szybkiego wzrostu cen wody objętość wód zużytych wprowadzanych do rzeki z aglomeracji łódzkiej zaczęła szybko maleć (por. rozdz. 7.1), przy czym obniżyła się też ich temperatura, m.in. w wyniku drastycznego zmniejszenia objętości wód „poprzemysłowych”. W konsekwencji wzrost temperatury wody w rzece został zahamowany, a częstość pojawiania się i czas trwania zjawisk lodowych ustabilizowały się na nowym, choć dużo niższym poziomie.





# Gospodarka wodna w zlewni Neru

## 7.1. Pobór i zrzuty wody

### 7.1.1. Wodociągi i kanalizacja w Łodzi

Zanim dokonamy oceny wpływu Łodzi i całej aglomeracji na odpływ i reżim wodny Neru, warto choćby skrótowo omówić krótką, ale za to bardzo burzliwą historię problemów wodnych naszego miasta. Łódź jest bowiem jednym z najmłodszych dużych miast Europy, trzecim (do niedawna drugim) co do wielkości w Polsce i spektakularnym przykładem aglomeracji przemysłowej, która od początku istnienia musiała się mierzyć z ogromnymi problemami wodnymi. Położenie na dziale wodnym pierwszego rzędu, duża odległość od perspektywicznych źródeł wody oraz nieustające problemy z pozbywaniem się wód zużytych od początku istnienia osady przemysłowej wywoływały liczne problemy. Co prawda Łódź nie była tak jak Rzym znana z tego, że jej mieszkańcy zajmowali się wyłącznie pozyskiwaniem, rozprowadzaniem i pozbywaniem się wody z miasta, to na pewno była do niego podobna w aspekcie ślimaczego tempa budowy „akweduktów” i kanalizacji, a także wywołanego zrzutami ścieków niezbyt zdrowego klimatu miejskich ulic i agor. Choć porównanie łódzkiego Neru do Tybru może wydać się nadużyciem, to jednak obie te rzeki łączy różnie umiejscowiona w czasie, ale jednak podobna historia; obie bowiem były przez długie lata końcowymi odbiornikami nieoczyszczonych ścieków komunalnych i przemysłowych, a przez to nie cieszyły się sympatią mieszkańców leżących nad nimi miast. Może właśnie dlatego nigdy nie powstały nad tymi rzekami malownicze bulwary.

Prawie 70% obszaru Łodzi należy do zlewni Neru (Wierzbicki i in. 2010). Powierzchnia miasta jest też wyraźnie nachylona ku południowemu zachodowi, a zatem w kierunku doliny tej rzeki. Miało to, i ma nadal, swoje konsekwencje, gdy idzie o całość problemów gospodarki wodnej Łodzi i aglomeracji. W początkowym etapie rozwoju jej mieszkańcy zaopatrywali się w wodę z łódzkich strug i płytkich studni kopanych zasilanych z wodonośców czwartorzędowych (fot. 7.1).



**Fot. 7.1.** Studnia w łódzkich Mileszkach, lata 30. XX wieku

**Źródło:** Kauder (1938)

W 1848 roku w granicach miasta działało dziewiętnaście miejskich studni publicznych i dwieście piętnaście prywatnych. Zbudowane z dren lub drewna i zwykle odkryte studnie kopane funkcjonowały nawet przy ulicy Piotrkowskiej. Pierwszy taki obiekt publiczny w Łodzi, z żurawiem i wiadrem, zaopatrujący kilkanaście kamienic ufundował najprawdopodobniej jeden z łódzkich mieszczan w 1841 roku na rogu ulic Piotrkowskiej i Nawrot. Dziesięć lat później były już przy Piotrkowskiej cztery studnie miejskie – wszystkie z żeliwnymi pompami (*Miasto bez kanalizacji...* 2016), a na początku XX wieku – ponad sześć tysięcy (płytkich kopanych i „bitych”). Jeszcze w 1939 roku ludność Łodzi korzystała z dwóch tysięcy dwustu tego rodzaju ujęć wody (Jokieli, Maksymiuk 1996). Warto przy okazji podkreślić, że na początku ubiegłego stulecia eksploatowane za ich pomocą wody piętér górnokredowego i czwartorzędowego pozostawały we wzajemnym związku hydraulicznym, a ich zwierciadła występowały na rzędnych 195–210 m n.p.m., czyli od kilku do kilkunastu metrów p.p.t. (Nejman 1973).

Zużyte wody komunalne i przemysłowe trafiały do licznych dołów kloacnych, rynsztoków, rowów i cieków funkcjonujących wówczas w mieście. Powstawały też często cuchnące rozlewiska, w obrębie których zanieczyszczone wody infiltrowały i zatrzymywały płytkie i użytkowane poziomy wodonośne. Tego rodzaju „wodami” zalewany był niekiedy nawet Rynek Nowego Miasta (dziś plac Wolności) oraz okolice stawu przy tzw. Białej Fabryce. Epidemie czerwonki, biegunki oraz innych chorób „z brudu” były częstym zjawiskiem w mieście za czasów Stanisława Reymonta. Silnie zanieczyszczone wody zużyte poprzez Jasień, Bałutkę i Łódkę tra-

fiały przeważnie do Neru (fot. 7.2), a pochodzące z północnej części miasta – do Bzury. Zanieczyszczenie to jeszcze bardziej wzrosło po 1874 roku, kiedy do cieków i rozlewisk zaczęły trafiać ścieki z farbiarni wykorzystujących barwniki mineralne: barwa wody w łódzkich rynsztokach zależała wówczas od kolorystyki najmodniejszych tkanin. Jedna z „łódzkich legend” dowodzi nawet, że ulica Czerwona swoją nazwę zawdzięcza właśnie barwie ścieków płynących w jej rynsztokach. W końcu XIX wieku Łódź miała liczne pałace, fabryki, sieć komunikacyjną i telefoniczną, kina, teatry, a nawet gazownię i elektrownię, ale brakowało... kanalizacji i wodociągów. Była więc w tym względzie ewenementem na skalę europejską, a nawet polską (Jokiel, Maksymiuk 1998), bowiem spośród miast gubernialnych ówczesnego Królestwa Polskiego wodociągi działały już wtedy w Poznaniu (od 1865), Krakowie (od 1898), Bydgoszczy (od 1900), a także Lublinie (od 1899).



**Fot. 7.2.** Bałutka między ul. Zgierską i Wrocławską w 1936 roku

**Źródło:** ZWiK, Łódź

W 1890 roku dla potrzeb rozwijającego się wtedy przemysłu włókienniczego odwiercono w Łodzi pierwszych jedenaście studni głębinowych eksploatujących piętro górnej kredy. W setną rocznicę powstania Łodzi przemysłowej (w 1920) wody z tego piętra eksploatowano już w trzydziestu czterech studniach, głównie przemysłowych, i pobierano za ich pomocą prawie  $210 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  wody. Pierwszy projekt zaopatrzenia Łodzi w wodę opracował w 1876 roku Hilary Majewski, ówczesny budowniczy miejski i twórca wielu łódzkich secesyjnych kamienic, ale z nieznanых przyczyn nie został on jednak zrealizowany (Bartnik 2011).

Natomiast podstawowy projekt budowy wodociągu miejskiego autorstwa Williama Heerleina Lindleya powstał dopiero w 1909 roku, jednak nie doczekał się on szybkiej realizacji – jego budowę, według projektu zmodyfikowanego już m.in. przez Romualda Rosłońskiego, rozpoczęto bowiem dopiero w 1934 roku. Zgodnie z jednym z wariantów projektu Lindleya podstawą zaopatrzenia miasta miało się stać pięć studni głębinowych ujmujących wody piętra dolnej kredy. Pierwsze dwie o głębokościach 832 m i 760 m odwiercono w 1937 roku, natomiast trzecią, o głębokości 600 m, oddano do użytku dopiero cztery lata później. Łączna wydajność tych trzech otworów przekraczała  $200 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Jokiel, Maksymiuk 1998). Bardzo istotnym elementem projektu była stukilometrowa sieć wodociągów oraz podziemny zbiornik na wodę w dzielnicy Stoki, który miał zapewniać stabilność zasilania i ciśnienie hydrostatyczne. Wybudowana w latach 1935–1937 podziemna „łódzka cysterna” na wodę od lat jest dumą mieszkańców miasta i służy im do dziś (fot. 7.3). W dniu wybuchu drugiej wojny światowej łódzka sieć wodociągowa dysponowała zaledwie trzema studniami głębinowymi, 9,4 km rurociągu tłocznego, zbiornikiem wyrównawczym na Stokach o pojemności 30 tys.  $\text{m}^3$  oraz około 62 km rur wodociągowych, natomiast budowa stacji filtrów i pomp tłocznych była dopiero rozpoczęta. Wskutek tego gotowy już prawie wodociąg miejski nie przeszedł przed wojną nawet pierwszych prób sprawności (Tomczak, Dominiak 2014).



**Fot. 7.3.** Wnętrze zbiorników wody czystej na Stokach

**Źródło:** Zbiorniki wody...



Fot. 7.4. Nielegalna fotografia kanałów Jasienia

Źródło: *Penetratorzy...* (2016)

Nieco wcześniej od wodociągów, bo w maju 1925 roku, inżynier Stefan Skrzywan rozpoczął w Łodzi budowę kanalizacji miejskiej (fot. 7.4). Tu również wykorzystano projekt opracowany dużo wcześniej przez Lindleya, w którym Ner miał spełniać rolę odbiornika wód zużytych w mieście. Projektowana długość kanałów początkowo wynosiła 120 km, a średni przepływ ścieków sanitarnych w sieci –  $2500 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , zaś przepływ wód burzowych mógł wynosić do  $10\,500 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . System posiadał jednak jedną, ale zasadniczą wadę: na znacznej części ówczesnego miasta kanalizacja miała mieć charakter ogólnospławny. W trakcie jej budowy uporządkowano też i włączono do niego ówczesną sieć hydrograficzną miasta. W konsekwencji łódzkie rzeczki nadal pełniły rolę odbiorników ścieków, chociaż na niektórych obszarach tylko ulicznych. W 1928 roku rozpoczęto także budowę pierwszej miejskiej oczyszczalni ścieków na Lublinku. Jej część mechaniczną oddano do użytku w 1932 roku, inne ciągi oczyszczania, choć planowane, nigdy w tym miejscu nie powstały. Odbiornikiem wód podczyszczonych na Lublinku i spływających łódzkimi rzeczkami był oczywiście Ner. Do września 1939 roku oddano w Łodzi do użytku 105,5 km sieci kanalizacyjnej, z której korzystała niespełna 1/3 mieszkańców miasta – głównie z centrum (Jokieli, Maksymiuk 1998).

Po zakończeniu drugiej wojny światowej do istniejącego wówczas wodociągu miejskiego podłączone były dwieście cztery nieruchomości, w których mieszkało nieco ponad dwadzieścia tysięcy osób. Do końca 1949 roku wybudowano jeszcze 21,6 km miejskiej sieci wodociągowej i rozpoczęto eksploatację trzech kolejnych studni głębinowych, sięgających wodonośca górnej kredy. Rosnąca liczba przyłączy powodowała jednak coraz większy deficyt wody w mieście. Budowano zatem

liczne źródła uliczne, a do niektórych kwartałów wodę dowożono beczkowozami. W 1950 roku Łódź była jedynym w Polsce miastem, w którym racjonowano wodę dla mieszkańców – przydział na osobę wynosił wtedy 80–100 l na dobę. Największy pobór wód głębinowych w Łodzi przypadła na lata 1960–1961 – działało wówczas sto osiemnaście studni ujmujących piętro górnej kredy oraz kilkanaście otworów sięgających kredy dolnej. Te pierwsze dobywały prawie  $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  wody, czyli o połowę więcej niż wynosił pobór dopuszczalny uwzględniający naturalne odnawianie zasobów tego piętra wodonośnego. Jako ciekawostkę warto dodać, że wody podziemne w całym okresie rozwoju Łodzi eksploatowane były w ponad trzech tysiącach różnego typu studni wierconych, w tym dwustu górnokredowych i dwudziestu dwóch dolnokredowych. Po uwzględnieniu powierzchni miasta daje to zagęszczenie około dziesięciu zawodnionych odwiertów na  $1 \text{ km}^2$ .

Gwałtowny wzrost liczby ludności Łodzi, od ośmiuset mieszkańców w 1820 roku do osiemset siedemdziesięciu dwóch tysięcy w 1939 i osiemset pięćdziesięciu dwóch tysięcy w 1990, a także rozwój przestrzenny i przemysłowy miasta wywołały eksplozywny wzrost potrzeb wodnych i to zarówno w aspekcie dostarczania wody, jak i odprowadzania ścieków. Konieczny stał się więc między innymi powrót do historycznej drogiej, ale trafnej koncepcji Lindleya, a mianowicie – do projektu zaopatrzenia w wodę Łodzi z Pilicy pod Tomaszowem Mazowieckim (ujęcie Brzustówka). Już w 1951 roku „odkurzony” nieco projekt angielskiego hydrotechnika został zatwierdzony i skierowany do realizacji. Warto przy tym podkreślić, że po raz pierwszy w Polsce zdecydowano się na przerzut wody dla miasta blisko pięćdziesięciokilometrowym rurociągiem. Realizacja pierwszej jego nitki miała dostarczyć Łodzi prawie  $0,61 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  wody, a w drugim etapie planowano przerzut niemal  $0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Było to trzy razy więcej, niż uzyskiwano wówczas ze wszystkich studni głębinowych w mieście (tamże).



**Fot. 7.5.** Ujęcie wody z Pilicy pod Tomaszowem Mazowieckim

**Źródło:** A. Bartnik

Budowę rurociągu tomaszowskiego rozpoczęto od regulacji dwukilometrowego odcinka Pilicy i przesunięcia jej koryta na odcinku 400 m. Wody rzeki spiętrzone jazem, obok którego zlokalizowano halę pomp, a w odległości 1,6 km – stację uzdatniania wody (fot. 7.5). Wodę tłoczono pompami na odcinku 24 km do miejscowości Rokiciny, a stamtąd bezpośrednio do zbiorników na Stokach. Stąd zaś po zmieszaniu z wodami podziemnymi kierowano ją grawitacyjnie do sieci wodociągowej miasta. W 1963 roku wzdłuż tej samej trasy ułożono drugą nitkę rurociągu, a w latach 70. – kolejną. Tą ostatnią tłoczono dodatkowo wody podziemne dobowane w zespole ujęć zbudowanych w rejonie Rokicin. Równocześnie z budową rurociągu Tomaszów–Łódź oddawano do użytku kolejne zbiorniki na czystą wodę, do których tłoczono później zarówno wody podziemne dobowane w studniach, jak i uzdatnione z Pilicy. W 1966 roku pojemność tych zbiorników sięgnęła 102 tys. m<sup>3</sup>. Mimo tak znacznego przyrostu pozyskiwanej wody w końcu lat 60. pojawiło się ponownie widmo deficytu. Przyczyną był dalszy rozrost miasta i przemysłu, a także potrzeba zahamowania rabunkowego wydobycia wód podziemnych na terenie całej już aglomeracji. Oszacowano wtedy, że po uwzględnieniu wszystkich przesłanek na początku lat 70. Łódź będzie potrzebowała dwukrotnie więcej wody niż w roku 1964. Konieczne stało się ponowne sięgnięcie po zasoby wodne Pilicy i zbudowanie Zbiornika Sulejowskiego.

Oddany do użytku w końcu 1973 roku Zbiornik Sulejowski był wówczas największym zbiornikiem wodnym w Polsce środkowej. Warto też dodać, że dla zapobieżenia ucieczce wody zastosowano po raz pierwszy w Polsce na tak dużą skalę uszczelnienie dna zbiornika przy zaporze folią. W Bronisławowie, w środkowej jego części, zbudowano stację pomp o zdolności produkcyjnej prawie 2,0 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>, a w odległości 11 km od Łodzi, w miejscowości Kalinko, powstała stacja uzdatniania, z której w sposób grawitacyjny woda była dostarczana do sieci wodociągowej w południowej części Łodzi. W czasie eksploatacji rurociąg Sulejów–Łódź wykazał stuprocentową niezawodność, choć procesy korozyjne spowodowały, iż z biegiem czasu jego zdolność przesyłowa zmalała prawie o 30% (ciż 2002). W 1994 roku za pomocą dwu ujęć wód powierzchniowych z Pilicy pobierano dla Łodzi i kilku mniejszych miejscowości ponad 1,52 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup> wody. W wodociągach Łodzi płynęło wtedy 49% wody pochodzącej z ujęć powierzchniowych, resztę (51%) dostarczały ujęcia głębinowe. W kolejnych latach relacja ta szybko się zmieniła. Pod koniec lat 90. ubiegłego wieku Zbiornik Sulejowski przestał być już dla miasta podstawowym rezerwuarem wody, a głównymi tego przyczynami były niska jakość pobieranych wód, duże koszty uzdatniania i możliwość ich skażenia toksynami. By jednak wykorzystać potencjał istniejącego już rurociągu i stacji uzdatniania, zbudowano w rejonie Zbiornika Sulejowskiego siedem wydajnych ujęć wód podziemnych z kompleksu górnej kredy o łącznej zdolności wydobywczej niemal 0,6 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. Woda jest w nich pompowana z głębokości około 140 m p.p.t.

Dzisiejsza sieć wodociągowa Łodzi podzielona jest na dwie strefy zasilania i ciśnień. Część północna miasta zaopatrywana jest w wodę ze studni głębinowych i wodociągu tomaszowskiego, a ciśnienie zapewniają zbiorniki na Stokach, z kolei

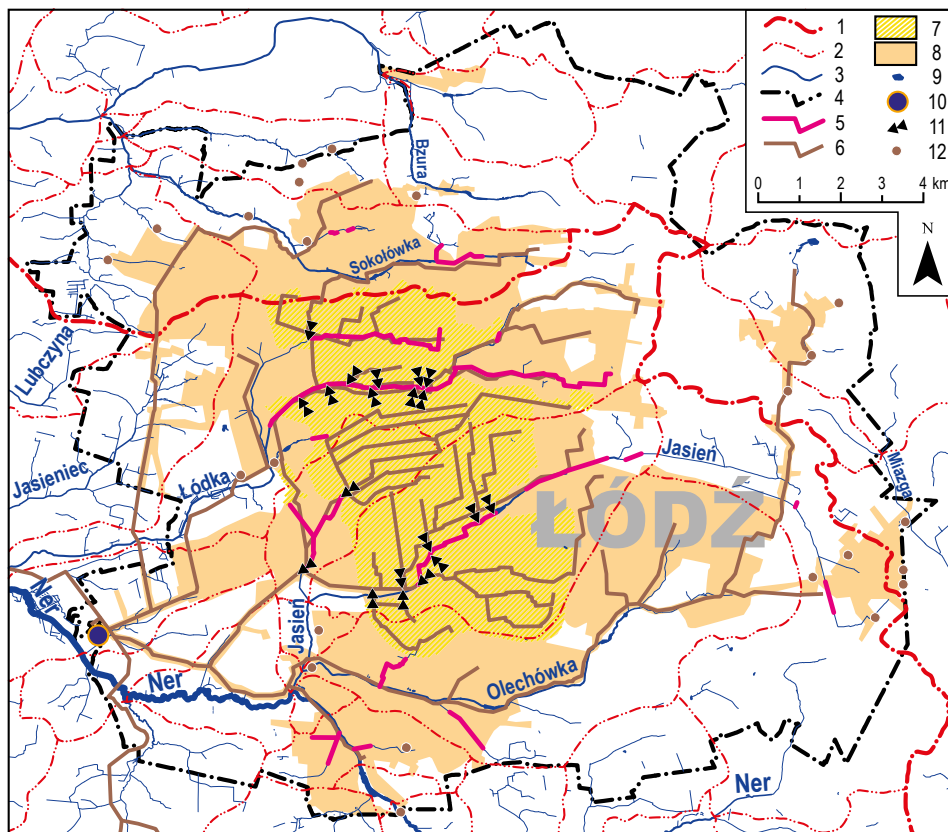


południową, znacznie mniejszą, zasilają wody ze studni nad Zbiornikiem Sulejowskim, a ciśnienie zapewnia stacja pomp w dzielnicy Chojny. W całym tym systemie pracują pięćdziesiąt trzy studnie głębinowe w Łodzi i okolicach, osiem studni w Rokicinach i siedem w Bronisławowie oraz ujęcie wód Pilicy w Brzustówce pod Tomaszowem Mazowieckim. Łącznie do systemu łódzkich wodociągów tłoczone było w 2016 roku średnio  $1,12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  wody, czyli dwa razy mniej niż na początku lat 90. i ponad trzy razy mniej niż w kulminacyjnym roku 1985. Ilość ta jest natomiast porównywalna z objętością wód wprowadzanych w Łodzi do wodociągów w 1973 roku. Udział wód podziemnych w systemie przekracza dziś 80%, a zatem jest on o połowę większy od wartości z lat 70. XX wieku.

### 7.1.2. Rola wód pościekowych z Łodzi w odpływie Neru

Niemal wszystkie łódzkie ciekły przez czas dłuższy lub krótszy odbiornikami ścieków komunalnych, przemysłowych oraz burzowych. W czasie rozwoju miasta naturalna sieć rzeczna została też prawie całkowicie zmieniona: zanikły źródła i górne odcinki większości strumieni. Ciekły miejskie wskutek uszczelnienia, regulacji koryt, a niekiedy całkowitej kanalizacji przestały pełnić rolę drenującą. Z drugiej strony, nie mają dziś często czego drenować, gdyż zwierciadło wód podziemnych w utworach czwartorzędu obniżyło się na wielu obszarach miasta o kilka czy nawet kilkanaście metrów i w konsekwencji wody tego piętra znalazły się w strefie apotamicznej. Równocześnie powiększony o nieinfiltrujące wody opadowe lub roztopowe spływ powierzchniowy został skierowany do miejskiej kanalizacji burzowej, a w Śródmieściu – do kanalizacji ogólnospławnej, i opuszcza dziś miasto przez system kolektorów skierowanych często do dawnych łódzkich strumieni. W konsekwencji w obrębie dolnych odcinków tych rzek, gdzie znajdują ujście największe kolektory, w czasie opadów nawałnych lub szybkich roztopów pojawiają się bardzo wysokie przepływy. Chociaż ogólny kierunek odpływu wód z terenu miasta nadal odpowiada naturalnemu, to lokalnie doszło do licznych jego zmian i przesunięć działów wodnych. Wskutek tego obecne powierzchnie zlewni poszczególnych cieków nie zawsze odpowiadają zasięgom zlewni naturalnych, przy czym wyznaczenie ich dzisiejszych działów wodnych jest bardzo trudne, a to z uwagi na nie zawsze w pełni znany bieg wielu starych kanałów i drenów podziemnych. Z uwagi na odprowadzanie dużej ilości ścieków ulicznych i komunalnych niektóre łódzkie ciekły nawet zwiększyły swoje przepływy, a stany wody środkowego Neru, ich głównego odbiorcy, utrzymują się nienaturalnie, ale za to bardzo często na poziomie wody brzegowej.

Podstawowe elementy systemu odprowadzania wód z obszaru Łodzi prezentuje rysunek 7.1. Do jego składowych należą: skanalizowane ciekły naturalne (np. Jasień i Łódka), które odbierają wody z kolektorów burzowych (około sto pięćdziesiąt na terenie miasta) w obrębie sieci rozdzielczej, kanały zbiorcze wyprowadzające wody z systemu sanitarnego, a w części śródmiejskiej – ogólnospławnej (osiemnaście przelewów burzowych), oraz przepompownie ścieków i kanały lateralne doprowadzające ścieki z miast satelickich Łodzi.



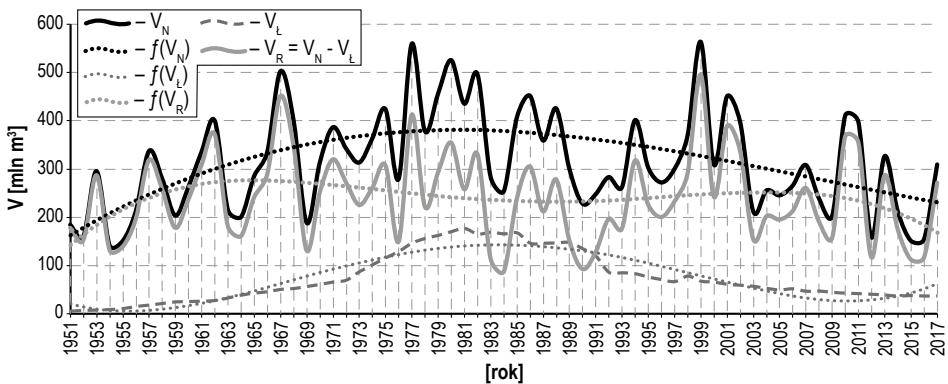
**Rys. 7.1.** Główne elementy systemu kanalizacyjnego Łodzi

**Objaśnienia:** 1 – dział wodny I rzędu; 2 – działy wodne dalszych rzędów; 3 – ciek; 4 – granice administracyjne m. Łódź; 5 – skanalizowane odcinki cieków; 6 – główne kolektory ściekowe; 7 – obszar objęty zasięgiem kanalizacji ogólnospławnej; 8 – obszar objęty zasięgiem kanalizacji rozdzielczej; 9 – zbiorniki wodne; 10 – GOŚ-ŁAM; 11 – przelewy burzowe; 12 – przepompownie ścieków

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie *Studium uwarunkowań...* (2018); Wierzbicki i in. (2010); MPHP10k; CODGiK

Punktem węzłowym jest GOŚ-ŁAM, gdzie odbywa się proces oczyszczania, a sporadycznie też retencjonowania nadwyżek z sieci ogólnospławnej, oraz „Gośka”, którą oczyszczone wody pościekowe odprowadzane są do Neru. W aspekcie kierunku spływu wód zużytych (przemysłowych i komunalnych) oraz ulicznych układ ten funkcjonował w całym okresie powojennym, przy czym początkowo system kanalizacji burzowej obejmował bardziej zawężony obszar i miał mniejszą gęstość. Większa natomiast niż dziś była wówczas rola łódzkich cieków w odprowadzaniu wód z kanalizacji sanitarnej, przemysłowej i ogólnospławnej. Ponadto istniejący wcześniej system nie wprowadzał do Neru wód zużytych w Pabianicach i kilku innych podłódzkich miejscowościach, a kanał odpływowy ze starej oczyszczalni ścieków na Lublinku uchodził do Neru nieco wyżej niż dzisiejsza „Gośka”.

Dane na temat ilości ścieków wprowadzanych w Łodzi do systemu kanalizacji i później – do Neru, są fragmentaryczne, niepewne i przez to nie mogą być poddane analizie w skali wielolecia. Wiarygodna ich seria obejmuje tylko okres po 1991 roku (por. rozdz. 7.1.3). Dostępne są natomiast informacje na temat ilości wody zużywanej w Łodzi w okresie powojennym ( $V_L$ ) (rys. 7.2). Znajdują się one jednak w różnych źródłach, są trudne do zweryfikowania i przez to obciążone dużą niepewnością. Mogą jednak stanowić pewne przybliżenie objętości ścieków „produkowanych” w Łodzi i odprowadzonych do Neru. Trzeba jednak pamiętać, że są to wartości nieprecyzyjne i zapewne nieco zawyżone, choćby z uwagi na fakt, że część ścieków w okresie powojennym była odprowadzana „do ziemi” oraz do systemów Bzury i Pilicy (Miazga). Autorom udało się zgromadzić i opracować taką właśnie serię wartości rocznego zużycia wody w mieście ( $V_L$ ) dla wielolecia 1946–2017. Zestawiono ją na podstawie „Roczników Statystycznych Miasta Łodzi”, materiałów Urzędu Miasta Łodzi, Banku Danych Lokalnych GUS oraz Raportów Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Niedostępne dane z lat 1974–1980 oraz 1993–1998 uzupełniono na podstawie równań regresji uzyskanych dla związków zużycia wody w mieście z objętością wody dostarczonej do domów i ścieków odprowadzanych z Łodzi. Współczynniki determinacji tych równań wyniosły odpowiednio: 0,99 i 0,94, zatem formuły są istotne statystycznie na poziomie 1% (test Manna-Kendalla).



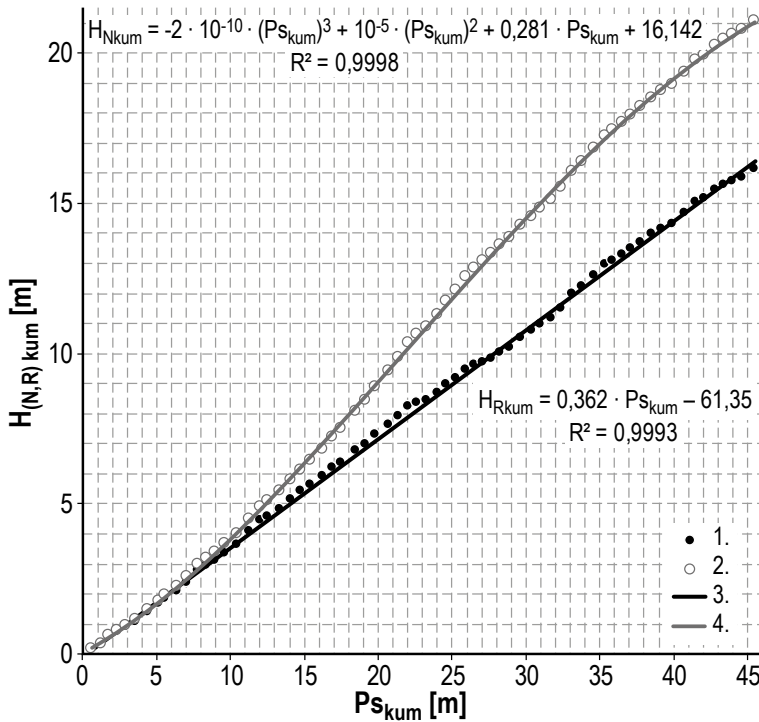
Rys. 7.2. Dynamika rocznych odpływów ( $V$  [mln  $m^3$ ]) Neru w Dąbiu i zużycia wody w Łodzi w latach 1951–2017

**Objaśnienia:**  $V_N$  – roczna objętość odpływu Neru w Dąbiu;  $f(V_N)$  – krzywa wielomianu opisująca roczną objętość odpływu Neru w Dąbiu;  $V_L$  – roczna objętość wody zużywanej w Łodzi;  $f(V_L)$  – krzywa wielomianu opisująca roczne zużycie wody w Łodzi;  $V_R$  – różnica pomiędzy rocznym odpływem Neru w Dąbiu a zużyciem wody w Łodzi;  $f(V_R)$  – krzywa wielomianu wyrównującego różnicę odpływu Neru i zużycia wody w Łodzi

**Źródło:** opracowanie własne

Analiza tej serii wskazuje, że najmniejsze zużycie wody w Łodzi wystąpiło w 1946 roku i wyniosło niespełna 2 mln  $m^3$ , a największe odnotowano w 1981 roku – 177 mln  $m^3$  rocznie (rys. 7.2). Od 1946 do 1981 roku zużycie to systematycznie

wzrastało, przy czym szczególnie duże wzrosty odnotowano w latach 1955–1959 i 1962–1965, a także w okresie 1973–1977. Od 1982 roku rejestrowany jest niemal corocznie spadek, największy odnotowano w latach 1989–1992. Daty dużego wzrostu zużycia z łatwością można skojarzyć z oddaniem do użytku pierwszej (1954) i drugiej (1966) nitki rurociągu tomaszowskiego oraz z uruchomieniem rurociągu sulejowskiego (1973), natomiast datę największego spadku zużycia wody w Łodzi – z latami gwałtownego upadku łódzkiego przemysłu włókienniczego (rys. 7.2). Wskazany diagram uzupełnia linia prezentująca dynamikę zmian w wieloletnim różnicy między odpływem rocznym Neru i rocznym zużyciem wody w Łodzi, ułożonym z objętością ścieków wprowadzanych do tej rzeki z miasta. Przyjmując wskazane wyżej uproszczenia, różnicę tę można traktować jako *quasi*-naturalny odpływ Neru ( $V_R$ ).



**Rys. 7.3.** Krzywe podwójnie kumulowane rocznych wskaźników odpływu (zmierzonych i *quasi*-naturalnych) Neru w Dąbiu –  $H_{(N,R) kum}$  – i opadów skorygowanych w zlewni Neru –  $Ps_{kum}$  – w latach 1951–2017

**Objaśnienia:** 1 – odpływ naturalny; 2 – odpływ zmierzony; 3 – wyrównanie liniowe; 4 – wyrównanie nieliniowe;  $H_{Nkum}$  – kumulowany zmierzony roczny wskaźnik odpływu ze zlewni Neru po Dąbiu;  $H_{Rkum}$  – kumulowany *quasi*-naturalny roczny wskaźnik odpływu ze zlewni Neru po Dąbiu;  $Ps_{kum}$  – kumulowany skorygowany roczny wskaźnik opadu w zlewni Neru po Dąbiu;  $R^2$  – współczynnik determinacji równań regresji

**Źródło:** opracowanie własne

Średni wieloletni  $V_R$  przeliczony na przepływ średni Neru w Dąbiu i jednostkowy odpływ z jego zlewni wynoszą odpowiednio:  $7,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i  $4,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Trudno nie dostrzec tu podobieństwa ze średnim przepływem naturalnym Neru oszacowanym wzorami empirycznymi (por. rozdz. 5.2). Coroczne odpływy zmierzone ( $V_N$ ) i *quasi*-naturalne ( $V_R$ ) Neru przeliczono również na wyrażone w milimetrach wartości wskaźnikowe (odpowiednio  $H_N$  i  $H_R$ ). Średnie wieloletnie wyniosły tu 314,6 mm i 241,2 mm. Przy średnim opadzie skorygowanym dla zlewni Neru równym 679,4 mm dają one przeciętne współczynniki odpływu z jego zlewni równe 46,3% i 35,5%.

Po skumulowaniu rocznych wartości obu wskaźników odpływu Neru ( $H_N$  i  $H_R$ ) oraz rocznych sum opadu skorygowanego w jego zlewni otrzymano dwie krzywe podwójnie kumulowane (rys. 7.3). Ich równania aproksymowano funkcjami: liniową i wielomianem trzeciego stopnia. Łatwo zauważyć, że linia obrazująca przyrosty *quasi*-naturalnego odpływu Neru ( $H_R$ ) jest prostą, a zmiany przyrostów odpływu mają charakter niewielkich oscylacji. Inaczej, gdy idzie o krzywą odpływu zmierzonego ( $H_N$ ), gdyż tu zmiany są wyraźne, a krzywa ma dwa punkty przegięcia: pod koniec lat 60. XX wieku i na początku ostatniego dwudziestolecia (por. rys. 7.2). Fakt ten został już wcześniej udokumentowany w toku analizy jednorodności serii przepływów Neru (Jokiel, Juszcak 1995). Położenie tych dwu punktów przegięcia wskazuje terminy impulsów antropogenicznych, które zmieniły relacje między opadem i odpływem w zlewni Neru. Pierwszy wiąże się z gwałtownym wzrostem ilości wód allochtonicznych zrzucanych do rzeki (przyrost ilości ścieków), zaś drugi – ze spadkiem wielkości tych zrzutów wywołanym upadkiem łódzkiego przemysłu oraz racjonalizacją zużycia i oszczędzaniem wody wskutek wzrostu jej ceny.

Analiza dynamiki zmierzonych odpływów rocznych Neru w Dąbiu ( $V_N$ ), zużycia wody w Łodzi ( $V_L$ ) oraz różnicy obu wielkości ( $V_R$ ), utożsamianej z *quasi*-naturalnym odpływem w wieloleciu 1951–2017, prowadzi do kilku ciekawych wniosków:

- obliczony roczny odpływ *quasi*-naturalny Neru ( $V_R$ ) charakteryzował się dużą dynamiką w wieloleciu korespondującą ze zmianami zasilania opadowego i ewapotranspiracji (por. rozdz. 4);
- dość systematyczne przyrosty zmierzonych rocznych sum odpływu (w pierwszym dwudziestolecium) i spadki (w ostatnim dwudziestolecium) przejawiające się nawet istotnymi trendami są odpowiednio wynikiem wzrostu i spadku zużycia wody w Łodzi, nie zaś efektem zmian czy oscylacji klimatycznych;
- średni wieloletni *quasi*-naturalny przepływ Neru w Dąbiu wynosi  $7,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a odpowiadające mu odpływ jednostkowy, wskaźnik odpływu i współczynnik odpływu, równe odpowiednio:  $4,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , 241,2 mm i 35,5%, odzwierciedlają faktyczne naturalne zasoby wodne zlewni tej rzeki i są bardzo bliskie wartościom typowym dla obszaru środkowej Polski;
- *quasi*-naturalny odpływ Neru w Dąbiu ( $V_R$ ) wykazuje dynamikę wieloletnią typową dla innych rzek środkowej Polski;
- wskazane wyżej charakterystyki odpływu są znacznie mniejsze od odpowiedników uzyskanych na podstawie danych wodowskazowych Neru w Dąbiu, ale porównywalne z uzyskanymi w oparciu o formuły empiryczne (por. rozdz. 5.1.2).

### 7.1.3. Dynamika zrzutu wód pościekowych z GOŚ-ŁAM

Na obszarze Łodzi, w jej współczesnych granicach administracyjnych, istnieje dwadzieścia osiem mniej lub bardziej przekształconych rzek i cieków, które zachowały swoje historyczne nazwy (Bartnik 2019). W porządku hydrologicznym są to: Miazga, Bzura, Łągiewniczanka, Leśniczanka, Sokołówka, Brzoza, Zimna Woda, Aniołówka, Wrząca, Czarnawka, Moszczenica, Młynówka i Kiełczanka w dorzeczu Wisły oraz Ner, Jasień, Lamus, Dąbrówka, Karolewka, Olechówka, Augustówka, Gadka, Łódka, Stoczanka, Bałutka, Suchy Ner, Jasieniec i Lubczyna należące do dorzecza Odry. Łączna długość cieków stałych na obszarze miasta wynosi obecnie około 77 km, a uzupełniają ją gęsta sieć kanałów burzowych i ogólnospławnych, które spływają do krótkiego antropogenicznego cieku łączącego GOŚ-ŁAM z Nerem nazwanego przez nas „Gośką”.



Fot. 7.6. „Gośka” w jesiennej szacie

Źródło: A. Bartnik

Ta najmłodsza łódzka „rzeka” powstała, jak pamiętamy, niedawno, bo dopiero w 1994 roku (fot. 7.6), i w relacji do innych łódzkich dopływów Neru ma dziś największy przepływ oraz stosunkowo czystą wodę. Jest ona również szczegółowo i systematycznie monitorowana. Między innymi od 2007 roku do dziś znane są jej codzienne przepływy, a zatem możliwa jest ich analiza zgodnie ze standardami przyjętymi w hydrologii (tab. 7.1).

Średni przepływ „Gośki” przy wylocie z GOŚ-ŁAM w Łodzi wynosi  $2,16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a ekstrema dobowe są równe odpowiednio:  $8,66 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  i  $1,22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Stosunek WWQ do NNQ wynosi 7,2, a zatem jej przepływ charakteryzuje się skrajnie małą dyspersją

w relacji do innych rzek regionu. Oczywiście przyczyną relatywnie wysokich, a zarazem bardzo zmiennych w wieloleciu przepływów maksymalnych nie jest zróżnicowanie komunalnego i przemysłowego zużycia wody w aglomeracji, ale epizodyczne dopływy wód opadowych (roztopowych) z kanalizacji ogólnospławnej, które nadal funkcjonują między innymi w dzielnicy Śródmieście w Łodzi. Duże ilości wód z tych kolektorów odprowadzane są do głównego kolektora za pomocą przelewów w kanałach z pominięciem głównego ciągu technologicznego GOŚ-ŁAM.

**Tab. 7.1.** Przepływy charakterystyczne „Goški” w latach 2007–2018\*

Charakterystyka	XI	XII	I	II	III	IV	V
NNQ	1,32	1,26	1,25	1,45	1,38	1,47	1,35
SNQ	1,60	1,60	1,62	1,78	1,80	1,67	1,64
WNQ	1,97	2,05	2,02	2,12	2,23	1,91	2,03
NSQ	1,70	1,72	1,75	1,80	1,89	1,86	1,78
SSQ	2,11	2,14	2,18	2,27	2,28	2,18	2,27
WSQ	2,72	2,63	2,87	2,72	2,77	2,49	3,28
NWQ	2,01	2,53	2,22	2,71	2,57	2,62	3,01
SWQ	3,72	4,12	4,07	3,94	3,68	3,50	4,30
WWQ	5,61	5,88	6,37	5,48	5,15	5,36	8,66

Charakterystyka	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	ROK
NNQ	1,38	1,20	1,23	1,37	1,38	1,25	1,20	1,20
SNQ	1,62	1,49	1,40	1,58	1,65	1,49	1,38	1,62
WNQ	2,21	1,80	1,71	1,81	1,89	1,75	1,56	2,23
NSQ	1,74	1,68	1,51	1,68	1,78	1,85	1,70	1,51
SSQ	2,25	2,08	1,94	2,09	2,12	2,20	2,12	2,16
WSQ	3,39	2,36	2,44	2,59	2,58	2,57	2,51	3,39
NWQ	2,32	2,78	1,95	2,76	2,56	3,81	3,95	1,95
SWQ	4,13	4,14	3,48	3,94	3,75	5,11	5,64	3,90
WWQ	6,92	7,12	5,82	6,21	5,36	6,37	8,66	8,66

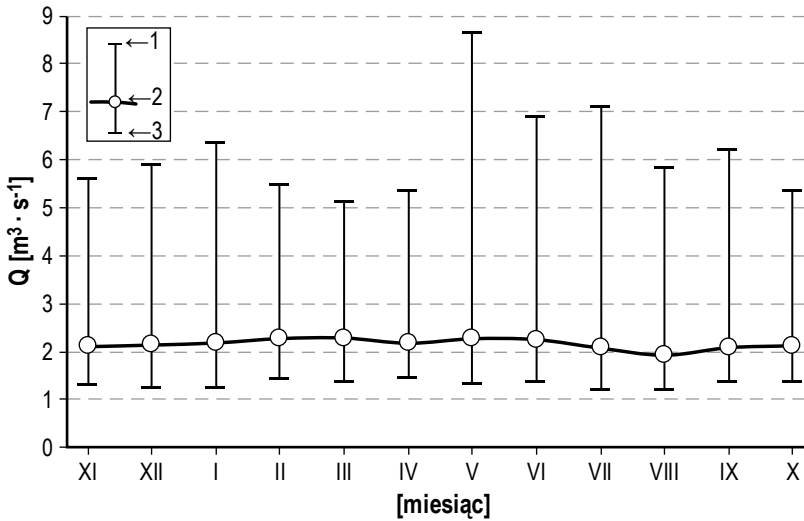
**Objaśnienia:** WWQ, SWQ... [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] – przepływy charakterystyczne (por. Byczkowski 1996);

\* – charakterystyki listopada i grudnia obliczono dla lat hydrologicznych 2008–2018

**Źródło:** opracowanie własne

Przepływy większe od  $5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  zdarzyły się w każdym miesiącu z badanych lat wielolecia (w niektórych latach nawet w kilku). Absolutne maksimum zanotowano 18 maja 2010 roku po długotrwałych i intensywnych opadach w Łodzi i w całej zlewni Neru, kiedy to kanałami burzowymi i poprzez przelewy w systemie ogólnospławnym wprowadzano do „Goški” duże ilości wód opadowych. Przelewy takie

są wzbudzone w Łodzi przeciętnie kilkanaście razy w ciągu roku (Brzezińska i in. 2014), a roczna objętość rozcieńczonych wodami burzowymi ścieków komunalnych w jednym tylko takim przelewie przekracza 56 tys. m<sup>3</sup>. Różnice miesięcznych maksimów przepływu są znacznie większe niż występujące w obrębie przepływów średnich i minimalnych (rys. 7.4). Te ostatnie, choć mało zróżnicowane w poszczególnych miesiącach, cechuje w skali wielolecia dość duża dyspersja. Średni przepływ miesięczny „Goški”, mniejszy od 2,0 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>, dotyczył tylko sierpnia, a największe minima uzyskano dla lutego i kwietnia. Absolutne minimum zanotowano natomiast w lipcu.



Rys. 7.4. Miesięczne przepływy charakterystyczne „Goški” w latach 2007–2018

Objaśnienia: 1 – WQ; 2 – SQ<sub>m</sub>; 3 – NQ<sub>m</sub>

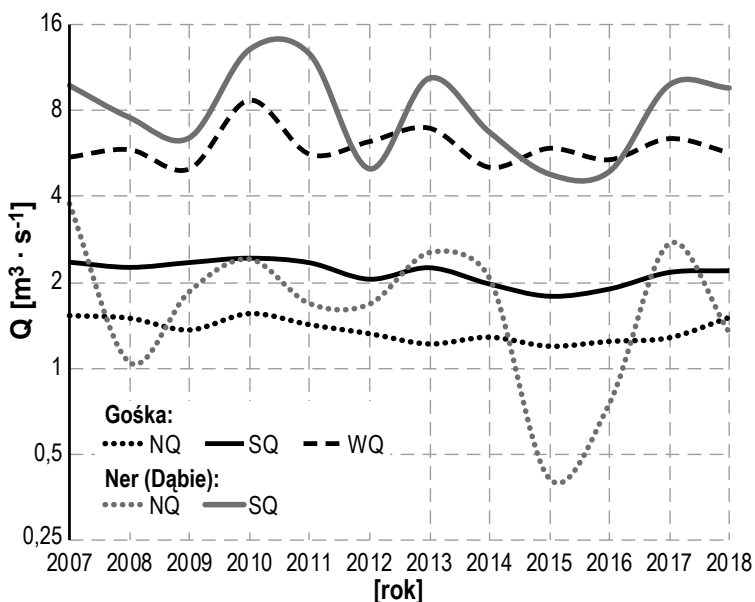
Źródło: opracowanie własne

Przepływy charakterystyczne „Goški” wykazują stosunkowo małe zróżnicowanie w skali wielolecia, przy czym ze wspomnianych już wyżej powodów największa dynamika charakteryzuje przepływy wysokie (WQ), a najmniejsza – niskie (NQ) (rys. 7.5). Warto również zauważyć, że żadna z tych serii przepływów charakterystycznych nie cechuje się występowaniem trendu. Najniższą średnią uzyskano dla 2015 roku (1,78 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>), a najwyższą – dla 2010 (2,42 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>). W tych samych latach odnotowano również NNQ i WNQ, natomiast WWQ i NWQ wystąpiły odpowiednio w latach 2010 i 2014.

Do interesujących wniosków prowadzi porównanie średnich i niskich przepływów charakterystycznych „Goški” i Neru w Dąbiu w omawianym wieloleciu. W latach 2012, 2015 i 2016 maksymalne przepływy w „Goście” były większe od średnich Neru w Dąbiu. Jednocześnie w latach 2008, 2015 i 2016 przepływy minimalne „Goški” były dużo wyższe od minimów Neru w Dąbiu. To ostatnie spostrzeżenie



dowodzi, że w niektórych dniach, a czasem i miesiącach, zrzuty oczyszczonych wód pościekowych poprzez „Goškę” do Neru są większe od przepływów tej rzeki notowanych w odcinku ujściowym. Zatem zużycie wody Neru na odcinku od ujścia „Goški” do Dąbia (zwykle do nawodnień) jest niekiedy większe nie tylko od naturalnego drenażu, ale zużywane są wtedy również allochtoniczne wody pościekowe dopływające do rzeki poprzez „Goškę”. Używanie wód pościekowych do nawodnień w dolinie Neru odbywa się już od dawna. W latach 1980–1995 w roku wilgotnym zużywano do tego celu 13%, a w suchym aż 34% wód pościekowych z Łodzi (Mosiej i in. 2007b). Sytuacja ta winna być jednak uważnie monitorowana i konieczne jest ustalenie maksymalnych ilości wód, zwłaszcza w obrębie dolnego Neru, które mogą być pozyskiwane do irygacji (np. obszarów Natura 2000), a także precyzyjne ustalenie przepływów nienaruszalnych tej rzeki.

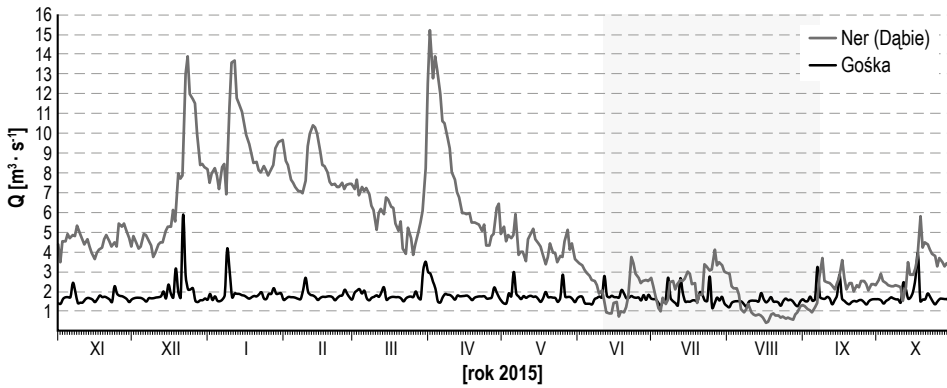


**Rys. 7.5.** Przepływy charakterystyczne „Goški” i Neru w Dąbiu w latach 2007–2018

**Objaśnienia:** oś pionowa w układzie logarytmicznym dziesiętnym

**Źródło:** opracowanie własne

Dobrym przykładem istniejących tu zagrożeń jest sytuacja odnotowana w 2015 roku (rys. 7.6), kiedy to w ciągu ponad trzech miesięcy (od 9 czerwca do 8 września), w czasie dwu zwartych okresów (łącznie ponad pięćdziesiąt dni), przepływy „Goški” były wyraźnie wyższe od Neru w Dąbiu, a różnice dobowe przekraczały niekiedy  $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Podobna sytuacja wystąpiła w 2008 roku i latem 2016. Z kolei półrocza ciepłe lat 2015 i 2016 charakteryzowały się w Nerze występowaniem odpowiednio trzech i dwóch długich i głębokich niżówek, a łączna liczba dni niżówkowych wyniosła wtedy dziewięćdziesiąt sześć i sześćdziesiąt cztery (por. rozdz. 5.3.3).

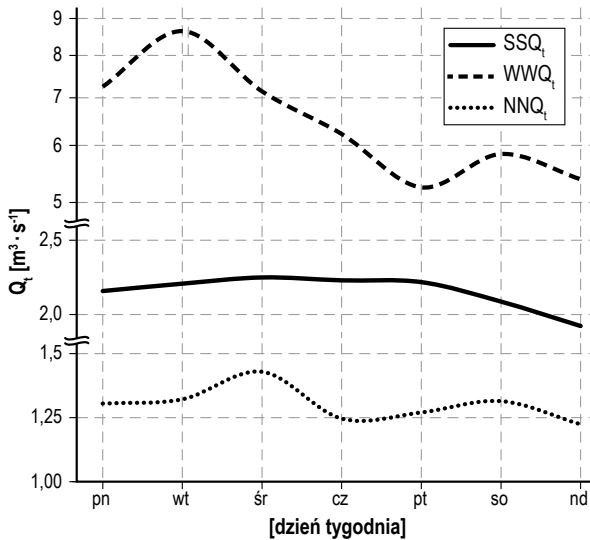


**Rys. 7.6.** Roczne hydrogramy przepływu Neru w Dąbiu i „Gośki” w 2015 roku

**Objaśnienia:** zaznaczono okres występowania nadwyżek przepływu „Gośki” nad przepływami Neru w Dąbiu

**Źródło:** opracowanie własne

Należy zatem podkreślić, że w okresach niżówkowych zrzut oczyszczonych wód pościekowych z aglomeracji łódzkiej wpływa pozytywnie i bardzo mocno nie tylko na przepływ w środkowym i dolnym Nerze, ale niekiedy w ogóle umożliwia pobór wód tej rzeki do nawodnień. Względnie czyste wody „Gośki” są zatem obecnie bardzo istotnym składnikiem nie tylko naturalnego bilansu wodnego Neru, ale pełnią też ważną rolę w bilansie wodno-gospodarczym tej rzeki i jej zlewni.



**Rys. 7.7.** Średnie i ekstremalne przepływy „Gośki” w układzie tygodniowym ( $Q_t$ )

**Objaśnienia:** oś pionowa w układzie logarytmicznym z podstawą „e”

**Źródło:** opracowanie własne

Ciekawe wnioski płyną również z analizy przepływu w „Goście” w układzie dni tygodnia (rys. 7.7). Szczególnie interesujący jest rytm zmian wartości średnich uzyskanych dla jednoimiennych dni. Od poniedziałku do środy przepływy średnie „Gości” rosną, w czwartek i piątek stabilizują się na podobnym poziomie, a potem wyraźnie maleją, aż do minimum w niedzielę. W antropogenicznym reżimie wodnym „Gości” wyraźnie zaznacza się zatem wpływ zrzutów z kolektorów przemysłowych, które z oczywistych względów jest najmniejsze w dni wolne od pracy. Echo tej prawidłowości, choć już nie tak wyraźne, odnajdziemy też w przypadku przepływów ekstremalnych.

## 7.2. Obiekty i urządzenia wodne

### 7.2.1. Wykorzystanie wód i produkcja ścieków

Źródłem wód wykorzystywanych w gospodarce komunalnej i w przemyśle w zlewni Neru (poza obszarem systemu łódzkich wodociągów) są wyłącznie zasoby podziemne pięter: czwartorzędowego, trzeciorzędowego, kredowego i sporadycznie jurajskiego. Działające w oparciu o te zasoby ujęcia mają charakter profesjonalnych studni pobierających wodę dla poszczególnych miast, wsi (zespołów wsi) i obiektów przemysłowych lub są to stosunkowo płytkie (kopane, wiercone) studnie gospodarskie zaopatrujące podstawowe jednostki osadnicze (gospodarstwa, posiadłości, budynki). Ich liczbę i wydajność bardzo trudno oszacować z uwagi na fakt, że tego rodzaju dane nie są systematycznie zbierane przez odpowiednie służby czy samorządy. Tylko w powiecie poddębickim, którego obszar znajduje się w większości na terenie zlewni Neru, funkcjonują pięćdziesiąt dwa rejestrowane ujęcia wód podziemnych (dla wodociągów miejskich, wiejskich i gospodarczych) o łącznych zasobach eksploatacyjnych około  $1,65 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Gosławska 2009). Pobierają one wodę z pięter górnokredowego (93%) i czwartorzędowego (7%), natomiast w 2005 roku czerpały jej średnio  $63 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Frankowski i in. 2009). Należy też odnotować, że pobór wód podziemnych w tym powiecie w pierwszej dekadzie XXI wieku systematycznie wzrastał.

Jeśli uwzględnimy powierzchnię całego powiatu poddębickiego ( $880,9 \text{ km}^2$ ) i przyjmiemy, że w rolniczej części zlewni Neru ( $1541 \text{ km}^2$  – powierzchnia zlewni Neru zmniejszona o powierzchnię Łodzi) pobór jednostkowy wód podziemnych na potrzeby gospodarcze i komunalne jest równy uzyskanemu dla ww. powiatu, czyli  $0,072 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , to otrzymamy wartość równą  $111 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Liczba ta pokazuje w przybliżeniu średni pobór wód podziemnych (rejestrowany) w zlewni Neru. Z oczywistych powodów jest on mniejszy od faktycznego, a to z uwagi na pobór nierejestrowany (studnie gospodarskie itp.).

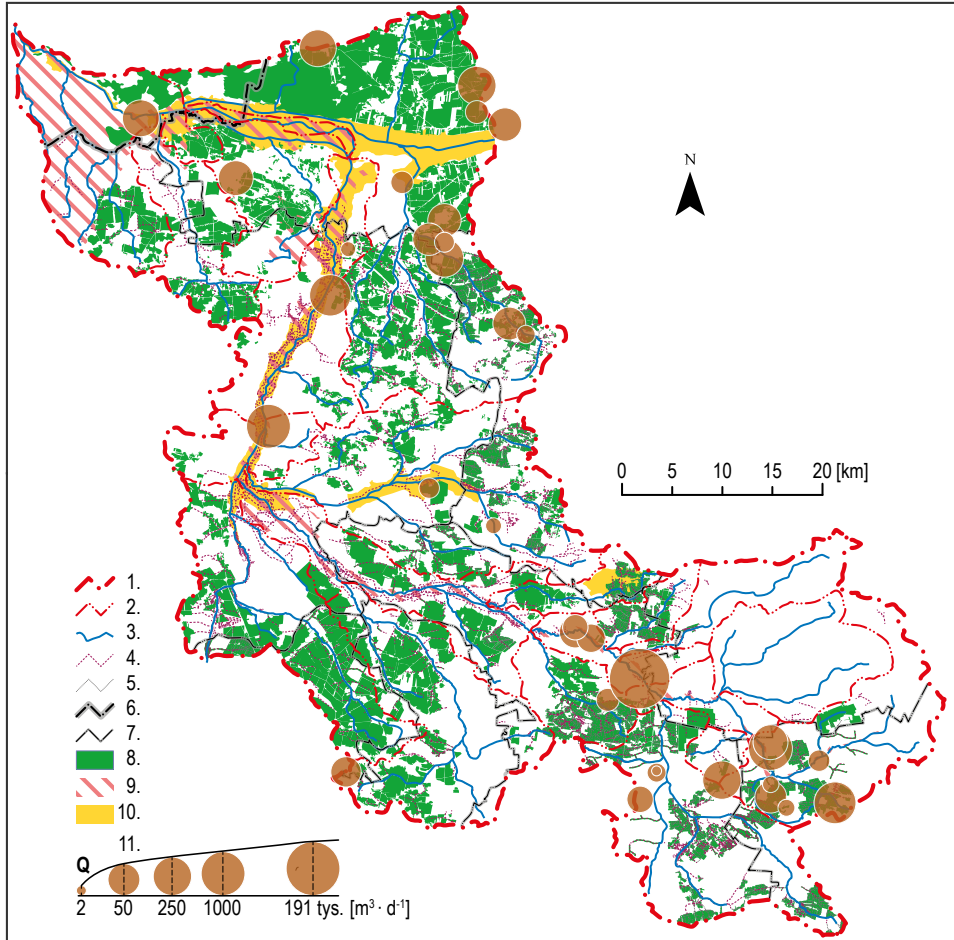
Także objętość i rodzaj wód (powierzchniowe, podziemne) wykorzystywanych do nawadniania lub napełniania sztucznych zbiorników wodnych, np. stawów ho-

dowlanych, nie są w zlewni systematycznie monitorowane, a ich ocena, nawet szacunkowa, na podstawie informacji płynących z wydanych pozwoleń wodnoprawnych jest w tej skali badań obciążona dużymi błędami i uproszczeniami. Równie trudna jest ocena ilości ścieków produkowanych w rolniczej części zlewni Neru i odprowadzanych, poprzez różnego rodzaju kolektory, do cieków jego systemu rzecznoego. Są to, choć dopiero od niedawna, wartości monitorowane, jednak wyłącznie w odniesieniu do większych pojedynczych kolektorów i systemów zbiorczych, np. wodociągów miejskich czy oczyszczalni ścieków. Dodajmy przy tym, że poza obszarami Łodzi, Pabianic i Konstantynowa Łódzkiego, których sieci kanalizacyjne włączone są do systemu GOŚ-ŁAM, w pozostałych miastach zlewni kanalizacje sanitarna i ogólnospławna mają zwykle (poza Aleksandrowem Łódzkim – 581 km, z obszaru którego ścieki odprowadzane są do oczyszczalni w Rudzie Bugaj, a dalej – do Bzury) niewielką długość i obejmują tylko fragmenty tych miast: Poddębice (45,8 km), Rzgów (40,5 km), Wartkowice (19,5 km), Dąbie (14,1 km) i Zadzim (5,3 km). Zatem ich rola w bilansie wód zużytych wprowadzanych do Neru jest niewielka (*Załącznik do aktualizacji...* 2016).

W odniesieniu do wód podziemnych, z których zaopatrywane są niemal wszystkie ujęcia komunalne i przemysłowe, zlewnia Neru należy w całości do 72 JCWPd. Obejmuje ona fragmenty powiatów łączyckiego, poddębickiego, zgierskiego, łódzkiego wschodniego, pabianickiego, łaskiego, zduńskowolskiego, kolskiego oraz miasto Łódź. Użytkowymi poziomami wodonośnymi w tej JCWPd są porowe zbiorowiska czwartorzędowe (poziomy: wierzchówkowy, gruntowy, międzyglinowy i podglinowy) oraz szczelinowe lub porowo-szczelinowe zbiorowiska kredowe (piętra kredy górnej i dolnej). Zwierciadło wód w czwartorzędzie jest zwykle swobodne, niekiedy lekko napięte, a w skałach kredowych – przeważnie napięte (wody subartezyjskie). W ogólności pobierane wody cechuje czystość i dobra jakość (II, III, a tylko sporadycznie IV klasy), a ich zasoby nie są istotnie zagrożone i – co warto podkreślić – nie są też nigdzie sztucznie odnawiane (brak w zlewni studni i basenów infiltracyjnych). Na podstawie danych PIG-PIB łączne zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania (dyspozycyjne) w 72 JCWPd wynosiły w 2011 roku około  $2,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (zasoby jednostkowe –  $1,58 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , a wskaźnik zasobów – 50 mm). Ponad połowa z nich znajduje się w zlewni górnego Neru ( $1,54 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $3,35 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ; 105 mm), najmniejsze rezerwy posiada dolna część jego zlewni, odpowiednio:  $0,53 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ;  $0,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , 22 mm. Rejestrowany pobór tych zasobów w 72 JCWPd wyniósł we wskazanym roku około  $112 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , co daje wskaźnik równy 3,5 mm. Warto podkreślić, że przytoczona tu wartość poboru wód podziemnych jest tylko o  $1 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  większa od przedstawionego wyżej szacunku zasobów bazującego na danych z powiatu poddębickiego.

Obok GOŚ-ŁAM do cieków w zlewni Neru oczyszczone wody zużyte (niekiedy tylko podczyszczone) odprowadzają aktualnie trzydzieści cztery oczyszczalnie ścieków komunalnych i przemysłowych (rys. 7.8). Łącznie w 2017 roku wprowadzały one do systemu hydrograficznego tej rzeki średnio na dobę prawie  $5000 \text{ m}^3$

wód pościekowych (*Raport o stanie...* 2018), co stanowiło około  $5,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Największy udział miały w tym zakresie miejskie oczyszczalnie w Rzgowie i Poddebicach, które odprowadzały nieco ponad  $1000 \text{ m}^3$  ścieków na dobę każda. Warto dodać, że kilka nowych oczyszczalni znajduje się aktualnie w fazie budowy lub projektowania.



**Rys. 7.8.** Obszary zmeliorowane i oczyszczalnie ścieków w zlewni Neru

**Objaśnienia:** 1 – dział wodny zlewni Neru; 2 – działki wodne zlewni wybranych dopływów Neru; 3 – ciek; 4 – rowy melioracyjne; 5 – zbieracze drenarskie; 6 – granice województw; 7 – granice powiatów; 8 – obszary zmeliorowane; 9 – obszary narażone na niebezpieczeństwo wystąpienia powodzi ( $p = 0,2\%$ ); 10 – obszary okresowo zalewane wodami; 11 – oczyszczalnie ścieków – wskazano wielkość zrzutu dobowego

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie danych: Geoportal Województwa Łódzkiego, *Moduł Melioracja*; MPPH10k; *Wykaz oczyszczalni w ewidencji...* (2016); *Wykaz oczyszczalni ścieków...* (2017) oraz *Raport z przeglądu...* (2018)

W ustawie *Prawo wodne* z 2017 roku (rozdz. V.2: *Melioracje wodne*) zapisano, że „melioracje wodne polegają na regulacji stosunków wodnych w celu polepszenia zdolności produkcyjnej gleby i ułatwienia jej uprawy”. Urządzeniami melioracji szczegółowych, a więc umożliwiającymi funkcjonowanie systemów drenażu lub irygacji, są rowy i budowle wodne, sieci drenów i sączków, rurociągi, stacje pomp służące do celów rolniczych, ziemne stawy i groble na obszarach nawadnianych, systemy nawodnień grawitacyjnych i ciśnieniowych oraz szereg innych obiektów towarzyszących, jak np. drogi dojazdowe, budowle przeciwerozyjne i inne. Do urządzeń melioracji podstawowych (zabezpieczających odpowiednią ilość wody do systemów) zalicza się natomiast: budowle piętrzące i upustowe, stopnie i zbiorniki wodne, kanały oraz budowle regulacyjne i przeciwpowodziowe.

Większość urządzeń melioracyjnych ma niewielkie rozmiary i przez to zalicza się je do obiektów hydrotechnicznych, których awaria, uszkodzenie lub okresowe wyłączenie nie powodują zagrożenia bezpieczeństwa ani najważniejszych elementów systemu lub ograniczenia skutków jego działania, ani terenów użytkowanych i środowiska. Budowle i obiekty melioracyjne wiążą się jednak zawsze z ingerencją człowieka w naturalne procesy zachodzące w ekosystemach wodnych lub od wody zależnych. Dlatego warto zadbać o to, by obiekt taki był wykonany i użytkowany nie tylko prawidłowo z punktu widzenia celów i bezpieczeństwa, ale również by w jak najmniejszym stopniu wpływał na środowisko. Należy przy tym pamiętać o dostosowaniu go do krajobrazu, zarówno w odniesieniu do sposobu jego konstrukcji, jak też użytych materiałów (Mioduszeński, Kowalewski 2015).

Aktualnie około 12% powierzchni zlewni Neru pokrywają łąki i pastwiska (220 km<sup>2</sup>), a 0,3% – stawy i ciekі (5,3 km<sup>2</sup>). Ogromna większość łąk i pastwisk, a także znaczne powierzchnie leśne i uprawowe są w zlewni zmeliorowane i – co ważne – niektóre z tych systemów melioracyjnych mają już ponad sto lat. Pierwsze udokumentowane i profesjonalne nawodnienia przeprowadzono w zlewni Neru w Szydłowie, koło Puczniewa (środkowy bieg rzeki) na przełomie XIX i XX wieku. Są jednak dowody, że prace odwodnieniowe i irygacyjne wykonywano tu dużo wcześniej, nawet w czasach prehistorycznych. Zadaniem licznych powstałych w zlewni systemów melioracyjnych, między innymi tych zbudowanych w dolinie Neru, było i jest okresowe zwilżanie gleb w okresach suchych oraz dostarczanie do nich składników mineralnych. Natomiast w sezonach wilgotnych, pojawiających się np. po roztopach – odprowadzanie nadwyżek wodnych. W latach 1960–1990 celem dodatkowym prowadzonych w dolinie nawodnień było też przefiltrowywanie silnie zanieczyszczonych wód Neru przez gleby aluwialne i użyźnianie ich przy jednoczesnym oczyszczaniu wód rzecznych (Wroński, Tołoczko 2008). Systemy melioracyjne w zlewni Neru mają zwykle charakter nawadniający lub nawadniająco-odwadniający, przy czym ich sprawność nie jest dziś najlepsza i w wielu przypadkach działają one w sposób niesterowalny lub nie działają wcale (fot. 7.7). Tym samym nie są na badanym obszarze monitorowane ani pobór wody, ani jej zrzuty z terenów drenowanych. Nieco lepiej wygląda wodna gospodarka stawowa, choć i tutaj stopień zaniedbania urządzeń hydrotechnicznych jest duży, a niektóre zespoły stawów mają charakter zdziczały (np. stawy w Gospodarzu nad Nerem).



**Fot. 7.7.** Piętrzenie wegetacyjne w zdewastowanym Kanale Zbylczyckim

**Źródło:** A. Bartnik

W całej zlewni Neru około 26,4% jej powierzchni zajmują tereny zmeliorowane. Na obszarze prawie 464 km<sup>2</sup> znajduje się ponad 1475 km rowów melioracyjnych i 906 km zbieraczy odprowadzających (doprowadzających) wodę z (do) sączków drenarskich (tab. 7.2). Zatem zmeliorowane w zlewni Neru są nie tylko obszary łąk i pastwisk, ale również rozległe tereny upraw rolnych i lasów. Szczególnie duże powierzchnie zmeliorowane leżą w dolnej części zlewni oraz w jej środkowym fragmencie (rys. 7.8) i są to nie tylko terasy zalewowe i wyższe, ale również obszary wysoczyznowe, zwłaszcza tam, gdzie na powierzchni występują gliny moreny dennej lub inne słabo przepuszczalne osady. O ile w pierwszym przypadku systemy melioracyjne mają charakter nawadniająco-odwadniającego, o tyle w drugim dominuje funkcja odwadniająca.

Najwięcej terenów zmeliorowanych znajduje się w zlewniach Kanału Królewskiego, Bełdówki, Pisi I i II, a także Dobrzyńki. W przypadku Kanału Królewskiego ponad 48% powierzchni jego zlewni stanowią tereny zmeliorowane (nawadniane i odwadniane). Relatywnie duży udział obszarów zmeliorowanych występuje też w zlewniach Zalewki, Pisi II, Lubczyny i, co ciekawe, łódzkiego Jasiońca. Równocześnie w zlewniach górnego Neru, Gadki, Łódki i Jasionia tereny zmeliorowane zajmują bardzo małe obszary, choć istnieją tam jeszcze stare, niekiedy przekształcone lub zdewastowane, urządzenia melioracyjne w postaci rowów, zbieraczy i urządzeń towarzyszących.

Tab. 7.2. Obszary i urządzenia melioracyjne w zlewniach systemu Neru

Zlewnia	Powierzchnia zlewni A [km <sup>2</sup> ]	Obszary zmeliorowane		Zbieracze drenarskie		Rowy melioracyjne	
		A <sub>m</sub> [km <sup>2</sup> ]	A <sub>m</sub> · A <sup>-1</sup> [%]	L <sub>d</sub> [km]	L <sub>d</sub> · A <sup>-1</sup> [km · km <sup>-2</sup> ]	L <sub>r</sub> [km]	L <sub>r</sub> · A <sup>-1</sup> [km · km <sup>-2</sup> ]
Ner po ujście	1834,32	483,65	26,37	923,75	0,50	1475,2	0,80
Ner po Dąbie	1725,82	463,37	26,85	906,26	0,53	1437,8	0,83
Ner po Poddębice	1130,08	254,32	22,51	752,70	0,67	1079,1	0,95
Ner po Lutomiersk	503,49	81,82	16,25	553,50	1,10	306,6	0,61
Ner po GOŚ-ŁAM	363,05	52,97	14,59	357,16	0,98	219,7	0,61
Ner górny po Stawy Stefań.	110,41	18,61	16,86	120,29	1,09	51,8	0,47
Gadka	12,28	1,06	8,67	11,10	0,90	5,4	0,44
Jasień	79,41	0,02	0,03	0,00	0,00	4,5	0,06
Jasieniec	23,29	8,60	36,94	62,77	2,69	25,4	1,09
Łódka	46,95	0,73	1,56	5,37	0,11	7,0	0,15
Dobrzynka	136,09	31,59	23,22	215,75	1,59	150,6	1,11
Zalewka	41,76	19,13	45,82	0,00	0,00	43,6	1,04
Lubczyna	27,20	10,24	37,65	37,97	1,40	36,2	1,33
Pisia I	140,70	41,00	29,14	3,70	0,03	96,5	0,69
Pisia II	133,40	57,15	42,84	16,77	0,13	178,1	1,33
Betdówka	192,03	39,65	20,65	108,07	0,56	220,2	1,15
Kanał Królewski	324,88	156,85	48,28	153,51	0,47	157,5	0,48
Kanał Zbylczycki	76,67	18,28	23,84	126,16	1,65	0,4	0,01
Pisia III	64,14	19,20	29,93	0,00	0,00	39,3	0,61

**Objaśnienia:** A (A<sub>m</sub>) – powierzchnia zlewni (obszaru zmeliorowanego); L<sub>d</sub> – długość drenów; L<sub>r</sub> – długość rowów

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie danych z Geoportalu Województwa Łódzkiego, *Moduł Melioracja*





**Fot. 7.8.** Zastawka i przepust drogowy na Dobrzyńce

**Źródło:** M. Zawadzki

Najdłuższą, choć w części nieużytkowaną, sieć rowów mają zlewnie Bełdówki, Pisi II, Kanału Królewskiego i – co ciekawe – Dobrzyńki (fot. 7.8). W tej ostatniej znajduje się przy tym najdłuższy na całym obszarze system zbieraczy drenarskich. W zlewniach Pisi II, Lubczyny, Bełdówki, Zalewki, Dobrzyńki, a nawet Jasieńca na 1 km<sup>2</sup> powierzchni przypada ponad 1 km rowu melioracyjnego. W całej zlewni Neru wskaźnik ten jest niższy i wynosi średnio 0,8 km · km<sup>-2</sup>. Gęstość zbieraczy drenarskich jest mniejsza niż rowów, choć są zlewnie, w których ich gęstość także przekracza 1 km (w zlewni Jasieńca 2,69 km · km<sup>-2</sup>). Uwzględniając obie formy liniowych obiektów melioracyjnych, najgęstszą ich sieć posiada właśnie łódzki Jasieniec, w którego zlewni gęstość liniowych obiektów melioracyjnych sięga prawie 4 km · km<sup>-2</sup>. Średnia gęstość tych obiektów w całej zlewni Neru jest także duża i wynosi 1,3 km · km<sup>-2</sup>.

W samej dolinie Neru funkcjonuje kilka dużych systemów nawadniających i rozprowadzających kiedyś i dzisiaj łódzkie ścieki komunalne na tereny użytkowane rolniczo. Działają one od początku lat 50. XX wieku (niektóre powstały nawet w międzywojniu). Według pierwotnego projektu system ten był przygotowany na zużytkowanie w ten sposób 2,4 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup> zanieczyszczonych ścieków płynących bezpośrednio z Łodzi (Bortkiewicz 1978). Nieco później przekształcono go i przygotowano do pozyskiwania i rozprowadzania zanieczyszczonych

wód Neru. W ten właśnie sposób działają dziś cztery kompleksy nawadniające położone w dolinie Neru między Charbicami Górnymi i Jeżewem. Badania przeprowadzone w okresach nawodnień w latach 2018 i 2019 wskazują, że poprzez jazy w Charbicach Górnych, Zyguntowie, Puczniewie i Małyniu oraz cztery lokalne doprowadzalniki w ciągu doby nawodnieniowej pobierano z Neru na tym odcinku łącznie od kilkunastu (12 października 2018) do kilkuset (27 czerwca 2018 i 5 kwietnia 2019) litrów wody na sekundę. Warto przy tym wspomnieć, że niewielka (od kilku do kilkunastu procent) i mocno zróżnicowana w czasie część tych wód wracała z powrotem do rzeki poprzez cztery odprowadzalniki (Bagrowicz 2019).

Omawiając zagadnienia melioracyjne, a zwłaszcza problem odprowadzania nadwyżek wody, nie można nie wspomnieć o tym, że niektóre obszary teras zalewowych, np. w dolinie środkowego i dolnego Neru, w dolinie Bełdówki czy na terenach przykorytowych Kanału Królewskiego oraz w zlewni górnego Jasieńca, są narażone na okresowe zalewy wodami rzecznyymi i podtopienia wywołane wysokim poziomem wód wierzchówkowych. Od ujścia Zalewki do Dąbia wszystkie tereny przyrzeczne Neru znajdują się w zasięgu powodzi wywoływanych przez tzw. wody pięćsetletnie ( $p = 0,2\%$ ) (rys. 7.8).

### 7.2.2. Piętrzenie i regulacja wód

Cały system hydrograficzny Neru, w tym rzeka główna, był od wielu lat intensywnie zabudowywany różnymi urządzeniami hydrotechnicznymi, które służyły poprawie lokalnej gospodarki wodnej, wykorzystywały potencjał ekologiczny i energetyczny wody oraz chroniły lub zabezpieczały przed zjawiskami ekstremalnymi. Budowano tu zarówno obiekty przeciwpowodziowe, jak i urządzenia służące przeciwdziałaniu lub mitygacji, częstych na tych terenach, susz rolniczych i hydrologicznych. Powstało też wiele stawów i zbiorników wodnych różnego przeznaczenia (por. rozdz. 2.3.1). Występują również rozległe systemy melioracyjne z siecią sączków i rowów oraz z obiektami towarzyszącymi (por. rozdz. 7.2.1). Są także małe elektrownie (MEW) i młyny wodne (por. rozdz. 2.1) oraz wiele innych budowli i obiektów hydrotechnicznych. Warto też podkreślić, że znajdziemy tu dziś zarówno urządzenia i budowle hydrotechniczne poprawnie funkcjonujące, jak też obiekty zaniedbane lub zniszczone. Liczne są także ślady po dawnych budowlach lub systemach wykorzystujących lokalne zasoby wodne.

Do budowli wodnych najczęściej spotykanych na ciekach zlewni Neru zalicza się:

- progi korekcyjne (wypływające) w korytach rzek, zbudowane z różnych materiałów, w tym z narzutu skalnego, betonu, drewna lub faszyny (fot. 7.9A);
- stopnie wodne służące zmniejszeniu lokalnego spadku koryta, zbudowane z betonu, narzutu skalnego, gabionów lub drewna (fot. 7.9B);

- zastawki o różnym przekroju służące okresowemu podpiętrzeniu wody w korytach cieków lub rowów, zbudowane zwykle z betonu, czasem z drewna, wyposażone w metalowe lub drewniane zasuwki (fot. 7.10A);
- przepusty (czasem zastawiane) służące przeprowadzaniu wody pod drogą lub innym obiektem, zbudowane z betonowych dren, rur metalowych lub plastikowych (fot. 7.10B);
- bystrotoki przeznaczone do piętrzenia i zwiększania turbulencji wody (na przykład w celu jej napowietrzenia), zbudowane z narzutu skalnego, głazów, a niekiedy gruzu (fot. 7.11A);
- upusty (np. tzw. mnichy), przeznaczone do regulacji stanów wody w stawach i zbiornikach wodnych, a zbudowane z drewna, betonu lub elementów prefabrykowanych (fot. 7.11B);
- jazy (ruchome lub nie) służące regulowanemu podpiętrzeniu wody w rzece, zwykle dla celów irygacyjnych, energetycznych (MEW) i gospodarki stawowej (fot. 7.11A).



**Fot. 7.9.** Progi korekcyjne na Łódce (A) i stopień wodny na Jasiońcu (B)

**Źródło:** M. Zawadzki



**Fot. 7.10.** Zastawka na Pisi II (A) i przepust z piętrzeniem na Dobrzyńcu (B)

**Źródło:** M. Zawadzki

Budowle służące piętrzeniu wody i regulacji jej obiegu, znajdujące się w obrębie koryta Neru i jego dopływów, a także w licznych stawach i zbiornikach wodnych, należy w większości przypadków zaliczyć do tzw. małych budowli wodnych (obiektów drugorzędnych IV klasy), piętrzących wodę do 1,5 m, przy przepływie średnim mniejszym od  $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Mioduszewski, Kowalewski 2015). Tylko niektóre jazy ruchome w obrębie środkowego i dolnego koryta rzeki oraz odcinki istniejących nad Nerem wałów przeciwpowodziowych mają klasę wyższą.



**Fot. 7.11.** Jaz na Nerze w Kazimierzu z bystrotokiem (A) i upust na stawach w Bełdowie (B)

**Źródło:** A. Bartnik

Do wymienionych wyżej grup budowli należy również dodać brody, kładki oraz mosty, które choć nie są przeznaczone do regulowania stosunków wodnych, oddziałują niekiedy na nie w sposób podobny do typowych budowli wodnych (fot. 7.12). Na przykład brody działają podobnie jak bystrotoki, a mosty, i nawet niektóre większe kładki, poprzez zmniejszenie przekroju poprzecznego koryta i tarcia wywołują często lokalny wzrost prędkości przepływu wody. Odwrotny skutek powodują natomiast przepusty, zwłaszcza gdy nie są czyszczone i konserwowane.

Zasięg i charakter obszarów zmeliorowanych w zlewni Neru przedstawiliśmy w poprzednim rozdziale. Ich uzupełnieniem są informacje na temat rodzaju, liczby i położenia różnych budowli hydrotechnicznych na głównych ciekach odwadniających zlewnię Neru i ich bezpośrednich dopływach. Obiekty te zidentyfikowano na podstawie danych z Wojewódzkiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych w Łodzi (Geoportal Województwa Łódzkiego, stan na 31 grudnia 2017), informacji RZGW w Poznaniu (stan z wiosny 2019) oraz analizy materiałów kartograficznych w postaci ortofotomapy (stan z 2019 roku), map topograficznych w skali 1:10 tys. oraz BDOT10k (tab. 7.3). Z uwagi na wielkość obszaru, liczbę obiektów i charakter całego opracowania pominięto w analizie ocenę ich parametrów technicznych, identyfikację szczegółowych funkcji oraz stan techniczny. Należy jednak mocno podkreślić, iż ogromna większość tych budowli nie spełnia dziś założonych funkcji, a ich stan techniczny jest zły lub bardzo zły.



**Fot. 7.12.** Bród na Pisi II (A), kładki na Bełdówce (B), most „Królowej Tamar” na Dobrzyńce (C) i nowy most na Dobrzyńce (D)

**Źródło:** A, C, D – M. Zawadzki; B – A. Bartnik

W tabeli 7.3 urządzenia hydrotechniczne pogrupowano na cztery kategorie:

- progi i stopnie wodne oraz wszelkiego rodzaju urządzenia niwelujące spadek zwierciadła wody, w tym np. bystrotoki;
- zastawki i jazy oraz inne obiekty piętrzące wodę;
- przeprawy, czyli budowle służące do przekraczania liniowych obiektów wodnych, w tym mosty, przepusty, kładki i brody;
- wpusty i upusty, w tym wloty i wyloty sterowane do systemu melioracyjnego oraz mnichy stawowe.

Łącznie w całej zlewni zidentyfikowano trzy tysiące czterdzieści jeden obiektów, w tym w zlewni po przekrój w Dąbiu – dwa tysiące dziewięćset szesnaście. Wśród wymienionych grup obiektów najwięcej jest różnego rodzaju przepraw, a w szczególności przepustów, mostków i kładek. Na większości zbadanych rzek zlewni Neru urządzenie takie spotkać można co 200–300 m biegu rzeki (na Zalewce nawet co 150 m). Warto podkreślić, że gęstość tych urządzeń w przypadku badanej grupy rzek nie jest mocno zróżnicowana. Większe rozbieżności między rzekami występują w przypadku gęstości progów i stopni oraz zastawek i jazów. Te pierwsze są najgęściej rozmieszczone na Jasiońcu i Jasioniu oraz na Pisi II i Kanale Królewskim ( $> 0,5 \text{ km}^{-1}$ ), natomiast relatywnie dużo zastawek i jazów odnotowano na Dobrzyńce i Bełdówce ( $> 0,5 \text{ km}^{-1}$ ).

Tab. 7.3. Urządzenia hydrotechniczne w zlewniach systemu Neru

Zlewnia	Długość cieków w zlewni [km]*		Progi i stopnie		Zastawki i jazy		Przeprawy		Wpusty i upusty	
	liczba	liczba-km <sup>-1</sup>	liczba	liczba-km <sup>-1</sup>	liczba	liczba-km <sup>-1</sup>	liczba	liczba-km <sup>-1</sup>	liczba	liczba-km <sup>-1</sup>
Ner po ujście	288	0,39	290	0,39	2366	3,20	97	0,13		
Ner po Dąbie	287	0,42	286	0,42	2246	3,30	97	0,14		
Ner po Poddębice	194	0,43	191	0,42	1589	3,48	71	0,16		
Ner po Lutomiersk	80	0,39	74	0,36	751	3,69	0	0,00		
Ner po GOŚ-ŁAM	47	0,32	68	0,46	575	3,92	0	0,00		
Ner po Stawy Stefań.	3	0,05	16	0,27	224	3,83	0	0,00		
Gadka	0	0,00	1	0,20	22	4,40	0	0,00		
Jasień	26	0,92	8	0,28	96	3,41	0	0,00		
Jasieniec	21	2,52	0	0,00	33	3,96	0	0,00		
Łódka	2	0,08	2	0,08	59	2,42	0	0,00		
Dobrzyńka	16	0,31	44	0,85	239	4,61	0	0,00		
Zalewka	3	0,24	1	0,08	79	6,44	0	0,00		
Lubczyzna	0	0,00	1	0,06	77	4,56	0	0,00		
Pisia I	16	0,31	13	0,25	151	2,92	0	0,00		
Pisia II	41	0,71	18	0,31	188	3,25	0	0,00		
Beldówka	36	0,45	41	0,52	352	4,45	38	0,48		
Kanał Królewski	75	0,60	59	0,47	442	3,53	7	0,06		
Kanał Zbylczycki	2	0,06	16	0,49	68	2,08	1	0,03		
Pisia III	4	0,17	9	0,39	78	3,35	0	0,00		

**Objaśnienia:** \* – główne ciekki uwzględnione w badaniach

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie danych z Geoportalu Województwa Łódzkiego, *Moduł Melioracja*, danych RZGW w Poznaniu (stan z wiosny 2019) oraz analizy materiałów kartograficznych (Geoportali, WMTS) – ortofotomapa Polski, mapy topograficzne w skali 1:10 tys. oraz BDOT10

Jednocześnie najwięcej urządzeń wpustowych i upustowych zidentyfikowano oczywiście na Nerze (systemy poboru i zrzutu wód rzecznych) oraz na Bełdówce (kompleksy stawów hodowlanych). W większości rzek systemu Neru tego typu urządzeń nie odnaleziono. Warto również podkreślić, że w kilku ciekach natrafiono również na budowle wodne będące dziełem „pierwszego hydrotechnika” – bobra (fot. 7.13), i choć nie są to jeszcze obiekty duże i często występujące oraz nie zbudowano ich w samym korycie Neru, to jednak ich odnotowanie wzbudziło w nas wiele pozytywnych odczuć.

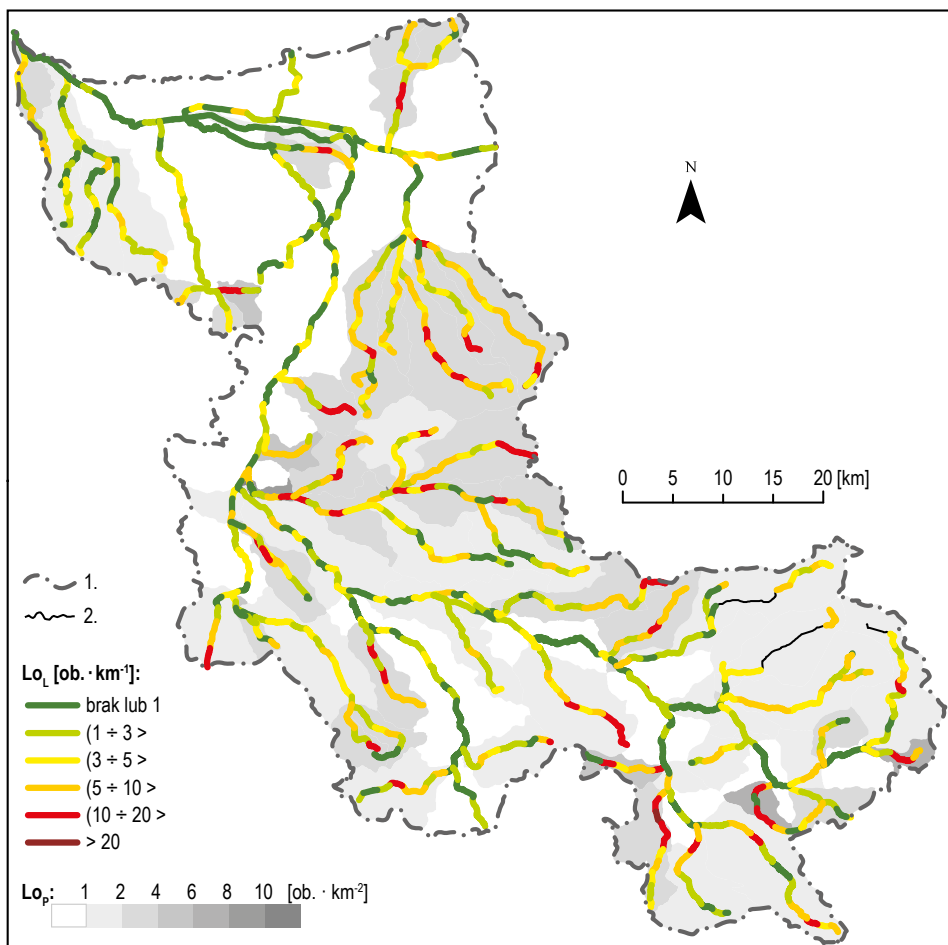


**Fot. 7.13.** „Zapora bobrowa” na Pisi I (km 9 + 920)

**Źródło:** M. Zawadzki

Gęstość różnych budowli wodnych w zlewni Neru zaprezentowaliśmy na rysunku 7.9. Przedstawiliśmy ją w dwu aspektach: na jednostkę powierzchni i na odcinek rzeki. Zróznicowanie obu charakterystyk jest w zlewni duże. Występują obszary i odcinki rzek, w których nie zidentyfikowaliśmy żadnego obiektu hydrotechnicznego, oraz fragmenty cieków i zlewni, gdzie ich liczba jest duża, a nawet bardzo duża. Najgęściej zabudowana hydrotechnicznie jest prawostronna część systemu środkowego Neru, w tym Jasieniec, Lubczyna, Bełdówka oraz górna część zlewni Zianu i Gnidy. Dużym zagęszczeniem charakteryzuje się też Dobrzyńka i Pisia II. Na 1 km Bełdówki, Gnidy, Zalewki czy Pabianki spotkamy często od dziesięciu do dwudzie-

stu różnych obiektów hydrotechnicznych, w szczególności przepustów, mostków, progów i zastawek. Stosunkowo słabo zabudowane hydrotechnicznie są natomiast obszary pradoliny odwadniane przez Ner i dolny odcinek Kanału Królewskiego.



**Rys. 7.9.** Gęstość obiektów hydrotechnicznych w zlewniach systemu Neru

**Objaśnienia:** 1 – dział wodny zlewni Neru; 2 – ciekі zakryte; Lo<sub>L</sub> – liczba obiektów hydrotechnicznych na 1 km biegu ciekі; Lo<sub>p</sub> – liczba obiektów hydrotechnicznych przypadająca na 1 km<sup>2</sup> powierzchni zlewni cząstkowej

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie danych Geoportal Województwa Łódzkiego, moduły: *Melioracja* i *Ortofotomapa*; mapy topograficzne w skali 1:10 tys.; BDOT10k oraz dane RZGW w Poznaniu (stan z wiosny 2019)

Zaprezentowany na przywołanej mapie obraz zróżnicowania przestrzennego gęstości zabudowy hydrotechnicznej może, z jednej strony, informować o intensywności i poziomie zagospodarowania lokalnych zasobów wodnych, a z drugiej



– być miernikiem stanu gospodarki i „kultury” wodnej na poszczególnych terenach zlewni. Warto jednak podkreślić, iż by wiarygodnie stan ten ocenić, należałoby też uwzględnić aktualną użyteczność i stan techniczny poszczególnych obiektów. Niemniej jednak uzyskany tu obraz może być wartościową informacją przy planowaniu nowych lub odtwarzaniu dawniej istniejących obiektów małej retencji oraz przy projektowaniu i realizacji zabiegów renaturalizacyjnych obiektów hydrograficznych.

## Jakość wód w zlewni Neru

### 8.1. Zmiany jakości wód Neru w wieloleciu

*Była wiosna 1903 roku. Lato nie zapowiadało się urodzajnie. Chłopi zamieszkujący dolinę Neru, rzeczki biednej, źwirowatej, zamulonej, nie spodziewali się, by plony przyniosły im poprawę warunków materialnych. Wyschnięte łąki nie pozwalały wykarmić bydła, inwentarz zmniejszał się coraz bardziej. Na domiar biedy pewnego dnia rozszalała się straszna burza. Strumienie deszczu lały się z nieba bez przerwy przez kilka dni. Woda płynęła ulicami Łodzi, a wraz z nią popłynęły wszystkie nieczystości z fabryk. Popłynęły do Neru. Na Nerze pozrywało wszystkie tamy, zalało, zamuliło łąki. I – rzecz dziwna. Na terenach zalanych przez wodę, na łąkach, na których krowy nie miały co uskubać, wyrosła tego roku piękna, bujna trawa. Taka była pierwsza melioracja łąk w dolinie Neru... Ner stał się skarbnicą użyźniającą nieurodzajne tereny swej doliny... (Bogactwo brudnych... 1953).*

Tak, w sposób nieco „baśniowy”, dziennikarz łódzkiej gazety codziennej opisał początki użyźniania ubogich gruntów w dolinie Neru ściekami odprowadzanymi z łódzkich domów i zakładów przemysłowych. Rzeczywistość nie była jednak tak prosta i bezkonfliktowa. Ale po kolei.

Powódź w 1903 roku rzeczywiście miała miejsce w zlewni Neru i wody wezbraonej rzeki zalały rozległe obszary łąk i gruntów niemal na całej długości jej doliny, zatrzymały działające młyny wodne, a nawet przerwały komunikację tramwajową z Pabianicami, uszkadzając most. Jednak podobne kataklizmy dotyczyły te tereny już wcześniej, np. w latach 1881, 1892, 1893 i 1896, a także później, choćby w 1915 roku. Już w końcu XIX wieku powołano specjalną komisję, której zadaniem miało być przygotowanie projektu regulacji płynącego niekiedy kilkoma korytami Neru oraz nawodnienia lub osuszenia pól i łąk przyrzecznych. Wydaje się, że wody tej rzeki po raz pierwszy skierowano na użytkowane grunty w sposób zorganizowany w 1913 roku, bowiem wtedy to mieszkańcy Kazimierza uzyskali pozwolenie na budowę kanałów kierujących te wody na wypasane łąki miejskie.

W 1938 rozpoczęto też prace regulacyjne na Nerze, między Behcicami i Porszewicami, oraz na dolnej Łódce (fot. 8.1). Jednym z celów tych działań było przygotowanie koryt rzek do doprowadzania dużej ilości ścieków i odbierania wód odciekowych z planowanych do irygowania gruntów przyrzecznych (*Rozporządzenie Wojewody... 1938*). Działała też już wówczas stara oczyszczalnia ścieków na Lublinku, która otwartym kanałem odprowadzała do Neru, podczyszczone mechanicznie, ścieki komunalne i przemysłowe z Łodzi. Plany nawadniania doliny zanieczyszczonymi wodami Neru rozwijano nawet w czasie okupacji niemieckiej, m.in. w okolicach Kazimierza i Góry Bałdrzychowskiej (Wroński, Tołoczko 2008).



**Fot. 8.1.** Prace przygotowawcze do regulacji Łódki (poniżej ul. Konstantynowskiej) w 1933 roku

**Źródło:** ZWiK, Łódź

Po drugiej wojnie światowej, a ściślej mówiąc – w 1948 roku, przystąpiono do realizacji kompleksowego planu wykorzystania ścieków z Łodzi i zanieczyszczonych wód Neru do nawadniania nieurodzajnych gleb w dolinie tej rzeki. Powstała szybko Stacja Doświadczalna w Puczniewie, a także pierwsze systemy doprowadzalników i rowów infiltracyjnych oraz zastawki, przepusty i jazy (por. rozdz. 7.2.2). W 1949 roku łódzkimi ściekami użyźniano już około 1800 ha nadrzecznych gruntów, a w planach było nawożenie nawet 10 tys. ha. System rozprowadzania zanieczyszczonych wód Neru najintensywniej rozbudowywano w latach 60. i 70. XX wieku. Łódzkie ścieki komunalne rzeczywiście dość szybko doprowadziły do poprawy jakości ubogich gleb nadrzecznych. Ówczesne badania wskazywały, że wzrastała w nich szybko ilość substancji organicznej (Biernacka 1970; Białkiewicz, Rytel 1978). Na glebach lek-

kich, a takie przeważały na terenach nawadnianych, mimo pogarszającej się z czasem wartości nawozowej łódzkich ścieków, plony siana wzrosły o 73%, a przy dodatkowym nawadnianiu jesiennym – nawet o 116%. Jednocześnie rosła obecność fosforu i potasu w suchej masie siana (Somorowski i in. 1991). W latach 1957–1974 skład chemiczny ścieków odprowadzanych z Łodzi do Neru zmieniał się sezonowo i w skali wielolecia. Na przykład ich odczyn mógł być kwaśny (pH 4,7) lub alkaliczny (pH 8,5), a tym samym zawartość w wodzie, ocenianej normatywnie tzw. suchej pozostałości, zmieniała się od niecałych 500 do prawie 2800 mg · dm<sup>-3</sup>. Dostrzeżono też systematyczny spadek masy substancji bioaktywnych w wodach rzeki, np. azotu, fosforu i potasu, a jednocześnie wzrost ilości wapnia i metali ciężkich pochodzących z szybko wzrastającej objętości ścieków przemysłowych i ulicznych. Prowadziło to do spadku „nawozowej wartości” wód Neru i pojawienia się kolejnych zagrożeń środowiskowych (Białkiewicz, Rytel 1978).

W połowie lat 80. Ner był już całkowicie pozbawiony cech ciek naturalnego, a wody płynące korytem nie nadawały się do żadnych zastosowań gospodarczych, nawet do nawodnień. Skład fizykochemiczny wody na odcinku poniżej ujścia Dobrzyńki i kolektora ze starej oczyszczalni na Lublinku był typowy dla silnie zanieczyszczonych ścieków, a mikrobiologicznie Ner był skażony w stopniu charakteryzującym ścieki surowe. W stosunku do uznanych za relatywnie czyste wód górnego Neru (w rejonie Rzgowa) i płynących wówczas Pisią I, Bełdówką i Zianem wody tej rzeki przy ujściu zawierały średnio trzydzieści jeden razy więcej chromu, dziewięć razy więcej fosforu i pięć razy więcej niklu, kadmu oraz miedzi. Także ładunki azotu i potasu były prawie trzy razy większe od typowych dla, względnie czystych, okolicznych cieków (Liwski i in. 1990). Życie biologiczne w rzece praktycznie nie istniało. Mimo to ilość wód pobieranych z niej do nawodnień była nadal ogromna i wynosiła około 3,3 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>. Warto przy tym podkreślić, że faktyczne potrzeby irygacyjne na tym terenie były wówczas znacznie mniejsze niż kiedyś, a większość pobieranej wody (ok. 75%) wracała do koryta Neru (Bednarczyk 1997).

Zaczęto też dostrzegać, że w wodzie Neru coraz większy udział mają ścieki produkowane przez rozwijający się szybko łódzki przemysł, a do rzeki i na nawadniane pola dopływają duże ładunki metali ciężkich i innych substancji niekorzystnie oddziałujących na środowisko (np. chlorków, siarczków, detergentów, fenoli) (fot. 8.2). Stężenia niektórych metali ciężkich (kadmu, chromu, miedzi, niklu, ołowiu i cynku) w wodach Neru przy ujściu były znacznie większe (niekiedy kilkukrotnie) od średnich w innych rzekach Polski, przez co Ner bardzo zanieczyszczał Wartę będącą wówczas podstawowym źródłem wody dla Poznania. W latach 1995–2003 średni roczny przepływ Neru stanowił około 10% przepływu Warty przy jego ujściu. Jednocześnie ładunki wnoszonych przez niego zanieczyszczeń były wielokrotnie większe i stanowiły 27% (azot ogólny), 37% (fosfor), 39% (BZT5) i 28% (zawiesina) ładunków niesionych przez Wartę (Mosiej i in. 2007a). Należy przy tym dodatkowo podkreślić, że stężenia większości szkodliwych substancji notowane przy ujściu Neru były wtedy wielokrotnie niższe od charakterystycznych dla jego biegu środkowego. Dla przykładu stężenia cynku, ołowiu, miedzi

i kadmu stanowiły tam odpowiednio: 7,6%, 12,5%, 7,6% i 23,5% wartości notowanych w Konstancynie Łódzkim (Bednarczyk 1997). Był to skutek zarówno tzw. samooczyszczania się rzeki, ale przede wszystkim rozpraszania wód Neru i zanieczyszczeń po terenach nawadnianych. W konsekwencji tego rodzaju działań rosła jednak szybko zawartość tych metali w irygowanych glebach (mangan, molibden, kobalt, miedź, bor, żelazo), a – co ważne – dotyczyło to zwłaszcza ich związków nierozpuszczalnych. Dość wcześnie zauważono także, że stężenia jonów wielu metali były wprost proporcjonalne do czasu prowadzenia nawodnień, a odwrotnie – do odległości od kolektora ściekowego (Biernacka 1970).



**Fot. 8.2.** Spienione detergentami wody Neru w okolicy Lutomiarska (21 kwietnia 1968)

**Źródło:** J. Burchard

Wody Neru stawały się też coraz bardziej szkodliwe dla budowli hydrotechnicznych, które bardzo szybko korodowały i wymagały częstych napraw. Postępowała również dewastacja wielu obiektów melioracyjnych, zwłaszcza tych o funkcjach regulacyjnych. Ilość ścieków w rzece zwiększała się w tempie niemal geometrycznym. Od początku lat 50. do połowy 80. ich objętość wzrosła ponad piętnastokrotnie. Plany przerzutu  $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  ścieków przemysłowych z Łodzi do Bzury i odciążenia nieco Neru także się nie powiodły (Bortkiewicz 1974), natomiast pojawił się dodatkowy problem zanieczyszczenia wód podziemnych w dolinie Neru i potrzeba ochrony zasobów czystych wód użytkowych w miejscowościach leżących w sąsiedztwie terenów nawadnianych. Na sto dwadzieścia osiem zbadanych wówczas

lokalnych studni tylko piętnaście miało wodę nadającą się do picia (fot. 8.3). Silne zanieczyszczenie chemiczne stwierdzono w stu ośmiu ujęciach, a bakteriologiczne – w siedemdziesięciu pięciu (Bednarczyk 1997).



**Fot. 8.3.** Studnia śródpolna w miejscowości Charzew nad Nerem, zamknięta z powodu zatrucia wody (12 kwietnia 1968)

**Źródło:** J. Burchard

Sytuacja na łąkach nad Nerem stawała się też trudna z uwagi na coraz częstsze doniesienia o chorobach tutejszych zwierząt i wzroście stężeń niektórych substancji w produktach z tego terenu, np. w mleku. Zawartość ołowiu, azotanów, cynku, a zwłaszcza detergentów w mleku pochodzącym od krów hodowanych na tych łąkach była istotnie większa niż na innych obszarach (tamże). To wówczas pojawiły się złośliwe anegdoty na temat jakości produktów pozyskiwanych z nawadnianych ściekami gruntów, np. sugerujące, że łąki nad Nerem dają co prawda dużo siana, ale miejscowy rolnik nigdy nie nakarmi nim swojej krowy. Także założony na początku sposób dezaktywacji ścieków z Łodzi, poprzez ich rozcieńczanie w wodach Neru, brzmiał w ostatnim okresie niemal anegdotycznie, gdyż biorąc pod uwagę objętości wody i ścieków, to raczej wodę Neru rozcieńczano w łódzkich ściekach.

W latach przed pełnym uruchomieniem GOŚ-ŁAM system nawodnień obszarów dolinnych oczyszczał jednak częściowo wody Neru z substancji biogenych. Badania prowadzone w połowie lat 90. udokumentowały, że tym sposobem usuwano z rzeki rocznie 200 t fosforu i ponad 1300 t azotu (Mosiej 1999; Mosiej, Kaczmarczyk 2006). Uruchamianie GOŚ-ŁAM odbywało się etapami: w latach 1995–1997 funkcjonowała jedynie część mechaniczna oczyszczalni, w okresie 1998–2000 zaczęły działać pierwsze ciągi technologiczne części biologicznej (oczyszczano wtedy około połowę objętości ścieków), a trzy lata później GOŚ-ŁAM osiągnęła już pełną sprawność technologiczną (uruchomiono kolejne dwa ciągi oczyszczania biologicznego).

Ilość biogenów (np. azotu, fosforu, BZT5) w wodzie odprowadzanej do Neru na początku funkcjonowania oczyszczalni dość szybko malała, a stężenia wielu substancji notowane w jego przekroju ujściowym (Chełmno) były mniejsze od rejestrowanych w biegu środkowym (Lutomiersk, Puczniew). Woda w Nerze z ówczesnej V klasy czystości (wody pozaklasowe) uzyskiwała stopniowo klasę III, choć ten pozytywny trend osłabł nieco w pierwszej dekadzie XXI wieku, kiedy to na odcinku między ujściem „Goški” i Puczniewem dostrzeżono spadek potencjału do samooczyszczania się rzeki, a jednocześnie stwierdzono okresowe (sezonowe) uwalnianie się niektórych biogenów, np. fosforanów z osadu dennego rzeki i rowów irygujących zbudowanych na nawadnianych gruntach rolniczych. Konsekwencją były utrzymujące się na tym samym poziomie, a czasem nawet rosnące z biegiem Neru, stężenia wielu biogenów (Mosiej, Kaczmarczyk 2007). Oznaczało to, że woda rzeczna ulegała okresowo wtórnemu zanieczyszczeniu fosforanami wskutek rozmywania nagromadzonych i zakolmatowanych w korytach i na terasach zalewowych osadów złożonych wcześniej, a pochodzących z poprzedniego okresu. Paradoksalnie dochodziło niekiedy do sytuacji, że jeśli stężenia niektórych biogenów w wodzie Neru były relatywnie małe (mniejsze od stężenia równowagi), to związki te były uwalniane z osadu dennego, zanieczyszczając tym samym rzekę (Mosiej i in. 2007a). Przykładowo dla wody Neru w rejonie Lutomierska i fosforanów takie stężenie równowagi wynosiło wówczas według ww. autorów  $1,2 \text{ mg PO}_4 \cdot \text{dm}^{-3}$ . Oczyszczanie ścieków w GOŚ-ŁAM nie wpływało również znacząco, przynajmniej w początkowym okresie, na ograniczenie dostawy azotu azotanowego do rzeki (Ilnicki i in. 2003), bowiem jego pochodzenie w Nerze związane było głównie z ogniskami zanieczyszczeń na skutek działalności rolniczej. W latach 2000–2006 udokumentowano nawet systematyczny wzrost ładunku tego biogenu (Jaskuła i in. 2016). Na początku drugiej dekady XXI wieku wody Neru charakteryzowały się nadal stanem jakości poniżej dobrego.

Ocena zmian stanu czystości wód Neru nie jest łatwa, a to z uwagi na zmienne w czasie normatywy i wskaźniki, zróżnicowane i zmieniające się czynniki determinujące, rozległy obszar oddziaływań i niewielki, niestety, zakres systematycznych pomiarów. Przywołane wyżej wyniki różnych analiz opierały się zwykle na krótkich, najwyżej dekadowych seriach względnie jednorodnych pomiarów wykony-

wanych jednak w różnych przekrojach pomiarowych i odmiennymi metodami. Badano także zróżnicowany zestaw parametrów diagnostycznych, a i kryteria waloryzacji jakości wody zmieniały się w czasie. Z tego powodu do analizy zmian wieloletnich zastosowaliśmy stosunkowo łatwy w konstrukcji wieloparametryczny indeks jakości wody  $WQI_{NSF}$  (National Sanitation Foundation Water Quality Index). Do obliczenia tego indeksu wykorzystuje się grupę najprostszych i najczęściej badanych charakterystyk fizykochemicznych wody (Chelmski 1997; Rai i in. 2012; Miller i in. 2015; Baird i in. 2017; Ewaid 2017).

Ocenie dynamiki wieloletniej poddano dostępne średnie miesięczne i roczne indeksy  $WQI_{NSF}$  obliczone na podstawie pomiarów wykonywanych w ramach monitoringu fizykochemicznego wód metodą ekspedycyjną w latach 1978–2010. Monitoring ten prowadziły służby WIOŚ w Poznaniu na posterunku w Chełmnie (5 km biegu Neru). Z uwagi na fakt, że pomiarów parametrów fizykochemicznych wody nie wykonywano w stałych odstępach czasowych, średnie miesięczne indeksy obliczono na drodze interpolacji między wartościami pomiarowymi. Do uśredniania zastosowano geometryczną metodę trapezów. Warto też dodać, że w latach 1980–1983 badania wykonywano nie w Chełmnie, ale w nieco wyżej położonym przekroju wodowskazowym w Dąbiu nad Nerem (monitoring prowadzony był przez WIOŚ w Łodzi). Zatem zbadana seria parametrów fizykochemicznych nie jest w tym aspekcie w pełni jednorodna genetycznie.

Wspomniany wyżej indeks  $WQI_{NSF}$  obliczano najpierw dla poszczególnych terminów pomiarowych i na tym etapie na podstawie dziewięciu zmierzonych parametrów fizykochemicznych wody uzyskiwano tzw. indeksy wskaźnikowe. Do ich obliczenia wykorzystano wartości zmiennych zmierzonych oraz stosowne wzory, tablice lub diagramy kalibracyjne pozwalające je zwaloryzować (Rai i in. 2012; *WQI Calculator...*). Dopiero na tej podstawie obliczano ważoną sumę dziewięciu indeksów wskaźnikowych składających się na właściwą wartość indeksu  $WQI_{NSF}$ . Do konstrukcji terminowych indeksów  $WQI_{NSF}$  używano zestawu dziewięciu indeksów wskaźnikowych obliczonych dla standardowych parametrów fizykochemicznych wody (w nawiasach podano wagi poszczególnych parametrów): nasycenie tlenem (0,17), miano Coli (0,16), pH (0,11), BZT5 (0,11), azot ogólny (0,10), fosfor ogólny (0,10), temperatura wody (0,10), mętność wody – NTU (0,08), i suma substancji rozpuszczonych (0,07). Po uzyskaniu indeksów terminowych obliczano przeciętne wartości miesięczne, a potem roczne. Brak w indeksie parametrów charakteryzujących zanieczyszczenie metalami ciężkimi, detergentami, solą czy też innych branych dziś pod uwagę wskaźników jakości wody (np. miar stanu biologicznego) każe obliczone miary oraz całość przeprowadzonej jakościowej waloryzacji wody w Nerze interpretować ostrożnie. Niemniej jednak uzyskane w ten sposób informacje pozwalają wskazać niektóre prawidłowości zmian jakości wody, w tym pojawiające się w wieloletnim tendencje.

Średni wieloletni indeks  $WQI_{NSF}$  (1979–2010) wyniósł 44,5 i kwalifikował jakość wody Neru w badanym okresie do kategorii złej (tab. 8.1). Choć łodzianom trudno sobie wyobrazić, by woda mogła być jeszcze gorszej jakości niż widywana



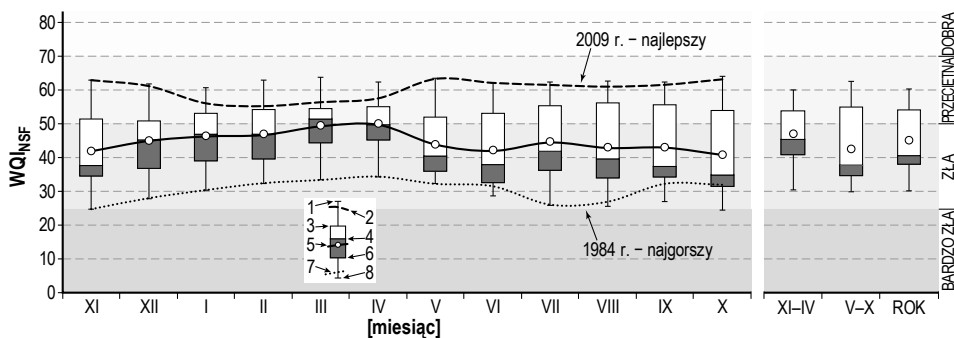
i wyczuwana niegdyś w Nerze, to fakty są takie, że analizowany indeks tylko sporadycznie osiągał wartości mniejsze od 25, a zatem tylko niekiedy wskazywał na jakość bardzo złą. W badanym okresie zdarzyło się to siedem razy latem i jesienią w latach 1982–1984 i raz w sierpniu 1996 roku. Średni indeks uzyskany dla półroczia chłodnego był nieco wyższy od obliczonego dla ciepłego (46,3 wobec 42,6). Ekstrema średnich rocznych w wieloleciu wynosiły: 30,3 (1984) i 60,2 (2019), natomiast ekstrema indeksów miesięcznych były jeszcze bardziej zróżnicowane: 24,5 – jakość bardzo zła (październik 1984), i 64,0 – jakość przeciętna (październik 2008).

Tab. 8.1. Kategoria jakości wody wg indeksu jakości wody  $WQI_{NSF}$

Zakres indeksu $WQI_{NSF}$ [%]	Jakość wody
0–25	Bardzo zła
26–50	Zła
51–70	Przeciętna
71–90	Dobra
91–100	Znakomita

Źródło: Ewaid (2017)

Obraz sezonowej zmienności i rocznego zróżnicowania indeksu  $WQI_{NSF}$  jasno dowodzi, że w skali zbadanego wielolecia najgorsza była jakość wody płynącej Nerem w miesiącach półroczia ciepłego i – co warto podkreślić – indeksy okazały się w tym półroczu najbardziej zróżnicowane (rys. 8.1).



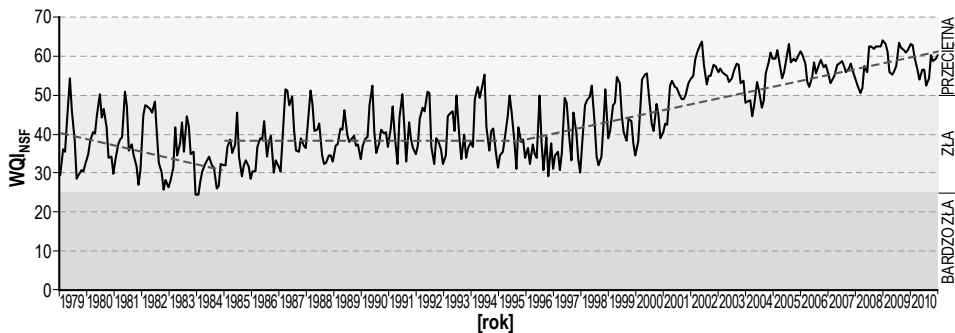
Rys. 8.1. Sezonowe zróżnicowanie indeksu jakości wody ( $WQI_{NSF}$ ) Neru w przekroju Chetmno w latach 1979–2010

**Objaśnienia:** 1 – maksimum; 2 – wartość w przeciętnie najlepszym roku wielolecia; 3 – kwartył trzeci; 4 – mediana; 5 – średnia arytmetyczna; 6 – kwartył pierwszy; 7 – wartość w najgorszym roku; 8 – minimum

Źródło: obliczenia i opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Poznań i WIOŚ Łódź

Było to oczywistą konsekwencją relatywnie niskich przepływów naturalnych rzeki (częste niżówki i małe rozcieńczenie ścieków) oraz skutkiem pojawiających się nieregularnie wezbrań opadowych, które powodowały względną poprawę jakości wody w efekcie wzrostu rozcieńczenia. W najgorszym 1984 roku indeksy jakości oscylowały wokół wartości 30, a latem i jesienią sięgały nawet poniżej 25, czyli do granicy wód bardzo złej jakości (tab. 8.1). W najlepszym w skali wielolecia roku 2009 wody Neru cechował indeks jakości oscylujący wokół liczby 60 i mieszczący się już w przedziale jakości przeciętnej. Warto też dostrzec, że w roku 1984 wody o najgorszej jakości płynęły latem, a w 2009 roku – zimą.

Ocena kierunku i charakteru zmian jakości wód Neru, nawet jeśli ograniczymy ją tylko do oceny dynamiki ww. indeksu, jest, z jednej strony, łatwa, ale z drugiej – dość skomplikowana. Niewątpliwie w badanym okresie jakość wód tej rzeki mierzona  $WQI_{NSF}$  znacznie się poprawiła. Trend rosnący jest wyraźny, choć niekoniecznie liniowy. Po roku 2001 jakość wody w rzece można uznać za przeciętną, przy czym zaznacza się dodatkowo dość wyraźny trend wzrostowy oraz, co równie istotne, maleje zmienność sezonowa i wieloletnia indeksu. Pojawia się zatem swoista stabilność jakości wód przy zaznaczającym się trendzie wzrostowym. W obrazie dynamiki  $WQI_{NSF}$  widoczne są również trzy punkty nieciągłości. Wystąpiły one na przełomie lat 1984–1985, 1997–1998 i 2002–2003 (rys. 8.2), a ich geneza jest właściwie oczywista. Po pierwsze, w połowie lat 80. wystąpiło maksimum zrzutu tylko mechanicznie oczyszczanych ścieków z Łodzi odprowadzanych poprzez starą oczyszczalnię na Lublinku.



**Rys. 8.2.** Zmiany indeksu jakości wody Neru ( $WQI_{NSF}$ ) w przekroju Chełmno w wieloletniu 1979–2010 (lata hydrologiczne)

**Źródło:** obliczenia i opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ Poznań i WIOŚ Łódź

Po drugie, od 1997 roku ścieki odprowadzane z nowej GOŚ-ŁAM są już oczyszczane biologicznie, a po trzecie – w 2002 roku oddano do użytku dwa kolejne ciągi biologicznego oczyszczania wód w GOŚ-ŁAM. Można zatem stwierdzić, że zastosowany wieloparametryczny indeks dość dobrze odzwierciedla kierunki zmian jakości wód Neru w skali wielolecia, choć z uwagi na swą konstrukcję ma pewne ograniczenia.

## 8.2. Aktualny stan jakości wód w zlewni

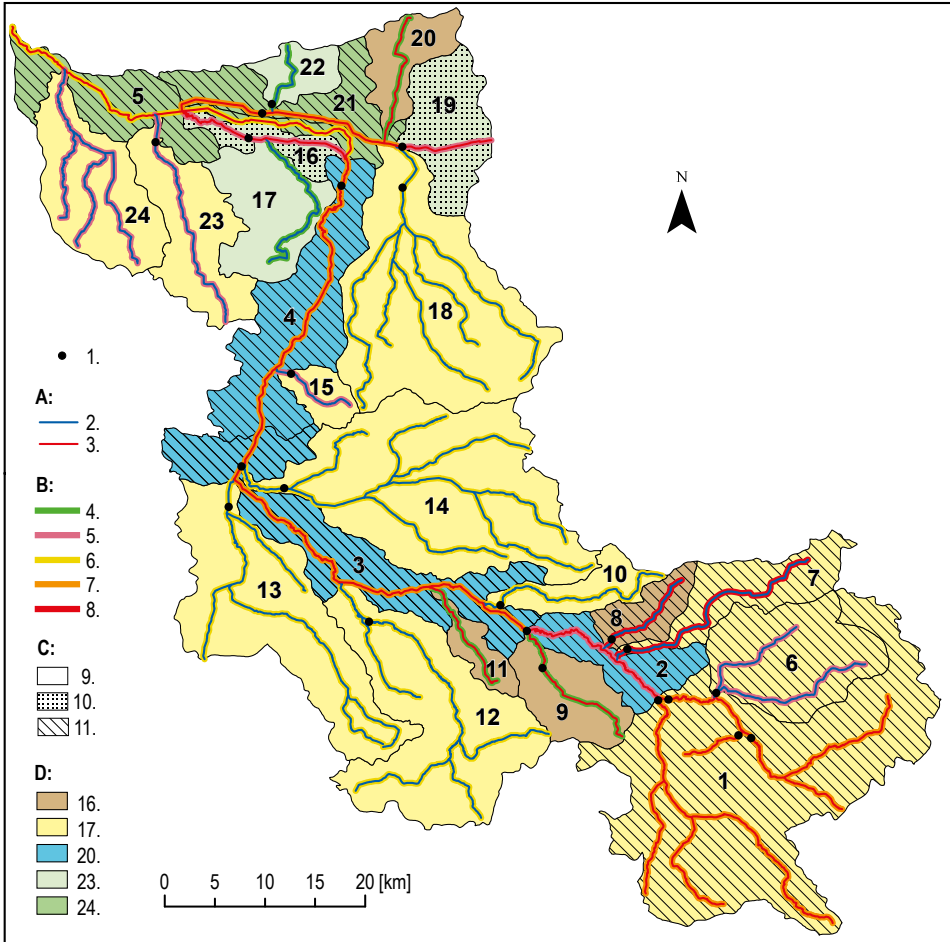
Zgodnie z Ramową Dyrektywą Wodną Unii Europejskiej (RDW) stan jakości wód powierzchniowych podlega ocenie w ramach jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP). Liczba ich zmienia się co jakiś czas, ale można przyjąć, że w Polsce oscyluje wokół czterech tysięcy sześciuset (Absalon 2017). Obok nich wyróżniono tzw. scalone części wód powierzchniowych (SCWP), przy czym ich liczba jest trudna do określenia, gdyż zmienia się nieustannie. Aktualny stan wód powierzchniowych całej Polski, oceniony dla tych jednostek, należy uznać za zły. Spośród ponad dwóch i pół tysiąca jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP), w tym potoków, strug, jezior i odcinków rzek ocenionych w 2016 roku, w ramach różnych form monitoringu i na podstawie badań wykonywanych od 2011 roku stan tylko 10% z nich można uznać za co najmniej dobry (Wiech i in. 2018). Sytuacja ta jest oczywistą pochodną wieloletnich zaniedbań i ignorowania prostej zasady, że najlepszym sposobem ochrony rzek i wód rzecznych jest ich niezanieczyszczanie. Pewną rolę mogły również odgrywać stosunkowo ostre kryteria przeprowadzonej waloryzacji, w tym reguła „najgorszy decyduje”.

Na ogólną ocenę jakości wód rzecznych składają się stan i potencjał ekologiczny oraz stan chemiczny. Każdy z tych elementów oceniany jest na podstawie analizy wieloparametrycznej, przy czym w przypadku oceny stanu chemicznego uwzględniane substancje priorytetowe, a zwłaszcza uzupełniające, zmieniają się dość często. Ich wykaz jest załącznikiem do RDW, ale co jakiś czas bywa aktualizowany. Warto też pamiętać, że stan chemiczny JCWP może być oceniany na „matrycy wodnej”, ale również w oparciu o tzw. biota, a ostatnio również poprzez badanie osadów rzecznych, to zaś stwarza ryzyko genetycznej niejednorodności ciągów pomiarowych.

Stan ekologiczny JCWP jest determinowany przez różne czynniki, w tym elementy niezwiązane wprost z zanieczyszczeniem wody, np. warunki hydromorfologiczne koryta. Niektóre cechy ekologiczne rzeki są tak silnie uzależnione od warunków hydrologicznych i morfologicznych koryt i dolin oraz zanieczyszczeń lokalnych, że nawet przy wysokiej jakości podstawowych cech fizykochemicznych wody stan JCWP nie może być uznany za dobry, jeśli rzeka cechuje się złym stanem hydromorfologicznym (Ciećko, Panek 2019). Konsekwencją tego jest między innymi fakt, że dobry stan chemiczny stwierdzono w prawie połowie ocenionych JCWP w Polsce, natomiast co najmniej dobry lub potencjał ekologiczny cechował tylko niecałe 20% zbadanych jednostek. Warto podkreślić, że zły lub słaby stan i potencjał ekologiczny cechowały odpowiednio 24 i 27% ocenionych JCWP w Polsce.

Wyróżnione w zlewni Neru części wód powierzchniowych (JCWP i SCWP) należą do regionu wodnego Warty dorzecza Odry. Górny Ner i większość JCWP wydzielonych w jego zlewni zakwalifikowane zostały do typu cieku o kodzie 16 lub 17 (odpowiednio: potok nizinny gliniasty, potok nizinny piaszczysty płynący po utworach starogłajalnych). Takich JCWP jest na tym obszarze jedenaście. Są tu również cztery SCWP o wskazanym charakterze (*Informacje dotyczące jednolitych...* 2020). Wśród pozostałych wyróżniono również trzy SCWP o kodzie 20 (rzeka nizinna żywirowa w obrębie pradoli-

ny) oraz jeden JCWP i jeden SCWP o kodzie 24 (średnia rzeka na obszarze będącym pod wpływem procesów torfotwórczych), a także dwie JCWP o kodzie 23 (potok nizinny na obszarze będącym pod wpływem procesów torfotwórczych). Do typu 20 zaliczono trzy SCWP w zlewni Neru od ujścia Dobrzyńki do połączenia z Kanałem Zbylczycykim, a do typu o kodzie 24 – Kanał Królewski od Zianu do ujścia i Ner poniżej Kanału Zbylczycykiego. Do typu 23 włączono natomiast dwa niewielkie dopływy Neru (rys. 8.3).



**Rys. 8.3.** Stan JCWP zlewni Neru w 2016 roku

**Objaśnienia:** 1 – punkty monitorowania wód rzecznych przez WIOŚ w Łodzi w latach 2013–2020; A: stan chemiczny JCWP (SCWP): 2 – dobry, 3 – poniżej dobrego; B: stan/potencjał ekologiczny JCWP (SCWP): 4 – co najmniej dobry, 5 – poniżej dobrego, 6 – umiarkowany, 7 – słaby, 8 – zły; C: status JCWP (SCWP): 9 – naturalna, 10 – skalona, 11 – silnie zmieniona; D: typ abiotyczny JCWP/SCWP (*Rozporządzenie Ministra... 2009*)

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie *Informacji dotyczących jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych...* oraz Bazy Danych i Geobazy do aktualizacji planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy, Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie

Dla dwu SCWP, czyli Kanału Zbylczyckiego i górnej części Kanału Królewskiego (kanał Łęka-Dobrogosty), charakter ciek nie został określony. W ocenie autorów oba sztuczne rowy należy zaliczyć do typu 23. Łącznie w zlewni Neru wyróżniono czternaście JCWP i dziesięć SCWP. Spośród wszystkich SCWP aż dziewięć otrzymało status wód silnie zmienionych.

Autorom znane są próby szczegółowej, bo opartej na badaniach terenowych, oceny stanu hydromorfologicznego rzek w zlewni Neru (Bartnik, Tomalski 2016; Szymkiewicz, Twardy 2016). W obu wskazanych pracach użyto, przystosowanej do warunków Polski, wielokrotnie modyfikowanej metody RHS (River Habitat Survey) (Jusik i in. 2014). Zbadano łącznie cztery odcinki górnego i środkowego Neru oraz piętnaście fragmentów koryt w obrębie jego siedmiu łódzkich dopływów (Gadki, Jasienia, Olechówki, Karolewki, Bałutki, Łódki i Jasieńca). Obliczono zarówno wskaźniki przekształcenia środowiska (HMS), jak też wskaźniki jego naturalności (HQA), a na ich podstawie dokonano oceny stanu hydromorfologicznego wybranych cieków.



**Fot. 8.4.** Koryto Karolewki z wylotami przelewów burzowych

**Źródło:** M. Zawadzki

Uzyskane wskaźniki przekształcenia łódzkich cieków (HMS) mieszczą się w granicach od 15 (Gadka) do prawie 70 (Karolewka) (fot. 8.4). Przeciętny wskaźnik HMS dla wskazanej grupy rzek wynosi około 65. Badania dowodzą zatem,

że prawie wszystkie łódzkie cieką cechują się wysokim stopniem przekształcenia siedlisk. W odniesieniu do naturalności siedliska (HQA) można przyjąć, że ponad połowa zbadanych cieków ma najuboższe lub ubogie siedliska (klasa V i IV). Biorąc zaś pod uwagę oba wskaźniki, stan hydromorfologiczny większości łódzkich dopływów Neru należy uznać za zły (klasa V), niekiedy słaby (IV), a tylko sporadycznie umiarkowany (Bartnik, Tomalski 2016; Szymkiewicz, Twardy 2016).

Zwiększony spływ powierzchniowy z utwardzonych powierzchni Łodzi prowadzi do wzrostu stężenia związków mineralnych i metali ciężkich w wodach jej cieków miejskich, zwłaszcza po obfitych deszczach lub w okresie szybkich roztopów. To zaś powoduje wysoką przewodność elektrolityczną tych wód. Uregulowane lub skanalizowane odcinki rzek łódzkich i podłódzkich, z uwagi na potrzebę szybkiej spławności, pozbawia się też często zwartej roślinności ekotonowej. Jeśli przybrzeżne drzewa i krzewy zostają usunięte, podnosi się też temperatura wody, zwłaszcza w okresie letnim, a to znacząco obniża zawartość tlenu rozpuszczonego, dlatego w uregulowanych odcinkach strumieni ze zdewastowaną strefą przybrzeżną, dnem wybetonowanym lub pokrytym jednorodnym drobnopiezarnistym materiałem, przy jednoczesnym niedoborze tlenu rozpuszczonego w wodzie, obserwuje się spadek biologicznej różnorodności i dominację mniej wymagających organizmów. Wydaje się również, że wpływ na rozmieszczenie fauny wodnej i wodolubnej ma lokalizacja cieków względem ścisłego centrum miasta. Problem „niegościnności” miejskich cieków dla organizmów wodnych notowany jest częściej w centralnej części miasta niż na jego obrzeżach (Tszydel i in. 2010).

Znaczna część cieków w pozostałej części zlewni Neru charakteryzuje się także silnym przekształceniem hydromorfologicznym, które jest przede wszystkim skutkiem regulacji koryt, ich zabudowy poprzecznej i podłużnej (np. kanalizacji), eksploatacji budowli regulacyjnych i melioracyjnych oraz zabiegów korekcyjnych (por. rozdz. 7.1). W wielu przypadkach zmiany dokonane w korytach utrudniają, a lokalnie wręcz uniemożliwiają, osiągnięcie celów środowiskowych zgodnych z założeniami RDW. Dotyczy to chociażby przyjętej w skali kraju konieczności utrzymania lub przywrócenia dobrego stanu lub potencjału ekologicznego cieków, na przykład w zakresie elementów biologicznych. Liczne budowle poprzeczne zaburzają bowiem ciągłość cieków, która jest właściwie niezbędna dla zachowania dobrostanu ekosystemów wodnych i transportu genów, zaś kanalizacja, regulacja i utwardzenie koryt istotnie przyspieszają w nich ruch materii, izolują je i praktycznie uniemożliwiają podtrzymanie choćby *quasi*-naturalnych związków z doliną i zlewnią. W tym kontekście opisany wcześniej fakt, że większość budowli wodnych w zlewni znajduje się w fatalnym stanie technicznym i praktycznie nie działa poprawnie, można potraktować jako czynnik sprzyjający odnowie hydromorfologicznej. Z drugiej jednak strony, wiele z tych urządzeń, w wyniku uszkodzeń i poprzez nieprawidłowe działanie, wpływa często nie na poprawę, ale pogorszenie stanu i potencjału ekologicznego cieków. Dobrym przykładem są systemy irygacyjne na terenach nadrzecznych w dolinie środkowego Neru lub zdewastowane i silnie zeutrofizowane stawy hodowlane w różnych częściach zlewni.

Spośród wyróżnionych JCWP (SCWP) w latach 2010–2016 badania stanu/potencjału ekologicznego i chemicznego wykonano dla ośmiu naturalnych i ośmiu silnie zmienionych części wód (tab. 8.2). Założony cel osiągnięcia dobrego stanu/potencjału ekologicznego i stanu chemicznego w ogromnej większości JCWP (SCWP) nie został osiągnięty – w przypadku badanych cieków należy go uznać za zły. Mimo że stan ekologiczny cieków silnie zmienionych nieco się poprawił, to jednak tendencja ta nie jest stabilna. W przypadku cieków naturalnych stan ekologiczny nie uległ zmianie i w większości jest on ciągle umiarkowany, a niekiedy słaby. O niskim stanie lub potencjale ekologicznym wód obu ww. typów cieków decydowały głównie przekroczenia w odniesieniu do azotu Kjeldahla, azotu azotanowego, fosforu i fosforanów oraz biowskaźniki (fitobentos, makrobezkręgowce), a niekiedy również brak ichtiofauny. Stan chemiczny był badany stosunkowo rzadko, ale w tych kilku przypadkach analizy wskazały na stan poniżej dobrego. Tylko w dolnym odcinku Kanału Królewskiego woda cechowała się dobrym stanem chemicznym. Przyczyną tego był zapewne fakt, że w obrębie pradoliny ciek ten zasilany jest głównie wodami podziemnymi o stosunkowo dobrej jakości.

Z relacji ludności zamieszkującej na początku XX wieku nad Nerem wynika, że jeszcze wówczas była to rzeka rybna, a skład gatunkowy rybostanu był urozmaicony i podobny do notowanego w innych ciekach środkowej Polski (Penczak 1975). Jednak już w połowie lat 30. XX wieku opinia o ichtiofaunie Neru była nie dość, że bardzo ogólna, to równocześnie porażająca:

*Ścieki Łodzi spływają do rzek Jasieni, Łódki i Bałutki. Pod ich wpływem Ner zmienia się do tego stopnia, że przyjmuje charakter ścieków miejskich. Zanieczyszczenia tego nie jest w stanie strawić na całym swym biegu [...]. Zanieczyszczenie spowodowane w Nerze przez ścieki łódzkie jest tak silne, iż daje się wskazać na drodze bardzo ciekawej. Oto ryby w Nerze, w okolicy ujścia do Warty, posiadają podobno smak nieprzyjemny, pochodzący z przyjmowania z pokarmem części ścieków i chemikaliów rozpuszczonych w wodzie. Według podania rybaków bardzo często obserwuje się w Nerze spływanie śniętych ryb, zatrutych ściekami Łodzi [...]. Odnosnie składu ichtiofauny trudno się wypowiadać (Kulmatycki 1936).*

Ocena ta, a właściwie jej brak, wskazuje nie tylko na ogromne zanieczyszczenie rzeki już w okresie przedwojennym, ale również na wywołany tym faktem brak większego zainteresowania organizmami, które zdołały jeszcze przetrwać w korycie Neru. A przecież „śnięte ryby jednak spływały”, a zatem musiały również żyć w niektórych odcinkach rzeki lub jej dopływów.

Potem było jednak jeszcze gorzej i w latach 60. XX wieku wydawało się, że życie w korycie środkowego i dolnego Neru zginęło całkowicie. Jednak badania prowadzone w latach 70. XX wieku wskazywały, że pomimo niemal całkowitej degradacji biologicznej rzeki w jej wodach oraz w większości jej dopływów zachowały się nieliczne, bardzo odporne na zanieczyszczenia zespoły ichtiofauny (Penczak 1975).

Tab. 8.2. Jakość wód w obrębie JCWP (SCWP) zlewni Neru w latach 2010–2016

Numer na rys. 8.2.1	Nazwa JCW (SCW)	Typ abiotyczny	2010–2012		2013–2015		2016		Tendencja	
			S/P-E	S-Ch	S-O	S-Ch	S/P-E	S-Ch		S-O
SILNIE ZMIENIONE CZĘŚCI WÓD										
1	Ner do Dobrzyńki	17	S	-	Z	U	-	Z	-	poprawa S/P-E
2	Ner od Dobrzyńki do Zalewki	20	-	-	-	Z	P.D	Z	P.D	bez zmian
3	Ner od Zalewki do doptywu spod Łęzek	20	S	P.D	Z	U	P.D	Z	P.D	poprawa S/P-E
4	Ner od doptywu spod Łęzek do Kanatu Zbylczyckiego	20	S	P.D	Z	U	P.D	Z	P.D	poprawa S/P-E
6	Jasień	17	-	-	-	Z	-	Z	-	bez zmian
7	Łódka	17	Z	-	Z	Z	-	Z	-	bez zmian
8	Jasieniec	16	Z	-	Z	S	-	Z	-	poprawa S/P-E
21	Kanał Królewski (Łęka-Dobrogosty) od ujścia Zianu do ujścia do Neru	24	S	-	Z	U	D	Z	-	poprawa S/P-E i S-Ch
NATURALNE CZĘŚCI WÓD										
9	Zalewka	16	-	-	-	U	-	Z	-	b.d.
10	Lubczyna	17	U	-	Z	U	-	Z	U	bez zmian
12	Pisia I	17	U	-	Z	U	-	Z	-	bez zmian
13	Pisia II	17	U	-	Z	U	-	Z	-	bez zmian
14	Beldówka	17	U	-	Z	U	-	Z	-	bez zmian
15	Doptyw z Tarnowa	17	-	-	-	U	-	Z	U	bez zmian
18	Zian do ujścia w Kanale Królewskim (Łęka-Dobrogosty)	17	U	-	Z	U	P.D	Z	-	bez zmian
23	Pisia III	17	-	-	-	-	-	-	U	b.d.

**Objaśnienia:** S/P-E – stan/potencjał ekologiczny; S-Ch – stan chemiczny; S-O – stan ogólny; D – dobry; PD – poniżej dobrego; S – słaby; U – umiarkowany; Z – zły

**Źródło:** opracowanie własne na podstawie danych WIOS Łódź



W samym Nerze stwierdzono na przykład obecność dziesięciu gatunków ryb, jednak głównie w odcinku źródłowym (do granic miejskiej zabudowy Łodzi), przy czym dominowały ryby niewielkie, jak ciernik i kiełb. Zniknęły zaś, i to na długie lata, odnotowywane tu dawniej gatunki użytkowe, takie jak: szczupak, płoć, okoń, lin, karaś oraz karp. Stan taki występował również w Dobrzyńce. Nieco lepiej było w innych dopływach Neru: w Beldówce, Pisi I, Pisi II, Nidzie i Gnidzie poza ciernikiem i kiełbkiem notowano też występowanie niektórych ww. ryb użytkowych oraz minogów (Przybylski i in. 1993). Większe skupiska ichtiofauny odnotowywano również poniżej zbiorników wodnych, np. Stawów Stefańskiego.



**Fot. 8.5.** Rów melioracyjny („ichtioprzechowalnia”) w dolinie dolnego Neru w okolicy Majdanów

**Źródło:** A. Bartnik

Pierwsze inwestycje w GOŚ-ŁAM nie przyniosły większej poprawy w stanie ichtiofauny i dopiero po 2002 roku zaistniała możliwość naturalnej, a okresowo wspomagananej, regeneracji rybostanu Neru. Dziś prognozuje się, że w miarę poprawy czystości wody kolejne gatunki zasiedlać będą koryto główne Neru, przyczyniając się do odbudowy ichtiofauny rzeki. Ważną rolę w tym procesie będzie zapewne pełnić proces naturalnego wstępowania ryb z Warty do Neru, chociaż łososia czy też jesiotra raczej spodziewać się tu nie należy. Ostatniego łososia w Warcie złowiono bowiem w 1933 roku pod Rychłolicami, a tarło jesiotrów obserwowano w tej rzece po raz ostatni w pierwszej dekadzie XX wieku pod Konopnicą (Kulmatycki 1936). Proces odnowy rybostanu będzie przebiegał zapewne bardzo

powoli, gdyż na przeszkodzie naturalnej migracji gatunków z dolnego Neru do środkowego stoją liczne budowle wodne, a zwłaszcza pozbawione przepławek jazy ruchome. Także zarybianie środkowego Neru jaziem, karasiem, miętusem i szczupakiem nie przyniosło jak dotąd oczekiwanych rezultatów. Dopiero poniżej Poddębic zanotowano związany z tymi zabiegami niewielki przyrost ichtiofauny (Penczak i in. 2010).

Na podkreślenie zasługuje jednak fakt, że sztuczne, przez wiele lat niekonserwowane i mocno zużyte, urządzenia wodne, np. sieci rowów melioracyjnych, w czasie, gdy Ner był tylko ściekiem, pełniły niekiedy ważną rolę dla podtrzymania istnienia w jego zlewni niektórych gatunków ryb, a zwłaszcza piskorza. Przykładem są kanały w obrębie pradoliny Bzury-Neru, które stały się swoistym źródłem tej ryby – kolonizatora dla koryta Neru (fot. 8.5). Oceniono, że w sztucznych rowach i ciekach pradoliny zagęszczenie piskorza przekracza dziś stukrotnie wartości referencyjne (Pyrzanowski i in. 2015), a już pod koniec lat 90. XX wieku liczne osobniki pochodzące z tych rowów były odławiane w bardzo zanieczyszczonym jeszcze wówczas dolnym Nerze.

Na zakończenie tego rozdziału, biorąc pod uwagę dzisiejszy stan Neru oraz jego wielu łódzkich dopływów, można, trochę w ich imieniu, a trochę w naszym, zapytać słowami Jana Izydora Sztudyngera, chwilowego, ale jednak łodzianina: „Jak długo będziemy czuć. / Miłość do Łodzi i... Łódź?”



## Zakończenie

Niedawny stosunek łodzian i mieszkańców środkowej Polski do Neru da się określić nieco złośliwą, ale jakże prawdziwą parafrazą przysłowia i werselem z autorskiej piosenki napisanej przez poetę i satyryka z łódzkiej Przechowalni Andrzeja Poniedziałkiego: „Jak się nie ma tego, co się lubi. / To nie lubi się i tego, co się ma”.

Chyba rzeczywiście tak było w przypadku Łodzi i Neru, bowiem w przeciwieństwie do innych miast Polski Łódź pozbawiona od początku swojego istnienia dużej rzeki najpierw wykorzystwała i zdewastowała płynące na jej terenie małe cieki wodne, później zdegradowała Ner, by w końcowym etapie na długie lata zapomnieć i o Nerze, i o jego dopływach. Nie usprawiedliwiając oczywiście tego faktu, należy jednak obiektywnie stwierdzić, że nie był to ani pierwszy, ani ostatni taki przypadek w Polsce i na świecie. W podobny sposób zdegradowano już niegdyś Ren i rzeki Górnego Śląska, a także dewastuje się nadal duże i małe cieki w wielu innych krajach, np. indyjską Jamunę (Haberman 2006), argentyńską Río Matanza (Gómez 1998), uchodzącą do Zatoki Neapolitańskiej włoską Sarno (Cicchella i in. 2014) czy też podobną nieco do Neru, gdy idzie o genezę zanieczyszczeń (przemysł włókienniczy), jawańską Citarum River (Fulazzaky 2010).

Hydrologicznym skutkom urbanizacji, uprzemysłowienia i intensywnego rolnictwa poświęcono już tony papieru i terabajty pamięci. W Polsce napisano na ten temat nawet swoistą „trylogię”, której autor w oparciu o ogromną liczbę przykładów ze świata przedstawił główne przyczyny i skutki różnych, mniej lub bardziej nieprzemysłanych, naszych działań w hydrosferze (Kowalczak 2007, 2008, 2011). Próbowano też często, i próbuje się nadal, szukać współsprawców negatywnych procesów antropogenicznych obserwowanych w rzekach i środowisku geograficznym. Najważniejszym „podejrzany” są oczywiście zachodzące coraz intensywniej zmiany klimatyczne. Obarczamy je często odpowiedzialnością za skutki zawinione i niezawinione, pomijając przeważnie fakt oczywisty, że to my jesteśmy głównymi sprawcami przemian klimatu globalnego i zmian w dużym i małym obiegu wody.

By przeciwdziałać degradacji cieków wodnych, uchwalono tysiące różnej wagi aktów prawnych dotyczących wszystkich rzek lub konkretnych dorzeczy czy obiektów. Wiele z nich miało na celu ich ochronę lub rewaloryzację i wydano na to sporo pieniędzy przysłowiowego podatnika. Można więc zapytać: czy są tego efekty? Oczywiście są, przy czym największe i najbardziej spektakularne dotyczą aspektów technicznych i technologicznych ochrony czy rekultywacji obiektów wodnych. Wiemy już przeważnie, co trzeba zmienić i jak to zrobić, umiemy też naprawiać i dezaktywować to, co z ogromnym zapalem przez długie lata niszczyliśmy i zatruwaliśmy i co, niestety, z zapalem godnym lepszej sprawy... robimy nadal. Nauczylismy się już wiele jako społeczeństwo, ale nadal w większości nie umiemy myśleć perspektywicznie. Mówiąc w skrócie, nadal nie potrafimy pogodzić się z faktem i wykorzystać sprawczo tego, że rzeki będą czyste i użyteczne tylko wówczas, gdy przestaniemy je zanieczyszczać.

Po tym nieco przydługim i raczej „beznadziejnym” wstępie warto powrócić do Neru. Wydaje się bowiem, że po ponad stu pięćdziesięciu latach dewastacji rzeka ta zaczyna żyć na nowo. Niektóre skutki i pochodne długotrwałej jej degradacji i zanieczyszczania zaczynają już zanikać, inne potrzebują dużo więcej czasu, a reszta pozostanie na długo i prawdopodobnie na trwałe wpisze się w „postindustrialny” krajobraz jej doliny, koryta i całego systemu hydrograficznego. W związku z tym trzeba będzie się do nich przyzwyczaić, a może nawet je zaakceptować i polubić. Wiele obserwowanych w ostatnim dwudziestoleciu zmian zachodzi w Nerze właściwie już samoczynnie bądź „z niewielką pomocą przyjaciół”. Należą do nich zapewne, mocno związane z uruchomieniem GOŚ-ŁAM, systematyczna poprawa czystości wody płynącej Nerem i jego łódzkimi dopływami oraz związany z nią powrót życia do rzeki i ludzi nad rzekę.

O powrocie życia do rzeki świadczy nie tylko, dokumentowana badaniami, coraz większa bioróżnorodność w korycie i dostrzegalna nawet gołym okiem poprawa jej stanu ekologicznego, ale również, a może przede wszystkim, obecność wielu gatunków ryb w Nerze i różnych specjalistów wędkarzy (spiningistów, batmanów i feederowców) oraz kół wędkarskich nad jego brzegiem. Organizowane są tu aktualnie lokalne zawody wędkarskie, z całkiem okazałymi efektami (fot. 9.1). Ryb jest w Nerze coraz więcej i to zarówno w aspekcie ilościowym, jak i różnorodności gatunkowej. Spotykane są w nim również raki. Dla opinii o tej rzece szczególnie ważne jest to, że ryby z niej da się dziś nie tylko łowić, ale można je również jeść. Twierdzą tak liczni wędkarze wyciągający z wody środkowego i dolnego Neru płocie, okonie, leszcze, karasie, karpie, szczupaki, a nawet dopływające z Warty jazie, klenie i sumy.

Ludzie wracają nie tylko nad, ale również i na rzekę. Co prawda spływy kajakowe Nerem odbywały się już w okresie międzywojennym i są na to dowody w postaci zachowanych fotografii i relacji, ale wtedy były to raczej imprezy tylko dla śmiałków. Po drugiej wojnie światowej zmieniły się one bardzo i stały się przedsięwzięciami dla przysłowiowych „samobójców”. Krótco po otwarciu GOŚ-ŁAM, bo już w 2005 roku, grupa takich śmiałków zorganizowała jednodniowy spływ

kajakowy na odcinku dolnego Neru od wsi Parski Zimne do Dąbia. Był podobno udany. Może dlatego w lipcu 2012 roku trzech łódzkich kajakarzy: Rafał Tomczyk, Michał Królicki i Tomasz Zając, popłynęło Nerem od ujścia „Goški” do Warty i dalej Wartą aż do Koła.



**Fot. 9.1.** Zwycięski połów na Nerze w trakcie V Grand Prix Koła PZW 38 z Pabianic w lipcu 2016 roku

**Źródło:** *V Grand Prix Koła...*

Spływ ten trwał cztery dni, a do pokonania było ponad 98 km Neru, dziewiętnaście przenosek oraz szereg mostów, kładek i progów. Jak stwierdzili „zdobywcy”, rzeka była szybka, do Lutomska bardzo zanieczyszczona pływającymi śmieciami, krajobraz tylko miejscami urozmaicony, a miejsc do bezpiecznego biwakowania zidentyfikowano niewiele (fot. 9.2). Łatwo więc nie było. W maju 2018 roku zapoczątkowano również planowaną serię krótszych, ale za to częściej odbywających się spływów kajakowych z Konstantinowa Łódzkiego do Lutomska (*Konstantynów Łódzki...* 2018). Podobna impreza ruszyła również w lipcu tego samego roku, ale z Dąbia do ujścia Neru. Te ostatnie zawody zgromadziły pięć drużyn kajakowych ze Związku Gmin Nadnerzańskich i – co ważne – start tego spływu odbył się z nowo otwartej przystani kajakowej w Dąbiu. Zatem wyrażone we wstępie do tej książki nasze marzenia, by nad Nerem powstały kiedyś przystanie wodne, zaczynają powoli nabierać realnych kształtów.



**Fot. 9.2.** Spływ kajakowy Nerem w 2012 roku

**Źródło:** *Łódź, nasze miasto...*



**Fot. 9.3.** MEW w Zygmontowie ze śrubą Archimedesą w kanale obiegowym

**Źródło:** *Strategia marki. Łódzkie Energetyczne (2014)*

W 2014 roku na jazach piętrzących na Nerze było zainstalowanych dziewięć urządzeń produkujących energię elektryczną (Charbice Dolne – 45 kW, Charbice Górne – 45 kW, Zygmunów – 66 kW (fot. 9.3), Puczniew – 110 kW, Małyń – 29 kW, Bałdrzychów – 40 kW, Wilkowice – 60 kW, Wólka – 90 kW, i Kolonia Borek – 44 kW). Kolejny obiekt powstał nieco później w Jeżewie. Szacunkowa łączna moc, jaką można uzyskać przy pełnym wykorzystaniu już istniejących budowli piętrzących na Nerze w obrębie województwa łódzkiego, wynosi około 510 kW. Chociaż energetyczne wykorzystanie stabilnego w czasie i relatywnie dużego przepływu Neru kontrastuje nieco z ideą ekologicznego i turystycznego zagospodarowania tej rzeki, to funkcjonujące tu od dawna MEW nie są przecież obiektami degradującymi rzekę i trwale przecinającymi jej kontinuum, bowiem niektóre z nich uzbrojono już w przepławki lub kanały poboczne. Ze względu na specyficzny reżim przepływu Neru MEW mogą tu pracować prawie przez cały rok, z krótkimi przerwami na okresy wielkoskalowych nawodnień i na coraz rzadziej występujące zlodzenia. W ocenie autorów poza aspektem energetycznym (czysta energia) MEW te mogą, i powinny, stać się również lokalnym walorem w turystyce edukacyjnej i wodnej, zwłaszcza w powiązaniu z zachowanymi, a nierzadko zabytkowymi, urządzeniami i obiektami młyńskimi lub piętrzącymi (np. młyn w Małyniu). Nie bez znaczenia jest również to, że urządzenia towarzyszące MEW są w stanie oczyścić wodę rzeczną ze śmieci wielkogabarytowych, a same turbiny prowadzą do dodatkowego jej natleniania. Zatem małe elektrownie wodne nad Nerem wydają się dobrym przykładem funkcjonowania w praktyce zasad zrównoważonego rozwoju, uwzględniających wymogi ochrony środowiska oraz potrzeby społeczeństwa i gospodarki. Trochę dziwi i zaskakuje więc fakt, że ich liczba z roku na rok maleje. W opinii właścicieli i zarządców są one bowiem likwidowane lub czasowo wyłączane, a to głównie z uwagi na duże koszty eksploatacji i związaną z nimi małą konkurencyjność ceny energii wodnej z dotowaną wielokrotnie węglową.

Na południe od mostu drogowego nad Nerem w Poddębicach, w obrębie zrewaloryzowanego parku z pochodzącym z początku XVII wieku odrestaurowanym pałacem Grudzińskich, w 2015 roku oddano do użytku poddębicki Ogród Zmysłów (fot. 9.4). To dość nietypowe miejsce relaksu, zabawy, wypoczynku i rehabilitacji, działające pozytywnie na wszystkie zmysły, bo kiedy już odnowimy i pobudzimy węch, słuch, wzrok, smak, zapach i dotyk, to kierując się zmysłem orientacji, łatwo odnajdziemy w sąsiedztwie nadrzeczny bulwar biegnący wzdłuż Neru od poddębickich nowych basenów termalnych do parku termalnego z pijalnią dolnokredowych ciepłych wód zorganizowaną w dawnym dziewiętnastowiecznym kościele protestanckim. Jeśli wierzyć spacerowiczom, przejście tym bulwarem nie niweluje wcześniejszych doznań zmysłowych, nawet zmysłu równowagi. Dolina Neru jest całkiem malownicza, rzeka wydaje się czysta, a woda w niej już nie cuchnie. Mimo to sugerujemy jednak, by zmysłu smaku nie rozbudzać jeszcze wodą z tej rzeki, a pragnienie zaspokoić raczej w sąsiedniej pijalni. Na koniec dodajmy też, że inwestycja ta stanowi dobry początek w procesie tworzenia nad Nerem nadrzecznych bulwarów i malowniczego frontu wodnego. Oby tak dalej.





**Fot. 9.4.** Fontanny w „Strefie Wzroku” Ogrodu Zmysłów w Poddębicach nad Nerem

**Źródło:** *Zespół pałacowo-parkowy w Poddębicach*

Zmieniają się również, i będą się zmieniać, inne mniej lub bardziej zdewastowane niegdyś rzeki i obiekty wodne systemu Neru. O Dobrzynce i jej częściowej rekultywacji w Pabianicach oraz rejonie dawnych stawów młyńskich pisaliśmy wcześniej. Zmiany nastąpią również w przypadku Olechówki, a więc rzeczki, której dewastacja nie była pełna i która pomimo gęstej zabudowy hydrotechnicznej może stać się ważnym elementem „niebiesko-zielonej sieci” w obrębie Łodzi. Co prawda projekt obywatelski z 2019 roku polegający na zbudowaniu bulwaru spacerowego nad Olechówką nie będzie, niestety, w tym roku realizowany (fot. 9.5), ale inne wcześniejsze zamierzenia zostały już wdrożone lub będą finalizowane w przyszłości. Przykładem inwestycji oddanej już mieszkańcom do użytkowania jest odnowiony i przygotowany do czynnej i biernej rekreacji Młynek, zlokalizowany w górnym biegu Olechówki, w miejscu, jakżeby inaczej, dawnego młyna wodnego. Założone kilka kilometrów niżej i również na Olechówce tzw. Stawy Jana, tak jak i cały towarzyszący im kompleks rekreacyjno-kąpieliskowy, wymagają natomiast solidnego remontu i rekultywacji. Niestety, Olechówka nie może być dziś, tak jak to było na początku XX wieku, źródłem czystej wody dla kąpeli sanatoryjnych czy kąpeli w ogóle. Jej wody są bowiem często brudne, a głównym problemem jest mocno zanieczyszczony spływ powierzchniowy, który trafia nie tylko do rzeczki, ale i do zbiornika wodnego z miejskich powierzchni nieprzepuszczalnych, ulic, parkingów oraz z lokalnej kanalizacji ogólnospławnej. Powodują one nie tylko silną i szybką eutrofizację wody w stawie, ale są również ogniskiem zawiesiny, która przyczynia się do tworzenia osadów dennych oraz akumulowania w nich metali ciężkich. Rewaloryzacja kompleksu Stawów Jana wymaga zatem rozwiązania tego problemu.



**Fot. 9.5.** Wstępna wizualizacja bulwaru spacerowego nad Olechówką na osiedlu Rokicie w Łodzi

**Źródło:** *Bulwar Rokicie...*

Poczynając od plejstocenu, przez holocen, aż do antropocenu doliną dzisiejszego Neru płynęły różne wody. W przysłowiowym „pra-Nerze” były to zapewne mętne, mlecznobiałe i prawie pozbawione życia wody topniejących brył lodowych. Później stały się one zapewne brunatne, głównie z uwagi na to, że Ner i jego dopływy intensywnie drenowały bardzo liczne wówczas na tym terenie bagna i torfowiska. Wreszcie, a było to zapewne na początku antropocenu, woda tej rzeki zaczęła być „wodą niebieską”, oczywiście nie z uwagi na jej rzeczywisty kolor czy też szczególną możliwość odbijania światła, ale dlatego, że była czysta, przez co nadawała się bezpośrednio do picia, kąpieli i innych potrzeb powstających tu osad ludzkich. W momencie pojawienia się na tych terenach osiadłego rolnictwa woda Neru i dopływów stawała się jednak coraz bardziej „zielona”, gdyż znaczną część zasobów wodnych zlewni zaczęto użytkować do celów rolniczych. Wskutek tego rosła ewapotranspiracja, zwiększały się zasoby „wody biologicznej” i powoli naturalny cykl hydrologiczny w zlewni ulegał nieznacznemu zaburzeniu. Mimo to były to dla Neru całkiem dobre lata.

Sytuacja zmieniała się drastycznie w okresie uprzemysłowienia. Najpierw w dopływach, a później w samym Nerze pojawiła się „woda czarna”, zużyta i mocno zanieczyszczona przez przemysł i gospodarkę komunalną Łodzi i innych miast regionu. Jej objętość ciągle rosła, a stopień rozcieńczenia ścieków płynących wieloma rzekami zlewni systematycznie malał. Wskutek tego proces „samooczyszczania się” Neru był nieefektywny i całkowita dewastacja rzeki stała się faktem. Początkowe próby zamiany „wody czarnej” na „szarą” czy też „zieloną” przynosiły różne efekty: czasem gorsze (pierwsza oczyszczalnia na Lublinku), innym razem trochę lepsze (rozprowadzanie ścieków po okolicznych łąkach i pastwiskach).

Sytuacja poprawiła się nieco od momentu oddania do użytku GOŚ-ŁAM. „Szara woda” w Nerze staje się stopniowo coraz bardziej „zielona”, ale perspektywa osiągnięcia „koloru niebieskiego” wydaje się jeszcze bardzo odległa.

W opisanym wyżej procesie „kolorowych przemian” wody płynącej Nerem jest jeszcze jeden pozytywny akcent. Otóż w dniu dzisiejszym zasoby wodne tej rzeki są zdecydowanie większe niż w okresie przedindustrialnym. I nie jest to wcale „woda wirtualna”. Wskutek międzyzlewniowego przerzutu Ner jest dziś rzeką prowadzącą o 20–25% wody więcej niż wcześniej. Od nas jednak zależy, czy ten swoisty VAT, który inne zbiorowiska wód w regionie „płacą” na rzecz tej rzeki, będzie czarny, zielony czy niebieski. Jesteśmy bowiem odpowiedzialni nie tylko za jej charakter, ale i stosunek naszych dzieci i wnuków do niej i do nas. Postarajmy się zatem, by w przyszłości Ner nie pozostał nadal „niekochaną rzeką”.

# Literatura przedmiotu

## Publikacje

- Absalon D. (2017), *Jednolite części wód powierzchniowych*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 127–134.
- Adamczyk A. (2007), *Pabianice. Przewodnik po historii i współczesności miasta*, Muzeum Miasta Pabianic, Pabianice, <http://muzeum.pabianice.pl/pabianice-przewodnik-po-historii-i-wspolczesnosci-miasta/> (dostęp: 6.01.2020).
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. (1998), *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*, „Food and Agricultural Organization of the United Nations”, 56, [https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/pdf/Allen\\_FAO1998.pdf](https://appgeodb.nancy.inra.fr/biljou/pdf/Allen_FAO1998.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Babik Z. (2001), *Najstarsza warstwa nazewnictwa na ziemiach polskich w granicach wczesnośrednio-wiecznej Słowiańszczyzny*, Universitas, Kraków.
- Baird R.B., Eaton A.D., Rice E.W. (red.) (2017), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition*, American Public Health Association (APHA), American Water Works Association and Water Environment Federation, Washington DC.
- Baranowski B. (1974), *Zmiany w sieci osadniczej na obszarze obecnej Łodzi od końca XVI w. do roku 1820*, Materiały i Studia, 3, Rada Naukowa przy Prezydium Rady Narodowej m. Łodzi, Łódź.
- Baranowski B. (1988), *Łódź i okolice od końca XVI do końca XVIII w.*, [w:] R. Rosin, B. Baranowski, J. Fijałek (red.), *Łódź. Dzieje miasta. Tom I: Do 1918 r.*, PWN, Warszawa–Łódź, s. 110–133.
- Bartnik A. (2005), *Odpyływ niski w Polsce*, „Acta Geographica Lodziensia”, 91.
- Bartnik A. (2017), *Mała rzeka w dużym mieście. Wybrane aspekty obiegu wody w obszarze zurbanizowanym na przykładzie łódzkiej Sokołówki*, Wyd. UŁ, Łódź.
- Bartnik A. (2019), *Położenie geograficzne Łodzi i główne komponenty jej środowiska*, [w:] M. Kotter (red.), *Atlas historyczny miasta Łodzi dla nauki, edukacji, kultury, gospodarki i społeczeństwa*, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź, s. 2–3, <https://atlas.ltn.lodz.pl/> (dostęp: 6.01.2020).
- Bartnik A., Bartnik D. (2017), *Rozmieszczenie młynów wodnych na obszarze Łodzi w świetle wykorzystanych historycznych źródeł kartograficznych*, *Z Dziejów Kartografii*, 21, Zespół Historii Kartografii przy Instytucie Historii Nauki PAN, Warszawa, s. 11–40, <http://hdl.handle.net/11089/23266> (dostęp: 6.01.2020).
- Bartnik A., Jokiel P. (2000), *Sezonowe i wieloletnie zmiany odpyływu rzecznej w środkowej Polsce*, [w:] K. Kożuchowski (red.), *Pory roku w Polsce*, Zakład Dynamiki Środowiska i Bioklimatologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, s. 46–56, [http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub\\_AB/2000\\_Bartnik\\_Jokiel\\_Pory\\_roku.pdf](http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub_AB/2000_Bartnik_Jokiel_Pory_roku.pdf) (dostęp: 6.01.2020).

- Bartnik A., Jokić P. (2001), *Zmiany w sezonowym rozkładzie odpływu w Polsce środkowej w wieloletniu 1951–1998*, „Wiadomości IMGW”, 2, s. 3–17, [http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub\\_PJ/2001%20Jokić,%20Bartnik%20-%20Zmiany%20w%20sezonowym%20rozkładzie%20odpływu.pdf](http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub_PJ/2001%20Jokić,%20Bartnik%20-%20Zmiany%20w%20sezonowym%20rozkładzie%20odpływu.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Bartnik A., Jokić P. (2012), *Indeksy powodziowości (Francou-Rodiera) i indeksy wysokiej wody w Karpatach i na nizinach, w przekroju wieloletnim*, „Gospodarka Wodna”, 5, s. 204–208.
- Bartnik A., Marcinkowski M. (2015), *Przestrzenne zróżnicowanie opadów atmosferycznych na obszarze Łodzi*, „Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Geographica Physica”, 14, s. 5–15, <http://hdl.handle.net/11089/17207> (dostęp: 6.01.2020).
- Bartnik A., Moniewski P. (2015), *Zmiany jakości wód łódzkiego Jasionia w wyniku głębokiego odwodnienia terenu w związku z budową dworca kolejowego Łódź Fabryczna*, [w:] D. Absalon, M. Matysik, M. Ruman (red.), *Nowoczesne metody i rozwiązania w hydrologii i gospodarce wodnej*, Monografie Komisji Hydrologicznej PTG, 3, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, s. 59–73, [http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub\\_AB/2015\\_Bartnik\\_Moniewski\\_Zmiany\\_jakosci\\_wod\\_lodzkiego\\_Jasionia\\_w\\_wyniku\\_glebokiego\\_odwodnienia.pdf](http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub_AB/2015_Bartnik_Moniewski_Zmiany_jakosci_wod_lodzkiego_Jasionia_w_wyniku_glebokiego_odwodnienia.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Bartnik A., Tomalski P. (2016), *Parametryczna ocena łódzkich rzek pod względem hydromorfologicznym*, Monografie Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, 39, Wyd. UŁ, Łódź, s. 77–92, [http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub\\_AB/Bartnik\\_Tomalski\\_ParametrycznaOcenaLodzkichRzek.pdf](http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub_AB/Bartnik_Tomalski_ParametrycznaOcenaLodzkichRzek.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Bartnik D. (2011), *Lindleyowskie plany wodociągów i kanalizacji miasta Łodzi w zbiorach Biblioteki Uniwersytetu Łódzkiego*, [w:] P. Wespiański, J. Ostrowski (red.), *Dawna kartografia miast*, Z Dziejów Kartografii, 15, Instytut Historii Nauki im. L. i A. Birk, Warszawa, s. 137–152, <http://hdl.handle.net/11089/31154> (dostęp 2.06.2020).
- Baruch M. (1903), *Pabianice, Rzgów i wsie okoliczne: monografia historyczna dawnych dóbr Kapituły Krakowskiej w sieradzkim i łączyckim*, Skład Główny w Księgarni E. Wende i S-ka, Warszawa, <https://bc.wbp.lodz.pl/dlibra/publication/edition/48134> (dostęp: 6.01.2020).
- Bednarczyk J. (1997), *Wpływ miejskich i przemysłowych ścieków zrzucanych przez aglomerację łódzką na degradację środowiska naturalnego i wody w zlewni rzeki Ner oraz w rzece Warcie*, [w:] *Woda jako czynnik warunkujący wielofunkcyjny i zrównoważony rozwój wsi i rolnictwa*, Materiały Seminaryjne Falenty, Wyd. IMUZ, s. 139–146.
- Bezkowska G. (2001), *Naturalne i antropogeniczne przemiany środowiska w zachodniej części Łodzi*, Problemy Ekologii Krajobrazu, 10, Polska Asocjacja Ekologii Krajobrazu, Warszawa, s. 235–242.
- Białkiewicz J., Rytel Z. (1978), *Zawartość składników pokarmowych w wodach rzeki Ner w latach 1957–1974*, „Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych”, 204, s. 23–37.
- Biernacka E. (1970), *Wpływ nawodnień wodami Neru na zawartość mikroelementów w glebach lekkich*, „Roczniki Gleboznawcze”, XXI, 1, s. 89–98.
- Bieżanowski W. (2003), *Łódka i inne rzeki łódzkie*, Towarzystwo Opieki nad Zabytkami Oddział w Łodzi, Zora, Łódź.
- Bogawski P., Bednorz E. (2016), *Atmospheric conditions controlling extreme summertime evapotranspiration in Poland (central Europe)*, „Natural Hazards”, 81, s. 55–69, <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2066-2> (dostęp: 6.01.2020).
- Bonisławski R. (2008), *Z biegiem łódzkich rzek*, Urząd Miasta Łodzi, Łódź.
- Borówka R., Tomkowiak J., Okupny D., Forysiak J., Bieniek B. (2014), *Skład chemiczny osadów bagiennych z martwej doliny Balin-Chropy (stanowisko Wilczków, Pradolina Warszawsko-Berlińska)*, „Folia Quaternaria”, 82, s. 31–50, [http://pau.krakow.pl/FoliaQ/FoliaQ\\_82.pdf](http://pau.krakow.pl/FoliaQ/FoliaQ_82.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Bortkiewicz A. (1974), *Odprowadzanie ścieków z „Łódzkiej Aglomeracji Miejskiej”*, „Gospodarka Wodna”, 8–9, s. 304–307.
- Bortkiewicz A. (1978), *Odbiór i rolnicze wykorzystanie ścieków oczyszczonych z Łódzkiej Aglomeracji Miejskiej*, „Wiadomości Melioracyjne i Łąkarskie”, 3, s. 84–86.
- Brzezińska A., Zawilski M., Bandzierz D., Sakson G. (2014), *Wielkość zanieczyszczeń z przelewów burzowych kanalizacji ogólnospławnej na przykładzie Łodzi*, „Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury”, XXXI, 61, s. 7–21.

- Budyko M.I. (1975), *Klimat i życie*, PWN, Warszawa.
- Byczkowski A. (1996), *Hydrologia*, t. I–II, SGGW, Warszawa.
- Chieng S., Biniak-Pieróg M., Kamińska J., Szulczewski W., Żyromski W. (2012), *Aplikacja EWAPO – narzędzie do wyznaczania ewapotranspiracji metodą FAO-Penman-Monteith*, „Infrastruktura i Ekologia Obszarów Wiejskich PAN”, 3, s. 55–66, <http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-a504b376-5cb5-402c-b664-d4711951e4ce/c/05.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Chelmiecki W. (1997), *Degradacja i ochrona wód*, cz. I: *Jakość*, IGUJ, Kraków.
- Chmielecki B., Kucharski L. (2016), *Walory przyrodnicze i kulturowe doliny Pisi*, „Biuletyn Uniejowski”, 5, s. 159–174, <https://doi.org/10.18778/2299-8403.05.11> (dostęp: 6.01.2020).
- Chomicz K. (1971), *Struktura opadów atmosferycznych w Polsce*, „Prace PIHM”, 101, s. 25–66, <http://hdl.handle.net/11089/21260> (dostęp: 6.01.2020).
- Chomicz K. (1976), *Opady rzeczywiste w Polsce (1931–1960)*, „Przegląd Geofizyczny”, 21 (29), 1, s. 115–121.
- Cicchella D., Giaccio L., Lima A., Albanese S., Cosenza A., Civitillo D., de Vivo B. (2014), *Assessment of the topsoil heavy metals pollution in the Sarno River basin, south Italy*, „Environmental Earth Sciences”, 71, s. 5129–5143, <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2916-8> (dostęp: 6.01.2020).
- Ciećko P., Panek P. (2019), *Zanieczyszczenia wód w Polsce – stan śródlądowych wód powierzchniowych i podziemnych*, [w:] M. Gromiec, L. Pawłowski (red.), *Zanieczyszczenia wód w Polsce. Stan, przyczyny, skutki. Raport*, „Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN”, 164, s. 59–82.
- Ciołkosz A., Poławski Z.F. (2006), *Zmiany użytkowania ziemi w Polsce w drugiej połowie XX wieku*, „Przegląd Geograficzny”, 78, 2, s. 173–190, [http://geoinformatics.uw.edu.pl/wp-content/uploads/sites/26/2014/03/TS\\_v42\\_Polawski.pdf](http://geoinformatics.uw.edu.pl/wp-content/uploads/sites/26/2014/03/TS_v42_Polawski.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Ciupa T. (2006), *Temperatura wód i występowanie zjawisk lodowych na rzekach odwadniających zlewnie o różnym sposobie użytkowania na przykładzie Silnicy i Sufragańca (Góry Świętokrzyskie)*, „Problemy Ekologii Krajobrazu”, XVI, s. 381–390, <http://paek.ukw.edu.pl/pek/index.php/PEK/article/view/4781> (dostęp: 6.01.2020).
- Czyżewska K., Markowski J. (2001), *Region łódzki na tle podziału geobotanicznego i zoogeograficznego Polski*, [w:] S. Liszewski (red.), *Zarys monografii województwa łódzkiego*, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź, s. 93–94.
- Dębski K. (1970), *Hydrologia*, Arkady, Warszawa.
- Diehl J. (1981), *Problem wykorzystania i ochrony zasobów wód podziemnych w Łódzkim Okręgu Przemysłowym*, [w:] *Wpływ działalności gospodarczej na stosunki wodne regionu łódzkiego. Materiały IX Ogólnopolskiej Konferencji Hydrograficznej, Łódź 28–29 IX 1981*, Wyd. UŁ, Łódź, s. 28–39.
- Długosz J. (2009), *Roczniki, czyli kroniki sławnego Królestwa Polskiego*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, <https://dlugosz.polona.pl/pl/> (dostęp: 6.01.2020).
- Dubaniewicz H. (1974), *Klimat województwa łódzkiego*, „Acta Geographica Lodziensia”, 34.
- Dylik J. (1953), *O peryglacjalnym charakterze rzeźby środkowej Polski*, „Acta Geographica Universitatis Lodziensis”, 4.
- Dzieduszyńska D., Petera-Zganiacz J. (2016), *Znaczenie torfowisk dla wnioskowania o reaktywacji zmarzliny w młodszym dryasie*, „Acta Geographica Lodziensia”, 105, s. 81–91, <https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/97554.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Dziobałtowska-Chciuk U. (1996), *O nazwach dziewięćcych narządów płciowych (z terenu Łodzi)*, „Acta Universitatis Lodziensis. Folia Linguistica”, 35, s. 17–27, <http://hdl.handle.net/11089/16421> (dostęp: 6.01.2020).
- EEA (2012), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. An indicator-based report 12/2012*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012> (dostęp: 6.01.2020).
- Ewaid S.H. (2017), *Water quality evaluation of Al-Gharraf river by two water quality indices*, „Applied Water Science”, 7, s. 3759–3765, <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0523-z> (dostęp: 6.01.2020).
- Forysiak J. (2012), *Zapis zmian środowiska przyrodniczego późnego wistulianu i holocenu w osadach torfowisk regionu łódzkiego*, „Acta Geographica Lodziensia”, 99.

- Forysiak J. (2013), *Jeziorna przeszłość torfowisk regionu łódzkiego*, „Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Physica”, 12, s. 3–15, <http://hdl.handle.net/11089/3268> (dostęp: 6.01.2020).
- Forysiak J., Michalska-Hejduk D. (2004), *Changes of the Wilczków peat-bog under long-term anthropopressure*, [w:] L. Wolejko, J. Jasnowska (red.), *The future of Polish mires*, Wyd. AR, Szczecin, s. 213–218.
- Forysiak J., Kloss M., Żurek S. (2012), *Wstępna charakterystyka geologiczna i paleobotaniczna torfowiska Wilczków*, „Studia Limnologica et Telmatologica”, 6, 2, s. 95–101, [https://ichtys.home.amu.edu.pl/SLETT/SLETT/slett%2006%202/slett%2006\\_2\\_pp\\_095-101.pdf](https://ichtys.home.amu.edu.pl/SLETT/SLETT/slett%2006%202/slett%2006_2_pp_095-101.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Frankowski Z., Gałkowski P., Mitrega J. (2009), *Struktura poboru wód podziemnych w Polsce. Informator Państwowej Służby Hydrogeologicznej*, PiG, Warszawa, <https://www.pgi.gov.pl/psh/materialy-informacyjne-psh/informatory-psh/4145-struktura-poboru-wod-podziemnych-w-polsce-1/file.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Fulazzaky M.A. (2010), *Water quality evaluation system to assess the status and the suitability of the Citarum river water to different uses*, „Environ Monit Assess”, 168, s. 669–684, <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1142-z> (dostęp: 6.01.2020).
- Gąsowska M., Urbański J. (2013), *Odbudowa zbiornika retencyjnego na rzece Gnidzie w Leźnicy Wielkiej*, „Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska”, 59, s. 36–44, [http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-ac926f8c-0166-42e9-b57f-4f8ad2498de8/c/art4\\_36.pdf](http://agro.icm.edu.pl/agro/element/bwmeta1.element.agro-ac926f8c-0166-42e9-b57f-4f8ad2498de8/c/art4_36.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Głąb Z. (2017), *Socjotopografia Lutomierska (XIII–XVIII w.)*, Dom Wydawniczy Księży Młyn, Łódź, <http://dx.doi.org/10.12775/KLIO.2018.024> (dostęp: 6.01.2020).
- Gołek J. (1961), *Termika rzek polskich*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Gómez N. (1998), *Use of epipellic diatoms for evaluation of water quality in the Matanza-Riachuelo (Argentina), a pampean plain river*, „Water Research”, 32, 7, s. 2029–2034, [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00448-X](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00448-X) (dostęp: 2.06.2020).
- Graf R. (2015), *Zmiany termiki wód Warty w profilu łączącym pradolinny i przelomowy odcinek doliny (Nowa Wieś Podgórna-Śrem-Poznań)*, [w:] D. Absalon, M. Matysik, M. Ruman (red.), *Nowe metody i rozwiązania w hydrologii i gospodarce wodnej*, Monografie Komisji Hydrologicznej PTG, 3, Uniwersytet Śląski, Katowice, s. 177–194, [http://komhydptg.geo.uni.lodz.pl/uploads/images/publikacje/2015\\_Nowoczesne%20metody%20i%20rozwi%C4%85zanihydrologii%20i%20gospodarce%20wodnej.pdf](http://komhydptg.geo.uni.lodz.pl/uploads/images/publikacje/2015_Nowoczesne%20metody%20i%20rozwi%C4%85zanihydrologii%20i%20gospodarce%20wodnej.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Graf R. (2018), *Uwarunkowania termiczne tworzenia się i utrzymywania pokrywy lodowej na Noteci*, „Prace Geograficzne”, 153, s. 25–47, <http://www.ejournals.eu/Prace-Geograficzne/2018/Numer-153/art/12025/> (dostęp: 6.01.2020).
- Graf R. (2019), *A multifaceted analysis of the relationship between daily temperature of river water and air*, „Acta Geophysica”, 67, s. 905–920, <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00285-3> (dostęp: 6.01.2020).
- Graf R., Wrzesiński D. (2019), *Relationship between Water Temperature of Polish Rivers and Large-Scale Atmospheric Circulation*, „Water”, 11, 1690, s. 2–30, <https://doi.org/10.3390/w11081690> (dostęp: 6.01.2020).
- Grizzetti B., Lanzanova D., Liqueste C., Reynaud A., Cardoso A.C. (2016), *Assessing water ecosystem services for water resource management*, „Environmental Science & Policy”, 61, s. 194–203, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.04.008> (dostęp: 6.01.2020).
- Haberman D.L. (2006), *River of Love in an Age of Pollution: The Yamuna River of Northern India*, University of California Press, Berkeley, Los Angeles.
- Ilnicki P., Banaszkievicz H., Bukowski Ł. (2003), *Źródła, stężenie i ładunki azotu i fosforu w wodach rzeki Ner w latach hydrologicznych 1992–1997*, „Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumictus”, 2 (1), s. 23–34.
- Jaskuła J., Wicher-Dysarz J., Sojka M., Dysarz T. (2016), *Ocena zmian zawartości związków biogennych w wodach rzeki Ner*, „Inżynieria Ekologiczna”, 46, s. 31–37, <https://doi.org/10.12912/23920629/61448> (dostęp: 6.01.2020).
- Jaworski J. (2004), *Parowanie w cyklu hydrologicznym zlewni rzecznych*, Wyd. PTGeof., Warszawa.

- Jędruszkiewicz J., Moniewski P. (2015), *Ślady industrialnej przeszłości Jasienia w przestrzeni turystycznej Łodzi*, „Turyzm/Tourism”, 25/2, s. 37–47, <http://hdl.handle.net/11089/28115> (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P. (1994), *Zasoby, odpływy i odnawialność wód podziemnych strefy aktywnej wymiany w Polsce*, „Acta Geographica Lodziensia”, 66/67.
- Jokiel P. (2004), *Zasoby wodne środkowej Polski na progu XXI wieku*, Wyd. UŁ, Łódź.
- Jokiel P. (2008a), *Przepływy ekstremalne wybranych rzek środkowej Polski w latach 1951–2000*, [w:] tegoż (red.), *Zjawiska ekstremalne i zdarzenia nadzwyczajne w środkowej Polsce*, „Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Physica”, 8, s. 99–129, <http://dspace.uni.lodz.pl:8080/xmlui/bitstream/handle/11089/2855/FGP%208-05%20Jokiel%202007.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P. (2008b), *Zmiany, zmienność i ekstremalne sumy parowania terenowego i ewapotranspiracji potencjalnej w Łodzi w drugiej połowie XX wieku*, [w:] tegoż (red.), *Zjawiska ekstremalne i zdarzenia nadzwyczajne w środkowej Polsce*, „Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Physica”, 8, s. 63–88, <http://hdl.handle.net/11089/2853> (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P. (2010), *Niżówki i odpływy niżówkowe w małych rzekach środkowej Polski w drugiej połowie XX wieku*, [w:] D. Wrzeziński (red.), *Odpływ rzeczny i jego regionalne uwarunkowania*, Studia i Prace z Geografii i Geologii, 12, Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań, s. 87–99.
- Jokiel P. (2016), *Przepływy i odpływy maksymalne w środkowej Polsce*, „Geography & Tourism”, 4, 2, s. 7–21, <https://doi.org/10.5281/zenodo.223899> (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P. (2018), *Wpływ antropopresji na zmiany przepływu Neru w przekroju Dąbie*, Prace i Studia Geograficzne, 63.3, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW, Warszawa, s. 123–138, [http://wgsr.uw.edu.pl/wgsr/wp-content/uploads/2018/11/06\\_Jokiel\\_P\\_20-11-2018.pdf](http://wgsr.uw.edu.pl/wgsr/wp-content/uploads/2018/11/06_Jokiel_P_20-11-2018.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P., Bartnik A. (2017), *Wezbrania i powodzie*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 168–181.
- Jokiel P., Juszczyk K. (1995), *Jednorodność wieloletnich serii średnich i średnich niskich przepływów rocznych rzek Polski środkowej*, „Wiadomości IMGW”, 18, 1, s. 71–78.
- Jokiel P., Maksymiuk Z. (1996), *Łódź – ciągle spragnione miasto*, „Annales UMCS. Sectio B, Geographia, Geologia, Mineralogia et Petrographia”, 51, 12, s. 173–185, [http://87.246.207.98/Content/31899/czas4052\\_51\\_1996\\_12.pdf](http://87.246.207.98/Content/31899/czas4052_51_1996_12.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P., Maksymiuk Z. (1998), *Niektóre problemy gospodarki wodnej Łodzi i regionu, wczoraj, dziś i jutro*, „Czasopismo Geograficzne”, 3–4, s. 237–247.
- Jokiel P., Maksymiuk Z. (2002), *Wody*, [w:] S. Liszewski (red.), *Atlas miasta Łodzi*, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź, <http://www.mapa.lodz.pl/mapa/atlas/P-09.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P., Stanisławczyk B. (2012), *Roczne odpływy maksymalne i minimalne w dorzeczu Odry i Wisły w przekroju wieloletnim*, „Czasopismo Geograficzne”, 83, 3–4, s. 133–143, <http://czasgeo.nazwa.pl/ojs31/index.php/geo/issue/view/15/0045-9453%202012%20%283-4%29> (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P., Tomalski P. (2014), *Próba wyznaczenia sezonów hydrologicznych w rzekach środkowej Polski*, [w:] A. Magnuszewski (red.), *Hydrologia w ochronie i kształtowaniu środowiska*, Monografie KGW PAN, XX, Warszawa, s. 203–219, [http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub\\_PJ/2014\\_Jokiel\\_Tomalski\\_sezony\\_hydro.pdf](http://hydro.geo.uni.lodz.pl/uploads/file/pub_PJ/2014_Jokiel_Tomalski_sezony_hydro.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P., Tomalski P. (2015), *Sezony hydrologiczne w rzekach środkowej Polski*, „Przegląd Geograficzny”, 87, 1, s. 71–93, <http://dx.doi.org/10.7163/PrzG.2015.1.4> (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P., Tomalski P. (2017a), *Zmiany sezonowości przepływu z biegiem Wisły*, [w:] W. Marszelewski (red.), *Zasoby i perspektywy gospodarowania wodą w dorzeczu Wisły*, Monografie Komisji Hydrologicznej PTG, 4, Toruń, s. 99–116, [http://komhydptg.geo.uni.lodz.pl/uploads/images/publikacje/2017\\_Monografie\\_KH\\_PTG\\_4.pdf](http://komhydptg.geo.uni.lodz.pl/uploads/images/publikacje/2017_Monografie_KH_PTG_4.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Jokiel P., Tomalski P. (2017b), *Formy odpływu rzeczny i ich zróżnicowanie przestrzenne*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 160–167.
- Jokiel P., Tomalski P. (2018), *Zróżnicowanie i zmienność wieloletnia sezonowości przepływu w wybranych przekrojach wodowskazowych Wisły*, „Prace Geograficzne” 155, s. 27–45, <http://www.ejournals.eu/pliki/art/13645/pl> (dostęp: 6.01.2020).



- Jurak D. (1998), *Przestrzenny i czasowy rozkład parowania potencjalnego w Polsce*, „Wiadomości IMGW”, 3, s. 29–41.
- Jurak D., Głowacka B. (2004), *O dobowym rozkładzie temperatury wody w rzekach*, „Wiadomości IMGW”, 4, s. 37–52.
- Jusik S., Bryl Ł., Przesmycki M., Kasprzak M. (2014), *Ewolucja metody oceny stanu hydromorfologicznego rzek RHS-PL w Polsce*, „Inżynieria i Ochrona Środowiska”, 17 (1), s. 41–62, [https://ios.is.pcz.pl/images/ios\\_repo/2014/zeszyt1/2014\\_nr1\\_4-Jusik\\_Bryl\\_v2.pdf](https://ios.is.pcz.pl/images/ios_repo/2014/zeszyt1/2014_nr1_4-Jusik_Bryl_v2.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Kasperska-Wołowicz W., Łabędzki L. (2004), *Porównanie ewapotranspiracji wskaźnikowej według Penmana-Monteitha w różnych regionach Polski*, „Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie”, 4, 2a, s. 123–136.
- Kauder V. (1938), *Das Deutschtum in Polen: ein Bildband*, t. 4: *Das Deutschtum in Mit-telpolen*, Verlag von S. Hirzel, Leipzig, <http://pbc.gda.pl/Content/672> (dostęp: 6.01.2020).
- Kittel P. (2012), *Budowa i ewolucja doliny Neru w rejonie stanowiska Lutomiernsk-Koziówki w świetle badań geoarcheologicznych*, „Acta Geographica Lodziensia”, 100, s. 113–134, <http://journals.ltn.lodz.pl/index.php/Acta-Geographica-Lodziensia/issue/view/25/28> (dostęp: 6.01.2020).
- Kloss M., Kucharski L. (2011), *History of vegetation of the „Rąbień bog” reserve based on interdisciplinary research*, [w:] A. Zieliński (red.), *Interdisciplinary researches in natural sciences*, Institute of Geography, Jan Kochanowski University, Kielce, s. 47–58.
- Kłysik K. (1993), *Główne cechy klimatu*, [w:] S. Pączka (red.), *Środowisko geograficzne Polski Środkowej*, Wyd. UŁ, Łódź, s. 109–134.
- Kłysik K. (1999), *Cechy miejskiej wyspy ciepła w Łodzi. Materiały XLVIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geograficznego, Łódź 9–11 września 1999 r.*, [w:] *Nauki geograficzne a edukacja społeczeństwa*, t. 2: *Region łódzki*, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Uniwersytet Łódzki, Łódź, s. 55–64.
- Kłysik K. (2001), *Warunki klimatyczne*, [w:] S. Liszewski (red.), *Funkcja regionalna Łodzi i jej rola w kształtowaniu województwa. Zarys monografii województwa łódzkiego*, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź, s. 68–81.
- Kłysik K., Maksymiuk Z. (1999), *Główne cechy środowiska przyrodniczego i gospodarki*, [w:] *Stan środowiska w województwie łódzkim w 1998 roku*, cz. I, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Wydział Ochrony Środowiska Urzędu Wojewódzkiego, Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Łódź, s. 11–26.
- Kobołek E. (2009), *Naturalne uwarunkowania różnych reakcji rzek nizinnych na antropopresję na przykładzie środkowej Bzury i jej dopływów*, Wyd. UŁ, Łódź.
- Koter M. (1974), *Środowisko przyrodnicze obszaru obecnej Łodzi jako podłoże rozwoju osadnictwa w okresie przedprzemysłowym*, Materiały i Studia, 1, Rada Naukowa przy Prezydencie Miasta Łodzi, Łódź.
- Koter M. (2002), *Łódź i okolice w I połowie XIX w.*, [w:] S. Liszewski (red.), *Atlas miasta Łodzi (plan-sza IV)*, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź, <http://www.mapa.lodz.pl/mapa/atlas/P-04.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Kowalczak P. (2007), *Konflikty o wodę*, Kurpisz, Poznań.
- Kowalczak P. (2008), *Zagrożenia związane z deficytem wody*, Kurpisz, Poznań.
- Kowalczak P. (2011), *Wodne dylematy urbanizacji*, Wyd. Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk, Poznań.
- Kowalczyk S., Ujda K. (1987), *Pomiary porównawcze opadów atmosferycznych*, Meteorologia, 14, IMGW, Warszawa.
- Kowska-Wajnkaim B., Wajnkaim T. (2010), *85 lat. Dzieje wodociągów i kanalizacji w Łodzi*, Hamal Andrzej Machejek, Łódź, [http://www.dev.zwik.lodz.pl/wgrane\\_pliki/85lat.pdf](http://www.dev.zwik.lodz.pl/wgrane_pliki/85lat.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Kozierowski S. (1926), *Badania nazw topograficznych na obszarze dawnej wschodniej Wielkopolski. Tom A–O*, Krajowy Instytut Wydawniczy, Poznań, <https://www.wbc.poznan.pl/dlibra/show-content/publication/edition/98372?id=98372> (dostęp: 6.01.2020).
- Kożuchowski K. (2004), *Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w XX i XXI wieku*, [w:] tegoż (red.), *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, Wyd. Biblioteka, Łódź, s. 47–58.
- Kożuchowski K. (2011), *Klimat Polski. Nowe spojrzenie*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.

- Kożuchowski K. (2013), *Saldo promieniowania i higroklimatyczne warunki wegetacji w Polsce*, „Prze-  
gląd Geofizyczny”, 58, 1–2, s. 41–54, <http://ptgeof.imgw.pl/?strona=5,4,1> (dostęp: 6.01.2020).
- Kożuchowski K. (2017), *Opady atmosferyczne*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka  
(red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 36–44.
- Kożuchowski K. (red.) (2000), *Pory roku w Polsce: sezonowe zmiany w środowisku a wieloletnie ten-  
dencje klimatyczne*, Wyd. UŁ, Łódź.
- Krężałek K., Szymczak T., Bąk B. (2013), *Maksymalne roczne sumy dobowe opadów o określonym  
prawdopodobieństwie przewyższenia na obszarze Polski na podstawie danych z wielolecia 1966–  
2010*, „Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie”, 13, 4, s. 77–90, [http://www.itep.edu.pl/wydaw-  
nictwo/woda/zeszyt\\_44\\_2013/artykuly/Krezalek%20i%20in.pdf](http://www.itep.edu.pl/wydaw-<br/>nictwo/woda/zeszyt_44_2013/artykuly/Krezalek%20i%20in.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Krzemiński T. (1997), *Cechy rozwoju i zaniku łądolodu warciańskiego w środkowej Polsce*, „Acta Uni-  
versitatis Lodziensis. Folia Geographica Physica”, 1, s. 47–65, [http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/ele-  
ment/bwmeta1.element.hdl\\_11089\\_2878/c/fofiagp1-krzeminski-97.pdf](http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/ele-<br/>ment/bwmeta1.element.hdl_11089_2878/c/fofiagp1-krzeminski-97.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Kucharski R., Lamprecht M. (2005), *Młynarstwo regionu szadkowskiego i jego rozwój do I wojny świa-  
towej*, „Biuletyn Szadkowski”, 5, s. 67–97, <http://hdl.handle.net/11089/4251> (dostęp: 6.01.2020).
- Kulmatycki W. (1936), *Hydrografia i rybostan rzek województwa łódzkiego*, „Czasopismo Przyrodnicze  
Ilustrowane”, 10, 5–8, s. 123–150, <https://fbc.pionier.net.pl/details/nnqTvlc> (dostęp: 6.01.2020).
- Kuźniar A. (2010), *Rozkład przestrzenny rolniczo-klimatycznego bilansu wodnego w dorzeczu górnej  
Wisły wyznaczonego z zastosowaniem metody Penmana-Monteitha (FAO-56)*, „Woda – Środowis-  
ko – Obszary Wiejskie”, 28.
- Laskowski S. (1993), *Pokrywa glebowa*, [w:] S. Pączka (red.), *Środowisko geograficzne Polski środko-  
wej*, Wyd. UŁ, Łódź, s. 135–159.
- Laskowski S. (2001), *Gleby*, [w:] S. Liszewski (red.), *Funkcja regionalna Łodzi i jej rola w kształtowa-  
niu województwa. Zarys monografii województwa łódzkiego*, Wyd. Łódzkiego Towarzystwa Nau-  
kowego, Łódź, s. 81–94.
- Lenart W. (1980), *Zarys problematyki opadu rzeczywistego*, „Przeгляд Geofizyczny”, XXV (XXXIII),  
3–4, s. 303–316.
- Lencewicz S. (1927), *Dyluwium i morfologia środkowego Powiśla*, Wyd. PiG, Warszawa, [https://fbc.  
pionier.net.pl/details/nnk2432](https://fbc.<br/>pionier.net.pl/details/nnk2432) (dostęp: 6.01.2020).
- Lik J., Sołtuniak J. (2012), *Wykorzystanie zasobów wodnych województwa łódzkiego na cele energetyki  
i towarzyszącej jej turystyki*, Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia, Łódź, [http://www.pro-  
akademia.eu/gfx/baza\\_wiedzy/187/102034514-wykorzystanie-zasobow-wodnych-wojewodztwa  
-lodzkiego-na-cele-energetyki-i-towarzyszajacej-jej-turystyki.pdf](http://www.pro-<br/>akademia.eu/gfx/baza_wiedzy/187/102034514-wykorzystanie-zasobow-wodnych-wojewodztwa<br/>-lodzkiego-na-cele-energetyki-i-towarzyszajacej-jej-turystyki.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Liwski S., Litwiński J., Matyjasik Z. (1990), *Skład chemiczny wód ściekowych, dopływów i studni w do-  
linie rzeki Ner*, [w:] *Wybrane problemy przyrodniczych podstaw melioracji i ochrony środowiska*,  
SGGW, Warszawa, s. 155–167.
- Lorenc H. (2005), *Atlas klimatu Polski*, IMGW, Warszawa.
- Łabędzki L. (1999), *Przydatność wzoru Penmana-Monteitha do obliczania ewapotranspiracji wskaźni-  
kowej i rzeczywistej użytków zielonych*, „Wiadomości IMUZ”, 20, 2, s. 89–101.
- Łaszewski M.A. (2014), *Metody określania związków temperatury wody rzecznej i temperatury powie-  
trza na przykładzie rzeki Świder*, „Prace Geograficzne”, 136, s. 45–60, [https://doi.org/10.4467/208  
33113PG.14.003.1641](https://doi.org/10.4467/208<br/>33113PG.14.003.1641) (dostęp: 6.01.2020).
- Łaszewski M.A. (2018), *Diurnal water temperature dynamics in lowland rivers: A case study from  
Central Poland*, „Journal of Water & Land Development”, 36 (I–III), s. 89–97, [https://doi.  
org/10.2478/jwld-2018-0009](https://doi.<br/>org/10.2478/jwld-2018-0009) (dostęp: 6.01.2020).
- Majchrowska A. (2002), *Wpływ antropopresji na przemiany środowiska przyrodniczego zachodniej  
części województwa łódzkiego*, „Acta Geographica Lodziensia”, 82.
- Matecki J., Porowska D., Styrkowiec E., Ziulkiewicz M. (2017), *Stan chemiczny wód podziemnych  
aglomeracji łódzkiej*, „Przeгляд Geologiczny”, 65, 11/2, s. 1329–1333, [https://www.pgi.gov.pl/do-  
kumenty-pig-pib-all/publikacje-2/przeglad-geologiczny/2017/listopad-2-2/5230-  
stan-chemiczny-wod-podziemnych-aglomeracji-lodzkiej/file.html](https://www.pgi.gov.pl/do-<br/>kumenty-pig-pib-all/publikacje-2/przeglad-geologiczny/2017/listopad-2-2/5230-<br/>stan-chemiczny-wod-podziemnych-aglomeracji-lodzkiej/file.html) (dostęp: 6.01.2020).

- Mannion A.M. (2001), *Zmiany środowiska Ziemi*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Mańczak W. (1981), *Praojczyzna Słowian*, Monografie Sławistyczne, 44, Komitet Słowianoznawstwa PAN, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław.
- Marszelewski W. (2010), *Wpływ zmian klimatycznych na temperaturę wód powierzchniowych w północnej Polsce*, [w:] A. Magnuszewski (red.), *Hydrologia w ochronie i kształtowaniu środowiska*, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, 69, 2, PAN, Warszawa, s. 341–349.
- Marszelewski W., Pius B. (2016), *Long-term changes in temperature of river waters in the transitional zone of the temperate climate: a case study of Polish rivers*, „Hydrological Sciences Journal”, 61, 8, s. 1430–1442, <https://doi.org/10.1080/02626667.2015.1040800> (dostęp: 6.01.2020).
- Michałczyk Z. (2017), *Odpiływ średni, zmienność w czasie i zróżnicowanie przestrzenne*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 152–160.
- Miller T., Poleszczuk G., Tokarz M. (2015), *Changes of water quality of the Osówka stream flowing through ponds Syrenie Stawy in Szczecin (NW-Poland) in selected periods in the years 1994–2014*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego”, 846, s. 137–152, <https://wnus.edu.pl/ab/file/article/download/294.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Mioduszewski W., Kowalewski Z. (2015), *Małe budowle wodne. Katalog*, ITP, Falenty.
- Mokras-Grabowska J., Rzeńca P. (2007), *Województwo łódzkie: przewodnik turystyczny*, Regionalna Organizacja Turystyczna Województwa Łódzkiego, Łódź.
- Mosiej J. (1999), *Przyrodniczo-techniczne uwarunkowania gospodarowania wodą w dolinie rzeki Ner (Environmental and technical conditions of water management in the Ner River valley)*, Rozprawy i Monografie, 222, SGGW, Warszawa.
- Mosiej J., Karczmarczyk A. (2006), *Closing the nutrient loop between urban and rural area – wastewater and sludge utilization in Ner River Valley*, „Ecohydrology & Hydrobiology”, 6, 1–4, s. 197–203, [https://doi.org/10.1016/S1642-3593\(06\)70143-4](https://doi.org/10.1016/S1642-3593(06)70143-4) (dostęp: 2.06.2020).
- Mosiej J., Karczmarczyk A. (2007), *Wpływ zanieczyszczeń odprowadzanych z aglomeracji łódzkiej na jakość wody w rzekach Ner i Warta*, „Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus”, 6 (2), s. 19–30, [http://www.formatiocircumiectus.actapol.net/pub/6\\_2\\_31.pdf](http://www.formatiocircumiectus.actapol.net/pub/6_2_31.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Mosiej J., Komorowski H., Karczmarczyk A. (2007), *Factors affecting water quality in degraded sewage receivers – case study of the phosphorus dynamics in the Ner River*, „Journal of Water and Land Development”, 11, s. 103–116, [http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAT9-0020-0047/c/httpwww\\_bg\\_utp\\_edu\\_plartjwld1109paper.pdf](http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAT9-0020-0047/c/httpwww_bg_utp_edu_plartjwld1109paper.pdf) (dostęp: 2.06.2020).
- Mosiej J., Komorowski H., Karczmarczyk A., Suska A. (2007), *Wpływ zanieczyszczeń odprowadzanych z aglomeracji łódzkiej na jakość wody w rzekach Ner i Warta*, „Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus”, 6 (2), s. 19–30, [http://www.formatiocircumiectus.actapol.net/pub/6\\_2\\_19.pdf](http://www.formatiocircumiectus.actapol.net/pub/6_2_19.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Mikuła E., Stępińska-Drygała I. (2007), *Łódź*, [w:] Z. Nowicki (red.), *Wody podziemne miast wojewódzkich Polski. Informator Państwowej Służby Hydrogeologicznej*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, <https://www.pgi.gov.pl/dokumenty-pig-pib-all/psh/psh-materialy-informacyjne/informatory-psh/4144-wody-podziemne-miast-wojewodzkie-polski-1/file.htm> (dostęp: 6.01.2020).
- Objaśnienia do Mapy georodowskiej Polski: 1:50 000* (arkusz Łódź Zachód 627) (2004), PIG, Warszawa, <http://bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/txt/mgsp0627.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Objaśnienia do Mapy georodowskiej Polski (II): 1:50 000 (MGSP II), województwo łódzkie* (2014), PIG-PIB, Warszawa, [http://bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/2/txt/mgsp2\\_lodzkie.pdf](http://bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/2/txt/mgsp2_lodzkie.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Okupny D., Żurek S., Forsytek J. (2014), *Analiza przestrzenna rozmieszczenia torfowisk regionu łódzkiego*, „Studia Limnologica et Telmatologica”, 8, 2, s. 81–91, [https://ichtys.home.amu.edu.pl/SLETT/SLETT/slett%2008%202/slett08\\_2\\_pp\\_081-091.pdf](https://ichtys.home.amu.edu.pl/SLETT/SLETT/slett%2008%202/slett08_2_pp_081-091.pdf) (dostęp: 6.01.2020).

- Olaczek R. (red.) (2010), *Ogrody nad Łódką*, Parki i Ogrody Łodzi, 4, Stowarzyszenie Film – Przyroda – Kultura, Łódź.
- Olechnowicz-Bobrowska B. (1978), *Parowanie terenowe w okresie wegetacyjnym w Polsce*, „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Seria Rozprawy Habilitacyjne”, 67.
- Oliver J.E. (1980), *Monthly precipitation distribution: a comparative index*, „Professional Geographer”, 32 (3), s. 300–309, <https://doi.org/10.1111/j.0033-0124.1980.00300.x> (dostęp: 6.01.2020).
- Opracowanie ekofizjograficzne sporządzone na potrzeby studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Łodzi* (2017), Miejska Pracownia Urbanistyczna w Łodzi, Łódź, [https://mpu.lodz.pl/files/mpu/public/STUDIUM/obowiazujace/2018\\_EKO\\_tekst.pdf](https://mpu.lodz.pl/files/mpu/public/STUDIUM/obowiazujace/2018_EKO_tekst.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Ostrzyżek W., Dembek K. (1996), *Zlokalizowanie i charakterystyka złóż torfowych w Polsce, spełniających kryteria potencjalnej bazy zasobowej, z ustaleniem i uwzględnieniem wymogów związanych z ochroną i kształtowaniem środowiska*, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty.
- Osuchowska-Klein B. (1978), *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej*, IMGW, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Paczyński B., Sadurski A. (red.) (2007), *Hydrogeologia regionalna Polski*, t. 1–2, Wyd. PIG-PIB, Warszawa.
- Papińska E. (2004), *Środowisko geograficzne Łodzi jako tło osadnictwa pradziejowego*, „Acta Universitatis Lodzianae. Folia Geographica Physica”, 6, s. 135–174, <http://hdl.handle.net/11089/2908> (dostęp: 6.01.2020).
- Pawłowski B. (2017), *Przebieg zjawisk lodowych dolnej Wisły w latach 1960–2014*, Wyd. Naukowe UMK, Toruń.
- Pawłowski B., Gorączko M., Szczerbińska A. (2017), *Zjawiska lodowe w rzekach Polski*, [w:] P. Jokieli, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 195–200.
- Pelisiak A. (1992), *Neolit na terenie województwa sieradzkiego*, „Sieradzkie Roczniki Muzealne”, 8, s. 5–23.
- Penczak T. (1975), *Ichthyofauna of the catchment area of the River Ner and perspectives of its restitution in connection with the erection of a collective sewage treatment plant for the Agglomeration of the City of Łódź*, „Acta Hydrobiologica”, 17.
- Penczak T., Kruk A., Grabowska J., Sliwińska A., Koszaliński H., Zięba G., Tybulczuk S., Galicka W., Marszał L. (2010), *Wpływ stopniowej poprawy jakości wody w rzece Ner na regenerację ichtiofauny*, „Roczniki Naukowe Polskiego Związku Wędkarskiego”, 23, s. 97–117, [http://www.pzw.org.pl/pliki/prezentacje/1395/cms/szablony/7046/pliki/05\\_penczaknerok.pdf](http://www.pzw.org.pl/pliki/prezentacje/1395/cms/szablony/7046/pliki/05_penczaknerok.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Pergół S., Sokołowski J. (2012), *Wody podziemne. Bilans zasobów eksploatacyjnych i dyspozycyjnych wód podziemnych Polski wg stanu na dzień 31 grudnia 2011 r.*, PIG, Warszawa, <https://www.pgi.gov.pl/dokumenty-pig-pib-all/psh/psh-materialy-informacyjne/bilans-zasobow-eksploatacyjnych-podziemnych-polski/4139-bilans-zasobow-eksploatacyjnych-i-dyspozycyjnych-wod-podziemnych-polski-2011/file.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Piasecka J.E. (1970), *Budowa kanałów na ziemiach Rzeczypospolitej w świetle piśmiennictwa polskiego do połowy XIX wieku*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki”, 15/2, s. 297–318, <http://bazhum.muzhp.pl/czasopismo/6/?idno=10277> (dostęp: 6.01.2020).
- Plóciennik M., Kittel P., Borówka R.K., Cywa K., Okupny D., Obremska M., Pawłowski D., Stachowicz-Rybka R., Szperna R., Witkowski A. (2016), *Warunki paleoekologiczne subkopalnego koryta Kolonia Behcice na tle hydrologii środkowego odcinka doliny Neru*, „Acta Geographica Lodzianae”, 105, s. 107–124, [http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.desklight-fa2a9698-c850-472b-af21-87d820e8c82a/c/Mateusz\\_Plociennik\\_i\\_in..pdf](http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.desklight-fa2a9698-c850-472b-af21-87d820e8c82a/c/Mateusz_Plociennik_i_in..pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Podstawczyńska A. (2004), *Ultrafioletowe i całkowite promieniowanie słoneczne w Łodzi w latach 1997–2001*, [w:] 100 lat obserwacji meteorologicznych w Łodzi, „Acta Geographica Lodzianae”, 89, s. 161–178.
- Podstawczyńska A. (2010), *Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w regionie łódzkim w ostatnim stuleciu*, [w:] J. Twardy, S. Żurek, J. Forysiak (red.), *Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne*,

- rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach, Wyd. Naukowe Bogucki, Poznań, s. 63–73, [http://meteo.geo.uni.lodz.pl/ap/pdf/2010\\_Zabieniec.pdf](http://meteo.geo.uni.lodz.pl/ap/pdf/2010_Zabieniec.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Prognoza oddziaływania na środowisko dla projektu warunków korzystania z wód zlewni Neru do Zalewki obejmująca scaloną część wód powierzchniowych o kodzie W0601 (2014), ECOPLAN® Ryszard Kowalczyk, Wrocław, <https://nfosigw.gov.pl/download/gfx/nfosigw/pl/nfoekspertyzy/858/202/1/2013-898.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Przybylski M., Frankiewicz P., Bańbura J. (1993), *Ichtiofauna dorzecza górnej Warty*, „Roczniki Naukowe Polskiego Związku Wędkarskiego”, 6, s. 49–78.
- Ptak M. (2017), *Zmiany temperatury wody i zjawisk lodowych rzeki Ner (centralna Polska) w latach 1965–2014*, „Polish Journal for Sustainable Development”, 21.1, s. 49–56, <http://repozytorium.ur.edu.pl/handle/item/3294> (dostęp: 6.01.2020).
- Ptak M., Nowak B. (2017), *Zmiany temperatury wody w Prośnie w latach 1965–2014*, „Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie”, 17, 3, s. 101–112, [http://www.itep.edu.pl/wydawnictwo/woda/zeszyt\\_59\\_2017/Ptak%20i%20Nowak.pdf](http://www.itep.edu.pl/wydawnictwo/woda/zeszyt_59_2017/Ptak%20i%20Nowak.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Pyrzanowski K., Zięba G., Przybylski M. (2015), *Sztuczne urządzenia wodne jako przyrodniczo niedoceniane siedliska występowania zagrożonych gatunków ryb – przykład piskorza *Misgurnus fossilis* na obszarze Natura 2000 pradolina Bzury-Neru PLH100006*, „Chrońmy Przyrodę Ojczystą”, 71(4), s. 266–272, [http://panel.iop.krakow.pl/uploads/wydawnictwa\\_artykuly/aaa6e862d140f58bd56e57080f0d40317c736d66.pdf](http://panel.iop.krakow.pl/uploads/wydawnictwa_artykuly/aaa6e862d140f58bd56e57080f0d40317c736d66.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Radziun W. (2017), *Związek występowania opadów z cyrkulacją atmosferyczną w środkowej Polsce (1961–2015)*, „Przegląd Geofizyczny”, 3–4, s. 217–235, <http://ptgeof.imgw.pl/?strona=5,1,1> (dostęp: 6.01.2020).
- Rai R.K., Upadhyay A., Ojha C.S.P., Singh V.P. (2012), *Water Quality Index and Status*, [w:] tychże, *The Yamuna River Basin. Water Resources and Environment*, Water Science and Technology Library, 66, Springer Science + Business Media B.V., s. 307–356, [https://doi.org/10.1007/978-94-007-2001-5\\_11](https://doi.org/10.1007/978-94-007-2001-5_11) (dostęp: 6.01.2020).
- Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim. Edycja jubileuszowa* (2018), Biblioteka Monitoringu Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Łodzi, Łódź, [https://www.wios.lodz.pl/files/docs/raport\\_2017.pdf](https://www.wios.lodz.pl/files/docs/raport_2017.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Raport z wykonania Map Zagrożenia Powodziowego i Map Ryzyka Powodziowego* (2013), Projekt ISOK, KZGW, Poznań, [https://www.kzgw.gov.pl/files/mzp-mrp/raport\\_z\\_wykonania\\_map.pdf](https://www.kzgw.gov.pl/files/mzp-mrp/raport_z_wykonania_map.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Rdzany Z. (2014), *Środowisko geograficzne. Budowa geologiczna i rzeźba terenu*, [w:] L. Kucharski, D. Kopeć (red.), *Pradolina Bzury-Neru. Monografia przyrodnicza obszaru Natura 2000*, Towarzystwo Przyrodników Ziemi Łódzkiej, Łódź, s. 11–16.
- Rdzany Z., Szmidt A., Tarnawska K. (2013), *Rola procesów glacialnych w kształtowaniu rzeźby południowego obrzeżenia Kotliny Kolskiej*, „Biuletyn Uniejowski”, 2, s. 5–22, <http://hdl.handle.net/11089/3129> (dostęp: 6.01.2020).
- Rodzoch A., Pazio-Urbanowicz K. (2015), *Zasilanie i drenaż wód podziemnych GZWP nr 4011 (Zbiornik Niecki Łódzkiej) w świetle badań modelowych*, „Przegląd Geologiczny”, 63, 10/2, s. 1037–1041, <https://www.pgi.gov.pl/dokumenty-pig-pib-all/publikacje-2/przeglad-geologiczny/2015/pazdziernik-2-2/3372-pg-2015-10-2-32zasilanie-i-drenaz-wod-podziemnych/file.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Roman M. (2017), *Pojezierze eemskie w środkowej Polsce*, [w:] J. Twardy (red.), *Materiały XXIV Konferencji Naukowo-Szkoleniowej Stratygrafia Plejstocenu Polski „Czwartorzęd pogranicza niżu i wyżyn w Polsce Środkowej” pod patronatem Głównego Geologa Kraju prof. dra hab. Mariusza-Orion Jędryska, 4–8 września 2017 r.*, Wawrzokowizna k/Bełchatowa, Katedra Geomorfologii i Paleogeografii, WNG UŁ, Łódź, s. 68–69.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 lipca 2009 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części powierzchniowych*, Dz. U. z 2009 r. Nr 122, poz. 1018, s. 8891–9008, <http://prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU-20091221018/O/D20091018.pdf> (dostęp: 6.01.2020).

- Rozporządzenie Wojewody Łódzkiego z dnia 5 lipca 1938 roku o wykonaniu regulacji w powiecie łódzkim rzeki Neru na odcinku od Bechcic do Porszewic i rzeki Łódki na odcinku od ujścia do rzeki Neru do miasta Łodzi, „Łódzki Dziennik Urzędowy” 2.11.1938, nr 22, poz. 429, s. 526–527; <https://bc.wbp.lodz.pl/Content/69290/download/> (dostęp: 6.01.2020).
- Rutkowski H. (red.) (1998), *Atlas historyczny Polski. Województwo sieradzkie i województwo łęczyckie w drugiej połowie XVI w. Część II, komentarz, indeksy*, Instytut Historii PAN, Warszawa, <https://www.rcin.org.pl/dlibra/show-content/publication/6817> (dostęp: 6.01.2020).
- Sadkowski A. (1901), *W sprawie połączenia kanałem spławnym doliny rzeki Wisły z doliną rzeki Warty*, „Przegląd Techniczny” 26.07, 2.08, 9.08, XXXIX, 32, 33, 34, s. 305–308, 317–320, 331–334; [http://bcwp.bg.pw.edu.pl/Content/4257/21pt1901\\_nr32.pdf](http://bcwp.bg.pw.edu.pl/Content/4257/21pt1901_nr32.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Sierka E., Roszkowska E., Woźniak G. (2018), *Znaczenie wody dla funkcjonowania ekosystemów na terenach rozejmo-przemysłowych*, [w:] D. Absalon (red.), *Aktualne problemy gospodarki wodnej*, Monografie Śląskiego Centrum Wody, 1, Wyd. Śląskie Centrum Wody, Katowice, s. 59–70, <http://scw.us.edu.pl/images/publikacje/SCW-Tom1/SCW-Tom1-2018-4.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Słownik geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich* (1880–1914), Nakład Filipa Sulimierskiego i Władysława Walewskiego, Warszawa, [http://dir.icm.edu.pl/pl/Sownik\\_geograficzny](http://dir.icm.edu.pl/pl/Sownik_geograficzny) (dostęp: 6.01.2020).
- Słownik staropolski* (1969), PAN, Wrocław, <https://pjs.ijp.pan.pl/Sstp/t5.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Socha G. (red.) (2011), *Rezerwy przyrody województwa łódzkiego*, Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska w Łodzi, Łódź, [https://www.gdos.gov.pl/files/aktualnosci/20141/album\\_calosc.pdf](https://www.gdos.gov.pl/files/aktualnosci/20141/album_calosc.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Soczyńska U. (1997), *Odptyw powierzchniowy*, [w:] U. Soczyńska (red.), *Hydrologia dynamiczna*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 252–297.
- Soja R. (2002), *Hydrologiczne aspekty antropopresji w polskich Karpatach*, „Prace Geograficzne”, 186, [http://rcin.org.pl/Content/585/Wa51\\_3549\\_r2002-nr186\\_Prace-Geogr.pdf](http://rcin.org.pl/Content/585/Wa51_3549_r2002-nr186_Prace-Geogr.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W. (2018), *Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data*, „Geographia Polonica”, 91, 2, s. 143–170, <https://doi.org/10.7163/GPol.011> (dostęp: 6.01.2020).
- Somorowska U., Ślązek M. (2016), *Sezonowa zmienność ewapotranspiracji potencjalnej zlewni nizinnej*, „Prace i Studia Geograficzne”, 61, 2, s. 105–117, [http://wgsr.uw.edu.pl/wgsr/wp-content/uploads/2018/10/T.61.-2.art.\\_6.pdf](http://wgsr.uw.edu.pl/wgsr/wp-content/uploads/2018/10/T.61.-2.art._6.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Somorowski C., Multan H., Mosiej J., Szatyłowicz J. (1991), *Wpływ nawodnień ściekami na plonowanie i elementy bilansu wodnego gleby użytków zielonych w dolinie rzeki Ner*, „Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie”, 249, s. 81–101.
- Sowizdział A., Hajto M., Papiernik B., Mitan K., Hałaj E. (2017), *Możliwości rozwoju sektora geotermii w centralnej Polsce w świetle pogłębionej analizy strukturalno-parametrycznej rejonu niecki mogileńsko-łódzkiej*, „Technika Poszukiwań Geologicznych, Geotermia, Zrównoważony Rozwój”, 2, s. 17–31, [http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-afa0e714-7bb3-4bea-bc8d-b3d7d2614495/c/tpg2017\\_2\\_sowizdzial-i-in\\_możliwosci.pdf](http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-afa0e714-7bb3-4bea-bc8d-b3d7d2614495/c/tpg2017_2_sowizdzial-i-in_możliwosci.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Stachy J., Fal B., Dobrzyńska L., Hołdakowska J. (1996), *Wezbrania rzek polskich w latach 1951–1990*, Hydrologia i Oceanologia, 20, IMGW, Warszawa.
- Stemplew dawniej i dziś* (2007), Stowarzyszenie „Mamy Wielkie Serca” w Świnicach Warckich. Specjalny Ośrodek Szkolno-Wychowawczy w Stemplewie, Stemplew, <https://docplayer.pl/4481747-Stemplew-dawniej-i-dzis.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Suchodolski S., Bogucki M. (2017), *Inwentaryzacja wczesnośredniowiecznych znalezisk pieniądza kruszcowego w Polsce*, „Przegląd Archeologiczny”, 65, s. 53–68, [http://rcin.org.pl/Content/63719/WA308\\_83429\\_PIII149\\_Inwentaryzacja-wczes\\_I.pdf](http://rcin.org.pl/Content/63719/WA308_83429_PIII149_Inwentaryzacja-wczes_I.pdf) (dostęp: 6.01.2020).

- Suliborski A., Kulawiak A. (2017), *Transformacja Państwowych Gospodarstw Rolnych Sarnów i Bełdów w województwie łódzkim w prywatne przedsiębiorstwa. Konsekwencje społeczne*, „Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Socio-Oeconomica”, 29, s. 5–26, <http://dx.doi.org/10.18778/1508-1117.29.01> (dostęp: 6.01.2020).
- Surowiecki W. (1811), *O rzekach y splawach krajów Xięstwa Warszawskiego z zlecenia JW. Łubieńskiego*, Drukarnia Rządowa, Warszawa, <https://rcin.org.pl/dlibra/show-content/publication/edition/28056> (dostęp: 6.01.2020).
- Sygułski M. (2006), *Historia Bałut. Tom 2: Osada fabryczna Bałuty Nowe – ludność, zabudowa, posejsje 1857–1915* (1939), Ameba, Łódź.
- Szałkiewicz E., Dysarz T., Wicher-Dysarz J. (2015), *Analysis of potential intensity of sediment transport on selected reach of the Ner river*, „Inżynieria Ekologiczna”, 45, s. 195–204, <https://doi.org/10.12912/23920629/60616> (dostęp: 6.01.2020).
- Szymczak J., Chańko J. (2001), *Stosunki gospodarczo-społeczne*, [w:] S. Liszewski (red.), *Zarys monografii województwa łódzkiego*, Wyd. Łódzkiego Towarzystwa Naukowego, Łódź, s. 154–164.
- Szymkiewicz J., Twardy J. (2016), *Stan hydromorfologiczny górnego odcinka rzeki Ner w świetle zastosowania metody River Habitat Survey (RHS)*, „Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Physica”, 15, s. 63–75, <http://hdl.handle.net/11089/21074> (dostęp: 6.01.2020).
- Szymkiewicz R., Gąsiorowski D. (2010), *Podstawy hydrologii dynamicznej*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Tokarczyk T. (2011), *Metody oceny zasobów wodnych zlewni rzek o różnym charakterze i stopniu zagospodarowania*, IMGiW, Warszawa.
- Tomaszewski E. (2001), *Sezonowe zmiany odpływu podziemnego w Polsce w latach 1971–1990*, „Acta Geographica Lodzianis”, 79.
- Tomaszewski E. (2012), *Wieloletnia i sezonowa dynamika nizin w rzekach środkowej Polski*, Wyd. UŁ, Łódź.
- Tomaszewski E. (2017), *Nizin i susze*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 175–182.
- Tomczak E., Dominiak A. (2014), *Historyczne zmiany struktury sieci wodociągowej na tle utrzymania standardów wody pitnej dla miasta Łodzi*, „Proceedings of ECOpole”, 8, 1, s. 311–317, [http://doi.org/10.2429/proc.2014.8\(1\)040](http://doi.org/10.2429/proc.2014.8(1)040) (dostęp: 6.01.2020).
- Tszydel M., Kruk A., Galicka W., Tybulczuk S., Pietraszewski D., Marszał L., Janic B. (2010), *Fauna bezkręgowca w strumieniach i rzekach miasta Łodzi*, „Acta Universitatis Lodzianis. Folia Biologica et Oecologica, Supplement”, s. 43–54, <http://hdl.handle.net/11089/12373> (dostęp: 6.01.2020).
- Turkowska K. (2001), *Budowa geologiczna i rzeźba terenu*, [w:] S. Liszewski (red.), *Zarys monografii województwa łódzkiego*, Wyd. Łódzkiego Towarzystwa Naukowego, Łódź, s. 51–59.
- Turkowska K. (2006), *Geomorfologia regionu łódzkiego*, Wyd. UŁ, Łódź.
- Ujda K. (red.) (1969), *Wodowskazy na rzekach Polski*, cz. I: *Wodowskazy w dorzeczu Odry i na rzekach Przymorza między Odrą a Wisłą*, PIHM, WKiŁ, Warszawa.
- Wibig J. (2001), *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie*, Wyd. UŁ, Łódź.
- Wibig J. (2007), *Fale ciepła i chłodu w środkowej Polsce*, [w:] P. Jokiel (red.), *Zjawiska ekstremalne i zdarzenia nadzwyczajne w środkowej Polsce*, „Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Physica”, 8, s. 27–61, <http://hdl.handle.net/11089/2852> (dostęp: 6.01.2020).
- Wibig J. (2017), *Klimatyczny bilans wodny*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 49–54.
- Wibig J., Fortuniak K. (1998), *The extreme precipitation conditions in Łódź in the period 1931–1995*, „Acta Universitatis Lodzianis. Folia Geographica Physica”, 3, s. 241–249, <http://hdl.handle.net/11089/3068> (dostęp: 6.01.2020).
- Wiech A.K., Marciniewicz-Mykieta M., Toczko B. (2018), *Stan środowiska w Polsce. Raport*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, GIOŚ, Warszawa, [http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/raporty/Stan\\_srodowiska\\_w\\_Polsce-Raport\\_2018.pdf](http://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/raporty/Stan_srodowiska_w_Polsce-Raport_2018.pdf) (dostęp: 6.01.2020).

- Wierzbicki P., Waack-Zajac A., Koška T. (2010), *Układ hydrograficzny miasta Łodzi*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej. Seria Budownictwo”, 1066, 61, s. 145–156, <http://hdl.handle.net/11652/315> (dostęp: 6.01.2020).
- Wojalski M.Z. (1996), *Działo się w Łodzi*, Wydawnictwo Zora, Łódź.
- Wojciechowski K. (1968), *Zagadnienie metody bilansu wodnego Thornthwaite'a i Mathera w zastosowaniu do Polski*, „Prace Geograficzne IG PAN”, 68, [https://rcin.org.pl/Content/15315/WA51\\_21938\\_r1968\\_nr68\\_Prace-Geogr.pdf](https://rcin.org.pl/Content/15315/WA51_21938_r1968_nr68_Prace-Geogr.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Wolnicz-Pawłowska E. (2006), *Nazwy wodne dorzecza Warty od źródeł do ujścia Proсны*, DiG, Warszawa.
- Woś A. (1993), *Regiony klimatyczne Polski w świetle częstości występowania różnych typów pogody*, „Zeszyty Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN”, 20, [https://rcin.org.pl/Content/33464/WA51\\_44806\\_r1993-nr20\\_Zeszyty-IGiPZ.pdf](https://rcin.org.pl/Content/33464/WA51_44806_r1993-nr20_Zeszyty-IGiPZ.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Woś A. (2010), *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*, Wyd. Naukowe UAM, Poznań.
- Woźniak K. (2014), *Zimna woda zdrowia doda*, „Ziemia Łódzka”, 9 (154), s. 17, [http://www.lodzkie.pl/files/ziemia/archiwum/2014/zl\\_2014\\_09.pdf](http://www.lodzkie.pl/files/ziemia/archiwum/2014/zl_2014_09.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Wroński W., Tołoczko W. (2008), *Dziedzictwo nawodnień doliny Neru – szansą na rozwój hodowli*, [w:] W. Tołoczko (red.), *Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Studenckich Kół Naukowych Geografów „Dziedzictwo kulturowe: ochrona i adaptacja jako szansa na rozwój”*, 7–9 marca Łódź, Pictor, Łódź, s. 115–127, <http://hdl.handle.net/11089/20792> (dostęp: 6.01.2020).
- Wrzesiński D. (2017), *Reżimy rzek Polski*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 215–221.
- Wypych A., Kowanetz L. (2017), *Parowanie terenowe i ewapotranspiracja*, [w:] P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), *Hydrologia Polski*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, s. 44–49.
- Zajączkowski S.M. (1976), *Studia z dziejów osadnictwa na obszarze Łodzi do końca XVI wieku*, „Prace Wydziału II Nauk Historycznych i Społecznych”, 80.
- Zawilski M. (2011), *Wstępne rezultaty monitoringu przestrzennego rozkładu opadów w Łodzi w 2010 roku*, [w:] J. Łomotowski (red.), *Wody opadowe a zjawiska ekstremalne*, Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Lublin, s. 31–40.
- Zbiorniki wody czystej łódzka katedra wodna na Stokach* [b.d.], Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Łodzi, Łódź, [http://www.zwik.lodz.pl/wgrane\\_pliki/stoki.pdf](http://www.zwik.lodz.pl/wgrane_pliki/stoki.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Ziomek J. (2002), *Geologia – utwory powierzchniowe*, [w:] S. Liszewski (red.), *Atlas miasta Łodzi. Geologia i gleby* (plansza VII), Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź, <http://www.mapa.lodz.pl/mapa/atlas/P-07.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Ziomek J. (2008), *Budowa geologiczna Łodzi i regionu*, Wyd. UŁ, Łódź.
- Żurek S., Okupny D. (2015), *Torfowiska regionu łódzkiego*, „Studia Limnologica et Telmatologica”, 9, 2, s. 59–69, [http://ichtys.home.amu.edu.pl/SLETT/SLETT/slett\\_09\\_2/slett09\\_2\\_pp\\_59-69.pdf](http://ichtys.home.amu.edu.pl/SLETT/SLETT/slett_09_2/slett09_2_pp_59-69.pdf) (dostęp: 6.01.2020).

## Doniesienia prasowe

- AGA (2018), *Rzeki w Łodzi. Dawna rzeka Ostroga odnaleziona. Miasto Łódź mogło właśnie tak się nazywać*, „Dziennik Łódzki” 1.07, <https://dzienniklodzki.pl/rzeki-w-lodzi-dawna-rzeka-ostroga-odnaleziona-miasto-lodz-moglo-wlasnie-tak-sie-nazywac-zdjecia/ar/13302071> (dostęp: 6.01.2020).
- Bogactwo brudnych wód Neru* (1953), „Dziennik Łódzki” 24.01, 9, 21, s. 1, <https://bc.wbp.lodz.pl/Content/60707/download/> (dostęp: 6.01.2020).
- Co słyszał?* (1892), „Zorza” 30.01, 27, 6, s. 12, <http://ebuw.uw.edu.pl/dlibra/doccontent?id=269887> (dostęp: 6.01.2020).
- „Informator Handlowo-Przemysłowy m. Łodzi” (1911), V, s. 13, <https://bc.wimbp.lodz.pl/dlibra/publication/78409/edition/74824> (dostęp: 6.01.2020).
- Inżynierowie czeszy podziwiali nad Nerem 3-merowe konopie* (1948), „Dziennik Łódzki” 6.10, 4, 276, s. 5, <http://bc.wbp.lodz.pl/dlibra/publication?id=59300> (dostęp: 6.01.2020).



- Kronika* (1913), „Rozwój” 23.08, 193, s. 6, <http://bc.wimbp.lodz.pl/dlibra/docmetadata?id=9739> (dostęp: 6.01.2020).
- Kronika* (1920), „Rozwój” 6.06, 155, s. 3, <http://bc.wimbp.lodz.pl/dlibra/docmetadata?id=10744> (dostęp: 6.01.2020).
- Kronika: zakłady lecznicze* (1900), „Rozwój” 15.02, 37, s. 3, <http://bc.wimbp.lodz.pl/Content/3692/Rozwoj1900nr37.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- Kulminacyjna fala w dolnym biegu rzek* (1963), „Dziennik Łódzki” 16.03, 18, 65, s. 1, <http://bc.wimbp.lodz.pl/dlibra/docmetadata?id=57352> (dostęp: 6.01.2020).
- Na pewno...* (1913), „Śmiech. Tygodnik Humorystyczno-Satyryczny” 4.01, s. 5, [http://bc.wbp.lodz.pl/Content/75675/Smiech\\_1913\\_no\\_02a.pdf](http://bc.wbp.lodz.pl/Content/75675/Smiech_1913_no_02a.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Pierzchała W. (2017), *Rzeki w Łodzi: odkryto dawny dopływ rzeki Łódki*, „Dziennik Łódzki” 30.11, 7, 148, <https://dzienniklodzki.pl/rzeki-w-lodzi-odkryto-dawny-doplyw-rzeki-lodki/ar/12723070> (dostęp: 6.01.2020).
- Rzeka Dobrzyńska będzie oczyszczona* (1912), „Rozwój” 31.12, 193, s. 2, <http://bc.wimbp.lodz.pl/dlibra/docmetadata?id=9692> (dostęp: 6.01.2020).
- Skutki niedzielnej nawałnicy* (1980), „Dziennik Popularny” 17.06, 36, 134, s. 1, <https://bc.wbp.lodz.pl/dlibra/publication/54908/edition/52449> (dostęp: 6.01.2020).
- W dolinie Neru pod Łodzią padł rekord zbioru siana* (1951), „Dziennik Łódzki” 30.05, 7, 148, s. 1, <http://bc.wbp.lodz.pl/dlibra/docmetadata?id=57967> (dostęp: 6.01.2020).
- Więści z miasta* (1903), „Goniec Łódzki” 29.06, VI, 176, s. 1, <http://bcu.lib.uni.lodz.pl/dlibra/docmetadata?id=39301> (dostęp: 6.01.2020).

## Archiwalia i źródła kartograficzne

- Bazy danych i geobazy do aktualizacji planów gospodarowania wodami na obszarach dorzeczy*, Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, <http://apg.gov.pl/pl/II-cykl-materialy-do-pobrania> (dostęp: 6.01.2020).
- BDOT10k. Baza Danych Obiektów Topograficznych w skali 1:10 tys.*, Główny Urząd Geodezji i Kartografii (GUGiK), <http://www.gugik.gov.pl/pzgif/zamow-dane/baza-danych-objektow-topograficznych-bdot-10k>; <https://pzgif.geoportal.gov.pl/imap/> (dostęp: 6.01.2020).
- Bing Maps. Ujście Karolewki do Jasienia*, <https://binged.it/2tYsMde> (dostęp: 6.01.2020).
- Bing Maps. Zalew Leżnicki*, <https://binged.it/2TfwFVE> (dostęp: 6.01.2020).
- CODGiK. Zbiór danych państwowego rejestru granic (PRG) i powierzchni jednostek podziałów terytorialnych kraju*, <http://www.gugik.gov.pl/pzgif/dane-bez-oplat/dane-z-panstwowego-rejestru-granic-i-powierzchni-jednostek-podzialow-terytorialnych-kraju-prg> (dostęp: 6.01.2020).
- CORINE. Land Cover* (2018), Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, <http://clc.gios.gov.pl/index.php/o-clc/program-clc> (dostęp: 6.01.2020).
- Chełchowski W., Wiszniewski W. (1987), *Regiony klimatyczne Polski*, [w:] *Atlas hydrologiczny Polski*, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Chrzanowski W. (1859), *Karta dawniej Polski z przyległymi okolicami krajów sąsiednich według nowych materiałów na 1:300000. XXV. (20 bis) Kalisz*, Imp. de Louis Antoine, Paris, <https://www.bibliotekacyfrowa.pl/dlibra/publication/34201/edition/45875> (dostęp: 6.01.2020).
- EU-DEM v1.1. Numeryczny model terenu*, Europejska Agencja Środowiska (EEA), 7.12.2017, <http://land.copernicus.eu/pan-european/satellite-derived-products/eu-dem/eu-dem-v1.1/view> (dostęp: 6.01.2020).
- Fischereibezirke am Ner im Amtsbezirke des R.W.W.A. Litzmannstadt. 1:25 000* (1942), Litzmannstadt, Łódź.
- Geoportal Województwa Łódzkiego, *Moduł Melioracja* (stan na 13 marca 2019), Urząd Marszałkowski Województwa Łódzkiego, Departament Geodezji i Kartografii, Łódź, <https://geoportal.lodzkie.pl/imap/> (dostęp: 6.01.2020).

- Geoportal Województwa Łódzkiego, *Moduł Ortofotomapa* (2018), Urząd Marszałkowski Województwa Łódzkiego, Departament Geodezji i Kartografii, Łódź, <https://geoportal.lodzkie.pl/imap/> (dostęp: 6.01.2020).
- Gilly D. (1802–1803), *Special Karte von Südpreussen: mit Allergrösster Erlaubniss aus der Königlichen grossen topographischen Vermessungs-Karte, unter Mitwirkung des Directors Langner* (ark. C III), ok. 1:150 000, Simon Schropp u. Comp., Berlin, <https://bcul.lib.uni.lodz.pl/Content/1245/zip/> (dostęp: 6.01.2020).
- Google Maps. *Torfianka w Wilczkowie*, <https://www.google.pl/maps/place/Wilczków/@51.9508315,18.9140505,1403m> (dostęp: 6.01.2020).
- Informacje dotyczące jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych, dane mapowe*, Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie, <https://www.kzgw.gov.pl/index.php/pl/materialy-informacyjne/dane-mapowe> (dostęp: 6.01.2020).
- Innocentius Pp. II (1136), *Bulla Innocentego II z roku 1136 oznaczająca dobra podległe arcybiskupstwu gnieźnieńskiemu*, <http://www.system-polskiego-prawa-podatkowego.pl/tom7r2.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Johnej F. (1813), *Brulion plan klucza łódzkiego w Departamencie Warszawskim powiecie zgiersko-łęczyckim sytuowanego. Do dóbr narodowych należącego specjalnie rozmiarzonego w roku 1812–1813 przezemnie Franciszka Johnej geometri przysięgłego*, ok. 1:5000, ze zb. kart. APŁ, sygn. 39/609/0/-/513.
- Kleczkowski A.S. (red.) (1990), *Mapa głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony: 1:500 000*, Wyd. AGH, Kraków, <https://www.pgi.gov.pl/psh/dane-hydrogeologiczne-psh/947-bazy-danych-hydrogeologiczne/8890-gzwp.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Komisja Spraw Wewnętrznych i Duchowych. Oddział Przemysłu i Kunsztu. Dotyczy osady fabrycznej w m. Łodzi*, Leon Krapecki, Ingenieur eleve, 13.09.1825, Nebenbäche Lamus und Harascik. AGAD, sygn. 19246, Folio 2.
- Litzmannstadt. *Freibad in Erzhausen*. [194–?] Paul Mix, Litzmannstadt, <https://bc.wimbp.lodz.pl/dlibra/publication/79643> (dostęp: 6.01.2020).
- Mercator G. (1633), *Polonia et Silesia*, <https://bcul.lib.uni.lodz.pl/dlibra/publication/75404/edition/67252> (dostęp: 2.06.2020).
- MGP. *Mapa Geologiczna Polski w skali 1:500 000* (2006), PIG-PIB, Warszawa, <https://dane.gov.pl/dataset/772,mapa-geologiczna-polski-w-skali-1500-000> (dostęp: 6.01.2020).
- MGŚP. *Mapa Geośrodowiskowa Polski: 1:50 000* (2002–2011), arkusze: Dąbie (<http://bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/A/mgspA0551.jpg>), Lutomiersk (<http://bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/A/mgspA0626.jpg>), Łęczycza (<http://bazadata.pgi.gov.pl/data/mgsp/A/mgspA0552.jpg>), Łódź Wschód ([http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze\\_skany/smgp0628.jpg](http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze_skany/smgp0628.jpg)), Łódź Zachód ([http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze\\_skany/smgp0627.jpg](http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze_skany/smgp0627.jpg)), Pabianice ([http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze\\_skany/smgp0664.jpg](http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze_skany/smgp0664.jpg)) i Parzęczew ([http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze\\_skany/smgp0589.jpg](http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze_skany/smgp0589.jpg)), PIG-PIB, Warszawa.
- Mokradła Polski. Typy Siedlisk. Skala 1:750 000* (2006), Zakład Ochrony Przyrody Obszarów Wiejskich, IMUZ, Falenty, <http://www.gis-mokradla.info> (dostęp: 6.01.2020).
- MPHP10k. *Mapa Podziału Hydrograficznego Polski w skali 1:10 tys.*, Państwowy Zasób Geodezyjny i Kartograficzny (PZGiK), Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- Paczyński B. (red.) (1993–1995), *Atlas hydrogeologiczny Polski: 1:500 000*, cz. 1: *Systemy zwykłych wód podziemnych*, cz. 2: *Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych*, PIG, Warszawa.
- Perthées K. de (1793), *Mappa szczegulna województwa łęczyckiego zrzządzona z innych wielu mapp miejscowych tak dawniey jak i świeżo odrysowanych tudziesz gościńcowych i niewętpliwych wiadomości, wszystko według reguł geograficznych i obserwacyi astronomicznych przez Karola de Perthes Pułkownika Woysk Koron i J.K.M. Geografa*, [http://maps.mapywig.org/m/Polish\\_maps/series/225K\\_Perthees\\_Voivodships\\_maps/Perthees-Mappa\\_szczeg\\_woj\\_łeczyc\\_1793@AGAD-AK\\_96\\_\(Zb\\_SA\\_12\).jpg](http://maps.mapywig.org/m/Polish_maps/series/225K_Perthees_Voivodships_maps/Perthees-Mappa_szczeg_woj_łeczyc_1793@AGAD-AK_96_(Zb_SA_12).jpg) (dostęp: 6.01.2020).
- Raport z przeglądu i aktualizacji wstępnej oceny ryzyka powodziowego* (wersja nr 2.00., podzadanie 1.3.5.2, Sweco Consulting Sp. z o.o.), Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy

- Instytut Badawczy, Warszawa, 12.2018, [https://www.wody.gov.pl/WORP/raport\\_04122018.pdf](https://www.wody.gov.pl/WORP/raport_04122018.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Richter K. (1843–1864), *Topografičeská karta Carstva Pol'skago (Topograficzna Karta Królestwa Polskiego) w skali 1:126 000*, Kwaternmistrzostwo Generalne Wojska Polskiego, <http://pbc.biaman.pl/publication/54743> (dostęp: 6.01.2020).
- Rzyszczewski L., Muczkowski A., Helcel A.Z., Bartoszewicz J., Boniecki M.J., Bobowski M. (1847), *Codex diplomaticus Poloniae quo continentur privilegia regum Poloniae, magnorum ducum Lituaniae, bullae pontificum, nec non jura a privatis data: illustrandis domesticis rebus gestis inservitura adhuc nusquam typis exarata, ab antiquissimis inde temporibus usque ad annum 1506*, t. 1, Typis S. Strabski, <https://play.google.com/store/books/details?id=6alCAQAAMAAJ> (dostęp: 6.01.2020).
- SMGP. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski: 1:50 000* (arkusz: Dąbie) (1993), [http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze\\_skany/smgp0551.jpg](http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze_skany/smgp0551.jpg), (arkusz Łódź Wschód) (1987), [http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze\\_skany/smgp0628.jpg](http://bazadata.pgi.gov.pl/data/smgp/arkusze_skany/smgp0628.jpg), PIG-PIB, Warszawa.
- Stachy J., Czarnecka H., Białuk J., Baranowski L. (red.) (1987), *Atlas hydrologiczny Polski*, t. I, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Łodzi* (załącznik do uchwały nr LXIXI/1753/18 rady miejskiej w Łodzi z dnia 28 marca 2018 r.), Łódź, <https://mpu.lodz.pl/opracowania/studium/studium-uwarunkowan-i-kierunkow-zagospodarowania-przestrzennego-miasta-lodzi-2018-39/> (dostęp: 6.01.2020).
- Wasilewski W., Faflik R. (2009), *Projekt budowlano-wykonawczy przebudowy urządzeń wodnych na zbiorniku wodnym w miejscowości Leźnica Wielka*, Łódzki Urząd Wojewódzki, Łódź.
- Wojewódzki Program Ochrony i Rozwoju Zasobów Wodnych dla województwa łódzkiego (2005), Biuro Projektów Wodnych Melioracji i Inżynierii Środowiska BIPROWDMEL Sp. z o.o., Poznań, <http://www.bip.melioracja.lodzkie.pl/data/other/wojprochrzaswod.pdf> (dostęp: 6.01.2020).
- WWII Aerial Photos and Maps (25.09.2019), [ftp://jccalvin.ddns.net/Aerial Photographs/Aerial Lodz/](ftp://jccalvin.ddns.net/Aerial%20Photographs/Aerial%20Lodz/) (dostęp: 6.01.2020).
- Załącznik do aktualizacji Master Planu dla dyrekcji Rady 91/271/EWG* (05.2016), KZGW, Warszawa, <http://www.kzgw.gov.pl/files/kposk/02-mp/1-aktualizacja-MP.zip> (dostęp: 6.01.2020).

## Prace niepublikowane i źródła internetowe

- Bagrowicz T. (2019), *Koncentracja zanieczyszczeń w wodach powierzchniowych i gruntowych środkowego odcinka doliny Neru jako skutek nawadniania ściekami z Łódzkiej Aglomeracji Miejskiej* (praca magisterska wyk. w PG WNG UŁ pod opieką M. Ziulkiewicza, maszynopis), Łódź.
- Bąk Ł. (2019), *Zmiany i zmienność wieloletnia i sezonowa wskaźnika KBW w Łodzi* (praca magisterska wyk. w PHiGW UŁ pod opieką P. Tomalskiego, maszynopis), Łódź.
- Bulwar Rokicie, Bulwar spacerowy na Rokiciu nad rzeką Olechówką* (2019), Facebook.com 4.09, <https://www.facebook.com/BulwarRokicie/> (dostęp: 6.01.2020).
- Elektroniczny słownik hydronimów Polski*, Pracownia Onomastyki Instytutu Języka Polskiego PAN, Kraków; <http://eshp.ijp.pan.pl/> (dostęp: 6.01.2020).
- Encyklopedia PWN*, <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/rzeka;3970665.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Fotopolska. Klasztor w Lutomiarsku nad Nerem*, <https://lodz.fotopolska.eu/380659,foto.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Fotopolska. Stacja Oczyszczania Ścieków*, <https://lodz.fotopolska.eu/331968,foto.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Geotermia Poddębice, zdjęcia odwiertów*, [http://geotermia.poddebice.pl/original/zdjecie\\_8.jpg](http://geotermia.poddebice.pl/original/zdjecie_8.jpg) (dostęp: 6.01.2020).
- Gośławska A. (2009), *Program ochrony środowiska powiatu poddębickiego 2012 (z uwzględnieniem lat 2013–2016)* (maszynopis), Starostwo Powiatowe w Poddębicach, Poddębice, [http://www.biuletyn.net/nt-bin/\\_private/poddebice/3742.pdf](http://www.biuletyn.net/nt-bin/_private/poddebice/3742.pdf) (dostęp: 6.01.2020).

- Istotne problemy gospodarki wodnej. Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie*, [http://poznanzgw.gov.pl/images/stories/o\\_rzgw/udzial-spoleczenstwa/Charakterystyka-regionu-wodnego-Warty.pdf](http://poznanzgw.gov.pl/images/stories/o_rzgw/udzial-spoleczenstwa/Charakterystyka-regionu-wodnego-Warty.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- Klimkiewicz Z. (2015), *Młyny nad Dobrzynką*, Stowarzyszenie Dolina Dobrzynki, Rydzynki gm. Tuszyn; 6.11, <http://www.dolinadobrzynki.pl/index.php/historia/90-mlyny-nad-dobrzynka> (dostęp: 6.01.2020).
- Konstantynów Łódzki, *Pierwszy splyw kajakowy Nerem* (2018), Facebook.com 2.07, <https://www.facebook.com/watch/?v=1775468165836314> (dostęp: 6.01.2020).
- Łódź, *nasze miasto. Łodzianie wrócili ze splywu kajakowego po Nerze* (13.07.2012), <https://lodz.nasze-miasto.pl/lodzianie-wrocili-ze-splywu-kajakowego-po-nerze/ar/c8-1475905> (dostęp: 6.01.2020).
- Miasto bez kanalizacji, czyli dawne łódzkie studnie i... rynsztoki* (2016), „Baedeker Łódzki” 28.03, <https://baedekerlodz.blogspot.com/2016/03/miasto-bez-kanalizacji-czyli-dawne.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Nadal płoną torfowiska* (2003), Urząd Miejski w Łęczycy, <https://leczyca.info.pl/nadal-plona-torfowiska/> (dostęp: 6.01.2020).
- Nejman B. (1973), *Degradacja wód podziemnych w Łódzkiej Aglomeracji Miejskiej jako wynik działalności człowieka i problem ich racjonalnego wykorzystania* (raport na sesję naukową *Ochrona środowiska człowieka w ŁAM*, maszynopis UMŁ).
- Penetratorzy. Kanał lewy, kanał prawy* (21.06.2011), <https://penetratorscavengerteam.blogspot.com/2011/06/kana-lewy-kana-prawy.html> (dostęp: 6.01.2020).
- Pogodynka.pl, <http://monitor.pogodynka.pl/#station/hydro/152180150> (dostęp: 6.01.2020).
- Ruszkowski J. (1967), *Charakterystyka hydrograficzna dorzecza Beldówki* (praca magisterska pod kier. doc. dra Stanisława Zycha w KM, KiH UŁ, maszynopis), Łódź.
- Strategia marki. Łódzkie Energetyczne* (2014), Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia, [http://www.bioenergiadlaregionu.eu/gfx/baza\\_wiedzy/453/strategia\\_marki\\_lodzkie\\_energetyczne.pdf](http://www.bioenergiadlaregionu.eu/gfx/baza_wiedzy/453/strategia_marki_lodzkie_energetyczne.pdf) (dostęp: 6.01.2020).
- V Grand Prix Kola – rzeka Ner* (2016), [Wedkuje.pl 1.08, https://wedkuje.pl/n/v-grand-prix-kola/91077](https://wedkuje.pl/n/v-grand-prix-kola/91077) (dostęp: 6.01.2020).
- Wikipedia.pl, [https://pl.wikipedia.org/wiki/Piorunów\\_\(województwo\\_łódzkie\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Piorunów_(województwo_łódzkie)) (dostęp: 6.01.2020).
- WQI Calculator, Monitoring the Quality of Surface Waters*, Water Research Center, Dallas, <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-monitoring/monitoring-the-quality-of-surfacewaters> (dostęp: 6.01.2020).
- Wykaz oczyszczalni ścieków na terenie województwa łódzkiego w 2017 r.*, WIOŚ, Łódź, [https://www.wios.lodz.pl/Wykaz\\_oczyszczalni\\_sciekow,34](https://www.wios.lodz.pl/Wykaz_oczyszczalni_sciekow,34) (dostęp: 6.01.2020).
- Wykaz oczyszczalni w ewidencji WIOŚ w Poznaniu. Stan na rok 2016*, WIOŚ, Poznań, <http://poznanzgw.gov.pl/monitoring-srodowiska/wyniki-badan-i-oceny/monitoring-wod-powierzchniowych/wykaz-oczyszczalni-w-wojewodztwie-wielkopolskim/> (dostęp: 6.01.2020).
- Zespół pałacowo-parkowy w Poddębicach*, Skanska.pl, <https://www.skanska.pl/oferta/realizacje/57950/Zespol-palacowoparkowy-w-Poddebicach> (dostęp: 6.01.2020).



# Spis rysunków

<b>Rys. 1.1.</b>	Położenie zlewni Neru na tle podziału administracyjnego Polski	12
<b>Rys. 1.2.</b>	Mezoregiony fizycznogeograficzne i geomorfologia zlewni Neru	13
<b>Rys. 1.3.</b>	Przebieg i profil podłużny działu wodnego Neru (I rzędu) w obrębie Łodzi i ukształtowanie zwierciadła wód podziemnych w strefie wododziałowej	14
<b>Rys. 1.4.</b>	Uproszczona budowa geologiczna zlewni Neru	21
<b>Rys. 1.5.</b>	Głębokość do pierwszego zwierciadła wód podziemnych oraz główne zbiorniki wód podziemnych (GZWP) w zlewni Neru	24
<b>Rys. 1.6.</b>	Ukształtowanie zwierciadła wody piętra górnokredowego na obszarze Łodzi	29
<b>Rys. 1.7.</b>	Reklama zakładu studniarskiego w Łodzi z początku XX wieku	29
<b>Rys. 1.8.</b>	Profile hipsometryczne współczesnej powierzchni terenu oraz podłoża czwartorzędu. Przebieg profili zaznaczono na rys. 1.5	31
<b>Rys. 2.1.</b>	Ner na mapie <i>Polonia et Silesia</i> Gerarda Mercatora z 1633 roku	36
<b>Rys. 2.2.</b>	Zlewnia Neru. Część południowa	37
<b>Rys. 2.3.</b>	Zlewnia Neru. Część północna	38
<b>Rys. 2.4.</b>	Fragment <i>Mappy szczególnej wojewudztwa łęczyckiego</i> K. de Perthéesa z 1793 roku (1:225 tys.). Zlewnia Dobrzyńki (widoczne ujście do granicznej rzeki Ner i młyny wodne)	55
<b>Rys. 2.5.</b>	Łódka i dawne osady w jej dolinie na mapie F. Johnneya z 1813 roku	59
<b>Rys. 2.6.</b>	Pradolina Bzury-Neru na Topograficznej Karcie Królestwa Polskiego (1:126 tys.) z 1843 roku. Widoczny Zian i jego ujście do Neru oraz Kanał Królewski	73
<b>Rys. 2.7.</b>	Okolice młyna Ruda ze stawem (dzisiejszy Staw Stefańskiego) i młynówką. <i>Mappy rozległości gruntów...</i> Bergemanna z 1819 roku	83
<b>Rys. 2.8.</b>	Okolice Bełdowa ze stawami młyńskimi na Bełdówce (ówczesnej Miercznej). Fragment arkusza XXV (Kalisz) <i>Karty dawniej Polski z przyległymi okolicami 1:300 tys.</i> W. Chrzanowskiego z 1859 roku	88

<b>Rys. 2.9.</b>	Torfowisko Rąbień	93
<b>Rys. 2.10.</b>	Dąbskie Błota i „kolano Neru”. Fragment <i>Mappy szczególnej wojewudztwa łęczyckiego</i> K. de Perthéesa z 1793 roku (1:225 tys.)	96
<b>Rys. 3.1.</b>	Skarb z Leźnicy Małej nad Zianem – denary krzyżowe z przełomu XI i XII wieku	102
<b>Rys. 3.2.</b>	Użytkowanie terenu w zlewni Neru w latach 1990 i 2018	105
<b>Rys. 3.3.</b>	Udział różnych form użytkowania terenu w wybranych zlewniach Neru [%]	106
<b>Rys. 3.4.</b>	Zmiany użytkowania terenu, jakie nastąpiły między 1942 (fot. lewa) i 2018 rokiem (fot. prawa) w rejonie ujścia Karolewki do Jasienia	107
<b>Rys. 4.1.</b>	Sezonowe i wieloletnie zmiany liczby dni z zachodnią cyrkulacją atlantycką w Łodzi (wskaźnik CC wg Osuchowskiej-Klein 1978)	110
<b>Rys. 4.2.</b>	Sezonowe i wieloletnie zmiany średniej miesięcznej temperatury powietrza w Łodzi	111
<b>Rys. 4.3.</b>	Zróżnicowanie przestrzenne dobowego opadu w Łodzi (14 czerwca 2012 roku)	116
<b>Rys. 4.4.</b>	Zróżnicowanie przestrzenne sum rocznych opadu zmierzonego w Łodzi w latach 2011–2013	118
<b>Rys. 4.5.</b>	Zróżnicowanie średnich miesięcznych oraz półrocznych i rocznych sum opadu skorygowanego na 12 uwzględnionych posterunkach opadowych (diagram typu <i>box-whisker</i> )	120
<b>Rys. 4.6.</b>	Miesięczna, półroczna i roczna liczba dni bez opadu ( $L_p$ ) na 12 uwzględnionych posterunkach opadowych (diagramy typu <i>box-whisker</i> )	121
<b>Rys. 4.7.</b>	Średnie wskaźniki opadu skorygowanego $P_s$ [mm] w zlewniach systemu Neru w poszczególnych miesiącach wielolecia 1951–2017	122
<b>Rys. 4.8.</b>	Średnie wskaźniki opadu skorygowanego $P_s$ [mm] w zlewniach systemu Neru w obu półroczach i w roku hydrologicznym wielolecia 1951–2017	123
<b>Rys. 4.9.</b>	Sezonowe zróżnicowanie miesięcznych wskaźników opadu skorygowanego ( $P_s$ ) w zlewni Neru po Dąbie w latach 1951–2017	124
<b>Rys. 4.10.</b>	Zmienność opadu skorygowanego w zlewni Neru po Dąbie w latach 1951–2017	125
<b>Rys. 4.11.</b>	Sezonowe i wieloletnie zmiany ewapotranspiracji potencjalnej (PeT) obliczonej metodą Thornthwaite’a na stacji Łódź Lubliniek [mm]	126
<b>Rys. 4.12.</b>	Przykłady zależności liniowych pomiędzy rzędną stacji (H) a średnim parowaniem potencjalnym (PeT) w wieloleciu 1952–2017	128

<b>Rys. 4.13.</b> Przestrzenne zróżnicowanie średnich wieloletnich sum rocznych ewapotranspiracji potencjalnej obliczonej metodą Thornthwaite'a (PeT) w zlewni Neru (wielolecie 1952–2017)	130
<b>Rys. 4.14.</b> Zmienność ewapotranspiracji potencjalnej (PeT) obliczonej metodą Thornthwaite'a w zlewni Neru po Dąbie w latach 1952–2017	131
<b>Rys. 4.15.</b> Sezonowe zróżnicowanie ewapotranspiracji potencjalnej obliczonej metodą Thornthwaite'a (PeT) dla zlewni Neru po przekrój w Dąbiu w latach 1952–2017	131
<b>Rys. 4.16.</b> Sezonowe i wieloletnie zmiany średniej sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej Penmana-Monteitha ( $ET_0$ ) w latach 1993–2017 obliczone jako średnie arytmetyczne ze stacji meteorologicznych w Kole i Łodzi Lublinku	133
<b>Rys. 4.17.</b> Średnie półroczne i roczne wskaźniki ewapotranspiracji wskaźnikowej Penmana-Monteitha $ET_0$ [mm] w zlewniach systemu Neru w okresie 1993–2017	135
<b>Rys. 4.18.</b> Średnie oraz ekstremalne sumy miesięczne ewapotranspiracji wskaźnikowej $ET_0$ w zlewni Neru po Dąbie w latach 1993–2017	136
<b>Rys. 4.19.</b> Roczne sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej $ET_0$ w zlewni Neru po Dąbie w latach 1993–2017	136
<b>Rys. 4.20.</b> Zróżnicowanie średnich miesięcznych wskaźników klimatycznego bilansu wodnego $KBW_0$ w zlewni Neru (okres 1993–2017)	139
<b>Rys. 4.21.</b> Zróżnicowanie średnich półrocznych i rocznych wskaźników klimatycznego bilansu wodnego $KBW_0$ w zlewniach systemu Neru (okres 1993–2017)	141
<b>Rys. 4.22.</b> Średnie miesięczne i półroczne oraz roczna suma $KBW_0$ w zlewni Neru po przekrój w Dąbiu (wielolecie 1993–2017)	142
<b>Rys. 4.23.</b> Wieloletnia dynamika standaryzowanych wskaźników $KBW_s$ w zlewni Neru po Dąbie (lata 1993–2017)	143
<b>Rys. 5.1.</b> Lokalizacja wodowskazu w Dąbiu na Nerze	146
<b>Rys. 5.2.</b> Wodowskaz na Nerze w Chocianowicach	148
<b>Rys. 5.3.</b> Zróżnicowanie przestrzenne w zlewniach systemu Neru: rocznej warstwy opadów zmierzonych (A), warstwy odpływu uzyskanej wzorami Kollisa i Iszkowskiego (C i D) oraz współczynnika odpływu ( $c_k$ ) obliczonego do wzoru Kollisa (B) w latach 1981–2017	152
<b>Rys. 5.4.</b> Przepływy charakterystyczne górnego Neru po Chocianowice w latach 1951–1965	154
<b>Rys. 5.5.</b> Udział sum miesięcznych w odpływie rocznym Neru w Chocianowicach (U) w latach 1951–1965	155
<b>Rys. 5.6.</b> Liczba dni z wezbraniem (LDW) w Nerze (przekrój Chocianowice) w poszczególnych latach wielolecia 1951–1965	157
<b>Rys. 5.7.</b> Liczba dni z niżówkami (LDN) w Nerze (przekrój Chocianowice) w poszczególnych latach wielolecia 1951–1965	157



<b>Rys. 5.8.</b> Średnie dobowe hydrogramy przepływu Neru w Dąbiu obliczone dla wielolecia 1951–1982 i 1983–2017	162
<b>Rys. 5.9.</b> Roczne krzywe kumulacyjne przepływów dobowych Neru w Dąbiu	163
<b>Rys. 5.10.</b> Dobowe minima przepływu Neru w Dąbiu w wieloleciach 1951–1982 i 1983–2017	164
<b>Rys. 5.11.</b> Dobowe maksima przepływu Neru w Dąbiu w wieloleciach 1951–1982 i 1983–2017	165
<b>Rys. 5.12.</b> Liczba wezbrań (LW) Neru w Dąbiu w poszczególnych latach wielolecia 1951–2017	168
<b>Rys. 5.13.</b> Schematy typowego (średniego) wezbrania Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017 i w obu wyróżnionych podokresach	169
<b>Rys. 5.14.</b> Liczba dni z wezbraniem (LDW) Neru w Dąbiu w poszczególnych latach wielolecia 1951–2017	170
<b>Rys. 5.15.</b> Miesiące, w których odnotowano kulminacje wezbrań Neru w Dąbiu (A), i liczba dni wezbraniowych Neru w Dąbiu w poszczególnych miesiącach (B) oraz seriach badanego wielolecia 1951–2017	170
<b>Rys. 5.16.</b> Liczba niżówek (LN) i dni z niżówkami (LDN) dla Neru w przekroju Dąbie w latach 1951–2017	172
<b>Rys. 5.17.</b> Schematy typowej (średniej) niżówki Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017 i w obu wyróżnionych podokresach	174
<b>Rys. 5.18.</b> Liczba zanotowanych niżówek (A) i dni z niżówkami (B) w poszczególnych miesiącach wyróżnionych wieloleci (1951–1982 i 1983–2017)	174
<b>Rys. 5.19.</b> Udział poszczególnych miesięcy [%] w rocznej sumie odpływu ze zlewni Neru w Dąbiu.	177
<b>Rys. 5.20.</b> Wskaźnik koncentracji i roczny współczynnik zmienności dobowej odpływu Neru w Dąbiu w latach 1951–2017	178
<b>Rys. 5.21.</b> Sezonowe i wieloletnie zmiany średniego miesięcznego natężenia przepływu podziemnego ( $SQ_{g_m}$ ) Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017. Pionową linią ciągłą zaznaczono granicę między podokresami 1951–1982 i 1983–2017	182
<b>Rys. 5.22.</b> Sezonowe i wieloletnie zmiany współczynnika zasilania podziemnego ( $U_{g_m}$ ) Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017. Pionową linią ciągłą zaznaczono granicę między wieloleciami 1951–1982 i 1983–2017	183
<b>Rys. 5.23.</b> Sezonowe i wieloletnie zmiany średniego miesięcznego natężenia przepływu powierzchniowego ( $SQ_{p_m}$ ) Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017. Pionową linią ciągłą zaznaczono granicę między wieloleciami 1951–1982 i 1983–2017	183
<b>Rys. 5.24.</b> Sezonowe i wieloletnie zmiany średniego miesięcznego natężenia przepływu ( $SQ_m$ ) Neru w Dąbiu w wieloleciu 1951–2017.	

	Pionową linią ciągłą zaznaczono granicę między wieloleciami 1951–1982 i 1983–2017	184
<b>Rys. 5.25.</b>	Średnie dobowe przepływy Neru w Dąbiu ( $SQ_d$ ) w ciągu przeciętnego roku wielolecia 1951–2017 i różnice między dwoma podokresami ( $\Delta Q_d$ )	185
<b>Rys. 5.26.</b>	Średni hydrogram przepływu i sezony hydrologiczne w Nerze w przekroju Dąbie (1951–2002)	186
<b>Rys. 5.27.</b>	Podstawowe cechy reżimu odpływu Neru w przekroju Dąbie w wieloleciu 1951–2017 i w analizowanych podokresach	187
<b>Rys. 6.1.</b>	Zależność pomiędzy temperaturą wody Neru ( $Td_w$ ) i średnią dobową temperaturą powietrza w Kole ( $Td_p$ ) w latach 1965–2014	192
<b>Rys. 6.2.</b>	Sezonowe i wieloletnie zmiany średniej miesięcznej temperatury wody Neru w Dąbiu ( $ST_m$ ) w wieloleciu 1965–2014	193
<b>Rys. 6.3.</b>	Zróżnicowanie średnich miesięcznych, półrocznych i rocznej temperatury wody Neru (Dąbie) w wieloleciu 1965–2014	194
<b>Rys. 6.4.</b>	Współczynniki kierunkowe trendów liniowych zmian średniej temperatury miesięcznej wody w Nerze w wieloleciu 1965–2014	194
<b>Rys. 6.5.</b>	Trendy liniowe średniej rocznej temperatury wody Neru ( $ST_w$ ) w latach 1965–2014	195
<b>Rys. 6.6.</b>	Dynamika różnic średnich miesięcznych temperatur wody Neru (Dąbie) i powietrza (Koło) w latach 1965–2014	196
<b>Rys. 6.7.</b>	Graf złodzenia Neru w przekroju Dąbie w latach 1951–2017	201
<b>Rys. 6.8.</b>	Zmiany pojawiania się zjawisk lodowych (A) i pokrywy lodowej (B) w Nerze (Dąbie) w wieloleciu 1946–2017	202
<b>Rys. 6.9.</b>	Zmiany terminu zaniku zjawisk lodowych (A) i pokrywy lodowej (B) w Nerze (Dąbie) w wieloleciu 1946–2017	203
<b>Rys. 6.10.</b>	Czas trwania zjawisk lodowych (A) i pokrywy lodowej (B) w Nerze w przekroju Dąbie w wieloleciu 1946–2017	204
<b>Rys. 6.11.</b>	Procentowy udział dni ze zjawiskami lodowymi ( $Ud_{zj}$ ) w Nerze (Dąbie) w łącznej liczbie jednoimiennych dni półrocza chłodnego w wyróżnionych podokresach	205
<b>Rys. 6.12.</b>	Procentowy udział dni z pokrywą lodową ( $Ud_{pl}$ ) w Nerze (Dąbie) w łącznej liczbie jednoimiennych dni półrocza chłodnego w wyróżnionych podokresach	206
<b>Rys. 6.13.</b>	Korelacja rocznej liczby dni ze zjawiskami lodowymi w Nerze ze średnią temperaturą wody w danym roku (1965–2014)	207
<b>Rys. 7.1.</b>	Główne elementy systemu kanalizacyjnego Łodzi	217
<b>Rys. 7.2.</b>	Dynamika rocznych odpływów ( $V$ [mln m <sup>3</sup> ]) Neru w Dąbiu i zużycia wody w Łodzi w latach 1951–2017	218
<b>Rys. 7.3.</b>	Krzywe podwójnie kumulowane rocznych wskaźników odpływu (zmierzonych i <i>quasi</i> -naturalnych) Neru w Dąbiu – $H_{(N,R)kum}$ – i opadów skorygowanych w zlewni Neru – $Ps_{kum}$ – w latach 1951–2017	219

<b>Rys. 7.4.</b>	Miesięczne przepływy charakterystyczne „Goški” w latach 2007–2018	223
<b>Rys. 7.5.</b>	Przepływy charakterystyczne „Goški” i Neru w Dąbiu w latach 2007–2018	224
<b>Rys. 7.6.</b>	Roczne hydrogramy przepływu Neru w Dąbiu i „Goški” w 2015 roku	225
<b>Rys. 7.7.</b>	Średnie i ekstremalne przepływy „Goški” w układzie tygodniowym ( $Q_t$ )	225
<b>Rys. 7.8.</b>	Obszary zmeliorowane i oczyszczalnie ścieków w zlewni Neru	228
<b>Rys. 7.9.</b>	Gęstość obiektów hydrotechnicznych w zlewniach systemu Neru	239
<b>Rys. 8.1.</b>	Sezonowe zróżnicowanie indeksu jakości wody ( $WQI_{NSF}$ ) Neru w przekroju Chełmno w latach 1979–2010	248
<b>Rys. 8.2.</b>	Zmiany indeksu jakości wody Neru ( $WQI_{NSF}$ ) w przekroju Chełmno w wieloleciu 1979–2010 (lata hydrologiczne)	249
<b>Rys. 8.3.</b>	Stan JCWP zlewni Neru w 2016 roku	251

# Spis fotografii

<b>Fot. 1.1.</b> Odwiert wydobywczy GT-2 w Poddębicach: A – podczas drążenia; B – stan w październiku 2019 roku	27
<b>Fot. 2.1.</b> Ner i klasztor o.o. salezjanów w Lutomiersku w latach 40. XX wieku	40
<b>Fot. 2.2.</b> Most tramwajowy na Nerze pod Lutomierskiem	41
<b>Fot. 2.3.</b> Doprowadzalnik na lewym brzegu Neru przed jazem w Kazimierzu	42
<b>Fot. 2.4.</b> Terasa zalewowa Neru w okolicy Lutomierska w 1968 roku; widoczna wyschnięta sztywina skorupa silnie zanieczyszczonych namulów	43
<b>Fot. 2.5.</b> Najstarsza elektrownia wodna na Nerze w Kolonii Borek	44
<b>Fot. 2.6.</b> Ner w Parskach. Widoczny prawostronny wał przeciwpowodziowy	45
<b>Fot. 2.7.</b> Ner koło Poddębic w czasie majowego wezbrania w 2010 roku	46
<b>Fot. 2.8.</b> Ujście Neru do Warty	47
<b>Fot. 2.9.</b> Jasień w 1933 roku poniżej wylotu z nowego kanału podziemnego – ul. Piękna i Obywatelska	49
<b>Fot. 2.10.</b> Stare koryto i nowy kanał Dąbrówki przy placu Niepodległości	50
<b>Fot. 2.11.</b> Betonowy kanał Jasienia w Łodzi	51
<b>Fot. 2.12.</b> Karolewka i uchodzący do niej przelew burzowy w okresie bezopadowym (A) i po opadach (B) w 2008 roku	52
<b>Fot. 2.13.</b> Olechówka w łódzkim parku Źródła Olechówki	53
<b>Fot. 2.14.</b> Dobrzyńka w Pabianicach w okresie międzywojennym i dziś	56
<b>Fot. 2.15.</b> A – kanał odprowadzający podczyszczone wody ściekowe Łodzi ze starej oczyszczalni na Lublinku (1968); B – dzisiejsze ujście „Gośki” do Neru (2019)	57
<b>Fot. 2.16.</b> Oczyszczalnia na Lublinku: A – lata 30. XX wieku; B – współcześnie (2019)	58
<b>Fot. 2.17.</b> Koryto Łódki na Starym Mieście na początku lat 20. XX wieku, obecnie teren parku Staromiejskiego	61
<b>Fot. 2.18.</b> Jasieniec obok ruin „Konstilany” w Konstancynie	63

<b>Fot. 2.19.</b> Zalewka w dolnym biegu	65
<b>Fot. 2.20.</b> Dwa spośród wielu koryt Lubczyny w pobliżu ujścia do Neru	66
<b>Fot. 2.21.</b> Nieistniejący już dziś młyn na Pisi I w Wodzieradach-Leśnicy w 1916 roku	68
<b>Fot. 2.22.</b> Młyn i staw w Piorunowie z grzybieniami i wędkarzami	69
<b>Fot. 2.23.</b> Nieistniejący już wodowskaz na Bełdówce w Kałowie we wrześniu 1966 roku	72
<b>Fot. 2.24.</b> Kanał Królewski na południe od Leszna	75
<b>Fot. 2.25.</b> Wylew z Kanału Królewskiego w okolicy Bronna. Powódź 21 maja 2010 roku	76
<b>Fot. 2.26.</b> Bronów – zarośnięty staw w pobliżu dawnego domu Konopnickich	77
<b>Fot. 2.27.</b> Stawy Stefańskiego na niemieckiej pocztówce z 1942 roku	83
<b>Fot. 2.28.</b> Staw Księży Młyn; widoczny w tle dom K. Wendischa, zrewaloryzowane budynki fabryki K. Scheiblera oraz pałac E. Herbsta	85
<b>Fot. 2.29.</b> Usuwanie osadu ze stawu Księży Młyn	86
<b>Fot. 2.30.</b> Torfianka w Wilczkowie	87
<b>Fot. 2.31.</b> Staw wędkarski na Bełdówce w Bełdowie	89
<b>Fot. 2.32.</b> Zalew w Leźnicy Wielkiej – wskazano miejsca uszkodzeń po powodzi w 2010 roku	90
<b>Fot. 2.33.</b> Olsy nad Nerem – jeden z „zielonych skarbów Łodzi”	92
<b>Fot. 2.34.</b> Torfowisko Rąbień	94
<b>Fot. 2.35.</b> Starorzecze w Dąbskich Błotach	95
<b>Fot. 5.1.</b> Posterunek hydrometryczny w Dąbiu nad Nerem	147
<b>Fot. 6.1.</b> Stosunkowo ciepłe i intensywnie parujące wody w korycie dolnego Neru w zimowy poranek	190
<b>Fot. 6.2.</b> Łódź brzegowy na Czarnej Malenieckiej	198
<b>Fot. 6.3.</b> Pokrywa lodowa na Widawce	198
<b>Fot. 6.4.</b> Grabia płynąca po pokrywie lodowej	199
<b>Fot. 7.1.</b> Studnia w łódzkich Mileszkach, lata 30. XX wieku	210
<b>Fot. 7.2.</b> Bałutka między ul. Zgierską i Wrocławską w 1936 roku	211
<b>Fot. 7.3.</b> Wnętrze zbiorników wody czystej na Stokach	212
<b>Fot. 7.4.</b> Nielegalna fotografia kanałów Jasienia	213
<b>Fot. 7.5.</b> Ujęcie wody z Pilicy pod Tomaszowem Mazowieckim	214
<b>Fot. 7.6.</b> „Gośka” w jesiennej szacie	221
<b>Fot. 7.7.</b> Piętrzenie wegetacyjne w zdewastowanym Kanale Zbylczyckim	230
<b>Fot. 7.8.</b> Zastawka i przepust drogowy na Dobrzyńce	232
<b>Fot. 7.9.</b> Progi korekcyjne na Łódce (A) i stopień wodny na Jasieńcu (B)	234
<b>Fot. 7.10.</b> Zastawka na Pisi II (A) i przepust z piętrzeniem na Dobrzyńce (B)	234
<b>Fot. 7.11.</b> Jaz na Nerze w Kazimierzu z bystrotokiem (A) i upust na stawach w Bełdowie (B)	235
<b>Fot. 7.12.</b> Bród na Pisi II (A), kładki na Bełdówce (B), most „Królowej Tamar” na Dobrzyńce (C) i nowy most na Dobrzyńce (D)	236

<b>Fot. 7.13.</b> „Zapora bobrowa” na Pisi I (km 9 + 920)	238
<b>Fot. 8.1.</b> Prace przygotowawcze do regulacji Łódki (poniżej ul. Konstantynowskiej) w 1933 roku	242
<b>Fot. 8.2.</b> Spienione detergentami wody Neru w okolicy Lutomińska (21 kwietnia 1968)	244
<b>Fot. 8.3.</b> Studnia śródpolna w miejscowości Charzew nad Nerem, zamknięta z powodu zatrucia wody (12 kwietnia 1968)	245
<b>Fot. 8.4.</b> Koryto Karolewki z wylotami przelewów burzowych	252
<b>Fot. 8.5.</b> Rów melioracyjny („ichtioprzehowalnia”) w dolinie dolnego Neru, w okolicy Majdanów	256
<b>Fot. 9.1.</b> Zwycięski połów na Nerze w trakcie V Grand Prix Koła PZW 38 z Pabianic w lipcu 2016 roku	261
<b>Fot. 9.2.</b> Spływ kajakowy Nerem w 2012 roku	262
<b>Fot. 9.3.</b> MEW w Zygumntowie ze śrubą Archimedesesa w kanale obiegowym	262
<b>Fot. 9.4.</b> Fontanny w „Strefie Wzroku” Ogrodu Zmysłów w Poddębicach nad Nerem	264
<b>Fot. 9.5.</b> Wstępna wizualizacja bulwaru spacerowego nad Olechówką na osiedlu Rokicie w Łodzi	265



# Spis tabel

<b>Tab. 1.1.</b> Charakterystyki rzeźby wybranych zlewni systemu Neru	15
<b>Tab. 2.1.</b> Małe elektrownie wodne na Nerze	44
<b>Tab. 2.2.</b> Powierzchnia i udział wód stojących w zlewniach elementarnych systemu Neru	81
<b>Tab. 2.3.</b> Parametry Stawów Stefańskiego	84
<b>Tab. 2.4.</b> Mokradła w zlewni Neru	91
<b>Tab. 2.5.</b> Torfowiska w zlewni Neru	92
<b>Tab. 3.1.</b> Udział różnych form użytkowania terenu w zlewniach systemu Neru w 2018 roku [%]	104
<b>Tab. 4.1.</b> Średnie wieloletnie sumy ewapotranspiracji potencjalnej (PeT) obliczonej metodą Thornthwaite'a dla zlewni systemu Neru i wielolecia 1952–2017	129
<b>Tab. 4.2.</b> Średnie miesięczne i roczne sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej $ET_0$ [mm] w latach 1993–2017	132
<b>Tab. 4.3.</b> Miesięczne, półroczne i roczne sumy ewapotranspiracji wskaźnikowej Penmana-Monteitha w latach 1993–2017 w zlewniach systemu Neru	134
<b>Tab. 4.4.</b> Klasy suszy według wskaźnika standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego	138
<b>Tab. 4.5.</b> Średnie wskaźniki klimatycznego bilansu wodnego ( $KBW_0$ ) w zlewniach systemu Neru i wielolecia 1993–2017	140
<b>Tab. 5.1.</b> Podstawowe charakterystyki odpływu ze zlewni systemu Neru (1981–2017)	151
<b>Tab. 5.2.</b> Przepływy charakterystyczne Neru w przekroju Dąbie w latach 1951–2017	159
<b>Tab. 5.3.</b> Trendy miesięcznych przepływów Neru w Dąbiu	176
<b>Tab. 5.4.</b> Podziemne przepływy charakterystyczne Neru w przekroju Dąbie w latach 1951–2017 oszacowane algorytmem ET	181
<b>Tab. 7.1.</b> Przepływy charakterystyczne „Goški” w latach 2007–2018	222
<b>Tab. 7.2.</b> Obszary i urządzenia melioracyjne w zlewniach systemu Neru	231
<b>Tab. 7.3.</b> Urządzenia hydrotechniczne w zlewniach systemu Neru	237
<b>Tab. 8.1.</b> Kategoria jakości wody wg indeksu jakości wody $WQI_{NSF}$	248
<b>Tab. 8.2.</b> Jakość wód w obrębie JCWP (SCWP) zlewni Neru w latach 2010–2016	255



