

**Uchwała Nr
Rady Miejskiej w Jaworznie**

z dnia 2022 r.

w sprawie przyjęcia „Programu gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi na terenie miasta Jaworzna”.

Na podstawie art. 7 ust. 1 pkt 1 w związku z art. 18 ust. 2 pkt 6 ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (tekst jednolity: Dz. U. z 2021 r. poz. 1372 z późn. zm.)

**Rada Miejska w Jaworznie
uchwala co następuje:**

§ 1

Przyjmuje się „Program gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi na terenie miasta Jaworzna”, stanowiący załącznik do niniejszej uchwały.

§ 2

Wykonanie uchwały powierza się Prezydentowi Miasta Jaworzna.

§ 3

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Prezydent Miasta Jaworzna

Paweł Silbert

Program gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi na terenie miasta Jaworzna

Nr raportu: JAW-KP-O-D-001-2

Nr projektu: R_186
Data: listopad 2021

Spis treści

| | | | | |
|-----------|--|-----------|--|--|
| 1 | Podstawa formalna opracowania | 5 | | |
| 2 | Cel i zakres opracowania | 5 | | |
| 3 | Charakterystyka obszaru opracowania | 6 | | |
| 3.1 | Analiza topograficzna | 6 | | |
| 3.2 | Analiza kierunków spływu powierzchniowego | 7 | | |
| 3.3 | Warunki geologiczne i górnicze..... | 7 | | |
| 3.4 | Analiza zagospodarowania..... | 8 | | |
| 3.5 | Wody podziemne | 10 | | |
| 4 | Charakterystyka istniejącego systemu odwodnienia | 11 | | |
| 4.1 | Wody powierzchniowe..... | 11 | | |
| 4.1.1 | Rzeki i kanały..... | 11 | | |
| 4.1.2 | Wody stojące..... | 13 | | |
| 4.1.3 | Sieć rowów otwartych..... | 13 | | |
| 4.2 | Kanalizacja | 14 | | |
| 4.3 | Obszary wrażliwości powiązane z gospodarką wodami opadowymi..... | 17 | | |
| 4.4 | Oddziaływania pomiędzy komponentami istniejącego systemu odwodnieniowego..... | 20 | | |
| 4.4.1 | Podział na jednostki odwodnieniowe zagospodarowania wód..... | 20 | | |
| 4.4.2 | Oddziaływania wzajemne między jednostkami odwodnieniowymi | 24 | | |
| 5 | Ocena funkcjonowania istniejącego systemu odwodnienia | 26 | | |
| 5.1 | Tereny zagrożone powodzią od cieków powierzchniowych | 26 | | |
| 5.2 | Tereny narażone na podtopienia wynikające ze zbyt małej przepustowości systemu odwodnienia lub jego braku | 27 | | |
| 5.2.1 | Dane o podtopieniach i zalaniach z bazy danych KM PSP | 27 | | |
| 5.2.2 | Dane o podtopieniach i zalaniach z bazy danych Powiatowego Centrum Zarządzania Kryzysowego..... | 27 | | |
| 5.2.3 | Dane o podtopieniach i zalaniach uzyskane podczas ankietyzacji mieszkańców | 27 | | |
| 5.2.4 | Dane o podtopieniach i zalaniach wg MZDiM | 28 | | |
| 5.3 | Definicja komfortu kanalizacyjnego | 30 | | |
| 5.4 | Praktyczne podejście do oceny komfortu kanalizacyjnego..... | 32 | | |
| 5.5 | Wpływ zagospodarowania zlewni na działanie systemu odwodnienia | 33 | | |
| 5.5.1 | Udział terenów zielonych..... | 33 | | |
| 5.5.2 | Udział obszarów wodnych | 35 | | |
| 5.5.3 | Udział terenów całkowicie uszczelnionych | 35 | | |
| 5.5.4 | Ocena wpływu zagospodarowania na występujące podtopienia..... | 39 | | |
| 6 | Powiązanie z dokumentami strategicznymi, planistycznymi i opracowaniami archiwalnymi | 40 | | |
| 6.1 | Uwarunkowania przestrzenne i fizjograficzne do koncepcji odprowadzenia wód opadowych z terenów zurbanizowanych miasta Jaworzna | 40 | | |
| 6.2 | Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Jaworzna wraz z prognozą oddziaływania na środowisko | 40 | | |
| 7 | Rekomendacje dla poszczególnych jednostek odwodnieniowych | 41 | | |
| 8 | Sformułowanie wytycznych do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego w zakresie odprowadzenia wód opadowych i roztopowych | 71 | | |
| 8.1 | Zalecenia o charakterze ogólnym w tym dotyczące tworzenia błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) | 71 | | |
| 8.2 | Zalecenia dotyczące metod odwadniania | 71 | | |
| 8.3 | Zalecenia dotyczące szczególnej ochrony cieków, rowów i odbiorników powierzchniowych i tworzenia przestrzeni ekotonowych wzdłuż cieków | 72 | | |
| 8.4 | Zalecenia dotyczące kształtowania retencji zbiornikowej | 72 | | |
| 8.5 | Zalecenia dotyczące wykorzystania elementów systemu zagospodarowania wód opadowych dla różnych typów przestrzeni miejskiej..... | 72 | | |
| 9 | Sformułowanie przyjętych założeń polityki miejskiej w zakresie gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi | 74 | | |
| 10 | Podsumowanie..... | 75 | | |
| | Bibliografia | 77 | | |
| | Spis załączników | 77 | | |
| | Spis ilustracji | 77 | | |
| | Spis tabel | 77 | | |

WYKAZ SKRÓTÓW UŻYTYCH W OPRACOWANIU

| Skrót | Rozwinięcie |
|---------|--|
| BDOT | Baza Danych Obiektów Topograficznych |
| GIS | Systemy Informacji Geograficznej |
| GUGiK | Główny Urząd Geodezji i Kartografii |
| ISOK | Internetowy System Osłony Kraju |
| JCWPD | Jednolite Części Wód Podziemnych |
| JO | Jednostka Odwodnieniowa |
| KM PSP | Komenda Miejska Państwowej Straży Pożarnej w Jaworznie |
| KD | Kanalizacja deszczowa |
| KO | Kanalizacja ogólnospławna |
| KS | Kanalizacja sanitarna |
| MZDiM | Miejski Zarząd Dróg i Mostów |
| MZP | mapy zagrożenia powodziowego |
| NMT | Numeryczny Model Terenu |
| PGW WP | Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie |
| PCZK | Powiatowe Centrum Zarządzania Kryzysowego |
| PIG-PIB | Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy |
| PODGiK | Powiatowy Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej |
| POnŚ | Prognoza Oddziaływania na Środowisko |
| PSP | Państwowa Straż Pożarna |
| RDOŚ | Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska |
| SOPO | System Osłony Przeciwsuwiskowej |
| UMJ | Urząd Miejski w Jaworznie |
| ZGH | Zakłady Górniczo-Hutnicze |

DANE WEJŚCIOWE I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

| Rodzaj danych | Opis | Źródło danych | Format | Aktualność danych |
|--|---|---------------------------------|--------------------|---|
| Dane o charakterze przestrzennym | Numeryczny Model Pokrycia Terenu | GUGiK | cyfrowy | 05.2021 |
| | Ortofotomapa | GUGiK | cyfrowy | 06.2019 |
| | Numeryczny Model Terenu | GUGiK | cyfrowy | 05.2021 |
| | Mapy glebowe | PIG-PIB | cyfrowy | 1935-1936, 1947-1949, 1988 – 1991, 2002- 2003 |
| | BDOT 10k | GUGiK | cyfrowy | 2020 |
| Istniejące opracowania, materiały archiwalne, itp. | Dawna eksploatacja odkrywkowa | UMJ | cyfrowy | - |
| | Zasięg płytkiej eksploatacji, deformacji nieciągłych, płytkiej eksploatacji górniczej | UMJ | cyfrowy | - |
| | Sieci kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej | PODGiK | cyfrowy | 2021 |
| | Zbiorniki retencyjne, separatory, studnie, wyloty, przelewy | PODGiK, MZDiM | cyfrowy, papierowy | 2021 |
| | Zlewnie elementarne cieków | MPHP | cyfrowy | - |
| | Obszary przyrodnicze chronione | RDOŚ | cyfrowy | 2021 |
| | Osuwiska | PIG | cyfrowy | - |
| | Obszary niebezpieczne | PIG | cyfrowy | - |
| | Pozwolenia wodnoprawne | MZDiM | papierowy | - |
| | Przepompownie | Wodociąg Jaworzno | cyfrowy | 2021 |
| | Monitoring wód podziemnych | UMJ | PDF | - |
| | Niecki osiadań | UMJ | PDF | - |
| | Zmiana Studium Uwarunkowań i Kierunków Zagospodarowania Przestrzennego Miasta Jaworzna | BIP Jaworzno | cyfrowy | 2020 |
| | Zestawienie interwencji PSP związanych z „wypompowaniami wody i innych płynów z obiektów” w Jaworznie | Komenda Miejska PSP w Jaworznie | cyfrowy | 2010 – 08.2021 |
| | Zestawianie zdarzeń związanych z zalaniem | ZK – Zarządzanie Kryzysowe | cyfrowy | 2011 - 2020 |
| | Waloryzacja przyrodnicza miasta Jaworzna | UMJ | PDF | 2011 |

1 Podstawa formalna opracowania

Opracowanie pn. „Program gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi na terenie miasta Jaworzna” zostało przygotowane przez firmę RETENCJAPL Sp. z o. o., ul. Marynarki Polskiej 163, 80-868 Gdańsk, Polska, na zlecenie Gminy Miasta Jaworzna w ramach umowy nr GK-UM.631.9.2021 z dnia 4 sierpnia 2021 r.

2 Cel i zakres opracowania

Celem głównym przedmiotowego opracowania jest przygotowanie następujących opracowań:

I Koncepcja ogólna z priorytetyzacją jednostek odwodnieniowych

Koncepcja zawiera:

- 1) Uporządkowanie dostępnych danych mapowych i danych o sieci pod kątem wyznaczenia zlewni i priorytetyzacji działań.
- 2) Sformułowanie przyjętych założeń polityki miejskiej w zakresie gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi.
- 3) Sformułowanie wytycznych do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego w zakresie odprowadzenia wód opadowych i roztopowych.
- 4) Analiza zagrożeń podtopieniami na podstawie dostępnych danych z rozpoznaniem tzw. „gorących punktów” oraz określeniem stanu istniejącego systemu kanalizacji ogólnospławnej, deszczowej oraz rowów odwadniających drogi i inne tereny.
- 5) Weryfikacja stref skanalizowanych i nieskanalizowanych.
- 6) Identyfikacja powiązania wylotów i sieci.
- 7) Wyznaczenie granic jednostek odwodnieniowych.
- 8) Wskazanie dalszych działań w każdej jednostce odwodnieniowej w zależności od zidentyfikowanych problemów.
- 9) Wskazanie zlewni/jednostek odwodnieniowych do modelowania hydrodynamicznego na potrzeby wykonania koncepcji technicznych.
- 10) Priorytetyzacja jednostek odwodnieniowych do wykonania szczegółowych koncepcji technicznych.

II Model opadowy lokalnych opadów w Jaworznie

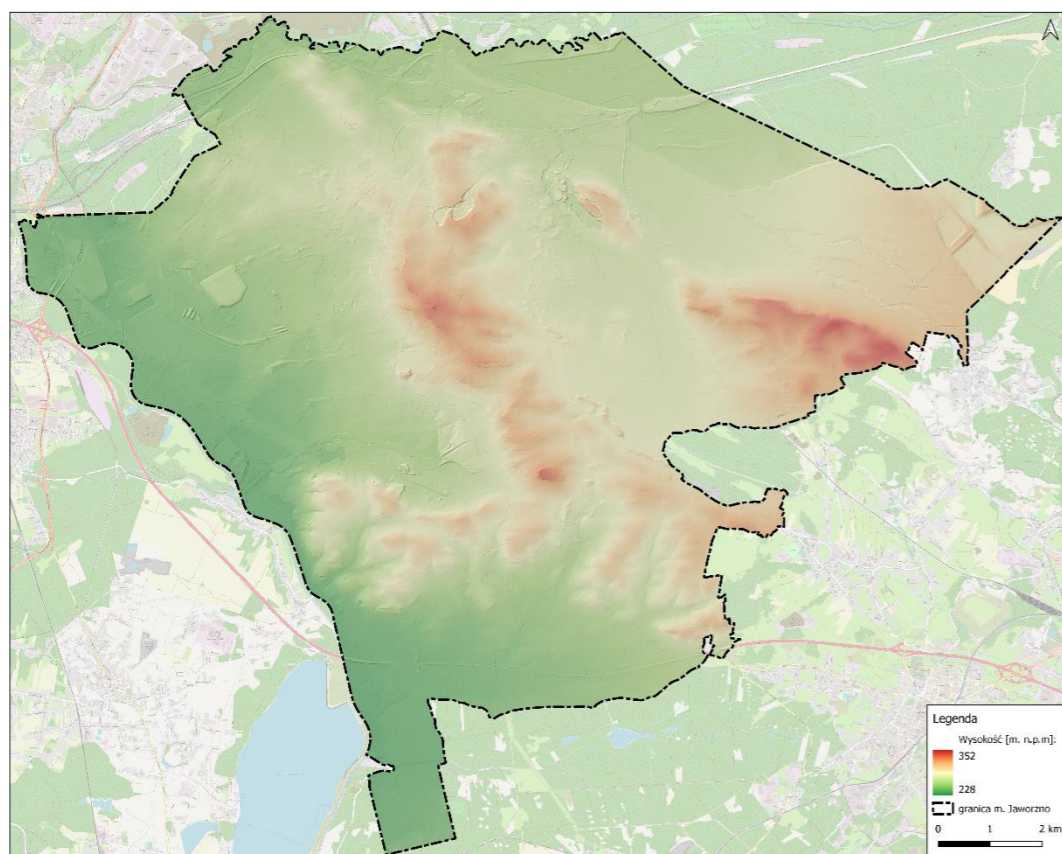
- 1) Wyznaczenie deszczy miarodajnych w oparciu o najbardziej aktualne rzeczywiste dane opadowe dla terenu miasta Jaworzna.
- 2) Wyznaczenie opadów przy założeniu zmian klimatu dla roku 2050.
- 3) Przygotowanie hietogramów modelowych.

3 Charakterystyka obszaru opracowania

System odwodnienia Jaworzna składa się z cieków powierzchniowych, rowów melioracyjnych i komunalnych oraz z systemu kanalizacji ogólnospławnej i opadowej. W kolejnych rozdziałach opisane zostały sumarycznie poszczególne komponenty tego systemu (rozd. 4). Następnie wychodząc od konsekwencji zlewniowego myślenia o zagospodarowaniu wód opadowych zaproponowano autorski sposób oceny funkcjonowania systemu odwodnienia (rozd. 5) oraz sposób jego uwzględnienia w mieście Jaworznie (rozd. 7).

3.1 Analiza topograficzna

Ukształtowanie terenu na obszarze Jaworzna jest zróżnicowane z nachyleniem w kierunku północno-zachodnim (część wschodnia miasta) oraz w kierunku południowo-zachodnim (część zachodnia miasta).



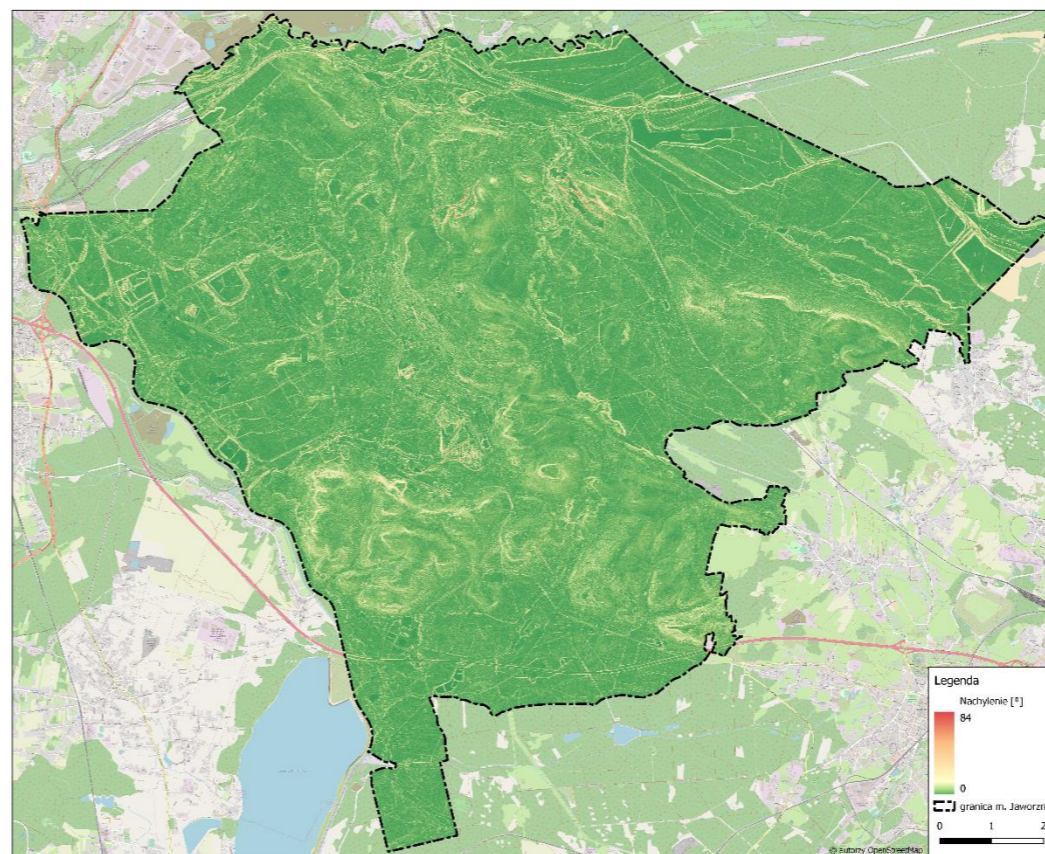
Rysunek 1. Ukształtowanie terenu na obszarze Jaworzna

Największe wyniesienie terenu znajduje się we wschodniej części miasta (ok. 352 m n.p.m.), a najniższe w części południowej, w dolinie Przemszy (ok. 228 m n.p.m.). Wynika z tego, że różnica wysokości w granicach miasta przekracza 120 m.

Zachodnią część miasta stanowi obszar położony w widłach Przemszy i Białej Przemszy, który charakteryzuje się brakiem głębiej wciętych dolin. Większe urozmaicenia rzeźby występują w okolicy wydm oraz wzdłuż Przemszy i Białej Przemszy (terasy i podcięcia erozyjne o wysokości do 10 m). Cała północno-wschodnia część Jaworzna

posiada mało urozmaiconą rzeźbę z drobnymi formami wydmowymi o wysokościach rzędu 2 - 4 m oraz stosunkowo głęboko wciętymi dolinami Koziego Brodu, Żabnika i Jaworznika. Centralna część Jaworzna należy do Niecki Wilkoszyńskiej, ograniczonej dwoma równoległymi pasmami monoklinalnych wzniesień (Garb Ciężkowicki i Garb Jaworznicki), ukierunkowanymi z północnego-zachodu na południowy-wschód. Najbardziej na południe wysunięta część miasta należy do Rowu Chrzanowskiego (Kotliny Chrzanowskiej). Obszar ten stanowi przedłużenie tektonicznego Rowu Krzeszowickiego o monotonnej rzeźbie terenu.

Kolejna ilustracja przedstawia mapę spadków terenu dla całego obszaru opracowania, która została wyznaczona na podstawie NMT (Numerycznego Modelu Terenu).



Rysunek 2. Nachylenie terenu na obszarze Jaworzna

zagrożeń dla powierzchni terenu, ze strony deformacji ciągłych (osiadań terenu) i nieciągłych (szczeliny, leje, zapadliska), aktywowane głównie przez skoncentrowany dopływ wód opadowych. Ponadto w wyniku odwadniania kopalń w znacznej części miasta doszło do obniżania się poziomów wód podziemnych i powstania rozległego leja depresji.

3.4 Analiza zagospodarowania

W przypadkach, gdy dalsze obliczenia wymagają szczegółowego określenia zagospodarowania, dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod, związanych z narzędziami GIS (ang. Geographic Information System – System Informacji Geograficznej) możliwa jest edycja zlewni o dużej rozdzielczości. Warunkiem powodzenia takiej analizy jest dysponowanie zestawem danych przestrzennych o odpowiedniej aktualności i dokładności. Taki zbiór danych może stanowić mapa zasadnicza danego obszaru lub zestaw danych BDOT (Baza Danych Obiektów Topograficznych).

O ile mapa zasadnicza powinna zawierać wszystkie dane do szczegółowego określenia przebiegu, rodzaju i zasięgu dróg, dachów i innych nawierzchni, w praktyce sposób wykonywania nie jest przystosowany do wykorzystania tych danych do analiz przestrzennych. Skutkuje to znacznym nakładem prac koniecznym na przekształcenia umożliwiające takie wykorzystanie.

Baza Danych Obiektów Topograficznych BDOT10k jest wektorową (obiektową) bazą danych przestrzennych, jednorodną i spójną, o określonym modelu danych, obejmującą swym zasięgiem obszar całego kraju. Baza BDOT10k została utworzona i aktualizowana jest w oparciu o rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych. To określa m.in.: zakres informacji gromadzonych w bazie danych obiektów topograficznych, organizację, tryb i standardy techniczne tworzenia bazy, tryb i standardy techniczne aktualizacji bazy, tryb i standardy techniczne udostępniania bazy, a także tryb i standardy techniczne tworzenia standardowych opracowań kartograficznych.

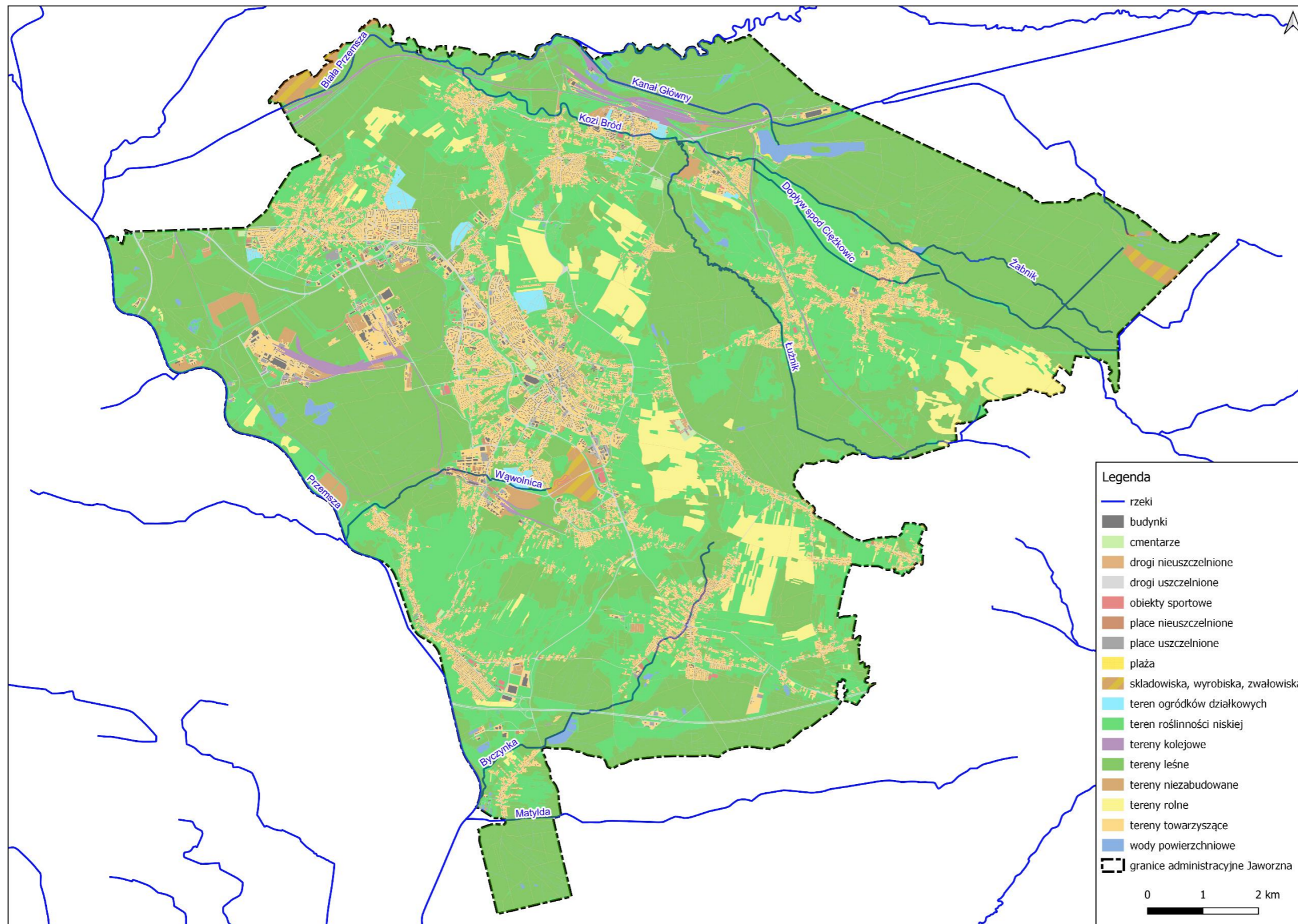
W chwili obecnej BDOT10k jest jedyną bazą topograficzną, zawierającą informacje o rzeczywistej lokalizacji obiektów w terenie z zachowaniem dokładności położenia obiektów, zgodnych ze standardami określonymi przez przepisy prawa o zasięgu dla całego kraju.

Informacje o pokryciu terenu zawarte w kilkunastu klasach obiektów BDOT dotyczących m.in. sieci komunikacyjnej, pokrycia terenu i budynków zostały przetworzone i zagregowane do 17 klas zagospodarowania o podobnej przepuszczalności powierzchni:

- (1) budynki
- (2) cmentarze
- (3) drogi nieuszczelnione
- (4) drogi uszczelnione
- (5) obiekty sportowe
- (6) place nieuszczelnione
- (7) place uszczelnione

- (8) plaże
- (9) składowiska, wyrobiska, zwałowiska
- (10) tereny ogródków działkowych
- (11) tereny roślinności niskiej
- (12) tereny kolejowe
- (13) tereny leśne
- (14) tereny niezabudowane
- (15) tereny rolne
- (16) tereny towarzyszące zabudowie mieszkalnej
- (17) wody powierzchniowe.

Na poniższej ilustracji przedstawiona została wizualizacja obecnego zagospodarowania analizowanych zlewni wykonana na podstawie BDOT (stan na 2020r).



Rysunek 4. Obecne zagospodarowanie Jaworzna (źródło: opracowanie własne na podst. BDOT)

3.5 Wody podziemne

Rozdział opracowany we współpracy z Biurem ds. Geologii UMJ

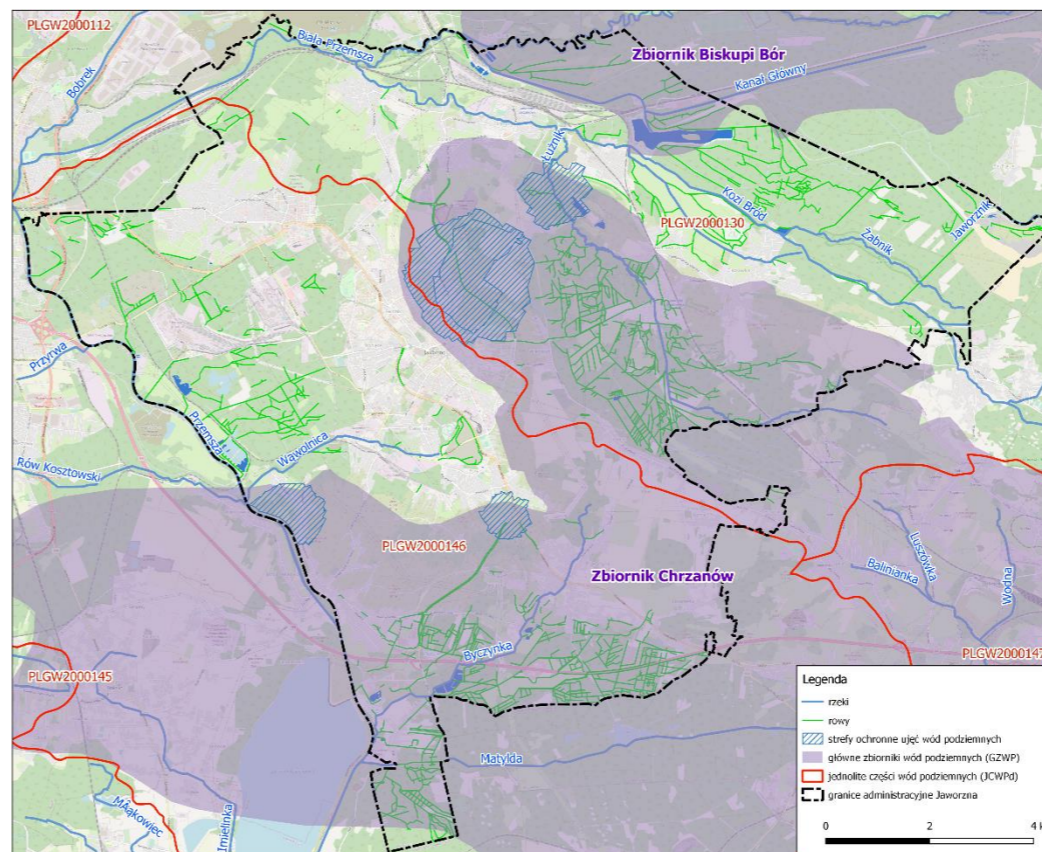
Wody podziemne w granicach miasta Jaworzna występują w utworach: czwartorzędu, triasu i karbonu. Obszar miasta znajduje się na granicy dwóch Jednolitych Części Wód Podziemnych (JCWPd) nr 130 i nr 146. W granicach miasta znajdują się częściowo Główne Zbiorniki Wód Podziemnych GZWP nr 452 (Zbiornik Chrzanów, wschodnia i południowa część miasta) i nr 453 (Zbiornik Biskupi Bór, niewielki obszar w północnej części miasta, w okolicy Kanału Głównego).

Główne znaczenie użytkowe ma szczelinowo-krasowe piętro wodonośne triasu, wykorzystywane do zaopatrzenia w wodę do celów pitnych. Piętro to występuje na głębokości 20-140 m i obejmuje GZWP Chrzanów, w obrębie którego zlokalizowane są trzy ujęcia wody pitnej (Galmany, Dobra i Bielany). Zbiornik ten związany jest z wapieniami i dolomitami triasu. Wykazuje lokalnie podatność na zanieczyszczenia, w obrębie Jaworzna zakwalifikowany został częściowo jako zbiornik wymagający wysokiej ochrony wód.

GZWP Biskupi Bór to zbiornik czwartorzędowy, którego wody związane są przede wszystkim z wodnolodowcowymi osadami piaszczysto-żwirowymi. Jest to zbiornik odkryty narażony na zanieczyszczenia z powierzchni terenu. W całości zakwalifikowano go do obszarów najwyższej ochrony wód. Wody zbiornika zaliczane są przeważnie do II klasy i wymagają uzdatniania, ale na terenie Jaworzna brak jest ujęć wody pitnej z tego zbiornika. [1]

W części południowo-zachodniej miasta znajduje się karboński zbiornik wód podziemnych Tychy-Siersza, który od 2006 r. stracił rangę GZWP ze względu na złą jakość wody oraz zubożenie zasobów. Wody zbiornika występują w piaszczakach i mułowcach karbonu górnego. Zasilanie zbiornika odbywa się na wychodniach i w strefach kontaktów hydraulicznych. Pobór wody w obrębie miasta Jaworzna odbywa się przez jedno ujęcie szybem kopalnianym „Jarosław Dąbrowski” na osiedlu Jeleń. Wody wykazują II klasę czystości i muszą być uzdatniane. Szacunkowo około 70% przestrzeni zbiornika rozcięta jest wyrobiskami górniczymi.

Jak wspomniano m.in. w archiwalnym opracowaniu fizjograficznym dotyczącym odprowadzania wód opadowych [2] zagadnienie wód podziemnych w tym kontekście ma dwa najważniejsze aspekty. Pierwszy z nich dotyczy możliwości infiltracji wód opadowych do gruntu. Te są zróżnicowane na terenie Jaworzna. Z jednej strony przy terenach górniczych powstają leje depresyjne związane z odwadnianiem kopalni, co powoduje zwiększenie infiltracji. Z drugiej strony w rejonie cieków wodnych, gdzie poziom wód podziemnych jest wysoki, może dochodzić do okresowych podtopień, w tym zalewania wodami opadowymi i podziemnymi (głównie w obrębie dolin Przemszy, Byczynki i jej dopływów, Koziego Brodu, Łuźnika i jego dopływów). Drugim istotnym aspektem jest konieczność ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem, które powinno uwzględniać jakość wód do rozsączania i lokalizację obiektów rozsączających w stosunku do istniejących i planowanych stref ochronnych ujęć wód.



Rysunek 5. Zasięg stref ochronnych wód podziemnych oraz głównych zbiorników wód podziemnych

4 Charakterystyka istniejącego systemu odwodnienia

System odwodnienia miasta Jaworzno składa się z cieków powierzchniowych, rowów melioracyjnych i komunalnych oraz z systemu kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej. Ze względu na występujący górniczy charakter użytkowania, na obszarze miasta występują kanały odprowadzające wody pokopalniane. W kolejnych rozdziałach zostaną krótko scharakteryzowane poszczególne komponenty.

4.1 Wody powierzchniowe

Jaworzno charakteryzuje się stosunkowo dobrze rozwiniętą siecią hydrograficzną, w całości należącą do zlewni Przemszy. Południowo-zachodnia część miasta odwadniana jest przez Wąwolnicę, Byczynkę i Kanał Matylda do Przemszy, natomiast część północno-wschodnia przez Kozi Bród ze swoimi dopływami (Łużnikiem, Żabnikiem i Jaworzniakiem) odwadniana jest do Białej Przemszy. Łączna długość sieci hydrograficznej w granicach miasta wynosi około 76 km.

4.1.1 Rzeki i kanały

Sieć hydrograficzna jest bogata i dość zróżnicowana, jednak zabudowa śródmieścia i większość osiedli zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej położona jest w strefie wododziału.

Stosunki wodne na obszarze opracowania kształtuje rzeka Przemsza (zlewnia II rzędu) oraz rzeki: Biała Przemsza, Matylda, Wąwolnica (zlewnie III rzędu), Byczynka, Kanał Główny, Kozi Bród (zlewnie IV rzędu), Dopływ spod Ciężkowic, Jaworzniak, Łużnik oraz Żabnik (zlewnie V rzędu).

Charakterystyka sieci rzecznej na obszarze Jaworzna została przedstawiona w poniższej tabeli.

Legenda do Tabeli nr 1:

Kolumna nr 1: nazwa cieku

Kolumna nr 2: (P)rawy/ (L)ewy dopływ

Kolumna nr 3: recypient – odbiornik danego cieku

Kolumna nr 4: rząd cieku

Kolumna nr 5: długość cieku głównego [km]

Kolumna nr 6: długość cieku głównego w granicach Jaworzna [km]

Kolumna nr 7: całkowita powierzchnia zlewni [km²]

Kolumna nr 8: powierzchnia zlewni w granicach Jaworzna [km²]

Kolumna nr 9: uwagi dodatkowe



Rysunek 6. Dolny odcinek Wąwolnicy, widok w kierunku ujścia

Tabela 1. Charakterystyka parametrów jaworznickich rzek

| Ciek | Dopływ Prawy/Lewy | Recypient | Rząd ciek | Długość ciek górnego [km] | Długość ciek górnego w granicach m. Jaworzno [km] | Całkowita pow. zlewni [km ²] | Pow. zlewni w granicach miasta Jaworzno [km ²] | Uwagi dodatkowe |
|--|-------------------|----------------|-----------|---------------------------|---|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Biała Przemsza | L | Przemsza | III | 72,3 | 10,1 | 620,1 | 9,8 | Rzeka stanowi część północnej granicy Jaworzna. W związku z meandrującym przebiegiem miejscami płynie więcej niż jednym korytem. Na wielu odcinkach zachowała swój naturalny charakter, zwłaszcza w rejonie ujścia Koziego Brodu w górę rzeki, gdzie objęta jest ochroną jako użytek ekologiczny. Przepływy Białej Przemszy są dosyć nieregularne, a wody rzeki są zanieczyszczone, ale ze stałymi dopływami niezanieczyszczonych wód z Kanału Głównego. |
| Byczynka (in. Ponikwicz) | L | Przemsza | IV | 7,5 | 7,5 | 25,7 | 23,1 | Wypływa na północ od Byczyny, płynie przez Byczynę, Dąb i Jeleń uchodząc do Przemszy. Odwadnia większość południowej części miasta Jaworzno. Przepływa pod autostradą A4. |
| Dopływ spod Ciężkowic | L | Kozi Bród | V | 4,4 | 4,4 | 6,6 | 6,6 | Płynie w większości przez tereny łąkowe między Ciężkowicami, a Pieczyskami. |
| Jaworznik | P | Kozi Bród | V | 5,0 | 0,6 | 8,1 | 1,8 | Rzeka na wielu odcinkach wyschnięta, mocno przeobrażona przez działalność nieczynnej kopalni piasku. W przeszłości płynęła różnymi korytami. Jedno z koryt rzeki przecina rzekę Żabnik. Główne koryto poprowadzone wzdłuż wschodniego pola eksploatacyjnego. |
| Kanał Główny (in. Kanał Centralny) | L | Biała Przemsza | IV | 12,8 | 6,0 | 44,6 | 12,5 | Połączony ze zbiornikiem wodnym Sosina w celu wymiany wód. Powstał w celu odprowadzania wód z terenu odkrywkowej kopalni piasku Szczakowa, powstałej w połowie lat 50. XX wieku. Zasilany jest również przez dopływ wód z rzeki Sztoły, której przepływy znacznie spadną po całkowitym zaprzestaniu odwadniania kopalni „Olkusz-Pomorzany”. W niektórych miejscach na cieku występują żeremia bobrów. Na kanale znajduje się przepompownia wody pitnej dla Jaworzno, tzw. ujęcie „Piaskownia”. |
| Kozi Bród | L | Biała Przemsza | IV | 24,0 | 13,9 | 46,8 | 14,1 | Jej źródła znajdują się w lasach myślachowickich w głębokim wąwozie. Razem z dopływającymi do niej ciekami odwadnia całą wschodnią część miasta Jaworzno. Rzeka częściowo zanika na terenie Szczakowej. Od Czyżówki po granice Jaworzna Kozi Bród został uregulowany i płynie betonowym korytem. Górny, nieuregulowany odcinek ciek powyżej Czyżówki, który meandruje, jest bardzo ciekawy pod względem przyrodniczym. |
| Łużnik | L | Kozi Bród | V | 2,3 | 10,8 | 36,6 | 27,2 | Na obszarze zlewni tego ciek występuje wiele form ochrony przyrody jak np. obszary Natura 2000 i użytki ekologiczne. Z łużnikiem połączona jest gęsta sieć rowów, które odwadniają lasy. W środkowej części jego biegu, na równinie którą rozcina, wylewa tworząc podmokłe i zabagnione tereny. W niektórych miejscach przy korycie rzeki występują żeremia bobrów. Reżim przepływów jest zaburzony, gdyż zasilanie przez wody gruntowe zanika w suchych okresach. |
| Matylda (in. Śmidra, Śmierdzonka, Kątecka) | L | Przemsza | III | 10,4 | 1,0 | 41,6 | 2,6 | Niewielki ciek wodny, przekształcony w połowie lat 20. XX wieku w kanał odpływowy kopalni Matylda. Obecnie odwadnia niewielką część zalesionej południowej części miasta Jaworzno. |
| Przemsza | L | Wisła | II | 87,0 | 13,5 | 1279,3 | 41,4 | Stanowi zachodnią granicę miasta Jaworzna, przed którym łączą się Czarna Przemsza z Białą Przemszą tworząc Przemszę. Kilkanaście kilometrów na południe od Jaworzna wpada do Wisły. Jest główną zlewnią całego miasta Jaworzna. Kilkanaście kilometrów na południe od Jaworzna wpada do Wisły. |
| Wąwolnica | L | Przemsza | III | 4,5 | 4,5 | 10,6 | 10,6 | Obecnie ciek sztuczny (w wyniku osuszenia źródeł ze względu na powstały lej depresyjny pogórnicy). To ciek o szczególnym charakterze: relatywnie krótki, cały w granicach miasta, jest odbiornikiem przelewów z dużego systemu KO odwadniającego śródmieście Jaworzna oraz z KD odwadniającego część Obwodnicy Południowej. Rzeka jest mocno zanieczyszczona przede wszystkim wskutek migracji zanieczyszczeń z zamkniętego Składowiska Materiałów Niebezpiecznych (Centralnego Składowiska Odpadów „Rudna Góra”) zlokalizowanego w bezpośrednim sąsiedztwie Zakładów Chemicznych „Organiki Azot” S.A. Na jej ujściowym odcinku występuje cofka od rzeki Przemszy. |
| Żabnik | P | Kozi Bród | V | 4,4 | 4,4 | 6,0 | 2,8 | Krótką rzeką mającą swe źródła na północno-wschodnich krańcach Jaworzna. Niemal cały ciek płynie w granicach rezerwatu przyrody przez tereny leśne - dolina Żabnika, gdzie meandruje i tworzy zakola oraz rozlewiska. Na obszarze zlewni tego ciek występuje wiele rowów będących pozostałością po wyrobiskach kopalni piasku. |

4.1.2 Wody stojące

Rozdział opracowany we współpracy z Biurem ds. Geologii UMJ

Na obszarze Jaworzna występują liczne antropogeniczne zbiorniki wodne, spełniające głównie funkcje rekreacyjno – sportowe:

Zbiornik „Sosina” (nazywany „Zalewem Sosina”) to zbiornik położony w północno-wschodniej części miasta, w Kotlinie Biskupiego Boru, o powierzchni ok. 50 ha. Powstał w latach sześćdziesiątych XX wieku w wyniku zalania wyrobiska poeksploatacyjnego Kopalni Piasku „Szczakowa”. Woda w zalewie Sosina posiada drugą klasę czystości. Zalew ma kształt wydłużonej litery L, średnia głębokość wynosi około 2 m [3]. W środkowej części zbiornika, na niewielkiej wyspie istnieje rezerwat ptactwa wodnego. Zbiornik został zrewitalizowany w latach 2018-2021.

Zalew „Łęg” to zbiornik wodny w dolinie Przemszy, przy wschodniej granicy Jaworzna, w pobliżu Elektrociepłowni III. Początkowo pełnił funkcję zbiornika rekreacyjnego, obecnie wykorzystywany przez koło wędkarskie.

Zalewisko „Łęg” (nazywane też jako zalewisko „Podłęże”) powstało w obniżeniach terenu będącego efektem osiadania terenu w wyniku eksploatacji górniczej. Zalewisko ma powierzchnię ok. 23 ha. Zbiorniki te położone są na terenach kompleksu leśnego Leśnictwa Podłęże.

„Belnik” to kompleks stawów na terenie byłego ośrodka wypoczynkowego „Tarka”, o powierzchni ok. 9,7 ha, zlokalizowanych w południowej części miasta, w rejonie Dębu, nad Byczynką, na terenie kompleksu leśnego Chrzanowa. To cztery stawy oddzielone od siebie groblami i otoczone lasami. Stawy są pod opieką Stowarzyszenia Miłośników Wędkarstwa „Tarka”. [1]

W obrębie parku „Gródek” utworzonego w nieczynnym wyrobisku dawnego Zakładu Dolomitu „Szczakowa” w północnej części miasta, powstały dwa zbiorniki wodne w wyniku zaprzestania odwadniania, tj. zbiornik „Koparki” (inna nazwa to „Dobra”) oraz zbiornik „Wydra”.

Zbiornik „Koparki” (inna nazwa: Dobra) powstał w wyniku zalania najniższego wyrobiska eksploatacyjnego nieczynnej kopalni dolomitu. Zbiornik ma powierzchnię ok. 3,7 ha. Znajduje się tu całoroczna baza nurkowa.

Zbiornik „Wydra” znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie zbiornika „Koparki”, po jego południowo-wschodniej stronie. To niewielki zbiornik o powierzchni ok 1,7 ha, powstał w wyniku zalania wschodniej części wyrobiska kopalni Obecnie wykorzystywany jest dla celów turystycznych, nazywany „Polskimi Malediwami”.

Pozostałe, niewielkie zbiorniki występują w różnych częściach miasta, w tym m.in.: zbiornik „Suchy Staw” o powierzchni 0,34 ha, który ma charakter zbiornika retencyjnego.

4.1.3 Sieć rowów otwartych

Sieć rowów na terenie miasta jest rozbudowana w wybranych obszarach. Część z nich do dziś ma charakter melioracyjny i/lub drenażowy, inne zostały zaadaptowane na potrzeby odwodnieniowe. W północno-wschodniej części miasta sieć rowów jest dobrze

rozwinęta w przyrzeczach Koziego Brodu i Łuźnika. Gęsta sieć rowów znajduje się również w południowej części miasta, w zlewni Byczynki, w okolicach autostrady A4. Natomiast w centralnej i zachodniej części miasta rowy prawie nie występują. W tej części miasta wiele rowów na skutek przekształcenia terenów pod względem zagospodarowania i/lub braku konserwacji rowów utraciła swą drożność.

Specyficznym dla Jaworzna rodzajem rowów są te prowadzące wody dołowe. Nie są one wyszczególnione na mapie zasadniczej, gdyż ta w odniesieniu do kanalizacji przemysłowej zawiera tylko informacje o kanałach zamkniętych.

Reasumując, w przypadku rowów otwartych jako elemencie systemu odwodnienia, zauważalnym jest brak oficjalnej bazy danych chociażby o przebiegu tych rowów, nie mówiąc o ich stanie technicznym, obciążeniu hydraulicznym, czy stanie prawnym. Jedyną wektorową bazą danych dokumentującą przynajmniej przestrzenną lokalizację rowów, są warstwy SHP przetworzone z BDOT oraz z analiz własnych przeprowadzonych w ramach tego opracowania na podstawie Numerycznego Modelu Terenu oraz ortofotomapy.

Ze względu na brak metadanych pełna ocena wiarygodności tych danych nie jest możliwa. Porównanie wizualne z przebiegiem rowów w terenie na podstawie aktualnej ortofotomapy i NMT, wskazuje na dużą zgodność zdigitalizowanych tras rowów.

Ten zbiór danych zawiera informacje o około 330 km rowów. Jeśli nie odnalezione zostaną inne, bardziej kompletne inwentaryzacje rowów, stworzone w ramach tego opracowania zestawienie może być załączkiem tak bardzo potrzebnej bazy danych o rowach, która powinna być sukcesywnie budowana w ramach innych, bardziej szczegółowych opracowań.



Rysunek 7. Rów prowadzący wody dołowe w okolicy linii kolejowej przy ul. Wojska Polskiego, widok w kierunku pd.-zach.

4.2 Kanalizacja

W Jaworznie funkcjonuje głównie system kanalizacji ogólnospławnej (KO). System kanalizacji rozdzielczej odprowadza ścieki sanitarne i wody opadowe przede wszystkim z osiedli na obrzeżach miasta. Sieć kanalizacji ogólnospławnej na terenie miasta Jaworzna jest własnością i w eksploatacji Wodociągów Jaworzno Sp. z o.o., natomiast sieć kanalizacji opadowej (KD) jest w eksploatacji Miejskiego Zarządu Dróg i Mostów w Jaworznie (MZDiM). Według danych przekazanych przez ww. jednostki na potrzeby tego opracowania całkowita długość kanalizacji wraz z przyłączami i wpustami drogowymi w mieście wynosi:

- kanalizacja ogólnospławna: ok. 215 km,
- kanalizacja deszczowa: ok. 350 km.

Kanalizacja ogólnospławna tworzy jeden system prowadzący ścieki do oczyszczalni zlokalizowanej przy południowej granicy miasta Jaworzna (ul. Dąb). System ten ma ok. 215 km długości (sama KS to ok. 457 km wraz z przyłączami) i posiada 4 przelewy burzowe, z czego 2 do Wąwolnicy, jeden do Koziego Brodu oraz jeden do Białej Przemszy. Przelew o największej przepustowości, zlokalizowany w lasach na północ od Łęgu i uchodzący do Wąwolnicy, został niedawno wyremontowany, a koryto rzeki zabezpieczone przez rozmywaniem.



Rysunek 8. Wylot z największego przelewu KO do Wąwolnicy

Kanalizacja deszczowa jest sukcesywnie rozbudowywana w ostatnich latach. Oprócz systemu rurociągów powstają również zbiorniki retencyjne. Kilkaście z nich zlokalizowanych jest przy odwodnieniach drogowych. Część z tych zbiorników, które znajdują się w znacznej odległości od odbiorników, ma charakter retencyjno-chłonny lub retencyjno-odparowujący, np. w rejonie Dąbrowy Narodowej czy Borów.

Według informacji Zamawiającego na terenie Jaworzna nie występują problemy z odpływem wód z KD lub KO do odbiorników w czasie wysokich stanów wód w ciekach, które powodowałyby spiętrzenia i wylania z systemów kanalizacyjnych.

Na poniższym rysunku oraz w załączniku (JAW-KP-O-R-001 Załącznik 1) przedstawiono zasięgi kanalizacji deszczowej, kanalizacji ogólnospławnej oraz zasięgi kanalizacji o niejednoznacznym charakterze sieci. Na podstawie otrzymanych danych wejściowych nie jest możliwa poprawna identyfikacja charakteru sieci oraz wylotów lub przelewów burzowych na oznaczonym obszarze i jest wymagana dalsza analiza danych mapowych lub pomiary geodezyjne w terenie.

W wyniku analizy sieci kanalizacji deszczowej wg danych z mapy zasadniczej stwierdzono istnienie 338 wylotów do wód powierzchniowych (w tym 177 lokalnych odwodnień jezdni oraz 161 wylotów o charakterze zbiorczym) oraz 5 studni chłonnych, odprowadzających wody do gruntu.

Na obszarze Jaworzna istnieją 23 zbiorniki retencyjne będące w gestii MZDiM. Jeden zbiornik retencyjny, zlokalizowany przy skrzyżowaniu ul. Martyniaków i Karola Darwina jest w trakcie budowy.

Tabela 2. Zestawienie zbiorników retencyjnych będących w zarządzaniu MZDiM

| Id | Charakter zbiornika | Lokalizacja |
|----|---------------------------------------|--|
| 1 | retencyjno-oczyszczający | ul. admirała Andrzeja Karwery |
| 2 | retencyjno-odparowujący | ul. Chełmońskiego/Grocholickiego |
| 3 | retencyjno-chłonny | ul. Czesława Miłosza |
| 4 | retencyjno-odparowujący | ul. Elizy Orzeszkowej |
| 5 | retencyjno-odparowujący | ul. Jana Pawła II |
| 6 | retencyjno-odparowujący | ul. Jana Pawła II |
| 7 | retencyjno-odparowujący | ul. Juliana Ursyna Niemcewicza |
| 8 | retencyjno-odparowujący | ul. Ks. Andrzeja Mrocza |
| 9 | retencyjno-odparowujący | ul. Obrońców Września 1939 roku |
| 10 | retencyjno-odparowujący | ul. Obrońców Września 1939 roku/Orląt Lwowskich |
| 11 | retencyjno-przelewowy (oczyszczający) | ul. Radwańskich |
| 12 | retencyjno-oczyszczający | ul. Radwańskich |
| 13 | retencyjno-oczyszczający | ul. Radwańskich |
| 14 | retencyjno-oczyszczający | ul. Radwańskich/Jana Pawła II |
| 15 | retencyjno-odparowujący | ul. Rozwojowa |
| 16 | retencyjno-przelewowy (oczyszczający) | ul. Srebrnik |
| 17 | retencyjno-chłonny | ul. Stanisława Wyspiańskiego |
| 18 | retencyjno-odparowujący | ul. Św. Katarzyny Aleksandryjskiej |
| 19 | retencyjno-odparowujący | ul. Św. Katarzyny Aleksandryjskiej/Chełmońskiego |
| 20 | retencyjno-odparowujący | ul. Św. Wojciecha |
| 21 | retencyjno-chłonny | ul. Św. Wojciecha/Wachlowskiego |
| 22 | retencyjno-chłonny | Velostrada (KWK Jan Kanty) |
| 23 | podziemny - retencyjno-przelewowy | ul. Królowej Jadwigi (przy parkingu podziemnym) |

JAW-KP-O-D-001-2 Raport końcowy
Data: listopad 2021

Ponadto, dostępne dane mapowe pozwoliły na identyfikację 10 zbiorników na sieci kanalizacji deszczowej, będące w zarządzaniu prywatnym. Ich lokalizacje zostały przedstawione w Załączniku 1.

W Jaworznie zainstalowane są 44 separatory na sieci kanalizacji deszczowej, będących w zarządzaniu MZDiM. Ich lokalizacja oraz szczegółowy typ został zestawiony w tabeli poniżej.

Tabela 3. Zestawienie separatorów substancji ropopochodnych oraz osadników

| Id | Typ | Lokalizacja |
|----|---------------------------|--|
| 1 | AWAS-SK 600 | GSAG w Jeleniu na ul. Inwestycyjnej |
| 2 | AWAS-SK 400 | GSAG w Jeleniu na terenie hali nr 2 |
| 3 | AWAS-SK 400 | GSAG w Jeleniu dojazd do Euroterminala |
| 4 | AWAS-SK 200 | GSAG w Jeleniu za halą nr 3 |
| 5 | EKO II NG 6/1,5 | DK79 Nowoniemcewicz ZR1 przy szkole |
| 6 | EKO II NG 30/3,5 | DK79 Jana Pawła II ZR2 przy bramie |
| 7 | AWAS SBK NG20 | Łącznik Reja - Chopina |
| 8 | AWAS SBK 25 | Łącznik Reja - Chopina |
| 9 | AWAS SBK NG15 | Łącznik Reja - Chopina |
| 10 | MAKO-B NG 10/5000 | Hetmańska 2 przed pętlą |
| 11 | MAKO-B NG 10/5000 | Hetmańska 2 przed pętlą |
| 12 | MAKO-B NG 10/5000 | Hetmańska 46 (60) + rów ze studnią |
| 13 | EKO II NG 40/5,0 | DK79 garaże ZR3 |
| 14 | EKO II NG 30/3,5 | DK79 stara stacja kolejowa |
| 15 | EKO II NG 10/1,3 | Nowokolejowa skrzyżowanie z Pszczelnik |
| 16 | EKO II NG 30/3,5 | Nowokolejowa przed wiaduktem |
| 17 | EKO II NG 30/3,5 | Nowokolejowa przed skrzyżowaniem |
| 18 | OKSYDAN PB 30/300 - 10.0 | Św. Wojciecha obok zbiornika |
| 19 | ECO I NG 250 0w | Św. Wojciecha przed zjazdem do Rezerwatu Sasanka |
| 20 | MAKOH-II-BNG 10/100 - 3.0 | DWR (na terenie zbiornika) |
| 21 | MAKOH-II-BNG 10/100 - 3.0 | DWR (rów przy zbiorniku) |
| 22 | MAKO-BII 25/125-2,5 | ul. Wygoda koło ronda |
| 23 | MAKOH-II-BNG 60/600 - 6.0 | ul. Bielańska |
| 24 | MAK-II-B 20/200-2,1 | ul. Obrońców Poczty Gdańskiej koło ronda |
| 25 | MAKO-B-II 10/100-2000 | DK79 ul. Obrońców Września 1939r, przy wiadukcie kolejowym (ZR6) |
| 26 | MAK-B NG 50 | DK79 ul. Obrońców Września 1939r, przy ul. Orłąt Lwowskich (ZR7) |
| 27 | SEKOTW-B NG 50 | DK79 - ul. Wojska Polskiego |
| 28 | OKSYDAN-TPB 20/200-2.0 | ul. Nowoszczakowska - Steczковского |
| 29 | ECO-K 6/60 - 1,5 | droga do Szybu "Grzegorz" |
| 30 | ATOL-OH 20/200 | ul. Zwycięstwa 189 |
| 31 | SEKOTW-B NG 3/30-0,9 | ul. Chełmońskiego, parking przed szpitalem |
| 32 | ESK-BH 6/60/1200/250 | ul. Chełmońskiego, przy rondzie |
| 33 | ESK-BH 10/100/2000/315 | ul. Chełmońskiego, przy zbiorniku |

JAW-KP-O-D-001-2 Raport końcowy
Data: listopad 2021

| Id | Typ | Lokalizacja |
|----|---|---|
| 34 | SL-40-D59-FOZP-400-PE-4 | Strefa Przemysłowa II, przy skrzyżowaniu z ul. Wojska Polskiego |
| 35 | MAK-8-D59-40-PE-1,6 | Strefa Przemysłowa I, przy małym zbiorniku |
| 36 | ZESTAW ECO-DUO WENC125/1250-800 (sep+osadnik) | ul. Pożarowa, od strony ul. Bukowskiej nr 1 |
| 37 | ZESTAW ECO-DUO WENC125/1250-800 (sep+osadnik) | ul. Pożarowa, od strony ul. Bukowskiej nr 2 |
| 38 | EUROLIZER L 20/200 | Obwodnica Północna przy ul. Chełmońskiego |
| 39 | EUROLIZER L 20/200 | Obwodnica Północna między ul. Chełmońskiego, a Św. Wojciecha |
| 40 | EUROLIZER L 20/200 | Św. Wojciecha przy rondzie Kaczyńskich |
| 41 | SLEKOTW-B 10/100-5 | droga dojazdowa do Geosfery |
| 42 | ECO-K 15/150-3,5 | ul. Celników |
| 43 | ECO I NG 3 | parking przy ul. Królowej Jadwigi |
| 44 | SEKO-B CE80 | zbiornik przy rondzie Geosfera |

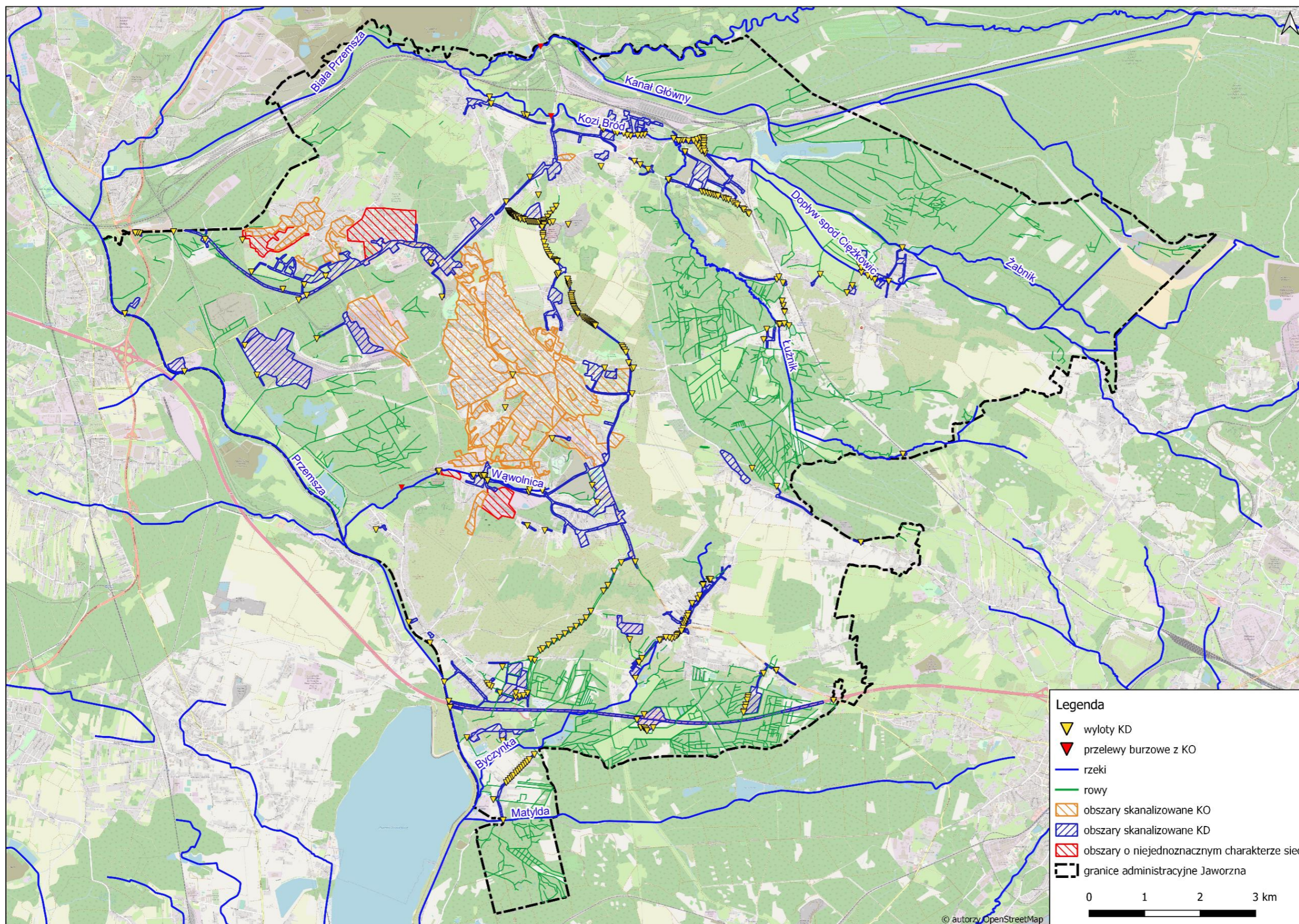
Na podstawie powyższego zestawienia można stwierdzić, że zasadniczo większość wód opadowych odprowadzanych kanalizacją deszczową jest w Jaworznie podczyszczana przed wprowadzeniem do odbiornika. Poniżej wskazano kilka zlewni KD bez podczyszczalni, z których ze względu na wielkość i/lub rodzaj odwadnianych terenów mogą ewentualnie odpływać wody opadowe wymagające podczyszczenia:

JO5 Kozi Bród – zlewnie KD w ulicach: Batorego, Moździerzowców, Dąbrowskiego, Ogrodowa, Jagiellońska, Kościuszki, Malczewskiego,

JO8 Ciężkowice – zlewnie KD w ulicach: Grabańka, Młyny Serafińskie, Filaretów, Jana Kiepur,

JO11 Buczynka – zlewnie KD w ulicach: Rozwojowa, Dąb (w okolicy OŚ), Abstorskich, Krakowska, Gwardzistów.

W celu rozpoznania rzeczywistego poziomu zanieczyszczeń zaleca się przeprowadzenie badań jakości wód z tych zlewni.



Rysunek 9. Zidentyfikowane wyloty KD oraz strefy skanalizowania

4.3 Obszary wrażliwości powiązane z gospodarką wodami opadowymi

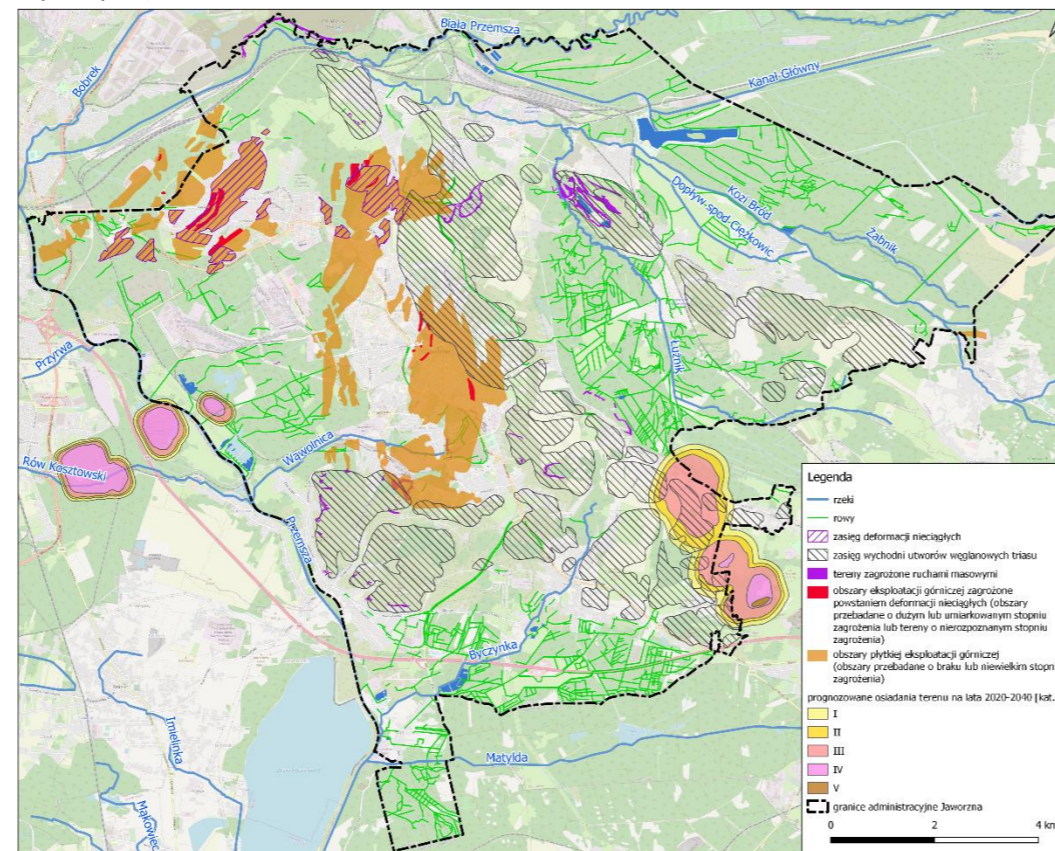
Rozdział opracowany we współpracy z Biurem ds. Geologii UMJ

Ze względu na specyfikę obszaru opracowania związaną m.in. z budową geologiczną i górnictwem, oprócz zwykłych w przypadku zagospodarowania wód opadowych takich jak np. ukształtowanie i zagospodarowanie terenu, czy podaż powierzchni biologicznie czynnej konieczne jest uwzględnienie kilku dodatkowych aspektów.

Płytką eksploatacja: tereny, w obrębie których prowadzona była płytką eksploatacja górnicza węgla kamiennego oraz rud cynku i ołowiu. Obszary te mogą stanowić zagrożenie dla inwestycji budowlanych ze względu na możliwość wystąpienia deformacji nieciągłych, głównie po nie całkowicie zlikwidowanych wyrobiskach górniczych.

Odkrywkowa eksploatacja: są to obszary eksploatacji odkrywkowej, głównie złóż piasku, jak również wapieni, dolomitów, a także węgla kamiennego, rud cynku i ołowiu. Tereny te są szczególnie wrażliwe na wody opadowe, ze względu na powstałe zmiany warunków wodnych w górotworze, utworzone niecki poeksploatacyjne, zmiany morfologiczne terenu i liczne spękania górotworu.

Deformacje nieciągłe: obszary zagrożone powstaniem deformacji nieciągłych związane są głównie z płytką eksploatacją górniczną lub innymi pustkami powstałymi w górotworze. W obrębie tych obszarów możliwość wystąpienia deformacji nieciągłych, głównie zapadlisk, jest dość duża. Ze względu na małą głębokość eksploatacji, sposób jej prowadzenia (głównie na zawal) oraz niską wytrzymałość skał nadkładu, wpływy eksploatacji ujawniają się na powierzchni nawet kilkadziesiąt lat po zaprzestaniu wydobywania).



Rysunek 10. Obszary wrażliwe związane z eksploatacją górniczną w Jaworznie

Wychodnie utworów węglanowych: głównie w obrębie wychodni utworów węglanowych triasu zachodzą zjawiska krasowe, szczególnie w obrębie wapieni i margli warstw gogolińskich oraz dolomitów diploporowych.

Z tego powodu nie powinno się dopuszczać do skoncentrowanej infiltracji wód:

- w głąb skał węglanowych w rejonach występowania wychodni tych utworów,
- na obszarach dawnego płytkiego i odkrywkowego górnictwa, a w szczególności na obszarach zagrożonych możliwością powstania deformacji nieciągłych (obszary przebadane o umiarkowanym i dużym zagrożeniu, tereny o nierozpoznanym zagrożeniu).

Osiadania terenu: obszary, w obrębie których powstały lub mogą powstać niecki osiadań terenu w wyniku prowadzonej eksploatacji górnicznej. W wyniku osiadań terenu mogą utworzyć się obszary bezodpływowe, tworząc np. zalewiska, czy też może zmienić się morfologia terenu, zmieniając kierunki spadku terenu.

Osuwiska: według Systemu Osłony Przeciwsuwiskowej (SOPO) prowadzonej przez Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) w Jaworznie zarejestrowane są dwa osuwiska w rejonie kamieniołomu Sadowa Góra:

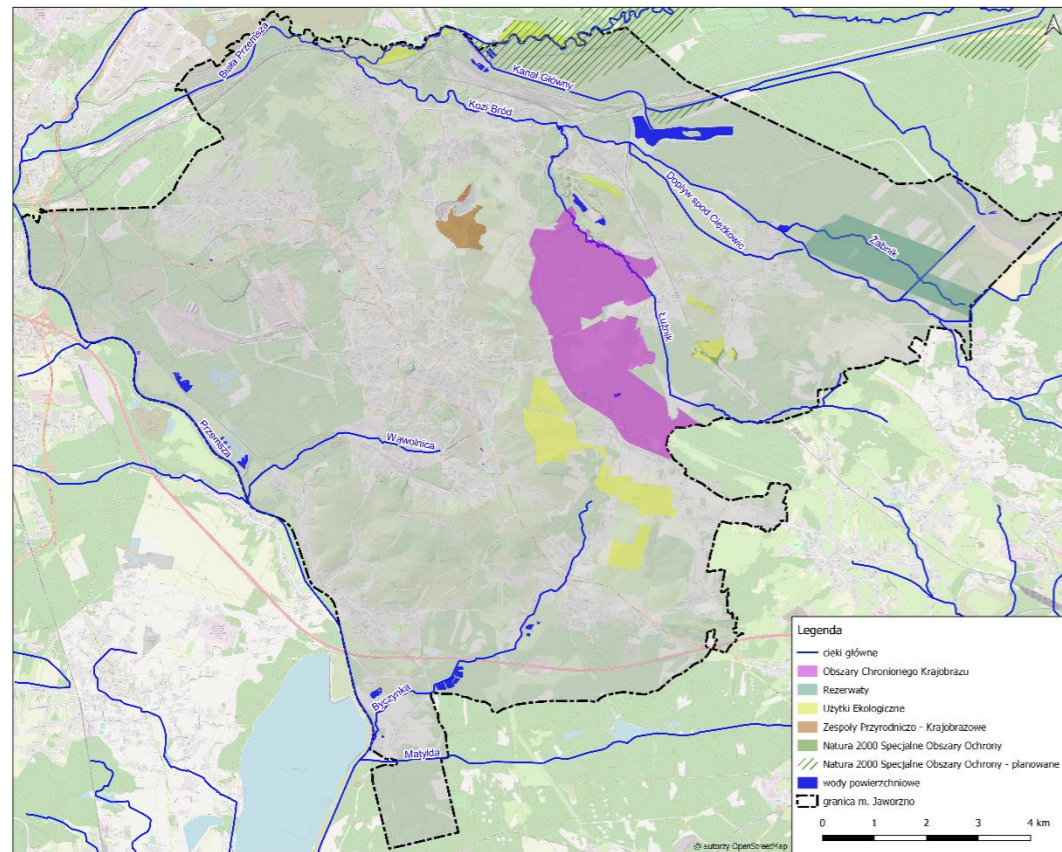
- nr 83131 wg PIG, zsuw (0,01 ha),
- nr 83151 wg PIG, zsuw (0,02 ha).

Pozostałe zarejestrowane i udokumentowane obszary to **tereny zagrożone ruchami masowymi**. Zlokalizowane są zasadniczo na terenach niezabudowanych. Na rozwój ruchów masowych wpływ mogą mieć przede wszystkim intensywne opady atmosferyczne, infiltracja wód opadowych i roztopowych oraz erozja dolnych partii stoków/zboczy.

Obszary cenne przyrodniczo:

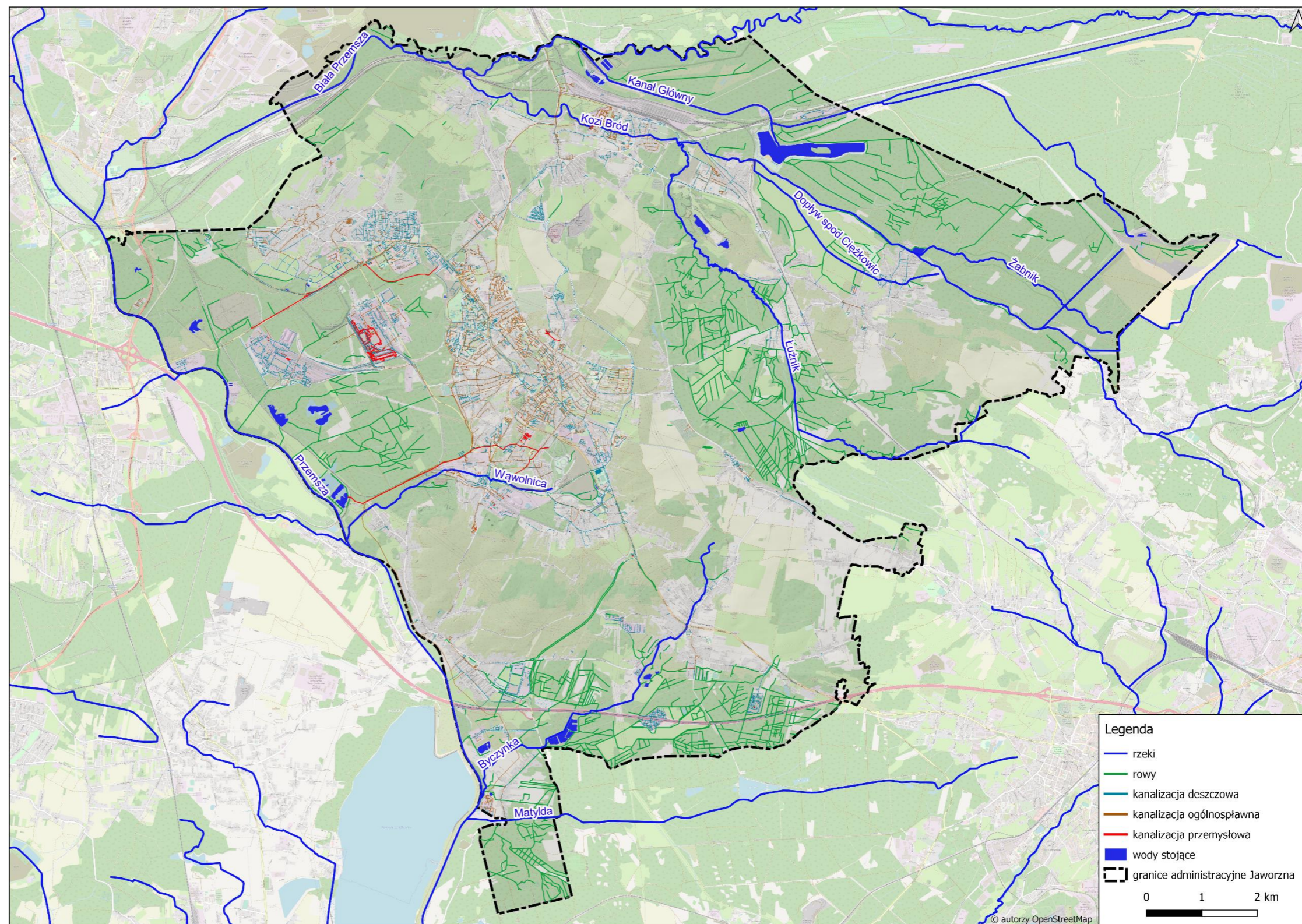
W granicach administracyjnych Jaworzna znajdują się formy ochrony przyrody:

- Natura 2000 Specjalne Obszary Ochrony – „Łąki w Jaworznie”,
- Obszary Chronionego Krajobrazu – „Dobra-Wilkoszyn”,
- Rezerwaty – „Dolina Żabnika” wraz z otuliną,
- Użytki Ekologiczne – „Góra Wielkanoc”, „Łąki w Ciężkowicach”, „Zakola Białej Przemszy”, „Remiza Leśna Bucze”, „Chomik europejski”, „Śródleśne Łąki w Starych Maczkach”,
- Zespoły Przyrodniczo-Krajobrazowe – „Uroczysko Sadowa Góra”.



Rysunek 11. Formy ochrony przyrody w Jaworznie

Uwagi do analiz przestrzennych dot. sąsiedniej ilustracji: przebieg KD, KO i kanalizacji przemysłowej odwzorowany jest na podstawie mapy zasadniczej. Lokalizacja rowów odwziera zasoby BDOT10k, które zostały zmodyfikowane na podstawie NMT i ortofotomapy. Przebieg cieków jest uzgodniony z bazy MPHP, BDOT i mapy zasadniczej.



Rysunek 12. Istniejący system odwodnienia Jaworzna

4.4 Oddziaływania pomiędzy komponentami istniejącego systemu odwodnieniowego

System odwodnienia Jaworzna składa się z cieków powierzchniowych, rowów melioracyjnych i komunalnych oraz z systemu kanalizacji ogólnospławnej i opadowej. Główną zasadą myślenia zlewniowego o tym systemie jest traktowanie go jako naczyń połączonych - pewnego rodzaju całości, dla której powinien zostać opracowany ogólny plan działań. Ze względów praktycznych, na potrzeby bardziej szczegółowych opracowań, konieczne jest wydzielenie mniejszych obszarów, dla których mogą powstawać opracowania i projekty zajmujące się rozwiązywaniem lokalnych problemów, przy jednoczesnym uwzględnieniu współdziałania z najbardziej powiązonym podsystemem.

W tym celu zaproponowano podział Jaworzna na tzw. **jednostki odwodnieniowe** (dalej jako JO), które mimo pewnej odrębności pod względem warunków odwodnienia, nie są hydrograficznie niezależnymi od siebie obszarami. Istnieją między nimi relacje choćby ze względu na położenie w zlewni jednego ciek. Rozpoznanie związków pomiędzy nimi jest istotne dla pozyskania pełnego obrazu warunków odwodnienia w danej jednostce, określenia całościowego zakresu i kolejności prac koncepcyjnych.

Jednym z głównych wskaźników powiązań między zaproponowanymi jednostkami odwodnieniowymi są kierunki spływu powierzchniowego przedstawione już w rozdziale 3.2. Kolejny wskaźnik to wododziały zlewni cieków powierzchniowych – patrz Rysunek 13 przedstawiający zaproponowane jednostki odwodnieniowe na tle granic zlewni cieków powierzchniowych.

Uwaga: przebieg granic JO został tu zaproponowany w sposób uproszczony, np. przez przyjęcie jako granicy JO danej ulicy, mimo że w niektórych przypadkach jakiś element systemu odwodnienia tę ulicę przekracza. Uszczegółowienie granic zaproponowanych JO powinno mieć miejsce po zaakceptowaniu przez Zamawiającego tego podziału, w ramach szczegółowych koncepcji dla pojedynczych JO lub ich współzależnych grup.

System odwodnienia i retencji Jaworzna to dość skomplikowany układ, w którym dla przedstawienia wytycznych planowania przestrzennego konieczne jest dobre zrozumienie współzależności jego elementów, na które składają się przede wszystkim:

- przepływy ciekami: rzekami i rowami,
- sieć kanalizacji ogólnospławnej,
- sieć kanalizacji deszczowej,
- praca zbiorników opóźniających odpływ,
- spływy powierzchniowe.

Wobec postępującej urbanizacji, której towarzyszy uszczelnianie powierzchni miasta, ale także przekształceń dotychczasowych terenów przemysłowych, usługowych i kopalnianych, co wiąże się zarówno z częściowym wygaszaniem, ale i inwestycjami w nowe obszary przemysłowe, konieczne jest zdefiniowanie założeń, które staną się podstawą wytycznych. Historycznie rzecz ujmując, w większości miast system odwodnienia miał na celu jak najszybsze i sprawne odprowadzenie wód deszczowych do

odbiornika. Jednak zmiany klimatu jak i postępująca zabudowa spowodowały, że konieczna jest redefinicja tych założeń.

Obecna analiza powstaje na potrzeby kompleksowego programu gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi na terenie miasta Jaworzna. Zakłada się przede wszystkim, że na niższym poziomie planowania, w oparciu o te wytyczne, zostanie dla każdej zlewni wykonana analiza połączona z modelowaniem hydrodynamicznym układu odwodnienia i retencji, w następstwie której powstaną zlewniowe koncepcje dla każdej ze zlewni. To w nich szczegółowo powinny zostać przedstawione lokalizacje obiektów i dokładne założenia dotyczące zagospodarowania - zlewnia po zlewni.

4.4.1 Podział na jednostki odwodnieniowe zagospodarowania wód

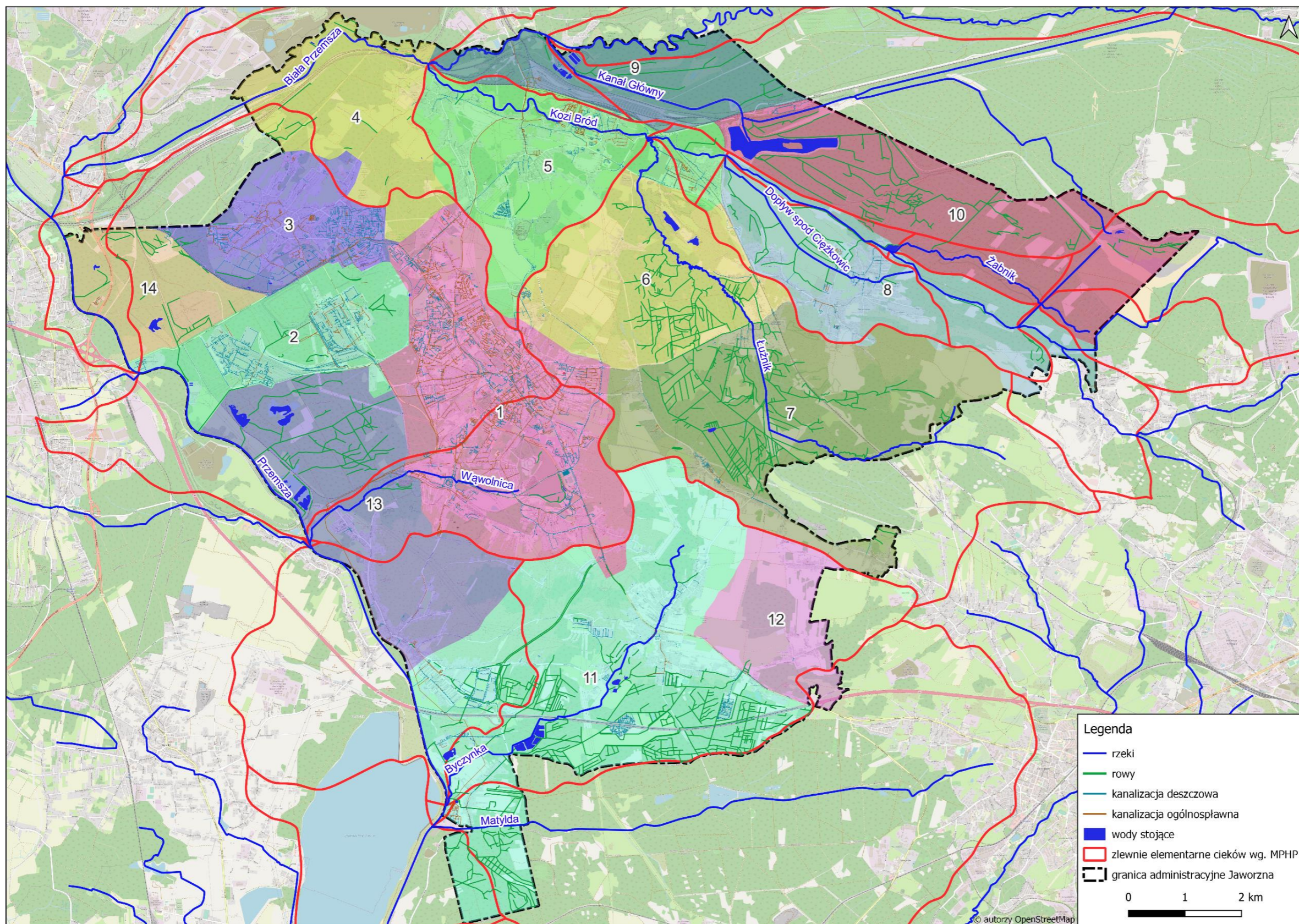
Wspominane we wcześniejszych rozdziałach podejście zlewniowe wymaga zdefiniowania jednostek, w granicach których możliwe jest zrównoważone gospodarowanie wodami opadowymi. Dla skutecznego gospodarowania wodą, ważne jest wykorzystanie danych hydraulicznych z obszarów zlewni, które nie pokrywają się z granicami administracyjnymi.

Na potrzeby tego opracowania zaproponowano wydzielenie w granicach Jaworzna jednostek odwodnieniowych (JO), dla których możliwe będzie opracowanie homogenicznych wytycznych zarządzania wodami opadowymi i powierzchniowymi i rozbudowy systemu odwodnienia. Sugerowany podział wynika z uwzględnienia następujących aspektów systemu odwodnienia w podanej kolejności:

- (1) topograficzne granice zlewni 11 głównych cieków Jaworzna,
- (2) wyróżnienie obszarów wyposażonych w system odwodnienia i nieskanalizowanych: na obszarach miejskich zlewnie kanalizacyjne nie zawsze pokrywają się ze zlewniami topograficznymi odbiorników,
- (3) uwzględnienie rodzaju kanalizacji: charakter pracy i sposób planowania kanalizacji deszczowej znacznie różni się od kanalizacji ogólnospławnej,
- (4) zagospodarowanie terenu: w szczególnych przypadkach uzasadnione jest wydzielenie z danej zlewni kanalizacyjnej o charakterze zabudowy znacząco odróżniającym się od bezpośredniego otoczenia albo przeciwnie – scalenie terenów ciężących do różnych odbiorników, ale o podobnych cechach zagospodarowania.

W efekcie tych analiz zaproponowano podział miasta Jaworzna na 14 jednostek odwodnieniowych. Na kolejnej ilustracji przedstawiono ich wizualizację graficzną. Następnie w tabeli zestawione zostały główne parametry charakteryzujące te jednostki. Wydaje się rozsądnym, aby ten lub zbliżony po szczegółowym dopracowaniu podział jednostek był przyjęty jako podstawa w przygotowaniu koncepcji działań inwestycyjnych w poszczególnych zlewniach.

Uwagi do analiz przestrzennych dot. sąsiedniej ilustracji: wyznaczenie granic JO ze względu na dokładność danych źródłowych i zasięg analiz należy przyjąć jako przybliżony. Przedmiotowe opracowanie dotyczy całego miasta i stanowi rodzaj generalnego planu. Zaleca się uszczegóławianie wskazanych granicy JO w ramach opracowań koncepcyjnych dla wydzielonych, mniejszych obszarów, dla np. jednej lub kilku JO. Na pewne przesunięcia zaproponowanych granic JO mogą wpłynąć np.: uszczegółowienie przebiegu rurociągów KO i KD, uwzględnienie ulic czy linii zabudowy jako granic, itp.



Rysunek 13. Podział na jednostki odwodnieniowe uwzględniające warunki hydrograficzne i kierunki odwodnienia

Tabela 4. Charakterystyka jednostek odwodnieniowych (JO)

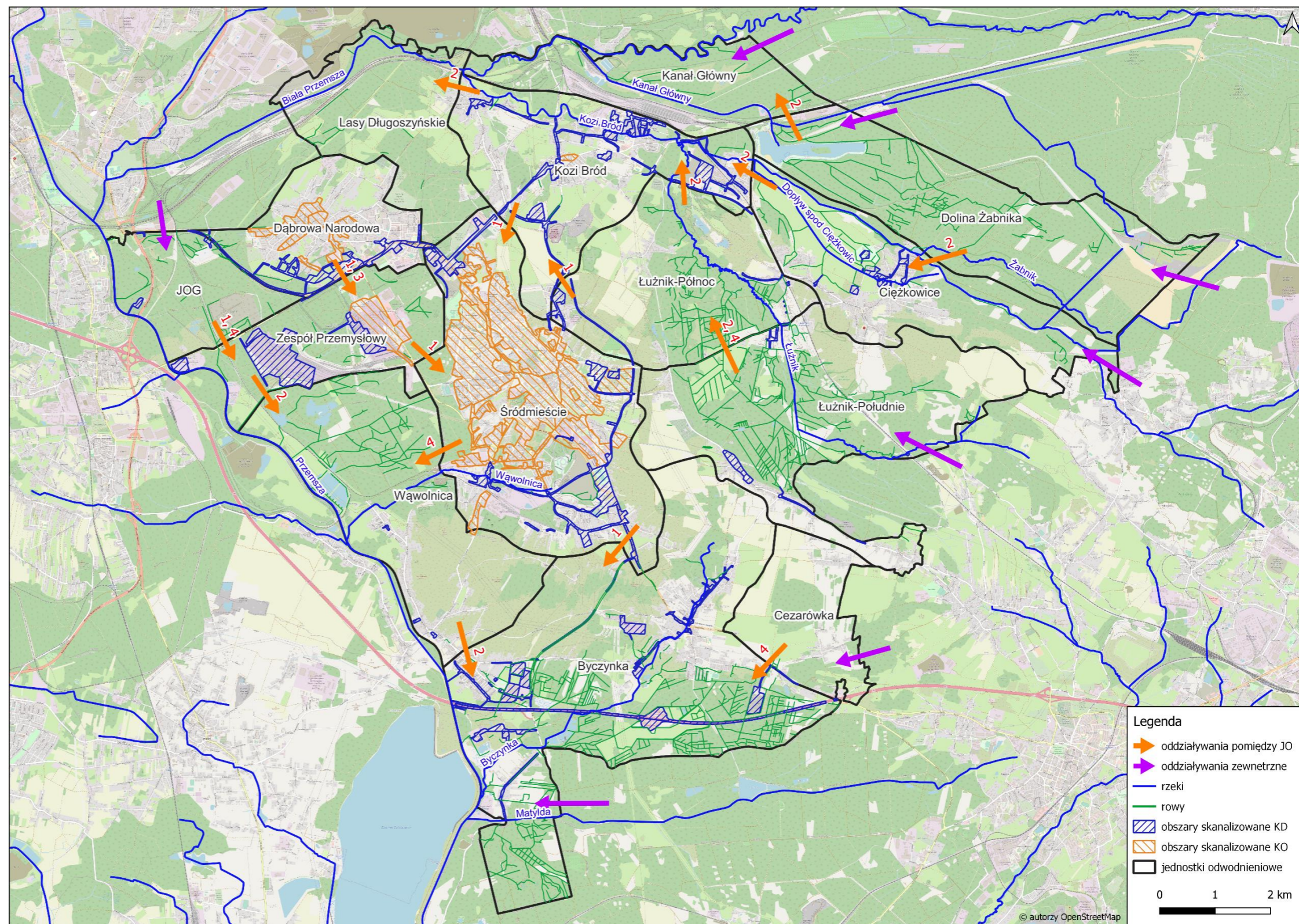
| nr JO | Nazwa JO | Powierzchnia [ha] | Zlewnia topograficzna | System odwodnienia | Dominujące zagospodarowanie | Uwagi |
|-------|--------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Śródmieście | 1 710 | Wąwolnica, Przemsza, Kozi Bród | KD, KO, rowy | zabudowa zwarta | główną przesłanką do wydzielenia tej JO jest odwodnienie w systemie KO oraz gęstość zabudowy (mimo jej różnego charakteru architektonicznego); granica JO od południa, wschodu i północnego-wschodu przebiega wg granic zlewni topograficznych; JO znajduje się w zasięgu płytkiej eksploatacji górniczej; |
| 2 | Zespół Przemysłowy | 696 | Przemsza | KD, KO, rowy | zabudowa przemysłowa | JO została wydzielona ze względu na przemysłowy charakter zagospodarowania; jednostka ograniczona jest rzeką Przemszą oraz ulicami Promienną i Wojska Polskiego; |
| 3 | Dąbrowa Narodowa | 607 | Biała Przemsza, Przemsza | KD, KO, | zabudowa wielorodzinna oraz jednorodzinna | JO położona w granicach zlewni topograficznej Przemszy o znacznym stopniu zagospodarowania; wody deszczowe i roztopowe odprowadzane są systemem KO oraz KD; JO znajduje się w zasięgu płytkiej eksploatacji górniczej; |
| 4 | Lasy Długoszyńskie | 776,4 | Biała Przemsza, Przemsza | rowy | lasy, pola uprawne | ta JO charakteryzuje się bardzo małym stopniem urbanizacji, wysokim stopniem lesistości oraz brakiem kanalizacji odprowadzającej wody deszczowe i roztopowe; JO znajduje się w zasięgu płytkiej eksploatacji górniczej; |
| 5 | Kozi Bród | 1105,6 | Kozi Bród | KD, KO, rowy | zabudowa jednorodzinna, pola uprawne, łąki | ta JO położona jest w granicach zlewni topograficznej rzeki Kozi Bród; występuje tu zarówno KD, jak i KO; JO znajduje się w zasięgu płytkiej eksploatacji górniczej; |
| 6 | Łużnik-Północ | 1022,8 | Kozi Bród | KD, rowy | lasy, pola uprawne, zabudowa jednorodzinna | JO położona w granicach zlewni topograficznej cieku Łużnik, od północy ograniczona ul. Ciężkowicką; obszar o bardzo dużej lesistości, ale silnie zmeliorowany rowami odwadniającymi; w górnej części JO występują obszary cenne przyrodniczo; |
| 7 | Łużnik-Południe | 1569,4 | Kozi Bród | KD, rowy | lasy, pola uprawne, zabudowa jednorodzinna | JO położona w granicach zlewni topograficznej cieku Łużnik, od południa ograniczona ul. Ciężkowicką; obszary jezdni są odwadniane poprzez system KD i rowów otwartych; JO o wysokiej lesistości, a obszary zurbanizowane występują tylko na obrzeżach; |
| 8 | Ciężkowice | 1002,5 | Kozi Bród | KD, rowy | łąki, lasy, zabudowa jednorodzinna | JO położona w granicach zlewni topograficznej Koziego Brodu, o znacznym zagospodarowaniu w centralnej części, gdzie występuje system KD odprowadzający wody deszczowe i roztopowe; |
| 9 | Kanał Główny | 652,3 | Biała Przemsza, Kozi Bród | KO, rowy | lasy, tereny kolei | JO charakteryzuje wysoki stopień lesistości oraz znaczny udział powierzchni terenów kolei; obszar odwadniany rowami melioracyjnymi; |
| 10 | Dolina Żabnika | 1340,9 | Kozi Bród, Biała Przemsza | rowy | lasy | JO o bardzo małym stopniu urbanizacji - na jej terenie znajdują się obszary cenne przyrodniczo; odprowadzanie wód deszczowych i roztopowych przez rowy melioracyjne w kierunku Zalewu Sosina; od południa JO ograniczona zlewnią topograficzną Żabnika; |
| 11 | Byczynka | 2520,5 | Byczynka, Przemsza, Matylda | KD, KO, rowy | lasy, pola uprawne, łąki, zabudowa jednorodzinna | JO położona w granicach zlewni topograficznej Byczynki; w jej granicach znajduje się także obszar w zlewni Przemszy, natomiast ze względu na występowanie KD, także te tereny zostały włączone do JO; południowa część JO charakteryzuje się gęstą siecią rowów melioracyjnych oraz miejscami terenami podmokłymi; |
| 12 | Cezarówka | 494,6 | Byczynka, Matylda | - | lasy, pola uprawne, zabudowa jednorodzinna | ta JO nie posiada systemu kanalizacyjnego ani rowów melioracyjnych; charakteryzuje się wysokim udziałem terenów zielonych; JO jest położona w granicach zlewni topograficznej Byczynki; |
| 13 | Wąwolnica | 1269,3 | Przemsza, Wąwolnica | rowy, KD | lasy, łąki, zabudowa jednorodzinna | JO charakteryzuje wysoki stopień lesistości oraz w zasadzie brak kanalizacji deszczowej; JO jest położona w topograficznej zlewni Przemszy; |
| 14 | JOG | 473,5 | Przemsza | rowy, KD | lasy | JO została wydzielona ze względu na jednolity charakter istniejącego zagospodarowania oraz ze względu na planowany Obszar Gospodarczy na tym obszarze; JO znajduje się w zasięgu płytkiej eksploatacji górniczej; |

4.4.2 Oddziaływania wzajemne między jednostkami odwodnieniowymi

Wyznaczone jednostki odwodnieniowe, mimo pewnej odrębności pod względem warunków odwodnienia, nie są hydrograficznie niezależnymi od siebie obszarami. Istnieją między nimi relacje choćby ze względu na położenie w zlewni jednego ciek. Rozpoznanie związków pomiędzy nimi jest istotne dla pozyskania pełnego obrazu warunków odwodnienia w danej jednostce, określenia pełnego zakresu i kolejności prac koncepcyjnych.

Na kolejnej ilustracji przedstawiono główne kierunki spływu wód opadowych jako jeden z głównych wskaźników powiązań między zaproponowanymi Jednostkami Odwodnieniowymi. Oprócz kierunku spływu wód opadowych wyróżniono następujące rodzaje oddziaływań między jednostkami odwodnieniowymi (dalej jako JO), których kierunek wskazuje strzałka na następnej ilustracji.

- 1 System kanalizacyjny KD lub KO z tej JO ciąży do systemu kanalizacyjnego w sąsiedniej JO; znaczenie: konieczność uwzględnienia dopływów z tej JO w obliczeniach hydraulicznych systemów odwodnienia sąsiedniej JO;
- 2 główny odbiornik/ciek powierzchniowy tej JO jest odbiornikiem sąsiedniej JO lub do takiego ciąży; znaczenie: konieczność uwzględnienia dopływów z tej JO w obliczeniach hydraulicznych ciek w sąsiedniej JO;
- 3 przy wyczerpaniu się przepustowości systemu kanalizacyjnego w tej JO, spływ powierzchniowy wód opadowych skieruje się do sąsiedniej JO;
- 4 w zlewni nieskanalizowanej spływ powierzchniowy wód opadowych skieruje się do sąsiedniej JO;
- 5 oddziaływania zewnętrzne, spoza granic administracyjnych Jaworzna: dotyczy to zarówno ewentualnego spływu powierzchniowego spoza granic miasta, jak i alimentacji odbiornika wód opadowych danej jednostki.



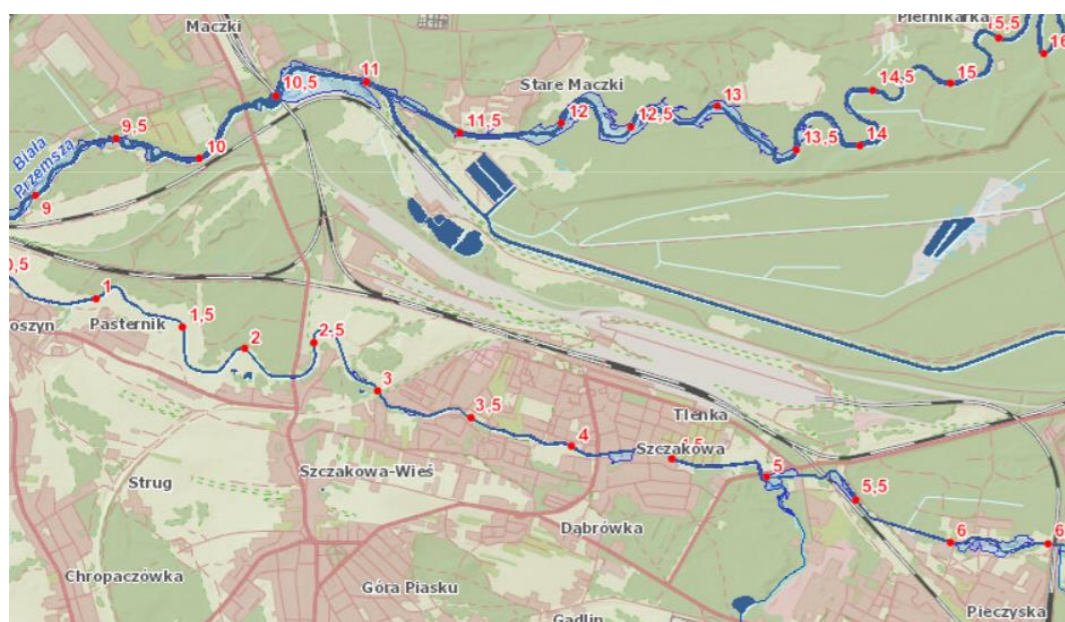
Rysunek 14. Główne oddziaływania zewnętrzne na układ odwodnieniowy miasta i oddziaływania pomiędzy jednostkami odwodnieniowymi

5 Ocena funkcjonowania istniejącego systemu odwodnienia

5.1 Tereny zagrożone powodzią od cieków powierzchniowych

W ramach projektu ISOK realizowanego przez KZGW (obecnie PGW Wody Polskie) modelowaniem hydrodynamicznym cieków objęta została niewielka część Jaworzna. Dla ok. 50% powierzchni miasta opracowane zostały Mapy Zagrożenia Powodziowego (MZP) i Mapy Ryzyka Powodziowego (MRP), każde z nich dla prawdopodobieństw wystąpienia powodzi raz na 10, 100 i 500 lat. W kontekście gospodarowania wodami opadowymi na terenie zurbanizowanym większe znaczenie mają wyższe prawdopodobieństwa powodzi ($p \leq 10\%$), dla których jeszcze oczekiwana jest choć częściowa praca systemu miejskich odwodnień. Te w Jaworznie dotyczą przede wszystkim północnej części miasta:

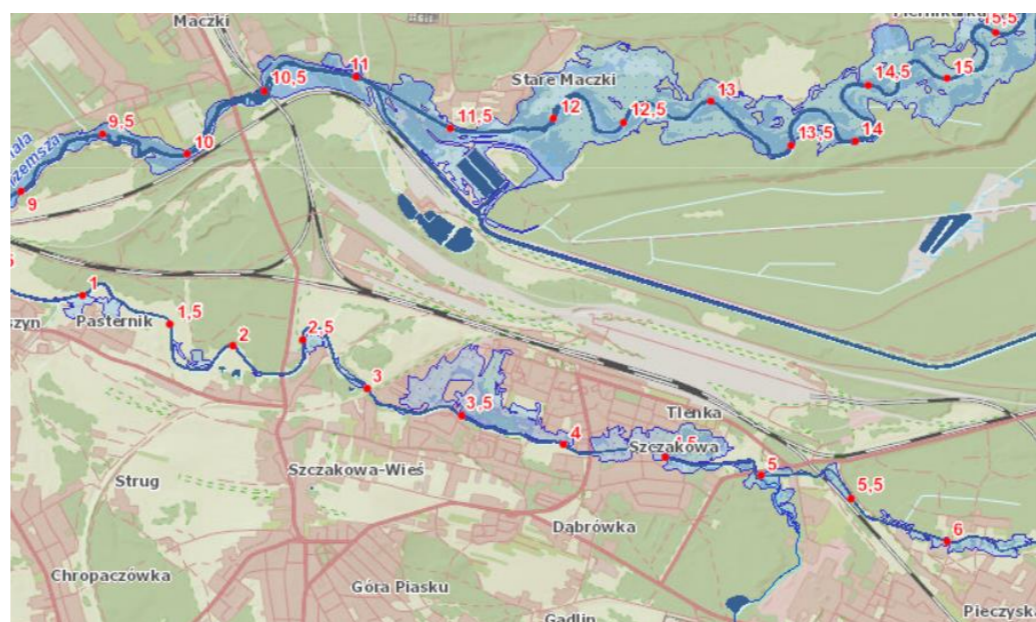
- przyrzecza Białej Przemyszy powyżej dopływu Koziego Brodu (strefa zlewna na terenach zielonych),
- przyrzecza Koziego Brodu od km 4+250 do km 7+100 (tereny częściowo zamieszkałe: ul. Sosnowa, Zarzeczna).



Rysunek 15. Fragment mapy zagrożenia powodziowego z obszaru Jaworzna opracowanej w ramach ISOK dla prawdopodobieństwa powodzi $p=10\%$

Niższe prawdopodobieństwa powodzi powiązane są z opadami, które nie są miarodajne dla wymiarowania miejskich systemów odwodnieniowych, stąd nie będą szczegółowo analizowane w ramach tego opracowania, podobnie jak scenariusze całkowitego zniszczenia wałów czy budowli piętrzących. Zagadnienia te oczywiście nie powinny być ignorowane, jednak należą one raczej do kategorii ochrony przeciwpowodziowej i budownictwa wodnego, których warunki brzegowe znacznie różnią się od tych, które należy przyjmować dla efektywnego zagospodarowania wód opadowych.

Jako tereny zagrożone powodzią o prawdopodobieństwie 1 raz na 100 lat ($p=1\%$) mapy zagrożenia powodziowego wskazują te same obszary w zlewni Białej Przemyszy i Koziego Brodu, przy czym zasięgi zagrożonych obszarów są większe i obejmują m.in. tereny mieszkaniowe i ogródków działkowych w Szczakowej. Tereny zalewowe w dolinie Białej Przemyszy to przede wszystkim obszary lasów i łąk.



Rysunek 16. Fragment mapy zagrożenia powodziowego z obszaru Jaworzna opracowanej w ramach ISOK dla prawdopodobieństwa powodzi $p=1\%$

5.2 Tereny narażone na podtopienia wynikające ze zbyt małej przepustowości systemu odwodnienia lub jego braku

Najbardziej wiarygodnym źródłem tego typu informacji są skalibrowane modele hydrodynamiczne systemu odwodnienia. Do czasu udostępnienia takich informacji do dyspozycji pozostają dane empiryczne, z obserwacji występujących problemów. Na potrzeby tego opracowania zestawiono informacje uzyskane z Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Jaworznie (KM PSP), z Powiatowego Centrum Zarządzania Kryzysowego (PCZK), zebrane podczas przeprowadzonej ankietyzacji on-line, bezpośrednio od Zamawiającego oraz z doniesień medialnych.

5.2.1 Dane o podtopieniach i zalaniach z bazy danych KM PSP

Na potrzeby wyznaczenia obszarów problemowych w zakresie KD, KO i rowów dokonano analizy danych o interwencjach Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Jaworznie (KM PSP). KM PSP przekazała dane o interwencjach podejmowanych w okresie od 1 stycznia 2010 r. do 19 sierpnia 2021 r. związane z podtopieniami i zalaniem. Niestety dane statystyczne nie zawierały szczegółowych współrzędnych geograficznych, a jedynie niepełne adresy, co uniemożliwiło odpowiednią identyfikację podtapianych lokalizacji.

Łączna liczba interwencji KM PSP związanych z opadami nawałnymi w tym okresie dla całego Jaworzna przekroczyła 470.

5.2.2 Dane o podtopieniach i zalaniach z bazy danych Powiatowego Centrum Zarządzania Kryzysowego

Kolejnym źródłem informacji o podtopieniach były analizy dane przekazane przez Powiatowe Centrum Zarządzania Kryzysowego (PCZK). Baza danych zawiera informacje o podtopieniach i zalaniach od 15 stycznia 2011 r. do 6 grudnia 2020 r. Przekazane dane są prawidłowo opisane współrzędnymi geograficznymi, co pozwala na zlokalizowanie podtapianych terenów z bardzo dobrą dokładnością. Ze względu na przedawnienie się części wskazanych podtopień (co jest spowodowane podejmowanymi na bieżąco działaniami w Jaworznie, mającymi na celu ograniczenie negatywnych skutków deszczów nawałnych na przestrzeni ostatnich lat), podjęto wspólnie z Zamawiającym decyzję o uwzględnieniu w dalszych analizach wyłącznie zdarzeń zarejestrowanych od 2017 r.

Łącznie liczba zdarzeń w tym okresie dla całego Jaworzna wyniosła według danych CZK 49.

5.2.3 Dane o podtopieniach i zalaniach uzyskane podczas ankietyzacji mieszkańców

W celu uzupełnienia wyżej opisanych baz danych KM PSP i CZK mieszkańcom Jaworzna udostępniono krótką ankietę internetową, która umożliwiała zgłoszenie podtapianych lokalizacji.

Ankieta była dostępna w następujących miejscach sieciowych:

- (1) www.um.jaworzno.pl (oficjalna miejska strona internetowa)
- (2) Jaworzno PL (Facebook)
- (3) Jaworzno – mamy problem (Facebook)
- (4) Jaworzno – grupa dyskusyjna (Facebook)

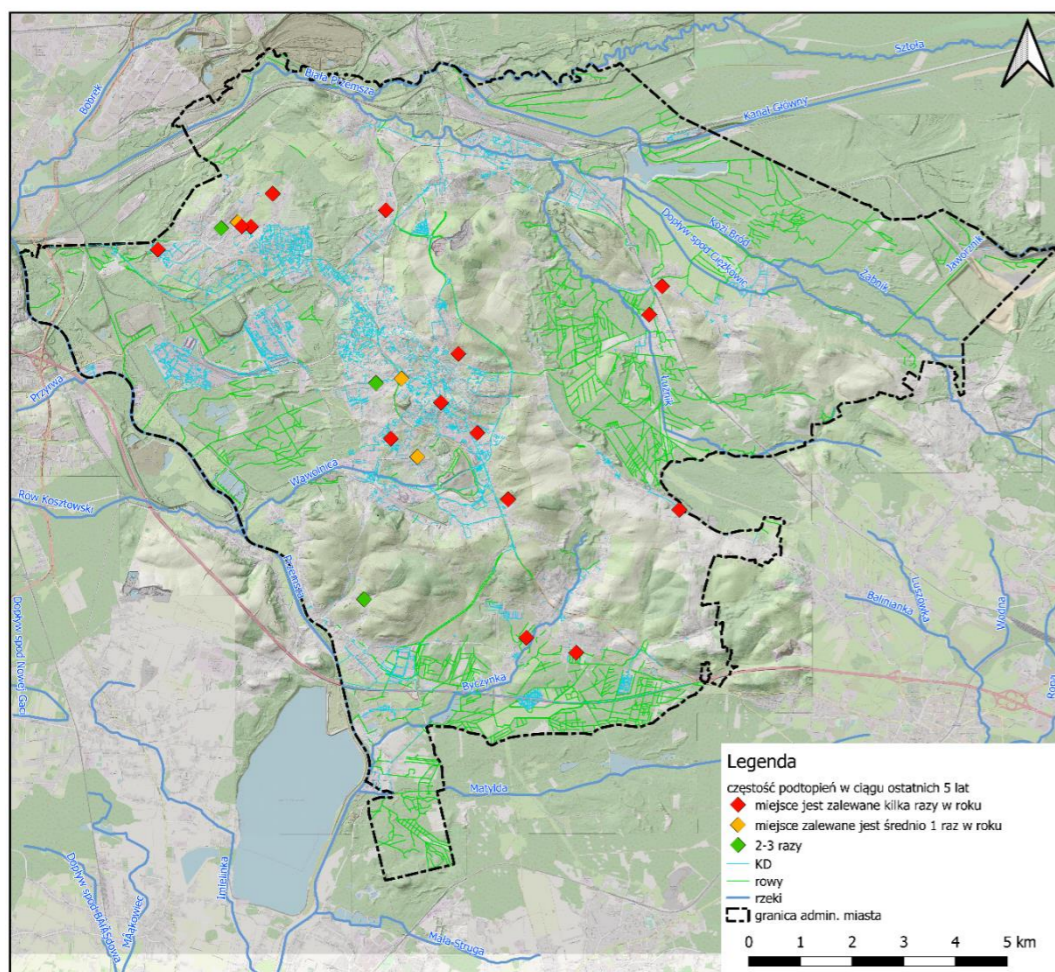
Z wyżej wymienionych profili facebookowych ankietę udostępniły również cztery osoby prywatne.

Na stronie miejskiej ankieta została udostępniona w dn. 27 października 2021 r., a na profilach FB od 2 listopada 2021 r. Jako końcowy termin nadsyłania ankiet wskazany został 5 Listopada 2021 r. Ostatecznie do 09.11.2021 r. wpłynęły 22 wypełnione ankiety, w których wskazano 22 podtapiane miejsca na terenie Jaworzna:

| | |
|-------------------------|---|
| 1) Bartnicza 28 | 2) Storczyków 30 do Storczyków 26c |
| 3) Dąbrowska 55 | 4) Ks. Mrocza 156 |
| 5) Herbowa 1C | 6) Makowa |
| 7) Górników z Danuty 38 | 8) Fabryczna, Olszewskiego |
| 9) Lipinka 33 | 10) Piaszczysta 11A |
| 11) Drabika 27c | 12) Leśna od ronda im. Pileckiego w dół |
| 13) Starowiejska 34 | 14) Abstorskich 102a |
| 15) Grunwaldzka 35 | 16) Moniuszki 29 |
| 17) Starowiejska 60d | 18) Starowiejska 33 |
| 19) Krakowska 93 P | 20) 1 Maja |
| 21) Chopina 57 | 22) Krakowska 108a |

Większość ze wskazanych w ankietach lokalizacji podtopień znajduje się w rejonie interwencji CZK, ale rzadko się z nimi pokrywa. Jedynie podtopienie przy ul. Herbowej 1c jest znacznie oddalone od miejsc wskazanych przez CZK.

Ważną informacją jest, że większość ze wskazanych lokalizacji (15 z 22) została określona jako zalewana kilkakrotnie w ciągu roku. Należy uznać je zatem za szczególnie uciążliwe dla mieszkańców. Na poniższej ilustracji przedstawiono graficznie wskazane w ankietach lokalizacje wraz z informacją o częstotliwości zalań. Pełną ewaluację ankietyzacji wraz ze zarchiwizowanymi ankietami zawiera Załącznik 2.



Rysunek 17. Lokalizacje podtopień wskazanych w ankiecie wraz z częstością podtopień

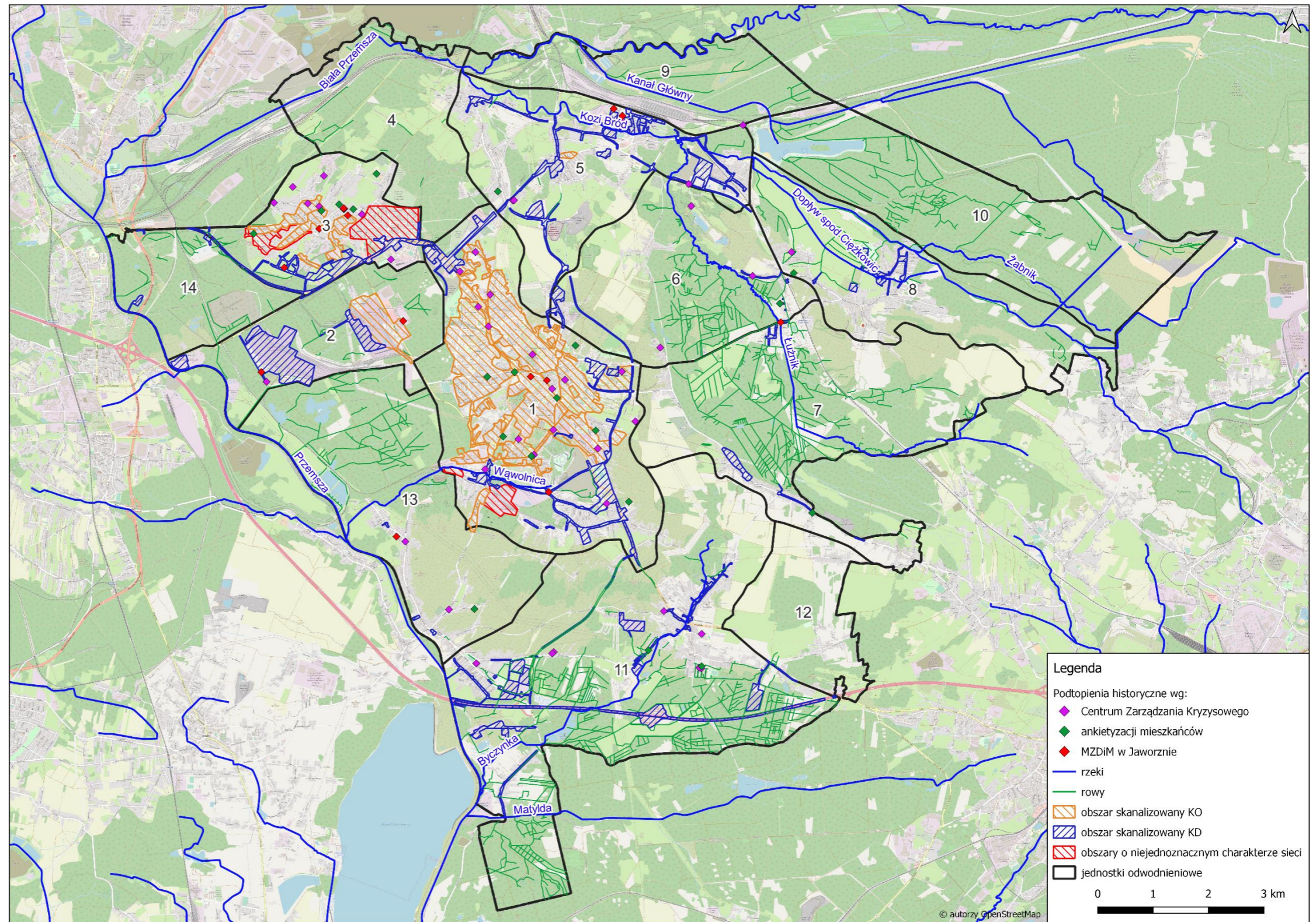
Dane o podtopieniach zostały przedstawione na kolejnej ilustracji.

5.2.4 Dane o podtopieniach i zalaniach wg MZDiM

Zamawiający na początkowym etapie prac wskazał lokalizacje, które znane są jako przeciążone hydraulicznie, gdzie dochodzi do wylań z KD. Są to następujące obszary na terenie Jaworzna:

- (a) skrzyżowanie ulic Grunwaldzkiej i Adama Mickiewicza;
- (b) okolice skrzyżowania ulic Stanisława Lema i Haliny Poświatowskiej;
- (c) Galeria Galena pomiędzy ulicami Kolejową i Rzemieślniczą;
- (d) skrzyżowanie ulic Mikołaja Reja i Radwańskich;
- (e) ul. Ciężkowska przy przepuście na rzece Łużnik;
- (f) ul. Promienna, przy przystanku autobusowym „Elektrownia”;
- (g) skrzyżowanie ulic Kolejarzy i Hutniczej;
- (h) przy ul. Tadeusza Kościuszki 7;
- (i) przy ul. Nadrzeczna 10;
- (j) przy połączeniu się ulic Długoszyńskiej i Starowiejskiej;
- (k) przy skrzyżowaniu ulic Długoszyńskiej i Fortuny;
- (l) na ulicy Karola Darwina (pomiędzy parkingiem, a adresem 16A);
- (m) przy ul. Starowiejskiej 48.

Lokalizacje ww. problematycznych odcinków przedstawiono na następnej ilustracji wraz z miejscami wylań meldowanych przez MZDiM w Jaworznie.



Rysunek 18. Mapa terenów narażonych na podtopienia wynikające ze zbyt małej przepustowości systemu odwodnienia oraz braku odwodnienia

5.3 Definicja komfortu kanalizacyjnego

Punktem wyjściowym do oceny funkcjonowania systemu odwodnieniowego jest określenie oczekiwanego poziomu ochrony przed podtopieniami dla wydzielonych części Jaworzna. W tym celu konieczne jest zdefiniowanie pojęcia komfortu kanalizacyjnego. W praktyce eksploatacji systemów odwodnienia w Polsce stosuje się powszechnie definicję komfortu kanalizacyjnego zaczerpniętą z niemieckiej wytycznej, tj. z Komentarza ATV-DVWK do ATV – A118P „Hydrauliczne wymiarowanie systemów odwadniających” [6]. Zgodnie z tą definicją komfort kanalizacyjny obejmuje trzy istotne komponenty:

- utrzymania warunków higienicznych na terenie osiedli poprzez pełne odbieranie i odprowadzanie powstających ścieków do oczyszczalni ścieków;
- **daleko idącego** zapobiegania szkodom związanym z wylaniem i podmakaniem wskutek spływu wód opadowych;
- możliwie **daleko idącego** utrzymania powierzchni osiedli w stanie używalności, niezależnie od warunków atmosferycznych.

Powyższa definicja, chociaż zawarta w specjalistycznej wytycznej technicznej jest bliska społecznemu odbiorowi systemów kanalizacyjnych przez jej zwykłych użytkowników, a więc mieszkańców miasta. Oczekują oni w pierwszej kolejności pełnego odbioru ścieków bytowo-gospodarczych i odprowadzenia do oczyszczalni tych ścieków (a więc także pełnego oczyszczania) bez związanych z tym uciążliwości, w postaci np. odorów lub też przelewów burzowych z kanalizacji ogólnospławnych. Jednocześnie mieszkańcy oczekują od systemu kanalizacyjnego zapobiegania szkodom związanym z wylaniem i podmakaniem wskutek spływu wód opadowych oraz utrzymania powierzchni osiedli, w tym zwłaszcza sieci komunikacyjnej miasta, w stanie używalności niezależnie od warunków atmosferycznych (w tym także w sytuacjach skrajnych warunków atmosferycznych, np. intensywnych opadów, szybko postępujących roztopów).

Wreszcie, tym co zostało zaznaczone pogrubionym drukiem w definicji komfortu kanalizacyjnego, a co ma zasadnicze znaczenie dla prowadzonej dla obszaru miasta Jaworzna analizy podtopień i powodzi pluwialnych, jest nieostre ustalenie wymogu niezawodności systemów odwodnienia, kryjące się pod sformułowaniem: „daleko idące”, „względnie możliwie daleko idące”. Takie miękkie sformułowanie w definicji wynika z połączenia przesłanek socjologicznych z przesłankami ekonomicznymi. Mieszkańcy miasta – użytkownicy – dopuszczają podświadomie możliwość występowania wylań z kanalizacji, niemniej w ich rozumieniu powinny one występować bardzo rzadko i po bardzo intensywnych opadach o charakterze katastrofalnym.

Wyraźna gradacja występuje też w odniesieniu do mieszkańców różnego typu obszarów. Mieszkańcy zlewni ścisłego centrum miasta stawiają w tym zakresie wyższe wymagania, gdyż brak sprawnego systemu odwodnienia powoduje paraliż infrastruktury krytycznej, z której muszą korzystać na co dzień (np. zalanie tuneli samochodowych,

podziemnych stacji, itp.) oraz potencjalnie bardzo wysokie straty (zalanie podziemnych parkingów, podziemnych kondygnacji centrów handlowych, punktów usługowo-gastronomicznych w piwnicach starych kamienic). Mieszkańcy przedmieść, często dopiero przyłączonych do miasta terenów wiejskich, nie mają tak wysokich wymogów względem systemów odwodnienia, są niejako bardziej odporni na podtopienia, gdyż w znacznie węższym stopniu wykorzystują obiekty położone poniżej poziomu terenu, a w ich zlewniach nie brakuje terenów zielonych, które mogą pełnić rolę awaryjnej retencji dla wylań z systemów odwodnienia. Tutaj w naturalny sposób pojawiają się także przesłanki ekonomiczne, gdyż realizacja i późniejsza eksploatacja wysokosprawnych i niezawodnych systemów odwodnienia oznacza wysokie koszty, których ponoszenie jest akceptowalnym jedynie z uwagi na konieczność ochrony odpowiednio wartościowej infrastruktury. Stąd też naturalnym jest różnicowanie standardów stawianych niezawodności systemów odwodnienia obsługujących miejsca krytyczne, centra miasta, obszary przemysłowe i osiedla mieszkaniowe oraz przedmieścia miasta o niskiej gęstości zabudowy.

Zalecenia te, jak wspomniano powyżej, wykazują duże zróżnicowanie z uwagi na rodzaj zagospodarowania terenu. Wysokie częstotliwości wylewów (1 na 10 lat) są dopuszczalne według normy PN-EN 752 (2008) w przypadku terenów wiejskich, jednak już dla terenów mieszkaniowych maleją dwukrotnie (1 na 20 lat). W przypadku centrum miasta, a zwłaszcza w przypadku specyficznych podziemnych obiektów komunikacyjnych dopuszczalne częstotliwości zmniejszają się w jeszcze bardziej drastyczny sposób do odpowiednio 1 na 30 lat lub nawet 1 na 50 lat.

Tabela 5. Zalecane częstotliwości projektowe deszczu obliczeniowego i dopuszczalne częstotliwości wystąpienia wylewów według PN-EN 752 (2008)

| Projektowe częstotliwości deszczu obliczeniowego* (1 raz na C lat) | Rodzaj zagospodarowania terenu | Projektowe częstotliwości wylewów (1 raz na C lat) |
|--|---|--|
| 1 na 1 (p=100%) | Tereny wiejskie | 1 na 10 (p=10%) |
| 1 na 2 (p=50%) | Tereny mieszkaniowe | 1 na 20 (p=5%) |
| 1 na 5 (p=20%) | Centra miast, tereny usług i przemysłu | 1 na 30 (p=3%) |
| 1 na 10 (p=10%) | Podziemne obiekty komunikacyjne, przejścia i przejazdy pod ulicami itp. | 1 na 50 (p=2%) |

W czerwcu 2017 europejska norma kanalizacyjna zatytułowana „Zewnętrzne systemy odwadniające i kanalizacyjne -- Zarządzanie systemem kanalizacyjnym” o oznaczeniu PN-EN 752 (2008) została zastąpiona nowym wydaniem normy PN-EN 752 (2017). W nowej normie brak jest praktycznie już ostrego zdefiniowania zalecanych częstotliwości wylewów, mówi się raczej o przykładach takich kryteriów. Przedstawia to poniższa tabela.

Tabela 6. Przykłady kryteriów projektowych kanalizacji dla wylań (PN-EN 752, 2017)

| Wpływ | Przykładowe lokalizacje | Czas ponownego nawrotu [lata] | Prawdopodobieństwo przewyższenia w dowolnym roku [%] |
|---------------------|---|-------------------------------|--|
| Bardzo mały | Drogi lub otwarte przestrzenie z dala od budynków | 1 | 100 |
| Mały | Tereny rolnicze (w zależności od wykorzystania, np. pastwiska, grunty orne) | 2 | 50 |
| Mały do średniego | Otwarte przestrzenie wykorzystywane do celów publicznych | 3 | 30 |
| Średni | Drogi lub otwarte przestrzenie w pobliżu budynków | 5 | 20 |
| Średni do wysokiego | Zalania w zamieszkałych budynkach z wyłączeniem piwnic | 10 | 10 |
| Wysoki | Głębokie zalania w zamieszkałych piwnicach lub przejazdach po ulicach | 30 | 3 |
| Bardzo wysoki | Infrastruktura krytyczna | 50 | 2 |

Czasy ponownego nawrotu winny być podwyższone (prawdopodobieństwa zredukowane), wszędzie tam, gdzie wody powodziowe szybko się przemieszczają.
Przy przebudowie istniejących systemów i tam, gdzie osiągnięcie tych samych kryteriów projektowych dla nowych systemów będzie pociągać za sobą wysokie koszty, można rozpatrywać niższe wartości.

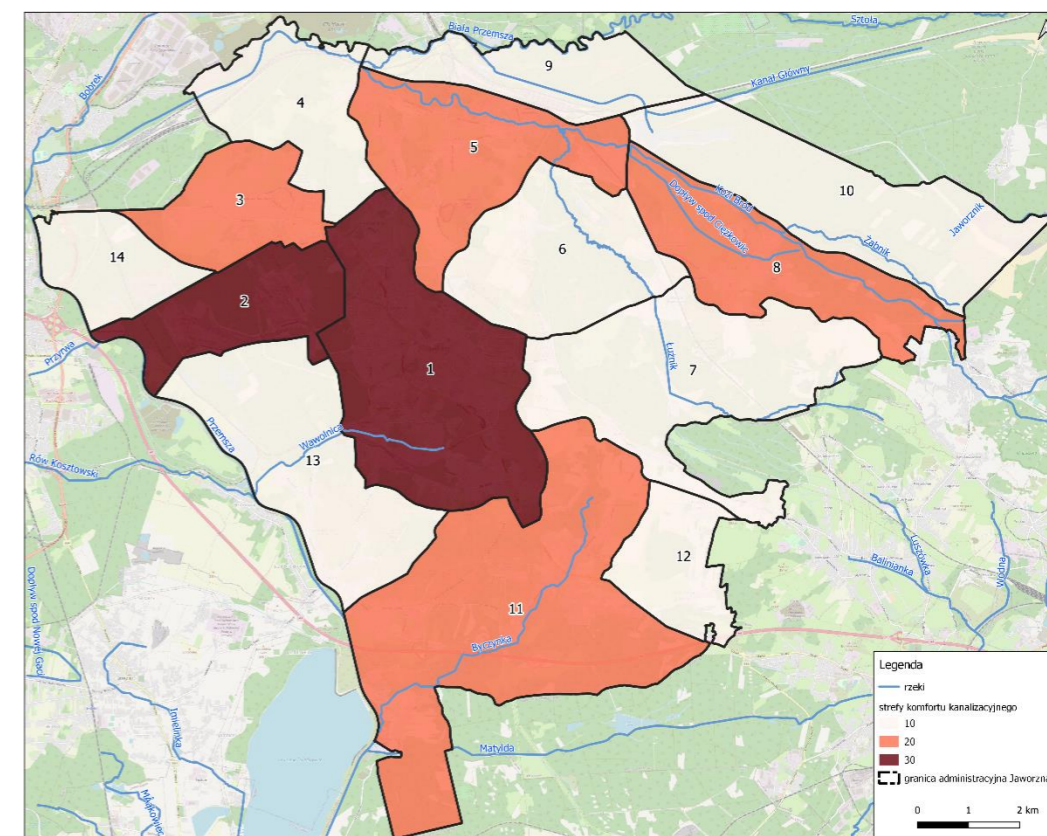
W poszczególnych jednostkach odwodnieniowych zagospodarowanie może mieć różnicowany charakter. Przykładowo krytyczna infrastruktura może występować w obszarze, który według normy kwalifikuje się na poziomie średniego lub średnio-wysokiego wpływu. Warto zauważyć, że tak definiowany wpływ lub komfort bezpośrednio można właśnie przekładać na poziom wrażliwości danego terenu.

Wobec wymienionych częstotliwości wymaga się oczywiście dla oceny zagrożeń odpowiednio długich okresów obserwacji, pozwalających w sposób wiarygodny wyrazić ilościowo częstotliwości występowania wylania. W niniejszym opracowaniu posłużono się takimi obserwacjami, to jednak warto zauważyć, że baza tych zdarzeń jest mocno uproszczona i pozostawia spory obszar do optymalizacji.

Wyznaczenie zatem oczekiwanego poziomu komfortu kanalizacyjnego odniesionego do podtopień przeprowadzono metodą ekspercką, określając przeważający charakter zagospodarowania danej jednostki odwodnieniowej. Nie wyklucza to oczywiście faktu, że niektóre rejony, wybrana infrastruktura czy budynki powinni mieć zapewniony wyższy stopień ochrony. Wyznaczenie ich nie jest jednak przedmiotem tego opracowania i wynikać musi ze szczegółowej analizy konkretnych podzlewni. Infrastruktura podlegająca wysokiej ochronie może obejmować na przykład: szpitale, kluczowe przejazdy podziemne, ważne węzły i linie transportowe, kluczowe budynki,

obiekty zarządzania kryzysowego, centra obliczeniowe i serwerownie, obiekty gromadzące wartościowe zasoby sztuki, itp.

Na mapie przedstawiono wynik oceny eksperckiej, opartej o wytyczne normowe, dla każdej z 14 jednostek odwodnieniowych. Dzięki temu, przy prognozie postępu urbanizacji można będzie również dokonać oceny porównawczej oczekiwanego stopnia ochrony i przeanalizować skutki jego zmiany. To z kolei umożliwi długofalowe planowanie, wymagane właśnie na poziomie studium uwarunkowań planistycznych miasta.



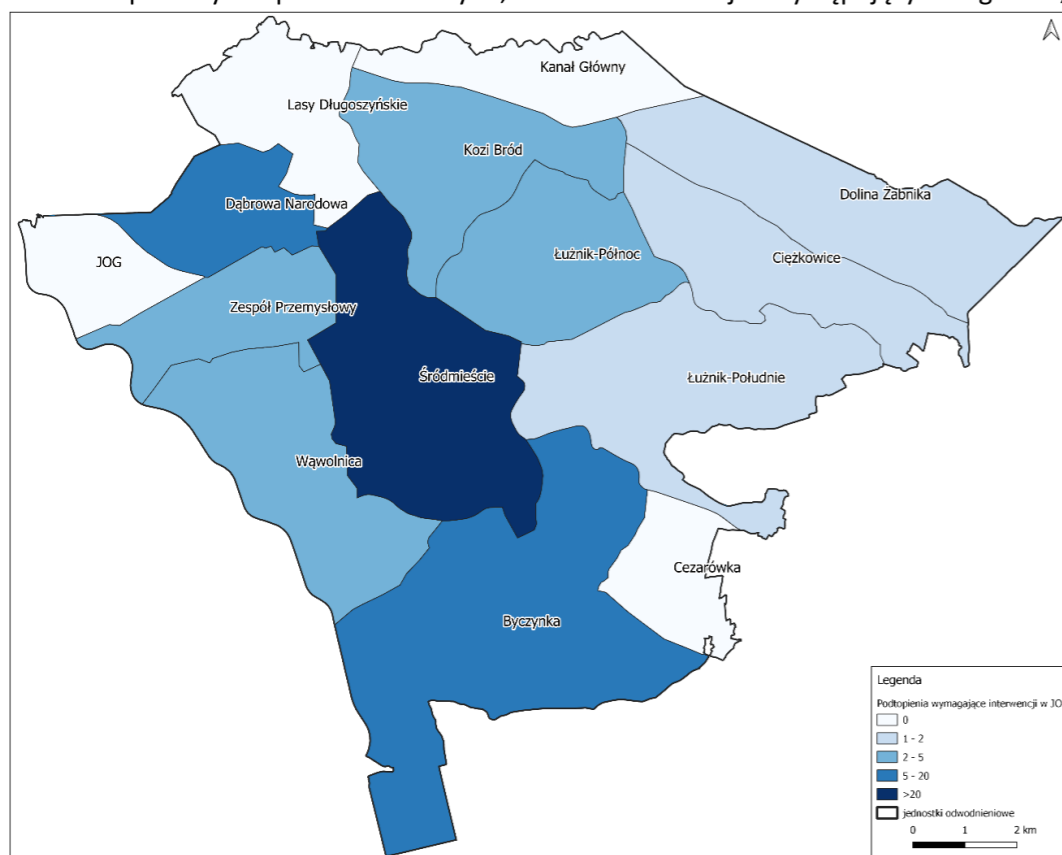
Rysunek 19. Propozycja oczekiwanego poziomu komfortu kanalizacyjnego w jednostkach odwodnieniowych

5.4 Praktyczne podejście do oceny komfortu kanalizacyjnego

Pełna informacja o zagrożeniach związanych z niewydolnością systemu odwodnieniowego jest możliwa do uzyskania przez połączenie systemu monitoringu z czasochłonnym i zaawansowanym metodycznie modelowaniem pracy tego systemu. Jednak jednym z celów tego zadania jest właśnie wskazanie terenów, w których wykonanie takich specjalistycznych opracowań jest najpilniejsze ze względu na największe problemy z wydolnością systemu odwodnienia. Do tego celu posłużono się informacjami o podtopieniach przekazanymi przez Centrum Zarządzania Kryzysowego, danymi zebranymi podczas ankietyzacji mieszkańców oraz danymi otrzymanymi od MZDiM w Jaworznie. Przeanalizowano informacje, o interwencjach związanych z podtopieniami i zalaniem które były podejmowane w okresie od stycznia 2017 r. do września 2021 r.

Kolejna ilustracja przedstawia sumę wszystkich podtopień wymagających interwencji w latach 2017-2021 w poszczególnych jednostkach odwodnieniowych. Informacja ta pozwala na identyfikację najbardziej „problematycznych” pod względem odwodnienia obszarów.

Z powyższej analizy wynika, że obecnie najpilniejsze działania w zakresie gospodarki wodami opadowymi i powierzchniowymi, w odniesieniu do już występujących zagrożeń,

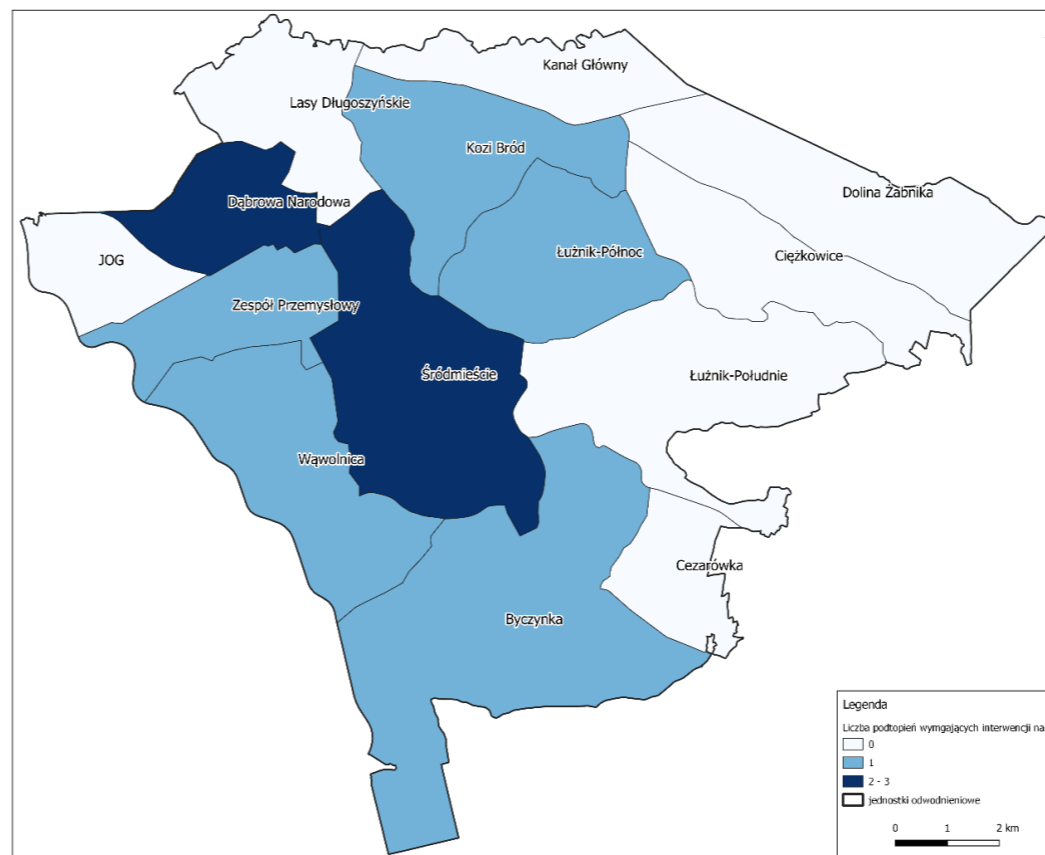


Rysunek 20. Sumaryczna liczba podtopień i zalań wymagających interwencji od 01.2017 do 09.2021 w jednostkach odwodnieniowych

są wymagane w następujących jednostkach odwodnieniowych: Śródmieście, Dąbrowa Narodowa i Byczyńska.

Nieco inny obraz zagrożonych wylaniami obszarów przedstawia się, gdy ilość interwencji w poszczególnych jednostkach odwodnieniowych zostanie odniesiona do ich powierzchni – patrz kolejna ilustracja. W tym przypadku JO Śródmieście i Dąbrowa Narodowa wyróżniają się ponad wszystkie inne JO. Ilość historycznych podtopień jest także zauważalna w następujących JO: Zespół Przemysłowy, Wąwolnica, Byczyńska, Kozł Bród oraz Łużnik-Północ.

Pierwsze postrzeżenie problemu można nazwać „zlewniowym”. W tym przypadku analizowany jest cały spójny hydrologicznie i hydrograficznie obszar, mimo że do wylań dochodzi tylko w niektórych jego rejonach. Takie nastawienie wymaga znajomości zależności pomiędzy poszczególnymi komponentami systemu odwodnienia oraz wiedzy o związkach stosunków wodnych na tym obszarze z terenami sąsiednimi, czasem odległymi przestrzennie. Drugie podejście ma charakter bardziej „interwencyjny”, czyli związany z próbami poprawy sytuacji w tych jednostkach, gdzie problemy występują najbliżej siebie i często.



Rysunek 21. Liczba podtopień wymagających interwencji od 01.2017 do 09.2021 w odniesieniu do powierzchni jednostek urbanistycznych [n/km²]

5.5 Wpływ zagospodarowania zlewni na działanie systemu odwodnienia

Analiza zagospodarowania dla całego miasta została przeprowadzona na podstawie BDOT, by przeanalizować ewentualne zależności między pokryciem terenu, a działaniem systemu odwodnienia. Wyszczególniono następujące kategorie:

- 1) Powierzchnie biologicznie czynne (tereny stale i okresowo zielone: lasy, tereny roślinności niskiej i pola uprawne).
- 2) Powierzchnie całkowicie uszczelnione (dachy, place i drogi asfaltowe, betonowe, itp.).
- 3) Powierzchnie częściowo uszczelnione (tereny towarzyszące zabudowie miejskiej, to zazwyczaj częściowo przepuszczalne nawierzchnie komunikacyjne i rozproszone małe obszary zieleni miejskiej; stopień uszczelnienia takich terenów jest bardzo zróżnicowany i może wahać się w granicach 20-80%).
- 4) Powierzchnie wód (płynących i stojących).

5.5.1 Udział terenów zielonych

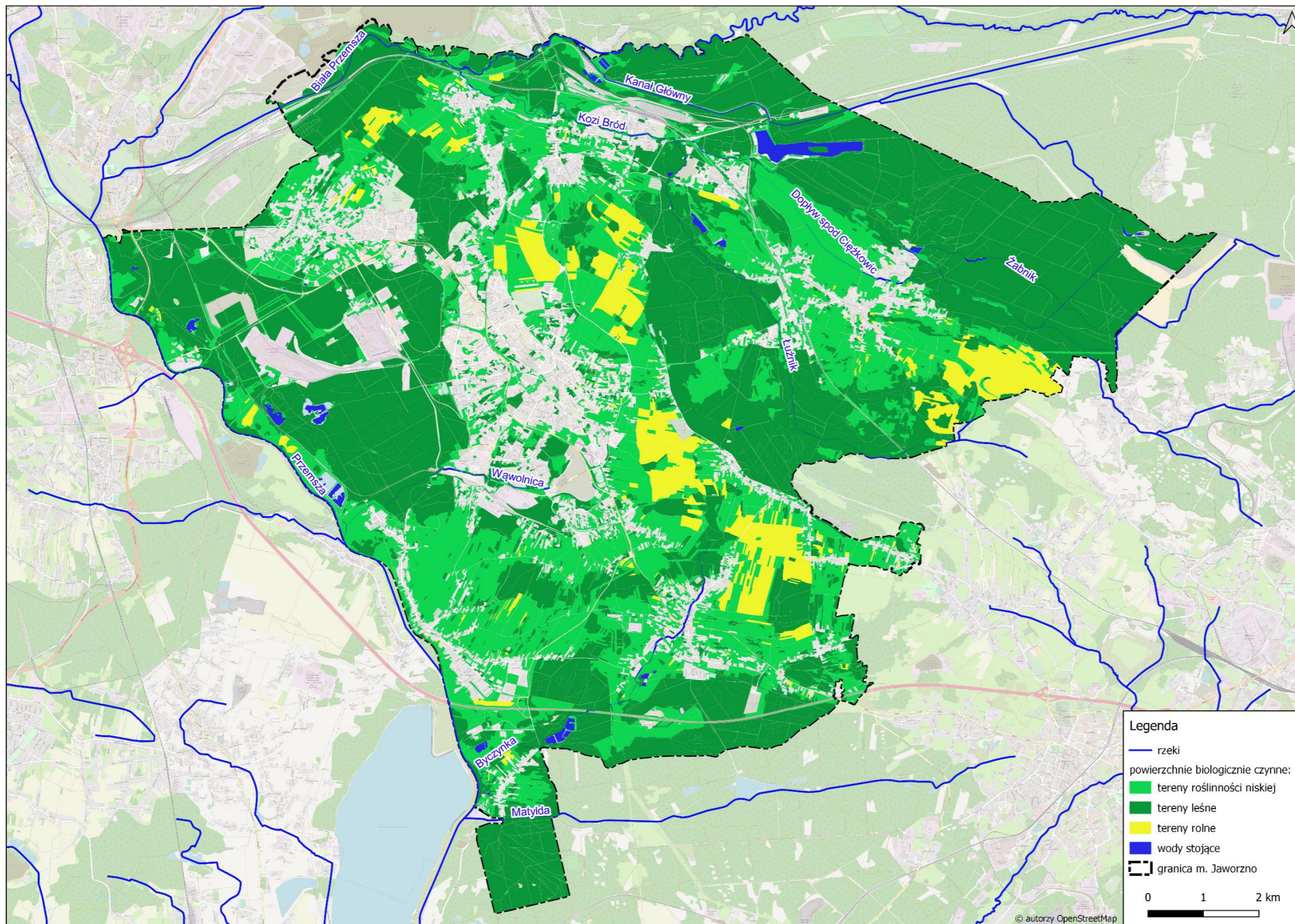
Znaczenie terenów zielonych dla zrównoważonej gospodarki wodami opadowymi na terenie zurbanizowanym jest bezdyskusyjne. Dobrze zaplanowane tereny zieleni zapobiegają powodziom i miejskiej suszy, stanowią przestrzeń dla bezpiecznego gromadzenia wody opadowej i bufor wilgoci w okresach wysokich temperatur.

Tym bardziej istotne jest oszacowanie ilości takich terenów w Jaworznie. Na potrzeby tego opracowania w ramach terenów zieleni publicznej i terenów wspomagających wyróżniono kilka typów terenów zieleni w zależności od pełnionych funkcji i sposobu zagospodarowania, dostępności publicznej i możliwości zarządzania przez jednostki miejskie. Przyjęta typologia ma charakter indywidualny, odpowiadający specyfice terenów zieleni Jaworzna. Dane na temat publicznych terenów zieleni zebrano w bazie danych przestrzennych. Według tych danych tereny zieleni stanowią aktualnie 78,5% powierzchni Jaworzna.

Na potrzeby tego opracowania wykorzystując dane z BDOT uzyskano aktualne pokrycie Jaworzna zielenią, która jest potencjalnie istotna dla zagospodarowania wód opadowych w miejscu ich powstawania, w skali odpowiedniej dla tego poziomu ogólności opracowania. Oznacza to pominięcie m.in. niewielkich powierzchniowo ogródków przydomowych i zieleni osiedlowej. Obszary takie są bardzo ważne dla lokalnego mikroklimatu, mają znaczenie jako lokalna mikroretencja i nie należy zaniedbywać wszelkich starań, aby zwiększać ich udział. Jednak w skali miasta trudno ocenić przydatność takich terenów do infiltracji wód opadowych ze względu na brak danych o rodzaju podłoża glebowego (gruz budowlany, kolmatacja gleby naturalnej, położenie nad garażem podziemnym, itp.), ale też braku istotnego wpływu w sytuacji opadów nawalnych lub opadów długotrwałych.

Uwagi do analiz przestrzennych dot. sąsiedniej ilustracji: ostatecznym wynikiem przeprowadzonych analiz GIS jest zestaw danych o zieleni miejskiej składający się z terenów leśnych, obszarów roślinności niskiej oraz obszarów rolniczych. Na podstawie aktualnej ortofotomapy dokonano aktualizacji zasięgu wybranych obszarów. Pierwsza z nich przedstawia roślinność trawiastą oraz uprawę rolną, natomiast druga klasa zawiera teren leśny oraz zadrzewiony.

Ze względu na sposób przygotowywania tych danych (ręczna modyfikacja i uzupełnianie danych z BDOT przez porównanie z ortofotomapą z 2019r), możliwe jest, że nie wszystkie obszary spełniające ww. kryteria zostały zaznaczone na tej warstwie. Ponadto niektóre z zaznaczonych obszarów mogą zostać w niedalekiej przyszłości zagospodarowane. Stąd w przypadku bardziej szczegółowych opracowań dla jednej lub kilku JO zaleca się przeprowadzanie każdorazowo takich analiz z jeszcze większą dokładnością, korzystając każdorazowo z najaktualniejszych danych.



Rysunek 22. Mapa powierzchni biologicznie czynnych istotnych dla zagospodarowania wód opadowych

5.5.2 Udział obszarów wodnych

Krótką charakterystykę wód płynących i stojących zawierają rozdziały 3.1.1 do 3.1.3. Wody zarówno te płynące, jak i stojące stanowią szkielet systemu odwodnieniowego miasta. Dobrze funkcjonująca „niebieska infrastruktura” zwiększa retencję wody deszczowej i zapobiega powodziom, wpływa na utrzymanie odpowiednich poziomów wód gruntowych. W połączeniu z rozwiązaniami z zakresu zielonej infrastruktury służy przywracaniu różnorodności biologicznej bądź powstrzymywanie jej utraty, łagodzi przebieg skrajnych zjawisk pogodowych i ich skutków oraz poprawia jakość życia.

Tym bardziej zwraca uwagę niewielki udział obszarów wodnych w Jaworznie, który nie przekracza 0,8% powierzchni miasta.

Lokalizacja najważniejszych cieków, rowów i zbiorników wodnych przedstawiona jest na kolejnej ilustracji.

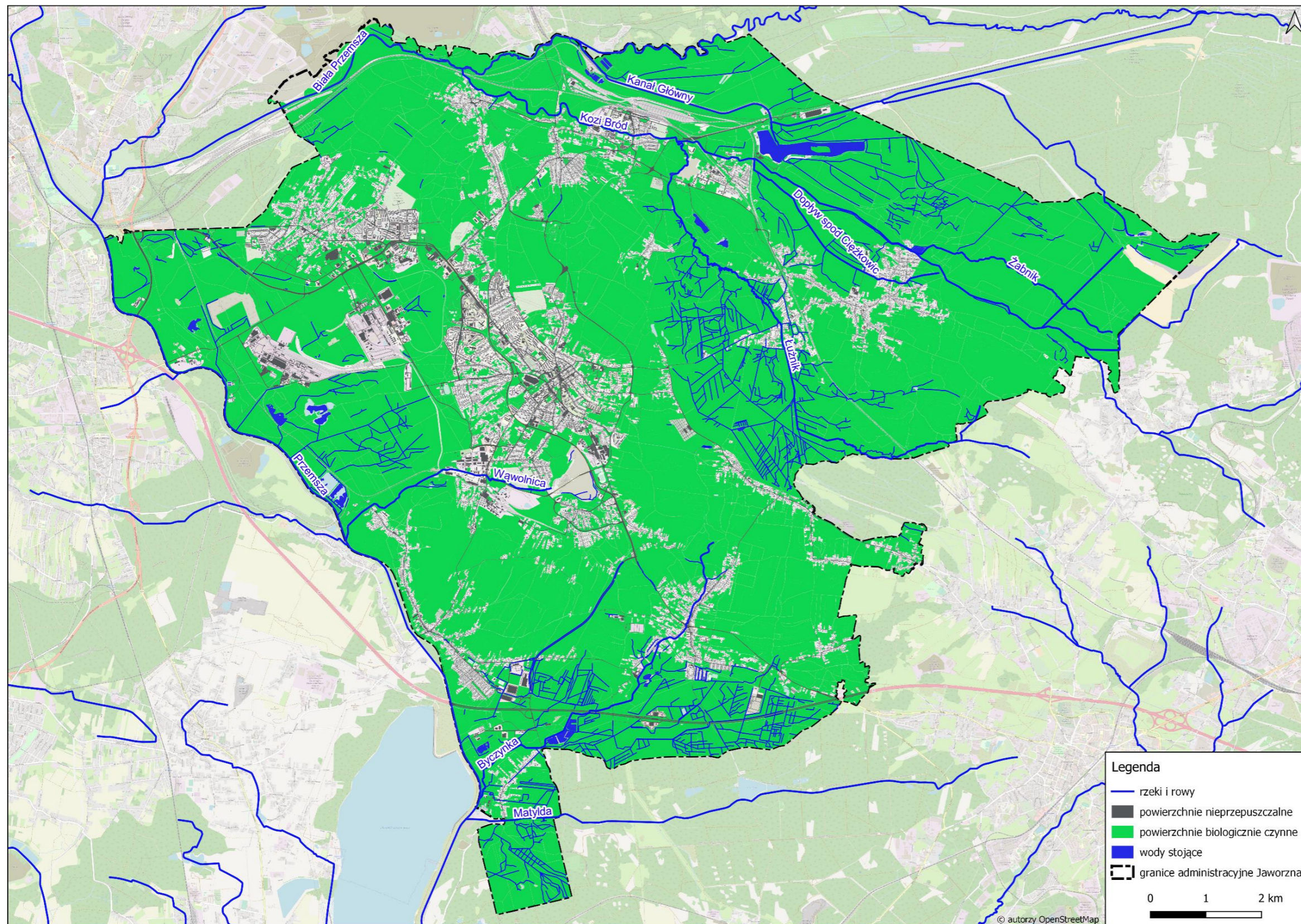
5.5.3 Udział terenów całkowicie uszczelnionych

Powierzchnie szczelne, nazwane też „szarą infrastrukturą”, mają największe znaczenie dla powstawania spływu wód opadowych w mieście. Na asfaltowych lub betonowych ulicach i placach oraz dachach praktycznie cały opad przekształca się w spływ powierzchniowy, który przynajmniej z powierzchni komunikacyjnych odprowadzany jest w przyspieszony sposób systemami zbiorczej kanalizacji. Udział terenów całkowicie uszczelnionych jest z tego powodu miarodajnym wskaźnikiem do oceny potencjalnej ilości wód opadowych odpływających z danego obszaru. W Jaworznie udział terenów całkowicie uszczelnionych wynosi ok. 5% powierzchni miasta.

W nawiązaniu do opisanego powyżej wpływu zagospodarowania na działanie systemu odwodnienia szczególnego znaczenia oprócz dotychczas dominującej troski o ochronę przed powodzią wezbraniowymi i miejskimi nabierają działania mające na celu przeciwdziałanie suszy.

Jedną z definicji suszy jest ta, która nazywa ją „*naturalnym zagrożeniem, o charakterze regionalnym, wywołanym głównie niedoborem opadu w połączeniu z innymi sprzyjającymi czynnikami*” [10]. Skutki wystąpienia suszy odczuwalne są zarówno przez ludność jak i ich środowisko. Mogą osiągać różne rozmiary, porównywalne ze skutkami wystąpienia innych zagrożeń jak np. powódź. Jednak skutki suszy odczuwalne są zazwyczaj powoli i często objawiają się jako inne zagrożenia.

Uwagi do analiz przestrzennych dot. sąsiedniej ilustracji: powierzchnię szarej infrastruktury wyznaczono łącząc dane z BDOT dotyczące m.in. budynków i sieci komunikacyjnej



Rysunek 23. Mapa obszarów wodnych, powierzchni uszczelnionych na tle powierzchni biologicznie czynnych

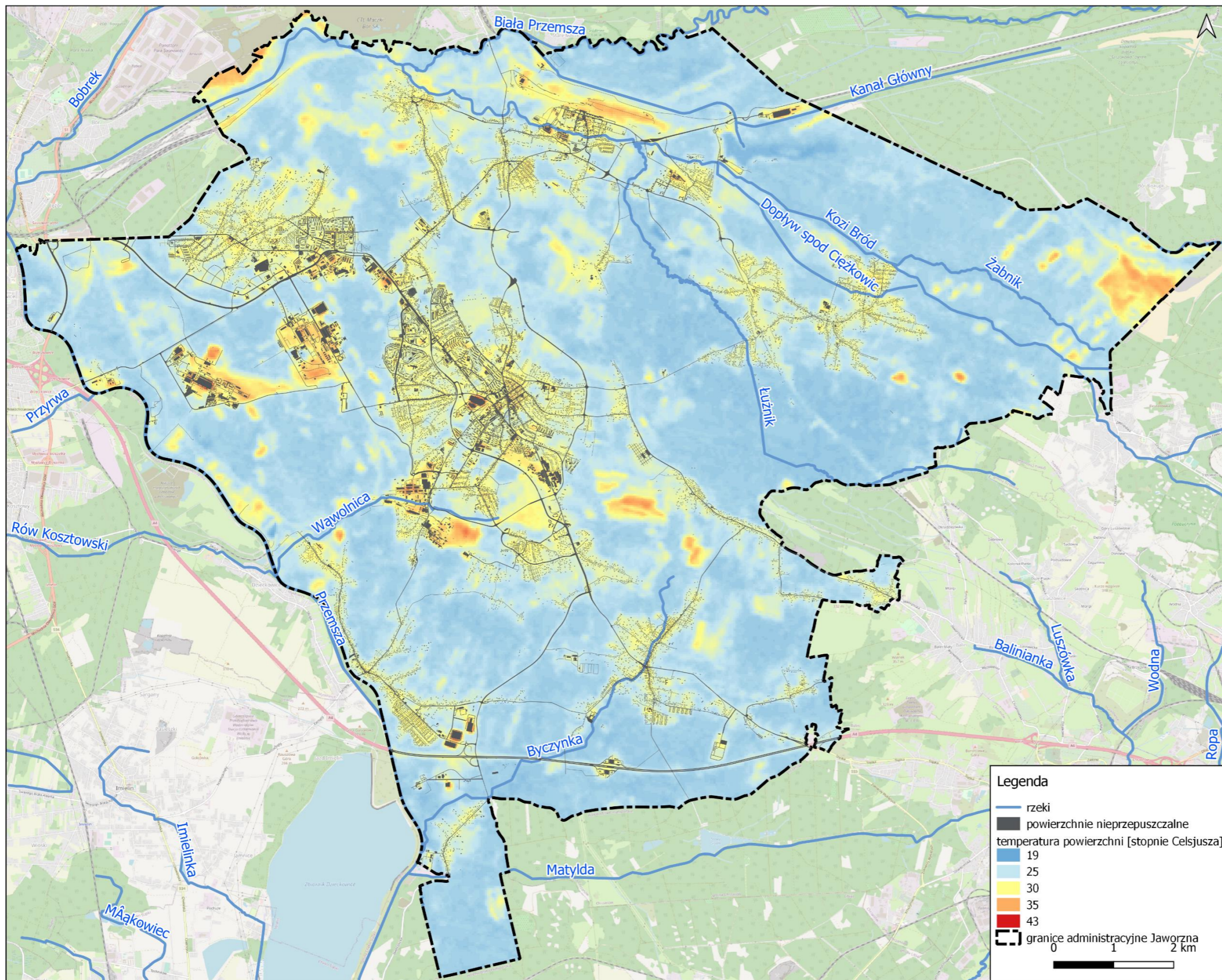
Najważniejszą przyczyną suszy w warunkach miejskich oprócz zbyt małych opadów jest przyspieszenie odpływu wód opadowych do odbiorników spowodowane uszczelnieniem powierzchni terenów przez niekontrolowane rozprzestrzenianie i zagęszczanie zabudowy i towarzyszącej jej nieproporcjonalnej w stosunku do terenów zielonych rozbudowy tzw. szarej infrastruktury (ulic, parkingów, chodników, betonowych lub asfaltowych placów) i brakiem możliwości infiltracji wód opadowych do gruntu. Każda decyzja o regulacji pozostałych w mieście półnaturalnych rzek lub zbiorników wodnych, o zasypaniu czy skanalizowaniu rowu melioracyjnego lub terenu podmokłego, realizacja inwestycji budowlanej kosztem terenów zielonych, degraduje system przyrodniczy miasta, który stanowi naturalny „nawilżacz” powietrza. Nawet działania o pozornie lokalnym charakterze przez ich powszechność, zmieniają warunki obiegu wody i funkcjonowania zieleni miejskiej i wywołują poważne skutki dla zdrowia mieszkańców miast. [7]

W efekcie nadmiernego osuszania miasta wzrasta zanieczyszczenie powietrza i powstają miejskie wyspy ciepła, co ma negatywny wpływ na ludzkie zdrowie. Różnice temperatur w obrębie miasta wykazuje kolejna ilustracja.

Różnica temperatury powierzchni w gorący letni dzień przekracza w Jaworznie 20 st. C i koreluje wyraźnie z gęstością zabudowy i stopniem uszczelnienia nawierzchni. Największe temperatury zostały zmierzone w JO o największym stopniu uszczelnienia: JO1 Śródmieście, JO2 Zespół Przemysłowy, JO3 Dąbrowa Narodowa. Wyraźne wyspy ciepła występują również na obszarach o odsłoniętej glebie (bez pokrycia roślinnością), jak np. Piaskownia Bór Biskupi (JO10), teren CTL Maczki Bór (JO4), a nawet większe obszary polne poza szczytem okresu wegetacyjnego między Lasami Długoszyńskimi (JO4), w Jeziorkach (JO 11) czy Cezarówce (JO12). Najniższe temperatury są natomiast jednoznacznie związane z obszarami leśnymi i wodnymi.

Dane te potwierdzają dobrze już udokumentowaną rolę zielono-niebieskiej infrastruktury w łagodzeniu fal upałów oraz miejskich wysp ciepła. Powierzchnie zielone (biologicznie czynne), zwłaszcza lasy, parki, zadrzewienia oraz powierzchnie „niebieskie” (wodne) znacznie podnoszą wilgotność powietrza, korzystnie wpływają na zmniejszenie temperatury.

Warunki długotrwałej suszy są także mocniej odczuwane przez ogół mieszkańców niż lokalnie występujące podtopienia. Fale upałów są szczególnie dokuczliwe dla osób starszych, co – także ze względu na starzenie się społeczeństwa - powinno być ważnym wskazaniem w poszukiwaniu rozwiązań planistycznych w polityce długofalowej miasta. Wprowadzenie wody w krajobraz miasta poprzez stymulowanie rozwoju zielono-niebieskiej infrastruktury połączone z ograniczeniem uszczelniania powierzchni to najlepszy sposób przeciwdziałania suszy, a równocześnie tworzenia miasta z dobrym mikroklimatem, z myślą o mieszkańcach.



Rysunek 24. Temperatura powierzchni na obszarze Jaworzna

JAW-KP-O-D-001-2 Raport końcowy
Data: listopad 2021

5.5.4 Ocena wpływu zagospodarowania na występujące podtopienia

Na podstawie analizy m.in. udziałów terenów zielonych, obszarów wodnych, terenów uszczelnionych oraz zdolności infiltracyjnej gleb, wykazano wpływ zagospodarowania JO na działanie systemu odwodnienia, a jako miarę reakcji systemu na sytuacje obciążeniowe przyjęto dane o podtopieniach wg Zarządzania Kryzysowego, dane zebrane podczas ankietyzacji mieszkańców oraz dane otrzymane od MZDiM w Jaworznie. Na poniższej ilustracji skonfrontowane zostały wizualnie zasięgi i rodzaje systemu odwodnienia z lokalizacją i ilością podtopień wymagających interwencji.

Z kolei w tabeli zamieszczonej po ilustracji zestawiono liczbowo udział poszczególnych form pokrycia terenu w jednostkach odwodnieniowych z ilością podtopień i jakościowo oszacowano kierunek powiązania (korzystny/niekorzystny) między tymi wartościami.

Tabela 7. Zestawienie parametrów charakteryzujących zagospodarowanie jednostek odwodnieniowych z liczbą podtopień

| nr JO | Nazwa JO | % pow. biologicznie czynnych | % pow. wód | % pow. całkowicie uszczelnionych | Ilość podtopień od 2017 r |
|-------|--------------------|------------------------------|------------|----------------------------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Śródmieście | 46 | 0 | 16 | 30 |
| 2 | Zespół Przemysłowy | 65 | 0 | 9 | 3 |
| 3 | Dąbrowa Narodowa | 50 | 0 | 16 | 18 |
| 4 | Lasy Długoszyńskie | 86 | 1 | 1 | 0 |
| 5 | Kozi Bród | 66 | 0 | 8 | 7 |
| 6 | Łużnik-Północ | 90 | 1 | 2 | 4 |
| 7 | Łużnik-Południe | 91 | 0 | 2 | 2 |
| 8 | Ciężkowice | 83 | 0 | 3 | 2 |
| 9 | Kanał Główny | 83 | 3 | 1 | 0 |
| 10 | Dolina Żabnika | 91 | 3 | 0 | 1 |
| 11 | Byczynka | 85 | 1 | 4 | 12 |
| 12 | Cezarówka | 91 | 0 | 2 | 0 |
| 13 | Wąwolnica | 88 | 1 | 2 | 4 |
| 14 | JOG | 88 | 0 | 2 | 0 |

Legenda do Tabeli nr 6:

Kolumna nr 1: nr jednostki odwodnieniowej

Kolumna nr 2: nazwa jednostki odwodnieniowej

Uwaga: kolory przyporządkowane przedziałom wartości w kolumnach 3 do 6 są próbą jakościowej oceny wpływu danego elementu zagospodarowania zlewni na działanie systemu odwodnienia. Przyjęto następującą skalę wpływu:

| | | | |
|------------------|-----------|--------------|--------------|
| bardzo korzystny | korzystny | ostrzegawczy | niekorzystny |
|------------------|-----------|--------------|--------------|

JAW-KP-O-D-001-2 Raport końcowy
Data: listopad 2021

Kolumna nr 3: % powierzchni biologicznie czynnej tu jako udział powierzchni biologicznie czynnej istotnej dla powierzchniowego zagospodarowania wód opadowych, patrz rozdz. 5.5.1.

| | | | |
|--------|-----------|-----------|--------|
| > 80 % | 60 – 80 % | 40 – 60 % | < 40 % |
|--------|-----------|-----------|--------|

Kolumna nr 4: % powierzchni wód tu jako udział obszarów wodnych w danej JO, patrz rozdz. 5.5.3.

| | | |
|-------|---------|-------|
| > 3 % | 1 – 3 % | < 1 % |
|-------|---------|-------|

Kolumna nr 5: % powierzchni całkowicie uszczelnionych tu jako udział terenów całkowicie uszczelnionych (dachy, drogi asfaltowe i betonowe) w danej JO, patrz rozdz. 5.5.4

| | | |
|-------|----------|--------|
| < 5 % | 5 – 15 % | > 15 % |
|-------|----------|--------|

Kolumna nr 6: ilość podtapianych lokalizacji
Skala barwna w kolumnie 6 ma na celu ułatwienie określenia poziomu zagrożenia zalaniem. Przyjęto następującą skalę zagrożenia
Uwaga: w przypadkach małej ilości podtapianych miejsc w danej JO (2), jeśli jedno miejsce zalewane jest kilka razy w roku (przypadki wskazywane najczęściej w ankietyzacji internetowej), dla całej JO nadano średni poziom zagrożenia zalaniem.

| | | |
|-------------------|---------|--------------------|
| relatywnie niskie | średnie | relatywnie wysokie |
|-------------------|---------|--------------------|

To tabelaryczne przedstawienie potwierdza znaną mocną zależność wylań z kanalizacji i cieków od stopnia uszczelnienia odwadnianego terenu. Dzięki analizie przestrzennej o wysokiej w skali miasta rozdzielczości, dla każdej z jednostek funkcyjnych określona została skala tej zależności. Szczególnie wyraźna korelacja między niekorzystnym z punktu widzenia zagospodarowania wód opadowych pokryciem terenu i ilością wylań widoczna jest w przypadku: JO1 Śródmieście oraz JO3 Dąbrowa Narodowa.

Szczególnego rozróżnienia w stosunku do wymienionych powyżej jednostek wymaga JO11 Byczynka – pomimo bardzo wysokiego procentu powierzchni biologicznie czynnej obserwowane są podtopienia budynków. Przyczyną takiego stanu jest rozproszona zabudowa jednorodzinna oraz brak rozbudowanego systemu kanalizacji deszczowej.

Wyżej wymienione JO to obszary, dla których najpilniejszym wydaje się być przeprowadzenie całościowej analizy pod kątem wydajności istniejącego systemu odwodnienia obejmującej m.in. modelowanie hydrodynamiczne KD wraz z rowami i oceną wpływu zrzutu wód opadowych na odbiornik.

Przeprowadzona dla obszaru całego miasta analiza to również wyraźna wskazówka, że w znacznej części zamieszkanego obszaru miasta nie są spełnione wymagania dotyczące komfortu odwodnienia sformułowane w normie dotyczącej systemów kanalizacji deszczowej w miastach PN-EN 752 (2017).

6 Powiązanie z dokumentami strategicznymi, planistycznymi i opracowaniami archiwalnymi

6.1 Uwarunkowania przestrzenne i fizjograficzne do koncepcji odprowadzenia wód opadowych z terenów zurbanizowanych miasta Jaworzna

Zespół autorski: Biuro Rozwoju Regionu Sp. z o.o. w Katowicach

Data opracowania: luty 2014

Opracowanie zawiera obszerne zestawienie problemów związanych z wodami opadowymi na terenie miasta wynikające z niewydolności systemu odwodnienia lub jego brakiem, wraz z elementami diagnozy odnoszącymi się również do specyficznych problemów geologicznych Jaworzna i prognozowanego zagospodarowania. W diagnozie uwzględnione zostały plany rozbudowy kanalizacji deszczowej, retencyjność obszaru uwzględniająca zarówno wodoprzepuszczalność gleb, jak i wyłączenia terenów pod infiltrację. Sformułowane zostały zalecenia dla poprawy zdiagnozowanych sytuacji oraz do planów zagospodarowania przestrzennego.

Opracowanie bazuje w analizach na zlewniowym podziale miasta, który zinterpretowano jako zlewnie topograficzne cieków.

6.2 Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta Jaworzna wraz z prognozą oddziaływania na środowisko

Zespół autorski: Biuro Rozwoju Regionu Sp. z o.o. w Katowicach

Data opracowania: luty 2014 (SUiKZP), październik 2020 (POnŚ)

Uchwała Nr XXVI/349/2020 Rady Miejskiej w Jaworznie

W zakresie gospodarki wodami opadowymi SUiKZP ogólnie respektuje potrzebę ochrony dolin rzecznych oraz innych terenów podmokłych przed zabudową, w celu unikania naturalnych zagrożeń wodnych. Choć ten dokument nie zawiera osobnego rozdziału opisującego zagospodarowanie wód opadowych, jednak tematyka ta jest podkreślana przy opisie m.in.:

a) warunków gruntowo wodnych w kontekście:

- podtopień wodami opadowymi w dolinkach cieków, suchych dolinkach i innych osiach spływu wód opadowych ze stoków,
- konieczności ograniczenia skoncentrowanej infiltracji wód w głąb skał węglanowych,

b) wód podziemnych i ich ujęć w kontekście ochrony obszarów zasilania wód podziemnych stanowiących źródło wody pitnej m.in. przez nie stosowanie studni chłonnych do odprowadzania wód opadowych,

c) ograniczeń w zabudowie i zagospodarowaniu terenów w związku z eksploatacją rud cynku i ołowiu oraz węgla kamiennego w kontekście opadów nawałnych mogących wpływać na intensywność i prawdopodobieństwo tworzenia się zapadlisk,

d) gruntów zdegradowanych wymagających rekultywacji w kontekście konieczności izolowania brył ich składowisk m.in. od wód opadowych mogących prowadzić do migracji zanieczyszczeń,

e) odprowadzania ścieków w kontekście obciążenia hydraulicznego kanalizacji ogólnospławnej, wzrastającego trakcie pogody deszczowej.

W SUiKZP sformułowane zostały również wytyczne zagospodarowania terenów zabudowanych mające na celu minimalizację występowania podtopień obejmujące m.in.:

- ograniczenie powierzchni nieprzepuszczalnych,
- rezygnację z podpiwniczeń budynków i podwyższania pierwszego poziomu użytkowego powyżej poziomu terenu szczególnie w obrębie den rzecznych,
- sytuowanie budynków w obrębie suchych dolinek w sposób niepowodujący pogarszania warunków spływu wód opadowych osi doliny,
- zwiększanie przepustowości systemu odwadniającego równoległe z tworzeniem systemu małej retencji.

W ramach obszarów celu publicznego wskazane zostały tereny dogodne dla lokalizacji zbiorników retencyjnych na wody opadowe i roztopowe.

POnŚ podkreśla problemy związane z występowaniem podtopień na obszarach zamieszkałych zlokalizowanych w miejscach pierwotnie podmokłych, takich jak doliny rzeczne, wypłaszczenia Niecki Wilkoszyńskiej i Rowu Chrzanowskiego, a także w miejscach przegradzania suchych dolinek oraz innych osi spływu wód opadowych po stokach. Jako dodatkowy czynnik negatywny wskazane jest niewłaściwe kształtowanie rzeźby terenu na działkach budowlanych utrudniające swobodny odpływ wód opadowych.

JAW-KP-O-D-001-2 Raport końcowy

Data: listopad 2021

7 Rekomendacje dla poszczególnych jednostek odwodnieniowych

W tym rozdziale dla każdej z jednostek odwodnieniowych opracowania została tabela, której celem jest zestawienie w jednym miejscu najważniejszych informacji charakteryzujących daną JO pod kątem zagospodarowania mającego wpływ na ilość wód opadowych z niej odpływających i jej system odwodnienia - patrz lewa kolumna.

W środkowej kolumnie zestawione są najważniejsze problemy związane z efektywnością systemu odwodnienia obecnie i te prognozowane na podstawie planowanego zagospodarowania danej JO. Problemy wynikające z planowanego zagospodarowania to zestaw zagrożeń prognozowanych na podstawie danych z SUIKZP i innych materiałów planistycznych określających przewidywany postęp urbanizacji w danej JO i ich konsekwencji dla gospodarki wodami opadowymi na analizowanym terenie.

Kolumna prawa zawiera zestaw zaleceń dla planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi. Ich istotą w zamierzeniu autorów są wytyczne obszarowe mające posłużyć do określenia w planowanych MPZP lokalizacji i charakteru terenów istotnych dla zrównoważonego rozwoju systemu odwodnienia w poszczególnych JO. Tylko sporadycznie znajdują się wśród nich uwagi dotyczące rozwiązań inwestycyjnych dla konkretnych lokalizacji, gdy już na tym etapie są one możliwe do zidentyfikowania i wymagają one rezerwy terenowej.

Każda z kart zawiera następujące ryciny (od lewej strony):

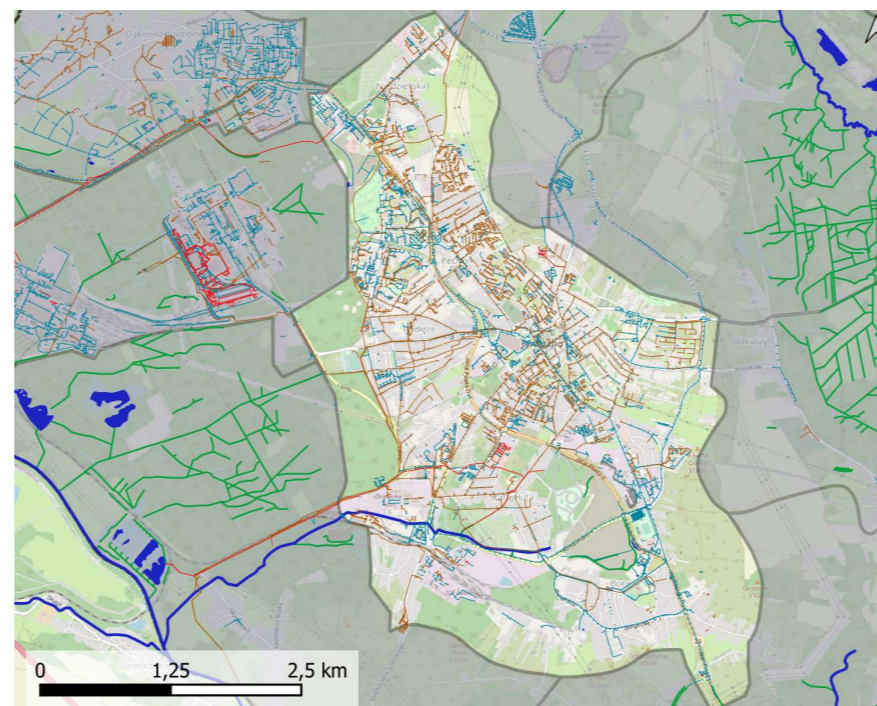
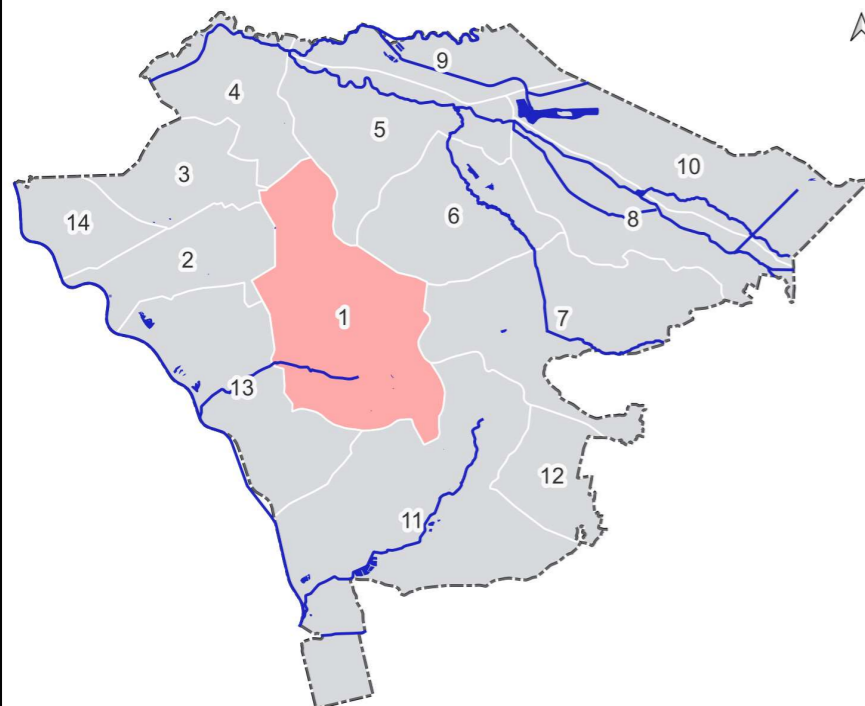
- 1) rycinę umożliwiającą lokalizację danej jednostki odwodnieniowej w granicach Jaworzna,
- 2) rycinę przedstawiającą podstawowe elementy systemu odwodnienia danej jednostki odwodnieniowej i jej bezpośredniego sąsiedztwa,
- 3) wycinek ortofotomapy z charakterystycznym rodzajem zagospodarowania dla danej jednostki.

Poniższa legenda dotyczy wszystkich rycin typu 1) i 2):

Legenda

-  sieć kanalizacji ogólnospławnej
-  sieć kanalizacji deszczowej
-  sieć kanalizacji przemysłowej
-  rzeki
-  rowy
-  wody stojące
-  jednostki odwodnieniowe
-  granice administracyjne Jaworzna

Numer jednostki odwodnieniowej: 1
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Śródmieście

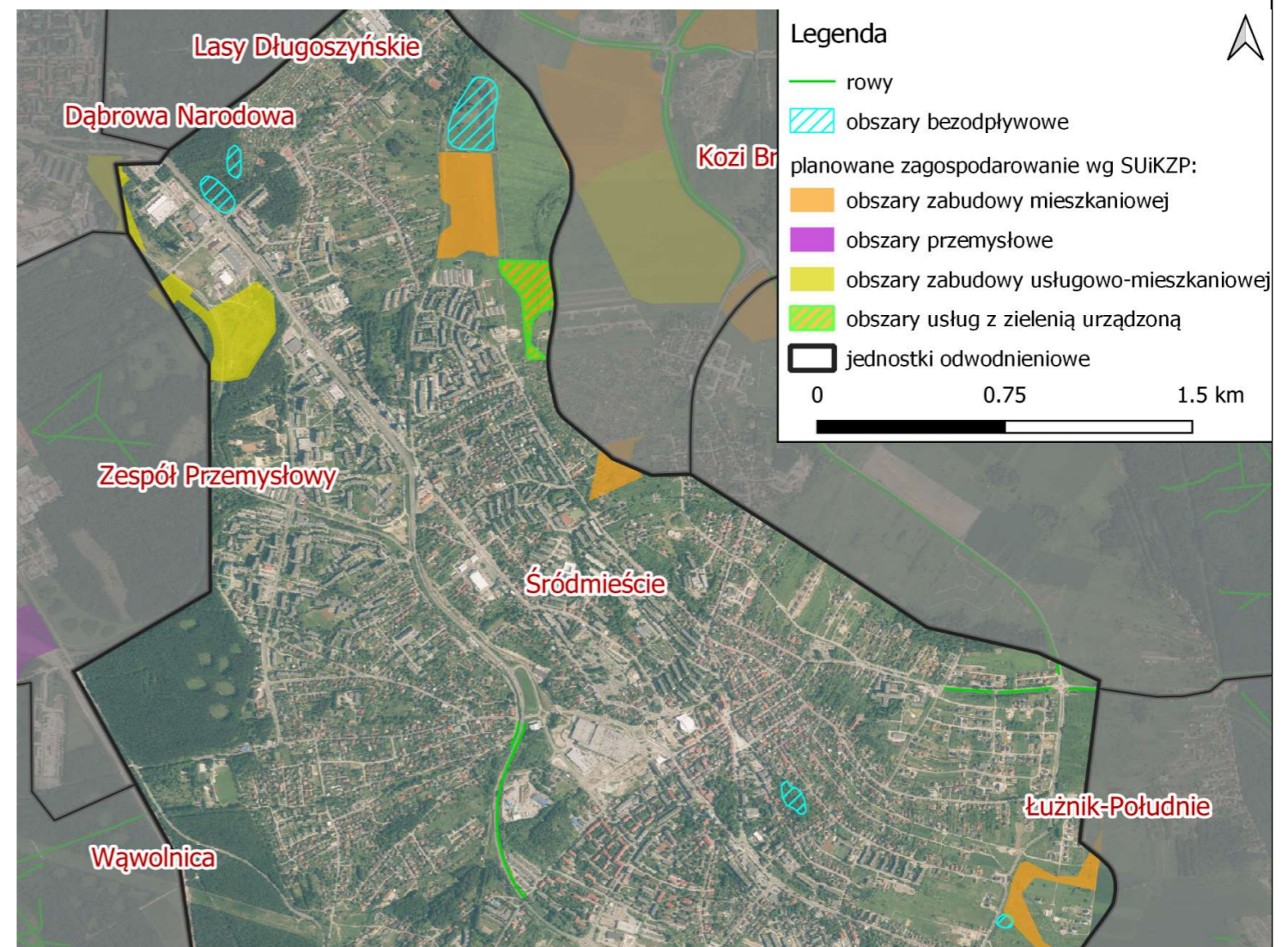


| Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej | Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej | Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---------------------|----|---|---------------------|---|---|---------------------|----|---|--------------------|-----|-----------------------------|-----|-----------|-----|---------------------------|-----|-----------------|-----|---|--|
| <p>Powierzchnia 1 710 ha</p> <p>Bilans powierzchni:</p> <table border="0"> <tr> <td>powierzchnia biol. czynna</td> <td>46</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>tereny uszczelnione</td> <td>16</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>wody powierzchniowe</td> <td>0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>tereny towarzyszące</td> <td>38</td> <td>%</td> </tr> </table> <p>Przeważający typ zabudowy zabudowa zwarta</p> <p>System odwodnienia KD, KO, rowy</p> <p>Główne odbiorniki wód OŚ Dąb, Wąwolnica</p> <p>Zbiorniki wód brak</p> <p>Zalecany komfort kanalizacyjny p 30 %</p> <p>Oddziaływanie JO na inne jednostki Wąwolnica, Byczynka</p> <p>Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych:</p> <table border="0"> <tr> <td>użytki ekologiczne</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>zespoły przyr.-krajobrazowe</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>rezerваты</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>obszary chron. krajobrazu</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>natura 2000 SOO</td> <td>NIE</td> </tr> </table> | powierzchnia biol. czynna | 46 | % | tereny uszczelnione | 16 | % | wody powierzchniowe | 0 | % | tereny towarzyszące | 38 | % | użytki ekologiczne | NIE | zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE | rezerваты | NIE | obszary chron. krajobrazu | NIE | natura 2000 SOO | NIE | <p style="text-align: center;">PROBLEMY OBECNE</p> <ul style="list-style-type: none"> JO o najmniej korzystnym pod kątem ilości wód opadowych zagospodarowaniu: najwyższe uszczelnienie, najniższy udział powierzchni biologicznie czynnej lokalnie zbyt mała przepustowość systemu KO, szczególnie w ścisłym Śródmieściu, gdzie występuje infrastruktura krytyczna (Komenda Miejska Policji, KM PSP, szkoły i przedszkola) wylania z KO stanowią zagrożenie higieniczno-sanitarne - brak informacji o częstotliwości działania przelewu burzowego z KO od Wąwolnicy występują niejasności na dostępnych danych mapowych odnośnie charakteru sieci znaczna część obszaru położona jest w zasięgu dawnej płytkiej eksploatacji górniczej, co może powodować zapadliska oraz ogranicza możliwości infiltracyjne gruntów w pn.-wsch. części JO występuje strefa ochrony ujęcia Galmany oraz na południu strefa ochrony ujęcia Bielany warunki do tworzenia się miejskiej wyspy ciepła <p style="text-align: center;">PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA</p> <ul style="list-style-type: none"> prognoza zagospodarowania JO1 przewiduje niewielki dalszy wzrost uszczelnienia, co spowoduje zwiększenie ilości wód opadowych (okolice ul. Kasprzaka, Grunwaldzkiej, Radwańskich) również w JO2, JO3, JO5, JO6, JO7 i JO8, których system KO ciąży do systemu JO1 prognozowany jest wzrost uszczelnienia | <ul style="list-style-type: none"> zwiększenie ilości zbiorników otwartych na terenach zielonych, zasilanych wodami opadowymi z pobliskich niezanieczyszczonych powierzchni szczelnych, np. dachów, szczególnie w lokalizacjach parkowych i formie mikro-oczek wodnych lub ogrodów deszczowych, patrz też kolejna strona zabezpieczenie infrastruktury krytycznej przez pogłębioną analizę systemu odwodnienia w jej bezpośrednim sąsiedztwie (obiekty szpitalne, straży pożarnej, policji, szkoły) wykonanie szczegółowej inwentaryzacji geodezyjnej sieci KD oraz KO we wskazanych obszarach konceptje i projekty prze- i rozbudowy istn. systemu odwodnieniowego (KD, KO, rowy) powinny bazować na wynikach symulacji skalibrowanego modelu hydrodynamicznego tego systemu uwzględnienie potencjalnych zewn. obciążeń hydraulicznych z JO5 dalsze dążenie do rozdzielenia systemu odprowadzania ścieków sanitarnych oraz wód deszczowych wprowadzenie monitoringu działania przelewu burzowego KO do Wąwolnicy ograniczenie odprowadzania wód deszczowych poprzez Wąwolnicę, w celu ograniczenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń ze składowiska odpadów niebezpiecznych ograniczenie punktowego odprowadzania wód deszczowych i roztopowych do gruntu ze względu na obszary deformacji nieciągłych |
| powierzchnia biol. czynna | 46 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny uszczelnione | 16 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| wody powierzchniowe | 0 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny towarzyszące | 38 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| użytki ekologiczne | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| rezerваты | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| obszary chron. krajobrazu | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| natura 2000 SOO | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej | Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej | Zalecenia i wytyczne zównnoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi - ciąg dalszy |
|--|---|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • zarezerwowanie terenów pod obiekty retencji i detencji wskazanych w SUIKZP, realizacja zbiorników bez piętrzenia czy grodzenia cieków • ze względu na duży udział powierzchni uszczelnionych w tej JO w okresie letnim występują jedne z najwyższych temperatur Jaworznie; w celu przeciwdziałania powstawaniu wysp ciepła na tym obszarze zalecane są wszelkie działania planistyczne zorientowane na poprawę mikroklimatu, np. zielone ściany, zielone dachy i przystanki, mikroretencja rozproszona, mikrozbiorniki na niezanieczyszczone wody do schładzania rozgrzanych powierzchni, itp. |

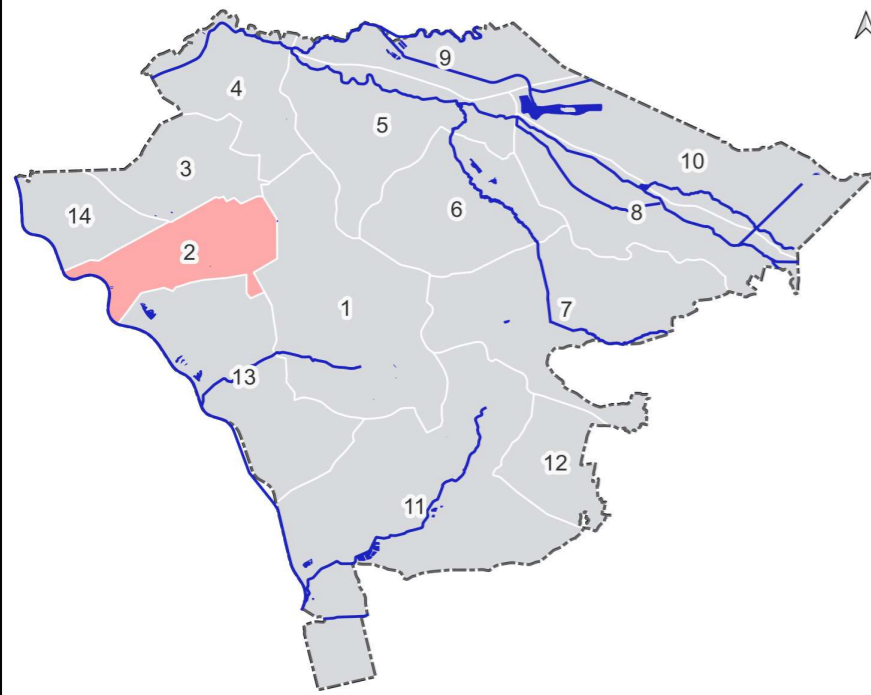
Na sąsiedniej ilustracji wskazane zostały obszary zidentyfikowane na podstawie aktualnego NMT jako największe obszary bezodpływowe w JO1 o głębokości przynajmniej kilkudziesięciu centymetrów oraz największe obszary inwestycyjne wg SUIKZP.

W przypadku rozbudowy systemu odwodnieniowego w tej JO, wskazane obszary b.o. powinny być rozważone jako lokalizacje obiektów retencyjnych w formie błękitno-zielonej infrastruktury. W idealnym przypadku ich oddziaływanie i parametryzacja powinna odbywać się przy zastosowaniu skalibrowanego modelu hydrodynamicznego systemu odwodnienia.



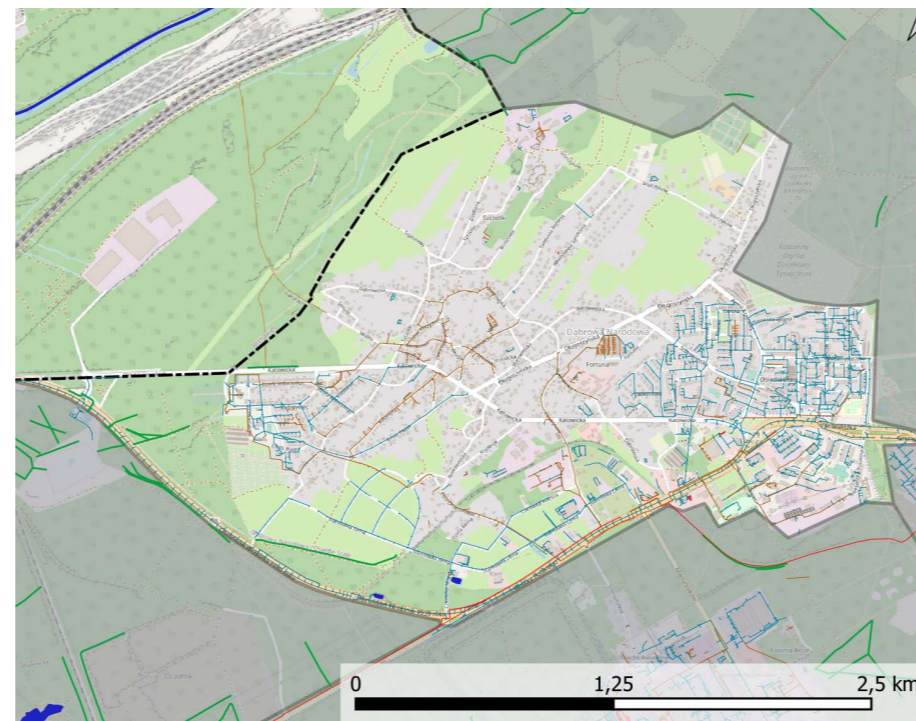
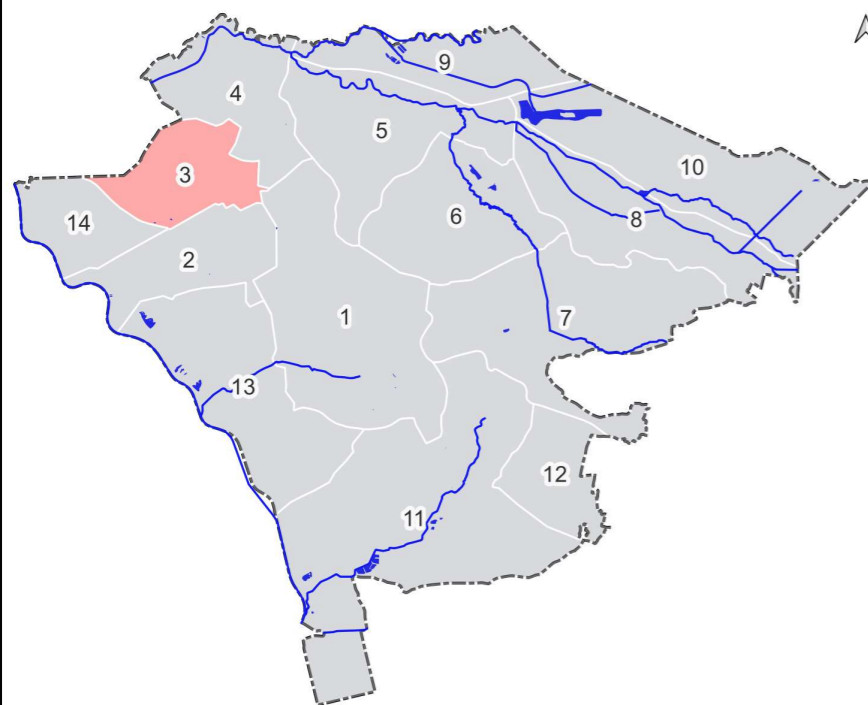
Numer jednostki odwodnieniowej: 2

Nazwa jednostki odwodnieniowej: Zespół Przemysłowy



| Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej | Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej | Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---------------------|---|---|---------------------|---|---|---------------------|----|---|--------------------|-----|----------------------------|-----|-----------|-----|---------------------------|-----|-----------------|-----|---|---|
| <p>Powierzchnia 696 ha</p> <p>Bilans powierzchni:</p> <table border="0"> <tr> <td>powierzchnia biol. czynna</td> <td>65</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>tereny uszczelnione</td> <td>9</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>wody powierzchniowe</td> <td>0</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>tereny towarzyszące</td> <td>34</td> <td>%</td> </tr> </table> <p>Przeważający typ zabudowy: zabudowa przemysłowa</p> <p>System odwodnienia: KD, KO, rowy</p> <p>Główne odbiorniki wód: Przemsza</p> <p>Zbiorniki wód: brak</p> <p>Zalecany komfort kanalizacyjny p: 30 %</p> <p>Oddziaływanie JO na inne jednostki: Śródmieście, Wąwolnica</p> <p>Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych:</p> <table border="0"> <tr> <td>użytki ekologiczne</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>zespoły przyr-krajobrazowe</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>rezerваты</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>obszary chron. krajobrazu</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>natura 2000 SOO</td> <td>NIE</td> </tr> </table> | powierzchnia biol. czynna | 65 | % | tereny uszczelnione | 9 | % | wody powierzchniowe | 0 | % | tereny towarzyszące | 34 | % | użytki ekologiczne | NIE | zespoły przyr-krajobrazowe | NIE | rezerваты | NIE | obszary chron. krajobrazu | NIE | natura 2000 SOO | NIE | <p>PROBLEMY OBECNE</p> <ul style="list-style-type: none"> • lokalnie zbyt mała przepustowość KD oraz KO, wylania z kanalizacji ogólnospławnej stanowią zagrożenie higieniczno-sanitarne • dodatkowe obciążenia hydrauliczne z JO14 • wschodnia część JO położona jest na w zasięgu dawnej płytkiej eksploatacji górniczej, co może powodować zapadliska • warunki do tworzenia się miejskiej wyspy ciepła <p>PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • prognoza zagospodarowania JO2 przewiduje dalszy wzrost uszczelnienia (zabudowa przemysłowa), co spowoduje zwiększenie ilości wód opadowych odprowadzanych do systemów KO i KD • planowane zagospodarowanie sąsiadującej JO14 (Jaworznicki Okręg Gospodarczy) spowoduje zwiększony napływ wód deszczowych po powierzchni terenu | <ul style="list-style-type: none"> • koncepcje i projekty prze- i rozbudowy istn. systemu odwodnieniowego (KD, KO, rowy) powinny bazować na wynikach symulacji skalibrowanego modelu hydrodynamicznego tego systemu • uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych z sąsiadujących JO3 i JO14 • dalsze dążenie do rozdziału systemu odprowadzania ścieków sanitarnych oraz wód deszczowych • ograniczenie punktowego odprowadzania wód deszczowych i roztopowych do gruntu ze względu na obszary deformacji nieciągłych • zarezerwowanie terenów pod obiekty retencji i detencji wskazanych w SUIKZP • ograniczenie zabudowy w Dolinie Przemszy ze względu na możliwe podtopienia (zgodnie z zapisami SUIKZP) |
| powierzchnia biol. czynna | 65 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny uszczelnione | 9 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| wody powierzchniowe | 0 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny towarzyszące | 34 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| użytki ekologiczne | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| zespoły przyr-krajobrazowe | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| rezerваты | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| obszary chron. krajobrazu | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| natura 2000 SOO | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

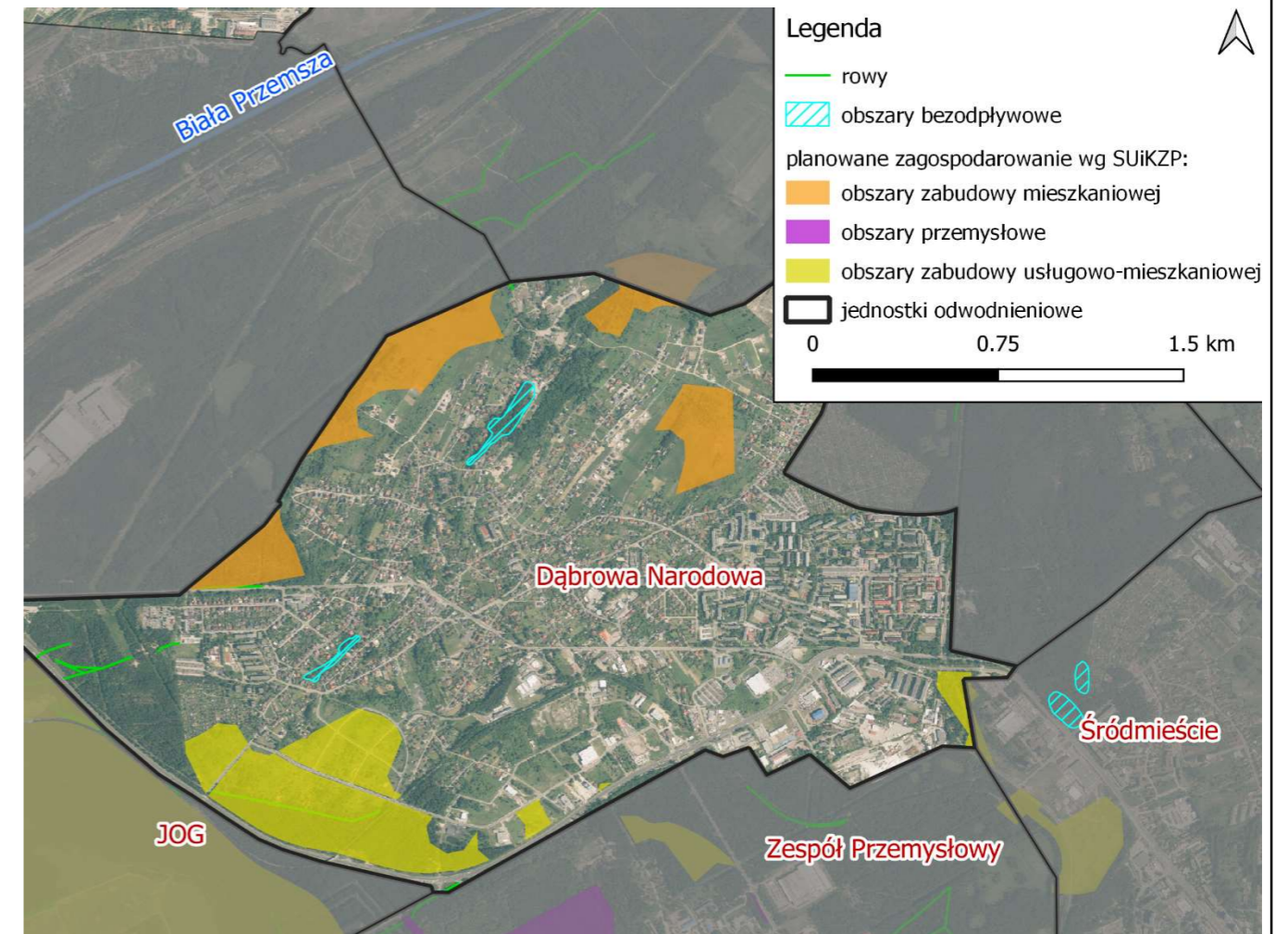
Numer jednostki odwodnieniowej: 3
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Dąbrowa Narodowa



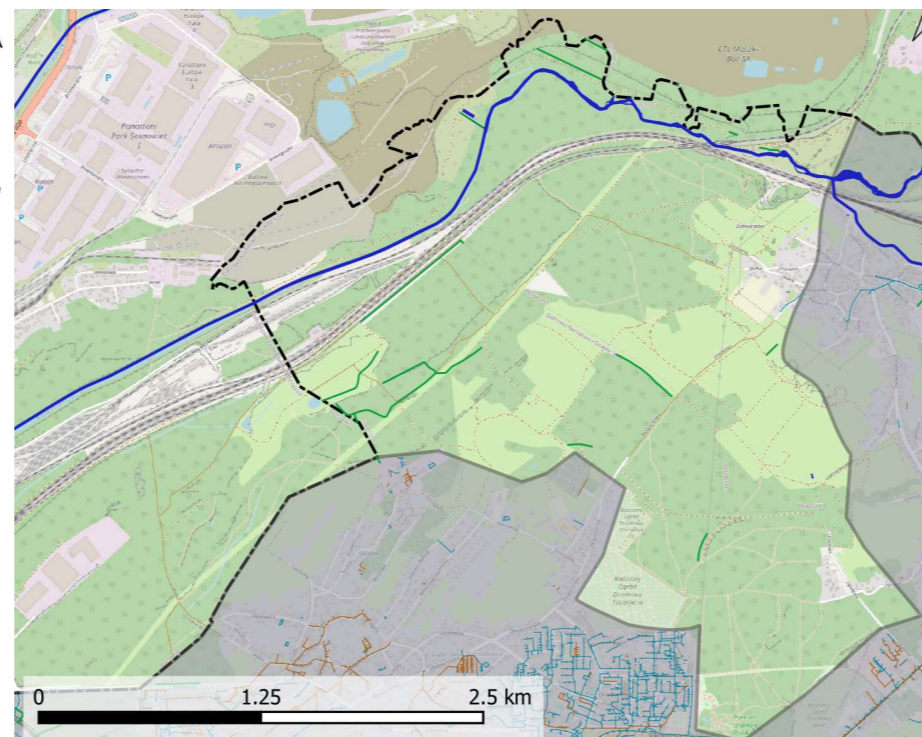
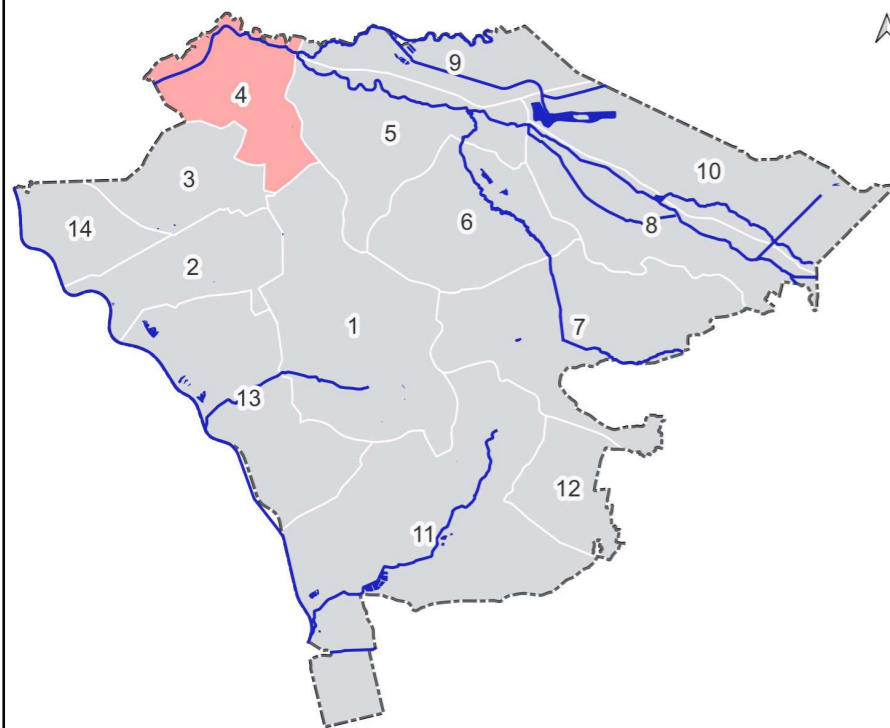
| Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej | Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej | Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi |
|--|---|--|
| <p>Powierzchnia 607 ha</p> <p>Bilans powierzchni:</p> <ul style="list-style-type: none"> powierzchnia biol. czynna 50 % tereny uszczelnione 16 % wody powierzchniowe 0 % tereny towarzyszące 34 % <p>Przeważający typ zabudowy zabudowa wielo- oraz jednorodzinna</p> <p>System odwodnienia KD, KO,</p> <p>Główne odbiorniki wód OŚ Dąb, Przemsza, Biała Przemsza</p> <p>Zbiorniki wód brak</p> <p>Zalecany komfort kanalizacyjny p 20 %</p> <p>Oddziaływanie JO na inne jednostki Zespół Przemysłowy</p> <p>Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych:</p> <ul style="list-style-type: none"> użytki ekologiczne NIE zespoły przyr.-krajobrazowe NIE rezerваты NIE obszary chron. krajobrazu NIE natura 2000 SOO NIE | <p style="text-align: center;">PROBLEMY OBECNE</p> <ul style="list-style-type: none"> • liczne zalania odnotowane przez WZK, KM PSP, media oraz zgłoszone w ankietach, szczególnie na terenach zabudowy mieszkaniowej na północ od ul. Katowickiej, aż do granicy JO • na wschodzie i zachodzie JO duże kompleksy mieszkaniowe z niejasną sytuacją odwodnieniową - dane z mapy zas. są niespójne (obszar wskazany do weryfikacji) • na południu JO przebiega kanał wód dołowych, którego stan i aktualne zagospodarowanie są nieznanne • występują niejasności na dostępnych danych mapowych odnośnie charakteru sieci (KS, KD czy KO) • znaczna część JO jest położona w granicach rozegłtych deformacji nieciągłych oraz w zasięgu płytkiej eksploatacji górniczej do 80 m., co ogranicza możliwości infiltracyjne wód. • warunki do tworzenia się miejskiej wyspy ciepła <p style="text-align: center;">PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • wysoki stopień uszczelnienia może jeszcze wzrosnąć w związku z planowaną zabudową mieszkaniową terenów przy ul. Storczyków oraz wzdłuż granicy miasta, a także planowaną zabudową usługowo-przemysłową po obu stronach ul. Lema | <ul style="list-style-type: none"> • planowana jest rozbudowa sieci KD, która byłaby poprowadzona łukiem przez północno-wschodnią część JO, a jej zakończeniem miałby być zbiornik usytuowany przy granicy miasta i ul. Katowickiej • ograniczenie punktowego odprowadzania wód deszczowych i roztopowych do gruntu ze względu na obszary deformacji nieciągłych • zwiększenie ilości zbiorników otwartych na terenach zielonych, zasilanych wodami opadowymi z pobliskich niezanieczyszczonych powierzchni szczelnych, np. dachów, szczególnie w lokalizacjach parkowych i formie mikrooczek wodnych lub ogrodów deszczowych, patrz też kolejna strona • wykonanie szczegółowej inwentaryzacji geodezyjnej sieci KD oraz KO we wskazanych obszarach niejasnej sytuacji • koncepcje i projekty prze- i rozbudowy istn. systemu odwodnieniowego (KD, KO, rowy) powinny bazować na wynikach symulacji skalibrowanego modelu hydrodynamicznego tego systemu • dalsze dążenie do rozdzielenia systemu odprowadzania ścieków sanitarnych oraz wód deszczowych • ze względu na duży udział powierzchni uszczelnionych w tej JO w okresie letnim występują jedne z najwyższych temperatur Jaworznie; w celu przeciwdziałania powstawaniu wysp ciepła na tym obszarze zalecane są wszelkie działania planistyczne zorientowane na poprawę mikroklimatu, np. zielone ściany, zielone dachy i przystanki, mikroretencja rozproszona, mikrozbiorniki na niezanieczyszczone wody do schładzania rozgrzanych powierzchni, itp. |

Na sąsiedniej ilustracji wskazane zostały obszary zidentyfikowane na podstawie aktualnego NMT jako największe obszary bezodpływowe w JO3 o głębokości przynajmniej kilkudziesięciu centymetrów oraz największe obszary inwestycyjne wg SUIKZP.

W przypadku rozbudowy systemu odwodnieniowego w tej JO, wskazane obszary b.o. powinny być rozważone jako lokalizacje obiektów retencyjnych w formie błękitno-zielonej infrastruktury. W idealnym przypadku ich oddziaływanie i parametryzacja powinna odbywać się przy zastosowaniu skalibrowanego modelu hydrodynamicznego systemu odwodnienia.



Numer jednostki odwodnieniowej: 4
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Lasy Długoszyńskie



Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej

Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej

Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi

| | | |
|--|--------------------|----|
| Powierzchnia | 776,4 | ha |
| Bilans powierzchni: | | |
| powierzchnia biol. czynna | 86 | % |
| tereny uszczelnione | 1 | % |
| wody powierzchniowe | 1 | % |
| tereny towarzyszące | 12 | % |
| Przeważający typ zabudowy | lasy, pola uprawne | |
| System odwodnienia | rowy | |
| Główne odbiorniki wód | Biała Przemsza | |
| Zbiorniki wód | brak | |
| Zalecany komfort kanalizacyjny p | 10 | % |
| Oddziaływanie JO na inne jednostki | - | |
| Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | | |
| użytki ekologiczne | NIE | |
| zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE | |
| rezerваты | NIE | |
| obszary chron. krajobrazu | NIE | |
| natura 2000 SOO | NIE | |

PROBLEMY OBECNE

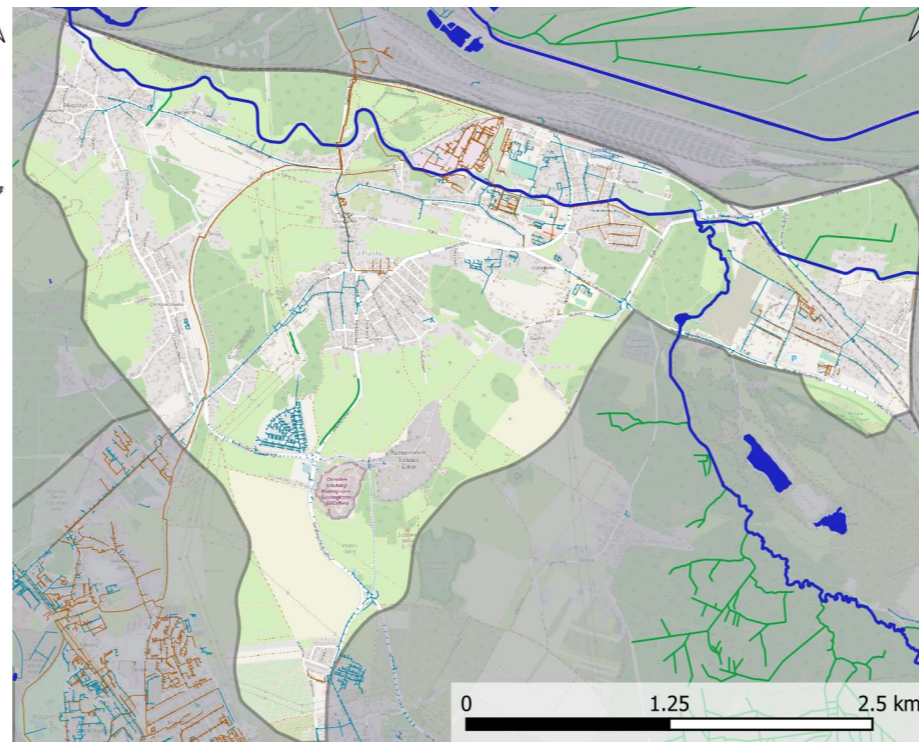
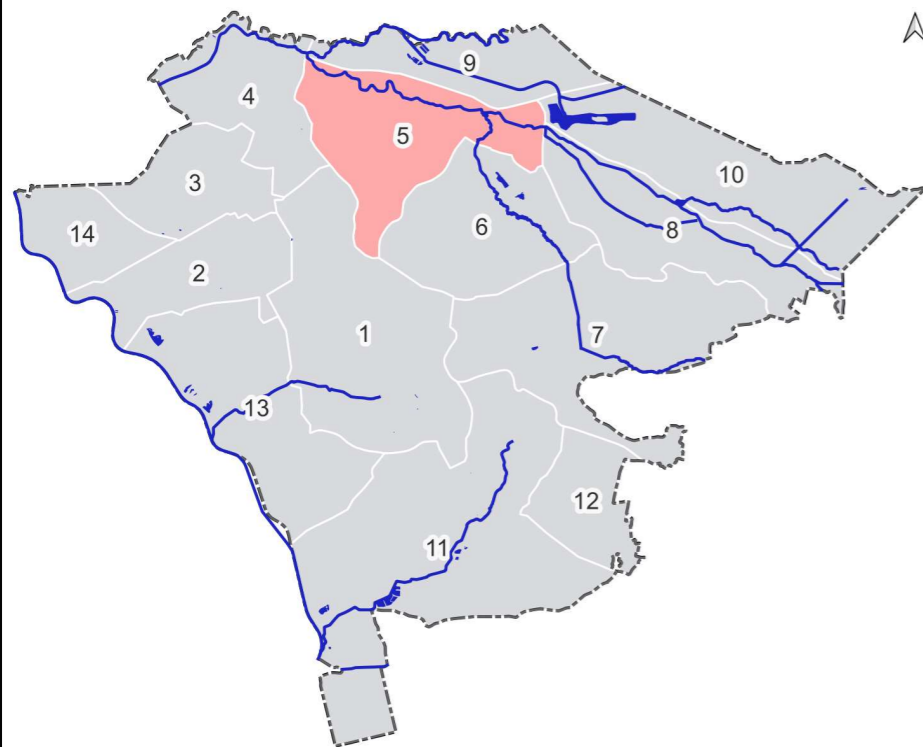
- południowo-wschodnia oraz południowo-zachodnia część obszaru położona jest w zasięgu dawnej płytkiej eksploatacji górniczej, co może powodować zapadliska oraz ogranicza możliwości infiltracyjne gruntów
- tory kolejowe są barierą dla spływu powierzchniowego, który jest skierowany w tej JO w kierunku Białej Przemszy
- obecnie w tej JO nie występują poważniejsze problemy związane z istniejącym systemem odwodnienia

PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA

- w tej JO nie jest planowany wzrost uszczelnienia, ani zmiana rodzaju zagospodarowania
- postępujące zagospodarowanie w górnej zlewni rzeki Biała Przemsza oraz jej dopływach może spowodować wahania poziomu wód w rzece

- uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych z sąsiadującej JO5
- ograniczenie punktowego odprowadzania wód deszczowych i roztopowych do gruntu ze względu na obszary deformacji nieciągłych
- ograniczenie zabudowy w Dolinie Białej Przemszy ze względu na możliwe podtopienia (zgodnie z zapisami SUIKZP)

Numer jednostki odwodnieniowej: 5
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Kozi Bród



Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej

| | |
|--|---|
| Powierzchnia | 1105,6 ha |
| Bilans powierzchni: | |
| powierzchnia biol. czynna | 66 % |
| tereny uszczelnione | 8 % |
| wody powierzchniowe | 1 % |
| tereny towarzyszące | 26 % |
| Przeważający typ zabudowy | zabudowa jednorodn., pola uprawne, łąki |
| System odwodnienia | KD, KO, rowy |
| Główne odbiorniki wód | OŚ Dąb, Kozi Bród, Biała Przemsza, Łużnik |
| Zbiorniki wód | brak |
| Zalecany komfort kanalizacyjny p | 20 % |
| Oddziaływanie JO na inne jednostki | Śródmieście, Lasy Długoszyńskie |
| Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | |
| użytki ekologiczne | TAK |
| zespoły przyr.-krajobrazowe | TAK |
| rezerваты | NIE |
| obszary chron. krajobrazu | NIE |
| natura 2000 SOO | NIE |

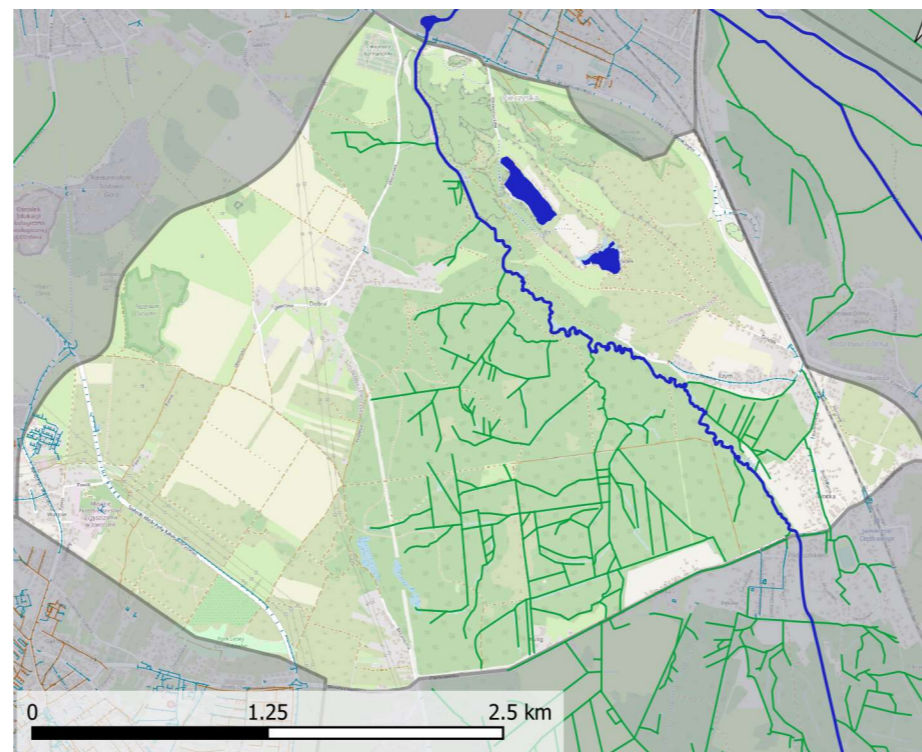
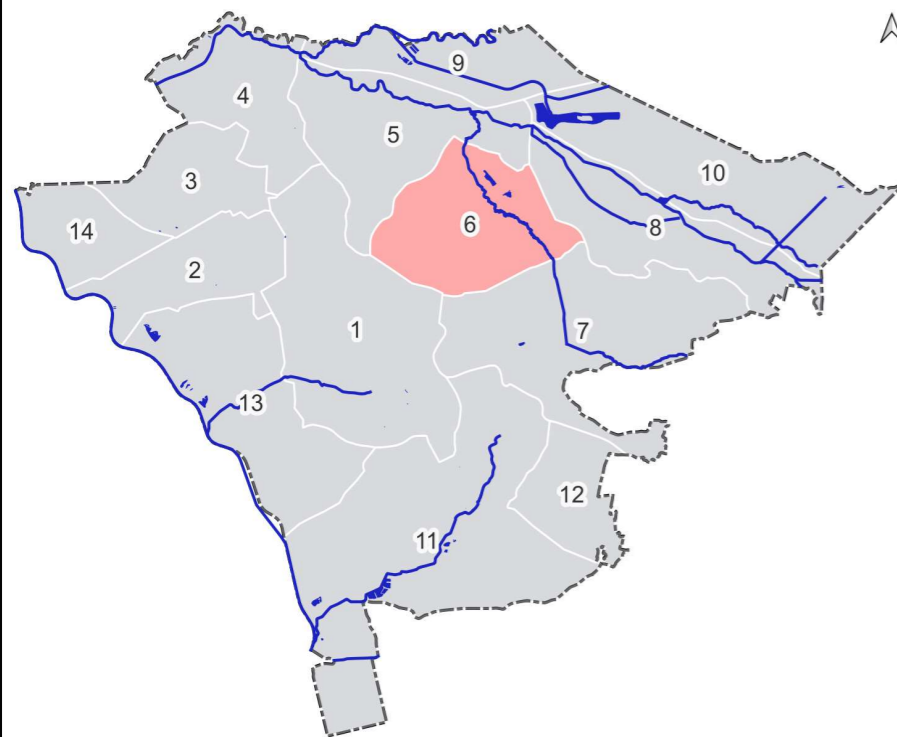
Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki

| |
|---|
| <p>PROBLEMY OBECNE</p> <ul style="list-style-type: none"> • lokalnie zbyt mała przepustowość systemu KD; zalaniem zagrożone są budynki przy ulicach Kolejarzy i Kościuszki oraz Jana III Sobieskiego • południowo wschodnia część obszaru położona jest w zasięgu dawnej płytkiej eksploatacji górniczej, co może powodować zapadliska oraz ogranicza możliwości infiltracyjne gruntów • w południowej części JO występuje strefa ochrony ujęcia Galmany • brak informacji o częstotliwości działania przelewu burzowego z KO od Koziego Brodu |
| <p>PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • prognoza zagospodarowania JO5 przewiduje znaczny wzrost uszczelnienia (okolice ul. Świętego Wojciecha, Jaworzniczej, pomiędzy ul. Stefana Batorego a Kozim Brodem, a także pomiędzy ul. Pożarową i Jana III Sobieskiego), co spowoduje zwiększenie ilości wód opadowych odprowadzanych z tych obszarów • zwiększenie odpływu wód deszczowych i roztopowych ze zlewni Łużnika oraz górnej zlewni Koziego Brodu może prowadzić do wyczerpania przepustowości koryt rzecznych w okolicy ul. Bukowskiej oraz torowiska kolejowego |

Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych z sąsiadujących JO6 i JO8 • dalsze dążenie do rozdziału systemu odprowadzania ścieków sanitarnych oraz wód deszczowych • wprowadzenie monitoringu działania przelewu burzowego KO do Koziego Brodu • zabezpieczenie infrastruktury krytycznej przez pogłębioną analizę systemu odwodnienia w jej bezpośrednim sąsiedztwie (szkoła) • ograniczenie punktowego odprowadzania wód deszczowych i roztopowych do gruntu ze względu na obszary deformacji nieciągłych • zarezerwowanie terenów pod obiekty retencji i detencji wskazanych w SUiKZP (główne osie spływu powierzchniowego) • ograniczenie zabudowy w Dolinie Koziego Brodu ze względu na możliwe podtopienia (zgodnie z zapisami SUiKZP) |
|---|

Numer jednostki odwodnieniowej: 6
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Łużnik - Północ



Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej

| | | |
|--|-------------------------------------|----|
| Powierzchnia | 1022,8 | ha |
| Bilans powierzchni: | | |
| powierzchnia biol. czynna | 90 | % |
| tereny uszczelnione | 2 | % |
| wody powierzchniowe | 1 | % |
| tereny towarzyszące | 7 | % |
| Przeważający typ zabudowy | lasy, pola uprawne, | |
| System odwodnienia | KD, rowy | |
| Główne odbiorniki wód | Łużnik | |
| Zbiorniki wód | Zbiornik "Gródek", Zbiornik "Wydra" | |
| Zalecany komfort kanalizacyjny p | 10 | % |
| Oddziaływanie JO na inne jednostki | Kozi Bród | |
| Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | | |
| użytki ekologiczne | TAK | |
| zespoły przyr-krajobrazowe | TAK | |
| rezerваты | NIE | |
| obszary chron. krajobrazu | TAK | |
| natura 2000 SOO | NIE | |

Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej

PROBLEMY OBECNE

- lokalnie zbyt mała przepustowość systemu KD (ul. Zabłocie)
- występują podtopienia budynków mieszkalnych na obszarach bez systemu KD (ul. Botaniczna, Płetwonurków, Bartnicza)
- z silnie zmeliorowanej części lasu odprowadzane są wody deszczowe i roztopowe, zamiast być zatrzymane na obszarach niezagospodarowanych
- w południowo zachodniej części JO występuje strefa ochrony ujęcia Galmany oraz w północnej części strefa ochrony ujęcia Dobra

PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA

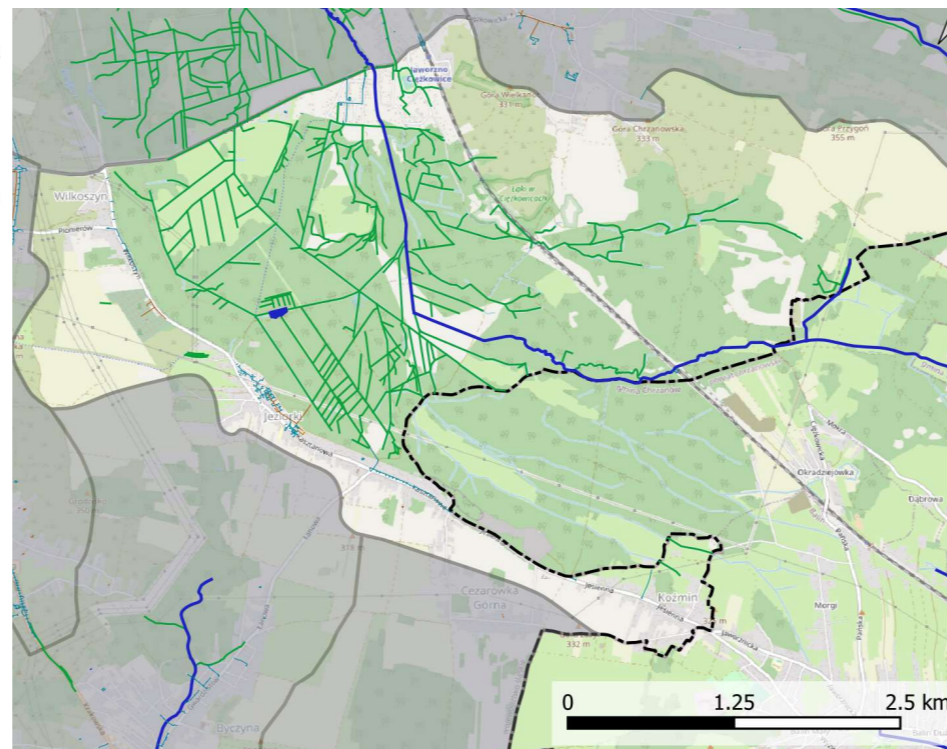
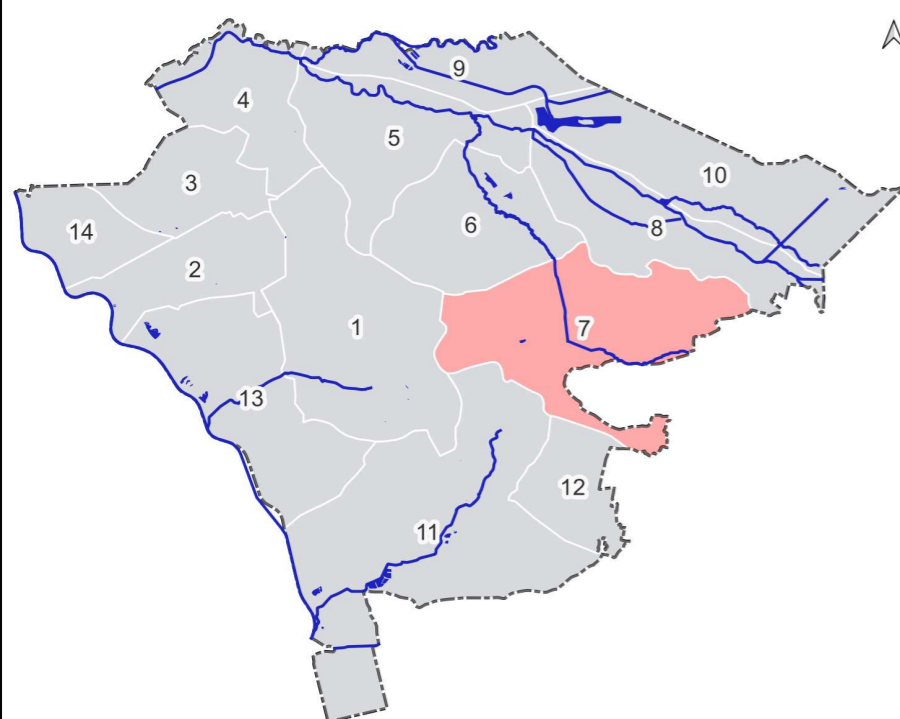
- w tej JO nie jest planowany wzrost uszczelnienia, ani zmiana rodzaju zagospodarowania
- postępujące zagospodarowanie w górnej zlewni rzeki Łużnik może spowodować wahania poziomu wód w rzece

Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi

- uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych z sąsiadującej JO8
- dalsze dążenie do rozdziału systemu odprowadzania ścieków sanitarnych oraz wód deszczowych
- ograniczenie punktowego odprowadzania wód deszczowych i roztopowych do gruntu ze względu na obszary deformacji nieciągłych
- ograniczenie zabudowy w Dolinie Łużnika ze względu na możliwe podtopienia (zgodnie z zapisami SUIKZP)
- ograniczenie odpływu wód historycznymi rowami melioracyjnymi które odwadniają lasy i łąki - stosowanie zastawek i polderów ograniczających odpływ wód deszczowych i roztopowych

Numer jednostki odwodnieniowej: 7

Nazwa jednostki odwodnieniowej: Łużnik - Południe



Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej

Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej

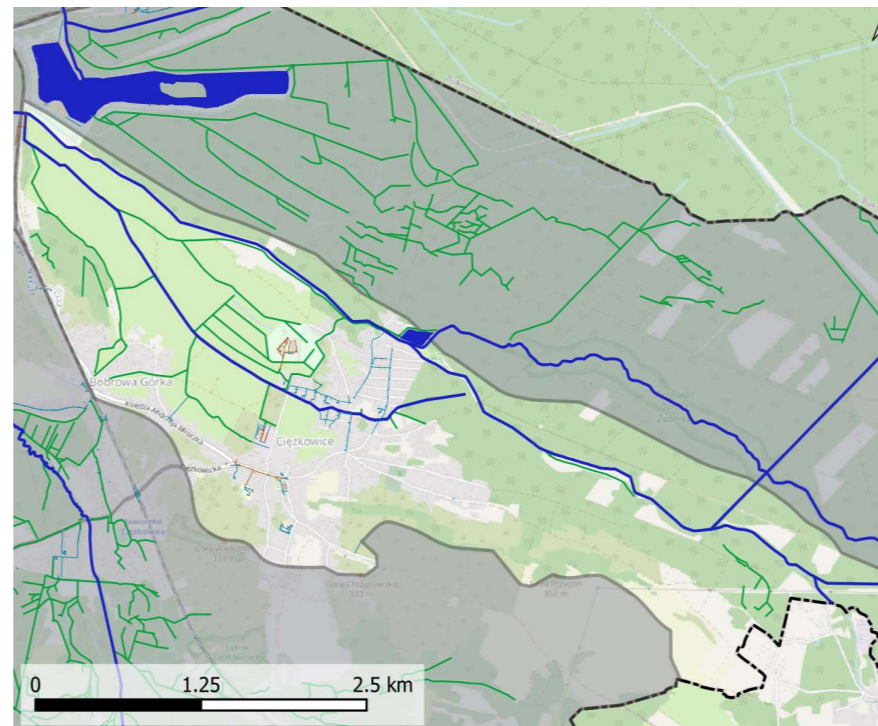
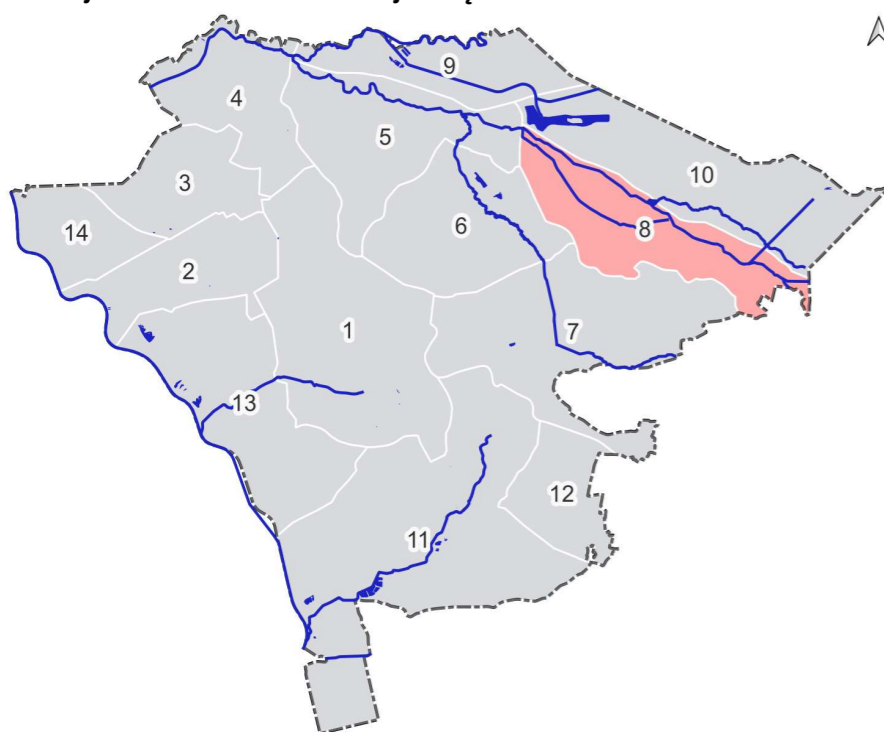
Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi

| | |
|--|--------------------|
| Powierzchnia | 1569,4 ha |
| Bilans powierzchni: | |
| powierzchnia biol. czynna | 91 % |
| tereny uszczelnione | 2 % |
| wody powierzchniowe | 0 % |
| tereny towarzyszące | 7 % |
| Przeważający typ zabudowy | las, pola uprawne, |
| System odwodnienia | KD, rowy |
| Główne odbiorniki wód | Łużnik |
| Zbiorniki wód | brak |
| Zalecany komfort kanalizacyjny p | 10 % |
| Oddziaływanie JO na inne jednostki | Łużnik - Północ |
| Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | |
| użytki ekologiczne | TAK |
| zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE |
| rezerваты | NIE |
| obszary chron. krajobrazu | TAK |
| natura 2000 SOO | TAK |

| |
|--|
| <p>PROBLEMY OBECNE</p> <ul style="list-style-type: none"> • częste zalania w okolicy przepustu przy ul. Ciężkowickiej, ze strony Łużnika; zagrożone podtopieniami są budynki jednorodzinne, drogi dojazdowe oraz pola uprawne • z silnie zmeliorowanej części lasu oraz łąk odprowadzane są wody deszczowe i roztopowe, zamiast być zatrzymane na obszarach niezagospodarowanych • w dzielnicy Wilkoszyn znajdują się cenne przyrodniczo łąki, które nie mają statusu chronionego • na obszarach zagospodarowanych (przy ul. Jesiennej/ Kasztanowej) występują obszary z III kategorii wpływów eksploatacji górniczej |
| <p>PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • w tej JO nie jest planowany wzrost uszczelnienia, ani zmiana rodzaju zagospodarowania • możliwy wzrost uszczelnienia w górnej zlewni rzeki Łużnik poza granicami miasta Jaworzno, spowoduje zwiększenie ilości napływających wód opadowych i roztopowych • niezaprzestanie odprowadzania wód deszczowych i roztopowych melioracyjnymi rowami będzie rokrocznie powodowało problemy z przepustowością rzeki Łużnik |

| |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych spoza obszarów będących w granicach administracyjnych Jaworzna • dalsze dążenie do rozdzielenia systemu odprowadzania ścieków sanitarnych oraz wód deszczowych • ograniczenie zabudowy w Dolinie Łużnika ze względu na możliwe podtopienia (zgodnie z zapisami SUIKZP) • zarezerwowanie terenów pod obiekty retencji i detencji wskazanych w SUIKZP, zalecana realizacja zbiorników bez piętrzenia czy grodzienia cieków • ograniczenie odpływu wód historycznymi rowami melioracyjnymi które odwadniają lasy i łąki - stosowanie zastawek i polderów ograniczających odpływ wód deszczowych i roztopowych |
|---|

Numer jednostki odwodnieniowej: 8
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Ciężkowice



Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej

| | |
|--|------------------------------------|
| Powierzchnia | 1002,5 ha |
| Bilans powierzchni: | |
| powierzchnia biol. czynna | 83 % |
| tereny uszczelnione | 3 % |
| wody powierzchniowe | 0 % |
| tereny towarzyszące | 14 % |
| Przeważający typ zabudowy | łąki, lasy, zabudowa jednorodzinna |
| System odwodnienia | KD, rowy |
| Główne odbiorniki wód | Kozi Bród, Dopływ spod Ciężkowic |
| Zbiorniki wód | brak |
| Zalecany komfort kanalizacyjny p | 20 % |
| Oddziaływanie JO na inne jednostki | Kozi Bród |
| Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | |
| użytki ekologiczne | NIE |
| zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE |
| rezerwaty | TAK |
| obszary chron. krajobrazu | NIE |
| natura 2000 SOO | NIE |

Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej

PROBLEMY OBECNE

- występują podtopienia budynków mieszkalnych na obszarach bez systemu KD (ul. Bobrowa Górka, Ks. Andrzeja Mrocza)
- obecnie w tej JO nie występują poważniejsze problemy związane z istniejącym systemem odwodnienia

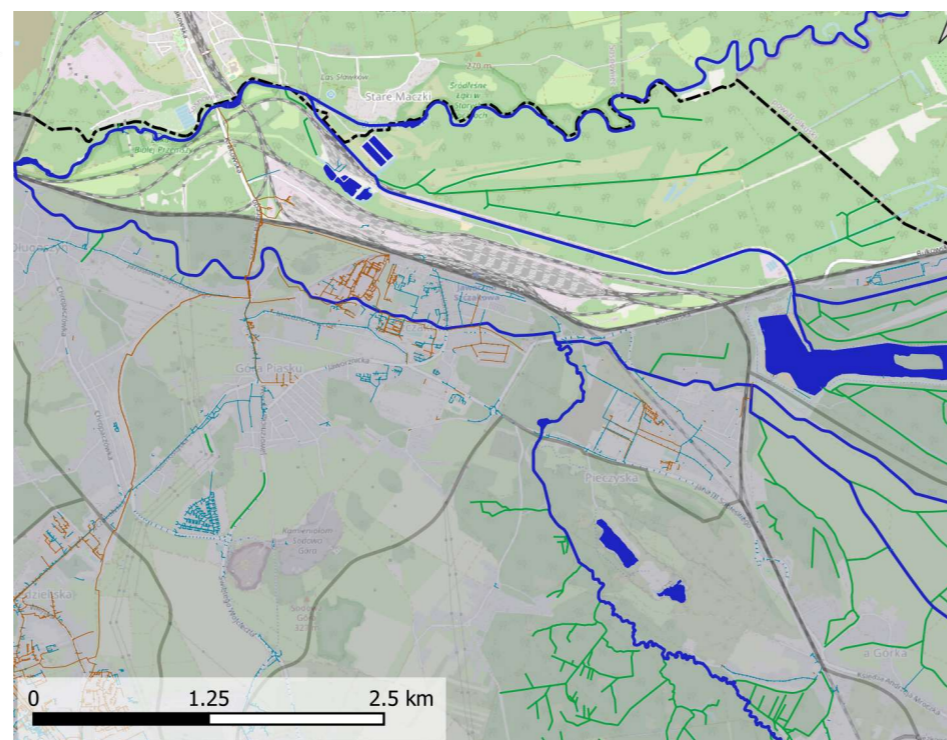
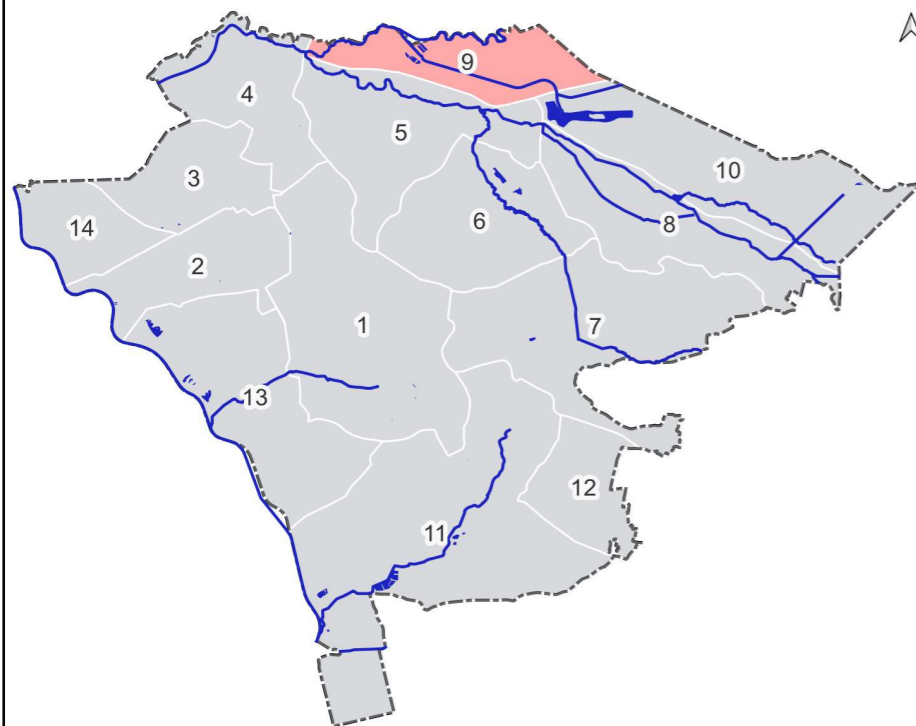
PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA

- prognoza zagospodarowania JO8 nie przewiduje znacznego wzrostu uszczelnienia, możliwe jest dogęszczanie istniejącej zabudowy, w tym w okolicy ul. Braci Śniadeckich
- możliwy wzrost uszczelnienia w górnej zlewni rzeki Koziego Brodu poza granicami miasta Jaworzno, spowoduje zwiększenie ilości napływających wód opadowych i roztopowych

Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi

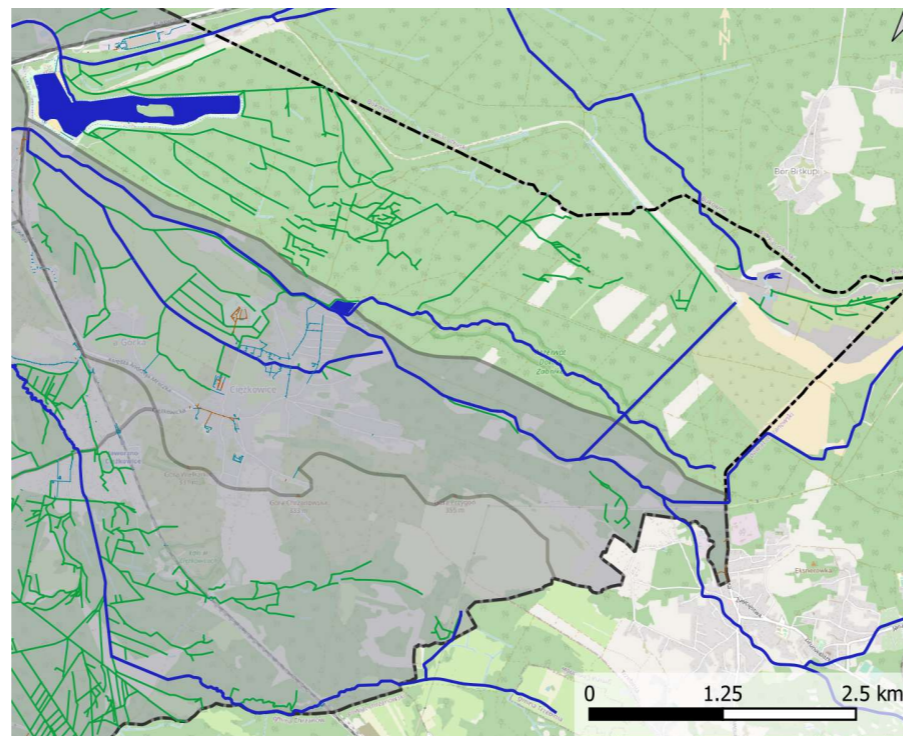
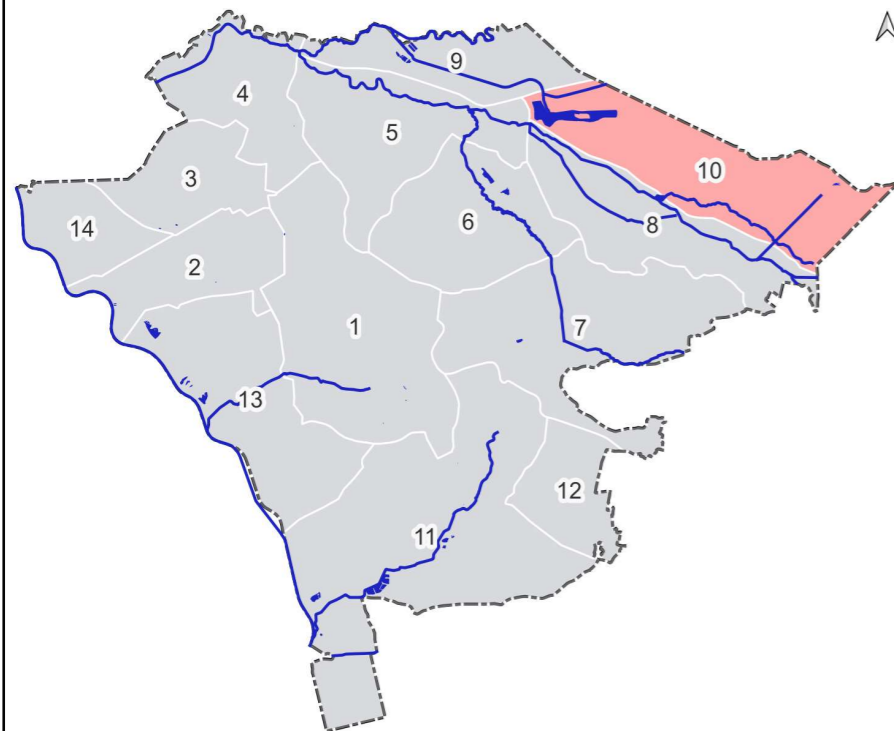
- uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych z obszarów poza granicami administracyjnymi Jaworzna
- uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych z sąsiadującej JO10
- dalsze dążenie do rozdziału systemu odprowadzania ścieków sanitarnych oraz wód deszczowych
- zarezerwowanie terenów pod obiekty retencji i detencji wskazanych w SUIKZP, zalecana realizacja zbiorników bez piętrzenia czy grodzienia cieków
- ograniczenie odpływu wód historycznymi rowami melioracyjnymi które odwadniają lasy i łąki - stosowanie zastawek i polderów ograniczających odpływ wód deszczowych i roztopowych
- zabezpieczenie infrastruktury krytycznej przez pogłębioną analizę systemu odwodnienia w jej bezpośrednim sąsiedztwie (szkoła)
- ograniczenie punktowego odprowadzania wód deszczowych i roztopowych do gruntu ze względu na obszary deformacji nieciągłych

Numer jednostki odwodnieniowej: 9
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Kanał Główny



| Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej | Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej | Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|----|---------------------|--|--|---------------------------|----|---|---------------------|---|---|---------------------|---|---|---------------------|----|---|---------------------------|--------------------|--|--------------------|----------|--|-----------------------|------------------------------|--|---------------|------|--|----------------------------------|----|---|------------------------------------|--------------------|--|--|--|--|--------------------|-----|--|-----------------------------|-----|--|-----------|-----|--|---------------------------|-----|--|-----------------|-----|--|--|---|
| <table border="0"> <tr> <td>Powierzchnia</td> <td>652,3</td> <td>ha</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Bilans powierzchni:</td> </tr> <tr> <td>powierzchnia biol. czynna</td> <td>83</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>tereny uszczelnione</td> <td>1</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>wody powierzchniowe</td> <td>3</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>tereny towarzyszące</td> <td>13</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Przeważający typ zabudowy</td> <td colspan="2">lasy, tereny kolei</td> </tr> <tr> <td>System odwodnienia</td> <td colspan="2">KO, rowy</td> </tr> <tr> <td>Główne odbiorniki wód</td> <td colspan="2">Biała Przemsza, Kanał Główny</td> </tr> <tr> <td>Zbiorniki wód</td> <td colspan="2">brak</td> </tr> <tr> <td>Zalecany komfort kanalizacyjny p</td> <td>10</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Oddziaływanie JO na inne jednostki</td> <td colspan="2">Lasy Długoszyńskie</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych:</td> </tr> <tr> <td>użytki ekologiczne</td> <td colspan="2">TAK</td> </tr> <tr> <td>zespoły przyr.-krajobrazowe</td> <td colspan="2">NIE</td> </tr> <tr> <td>rezerваты</td> <td colspan="2">NIE</td> </tr> <tr> <td>obszary chron. krajobrazu</td> <td colspan="2">NIE</td> </tr> <tr> <td>natura 2000 SOO</td> <td colspan="2">NIE</td> </tr> </table> | Powierzchnia | 652,3 | ha | Bilans powierzchni: | | | powierzchnia biol. czynna | 83 | % | tereny uszczelnione | 1 | % | wody powierzchniowe | 3 | % | tereny towarzyszące | 13 | % | Przeważający typ zabudowy | lasy, tereny kolei | | System odwodnienia | KO, rowy | | Główne odbiorniki wód | Biała Przemsza, Kanał Główny | | Zbiorniki wód | brak | | Zalecany komfort kanalizacyjny p | 10 | % | Oddziaływanie JO na inne jednostki | Lasy Długoszyńskie | | Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | | | użytki ekologiczne | TAK | | zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE | | rezerваты | NIE | | obszary chron. krajobrazu | NIE | | natura 2000 SOO | NIE | | <p style="text-align: center;">PROBLEMY OBECNE</p> <ul style="list-style-type: none"> • brak informacji o częstości działania przelewu burzowego z KO od Białej Przemszy • występują obszary o szczególnym znaczeniu ekohydrologicznym, niechronione prawnie (planowane rozszerzenie obszaru Natura2000) • obecnie w tej JO nie występują poważniejsze problemy związane z istniejącym systemem odwodnienia <p style="text-align: center;">PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • w tej JO nie jest planowany wzrost uszczelnienia, ani istotne zmiany zagospodarowania • postępujące zagospodarowanie w górnej zlewni rzeki Biała Przemsza oraz jej dopływach może spowodować wahania poziomu wód w rzece | <ul style="list-style-type: none"> • uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych z obszarów poza granicami administracyjnymi Jaworzna • uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych z sąsiadującej JO10 • wprowadzenie monitoringu działania przelewu burzowego KO do Białej Przemszy • ograniczenie zabudowy w Dolinie Białej Przemszy ze względu na możliwe podtopienia (zgodnie z zapisami SUiKZP) • ustalenie form ochrony przyrody na obszarach o szczególnym znaczeniu ekohydrologicznym |
| Powierzchnia | 652,3 | ha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bilans powierzchni: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| powierzchnia biol. czynna | 83 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny uszczelnione | 1 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| wody powierzchniowe | 3 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny towarzyszące | 13 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Przeważający typ zabudowy | lasy, tereny kolei | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| System odwodnienia | KO, rowy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Główne odbiorniki wód | Biała Przemsza, Kanał Główny | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zbiorniki wód | brak | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zalecany komfort kanalizacyjny p | 10 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oddziaływanie JO na inne jednostki | Lasy Długoszyńskie | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| użytki ekologiczne | TAK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| rezerваты | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| obszary chron. krajobrazu | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| natura 2000 SOO | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Numer jednostki odwodnieniowej: 10
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Dolina Żabnika



Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej

| | | |
|--|--------------------------|---|
| Powierzchnia | 1340,9 ha | |
| Bilans powierzchni: | | |
| powierzchnia biol. czynna | 91 | % |
| tereny uszczelnione | 0 | % |
| wody powierzchniowe | 3 | % |
| tereny towarzyszące | 6 | % |
| Przeważający typ zabudowy | lasy | |
| System odwodnienia | rowy | |
| Główne odbiorniki wód | Żabnik, Jaworznik | |
| Zbiorniki wód | Zbiornik Sosina | |
| Zalecany komfort kanalizacyjny p | 10 | % |
| Oddziaływanie JO na inne jednostki | Ciężkowice, Kanał Główny | |
| Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | | |
| użytki ekologiczne | NIE | |
| zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE | |
| rezerваты | TAK | |
| obszary chron. krajobrazu | NIE | |
| natura 2000 SOO | NIE | |

Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej

PROBLEMY OBECNE

- występują podtopienia wzdłuż ul. Bukowskiej, spowodowane brakiem systemu odprowadzania wód deszczowych i roztopowych
- z silnie zmeliorowanej części lasu oraz łąk odprowadzane są wody deszczowe i roztopowe, zamiast być zatrzymane na obszarach niezagospodarowanych

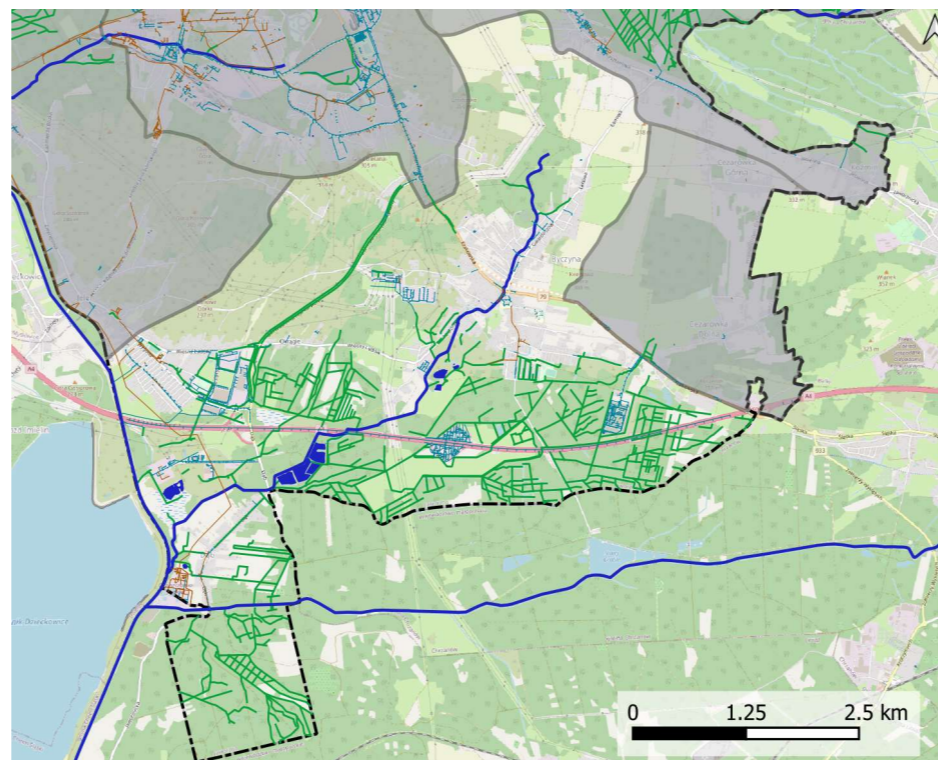
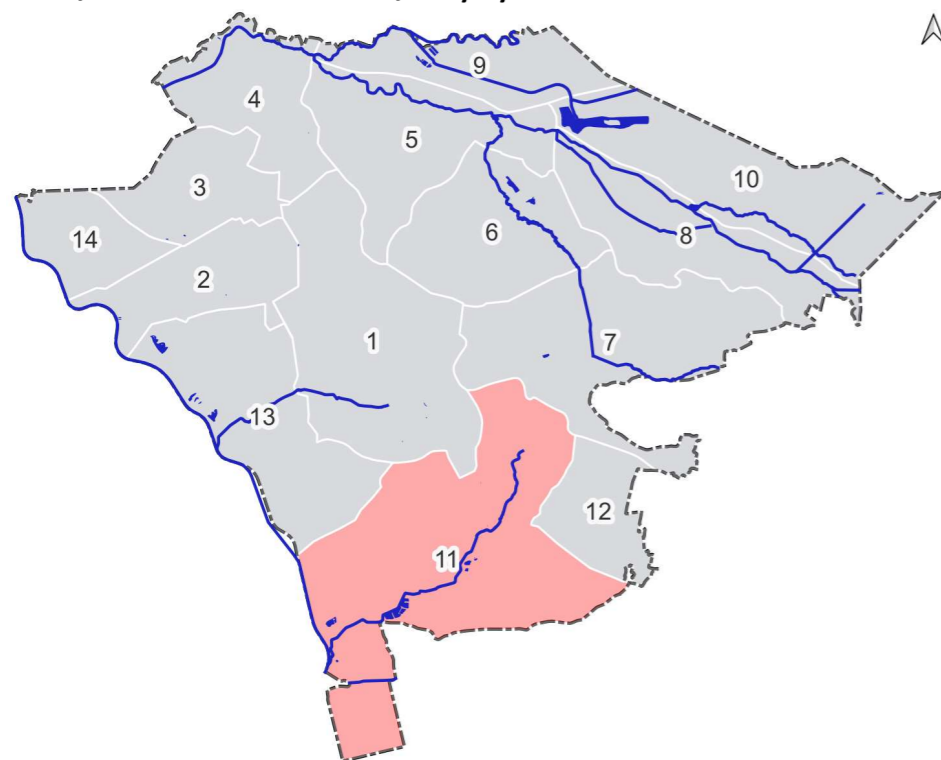
PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA

- w tej JO nie jest planowany wzrost uszczelnienia, ani zmiana rodzaju zagospodarowania
- postępujące zagospodarowanie w górnej zlewni rzek Żabnik, Jaworznik oraz Kanału Głównego może spowodować wahania poziomu wód w rzece
- nieograniczone odprowadzanie wód deszczowych i roztopowych melioracyjnymi rowami może w przyszłości powodować problemy z przepustowością Kanału Głównego w okolicy Zalewu Sosina i przepustu pod torowiskiem

Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi

- uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych spoza obszarów będących w granicach administracyjnych Jaworzna
- monitoring stanu hydrologicznego Sztoły, która może zaniknąć po zamknięciu kopalni należącej do ZGH Bolesław i wpływu tej sytuacji na reżim hydrologiczny cieków w tej JO
- ograniczenie odpływu wód historycznymi rowami melioracyjnymi które odwadniają lasy i łąki - stosowanie zastawek i polderów ograniczających odpływ wód deszczowych i roztopowych
- ustalenie form ochrony przyrody na obszarach o szczególnym znaczeniu ekohydrologicznym

Numer jednostki odwodnieniowej: 11
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Byczynka



Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej

| | | |
|--|--------------------------|---|
| Powierzchnia | 2520,5 ha | |
| Bilans powierzchni: | | |
| powierzchnia biol. czynna | 85 | % |
| tereny uszczelnione | 4 | % |
| wody powierzchniowe | 1 | % |
| tereny towarzyszące | 10 | % |
| Przeważający typ zabudowy | lasy, pola uprawne, łąki | |
| System odwodnienia | KD, KO, rowy | |
| Główne odbiorniki wód | OŚ Dąb, Byczynka | |
| Zbiorniki wód | kompleks stawów "Belnik" | |
| Zalecany komfort kanalizacyjny p | 20 | % |
| Oddziaływanie JO na inne jednostki | - | |
| Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | | |
| użytki ekologiczne | TAK | |
| zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE | |
| rezerваты | NIE | |
| obszary chron. krajobrazu | NIE | |
| natura 2000 SOO | NIE | |

Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej

PROBLEMY OBECNE

- występują powtarzające się podtopienia budynków mieszkalnych na obszarach bez systemu KD lub KO (ul. Makowa, Wiosny Ludów, Nauczycielska, Abstorskich, Gen. Józefa Hallera)
- lokalnie zbyt mała przepustowość sieci KO przy ul. Banasika (sąsiedztwo infrastruktury krytycznej - szkoła)
- wylania/podtopienia z KO stanowią zagrożenie higieniczno-sanitarne
- występują obszary o szczególnym znaczeniu ekohydrologicznym, nie chronione prawnie

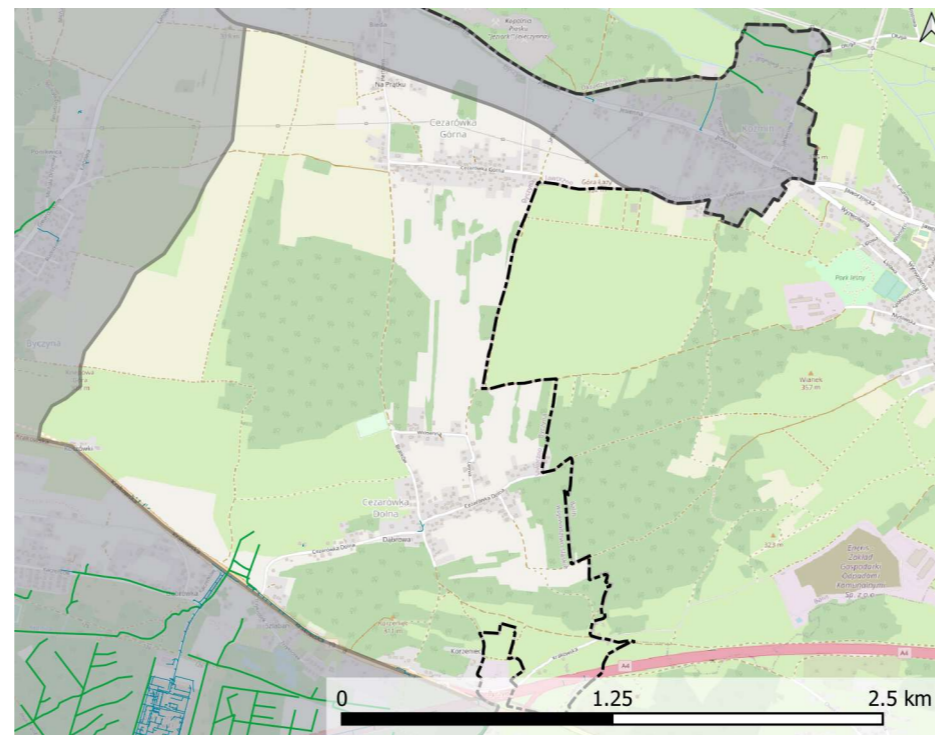
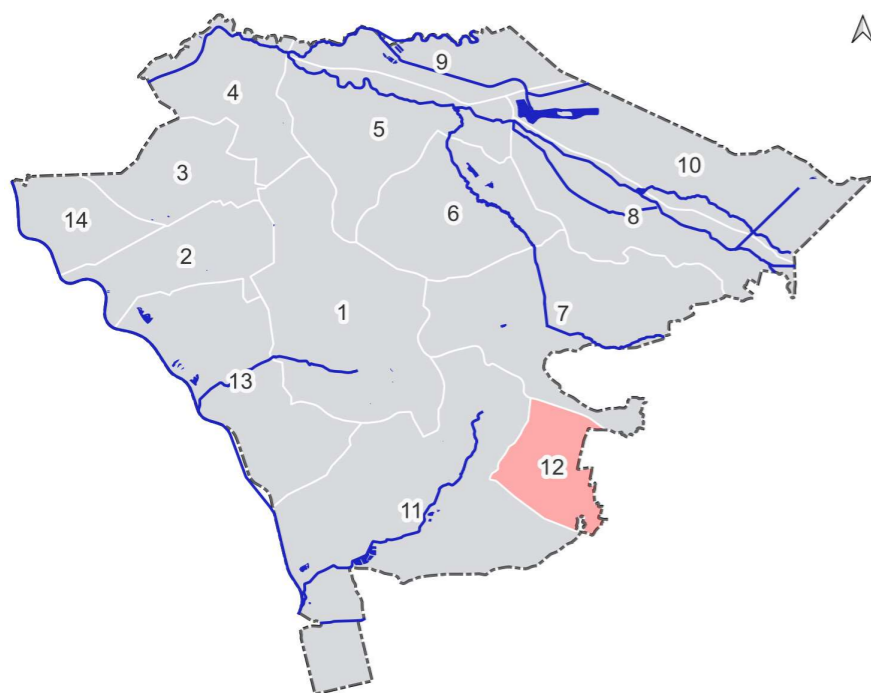
PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA

- prognoza zagospodarowania JO11 wskazuje na znaczny przyrost powierzchni usługowych i usługowo-produkcyjnych (pomiędzy ul. Wiosny Ludów i autostradą A4, w sąsiedztwie MOP Kępnic, ul. Rozwojową, ul. admirała Andrzeja Karwety oraz ul. Kaczeńców)
- również w JO1, której system KD częściowo ciąży do systemu JO1, prognozowany jest wzrost uszczelnienia

Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi

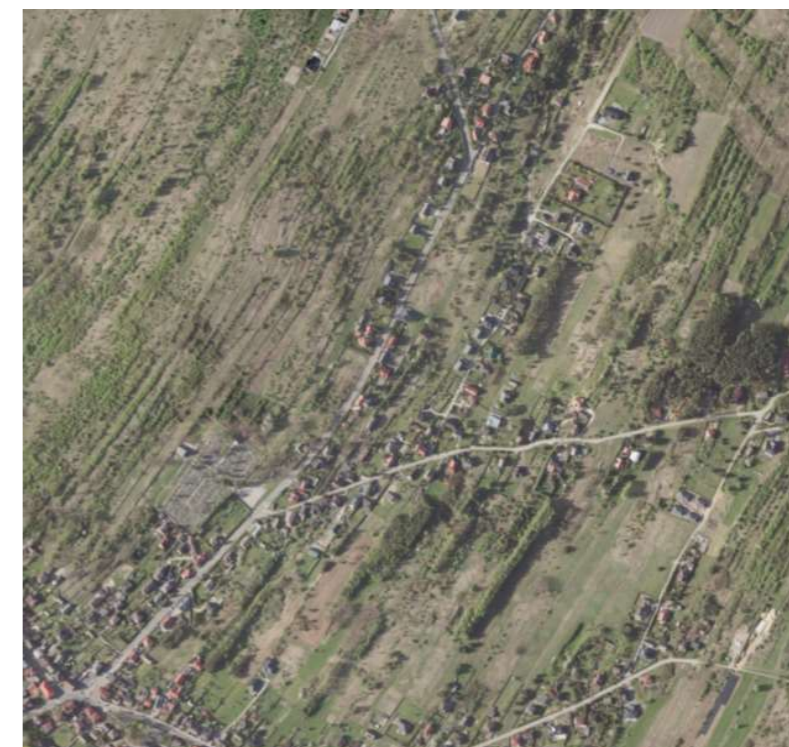
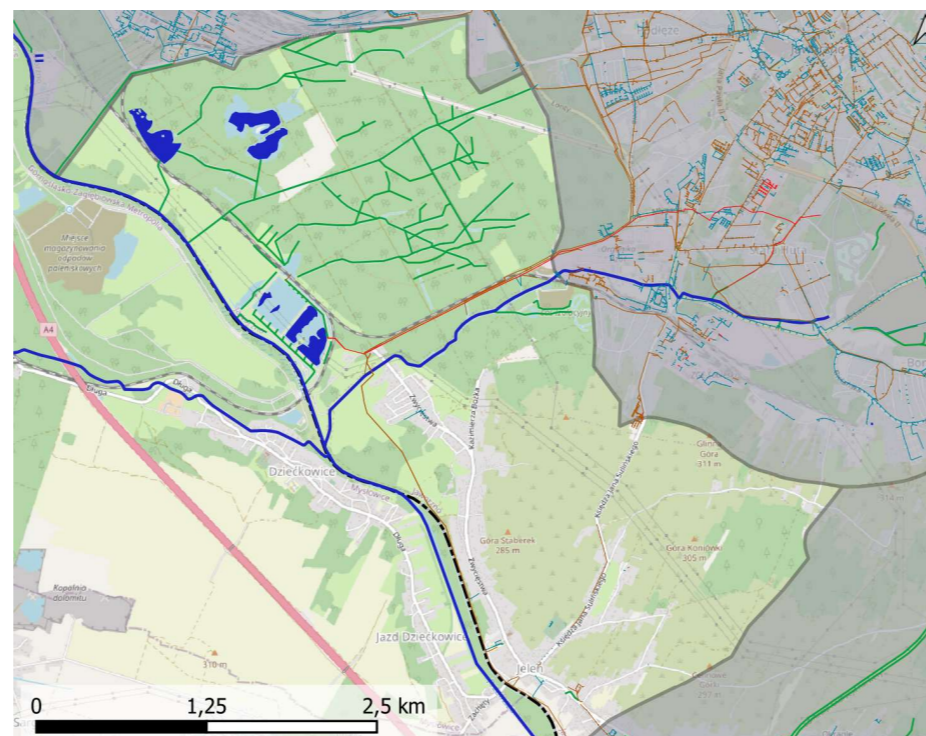
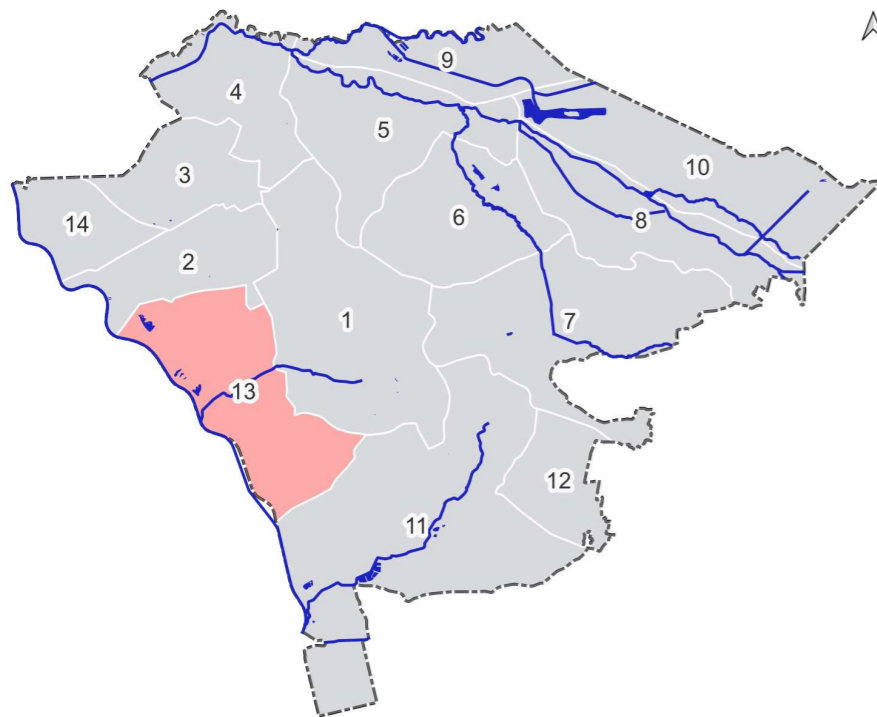
- uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych spoza obszarów będących w granicach administracyjnych Jaworzna
- uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych z sąsiadujących JO10, JO12, JO13
- ograniczenie odpływu wód historycznymi rowami melioracyjnymi które odwadniają lasy i łąki - stosowanie zastawek i polderów ograniczających odpływ wód deszczowych i roztopowych
- zabezpieczenie infrastruktury krytycznej przez pogłębioną analizę systemu odwodnienia w jej bezpośrednim sąsiedztwie (szkoła)
- ograniczenie zabudowy w Dolinie Przemszy ze względu na możliwe podtopienia (zgodnie z zapisami SUiKZP)
- zarezerwowanie terenów pod obiekty retencji i detencji wskazanych w SUiKZP, realizacja zbiorników bez piętrzenia czy grodzenia cieków
- ograniczenie zabudowy na głównych osiach spływu powierzchniowego (suche dolinki)

Numer jednostki odwodnieniowej: 12
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Cezarówka



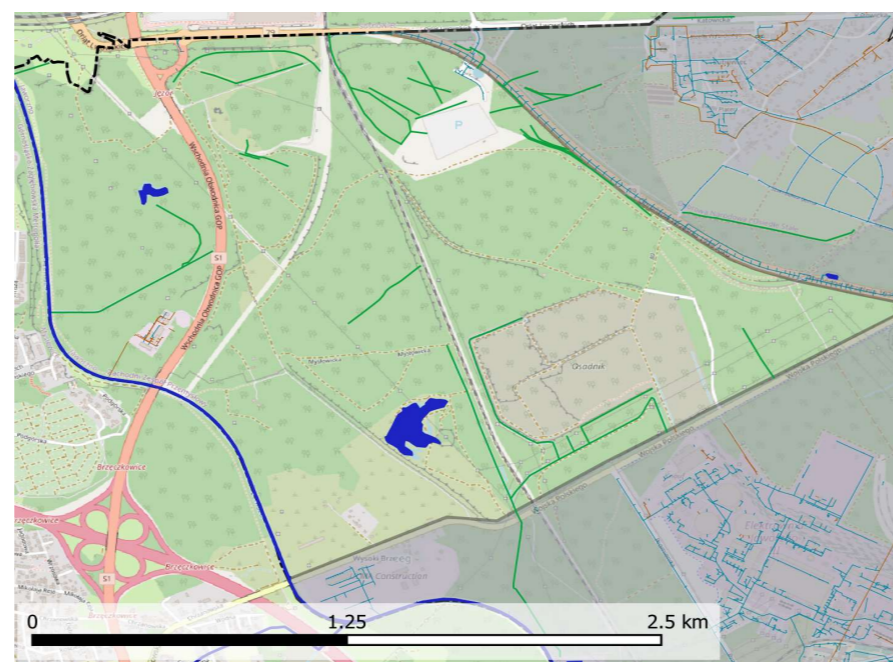
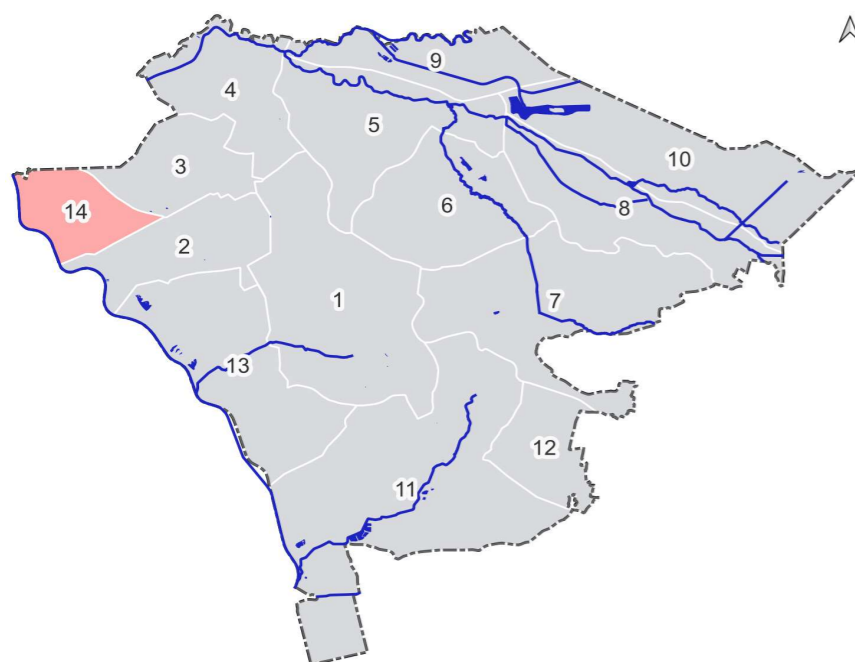
| Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej | Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej | Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---------------------|---|---|---------------------|---|---|---------------------|---|---|--------------------|-----|----------------------------|-----|-----------|-----|---------------------------|-----|-----------------|-----|--|--|
| <p>Powierzchnia 494,6 ha</p> <p>Bilans powierzchni:</p> <table border="0"> <tr><td>powierzchnia biol. czynna</td><td>91</td><td>%</td></tr> <tr><td>tereny uszczelnione</td><td>2</td><td>%</td></tr> <tr><td>wody powierzchniowe</td><td>0</td><td>%</td></tr> <tr><td>tereny towarzyszące</td><td>7</td><td>%</td></tr> </table> <p>Przeważający typ zabudowy lasy, pola uprawne</p> <p>System odwodnienia -</p> <p>Główne odbiorniki wód Byczynka</p> <p>Zbiorniki wód brak</p> <p>Zalecany komfort kanalizacyjny p 10 %</p> <p>Oddziaływanie JO na inne jednostki Byczynka</p> <p>Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych:</p> <table border="0"> <tr><td>użytki ekologiczne</td><td>TAK</td></tr> <tr><td>zespoły przyr-krajobrazowe</td><td>NIE</td></tr> <tr><td>rezerваты</td><td>NIE</td></tr> <tr><td>obszary chron. krajobrazu</td><td>NIE</td></tr> <tr><td>natura 2000 SOO</td><td>NIE</td></tr> </table> | powierzchnia biol. czynna | 91 | % | tereny uszczelnione | 2 | % | wody powierzchniowe | 0 | % | tereny towarzyszące | 7 | % | użytki ekologiczne | TAK | zespoły przyr-krajobrazowe | NIE | rezerваты | NIE | obszary chron. krajobrazu | NIE | natura 2000 SOO | NIE | <p style="text-align: center;">PROBLEMY OBECNE</p> <ul style="list-style-type: none"> na obszarach zagospodarowanych (od ul. Cezarówka Dolna w kierunku północnym) występują obszary z III kategorii wpływów eksploatacji górniczej obecnie w tej JO nie występują poważniejsze problemy związane z istniejącym systemem odwodnienia <p style="text-align: center;">PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA</p> <ul style="list-style-type: none"> prognoza zagospodarowania JO12 nie przewiduje znacznego wzrostu uszczelnienia, jedynie planuje się dogęszczanie istniejących terenów zabudowanych przy ul. Bratków i Cezarówka Dolna postępujące zagospodarowanie w górnej zlewni (wieś Balin) może spowodować niekontrolowany napływ wód deszczowych oraz roztopowych do tej JO, ze względu na brak systemu kanalizacji/rowów | <ul style="list-style-type: none"> zarezerwowanie terenów pod obiekty retencji i detencji wskazanych w SUIKZP ograniczenie zabudowy na głównych osiach spływu powierzchniowego (suche dolinki) |
| powierzchnia biol. czynna | 91 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny uszczelnione | 2 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| wody powierzchniowe | 0 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny towarzyszące | 7 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| użytki ekologiczne | TAK | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| zespoły przyr-krajobrazowe | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| rezerваты | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| obszary chron. krajobrazu | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| natura 2000 SOO | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Numer jednostki odwodnieniowej: 13
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: Wąwolnica



| Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej | Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej | Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---------------------|--|---------------------------|------|---------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|---------------------------|------------|--------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|----------------------------------|------|------------------------------------|----------|--|--|--------------------|-----|----------------------------|-----|-----------|-----|---------------------------|-----|-----------------|-----|--|--|
| <table border="0"> <tr> <td>Powierzchnia</td> <td>1269,3 ha</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Bilans powierzchni:</td> </tr> <tr> <td>powierzchnia biol. czynna</td> <td>88 %</td> </tr> <tr> <td>tereny uszczelnione</td> <td>2 %</td> </tr> <tr> <td>wody powierzchniowe</td> <td>1 %</td> </tr> <tr> <td>tereny towarzyszące</td> <td>9 %</td> </tr> <tr> <td>Przeważający typ zabudowy</td> <td>lasy, łąki</td> </tr> <tr> <td>System odwodnienia</td> <td>rowy, KD, KO</td> </tr> <tr> <td>Główne odbiorniki wód</td> <td>OŚ Dąb, Wąwolnica, Przemsza</td> </tr> <tr> <td>Zbiorniki wód</td> <td>Zalewisko "Łęg"</td> </tr> <tr> <td>Zalecany komfort kanalizacyjny p</td> <td>10 %</td> </tr> <tr> <td>Oddziaływanie JO na inne jednostki</td> <td>Byczynka</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych:</td> </tr> <tr> <td>użytki ekologiczne</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>zespoły przyr-krajobrazowe</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>rezerваты</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>obszary chron. krajobrazu</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td>natura 2000 SOO</td> <td>NIE</td> </tr> </table> | Powierzchnia | 1269,3 ha | Bilans powierzchni: | | powierzchnia biol. czynna | 88 % | tereny uszczelnione | 2 % | wody powierzchniowe | 1 % | tereny towarzyszące | 9 % | Przeważający typ zabudowy | lasy, łąki | System odwodnienia | rowy, KD, KO | Główne odbiorniki wód | OŚ Dąb, Wąwolnica, Przemsza | Zbiorniki wód | Zalewisko "Łęg" | Zalecany komfort kanalizacyjny p | 10 % | Oddziaływanie JO na inne jednostki | Byczynka | Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | | użytki ekologiczne | NIE | zespoły przyr-krajobrazowe | NIE | rezerваты | NIE | obszary chron. krajobrazu | NIE | natura 2000 SOO | NIE | <p style="text-align: center;">PROBLEMY OBECNE</p> <ul style="list-style-type: none"> występują powtarzalne podtopienia budynków mieszkalnych na obszarach bez systemu KD lub KO (ul. Lipinka, Ks. Jana Sulińskiego, Nadrzeczna i Zwycięstwa) w górnym odcinku Wąwolnicy, przy granicy z JO1, istnieje składowisko odpadów niebezpiecznych, z którego odcieki wód deszczowych lub roztopowych przenoszą zanieczyszczenia w dół biegu Wąwolnicy brak informacji o częstotliwości działania przelewu burzowego z KO do Wąwolnicy, a przez to brak kontroli nad ładunkiem zanieczyszczeń na obszarach niezagospodarowanych (wzdłuż torwiska) występują obszary z IV kategorii wpływów eksploatacji górniczej północno-wsch. część JO13 położona jest w zasięgu dawnej płytkiej eksploatacji górniczej, możliwe zapadliska, co ogranicza zastosowanie infiltracji w trakcie wysokiego stanu wody na Przemszy występuje cofka do Wąwolnicy między rzekami Przemsza i Wąwolnica istnieje strefa ochrony ujęcia Dąbrowski <p style="text-align: center;">PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA</p> <ul style="list-style-type: none"> prognoza zagospodarowania JO13 nie przewiduje znacznego wzrostu uszczelnienia, możliwe dogęszczanie istn. zabudowy na osiedlu Jeleń w JO1, której system KO ciąży do KO w JO13 prognozowany jest wzrost uszczelnienia | <ul style="list-style-type: none"> uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych z sąsiadujących JO1 i JO2 wprowadzenie monitoringu działania przelewu burzowego KO do Wąwolnicy ograniczenie ilości wód opadowych wprowadzanych do Wąwolnicy w celu ograniczenia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń ze składowiska odpadów niebezpiecznych ograniczenie punktowego odprowadzania wód deszczowych i roztopowych do gruntu ze względu na obszary deformacji nieciągłych ograniczenie zabudowy w Dolinie Przemszy ze względu na możliwe podtopienia (zgodnie z zapisami SUIKZP) ograniczenie zabudowy na głównych osiach spływu powierzchniowego (suche dolinki) |
| Powierzchnia | 1269,3 ha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bilans powierzchni: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| powierzchnia biol. czynna | 88 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny uszczelnione | 2 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| wody powierzchniowe | 1 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny towarzyszące | 9 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Przeważający typ zabudowy | lasy, łąki | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| System odwodnienia | rowy, KD, KO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Główne odbiorniki wód | OŚ Dąb, Wąwolnica, Przemsza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zbiorniki wód | Zalewisko "Łęg" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zalecany komfort kanalizacyjny p | 10 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oddziaływanie JO na inne jednostki | Byczynka | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| użytki ekologiczne | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| zespoły przyr-krajobrazowe | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| rezerваты | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| obszary chron. krajobrazu | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| natura 2000 SOO | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Numer jednostki odwodnieniowej: 14
 Nazwa jednostki odwodnieniowej: JOG



| Charakterystyka hydrologiczna jednostki urbanistycznej | Identyfikacja problemów wynikających z aktualnego i planowanego zagospodarowania na obszarze jednostki urbanistycznej | Zalecenia i wytyczne zównoważonego planowania przestrzennego w obszarze gospodarki wodami opadowymi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---------------------|--|---------------------------|------|---------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|------|---------------------------|------|--------------------|----------|-----------------------|----------|---------------|------|----------------------------------|------|------------------------------------|--------------------|--|--|--------------------|-----|-----------------------------|-----|-----------|-----|---------------------------|-----|-----------------|-----|---|--|
| <table border="0"> <tr> <td>Powierzchnia</td> <td>473,5 ha</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Bilans powierzchni:</td> </tr> <tr> <td> powierzchnia biol. czynna</td> <td>88 %</td> </tr> <tr> <td> tereny uszczelnione</td> <td>2 %</td> </tr> <tr> <td> wody powierzchniowe</td> <td>0 %</td> </tr> <tr> <td> tereny towarzyszące</td> <td>10 %</td> </tr> <tr> <td>Przeważający typ zabudowy</td> <td>lasy</td> </tr> <tr> <td>System odwodnienia</td> <td>rowy, KD</td> </tr> <tr> <td>Główne odbiorniki wód</td> <td>Przemsza</td> </tr> <tr> <td>Zbiorniki wód</td> <td>brak</td> </tr> <tr> <td>Zalecany komfort kanalizacyjny p</td> <td>10 %</td> </tr> <tr> <td>Oddziaływanie JO na inne jednostki</td> <td>Zespół Przemysłowy</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych:</td> </tr> <tr> <td> użytki ekologiczne</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td> zespoły przyr.-krajobrazowe</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td> rezerваты</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td> obszary chron. krajobrazu</td> <td>NIE</td> </tr> <tr> <td> natura 2000 SOO</td> <td>NIE</td> </tr> </table> | Powierzchnia | 473,5 ha | Bilans powierzchni: | | powierzchnia biol. czynna | 88 % | tereny uszczelnione | 2 % | wody powierzchniowe | 0 % | tereny towarzyszące | 10 % | Przeważający typ zabudowy | lasy | System odwodnienia | rowy, KD | Główne odbiorniki wód | Przemsza | Zbiorniki wód | brak | Zalecany komfort kanalizacyjny p | 10 % | Oddziaływanie JO na inne jednostki | Zespół Przemysłowy | Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | | użytki ekologiczne | NIE | zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE | rezerваты | NIE | obszary chron. krajobrazu | NIE | natura 2000 SOO | NIE | <p style="text-align: center;">PROBLEMY OBECNE</p> <ul style="list-style-type: none"> • znaczna część obszaru położona jest w zasięgu dawnej płytkiej eksploatacji górniczej, co może powodować zapadliska oraz ogranicza możliwości infiltracyjne gruntów (część północna JO) • na obszarze tej JO zlokalizowane są składowiska odpadów pogórnich, co prowadzi do zanieczyszczenia wód powierzchniowych <p style="text-align: center;">PROBLEMY WYNIKAJĄCE Z PLANOWANEGO ZAGOSPODAROWANIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • prognoza zagospodarowania JO14 przewiduje znaczny wzrost uszczelnienia wynikający przede wszystkim z planowanego Jaworznickiego Obszaru Gospodarczego, co spowoduje zwiększenie ilości odpływających wód opadowych i roztopowych z tego obszaru • możliwy wzrost uszczelnienia w dzielnicy Sosnowiec-Jęzor poza granicami miasta Jaworzno, co spowoduje napływ wód deszczowych i roztopowych do tej jednostki | <ul style="list-style-type: none"> • uwzględnienie potencjalnych zewnętrznych obciążeń hydraulicznych spoza obszarów będących w granicach administracyjnych Jaworzna • ograniczenie punktowego odprowadzania wód deszczowych i roztopowych do gruntu ze względu na obszary deformacji nieciągłych • ograniczenie zabudowy w Dolinie Przemszy ze względu na możliwe podtopienia (zgodnie z zapisami SUIKZP) • na etapie ewentualnej realizacji obiektów przemysłowych wymagających wylesiania obszarów o większej powierzchni konieczne jest uważne zaplanowanie dział chroniących odśłanianą glebę przed wymywaniem • prognozowana forma zagospodarowania tego obszaru wymaga odrębnej analizy koncepcyjnej zależnej od planów inwestora; na warunki odwodnienia i retencji w tym terenie będą miały wpływ przeszłe użytkowanie, potencjalne zanieczyszczenie terenu i układ infrastruktury podziemnej terenu, na dzisiaj mało rozpoznany; zagadnienia odwodnienia i retencji powinny zostać uwzględnione w formie całościowego opracowania determinującego sposób zagospodarowania i powiązanego z sąsiednimi jednostkami funkcjonalnymi; celem w zakresie wód opadowych powinno być odzyskanie możliwie największych spójnych obszarów na potrzeby retencji wód opadowych i przywracania naturalnego obiegu wody w przyrodzie, z uwzględnieniem nasadzeń itp. |
| Powierzchnia | 473,5 ha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bilans powierzchni: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| powierzchnia biol. czynna | 88 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny uszczelnione | 2 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| wody powierzchniowe | 0 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| tereny towarzyszące | 10 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Przeważający typ zabudowy | lasy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| System odwodnienia | rowy, KD | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Główne odbiorniki wód | Przemsza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zbiorniki wód | brak | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zalecany komfort kanalizacyjny p | 10 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oddziaływanie JO na inne jednostki | Zespół Przemysłowy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Obszary wrażliwe ze względu na zmianę stosunków wodnych: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| użytki ekologiczne | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| zespoły przyr.-krajobrazowe | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| rezerваты | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| obszary chron. krajobrazu | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| natura 2000 SOO | NIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

8 Sformułowanie wytycznych do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego w zakresie odprowadzenia wód opadowych i roztopowych

Myślenie zlewniowe w dziedzinie wód opadowych jest wdrażane w Jaworznie już od lat, czego efektem są m.in. zapisy w SUIKZP z 2015, jak i w jego zmianie uchwalonej w 2020 r. Zapisy te uwzględniają zrównoważone podejście do wód opadowych zarówno w większej skali, m.in. przez ograniczenia zabudowy na głównych osiach spływu powierzchniowego (dolinki cieków, suche dolinki), jak i w skali mniejszej, np. przez promowanie systemów małej retencji jako równoważnych z klasycznymi systemami odwodnienia i ograniczanie powierzchni nieprzepuszczalnych.

Podejście to jest kontynuowane i uszczegóławiane w Miejscowych Planach Zagospodarowania Przestrzennego. Szczególnie warte uwagi i dalszego rozpowszechniania w kontekście gospodarki wodami opadowymi są zapisy takie jak:

- przewidujące rezerwy terenu pod zbiorniki retencyjne,
- zakazujące zabudowy na terenach zagrożonych powodzią,
- nakazujące zachowanie ciągłości istniejących systemów melioracji wodnych.

Poniżej w punktach zestawiono wytyczne dotyczących różnych komponentów systemu odwodnieniowego adekwatne do skali miasta.

W każdym z poniżej wzmiankowanych zaleceń (8.1 – 8.4) należy w realizacji uwzględnić skomplikowaną budowę geologiczną Jaworzna, by unikać np. niekontrolowanych przepływów wód pod ziemią i infiltracji wód niewystarczająco podczyszczonych.

8.1 Zalecenia o charakterze ogólnym w tym dotyczące tworzenia błękitno-zielonej infrastruktury (BZI)

- Rozbudowa twardej infrastruktury powinna zostać powiązana z systemem wsparcia rozwoju mikroretencji i stymulowania infiltracji wód do gruntu i nie może być jedyną formą radzenia sobie z zagrożeniami będącymi wynikiem postępu urbanizacji i zmian klimatycznych.
- Obok kwestii podtopień powinny zostać podjęte działania umożliwiające ograniczenie skutków suszy. Oznacza to położenie akcentu na rozwój zielono-niebieskiej infrastruktury, zwiększenie udziału stojących wód powierzchniowych w mieście (oczka, stawy, zbiorniki powierzchniowe), zwiększenie dostępu mieszkańców do wód, w tym dostępności do cieków na przykład poprzez tworzenie parków rzecznych.
- W długofalowej polityce planistycznej skuteczniejsze jest rozproszenie retencji. Lokalizowanie dużych zbiorników retencyjnych przed wylotami sieci do odbiornika jest przeważnie zbyt kosztowne i dość często nieskuteczne.

- Korzystne byłoby zwrócenie uwagi na powiązanie wód deszczowych z potrzebą podlewania zieleni i utrzymania czystości w mieście. W planowaniu przestrzennym może to przekładać się na dążenie do utworzenia większej liczby zbiorników retencyjnych z możliwością poboru wody, projektowanie zieleni o wysokiej jakości uzyskanej dzięki tworzeniu oczek wodnych, odtwarzaniu rowów i zbiorników w parkach i obszarach zieleni miejskiej, utrzymaniu możliwie zbliżonego do naturalnego stanu cieków, stymulowaniu powstawania ogrodów deszczowych, itd. Działania te dodatkowo sprzyjać będą zwiększeniu bioróżnorodności w zieleni miejskiej.
- Należy dążyć do zwiększenia udziału infiltracji wód i obniżenia uszczelnienia powierzchni miasta. Nie oznacza to tylko zwiększenia powierzchni biologicznie czynnych, choć to kluczowe zagadnienie. Współcześnie stosuje się w tym zakresie całą gamę rozwiązań technicznych, które z powodzeniem zastępują utwardzone powierzchnie szczelne. Należy dążyć do zachowania rezerwy terenów na cele retencji wód opadowych przy tworzeniu nowych planów zagospodarowania.
- Należy dążyć do zwiększenia retencyjności zieleni miejskiej poprzez unikanie monokultury trawników koszonych i zastępowanie jej roślinami o wyższej zdolności retencyjnej i lepszych warunkach do ewapotranspiracji (łąki kwietne, obszary niekoszone, zieleń wysoka). Sprzyja to także bioróżnorodności.

8.2 Zalecenia dotyczące metod odwadniania

- Należy preferować systemy odwodnienia powierzchniowego nad systemami rurowymi. Unikać instalowania wpustów i systemów rurowych, szczególnie w przypadku dróg osiedlowych, bocznych uliczek o niskiej intensywności ruchu.
- Pas drogowy powinien być na tyle szeroki, aby zmieścić odwodnienie w formie powierzchniowej, możliwie naturalnej np. muld chłonnych i nie wymagał budowy głębokich rowów lub odwodnień rurowych i retencji.
- W obszarach o wysokim stopniu uszczelnienia i planowanych pod gęstą zabudowę lub zabudowę przemysłową, należy zapewnić co najmniej 10% powierzchni z obszarów biologicznie czynnych jako zamkniętych jedną obwiednią (czyli nie podzielonych na kawałki) spójnych obszarów przeznaczonych na teren zieleni z funkcją retencyjną.
- Wprowadzić powszechne stosowanie układu, w którym woda z chodnika zlewa się na trawnik lub wprost zasila zieleń miejską (drzewa!), a nie jest od niego oddzielona krawężnikiem i skierowana do systemu odwodnienia ulicy.
- Zwiększeniu sieci rozwiązań BZI sprzyjać powinno ich zasilanie bezpośrednio wodami niezanieczyszczonymi z dachów. Dlatego należy dążyć do niełączenia wód niezanieczyszczonych i wód z odwodnienia ulic i chodników, a wody niezanieczyszczone należy kierować do odbiorników poprzez układy BZI.

8.3 Zalecenia dotyczące szczególnej ochrony cieków, rowów i odbiorników powierzchniowych i tworzenia przestrzeni ekotonowych wzdłuż cieków

- Znaczne obszary Jaworzna odwadniane są poprzez siatkę rowów i melioracji, której stan powinien być rozsądnie utrzymywany. Obszary te często poddane są wyjątkowo silnej presji urbanizacyjnej, co przy niewystarczającej ochronie systemu przed jego nieskoordynowanym przekształcaniem nie tylko zwiększa ryzyko podtopień, ale też ogranicza rozwój sąsiednich obszarów i uniemożliwia poszukiwanie skutecznych, tanich rozwiązań w przyszłości.
- Należy chronić biologiczną ciągłość ekosystemów miejskich, w tym przede wszystkim ekosystemów rzek, zapewniając wzdłuż ich koryt strefy ekotonowe.
- Cieki w mieście powinny podlegać szczególnej trosce ukierunkowanej na utrzymanie ciągłości ich ekosystemów, umożliwienie migracji gatunków w tym ryb oraz bezwzględny zakaz ich zabudowy i ograniczania korytarzy rzecznych.
- Obszar utrzymania cieków powinien obejmować całą działkę właściciela wody na rozpatrywanym odcinku, absolutnie nie może być zmniejszany, a jego szerokość powinna wynosić co najmniej pięciokrotność szerokości zwierciadła wody dwuletniej, czyli przepływu o prawdopodobieństwie Q50%; lokalne przewężenia, na przykład w miejscu przekroczeń drogowych, muszą zachować minimum 3-krotność szerokości tego zwierciadła wody.
- Zakaz grodzenia terenów przy ciekach, umożliwienie przemieszczania się wzdłuż brzegów.
- Dopuszczenie kreowania, w miejscach uzasadniających takie działania, koryta wielodzielnego, z wykształceniem obniżenia terenu brzegu, na którym lokalizowana może być ścieżka spacerowa czy rowerowa, o ile nie powoduje to negatywnego oddziaływania na ekosystem brzegu rzeki; takie działanie obniża energię wód powodziowych i pozwala na ich przeprowadzenie przez koryto bez większych strat i rozmycia terenów.
- Warto zwrócić uwagę, że kluczową funkcją melioracji było regulowanie stosunków wodnych na potrzeby rolnicze. Przed zabudową danego obszaru warto zatem rozważyć, czy zachowanie melioracji jest w ogóle możliwe i potrzebne, czy nie jest raczej wskazane dopuszczenie wykształcenia naturalnego poziomu wód gruntowych, przy założeniu, że zabudowa nie spowoduje zwiększenia odpływu i istotnej zmiany charakteru odpływu (neutralność hydrologiczna inwestycji), a więc prowadzona będzie przy jednoczesnej świadomej realizacji retencji, czy to w formie naturalnej, czy w ostateczności zbiorników retencyjnych na poszczególnych zabudowywanych posesjach.

8.4 Zalecenia dotyczące kształtowania retencji zbiornikowej

- Zaleca się **zwiększenie sieci zbiorników powierzchniowych** i preferowanie retencji powierzchniowej zamiast retencji zbiornikowej podziemnej, czy też instalowania powiększonych średnic rurociągów.
- **Retencja zbiornikowa powinna być lokalizowana w sposób, który nie wymaga przegrodzenia i piętrzenia cieku.** Zalecanym jest zasilanie takiego zbiornika poprzez kanał lateralny, młynówkę. Zbiorniki tak lokowane mogą stanowić wsparcie

ochrony przed powodzią, a dzięki unikaniu przegrodzenia cieków nie stanowią problemu dla ciągłości ekologicznej doliny cieku, nie wymagają też bardzo restrykcyjnych warunków utrzymania. Zalecenie nieprzegradzania cieków jest w pełni spójne z wytycznymi Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko, działanie 2.1.5 „Adaptacja miast do zmian klimatu, wody deszczowe w mieście”. Program ten nie udziela dofinansowania, jeśli zbiornik zlokalizowany jest na cieku.

8.5 Zalecenia dotyczące wykorzystania elementów systemu zagospodarowania wód opadowych dla różnych typów przestrzeni miejskiej

W polskim prawie brakuje przepisów umożliwiających decentralizację gospodarowania wodą opadową i narzucenie obowiązku jej zatrzymywania, zarówno w przestrzeni publicznej, jak i na indywidualnych działkach. Wręcz przeciwnie — inwestorzy często są zobowiązani do odprowadzania deszczówki do zbiorczych sieci kanalizacyjnych. Jedynie w razie braku możliwości przyłączenia do sieci kanalizacji deszczowej lub ogólnospławnej, dopuszcza się odprowadzanie wód opadowych na własny teren nieutwardzony, do dołów chłonnych lub do zbiorników retencyjnych [8]. Zapisy tego rozporządzenia stoją w oczywistej sprzeczności z całą filozofią systemów zrównoważonego zagospodarowania wód opadowych i ideą przewodnią Prawa Wodnego postrzegającą wody opadowe jako zasób.

Obiekty powierzchniowe służące do zrównoważonego zagospodarowania wód opadowych jako rozwiązania terenochłonne są rzadko wdrażane w miastach, z uwagi na konieczność uszczuplania terenów inwestycyjnych i brak doświadczeń samorządów lokalnych w zakresie oceny ich efektywności i kosztów utrzymania. Dlatego bardzo ważne jest kompleksowe wykorzystanie takich systemów, nie tylko jako elementów infrastruktury, ale również jako tworzywa architektury i aranżacji krajobrazowych o wysokich walorach estetycznych i funkcjonalnych. Podejście takie przyczynia się bowiem do wzrostu ich społecznej akceptacji i upowszechniania. Możliwości wdrażania takich systemów w różnych typach przestrzeni miejskiej zależą od wielu czynników, m.in. od charakteru i funkcji zabudowy, struktury własności i pojemności retencyjnej różnych typów przestrzeni miejskich oraz różnych potrzeb w zakresie zagospodarowania przestrzeni publicznej [7]. Bardzo ciekawe zestawienie możliwości wykorzystania elementów zrównoważonego systemu odwodnienia dla różnych typów przestrzeni miejskiej zostało zaproponowane w [9].

Tabela 8. Możliwości wykorzystania elementów zrównoważonego systemu odwodnienia (ZSO) dla różnych typów przestrzeni miejskiej (na podstawie [9])

| Typ zabudowy | Ψ | Korzyści wdrażania ZSO dla celów publicznych | Propozycje wdrażania ZSO | |
|--|-----------|---|--|--|
| | | | Na terenach publicznych | Na terenach prywatnych |
| Przestrzeń śródmiejska, zabudowa kwartałowa zwarta wzdłuż ulic | 0,5 ÷ 0,7 | Poprawa estetyki przestrzeni publicznej oraz możliwości integracji i rekreacji mieszkańców, zwiększenie pow. Zieleni, ograniczenie odpływu powierzchniowego, poprawa mikroklimatu. | Ozdobne kompozycje wodne z recyrkulacją na placach, wprowadzanie elementów małej architektury wodnej, retencja w zbiornikach podziemnych i otwartych, wykorzystanie gospodarcze do celów p.poż, nawadniania zieleni i sflukiwania ulic. | Retencja w cysternach podziemnych, ogrody pionowe i zielone fasady, wykorzystanie gospodarcze w obrębie budynków i kwartałów zabudowy do nawadniania. |
| Przestrzeń osiedli z zabudową jednorodziną wolnostojącą i szeregową, luźną | 0,2 ÷ 0,5 | Możliwość tworzenia miejsc integracji, placów zabaw i ogrodów deszczowych; ograniczenie odpływu powierzchniowego, zwiększenie powierzchni zieleni publicznej, uspokojenie ruchu kołowego. | Wykorzystanie ogrodów retencyjnych, przyulicznych zatok retencyjnych itp. do spowalniania ruchu, integracji i edukacji mieszkańców, niewielkie przestrzenie publiczne – brak możliwości tworzenia parków. | Zagospodarowanie wody przede wszystkim na terenach działek; retencja i infiltracja w prywatnych ogrodach, wykorzystanie wód opadowych do nawadniania ogrodów i prac gospodarczych (oszczędność wody pitnej). |
| Przestrzeń osiedli wielorodzinnych, zabudowa blokowa, luźna | 0,2 ÷ 0,5 | Indywidualizacja przestrzeni, wykorzystanie elementów wodnych dla integracji mieszkańców, placów zabaw i ogrodów deszczowych, ograniczanie spływu, uspokojenie ruchu kołowego. | Duże możliwości retencji, infiltracji i oczyszczania biologicznego w przestrzeni publicznej z zastosowaniem systemów krajobrazowych, małej architektury wodnej, ścieżek edukacyjnych i placów zabaw. | Zielone dachy i fasady, retencja, infiltracja przez perforowane powierzchnie parkingów; wykorzystanie gospodarcze wód opadowych do nawadniania zieleni osiedlowej. |
| Przestrzeń obiektów wielkopowierzchniowych, zabudowa przemysłowa, handlowa | 0,2 ÷ 0,7 | Eliminacja spływu zanieczyszczonych wód opadowych, poprawa atrakcyjności wizualnej i funkcjonalnej, kreacja proekologicznego wizerunku. | Niewielkie obszary publiczne, głównie związane z systemem komunikacji – elementy filtracyjne i sedymentacyjne do oczyszczania spływów i neutralizacji zanieczyszczeń; ozdobne kompozycje roślinno-wodne. | Zielone dachy i fasady, retencja, infiltracja przez perforowane powierzchnie parkingów, elementy filtracyjne i sedymentacyjne, wykorzystanie gospodarcze j.w. oraz w układach dekoracyjno-rekreacyjnych |
| Przestrzeń parkowa, zabudowa rekreacyjna i pomocnicza | 0,0 ÷ 0,1 | Poprawa atrakcyjności i walorów edukacyjnych parków, podnoszenie bioróżnorodności, podczyszczanie spływów opadowych i ich infiltracja, zasilanie wód gruntowych. | Główne obszary aplikacji funkcji retencyjno—infiltracyjnych; możliwość tworzenia zrównoważonych biotopów o dużych walorach krajobrazowych, społecznych i przyrodniczych; miejsca lokalizacji dużych zbiorników wodnych i aranżacji krajobrazowych, np. mokradeł. | |

9 Sformułowanie przyjętych założeń polityki miejskiej w zakresie gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi

Zrównoważone i efektywne gospodarowanie wodami opadowymi na terenie miasta wymaga współdziałania na poziomie międzywydziałowym w Urzędzie Miasta Jaworzna, z jednostkami i spółkami miejskimi, jak i służbami państwowymi odpowiedzialnymi za wybrane ciekły w mieście. Podstawą takiego działania powinna być wspólna logika dotycząca gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi, uzasadniająca odpowiednie założenia przedstawione w strategicznych dokumentach.

Jako główne założenia polityki miejskiej w tym obszarze proponujemy następujące założenia:

- a) właściwa **gospodarka wodami opadowymi** nie tylko powinna przeciwdziałać zidentyfikowanym zagrożeniom, ale także **musi sprzyjać dalszemu kontrolowanemu rozwojowi miasta** i go umożliwiać, **w ramach jednak z góry zdefiniowanych ograniczeń i wytycznych**;
- b) nie da się w pełni zabezpieczyć miasta na wszelkie zdarzenia, a istotą dobrego działania powinno być dążenie do zapewnienia ustalonego standardu, zwanego **komfortem kanalizacyjnym**, który definiuje tym samym także stopień zabezpieczenia miasta na nieprzewidziane zdarzenia; w zakresie wód opadowych komfort kanalizacyjny definiowany jest poprzez zapewnienie „daleko idącego zapobiegania szkodom związanych z wylaniem i podmakaniem wskutek spływu wód opadowych oraz możliwie daleko idącego utrzymania powierzchni osiedli w stanie używalności, niezależnie od warunków atmosferycznych”;
- c) **odporność miasta na zmiany klimatu** powinna być rozumiana nie jako twardy opór, przeciwdziałanie niedopuszczające do żadnych problemów, na przykład braku wylań z kanalizacji deszczowej, ale raczej jako elastyczność systemu i miasta, które w sposób kontrolowany przyjmuje zagrożenie, którego administracja zarządza zagrożeniem, a następnie które to miasto wraca do stanu sprzed zagrożenia z możliwie minimalnymi stratami;
- d) uznanie, za Prawem Wodnym i Ramową Dyrektywą Wodną, że **woda jest cennym zasobem**, powinna więc być gromadzona i wykorzystana, a nie usuwana z systemu;
- e) pewność, że gospodarka wodami opadowymi w dzisiejszym świecie to nie tylko przeciwdziałanie podtopieniom, ale również **przeciwdziałanie suszy**, łagodzenie klimatu miejskiego i wspieranie synergii w obszarze gospodarki komunalnej, z dążeniem do **ekonomii w obiegu zamkniętym**; wynika stąd potrzeba nie tylko detencji, czyli opóźniania spływu, lecz także **retencji, a więc gromadzenia wody w celu jej wykorzystania**: do podlewania roślin, do spłukiwania ulic, do zmniejszania zapylenia, do obniżenia temperatury w lecie;
- f) konieczność zarządzania nie tylko ilością wód deszczowych, ale także ich **jakością**;

- g) dążenie do uczynienia z wody istotnego elementu w **kształtowaniu krajobrazu miasta**, co przekłada się na kreowanie obszarów zielono-niebieskiej infrastruktury i planowanie przestrzenne miasta przyjaznego mieszkańcom, gdzie można dobrze mieszkać, pracować i wypoczywać; miasto takie powinno sprzyjać kreowaniu miejsc odpoczynku, kontaktu z wodą i zielenią w zasięgu pieszego dystansu od miejsc zamieszkania lub pracy;
- h) **oparcie analiz na opisie jakościowym**, jako że analizy ilościowe zagrożeń w układzie zlewniowym (w tym lokalizację i działanie ochrony przeciwpowodziowej) powinny być przedmiotem osobnych koncepcji, realizowanych na poziomie bardziej szczegółowym, np. na poziomie Miejskowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego.
- i) podjęcie realnego wysiłku **promowania rozwiązań zielono-niebieskiej** infrastruktury przez na przykład sformułowanie konkretnych wytycznych czy katalogów dobrych praktyk dla poszczególnych wydziałów urzędu miasta, wybranych rodzajów zagospodarowania (drogi, tereny mieszkaniowe itp.) lub wdrażanie projektów pilotażowych, a nawet finansowanie projektów zwiększających retencję rozproszoną i wykorzystanie deszczówki wykonywanych przez mieszkańców.
- j) wdrożenie **miejskiego systemu monitorowania** sytuacji opadowej, dzięki czemu możliwe będzie bardziej świadome zarządzanie tym obszarem i rewizja danych na podstawie wieloletnich lokalnych obserwacji. Dotyczy to zarówno monitorowania opadu (deszczomierze) ale też monitorowanie skutków w postaci bazy wylań czy podtopień, zawierającej datę, godzinę i miejsce wystąpienia. W kolejnych krokach zalecana jest rozbudowa systemu monitoringu o pomiary aktywności przelewów kanalizacji ogólnospławnej i stacje hydrologiczne na wybranych ciekach.

10 Podsumowanie

Przygotowany raport stanowi podstawę do kontynuacji działań planistycznych i priorytetyzacji działań w większej skali polegających na koncepcjach oraz projektach przebudowy i rozbudowy istniejącego systemu odwodnienia. Ze względu na szerokie ujęcie zagadnienia zalecamy, aby korzystający z tego opracowania zapoznali się z całością prac i dobrze przeanalizowali omówione w raporcie powiązania pomiędzy poszczególnymi zagadnieniami, a także powiązania przestrzenne. Poniższe podsumowanie w żaden sposób nie zastąpi przeanalizowania treści raportu, może jednak ukierunkować czytającego. Dlatego w kilku punktach wskazaliśmy najważniejsze kierunki myślenia o wodach opadowych w Jaworznie.

- W systemach odwodnienia zagospodarowanej części miasta widoczne jest podejście, które zakłada odprowadzenie wód opadowych jak najszybciej z miejsca ich powstawania, bez uwzględniania interakcji między środowiskiem, a infrastrukturą. Należy je zastąpić podejściem całościowym, przywracającym obieg wody w przyrodzie i zakładającym osiągnięcie szeregu celów synergicznych w oparciu o zrozumienie długoterminowych procesów ekologicznych oraz interakcji między różnymi elementami środowiska, mieszkańcami i infrastrukturą, tak by woda traktowana była jako cenny zasób stając się kluczem do tworzenia przestrzeni przyjaznych mieszkańcom.
- Z punktu widzenia ochrony zasobów wodnych, a szczególnie zachowania i poprawy stosunków wodnych, kluczowe jest zwiększenie kontroli jednostki odpowiedzialnej za zarządzanie wodami opadowymi oraz za zielenią nad inwestycjami budowlanymi planowanymi i/lub prowadzonymi w mieście. W szczególności dotyczy to inwestycji w otoczeniu cieków, w tym terenów cennych przyrodniczo, a także parków rzecznych i zbiorników. Niezbędne jest przygotowanie planów utrzymania cieków oraz uważne i szczegółowe kontrolowanie hydrologicznych aspektów wszystkich inwestycji planowanych na terenach stref hydrogenicznych (a nie tylko inwestycji wymagających oceny oddziaływania na środowisko). Kontrola ta powinna się już odbywać na etapie planistycznym i na początku procedury pozyskiwania niezbędnych pozwoleń (wydawania warunków zabudowy i zagospodarowania terenu). Należy dążyć do odzyskania tych terenów na potrzeby zwiększania naturalnej retencji i odtwarzania powiązań ekosystemu wodnego z lądowym, w duchu Ramowej Dyrektywy Wodnej. Takie bowiem działania, zorientowane na radzenie sobie z przyczynami, a nie tylko skutkami, sprzyja równocześnie zwiększaniu bezpieczeństwa, uzyskaniu retencji, polepszeniu warunków przepływu wód powodziowych z minimalizowaniem strat finansowych i nakładów inwestycyjnych na infrastrukturę.
- Inwestycje punktowe, których lokalizacja i wielkość mogą być wskazane w oparciu o koncepcje projektowe i modelowanie hydrodynamiczne w poszczególnych jednostkach odwodnieniowych, przyczynić się mogą do rozwiązania najbardziej palących problemów lokalnych, związanych zarówno z podtopieniami jak i z suszą, to jednak należy z całą mocą podkreślić, że kluczem do właściwego gospodarowania

wodami opadowymi jest odpowiednia gospodarka przestrzenna, odpowiednie planowanie przestrzenne i koordynacja prac pomiędzy poszczególnymi jednostkami uczestniczącymi w zarządzaniu oraz właściwe określanie restrykcyjnych, jeśli chodzi o odprowadzanie wód, warunków technicznych dla nowych inwestycji.

- Dla osiągnięcia celów mądrego zarządzania wodami opadowymi konieczna jest integracja działań w sferze społecznej, gospodarczej i przestrzennej oraz zlewniowe podejście do planowania i zarządzania wodą w mieście. W opracowaniu uwzględniono zarówno zlewnie kanalizacyjne jak i zlewnie cieków oraz warunki terenowe i urbanizacyjne. W efekcie wyznaczono 14 jednostek odwodnieniowych, spójnych obszarów, które mogą być podstawową siatką podziału Jaworzna na potrzeby zarządzania systemem odprowadzania i retencji wód opadowych.
- Ze względu na zakres merytoryczny i wielkość obszaru opracowania zalecane jest etapowanie prac koncepcyjnych mających na celu wypracowanie lokalnych działań poprawiających sytuację odwodnieniową danego obszaru. Proponuje się rozpoczęcie prac od tych jednostek odwodnieniowych, w których różnica między zalecanym, a aktualnym komfortem odwodnienia jest największa (JO Śródmieście, JO Dąbrowa Narodowa, a następnie JO Byczynka). Drugim podstawowym kryterium priorytetyzacji prac koncepcyjnych jest presja inwestycyjna (JO JOG).
- Bez wprowadzenia ograniczeń zrzutu wód opadowych z planowanych inwestycji, które wynikać będą z analizy pracy systemu oraz zastosowania w obliczeniach lokalnego modelu opadu (zamiast nieaktualnych zuniwersalizowanych na poziomie kraju modeli opadowych), miasto jest narażone na postępujący wzrost uszczelnienia zlewni miasta, którego konsekwencje będą znacznie poważniejsze w dobie postępujących zmian klimatycznych, niż miało to miejsce dotychczas. Jako założenie do pierwszych prac planistycznych zaleca się przyjęcie zasady tzw. neutralności hydrologicznej inwestycji. Oznacza to, że po realizacji prognozowanego zagospodarowania terenu natężenie odpływu wód opadowych nie powinno być wyższe niż obecnie, a jego charakter także nie powinien ulegać zmianie na bardziej niekorzystny, dla całego spektrum analizowanych opadów, a nie np. tylko dla opadu 15 minutowego. Takiemu działaniu sprzyja przekazany w ramach prac lokalny model opadu dla Jaworzna, uwzględniający także perspektywę roku 2050 i zmiany klimatu.
- Dalsze prace planistyczne powinny być opierane o dane, które z kolei powinny być gromadzone w spójnej bazie GIS. Brak dostępności odpowiednich danych i brak spójności między nimi był jedną z najpoważniejszych trudności w realizacji prac autorów raportu. Nowoczesne narzędzia monitoringu i sterowania wymagają dobrych danych wejściowych. Przyjęcie kierunku działania zmierzającego w stronę tworzenia „smart city”, a także konieczne stymulowanie retencji rozproszonej, wymaga gromadzenia sprawdzonych danych o systemie, występujących zagrożeniach oraz stosowanych rozwiązaniach (np. budowanych zbiornikach retencyjnych). Umożliwi to z biegiem czasu płynne wejście w nowoczesne planowanie i zarządzanie zagrożeniami.

Bibliografia

- [1] Waloryzacja przyrodnicza miasta Jaworzna, na zlecenie Wydziału Ochrony Środowiska i Rolnictwa UMJ, Jaworzno 2011.
- [2] Uwarunkowania przestrzenne i fizjograficzne do koncepcji odprowadzenia wód opadowych z terenów zurbanizowanych miasta Jaworzna.
- [3] <https://roweremposlasku.pl/zalew-sosina/> dostęp 12.11.2021.
- [4] NEH (1997): National Engineering Handbook. Part 630 Hydrology.
- [5] TR-55 (1986): Urban Hydrology for Small Watersheds, Urban Hydrology for Small Watersheds, Natural Resources Conservation Service Conservation Engineering Division Technical Release 55 June 1986.
- [6] Schmitt, T.G. (2007): z Komentarza ATV-DVWK do ATV – A118P „Hydrauliczne wymiarowanie systemów odwadniających”.
- [7] Woda w mieście. Seria wydawnicza: Zrównoważony rozwój – Zastosowania. Fundacja Sendzimira ZRZ 5/2014, Kraków 2014.
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690 z późn. zm.).
- [9] Januchta-Szostak, A. (2011): Woda w miejskiej przestrzeni publicznej. Modelowe formy zagospodarowania wód opadowych i powierzchniowych, Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
- [10] Byczkowski A. (1996): Hydrologia t. II, Wydawnictwo SGGW. Warszawa.

Spis załączników

- Załącznik 1 JAW-KP-O-R-001 Istn. system odwodnieniowy Jaworzna
Załącznik 2 Ewaluacja ankietyzacji internetowej

Spis tabel

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Charakterystyka parametrów jaworznickich rzek | 12 |
| Tabela 2. Zestawienie zbiorników retencyjnych będących w zarządzaniu MZDiM | 14 |
| Tabela 3. Zestawienie separatorów substancji ropopochodnych oraz osadników | 15 |
| Tabela 4. Charakterystyka jednostek odwodnieniowych (JO) | 23 |
| Tabela 5. Zalecane częstości projektowe deszczu obliczeniowego i dopuszczalne częstości wystąpienia wylewów według PN-EN 752 (2008) | 30 |
| Tabela 6. Przykłady kryteriów projektowych kanalizacji dla wylań (PN-EN 752, 2017) | 31 |
| Tabela 7. Zestawienie parametrów charakteryzujących zagospodarowanie jednostek odwodnieniowych z liczbą podtopień | 39 |

JAW-KP-O-D-001-2 Raport końcowy
Data: listopad 2021

Tabela 8. Możliwości wykorzystania elementów zrównoważonego systemu odwodnienia (ZSO) dla różnych typów przestrzeni miejskiej (na podstawie [9]) 73

Spis ilustracji

| | |
|---|----|
| Rysunek 1. Ukształtowanie terenu na obszarze Jaworzna | 6 |
| Rysunek 2. Nachylenie terenu na obszarze Jaworzna | 6 |
| Rysunek 3. Ścieżki spływu powierzchniowego na obszarze Jaworzna | 7 |
| Rysunek 4. Obecne zagospodarowanie Jaworzna (źródło: opracowanie własne na podst. BDOT) | 9 |
| Rysunek 5. Zasięg stref ochronnych wód podziemnych oraz głównych zbiorników wód podziemnych | 10 |
| Rysunek 6. Dolny odcinek Wąwolnicy, widok w kierunku ujścia | 11 |
| Rysunek 7. Rów prowadzący wody dołowe w okolicy linii kolejowej przy ul. Wojska Polskiego, widok w kierunku pd.-zach. | 13 |
| Rysunek 8. Wylot z największego przelewu KO do Wąwolnicy | 14 |
| Rysunek 9. Zidentyfikowane wyloty KD oraz strefy skanalizowania | 16 |
| Rysunek 10. Obszary wrażliwe związane z eksploatacją górniczą w Jaworznie | 17 |
| Rysunek 11. Formy ochrony przyrody w Jaworznie | 18 |
| Rysunek 12. Istniejący system odwodnienia Jaworzna | 19 |
| Rysunek 13. Podział na jednostki odwodnieniowe uwzględniające warunki hydrograficzne i kierunki odwodnienia | 22 |
| Rysunek 14. Główne oddziaływania zewnętrzne na układ odwodnieniowy miasta i oddziaływania pomiędzy jednostkami odwodnieniowymi | 25 |
| Rysunek 15. Fragment mapy zagrożenia powodziowego z obszaru Jaworzna opracowanej w ramach ISOK dla prawdopodobieństwa powodzi p= 10% | 26 |
| Rysunek 16. Fragment mapy zagrożenia powodziowego z obszaru Jaworzna opracowanej w ramach ISOK dla prawdopodobieństwa powodzi p= 1% | 26 |
| Rysunek 17. Lokalizacje podtopień wskazanych w ankiecie wraz z częstością podtopień | 28 |
| Rysunek 18. Mapa terenów narażonych na podtopienia wynikające ze zbyt małej przepustowości systemu odwodnienia oraz braku odwodnienia | 29 |
| Rysunek 19. Propozycja oczekiwanego poziomu komfortu kanalizacyjnego w jednostkach odwodnieniowych | 31 |
| Rysunek 20. Sumaryczna liczba podtopień i zalań wymagających interwencji od 01.2017 do 09.2021 w jednostkach odwodnieniowych | 32 |
| Rysunek 21. Liczba podtopień wymagających interwencji od 01.2017 do 09.2021 w odniesieniu do powierzchni jednostek urbanistycznych [n/km ²] | 32 |
| Rysunek 22. Mapa powierzchni biologicznie czynnych istotnych dla zagospodarowania wód opadowych | 34 |
| Rysunek 23. Mapa obszarów wodnych, powierzchni uszczelnionych na tle powierzchni biologicznie czynnych | 36 |
| Rysunek 24. Temperatura powierzchni na obszarze Jaworzna | 38 |

RETENCJAPL Sp. z o.o.

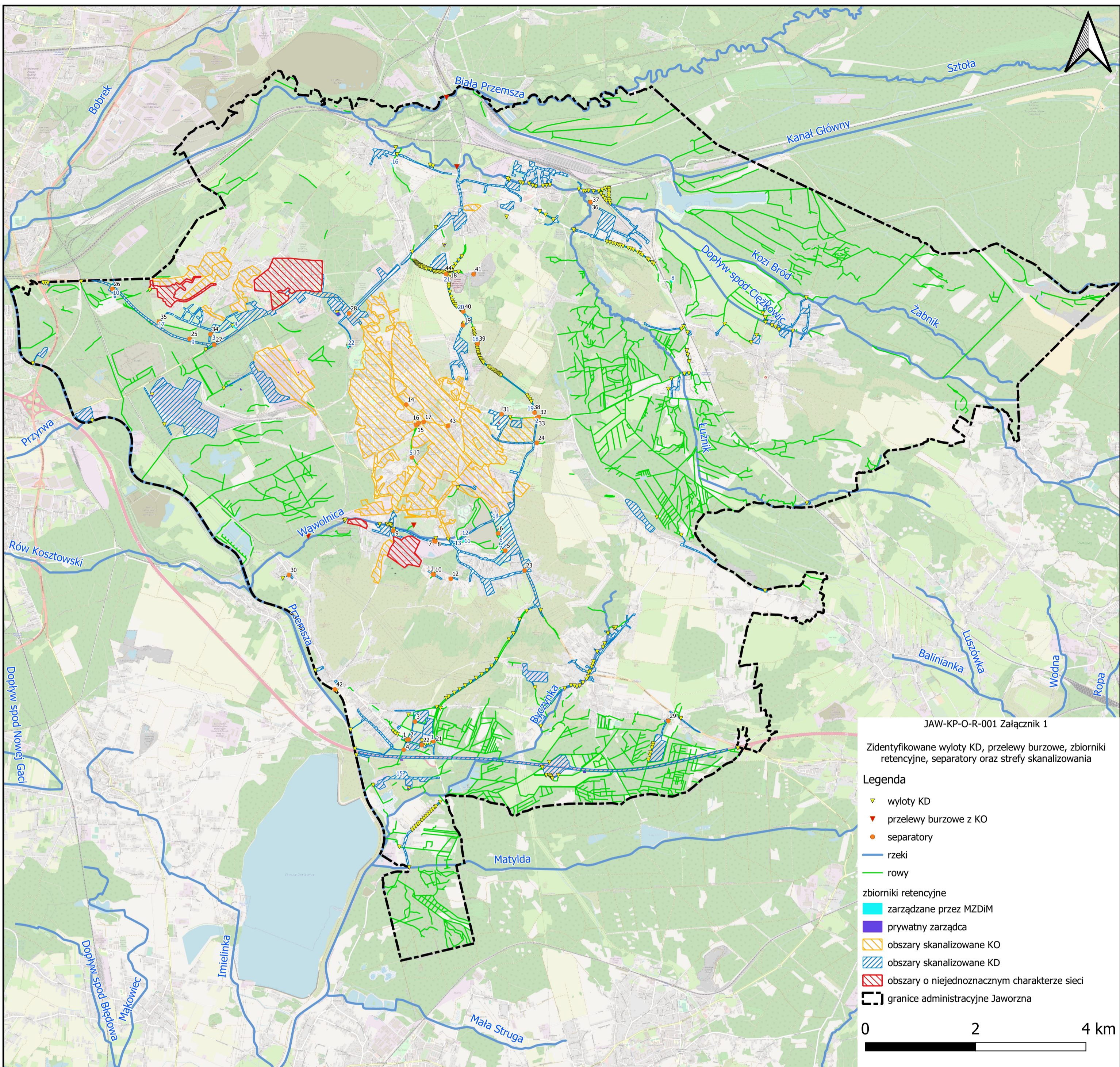
ul. Marynarki Polskiej 163

80-868 Gdańsk

NIP: PL 5842743299

ul. Urzędnicza 16/1

30-051 Kraków



Data 2021-11-10

Nr projektu R186

Znak JAW-211110-rwv1

Projekt: Program gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi na terenie miasta Jaworzna

Temat: Podsumowanie ankietyzacji internetowej

Poniższe podsumowanie dotyczy ankiety internetowej, która została opracowana we współpracy z Zamawiającym m.in. w celu dopełnienia warunków umowy (patrz część I, §1 pkt 2, ustęp 4), jako element składowy analizy zagrożeń podtopieniami.

Zasięg ankiety

Ankieta była dostępna w następujących lokalizacjach sieciowych:

- (1) www.um.jaworzno.pl (oficjalna miejska strona internetowa)
- (2) Jaworzno PL (Facebook)
- (3) Jaworzno – mamy problem (Facebook)
- (4) Jaworzno – grupa dyskusyjna (Facebook)

Z wyżej wymienionych w. profili facebookowych ankietę udostępniły również cztery osoby prywatne.

Zapytanie o zamieszczenie ankiety na profilu Facebook „Miasto Jaworzno” pozostało bez odpowiedzi. Z kolei profil Facebook „Jaw.pl” uwarunkował zamieszczenie ankiety wniesieniem opłaty.

Czas udostępnienia

Na stronie miejskiej ankieta została udostępniona w dn. 27 października 2021 r., a na profilach Facebook od 2 listopada 2021 r. Jako końcowy termin nadsyłania ankiet wskazany został 5 Listopada 2021 r.

Ilość wypełnionych ankiet

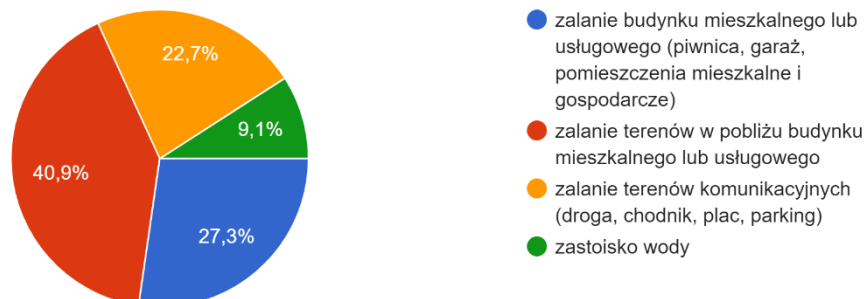
Ostatecznie do 09 listopada 2021 r. wpłynęły 22 wypełnione ankiety. Na poniższych wykresach podsumowane zostały odpowiedzi na poszczególne pytania.

Statystyki odpowiedzi

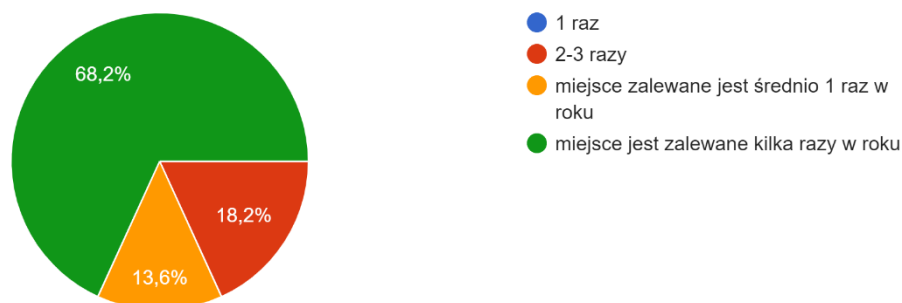
Na poniższych wykresach przedstawiono statystyczny rozkład odpowiedzi udzielonych na poszczególne pytania.

Wydruki poszczególnych ankiet zostały zamieszczone w załączniku.

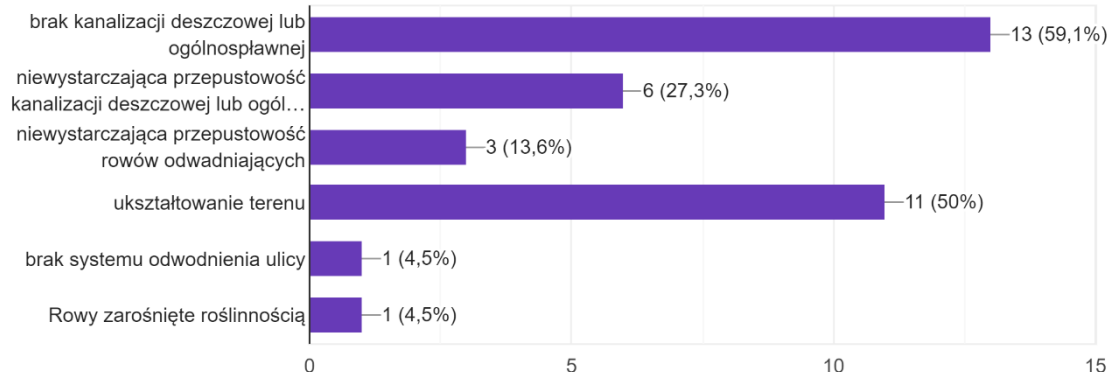
PYTANIE 1: Jakiego typu zalania lub podtopienia Państwo doświadczyli?



PYTANIE 2: Jak często dane miejsce było zalane w ciągu ostatnich 5 lat?



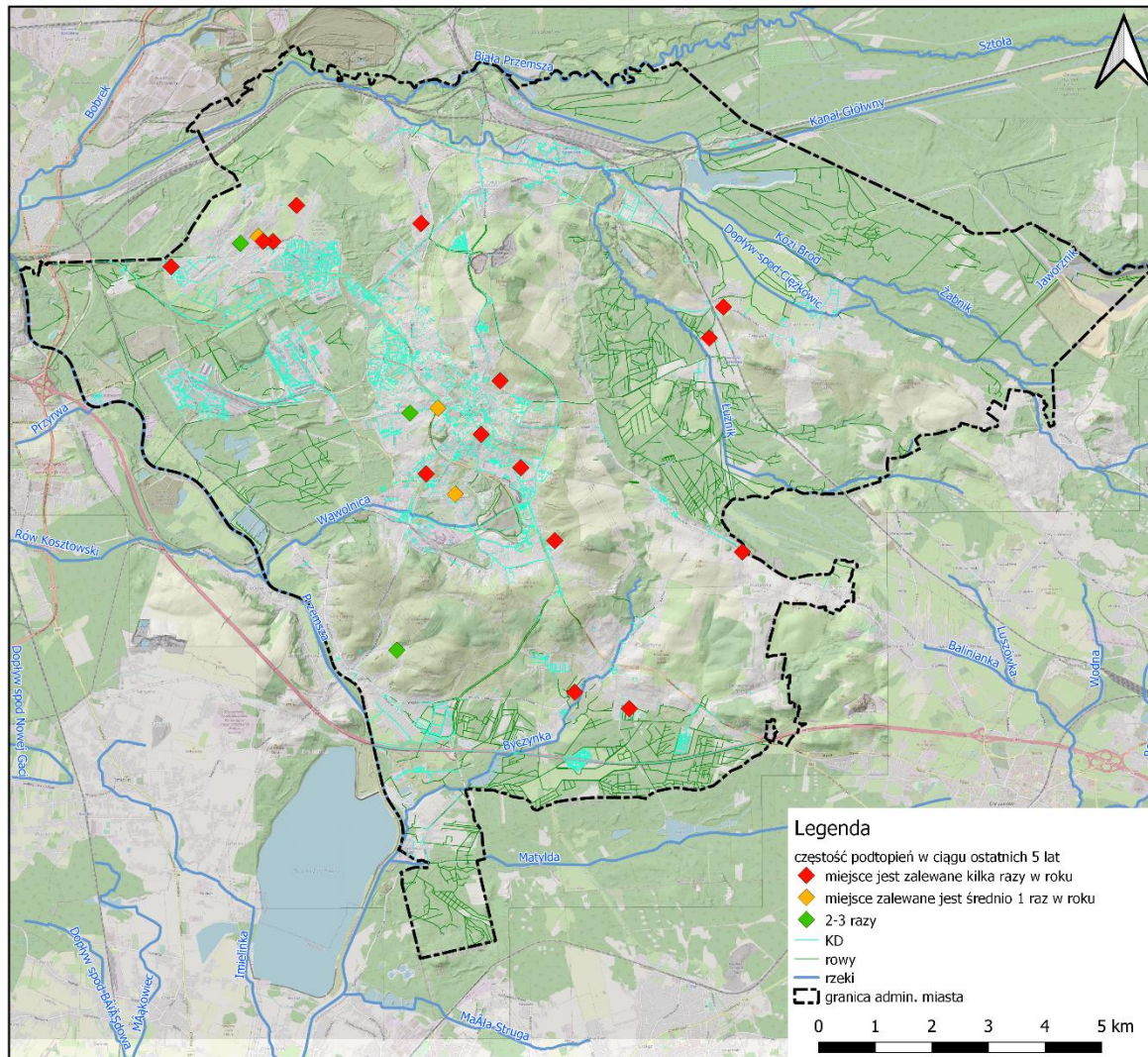
PYTANIE 3: Jaka Państwa zdaniem była przyczyna zalania/podtopienia?



PYTANIE 4: Proszę podać adres najbliższy zalewanemu/podtapianemu miejscu:

- | | |
|-------------------------|---|
| 1) Bartnicza 28 | 2) Storczyków 30 do Storczyków 26c |
| 3) Dąbrowska 55 | 4) Ks. Mroczka 156 |
| 5) Herbowa 1C | 6) Makowa |
| 7) Górników z Danuty 38 | 8) Fabryczna, Olszewskiego |
| 9) Lipinka 33 | 10) Piaszczysta 11A |
| 11) Drabika 27c | 12) Leśna od ronda im. Pileckiego w dół |
| 13) Starowiejska 34 | 14) Abstorskich 102a |
| 15) Grunwaldzka 35 | 16) Moniuszki 29 |
| 17) Starowiejska 60d | 18) Starowiejska 33 |
| 19) Krakowska 93 P | 20) 1 maja |
| 21) Chopina 57 | 22) Krakowska 108a |

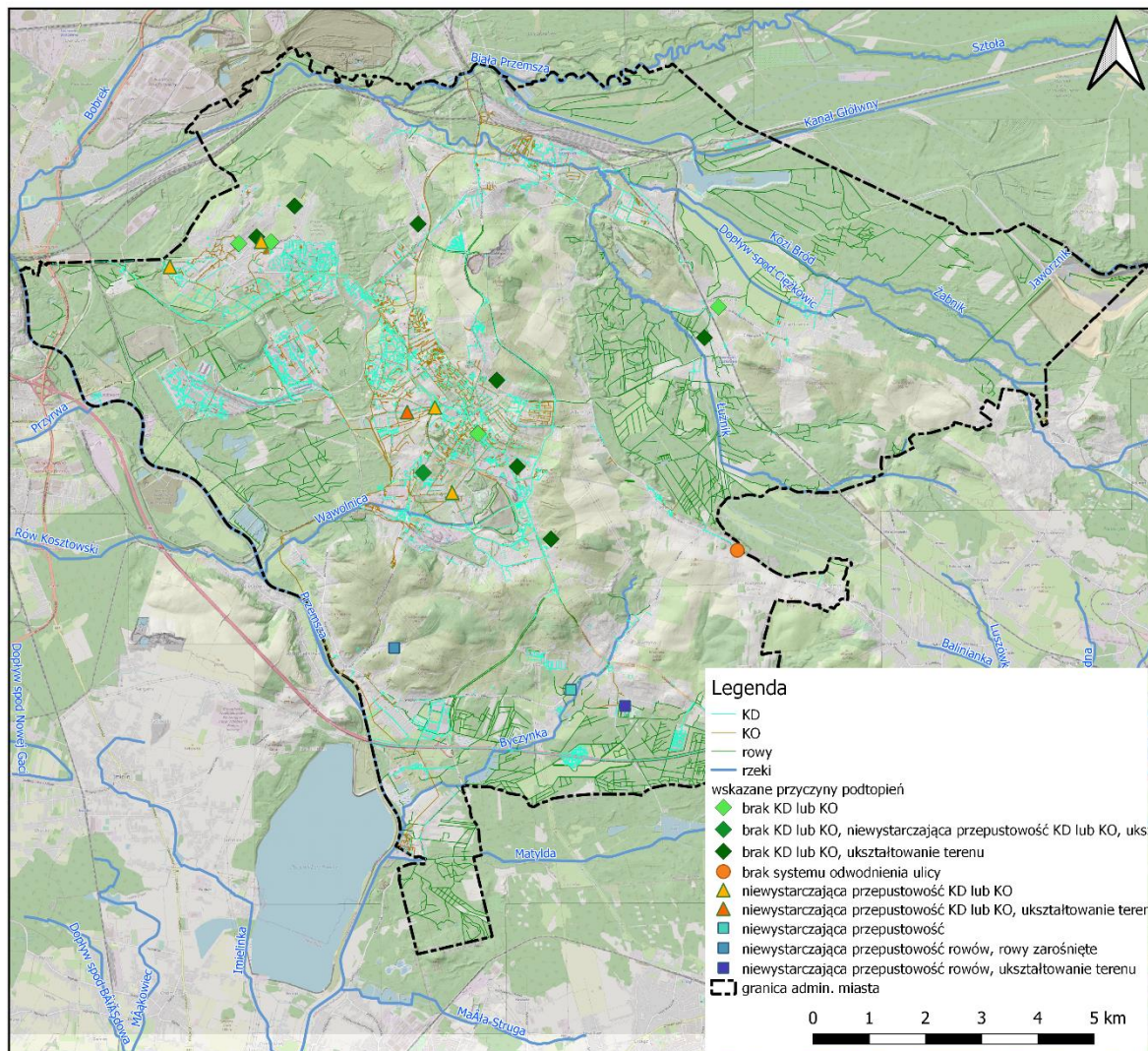
Wskazane w ankietach podtapiane miejsca zostały przedstawione na poniższej ilustracji wraz z informacją o częstotliwości zalań.



Rysunek 1. Lokalizacje podtopień wskazanych w ankiecie wraz z częstotliwością podtopień

Ważną informacją wydaje się, że większość lokalizacji (15 z 22) została określona jako zalewana kilkakrotnie w ciągu roku. Należy uznać je zatem za szczególnie uciążliwe dla mieszkańców.

Na kolejnej ilustracji te same lokalizacje zostały zróżnicowane na podstawie wskazanej przyczyny podtopień.

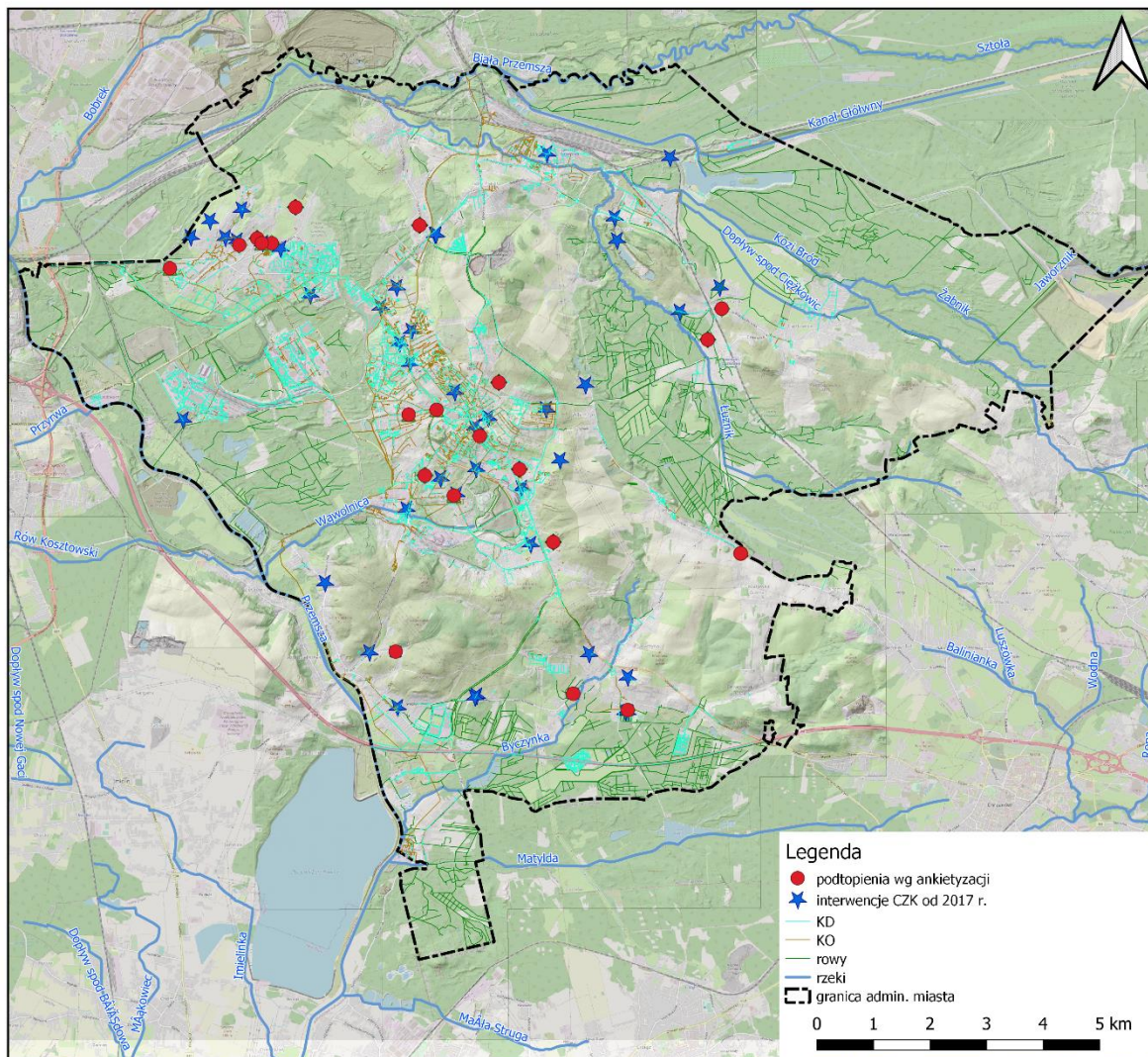


Rysunek 2. Lokalizacje podtopień wskazanych w ankiecie wraz z przyczyną podtopień

Wskazane przez ankietowanych przyczyny podtopień wydają się być prawdopodobne. Tam, gdzie jako przynajmniej jedną z przyczyn wskazano brak systemu odwodnienia, rzeczywiście obszar nie jest wyposażony ani w KD, ani w KO, choć w niektórych przypadkach odległość od istniejącej KD lub KO nie jest znaczna.

Lokalizacje, w których wskazaną przyczyną podtopień jest niewystarczająca przepustowość KD lub KO, faktycznie leżą w bezpośrednim sąsiedztwie któregoś z tych systemów. Również podtopienia związane z rowami zlokalizowane są w ich bezpośrednim sąsiedztwie.

Na kolejnej ilustracji lokalizacje podtopień wskazane w ankietach zostały zestawione z interwencjami Centrum Zarządzania Kryzysowego (CZK) od 2017 r.



Rysunek 3. Lokalizacje podtopień wskazanych w ankiecie wraz z przyczyną podtopień

Większość ze wskazanych w ankietach lokalizacji podtopień znajduje się w rejonie interwencji CZK, ale się rzadko się z nimi pokrywają. Jedynie podtopienie przy ul. Herbowej 1c jest znacznie oddalone od miejsc wskazanych przez CZK.

Reasumując, przedmiotowy raport stanowi wstępną ewaluację przeprowadzonej ankietyzacji i został sporządzony na potrzeby zapoznania Zamawiającego z wynikami ankietyzacji. Dalsze analizy tych danych będą zamieszczone w raporcie końcowym.

Aktualny model opadowy dla Jaworzna

Numer raportu: JAW-WS-O-D010-2



Nr projektu: R186
Data: listopad 2021

RETENCJAPL Sp. z o.o.
ul. Marynarki Polskiej 163
80-868 Gdańsk
NIP: PL 5842743299

Opracowali:

Zespół inżynierski:

Prof. dr hab. inż. Paweł Licznar

Mgr inż. Jacek Zalewski

Mgr inż. Michał Oktawiec

Zespół informatyczny:

Mgr inż. Łukasz Hołowacz

Mgr inż. Anna Badziak

Mgr inż. Maciej Skórczewski

Inż. Robert Stankiewicz

Spis treści

| | |
|---|----|
| 1. Podstawa i zakres opracowania..... | 4 |
| 2. Metodyka opracowania modeli opadowych..... | 4 |
| 3. Atlas opadowy dla Jaworzna..... | 7 |
| 4. Podsumowanie | 22 |
| 5. Bibliografia | 23 |

1. Podstawa i zakres opracowania

Podstawą niniejszego opracowania była umowa nr GK-UN.631.9.2021 zawarta 4 sierpnia 2021 r. pomiędzy Gminą Miasta Jaworzna a RetencjaPL Sp. z o.o. Przedmiotem umowy było sporządzenie aktualnego modelu opadowego (modelu natężeń deszczów miarodajnych) dla miasta Jaworzna.

Zakres prac obejmował prace informatyczne oraz poprzedzające je analizy lokalnych szeregów opadowych. Analizy te obejmowały w pierwszej kolejności wydzielenie maksymalnych opadów fazowych z deszczomierzy zlokalizowanych w najbliższym sąsiedztwie miasta oraz ich kompleksowe opracowanie ukierunkowane na opracowanie zbioru lokalnych modeli opadowych tworzących atlas opadowy (zestaw lokalnych modeli opadowych) dla Jaworzna. Niniejszy raport prezentuje opis zastosowanej metodyki oraz wyniki przeprowadzonych analiz i stanowi jednocześnie załącznik do wykonanych prac informatycznych, polegających na opracowaniu i udostępnieniu aplikacji pozwalającej na odczyt wartości natężeń miarodajnych w dowolnej lokalizacji na obszarze Jaworzna.

2. Metodyka opracowania modeli opadowych

W ramach realizacji projektu „Opracowanie i wdrożenie Polskiego Atlasu Natężeń Deszczów (PANDa)” – POIR.01.01.01-00-1428/15, dofinansowanego z Funduszy Europejskich w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (IMGW-PIB) we współpracy z RetencjaPL Sp. z o.o. opracował ogólnopolską cyfrową bazę szeregów opadowych. Obejmowała ona rejestracje opadów w wysokiej rozdzielczości czasowej ze 100 deszczomierzy w Polsce. Dla każdego z deszczomierzy w bazie zestawiono po 30 lat obserwacji. W skład wspomnianej bazy wchodziły między innymi szeregi czasowe rejestracji opadów z deszczomierzy zlokalizowanych w sąsiedztwie Jaworzna. Były to deszczomierze z Katowic (50°14'26", 19°01'58"), Krakowa–Bielan (50°04'40", 19°47'42"), Bielska–Białej (49°48'29", 19°00'04"), Miechowa (50°21'46", 20°01'58"), Zawoi (49°36'43", 19°31'07") i Częstochowy (50°48'43", 19°05'30"). Wymienione deszczomierze były zainstalowane na wysokości odpowiednio: 278, 237, 390, 299, 697 i 294 m n.p.m. Dla deszczomierzy z Katowic, Krakowa–Bielan, Bielska–Białej i Częstochowy w bazie zestawiono szeregi opadowe z lata 1986–2015. Dla deszczomierza z Miechowa zestawiono 30-letnie szeregi opadowe z wielolecia 1985–2016 (z pominięciem brakujących lat: 1996 i 2002). Natomiast dla deszczomierza z Zawoi dysponowano łącznie 30-letnimi szeregami opadowymi z lat 1986–2001 i 2003–2016.

Na podstawie szeregów opadowych o wysokiej rozdzielczości czasowej zgromadzonych w bazie cyfrowej projektu PANDa dokonano wydzielenia metodą przewyższeń POT (ang. Peak Over Threshold) maksymalnych wysokości opadów dla całej hierarchii długości przedziałów czasowych (faz opadów): 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1080, 1440, 2160, 2880 i 4320 min (Burszta-Adamiak i in. 2019). Wydzielone maksima fazowe opadów poddano weryfikacji co do ich poprawności, wykorzystując alternatywne źródła informacji o opadach zarówno ilościowe jak i jakościowe. Źródłami tymi były niezależne rejestracje opadów za pomocą deszczomierzy dobowych Hellmanna, wygenerowane przez Sekcję ds. Nowcastingu oraz Wydział Teledetekcji Naziemnej IMGW-PIB produkty opadowe powstałe na podstawie reanalizy danych radarowych z sieci POLRAD z okresu wielolecia 2007-2015 oraz zapisy synoptyczne o warunkach do wystąpienia opadów.

W drugim etapie realizacji projektu PANDa zweryfikowane pozytywnie maksima fazowe opadów uporządkowano w niemalejące szeregi rozdzielcze. Dla każdej ze 100 stacji

disponowano 16 szeregami rozdzielczymi dla wymienionych charakterystycznych czasów trwania (faz) w zakresie od 5 do 4320 min. Do szeregów tych podjęto próby dopasowania różnych rozkładów teoretycznych prawdopodobieństwa, analogicznie do metodyki zaproponowanej przez Kotowskiego i in. (2010). Dobór rozkładów został przeprowadzony z zastosowaniem metody największej wiarygodności (ang. the maximum likelihood method). Podejmowano próby zastosowania różnego typu rozkładów teoretycznych, takich jak: trójparametryczny gamma (Pearsona typ III), Gumbela Max (Fishera-Tippetta typ I max), logarytmiczno-normalny, trójparametryczny Weibulla (Fishera-Tippetta typ III min), uogólniony logistyczny, uogólniony Pareto, uogólniony wartości ekstremalnych (GEV), Wakeby. Ocenę dopasowania rozkładów teoretycznych do ciągów maksimów opadowych przeprowadzono z użyciem testów: Kołmogorowa-Smirnowa, chi-kwadrat (χ^2) oraz Andersona-Darlinga. Jako miary decydującej o ostatecznym wyborze optymalnego rozkładu, najlepiej opisującego prawdopodobieństwo przewyższenia opadu dla każdej ze 100 stacji i dla każdego z 16 czasów trwania deszczu miarodajnego, użyto kryterium informacyjne Akaike AIC (ang. Akaike Information Criterion). Na tej podstawie wyłoniono optymalny w skali całej Polski rozkład, którym był uogólniony rozkład Pareto.

Uogólniony rozkład Pareto to rozkład o trzech parametrach (k – parametr kształtu, σ – parametr skali, μ – parametr położenia), którego funkcja gęstości prawdopodobieństwa $f(x)$ i dystrybuanta $F(x)$ mają następującą postać:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left(1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1-1/k} & k \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right) & k = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$F(x) = \begin{cases} 1 - \left(1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1/k} & k \neq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right) & k = 0 \end{cases} \quad (2)$$

gdzie:

$$\mu \leq x \leq +\infty \text{ dla } k \geq 0 \quad (3)$$

$$\mu \leq x \leq \mu - \sigma/k \text{ dla } k < 0 \quad (4)$$

Po dopasowaniu wspomnianego uogólnionego rozkładu Pareto, a więc po określeniu wartości parametrów: k , σ i μ dla 16 charakterystycznych czasów trwania: 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1080, 1440, 2160, 2880 i 4320 minut, wysokości opadów miarodajnych mogą być już obliczane praktycznie dla dowolnego poziomu prawdopodobieństwa p , jako kwantyle rozkładu według formuły:

$$h_{max}(p, t) = \begin{cases} \frac{\sigma(1-p^{-k})}{-k} + \mu, & k \neq 0 \\ -\sigma \log(p) + \mu, & k = 0 \end{cases} \quad (5)$$

W trzecim etapie projektu PANDa, na podstawie bazy danych, złożonej z maksimów fazowych opadów dla 100 stacji z Polski i dodatkowych 25 stacji zagranicznych przeprowadzono interpolację przestrzenną wysokości opadów miarodajnych dla 16 charakterystycznych (faz) czasów trwania i 30 prawdopodobieństw występowania (częstości występowania od $C = 1$ rok do $C = 30$ lat). Do interpolacji tej zastosowano nowoczesny warsztat geostatystyczny. Warsztat ten opierał się o analizę autokorelacji przestrzennej wysokości opadów miarodajnych z użyciem semiwariogramów i symulacje geostatystyczne maksymalnych wysokości opadów, prowadzone na bazie uprzednio dobranych modeli semiwariogramów. Interpolację przestrzenną wysokości opadów miarodajnych przeprowadzono wykorzystując doświadczenia wcześniejszych krajowych badań nad stosowaniem symulacji geostatystycznych do modelowania maksymalnych opadów dobowych (Stach 2009).

Dla wszystkich 16 charakterystycznych czasów trwania i 30 poziomów częstości występowania opadów obliczono łącznie 480 semiwariogramów empirycznych. Do semiwariogramów empirycznych dopasowano złożone modele semiwariogramów teoretycznych, składające się z kombinacji maksymalnie dwóch modeli typu: wykładniczego, sferycznego lub Gaussa, z dodatkową możliwością uwzględnienia występowania efektu samorodka (ang. nugget). Efektywność doboru modeli semiwariogramów teoretycznych (poziomu ich złożoności) była kontrolowana w oparciu o kryteria AIC i BIC (ang. Bayesian Information Criterion) oraz sumę kwadratów różnic pomiędzy semiwariogramem empirycznym a teoretycznym.

Po dopasowaniu modeli semiwariogramów teoretycznych przeprowadzono serię symulacji geostatystycznych. Metody symulacji geostatystycznych, honorują dane pomiarowe i umożliwiają generowanie całego zbioru równie prawdopodobnych obrazów (modeli), zachowujących charakterystyki rozkładu statystycznego zbioru pomiarowego i strukturę przestrzenną zjawiska. Symulacje geostatystyczne polegają na zastosowaniu metodyki Monte Carlo (próbki rozkładu statystycznego), ograniczonej poprzez uwzględnienie danych pomiarowych i modelu struktury przestrzennej zjawiska. Z tych przyczyn są one określane jako tzw. „symulacje warunkowe” (ang. conditional simulation). Do przeprowadzenia symulacji geostatystycznych zdecydowano się przyjąć algorytm bezpośredniej symulacji sekwencyjnej (ang. Direct Sequential Simulation – DSSIM), zaproponowany przez Soaresa (2001). Symulacje numeryczne prowadzono w wersji 3.0 oprogramowania Stanford Geostatistical Modeling Software (Remy i in. 2009) wykorzystującą modyfikację oryginalnego algorytmu wykonaną przez Oz'a i in. (2003). Algorytm symulacji warunkowych DSSIM uruchamiano korzystając z opcji prostego krigingu (ang. simple kriging).

Geostatystyczne symulacje warunkowe rozkładów przestrzennych opadów miarodajnych na obszarze Polski przeprowadzono dla siatki interpolacyjnej o wymiarze 5 km na 5 km. Rozmiar ten uznano za optymalny kierując się rekomendacjami Hengla (2006), uwzględniającymi liczbę bazowych stacji w relacji do analizowanej powierzchni. Przeprowadzono łącznie 48 000 symulacji, czyli po 100 dla każdej z kombinacji 16 czasów trwania i 30 częstości (prawdopodobieństw) występowania opadów maksymalnych. Wartości w każdym z 12885 pikseli, o wymiarze 5 km na 5 km, pokrywających cały obszar Polski były interpolowane na bazie maksimum 6 najbliższych stacji mieszczących się w promieniu 100 km od analizowanego oczka siatki.

Dla każdej z 480 kombinacji czasów trwania i częstości przeprowadzono przetwarzanie końcowe (ang. postprocessing) wyników zbiorów 100 symulacji. W ramach przetwarzania końcowego obliczano wartości średniej oczekiwanej (ang. EM - E-type Mean), kwartyłu dolnego (Q1) i kwartyłu górnego (Q3). Wartości EM traktowano jako oszacowanie wysokości opadów miarodajnych, a wartości kwartyli Q1 i Q3 za granice przedziałów ufności estymowanych wartości wysokości opadów miarodajnych. Dopiero tak uzyskane zbiory wartości EM oraz Q1 i Q3 były podstawą opracowania probabilistycznych modeli opadowych wchodzących w skład atlasu PANDa. Modele te uzyskiwano poprzez dopasowanie parametrów uogólnionych rozkładów Pareto dla 16 charakterystycznych czasów od 5 do 4320 min. Parametry rozkładów wyznaczano trzykrotnie dla każdego z 12855 pikseli, o wymiarze 5 km na 5 km, pokrywających cały obszar Polski, osobno dla zbiorów wartości EM, Q1 i Q3. W efekcie, na podstawie dobranych rozkładów, dla dowolnej lokalizacji w Polsce można obliczyć wysokości (natężenia) deszczów miarodajnych o dowolnym czasie w zakresie od 5 min do 4320 min i dla dowolnego poziomu prawdopodobieństwa przewyższenia p w zakresie od 1% do 100% wraz z granicami przedziałów ich ufności.

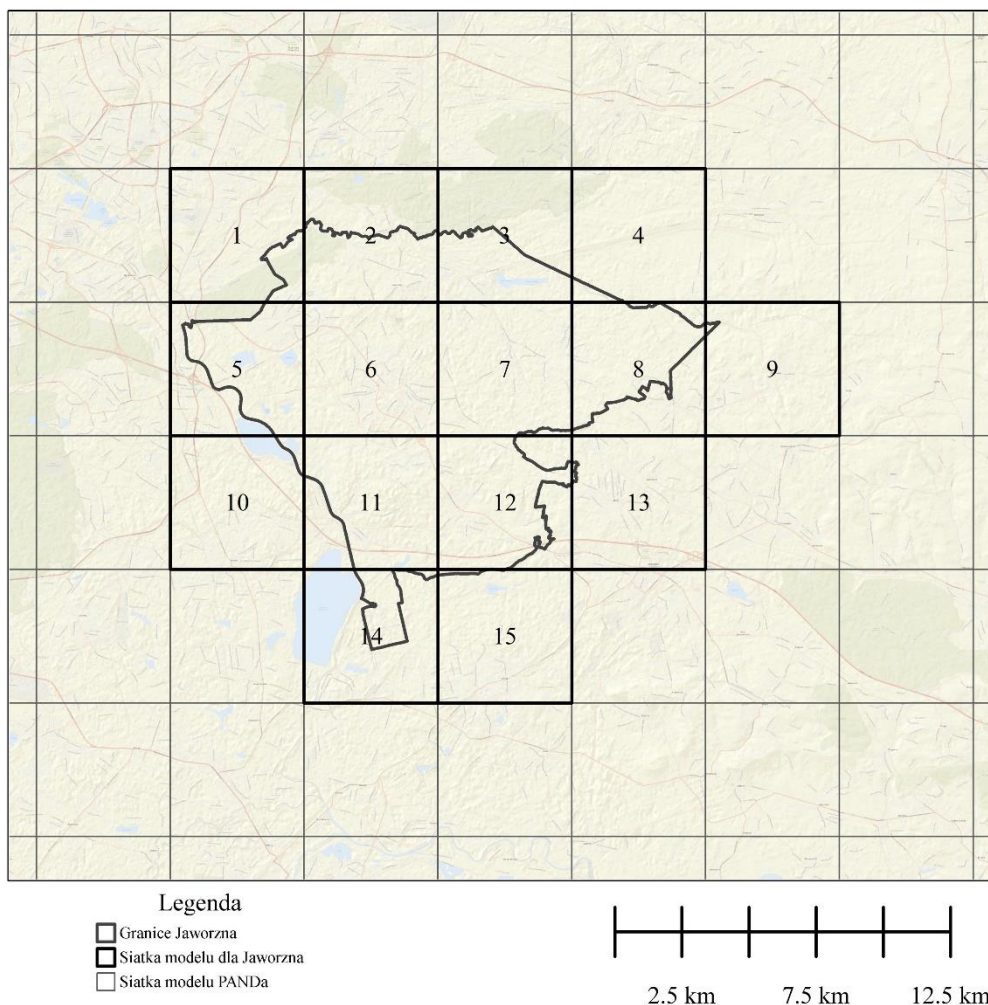
Powyżej przedstawiona metodyka opracowania modeli opadowych jest szczegółowo dyskutowana w monografii pod redakcją Licznara i Zaleskiego (2020).

3. Atlas opadowy dla Jaworzna

Przekładając końcowe wyniki projektu PANDa na lokalną skalę Jaworzna podzielono obszar miasta na kwadratową siatkę interpolacyjną przedstawioną na rys. 1. Zgodnie z opisaną powyżej metodyką, dla każdego oczka siatki został opracowany unikalny model opadowy, wynikający z interpolacji przestrzennej maksymalnych wysokości opadów miarodajnych wydzielonych nie tylko z rejestracji z najbliższego deszczomierza zainstalowanego w Katowicach, ale także okolicznych deszczomierzy. Deszczomierze te musiały mieścić się możliwie blisko interpolowanych oczek siatki (w promieniu nie przekraczającym 100 km). Zgodnie z rys. 2, wartości wysokości opadów miarodajnych uzyskane dla obszaru Jaworzna były efektem interpolacji danych pochodzących z sześciu najbliższych deszczomierzy zlokalizowanych na stacjach: Katowice, Kraków–Bielany, Bielsko–Biała, Miechów, Zawoja i Częstochowa.

Odczyt wartości natężeń deszczów miarodajnych z atlasu opadowego może być dokonywany dla dowolnie wybranej lokalizacji na obszarze Jaworzna (zdefiniowanej poprzez wskazanie adresu lub współrzędnych geograficznych) dla dowolnego czasu trwania opadu w zakresie od 5 do 4320 min i dla dowolnego prawdopodobieństwa p w zakresie od 1% do 100% (częstości w zakresie od $C = 100$ lat do $C = 1$ rok) z wykorzystaniem dołączonej do opracowania aplikacji internetowej. Aplikacja ta jest dostępna pod adresem: <https://jaworzno.atlaspanda.pl/>.

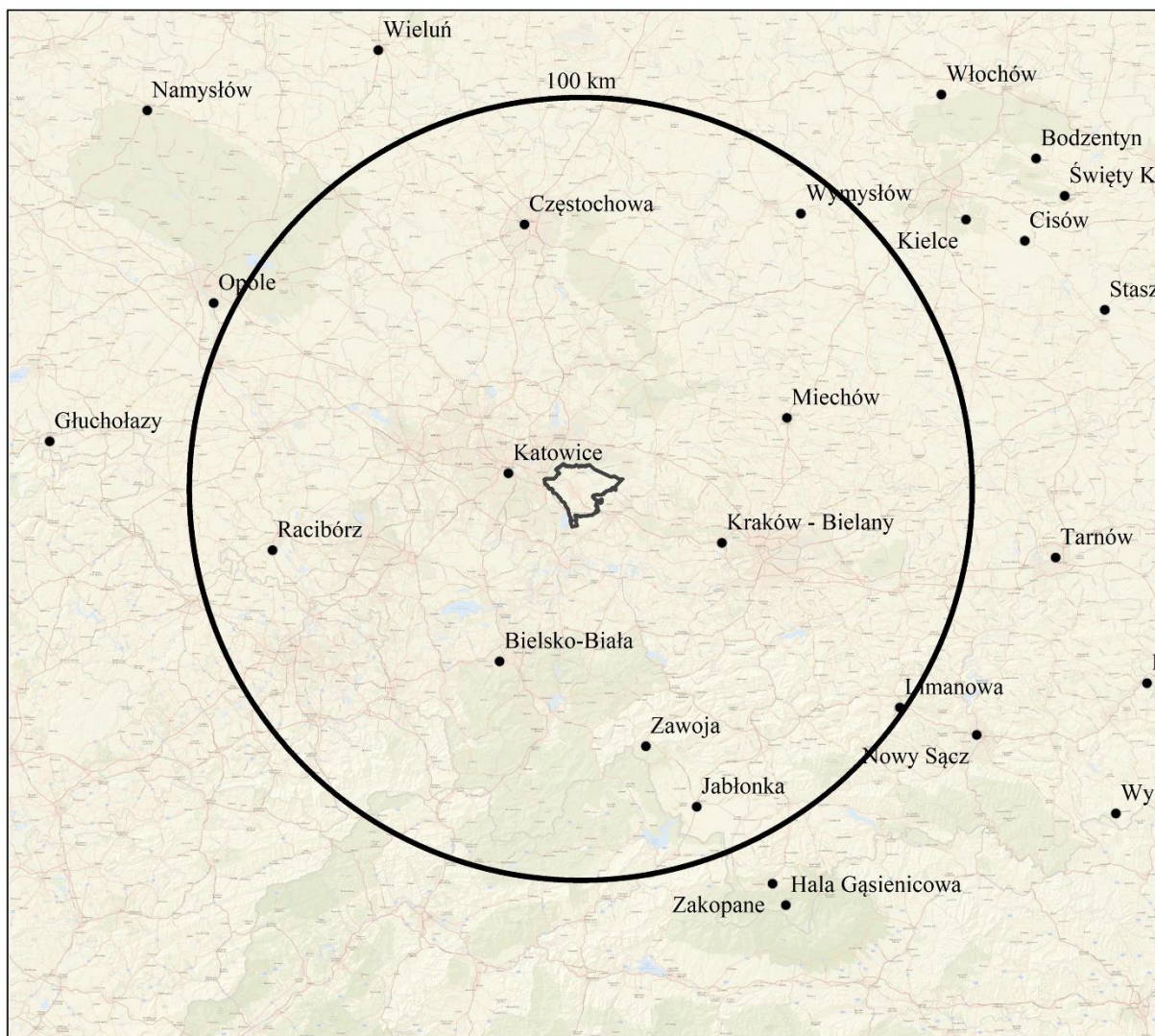
Warto przy tym zauważyć, że odczytywane wartości natężeń deszczów miarodajnych chociaż przypisane są do obszarów konkretnych oczek siatki interpolacyjnej o wymiarach 5 km na 5 km, nie są zredukowanymi wartościami natężeń deszczów miarodajnych, uwzględniającymi efekt wpływu zasięgu opadów na ich maksymalne natężenie. Jak w przypadku klasycznych modeli opadowych, są to wartości natężeń maksymalnych rejestrowanych punktowo (odpowiadające pomijalnie małej powierzchni wlotowej samego deszczomierza). Ponadto odczytywane wartości natężeń deszczów miarodajnych są każdorazowo opatrzone przedziałami ufności określonymi z użyciem dyskusowanych wartości kwartyli dolnych i górnych (Q1 i Q3). Przykładowe odczyty natężeń deszczów miarodajnych dla wybranych, charakterystycznych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla piętnastu oczek siatki interpolacyjnej atlasu PANDa pokrywającego obszar miasta wraz przedziałami ufności są przedstawione na rys. 3÷17. Odczyty natężeń deszczów miarodajnych dla tych oczek siatki atlasu są także zestawione dla charakterystycznych czasów trwania w tab. 1.



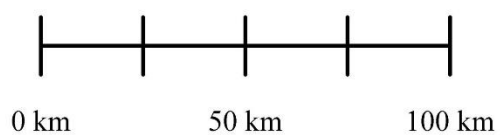
Rys. 1. Podział obszaru Jaworzna na oczka siatki interpolacyjnej atlasu opadowego

Na podstawie analizy wykresów na rys. 3÷17 można przede wszystkim stwierdzić, że w sposób naturalny, wraz ze spadkiem czasu trwania opadów oraz wraz z obniżeniem wartości prawdopodobieństwa p , czyli zwiększeniem częstości C , obserwuje się poszerzenie zakresu ufności odczytywanych natężeń deszczów miarodajnych. Deszcze o wysokich wydajnościach w krótkim czasie, występujące rzadko w okresie nawet dziesięcioleci obserwacji (opady o częstości $C \geq 10$ lat), są nawet współcześnie wyzwaniem co do ich precyzyjnej rejestracji i pozostawiają określony margines niepewności, co do szacowania ich wartości z użyciem modeli opadowych.

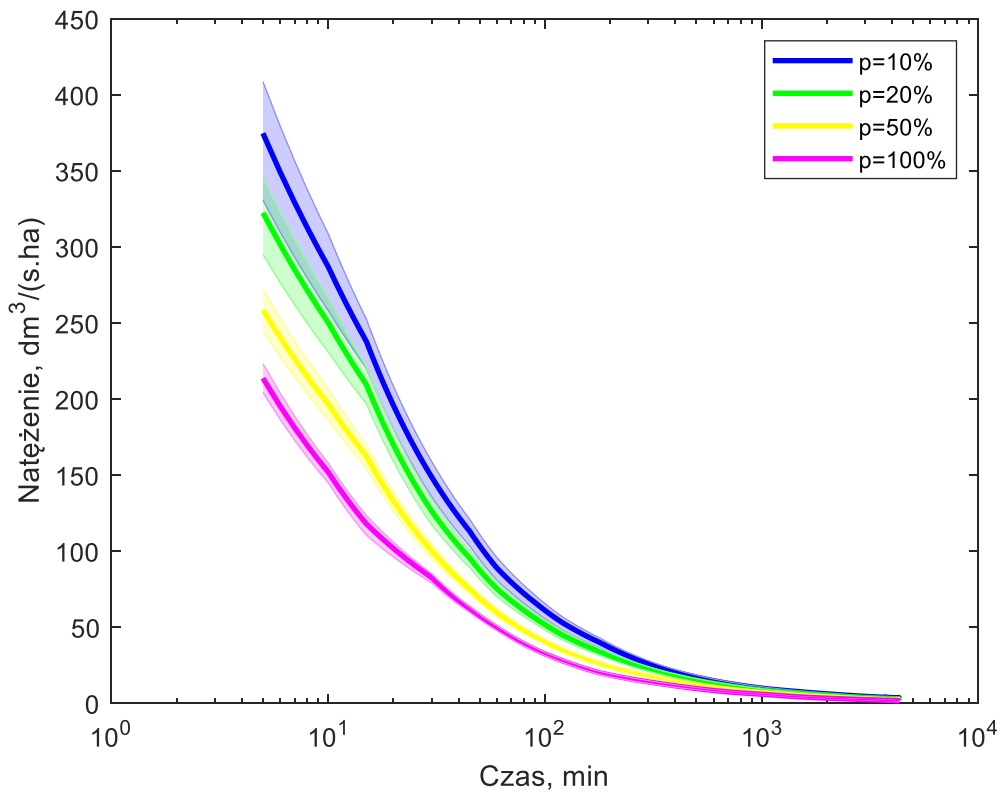
Analiza danych zawartych w tab. 1 dowodzi, że natężenia deszczów na obszarze miasta nie wykazują istotnego zróżnicowania. Wartości natężeń odczytywane dla tych samych kombinacji czasów trwania i częstości (prawdopodobieństw) mają bardzo zbliżone wartości w obrębie piętnastu oczek siatki interpolacyjnej atlasu PANDa pokrywających obszar całego miasta. Można jedynie zauważyć, że najwyższe natężenia opadów dla poszczególnych kombinacji czasów trwania i częstości występowania notuje się w południowej części miasta (dla obszarów o numerach 14 i 15), podczas gdy najniższe wartości natężeń obserwuje się w północno – wschodniej części miasta (dla obszarów o numerach 1 i 2). Przywołane tu różnice w natężeniach deszczów miarodajnych nie są jednak istotne z punktu widzenia precyzji prowadzenia obliczeń związanych z projektowaniem i modelowaniem systemów odwodnienia.



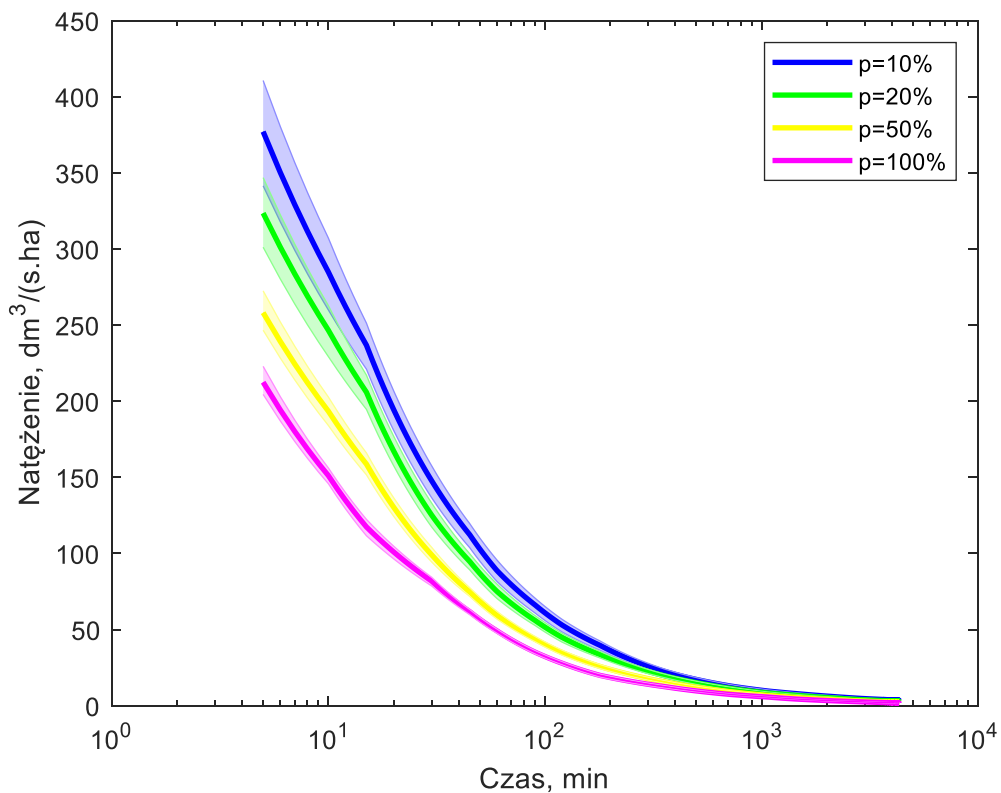
Legenda
 □ Granice Jaworzna



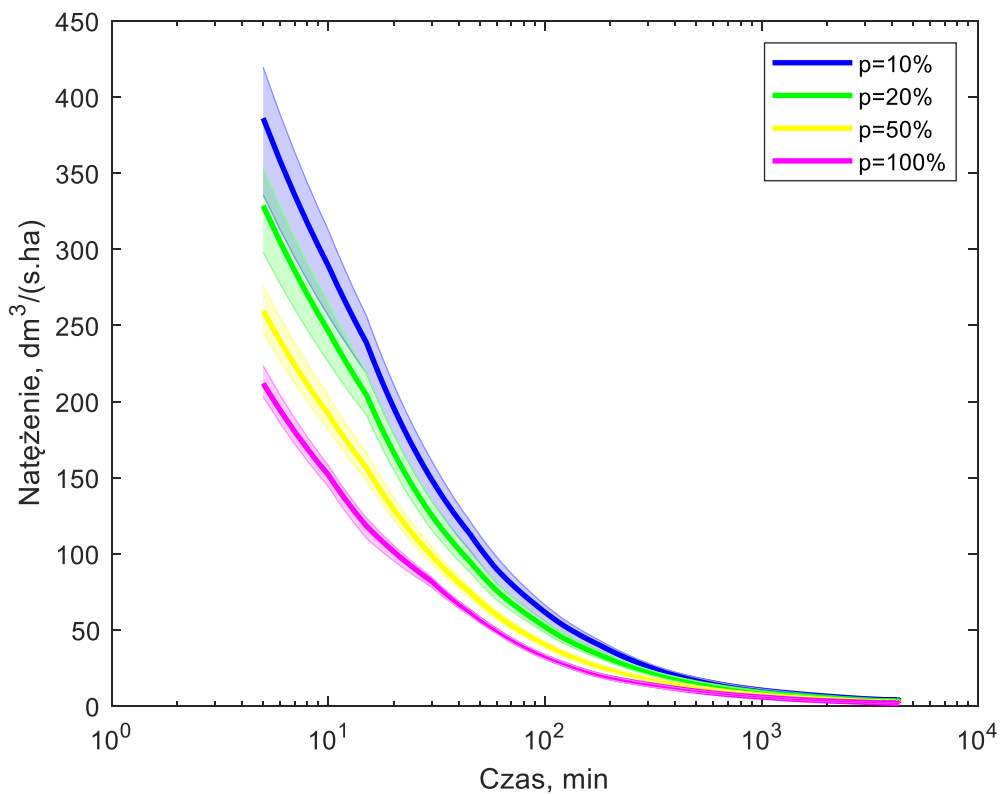
Rys. 2. Stacje opadowe mieszczące się w promieniu 100 km od Jaworzna



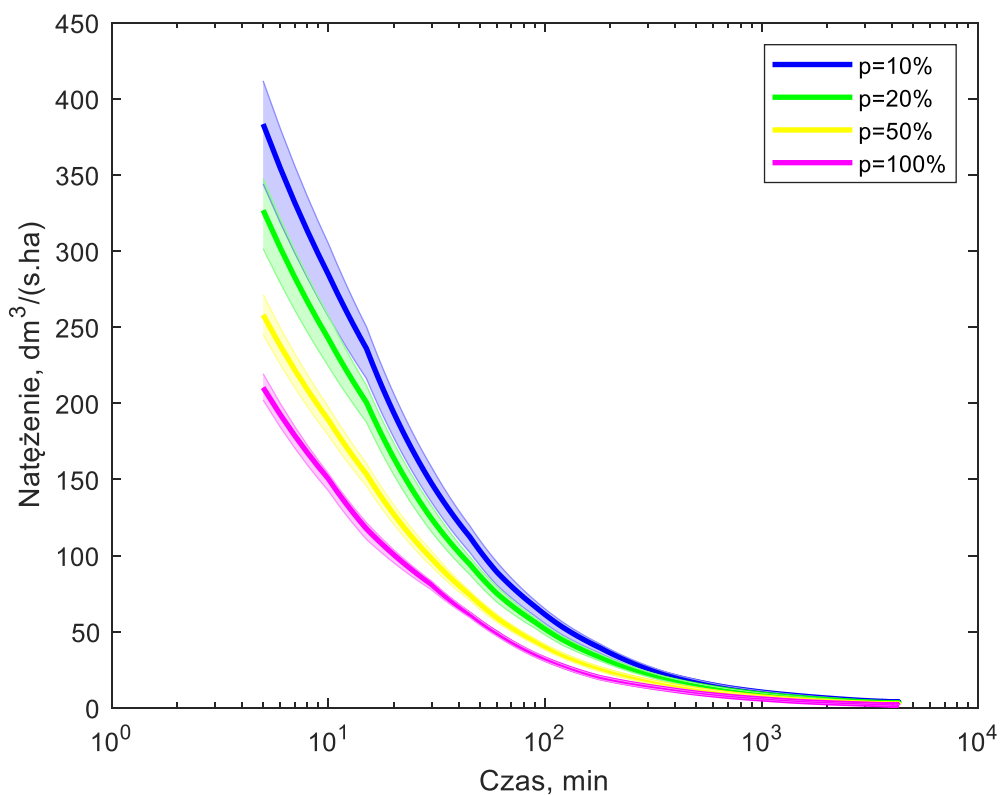
Rys. 3. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 1 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



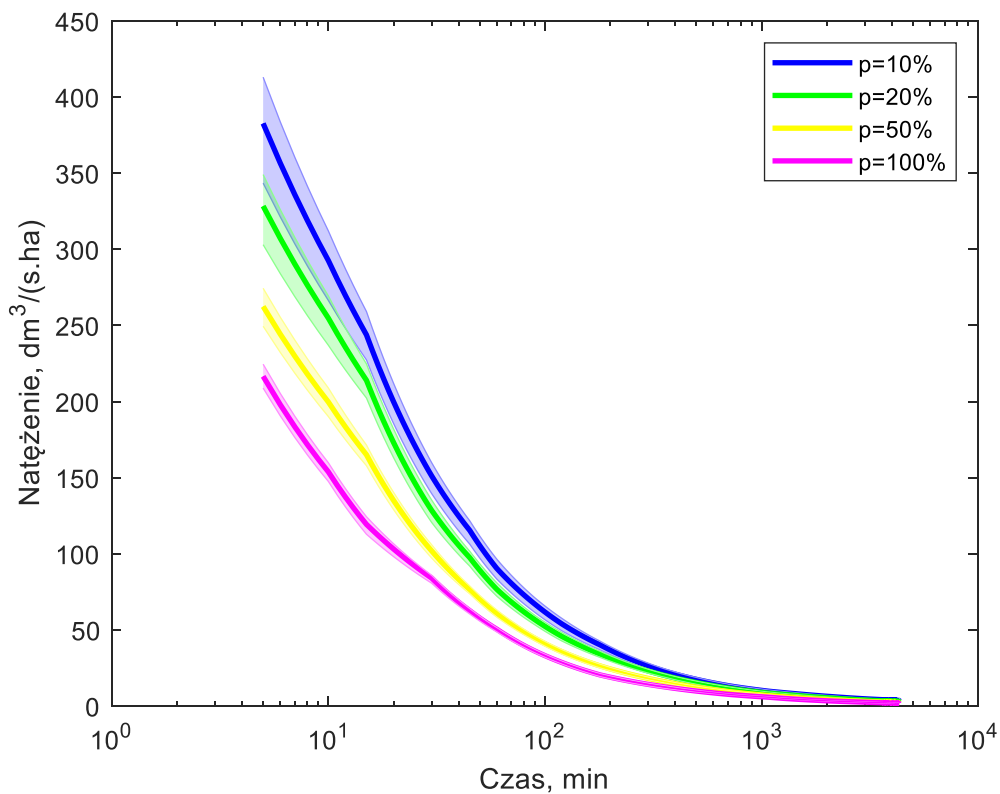
Rys. 4. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 2 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



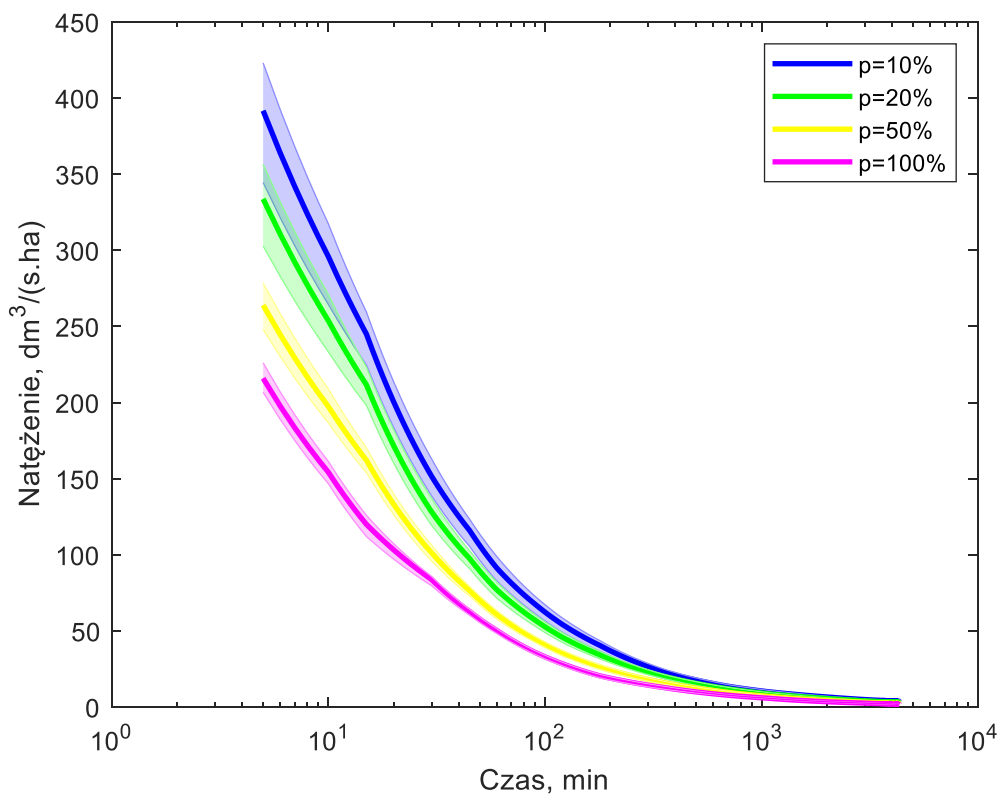
Rys. 5. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 3 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



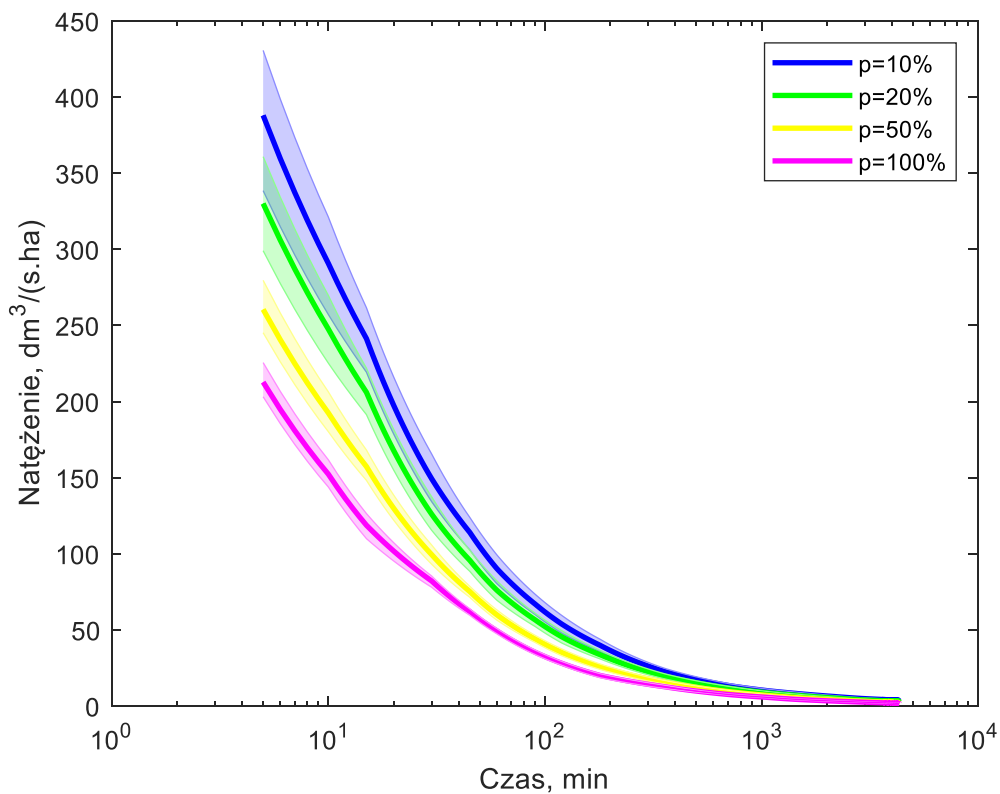
Rys. 6. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 4 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



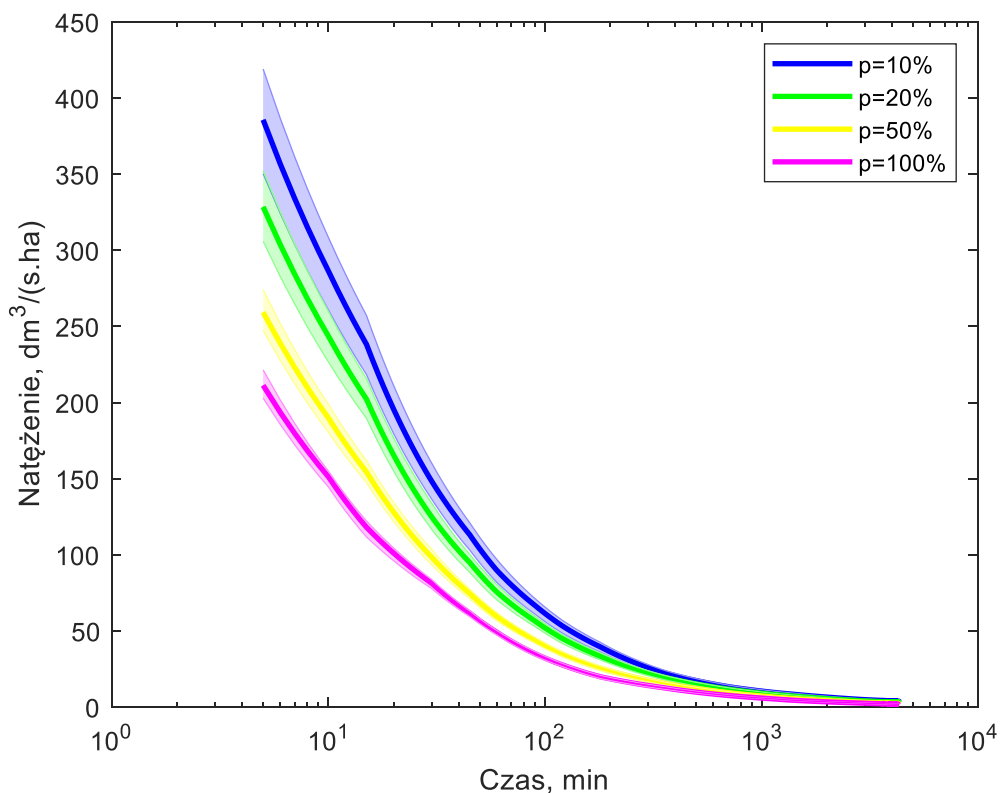
Rys. 7. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 5 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



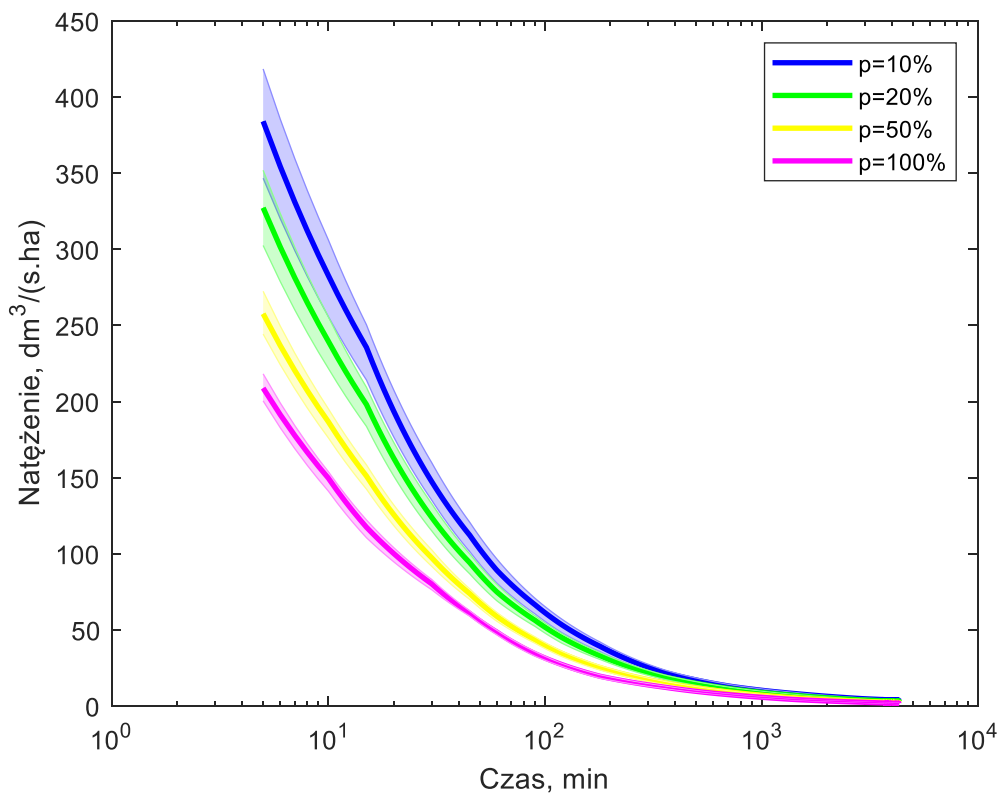
Rys. 8. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 6 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



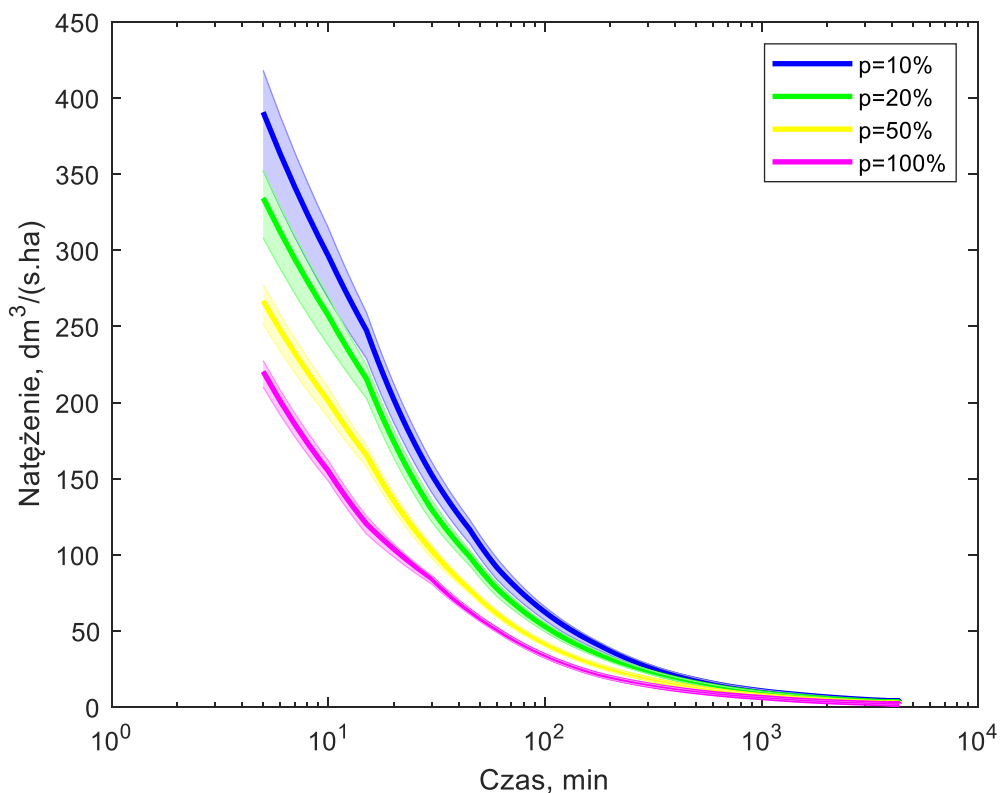
Rys. 9. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 7 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



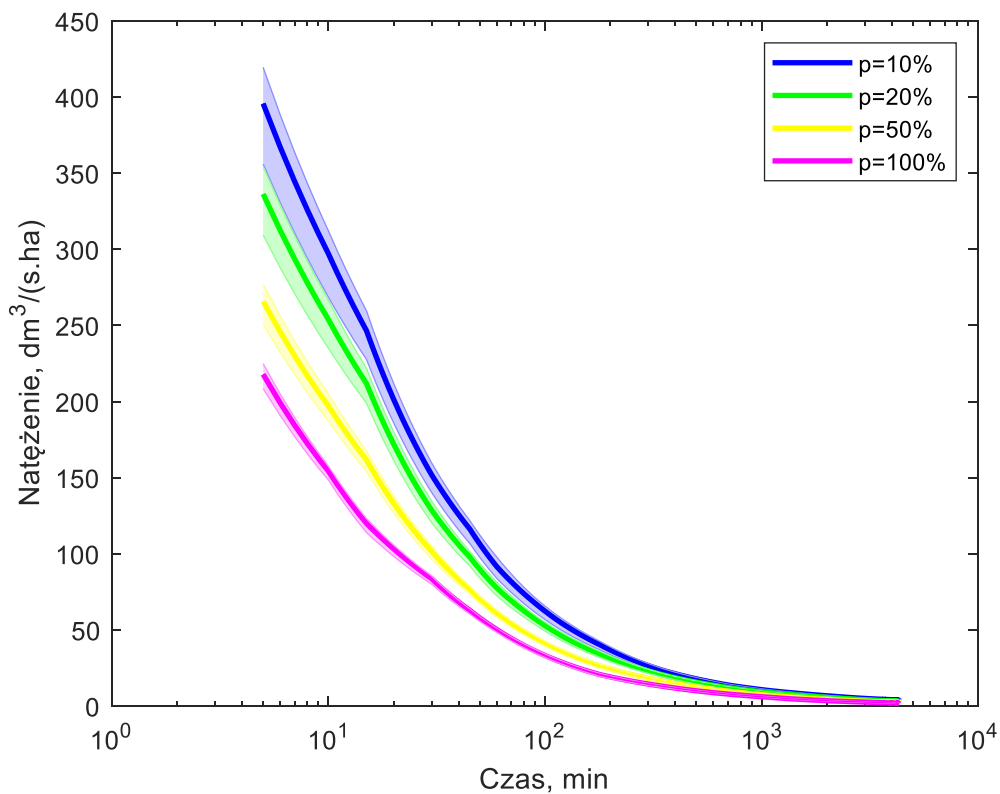
Rys. 10. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 8 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



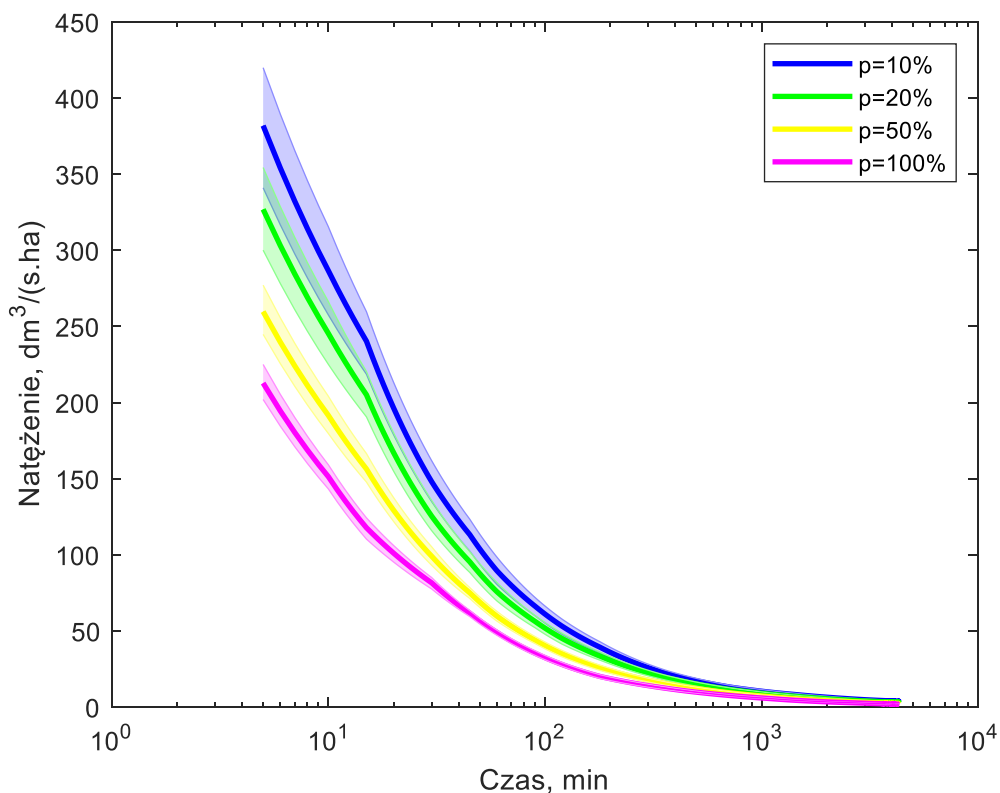
Rys. 11. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 9 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



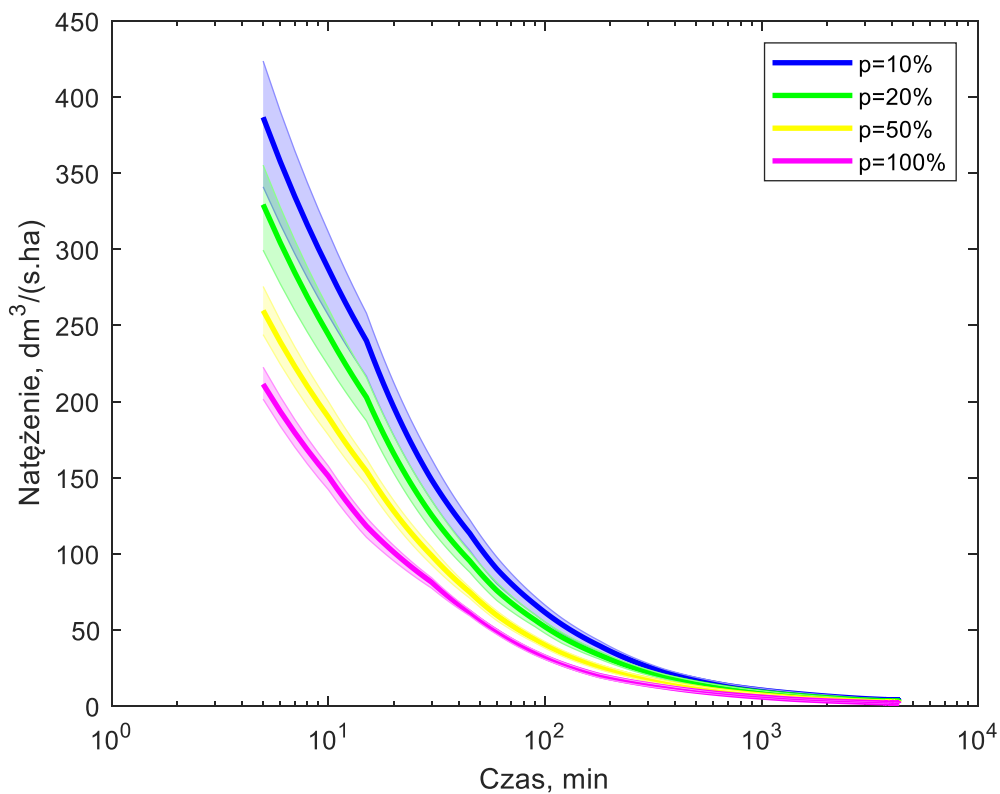
Rys. 12. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 10 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



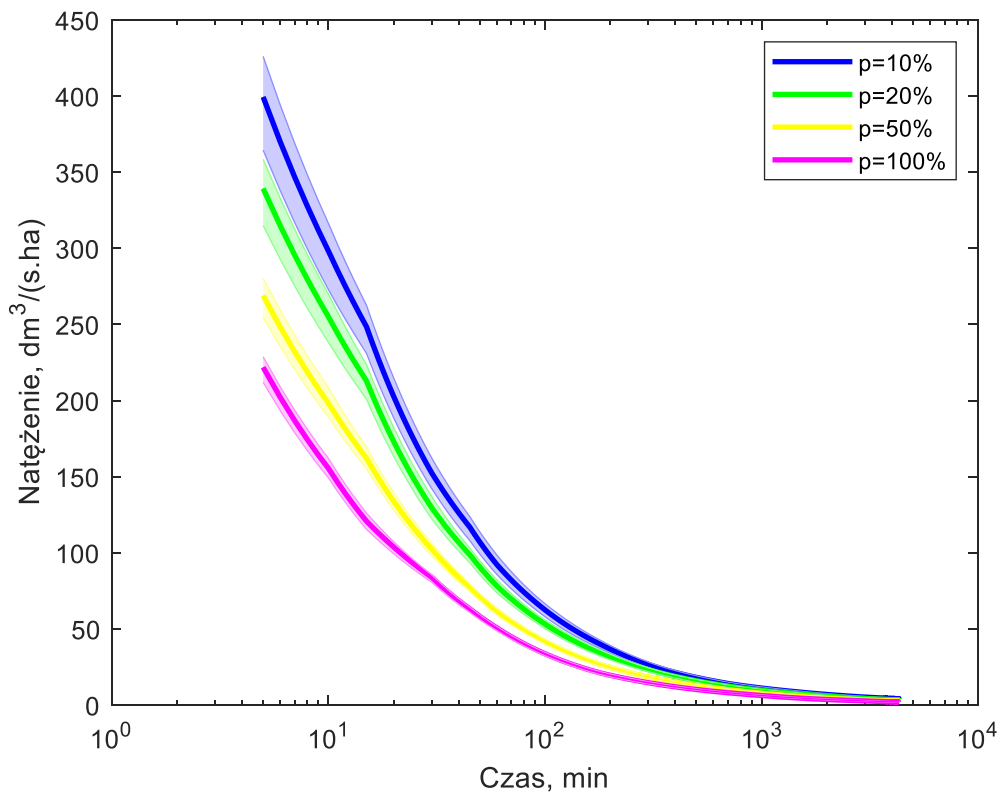
Rys. 13. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 11 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



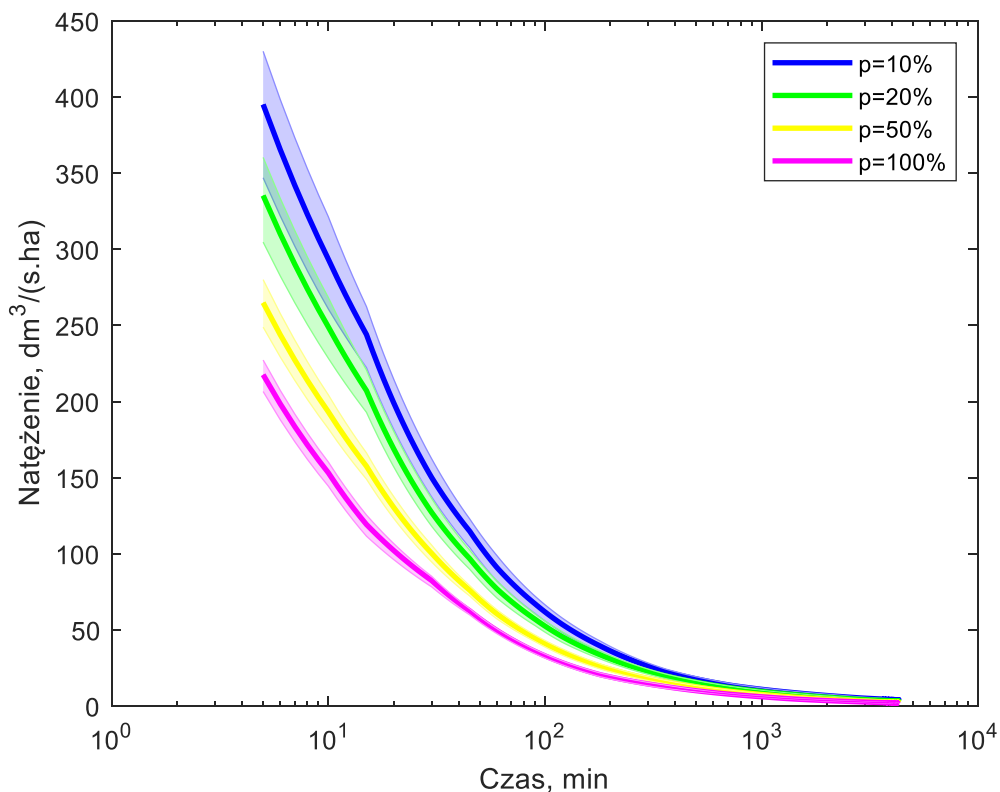
Rys. 14. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 12 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



Rys. 15. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 13 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



Rys. 16. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 14 Jaworzna wraz z przedziałami ufności



Rys. 17. Natężenia deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 15 Jaworzna wraz z przedziałami ufności

Warto jednak zauważyć, że zaktualizowane wartości natężeń deszczów miarodajnych pochodzące z odczytów atlasu PANDa, zestawione w tab. 1 są wyraźnie wyższe od natężeń wynikających ze stosowanej dawniej w Polsce często do projektowania systemów odwodnienia formuły Błaszczyka (1954). Na rys. 18 zestawiono dla porównania wartości zawarte w tab. 1 (dla znajdującego się w centralnej części miasta obszaru nr 6) z obliczeniami natężeń deszczów z formuły Błaszczyka (1954). Obliczenia te przeprowadzono dla średniorocznego opadu $H=716$ mm. Wartość tą przyjęto na podstawie opracowania Tychowskiej – Jankowskiej (2012), w którym stwierdza się, że średnie opady w otoczeniu miasta Jaworzna kształtują się w granicach od 675 mm (dla posterunku w Dzieńkowicach) do 757 mm (dla posterunku w Maczkach). Wartość średniorocznego opadu $H=716$ mm jest średnią arytmetyczną z przywołanych wartości dla dwóch okolicznych posterunków opadowych.

Analiza wyników zamieszczonych na rys. 18 dowodzi, że stosowanie historycznej formuły Błaszczyka prowadziłoby jednocześnie do istotnego zaniżenia natężeń deszczów miarodajnych dla czasów trwania w zakresie do 5 do 120 min, a więc czasów trwania najbardziej istotnych z punktu widzenia obliczania systemów do odprowadzania wód opadowych z miasta. Dla wspomnianych czasów trwania, w przypadku częstości deszczów $C = 5$ lat i $C = 10$ lat, najczęściej przyjmowanych w projektowaniu miejskich systemów odwodnienia, formuła Błaszczyka zaniża realne natężenia opadów odpowiednio od 7% do 42% i od 17% do 31%. Jedynie w przypadku częstości $C = 10$ lat i najkrótszego czasu 5 min stwierdzono zgodność oszacowania natężenia deszczu miarodajnego według historycznej formuły Błaszczyka z aktualnym modelem PANDa dla Jaworzna.

Tab. 1. Odczyty natężeń deszczów miarodajnych I z atlasu opadowego dla wybranych czasów trwania i prawdopodobieństw p dla piętnastu oczek siatki interpolacyjnej atlasu PANDa pokrywającego obszar Jaworzna. Wszystkie wartości natężeń są wyrażone w $\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$

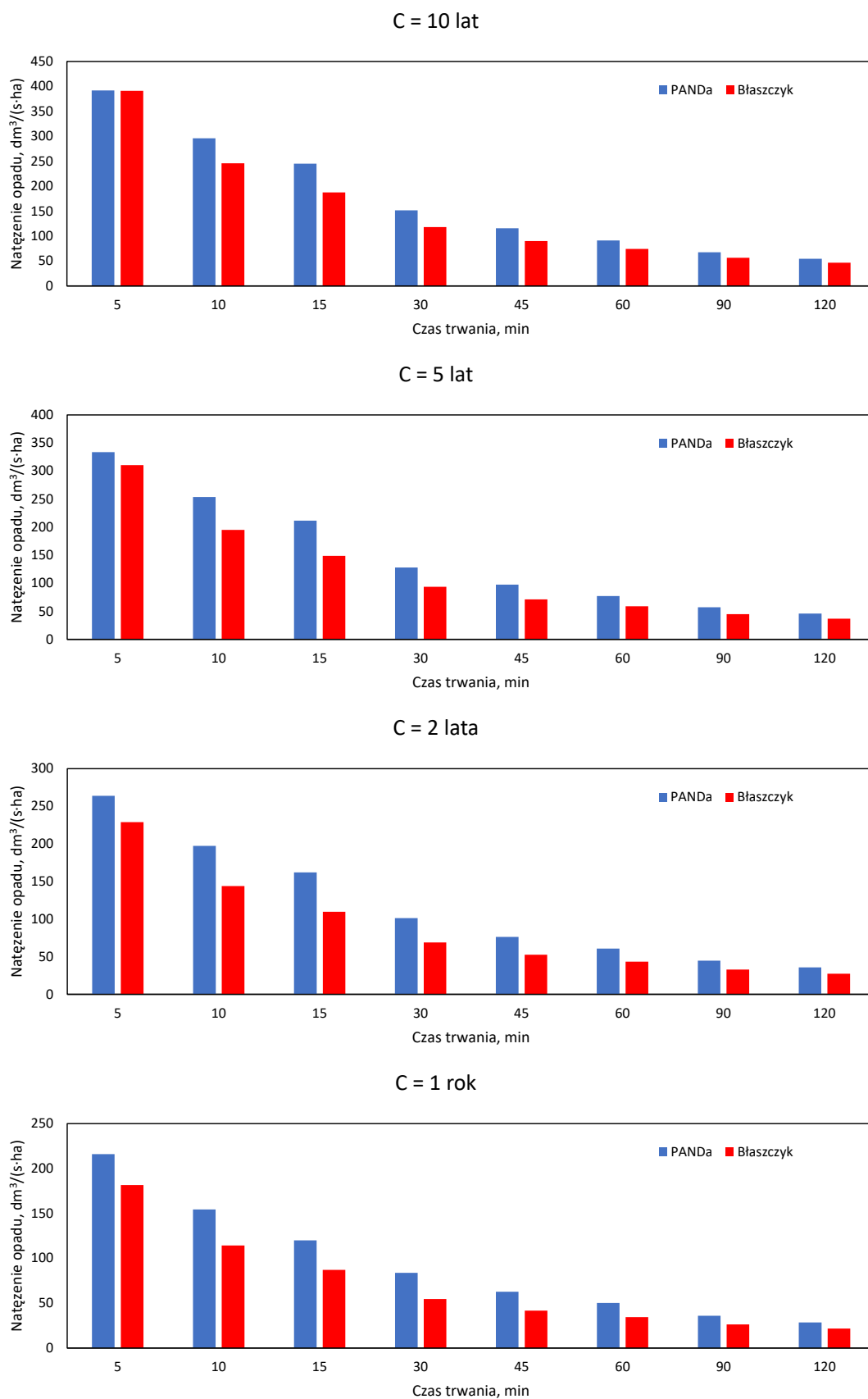
| Czas, min | Obszar nr 1 | | | | Obszar nr 2 | | | |
|-----------|-------------|----------|----------|-----------|-------------|----------|----------|-----------|
| | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ |
| 5 | 374.78 | 322.48 | 258.51 | 213.76 | 377.06 | 323.54 | 258.16 | 212.48 |
| 10 | 287.03 | 250.29 | 196.72 | 152.02 | 284.89 | 246.62 | 193.45 | 151.18 |
| 15 | 237.97 | 209.57 | 162.51 | 118.01 | 236.74 | 205.87 | 158.67 | 117.41 |
| 30 | 148.90 | 126.44 | 100.24 | 82.772 | 147.76 | 125.18 | 99.10 | 81.856 |
| 45 | 113.108 | 95.434 | 75.257 | 62.089 | 112.238 | 94.676 | 74.718 | 61.752 |
| 60 | 89.006 | 75.365 | 59.817 | 49.686 | 88.825 | 75.130 | 59.459 | 49.208 |
| 90 | 66.274 | 56.055 | 43.820 | 35.441 | 66.209 | 56.042 | 43.740 | 35.224 |
| 120 | 53.195 | 45.046 | 35.088 | 28.126 | 53.009 | 44.873 | 34.910 | 27.931 |
| 180 | 39.872 | 33.877 | 25.968 | 19.996 | 39.596 | 33.596 | 25.761 | 19.906 |
| 360 | 22.536 | 19.701 | 15.698 | 12.465 | 22.394 | 19.542 | 15.591 | 12.459 |
| 720 | 12.887 | 11.379 | 9.2038 | 7.4104 | 12.950 | 11.391 | 9.1924 | 7.4181 |
| 1080 | 9.4813 | 8.2665 | 6.7766 | 5.7310 | 9.6030 | 8.3348 | 6.7731 | 5.6728 |
| 1440 | 7.9012 | 6.8186 | 5.4430 | 4.4427 | 7.9931 | 6.8700 | 5.4468 | 4.4149 |
| 2160 | 5.9586 | 5.0651 | 3.9801 | 3.2263 | 6.0063 | 5.0941 | 3.9915 | 3.2292 |
| 2880 | 4.7776 | 3.9964 | 3.1353 | 2.5931 | 4.8217 | 4.0298 | 3.1510 | 2.5937 |
| 4320 | 3.6108 | 2.9589 | 2.2583 | 1.8283 | 3.6843 | 3.0193 | 2.2844 | 1.8203 |
| Czas, min | Obszar nr 3 | | | | Obszar nr 4 | | | |
| | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ |
| 5 | 386.12 | 328.61 | 259.47 | 211.92 | 383.42 | 326.83 | 258.11 | 210.37 |
| 10 | 289.12 | 246.32 | 191.69 | 151.80 | 284.66 | 242.51 | 189.14 | 150.49 |
| 15 | 238.67 | 204.36 | 156.47 | 118.24 | 235.97 | 200.59 | 153.47 | 117.58 |
| 30 | 148.75 | 125.27 | 98.91 | 82.011 | 147.36 | 124.17 | 97.95 | 81.000 |
| 45 | 113.157 | 95.047 | 74.826 | 61.922 | 112.331 | 94.331 | 74.222 | 61.385 |
| 60 | 89.766 | 75.667 | 59.692 | 49.347 | 89.222 | 75.141 | 59.243 | 48.983 |
| 90 | 66.916 | 56.515 | 43.936 | 35.233 | 66.557 | 56.305 | 43.718 | 34.876 |
| 120 | 53.586 | 45.183 | 35.014 | 27.975 | 53.241 | 44.934 | 34.772 | 27.661 |
| 180 | 39.869 | 33.611 | 25.714 | 20.010 | 39.410 | 33.286 | 25.485 | 19.798 |
| 360 | 22.472 | 19.478 | 15.535 | 12.564 | 22.170 | 19.235 | 15.371 | 12.459 |
| 720 | 13.213 | 11.555 | 9.2644 | 7.4544 | 13.089 | 11.462 | 9.2121 | 7.4315 |
| 1080 | 9.9372 | 8.5761 | 6.8641 | 5.6321 | 9.8893 | 8.5342 | 6.8125 | 5.5608 |
| 1440 | 8.2271 | 7.0260 | 5.5088 | 4.4120 | 8.1636 | 6.9713 | 5.4595 | 4.3626 |
| 2160 | 6.2187 | 5.2408 | 4.0661 | 3.2591 | 6.1321 | 5.1675 | 4.0077 | 3.2103 |
| 2880 | 4.9859 | 4.1365 | 3.2041 | 2.6194 | 4.9439 | 4.1111 | 3.1808 | 2.5869 |
| 4320 | 3.8463 | 3.1345 | 2.3422 | 1.8382 | 3.8322 | 3.1353 | 2.3350 | 1.8095 |
| Czas, min | Obszar nr 5 | | | | Obszar nr 6 | | | |
| | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ |
| 5 | 382.69 | 328.43 | 262.47 | 216.60 | 391.67 | 333.72 | 263.95 | 215.92 |
| 10 | 292.63 | 254.80 | 199.72 | 153.86 | 295.88 | 253.73 | 197.36 | 154.24 |
| 15 | 243.80 | 213.96 | 165.07 | 119.36 | 244.92 | 211.58 | 162.06 | 119.98 |
| 30 | 151.17 | 128.52 | 101.92 | 84.072 | 151.51 | 128.13 | 101.30 | 83.689 |
| 45 | 115.34 | 97.429 | 76.563 | 62.659 | 115.79 | 97.379 | 76.375 | 62.674 |
| 60 | 90.358 | 76.668 | 60.885 | 50.481 | 91.247 | 77.014 | 60.810 | 50.264 |
| 90 | 66.896 | 56.692 | 44.488 | 36.139 | 67.580 | 57.126 | 44.573 | 35.950 |
| 120 | 53.898 | 45.716 | 35.660 | 28.590 | 54.380 | 45.924 | 35.652 | 28.514 |
| 180 | 40.155 | 34.223 | 26.385 | 20.459 | 40.383 | 34.212 | 26.278 | 20.441 |
| 360 | 22.802 | 19.999 | 15.927 | 12.541 | 22.884 | 19.945 | 15.878 | 12.660 |
| 720 | 13.170 | 11.614 | 9.4038 | 7.6069 | 13.387 | 11.744 | 9.4493 | 7.6144 |
| 1080 | 9.7796 | 8.5253 | 6.9547 | 5.8295 | 10.044 | 8.7120 | 7.0189 | 5.7877 |
| 1440 | 8.1441 | 7.0231 | 5.5947 | 4.5530 | 8.3231 | 7.1387 | 5.6326 | 4.5367 |
| 2160 | 6.1262 | 5.1710 | 4.0470 | 3.2906 | 6.2980 | 5.2991 | 4.1147 | 3.3115 |
| 2880 | 4.9520 | 4.1342 | 3.2334 | 2.6666 | 5.0721 | 4.2062 | 3.2631 | 2.6763 |
| 4320 | 3.7450 | 3.0531 | 2.3243 | 1.8859 | 3.8692 | 3.1416 | 2.3628 | 1.8868 |

Tab. 1 cd. Odczyty natężeń deszczów miarodajnych I z atlasu opadowego dla wybranych czasów trwania i prawdopodobieństw p dla piętnastu oczek siatki interpolacyjnej atlasu PANDA pokrywającego obszar Jaworzna. Wszystkie wartości natężeń są wyrażone w $\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$

| Czas, min | Obszar nr 7 | | | | Obszar nr 8 | | | |
|-----------|--------------|----------|----------|-----------|--------------|----------|----------|-----------|
| | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ |
| 5 | 387.98 | 330.06 | 260.53 | 212.79 | 385.70 | 328.52 | 259.27 | 211.30 |
| 10 | 290.76 | 247.61 | 192.55 | 152.34 | 286.45 | 243.64 | 189.89 | 151.27 |
| 15 | 241.34 | 206.05 | 157.30 | 118.77 | 238.24 | 202.21 | 154.40 | 118.09 |
| 30 | 149.31 | 126.03 | 99.48 | 82.167 | 148.35 | 124.90 | 98.43 | 81.344 |
| 45 | 114.05 | 95.737 | 75.230 | 62.107 | 113.10 | 94.866 | 74.578 | 61.678 |
| 60 | 90.285 | 76.092 | 59.940 | 49.431 | 89.744 | 75.524 | 59.463 | 49.094 |
| 90 | 67.056 | 56.692 | 44.130 | 35.420 | 66.726 | 56.485 | 43.897 | 35.043 |
| 120 | 53.742 | 45.399 | 35.193 | 28.051 | 53.424 | 45.135 | 34.931 | 27.744 |
| 180 | 39.899 | 33.743 | 25.875 | 20.120 | 39.576 | 33.401 | 25.582 | 19.916 |
| 360 | 22.582 | 19.609 | 15.656 | 12.649 | 22.324 | 19.363 | 15.459 | 12.514 |
| 720 | 13.306 | 11.665 | 9.3607 | 7.5102 | 13.169 | 11.545 | 9.2804 | 7.4741 |
| 1080 | 10.036 | 8.6889 | 6.9557 | 5.6799 | 9.9698 | 8.6206 | 6.8812 | 5.5981 |
| 1440 | 8.3413 | 7.1366 | 5.5872 | 4.4468 | 8.2662 | 7.0678 | 5.5237 | 4.3853 |
| 2160 | 6.3178 | 5.3225 | 4.1270 | 3.3056 | 6.2064 | 5.2208 | 4.0468 | 3.2470 |
| 2880 | 5.0471 | 4.1832 | 3.2404 | 2.6526 | 5.0026 | 4.1535 | 3.2141 | 2.6203 |
| 4320 | 3.9002 | 3.1709 | 2.3669 | 1.8606 | 3.8767 | 3.1605 | 2.3528 | 1.8321 |
| Czas, min | Obszar nr 9 | | | | Obszar nr 10 | | | |
| | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ |
| 5 | 384.07 | 327.30 | 257.69 | 208.86 | 390.69 | 334.35 | 266.74 | 220.33 |
| 10 | 282.80 | 239.61 | 186.75 | 149.74 | 296.26 | 257.08 | 200.96 | 154.98 |
| 15 | 235.56 | 198.05 | 151.10 | 117.48 | 247.42 | 215.56 | 165.43 | 120.36 |
| 30 | 147.48 | 123.98 | 97.434 | 80.306 | 152.61 | 129.79 | 102.786 | 84.506 |
| 45 | 112.17 | 94.136 | 73.858 | 60.826 | 116.54 | 98.665 | 77.441 | 63.026 |
| 60 | 89.207 | 74.973 | 58.933 | 48.600 | 91.689 | 77.800 | 61.603 | 50.803 |
| 90 | 66.563 | 56.325 | 43.552 | 34.433 | 67.518 | 57.285 | 45.032 | 36.639 |
| 120 | 53.298 | 44.955 | 34.592 | 27.228 | 54.358 | 46.182 | 36.112 | 29.015 |
| 180 | 39.205 | 33.089 | 25.281 | 19.576 | 40.253 | 34.401 | 26.695 | 20.889 |
| 360 | 21.951 | 19.023 | 15.190 | 12.319 | 23.098 | 20.279 | 16.147 | 12.682 |
| 720 | 13.002 | 11.397 | 9.1753 | 7.4141 | 13.506 | 11.886 | 9.6142 | 7.7924 |
| 1080 | 9.8764 | 8.5354 | 6.7795 | 5.4637 | 10.118 | 8.8096 | 7.1435 | 5.9289 |
| 1440 | 8.1806 | 6.9804 | 5.4328 | 4.2909 | 8.3775 | 7.2254 | 5.7477 | 4.6632 |
| 2160 | 6.1222 | 5.1444 | 3.9779 | 3.1818 | 6.2843 | 5.2802 | 4.1228 | 3.3599 |
| 2880 | 4.9508 | 4.1165 | 3.1783 | 2.5753 | 5.1237 | 4.2684 | 3.3270 | 2.7351 |
| 4320 | 3.8703 | 3.1701 | 2.3447 | 1.7880 | 3.8726 | 3.1372 | 2.3850 | 1.9461 |
| Czas, min | Obszar nr 11 | | | | Obszar nr 12 | | | |
| | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ |
| 5 | 395.74 | 336.32 | 265.78 | 217.90 | 381.87 | 326.91 | 259.74 | 212.79 |
| 10 | 297.18 | 253.95 | 197.12 | 154.36 | 286.60 | 245.38 | 191.54 | 151.31 |
| 15 | 246.56 | 211.88 | 161.65 | 120.03 | 240.28 | 205.06 | 156.33 | 117.76 |
| 30 | 151.88 | 128.63 | 101.625 | 83.678 | 148.02 | 125.38 | 99.069 | 81.589 |
| 45 | 116.30 | 97.855 | 76.743 | 62.926 | 113.21 | 95.380 | 74.999 | 61.681 |
| 60 | 91.536 | 77.507 | 61.157 | 50.261 | 89.554 | 75.766 | 59.737 | 49.081 |
| 90 | 67.624 | 57.292 | 44.841 | 36.257 | 66.257 | 56.269 | 44.004 | 35.387 |
| 120 | 54.320 | 46.023 | 35.845 | 28.704 | 53.113 | 45.069 | 35.070 | 27.960 |
| 180 | 40.187 | 34.187 | 26.418 | 20.662 | 39.235 | 33.443 | 25.812 | 20.060 |
| 360 | 22.976 | 20.066 | 16.005 | 12.763 | 22.285 | 19.434 | 15.496 | 12.382 |
| 720 | 13.590 | 11.933 | 9.6098 | 7.7479 | 13.080 | 11.498 | 9.2995 | 7.5500 |
| 1080 | 10.258 | 8.9121 | 7.1584 | 5.8506 | 9.8893 | 8.5818 | 6.8919 | 5.6421 |
| 1440 | 8.5141 | 7.3146 | 5.7590 | 4.6047 | 8.1966 | 7.0300 | 5.5308 | 4.4284 |
| 2160 | 6.4427 | 5.4107 | 4.1901 | 3.3644 | 6.1328 | 5.1567 | 4.0103 | 3.2403 |
| 2880 | 5.1880 | 4.2999 | 3.3332 | 2.7322 | 4.9788 | 4.1510 | 3.2262 | 2.6358 |
| 4320 | 3.9864 | 3.2201 | 2.4143 | 1.9306 | 3.8366 | 3.1290 | 2.3457 | 1.8502 |

Tab. 1 cd. Odczyty natężeń deszczów miarodajnych I z atlasu opadowego dla wybranych czasów trwania i prawdopodobieństw p dla piętnastu oczek siatki interpolacyjnej atlasu PANDa pokrywającego obszar Jaworzna. Wszystkie wartości natężeń są wyrażone w $\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$

| Czas, min | Obszar nr 13 | | | | Obszar nr 14 | | | |
|-----------|--------------|----------|----------|-----------|--------------|----------|----------|-----------|
| | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ |
| 5 | 386.71 | 329.39 | 259.79 | 211.44 | 399.39 | 339.26 | 268.92 | 221.87 |
| 10 | 287.22 | 243.96 | 189.82 | 151.05 | 298.27 | 255.07 | 198.27 | 155.51 |
| 15 | 239.94 | 202.78 | 154.33 | 118.18 | 248.51 | 212.89 | 162.14 | 120.78 |
| 30 | 148.56 | 125.41 | 98.821 | 81.367 | 152.54 | 129.63 | 102.418 | 83.939 |
| 45 | 113.40 | 95.366 | 74.831 | 61.463 | 116.84 | 98.713 | 77.456 | 63.204 |
| 60 | 90.016 | 75.861 | 59.629 | 48.989 | 92.249 | 78.260 | 61.787 | 50.694 |
| 90 | 66.750 | 56.530 | 43.955 | 35.102 | 67.822 | 57.679 | 45.315 | 36.694 |
| 120 | 53.556 | 45.256 | 34.998 | 27.743 | 54.404 | 46.337 | 36.298 | 29.150 |
| 180 | 39.390 | 33.406 | 25.670 | 19.946 | 39.979 | 34.233 | 26.726 | 21.114 |
| 360 | 22.283 | 19.339 | 15.422 | 12.439 | 23.168 | 20.284 | 16.205 | 12.903 |
| 720 | 13.213 | 11.595 | 9.3294 | 7.5150 | 13.888 | 12.191 | 9.8261 | 7.9412 |
| 1080 | 10.031 | 8.6821 | 6.9117 | 5.5816 | 10.614 | 9.2231 | 7.3673 | 5.9508 |
| 1440 | 8.3172 | 7.1171 | 5.5537 | 4.3881 | 8.7723 | 7.5350 | 5.9250 | 4.7263 |
| 2160 | 6.2424 | 5.2414 | 4.0517 | 3.2430 | 6.6125 | 5.5188 | 4.2663 | 3.4464 |
| 2880 | 5.0518 | 4.1863 | 3.2343 | 2.6359 | 5.3912 | 4.4546 | 3.4473 | 2.8287 |
| 4320 | 3.9304 | 3.1940 | 2.3687 | 1.8402 | 4.1473 | 3.3346 | 2.4924 | 1.9944 |
| Czas, min | Obszar nr 15 | | | | | | | |
| | $p=10\%$ | $p=20\%$ | $p=50\%$ | $p=100\%$ | | | | |
| 5 | 395.14 | 335.33 | 264.97 | 217.64 | | | | |
| 10 | 293.51 | 249.03 | 193.25 | 153.24 | | | | |
| 15 | 244.03 | 207.20 | 157.56 | 119.29 | | | | |
| 30 | 150.10 | 127.17 | 100.357 | 82.433 | | | | |
| 45 | 114.75 | 96.758 | 76.104 | 62.544 | | | | |
| 60 | 91.021 | 77.008 | 60.652 | 49.736 | | | | |
| 90 | 67.149 | 57.057 | 44.664 | 35.957 | | | | |
| 120 | 53.741 | 45.667 | 35.655 | 28.551 | | | | |
| 180 | 39.501 | 33.696 | 26.180 | 20.612 | | | | |
| 360 | 22.732 | 19.849 | 15.896 | 12.796 | | | | |
| 720 | 13.701 | 12.040 | 9.6841 | 7.7718 | | | | |
| 1080 | 10.510 | 9.1341 | 7.2598 | 5.7988 | | | | |
| 1440 | 8.7326 | 7.4963 | 5.8493 | 4.5936 | | | | |
| 2160 | 6.6152 | 5.5311 | 4.2658 | 3.4214 | | | | |
| 2880 | 5.3482 | 4.4055 | 3.3954 | 2.7772 | | | | |
| 4320 | 4.1535 | 3.3384 | 2.4714 | 1.9448 | | | | |



Rys. 18. Odczyty natężeń deszczów miarodajnych I z atlasu opadowego PANDA dla wybranych czasów trwania i częstości C dla obszaru nr 6 w Jaworznie na tle wartości natężeń deszczów obliczonych z formuły Błaszczyka

4. Podsumowanie

Przeprowadzone w ramach realizacji projektu Polskiego Atlasu Natężeń Deszczów (PANDA) opracowanie statystyczne 30-letnich szeregów opadowych zarejestrowanych przez deszczomierze IMGW-PIB zainstalowane w sąsiedztwie Jaworzna (stacje meteorologiczne w Katowicach, Krakowie–Bielanach, Bielsku–Białej, Miechowie, Zawoi i Częstochowie) pozwoliło na ustalenie wartości wysokości (natężeń) maksymalnych deszczów na terenie miasta. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod geostatystycznych do interpolacji przestrzennej wysokości opadów miarodajnych możliwe było podzielenie obszaru miasta na oczka siatki interpolacyjnej o wymiarach $5 \text{ km} \times 5 \text{ km}$ i przypisanie im lokalnych probabilistycznych modeli opadowych, opartych o dopasowanie uogólnionych rozkładów Pareto. Na podstawie tych modeli, mogą być obliczane wysokości opadów miarodajnych, przeliczane następnie na wartości natężeń deszczów miarodajnych, dla dowolnych wartości prawdopodobieństw występowania deszczów p w zakresie od 1% do 100% (częstości C od 100 lat do 1 roku) i dla dowolnych czasów trwania opadów w zakresie od 5 do 4320 minut. Odczyty wartości natężeń deszczów miarodajnych wraz z przedziałami ich ufności mogą być dokonywane z użyciem specjalnie do tego przygotowanej aplikacji internetowej: <https://jaworzno.atlaspanda.pl/>.

Przeprowadzone analizy wartości natężeń deszczów miarodajnych obliczanych z piętnastu modeli opadowych przypisanych oczkom siatki interpolacyjnej pokrywającej Jaworzno dowodzą braku istotnego ich zróżnicowania na obszarze miasta. Niemniej wartości odczytywane z aktualnych modeli dla dowolnego obszaru miasta, dla czasów trwania opadów od 5 do 120 min. są wyraźnie wyższe od oszacowań natężeń deszczów miarodajnych opartych na historycznej formule Błaszczyka.

5. Bibliografia

1. Błaszczyk W., 1954: Spływy deszczowe w sieci kanalizacyjnej (wytyczne do normatywu), *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 9, 262-271
2. Burszta-Adamiak E., Licznar P., Zaleski J., 2019: Criteria for identifying maximum rainfalls determined by the peaks-over-threshold (POT) method under the Polish Atlas of Rainfalls Intensities (PANDa) project. *Meteorology, Hydrology and Water Management*, 7 (1), 3-13
3. Hengl T., 2006: Finding the right pixel size. *Computers and Geosciences*, 32, 1283-1298
4. Kotowski A., Kaźmierczak B., Dancewicz A., 2010: Modelowanie opadów do wymiarowania kanalizacji. *Studia z zakresu inżynierii nr 68*, PAN Warszawa
5. Metodyka opracowania Polskiego Atlasu Natężeń Deszczów (PANDa), Seria Publikacji Naukowo-Badawczych IMGW-PIB, praca zbiorowa pod redakcją P. Licznara i J. Zaleskiego, Wydawnictwo IMGW-PIB, Warszawa 2020
6. Oz B., Deutsch C. V., Thomas. T. T., Xie Y., 2003, DSSIM-HR: A FORTRAN 90 program for direct sequential simulation with histogram reproduction. *Computers & Geosciences*, 29, 39–51
7. Remy N., Boucher A., Wu J., 2009: *Applied Geostatistics with SGeMS. A Users Guide*. Cambridge University Press, Cambridge
8. Soares A., 2001, Direct Sequential Simulation and Cosimulation. *Mathematical Geology*, 33(8), 911-926
9. Stach A., 2009: Analiza struktury przestrzennej i czasoprzestrzennej maksymalnych opadów dobowych w Polsce w latach 1956-1980. Wydawnictwo Naukowe UAM w Poznaniu
10. Tychowska – Jankowska A., 2012: Prognoza oddziaływania na środowisko zmiany miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego "Łubowiec" w Jaworznie. Maszynopis dostępny na stronie internetowej: <https://bip.jaworzno.pl/e.pobierz.get.html?id=27156>, dostęp: listopad 2021.

**Model prognozowanych opadów deszczu
(natężeń deszczów miarodajnych) do 2050 roku na
podstawie scenariusza zmian klimatycznych
dla potrzeb hydrologii miejskiej
w Jaworznie**

Numer raportu: JAW-WS-O-D011-2



Nr projektu: R186
Data: listopad 2021

RETENCJAPL Sp. z o.o.
ul. Marynarki Polskiej 163
80-868 Gdańsk
NIP: PL 5842743299

Opracowali:

Zespół inżynierski:

Prof. dr hab. inż. Paweł Licznar

Mgr inż. Jacek Zalewski

Mgr inż. Michał Oktawiec

Zespół informatyczny:

Mgr inż. Łukasz Hołowacz

Mgr inż. Anna Badziak

Mgr inż. Maciej Skórczewski

Inż. Robert Stankiewicz

Spis treści

| | |
|--|----|
| 1. Podstawa, cel i zakres opracowania | 4 |
| 2. Materiał analityczny | 6 |
| V Raport IPCC | 6 |
| Prognozowane zmiany dobowych sum opadów | 10 |
| Aktualne i prognozowane warstwy opadów dobowych..... | 16 |
| 3. Przeskalowanie miarodajnych opadów dobowych | 17 |
| 4. Modele prognozowanych natężeń deszczów miarodajnych | 26 |
| 5. Opad modelowy Eulera (typ II) | 29 |
| 6. Podsumowanie końcowe | 32 |
| 7. Bibliografia | 34 |

1. Podstawa, cel i zakres opracowania

Podstawą niniejszego opracowania była umowa nr GK-UN.631.9.2021 zawarta 4 sierpnia 2021 r. pomiędzy Gminą Miasta Jaworzna, a RetencjaPL Sp. z o.o. Przedmiotem umowy było opracowanie modelu opadowego (modelu natężeń deszczów miarodajnych) z adaptacją do 2050 roku dla miasta Jaworzna oraz przygotowanie hietogramów wzorcowych według modeli DVWK lub Euler typ II.

Celem zasadniczym opracowania było sporządzenie modelu prognozowanych opadów deszczu (natężeń deszczów miarodajnych) do 2050 roku dla Jaworzna na podstawie scenariusza zmian klimatycznych. Opracowanie to opiera się o scenariusz zmian klimatu, zakładający średni poziom zmian klimatu - RCP4,5 zgodnie z V Raportem IPCC. Szczegółowy zakres opracowania obejmował:

- ✓ Odczyt zmian w wysokości rocznych maksymalnych opadów dobowych dla Jaworzna dla wybranego scenariusza zmian klimatu (zgodnie z RCP4,5);
- ✓ Przeanalizowanie skalowania natężeń deszczów miarodajnych dla Jaworzna na podstawie aktualnych wartości natężeń deszczów miarodajnych celem ustalenia lokalnych wykładników skalowych;
- ✓ Przeskalowanie, zwiększonych w efekcie zmian klimatu miarodajnych natężeń opadów dobowych na natężenia opadów miarodajnych dla czasów trwania w zakresie od 5 do 4320 min i dla częstości od $C = 1$ rok do $C = 100$ lat (prawdopodobieństw występowania opadów p w zakresie od 100% do 1%);
- ✓ Sporządzenie aplikacji komputerowej modelu prognozowanych opadów deszczu do 2050 r., pozwalającej na odczyt wartości natężeń opadów miarodajnych na podstawie ich czasów trwania i prawdopodobieństw;
- ✓ Opracowanie prostych modeli opadów miarodajnych prognozowanych do 2050 r., opartych o klasyczne równanie natężeń deszczów miarodajnych, przydatnych w praktyce do obliczania natężeń deszczów miarodajnych dla charakterystycznych prawdopodobieństw p równych 2%, 3%, 5%, 10%, 20%, 50% i 100%;
- ✓ Porównanie wysokości natężeń opadów według modelu do 2050 r. z wartościami natężeń opadów miarodajnych według aktualnego modelu natężeń deszczów miarodajnych dla charakterystycznych czasów trwania równych 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1080, 1440 min i prawdopodobieństw p równych 2%, 3%, 5%, 10%, 20%, 50% i 100%;

- ✓ Zamieszczenie przykładu opracowania hietogramów wzorcowych na podstawie sporządzonego modelu prognozowanych natężeń deszczów miarodajnych do 2050 roku.

2. Materiał analityczny

W rozdziale niniejszym prezentowany jest materiał analityczny stanowiący podstawę i punkt wyjścia do opracowania modelu prognozowanych natężeń deszczów miarodajnych do 2050 roku, z uwzględnieniem scenariusza zmian klimatycznych, na potrzeby hydrologii miejskiej w Jaworznie. Materiałem tym był przede wszystkim odczyt zmian w rocznych ekstremach opadów dobowych dla Jaworzna według scenariusza zmian klimatu, zakładającego średni poziom zmian klimatu RCP 4,5 zgodnie z V Raportem IPCC. W dalszej części rozdziału prezentowane są zatem podstawowe informacje dotyczące V Raportu IPCC oraz założeń scenariusza średniego poziomu zmian klimatu RCP 4,5. Zamieszczane są także konkretne dane liczbowe opisujące procentową zmianę wielkości prognozowanych dobowych sum opadów i ich rocznych wartości maksymalnych według scenariusza RCP 4,5 dla obszaru Polski oraz dla analizowanego obszaru miasta Jaworzna.

V Raport IPCC

IPCC to Intergovernmental Panel on Climate Change, czyli Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu. Jest to organizacja mieszcząca się w Genewie, założona w 1988 r. przez dwie organizacje Narodów Zjednoczonych – Światową Organizację Meteorologiczną (WMO) oraz Program Środowiskowy Organizacji Narodów Zjednoczonych (UNEP). Celem aktywności Międzyrządowego Zespół ds. Zmian Klimatu jest ocena ryzyka związanego z wpływem człowieka na zmianę klimatu.

Najważniejszymi dokumentami publikowanymi przez IPCC są raporty dotyczące zmian klimatycznych. Pierwszy z nich opublikowano w 1990 roku, z dodatkowym suplementem w 1992 roku. Następne raporty ukazywały się w latach 1995, 2001 i 2007. Piąty raport został opublikowany 2 listopada 2014. W sierpniu 2021 roku opublikowana została pierwsza z trzech części najnowszego 6 Raportu IPCC, dotycząca fizycznych podstaw zmiany klimatu [1]. W Specjalnym Raporcie IPCC dotyczącym ograniczenia globalnego ocieplenia klimatu o 1,5°C [2] (opublikowanym 8 października 2018 r.) podkreśla się, że w ostatnich dziesięcioleciach udokumentowano dużą liczbę zdarzeń ekstremalnych opadów deszczu. Przy tym obserwowany trend zmian rozkładów opadów ekstremalnych był wyraźniejszy niż w przypadku średniorocznych sum opadów, a procent obszarów lądów narażonych na bardziej intensywne opady okazał się być większy od oczekiwanego, z uwagi na wewnętrzną zmienność procesów opadowych. W raporcie zauważono, że w wyniku globalnego ocieplenia liczba rekordowych zdarzeń opadowych wzrosła znacząco (o 12% w wieloleciu 1981-2010 w porównaniu do

wartości oczekiwanych z uwagi na naturalną wielodekadową zmienność klimatu). Obserwacje te znajdują swoje potwierdzenie także w najnowszym 6 Raporcie IPCC, gdzie stwierdza się, że częstotliwość i intensywność ulewnych opadów wzrosła od lat 50. na większości obszarów lądów, dla których posiadamy odpowiednie dane. Co istotne nie ma już wątpliwości, że główną przyczyną tego zjawiska jest antropogeniczna zmiana klimatu. Dodatkowo, z powodu zwiększonej ewapotranspiracji doszło do nasilenia susz rolniczych i środowiskowych [1]. Wszystko powyższe uzasadnia konieczność uwzględniania skorygowanych, ze względu na prognozowane zmiany klimatu, natężeń deszczów miarodajnych przy projektowaniu systemów odwodnienia, które to będą musiały prawidłowo funkcjonować w perspektywie co najmniej 2050 roku.

Będący podstawą niniejszego opracowania V Raport IPCC jest bardzo obszernym dokumentem, podsumowującym wyniki badań prowadzonych przez panel naukowców z całego świata. Składa się on z trzech tomów:

1. Fizyczne podstawy zmiany klimatu (The Physical Science Basis) [3],
2. Skutki, podatność i adaptacja do zmiany klimatu (Impacts, Adaptation, and Vulnerability) [4, 5],
3. Ograniczenie zmiany klimatu (Mitigation of Climate Change) [6].

Najważniejszym elementem V Raportu IPCC, z punktu widzenia niniejszego opracowania, są wyniki z tzw. połączonych modeli klimatycznych, uwzględniających oddziaływanie pomiędzy oceanem i atmosferą. Pochodzą one z projektu CMIP5, czyli Coupled Model Intercomparison Project – Phase 5, w którym modele numeryczne do prognozowania zmian klimatu stosowano do długoterminowego i krótkoterminowego prognozowania przebiegu modeli klimatycznych, a więc odpowiednio w skali stulecia lub w skali 10–30 lat (tzw. eksperymenty dekadalne). Długoterminowe przebiegi modeli zaczynają się zazwyczaj z przebiegów modeli kontrolnych, z których ocenia się klimat w równowadze energetycznej sprzed okresu przemysłowego. Natomiast eksperymenty dekadalne są inicjalizowane na podstawie obserwowanych warunków powierzchni oceanu i pokrywy lodu. W projekcie CMIP5 w obydwu skalach czasowych wykorzystywano przede wszystkim tzw. modele sprzężone opisujące razem atmosferę i ocean (AOGCM - Atmosphere-Ocean General Circulation Models), a więc zakładające wymianę strumieni pomiędzy atmosferą i lądem. Należy pamiętać, że są to złożone modele, starające się opisać wiernie zjawiska występujące w przyrodzie. Niemniej występują duże różnice pomiędzy modelami opracowanymi w różnych ośrodkach badawczych. Ponadto modele te uruchamiane dla różnych warunków brzegowych mogą prowadzić do różniących się wyników. Stąd też, co jest istotne dla dalszej części

niniejszego opracowania, modele te zwykle uruchamia się jako wiązkę modeli, a uzyskane wyniki interpretuje się statystycznie, obliczając nie tylko wartość średnią, ale opisując rozkład otrzymywanych wartości prognoz. Innymi jeszcze klasami modeli wykorzystywanymi w V Raporcie IPCC są Modele Środowiska Ziemi o Średniej Złożoności (EMIC - Earth System Models of Intermediate Complexity) oraz Modele Systemu Środowiska (ESM - Earth System Models). W modelach ESM uwzględnia się w bezpośredni sposób fizykę procesów biogeochemicznych, m.in. obieg węgla pomiędzy atmosferą, biosferą i innymi zbiornikami węgla. Stąd też modele ESM są w stanie wykorzystać dane o emisjach składników chemicznych, z których można wyliczyć bezpośrednio koncentrację dwutlenku węgla. Dla porównania, modele typu AOGCM używają do symulacji klimatycznych wymuszeń radiacyjnych zmian klimatu, które to są omawiane bardziej szczegółowo w dalszej części rozdziału.

Z uwagi na obszerność V Raportu IPCC, w celu łatwiejszego dotarcia do potencjalnych decydentów, najważniejsze wnioski zebrano w skróconym "Podsumowaniu dla Decydentów". Podsumowanie to jest dostępne także w polskiej wersji językowej [7], gdyż zostało przetłumaczone przez członków redakcji i Rady Naukowej portalu Nauka o Klimacie (<http://naukaoklimacie.pl>). W dokumencie tym, wśród głównych wniosków z raportu, znajdujemy istotne stwierdzenia dla metodyki niniejszego opracowania:

„Modele klimatu zostały ulepszone od AR4. Modele odzwierciedlają obserwowane układy ocieplenia w skali kontynentalnej a także trendy przez wiele dekad, włączając bardziej gwałtowne ogrzewanie od połowy XX w. oraz ochłodzenia następujące bezpośrednio po dużych erupcjach wulkanicznych (bardzo wysoka ufność).”

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenie oraz dostępność do wyników z tzw. połączonych modeli klimatycznych to właśnie na V Raporcie IPCC oparto się przy opracowaniu modelu prognozowanych natężeń deszczów miarodajnych do 2050 rok z uwzględnieniem scenariusza zmian klimatycznych dla potrzeb hydrologii miejskiej w Jaworznie. W porównaniu do IV Raportu IPCC w V Raporcie zdefiniowany został zestaw czterech nowych scenariuszy, określanych jako Reprezentatywne Ścieżki Zmian Koncentracji (RCP – Representative Concentration Pathways) [8]. Są to: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 i RCP8.5. Oznaczenia liczbowe w wymienionych Reprezentatywnych Ścieżkach Zmian Koncentracji wynikają z założonego wymuszania radiacyjnego w 2100 roku względem 1750 roku, wynoszącego odpowiednio: $2.6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, $4.5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, $6.0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ i $8.0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Ponadto dla scenariusza RCP2.6 wymuszanie radiacyjne osiąga szczyt i maleje przed 2100 rokiem; dla RCP4.5 stabilizuje się do 2100 roku, a w scenariuszach RCP6.0 i RCP8.5 nie osiąga maksimum

przed 2100 rokiem. Każdy z czterech scenariuszy RCP dostarcza rozdzielonych przestrzennie zbiorów danych dotyczących zmian wykorzystania terenu i sektorowych emisji zanieczyszczeń powietrza oraz określa roczne emisje i koncentracje gazów cieplarnianych do 2100 roku. Większość symulacji CMIP5 i ESM zostało przeprowadzonych ze zdefiniowanymi dla 2100 roku koncentracjami ekwiwalentu CO₂ sięgającymi 475 ppm, 630 ppm, 800 ppm i 1313 ppm, odpowiednio dla RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 i RCP8.5. Podsumowując, należy pamiętać, że w badaniach zmian klimatu, scenariusze opisują możliwe do przyjęcia (wiarygodne) trajektorie, ścieżki różnych aspektów przyszłości, które są konstruowane dla badania potencjalnych konsekwencji antropogenicznych zmian klimatu. Celem pracy ze scenariuszami nie jest prognozowanie przyszłości, ale lepsze zrozumienie niepewności i alternatywnych przyszłości, w celu rozważenia na ile istotne mogą być różne decyzje lub opcje w ramach szerokiego zakresu możliwych przyszłości [8].

Powracając jeszcze do projektu CMIP5 i stosowanych w nim modeli numerycznych do prognozowania zmian klimatu trzeba podkreślić, że otrzymywane z nich rozwiązania mają charakter przybliżony i dyskretny. Globalne modele klimatu (GCM – General Circulation Model, względnie Global Climate Model), a więc wspomniane już modele klasy AOGCM opisują atmosferę i oceany planety na podstawie rozwiązań równań Naviera-Stokesa na obracającej się sferze. Równania te tworzą bardzo złożony system numeryczny, który może być praktycznie rozwiązany jedynie przy pomocy symulacji komputerowych. W tym celu konieczna jest jednak dyskretyzacja za pomocą różnych przybliżeń numerycznych, np. różnic skończonych, metod spektralnych lub elementów skończonych. Typowa rozdzielczość przestrzenna modeli klasy AOGCM to rząd najczęściej od 1 do kilku stopni szerokości i długości geograficznej, czyli rząd około 100-500 km. Z rozdzielczością przestrzenną wiąże się nierozłącznie rozdzielczość dyskretyzacji czasowej analiz, co wynika bezpośrednio z kryterium Couranta–Friedrichsa–Lewy'ego. Rozdzielczość ta nie może być zbyt niska (zgrubna) z uwagi na problemy ze stabilnością numeryczną obliczeń, nie może jednak być także zbyt wysoka (precyzyjna) z uwagi na czasochłonność procesu obliczeniowego. Z tych właśnie względów dostępne współcześnie modele numeryczne do prognozowania zmian klimatu nie zapewniają otrzymywania prognoz opadów z rozdzielczością lepszą od sum dobowych. Zatem w niniejszym opracowaniu wyniki projektu CMIP5 są wykorzystywane tylko do odczytu prognozowanych maksymalnych rocznych dobowych sum opadów dla Jaworzna, a zasadniczą część opracowania dotyczy ich przeskalowania na natężenia opadów miarodajnych w subdobowych i ponaddobowych skalach czasowych, adekwatnych dla potrzeb hydrologii

miejskiej. Na potrzeby niniejszego opracowania uwagę skoncentrowano na odczytach z projektu CMIP5 dla scenariusza RCP4.5.

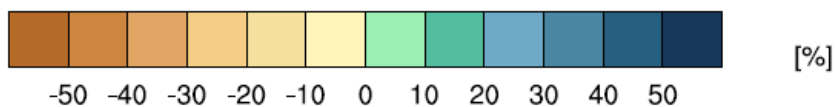
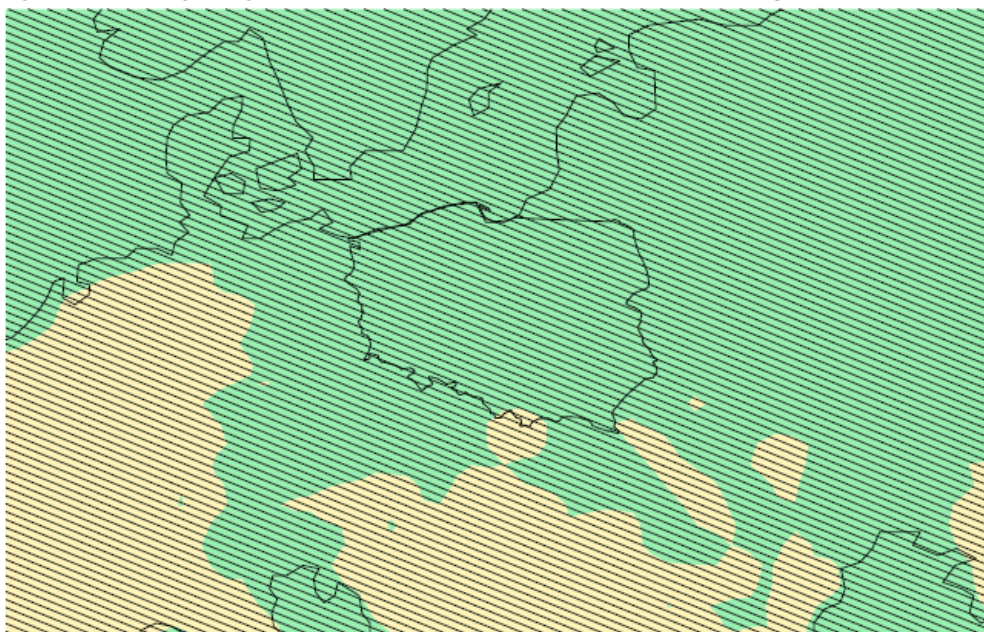
Prognozowane zmiany dobowych sum opadów

Prognozowane dobowe sumy opadów do roku 2050 według V Raportu IPCC odczytano ze specjalistycznego portalu KNMI Climate Explorer (https://climexp.knmi.nl/plot_atlas_form.py). Ta mieszcząca się w zasobach Holenderskiego Królewskiego Instytutu Meteorologicznego (KNMI - Royal Netherlands Meteorological Institute) strona internetowa daje możliwość wydruku wyników modeli klimatycznych dla wielu regionów (w tym Polski), sezonów i zmiennych (w tym zmienne opisujące opady). Jest ona praktycznym i cyfrowym rozszerzeniem drukowanego atlasu IPCC WG1 AR5 Annex I "Atlas" [9]. Odczyty z portalu mogą być dokonywane dwojako, zarówno w postaci wydruków map, jak i szeregów czasowych.

Na wstępie dokonano odczytu w postaci ogólnopolskich map prognozowanych dobowych sum opadów według projektu CORDEX (Coordinated Regional Downscaling Experiment) (<http://www.cordex.org/>). CORDEX był projektem mającym na celu wytworzenie klimatycznych baz danych o wysokiej rozdzielczości (50 km) dzięki skalowaniu w dół (ang. downscaling) symulacji CMIP5. Było to możliwe dzięki zastosowaniu różnych metod, które pozwoliły na powstanie tzw. modeli regionalnych Regional Climate Models (RMS), w tym także dla regionu 4 obejmującego całą Europę. Na podstawie zasobu RMS: CORDEX Europe wygenerowano mapy względnej (procentowej) i bezwzględnej (wyrażonej w mm/dzień) zmiany w wysokości opadów dobowych dla obszaru Polski w latach 2020-2050 w odniesieniu do wielolecia 1986-2015, z uwzględnieniem jedynie opadów z okresu o dodatnich temperaturach, dla miesięcy od maja do października, zgodnie ze scenariuszem RCP4.5. Uzasadnieniem wyboru okresu 1986-2015 jako referencyjnego względem prognozy opadów do roku 2050 był fakt, że aktualne modele opadowe (natężeń deszczów miarodajnych) dla Jaworzna (opracowane w ramach projektu Polskiego Atlasu Natężeń Deszczów PANDa) bazowały właśnie na danych z tego wielolecia. Ponadto, przy tworzeniu tych modeli korzystano w zdecydowanej większości z zapisów pluwiograficznych, a więc rejestracji prowadzonych od maja do października. We wspomnianych okresach miesięcy letnich w warunkach klimatycznych Polski, występuje także zdecydowana większość deszczów nawałnych. Wygenerowane mapy zestawiono na rys. 2.1 i 2.2 odpowiednio dla zmian wyrażonych w % i w mm/dzień.

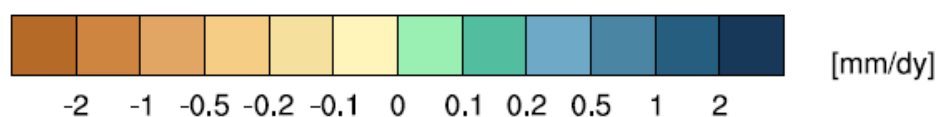
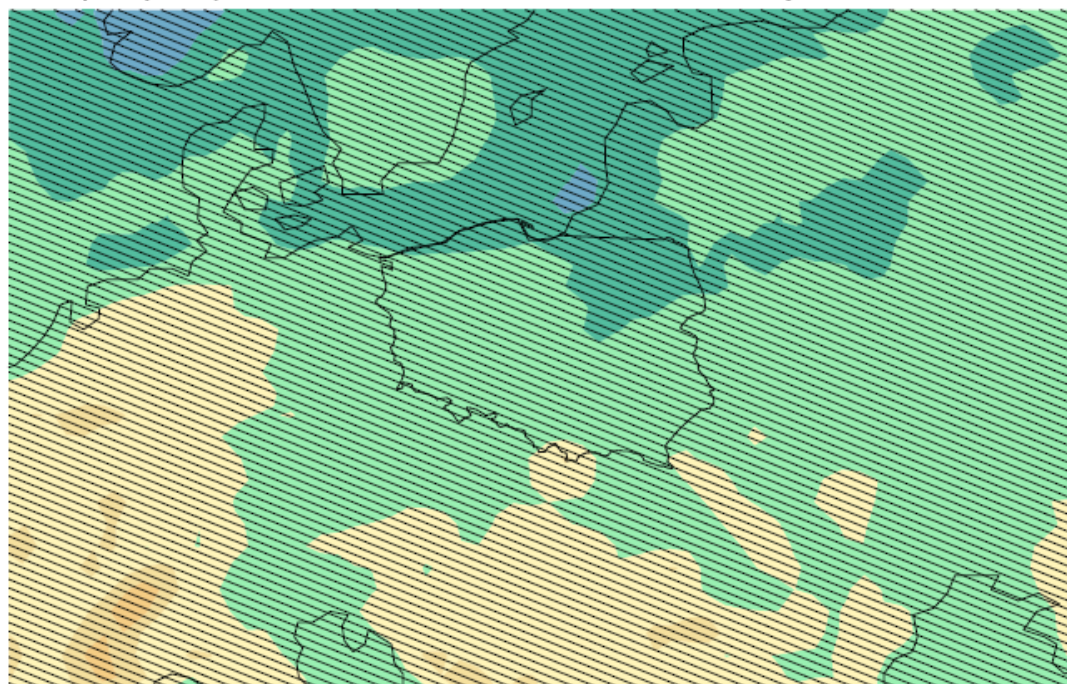
Analiza rys. 2.1 i 2.2 dowodzi, że prognozowane zmiany w opadach dobowych w ramach scenariusza RCP4.5 są niewielkie. Praktycznie dla całego obszaru Polski (w tym także dla Jaworzna) przewiduje się niewielki ich wzrost, który jednak nie przekroczy 10%. Tylko na niewielkim obszarze Tatr przewiduje się nieznaczny spadek opadów dobowych, który także nie przekracza 10%. W liczbach bezwzględnych prognozowany wzrost opadów dobowych na większości obszaru kraju nie przekracza wartości $0.1 \div 0.2$ mm/dzień. W tym kontekście ważne jest wyjaśnienie znaczenia kreskowania widocznego na obydwu mapach na terenie całej Polski. Pokrywa ono obszary, gdzie wartości prognozowanych zmian są mniejsze od standardowego odchylenia wynikającego z naturalnej zmienności klimatu.

mean rcp45 relative precipitation 2020-2050 minus 1986-2015 May-Oct CORDEX-EUR44



Rys. 2.1. Mapa zmian (wyrażonych w procentach) w wysokości opadów dobowych dla obszaru Polski w latach 2020 - 2050 w odniesieniu do wielolecia 1986 - 2015, z uwzględnieniem jedynie opadów dla miesięcy od maja do października, na podstawie RMS: CORDEX Europe dla scenariusza RCP4.5

mean rcp45 precipitation 2020-2050 minus 1986-2015 May-Oct CORDEX-EUR44



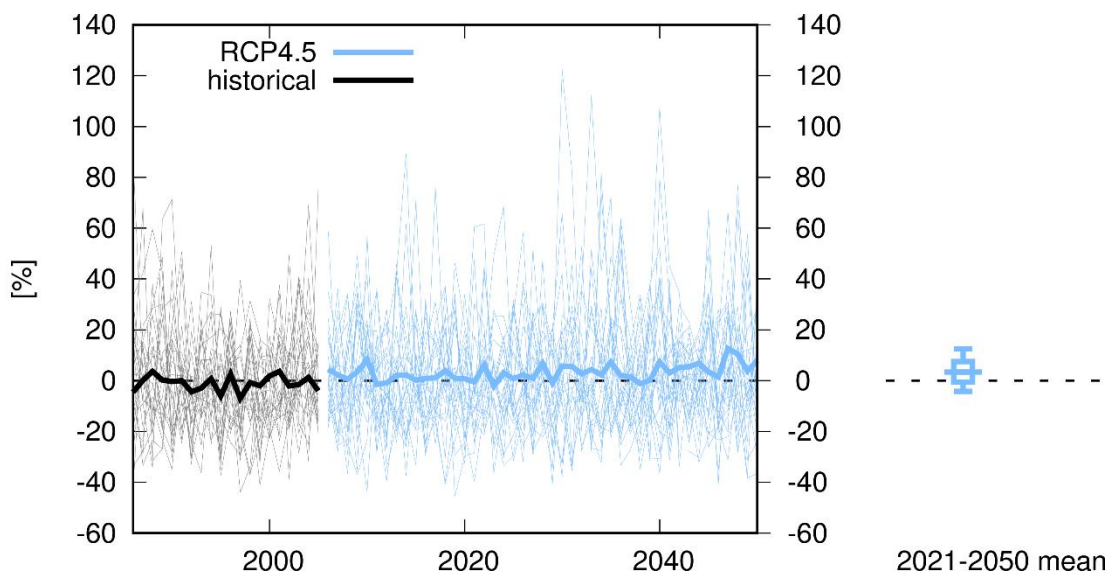
Rys. 2.2. Mapa zmian (wyrażonych w mm/dzień) w wysokości opadów dobowych dla obszaru Polski w latach 2020 - 2050 w odniesieniu do wielolecia 1986 - 2015, z uwzględnieniem jedynie opadów dla miesięcy od maja do października, na podstawie RMS: CORDEX Europe dla scenariusza RCP4.5

Wnioski z analizy map na rys. 2.1 i 2.2 wskazują jednoznacznie, że dla całej Polski, w tym także dla Jaworzna nie należy się spodziewać istotnej zmiany co do całkowitej warstwy opadów deponowanych w miesiącach od maja do października. Niemniej dla hydrologii miejskiej często znacznie ważniejsze od całkowitej warstwy opadów są wartości ekstremalnych natężenia deszczów. Z tej racji dokonano ponownego odczytu z bazy KNMI Climate Explorer. Tym razem jednak uwagę skoncentrowano na wartościach rocznych maksymalnych opadów dobowych, które odczytano z bazy GCM: CMIP5 extremes. Jest to archiwum Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis, w którym zgromadzono, na podstawie re-analizy wyników CMIP5, ekstremalne indeksy zdefiniowane przez ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices) [10, 11]. W gronie tych indeksów znajdował się wspomniany roczny maksymalny opad dobowy, oznaczany jako: Rx1day.

Odczytu Rx1day dokonano konsekwentnie dla scenariusza RCP4.5 i dla wspomnianego już wielolecia 1986 - 2050, z podziałem na okres referencyjny do 2016 roku i późniejszy okres

prognostyczny (lata 2021-2050). Wskazana lokalizacja odczytu była zgodna z położeniem geograficznym Jaworzna (50,2052800°N, 19,2749800°E). Odczytane wartości w postaci szeregu czasowego były wyrażone w procentach, jako anomalie względem okresu referencyjnego 1986-2015. Graficzny wynik odczytu jest przedstawiony na rys. 2.3.

Relative Rx1day change 50.2052800N, 19.2749800E wrt 1986-2015 full CMIP5 ensemble



Rys. 2.3. Szereg czasowy zmian (wyrażonych w procentach) w wysokości rocznych maksymalnych opadów dobowych (Rx1day) dla Jaworzna w latach 2021-2050 w odniesieniu do wielolecia 1986-2015, na podstawie GCM: CMIP5 extremes dla scenariusza RCP4.5

Na rys. 2.3, widać wyraźnie wspomniane już różnice pomiędzy poszczególnymi modelami. Modele tworzą wiązkę, a rozkład prognozowanych przez różne modele zmian wartości Rx1day w tej wiązce zestawiony jest w tab. 2.1.

Zgodnie z tab. 2.1 średni wzrost wysokości rocznych maksymalnych opadów dobowych (Rx1day) dla Jaworzna w latach 2021-2050 w odniesieniu do wielolecia 1986-2015 wyniesie 3,75%. Jednocześnie na podstawie danych z tab. 3.1 można stwierdzić, że przyrost ten dla wiązki modeli nie przekracza maksymalnej wartości 15,91%, a w przypadku większości modeli w wiązce prognozowany wzrost wysokości rocznych maksymalnych opadów dobowych nie przekracza 11,63% (kwantyl 90%).

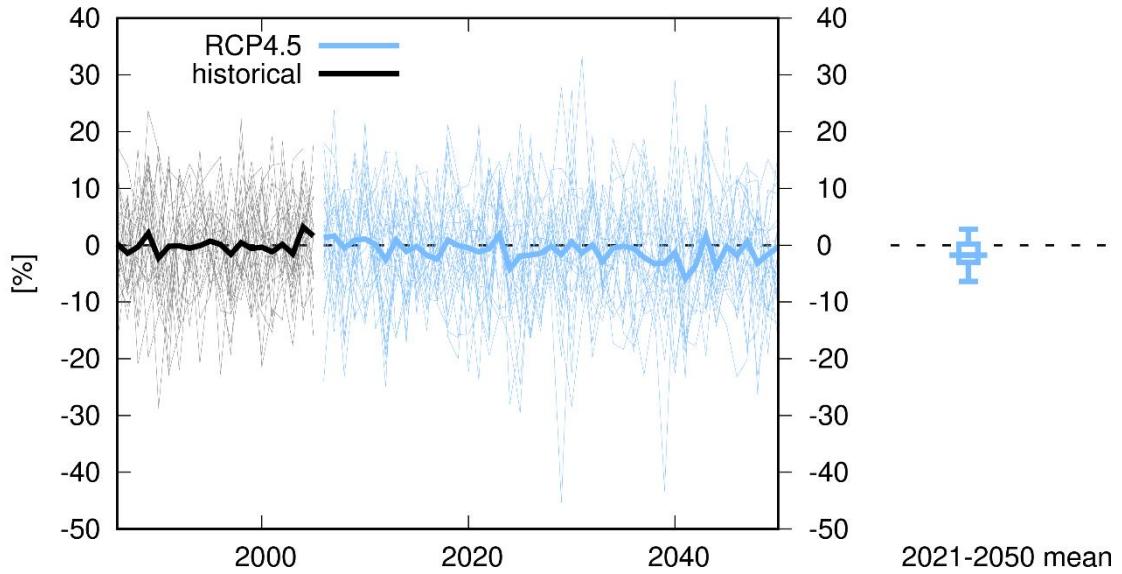
Chcąc pozyskać dodatkową, chociaż ogólną informację dotyczącą prognozy czasów trwania opadów deszczu do roku 2050 z tej samej bazy GCM: CMIP5 extremes odczytano wartości parametrów: R1mm, R10mm i R20mm dla Jaworzna. Wymienione parametry oznaczały liczbę dni w roku z opadem przekraczającym odpowiednio 1 mm, 10 mm i 20 mm [10, 11]. Odczytów dokonano konsekwentnie dla scenariusza RCP4.5 i dla wspomnianego już

wielolecia 2021 - 2050, w odniesieniu do okres referencyjnego od 1986 do 2015 roku. Wyniki odczytów przedstawiono graficznie na rys. 2.4÷2.6 i w tab. 2.2. Na podstawie tych wyników należy wysnuć wniosek, że zasadniczo lokalnie na obszarze Jaworzna należy się spodziewać niewielkiego spadku liczby dni z opadem przekraczającym 1 mm. Odczyt parametru R1mm wskazuje na niewielki spadek dni z niewielkimi opadami, który średnio dla wszystkich modeli wynosi około -1,38%. W przeciwieństwie do tego wzrośnie liczba dni z opadem przekraczającym 10 mm i 20 mm. Wzrosty te średnio wyniosą odpowiednio o około 2,92% i 11,07%. Na tej podstawie można domniemywać, że pojawią się dłuższe okresy bez opadów (susze) i bardziej prawdopodobne będzie występowanie dni z bardziej intensywnymi opadami, które z punktu widzenia hydrologii miejskiej mogą prowadzić do wylań z kanalizacji. Warto wspomnieć, że w praktyce modelowania hydrodynamicznego przy wydzielaniu serii opadów nawalnych, za istotne przyjmuje się właśnie opady spełniające określone warunki co do minimalnej intensywności, a zarazem o warstwie całkowitej, przekraczającej 10 mm.

Tab. 2.1. Rozkład prognozowanych przez różne modele zmian wartości Rx1day dla Jaworzna w latach 2021-2050 w odniesieniu do wielolecia 1986-2015, na podstawie GCM: CMIP5 extremes dla scenariusza RCP4.5

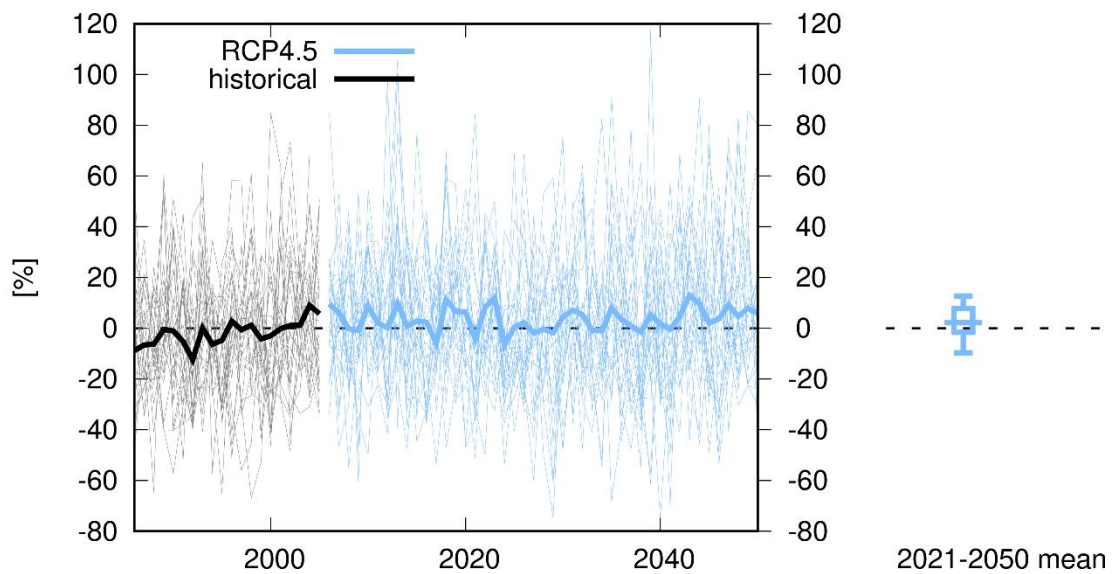
| Kwantyl | Zmiana wartości Rx1day |
|------------|------------------------|
| średnia | 3,75% |
| min | -9,37% |
| 2,50% | -7,71% |
| 5% | -4,22% |
| 10% | -3,12% |
| 17% | -2,11% |
| 25% | -0,57% |
| 50% | 3,35% |
| 75% | 7,47% |
| 83% | 9,21% |
| 90% | 11,63% |
| 95% | 12,51% |
| 97,50% | 13,89% |
| max | 15,91% |
| odch. std. | 6,21% |

Relative R1MM change 50.2052800N, 19.2749800E wrt 1986-2015 full CMIP5 ensemble



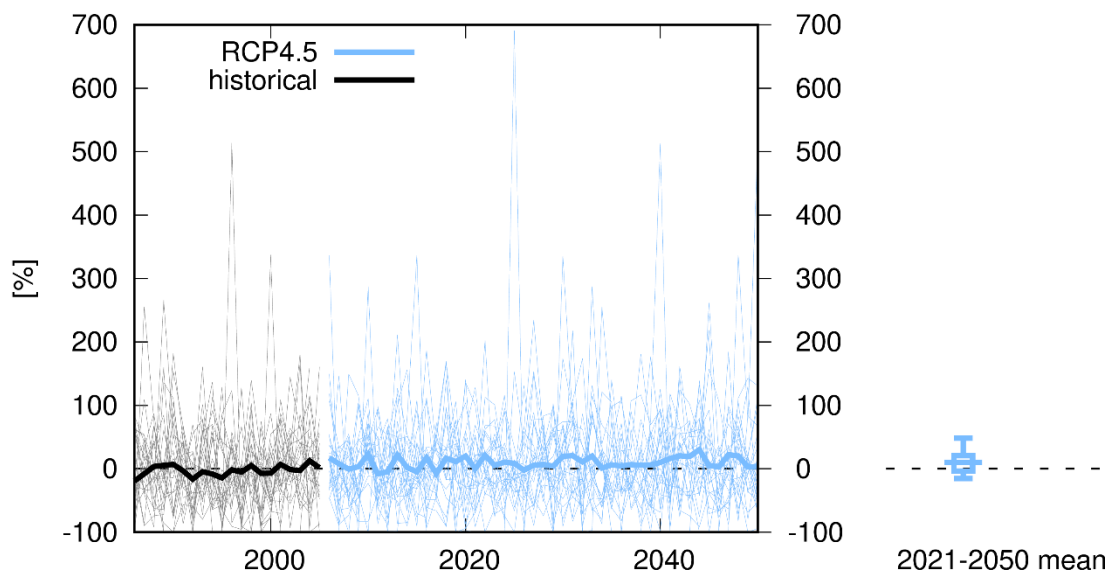
Rys. 2.4. Szereg czasowy zmian (wyrażonych w procentach) liczby dni w roku z opadem przekraczającym 1 mm (R1mm) dla Jaworzna w latach 2021 - 2050 w odniesieniu do wielolecia 1986 - 2015, na podstawie GCM: CMIP5 extremes dla scenariusza RCP4.5

Relative R10MM change 50.2052800N, 19.2749800E wrt 1986-2015 full CMIP5 ensemble



Rys. 2.5. Szereg czasowy zmian (wyrażonych w procentach) liczby dni w roku z opadem przekraczającym 10 mm (R10mm) dla Jaworzna w latach 2021 - 2050 w odniesieniu do wielolecia 1986 - 2015, na podstawie GCM: CMIP5 extremes dla scenariusza RCP4.5

Relative R20MM change 50.2052800N, 19.2749800E wrt 1986-2015 full CMIP5 ensemble



Rys. 2.6. Szereg czasowy zmian (wyrażonych w procentach) liczby dni w roku z opadem przekraczającym 20 mm (R20mm) dla Jaworzna w latach 2021-2050 w odniesieniu do wielolecia 1986-2015, na podstawie GCM: CMIP5 extremes dla scenariusza RCP4.5

Tab. 2.2. Rozkład prognozowanych przez różne modele zmian wartości: R1mm, R10mm i R20mm dla Jaworzna w latach 2021-2050 w odniesieniu do wielolecia 1986-2015, na podstawie GCM: CMIP5 extremes dla scenariusza RCP4.5

| Kwantyl | Zmiana wartości R1mm | Zmiana wartości R10mm | Zmiana wartości R20mm |
|------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| średnia | -1,38% | 2,92% | 11,07% |
| Min | -9,92% | -12,13% | -27,39% |
| 2,50% | -8,23% | -12,10% | -24,81% |
| 5% | -6,40% | -9,71% | -15,42% |
| 10% | -4,91% | -6,18% | -12,51% |
| 17% | -3,97% | -2,57% | -9,02% |
| 25% | -3,00% | -1,63% | -3,42% |
| 50% | -1,77% | 2,15% | 9,91% |
| 75% | 0,22% | 7,71% | 20,59% |
| 83% | 0,82% | 9,09% | 27,61% |
| 90% | 2,45% | 10,65% | 32,13% |
| 95% | 2,85% | 12,69% | 48,46% |
| 97,50% | 3,51% | 22,74% | 51,13% |
| Max | 4,85% | 37,66% | 63,43% |
| odch. std. | 2,15% | 8,24% | 19,55% |

Aktualne i prognozowane warstwy opadów dobowych

Prezentowane poniżej w tab. 2.3 aktualne warstwy opadów dobowych dla wybranych prawdopodobieństw p równych 2%, 3%, 5%, 10%, 20%, 50%, 100% dla Jaworzna pochodzą z odczytów z wycinkowego atlasu PANDa dla Jaworzna. Precyzyjnie, są to odczyty dla oczka siatki interpolacyjnej atlasu pokrywającego centralną część miasta (jest to obszar nr 6 zdefiniowany w opracowaniu dotyczącym modelu opadowego PANDa dla Jaworzna [12]).

Odczytu dokonano dla tego właśnie obszaru, gdyż obejmuje on swoim zasięgiem centralną część miasta, a zarazem, co wykazano przy opracowaniu modeli opadowych [12], na terenie miasta brak jest istotnego zróżnicowania warstw (natężeń) deszczów miarodajnych.

W tab. 2.3 zestawiono także prognozowane miarodajne warstwy opadów dobowych do roku 2050 dla miasta Jaworzno dla wybranych prawdopodobieństw p równych 2%, 3%, 5%, 10%, 20%, 50% i 100%, odpowiadających częstościom deszczu C równym 50, 33, 20, 10, 5, 2 lat i 1 roku. Prognozowane do roku 2050 wartości miarodajnych warstw opadów dobowych obliczono w prosty sposób zwiększając wartości aktualne o 15,91%. Model opadowy na rok 2050 przygotowano w oparciu o założenie, że miarodajna wysokość opadów dobowych winna być zwiększona o prognozowany przez wiązkę modeli klimatycznych poziom 15,91%, odpowiadający maksimum w tab. 2.1.

Tab. 2.3. Aktualne i prognozowane maksymalne wysokości opadów dobowych dla wybranych prawdopodobieństw: 2%, 3%, 5%, 10%, 20%, 50%, 100% do roku 2050 dla Jaworzna zgodnie ze scenariuszem RCP4.5

| Prawdopodobieństwo | Aktualne warstwy opadów dobowych wg modelu PANDa, mm | Prognozowane warstwy opadów dobowych wg modelu PANDa do roku 2050, mm |
|--------------------|--|---|
| 2% | 97,03 | 112,47 |
| 3% | 90,52 | 104,92 |
| 5% | 82,49 | 95,62 |
| 10% | 71,91 | 83,35 |
| 20% | 61,68 | 71,49 |
| 50% | 48,67 | 56,41 |
| 100% | 39,20 | 45,43 |

3. Przeskalowanie miarodajnych opadów dobowych

Modele klimatyczne mają charakter globalny (obejmują całą kulę ziemską), co za tym idzie muszą mieć stosunkowo zgrubną skalę przestrzenną i czasową. Skalą czasową w przypadku opadów jest 1 doba, co za tym idzie z projektu CMIP5 nie można odczytać precyzyjniejszej informacji o natężeniach deszczów dla krótszych okresów czasu, co jest wymogiem hydrologii miejskiej. Problem ten jest wyraźnie zauważony w specjalnym poradniku WMO [13] dedykowanym analizie ekstremalnych wartości w zmieniającym się klimacie, a jako jego rozwiązanie sugeruje się statystyczne przeskalowanie (downscaling) wartości maksymalnych natężeń dobowych do krótszych czasów.

Mając to na uwadze, podstawę metodyczną niniejszego opracowania postanowiono oprzeć o zależność skalową, zaobserwowaną przez Menabdego i in. [14] oraz Yu i in. [15], o następującej postaci:

$$I_d = \lambda^{-\beta} I_D, \quad (3.1)$$

gdzie: I_d i I_D oznacza natężenia deszczu dla czasów trwania równych d i D ; λ jest współczynnikiem skali równym d/D , β jest wykładnikiem skalowym. W konkretnym przypadku budowy modelu dla hydrologii miejskiej w Jaworznie czas D można utożsamiać z 1 dobą (1440 min), dla której natężenia maksymalne (miarodajne) są znane. Natomiast czas d może odpowiadać dowolnemu czasowi mniejszemu od 1 doby (czasy od 1440 min do 5 min), jak również większemu od 1 doby (czasy od 1440 min do 4320 min). Skalowanie opisywane równaniem (3.1) jest w terminologii badań fraktalnych i multifraktalnych określane mianem prostego skalowania w ścisłym znaczeniu – ang. simple scaling in strict sense [16].

Proste skalowanie opisywane równaniem (3.1) implikuje, że obydwie zmienne I_d i I_D mają te same funkcje rozkładu prawdopodobieństwa, jeśli istnieją skończone momenty statystyczne rzędu q dla obydwu zmiennych. To znowu implikuje, że ich momenty są równe. Zależność pomiędzy momentami statystycznymi rzędu q natężeń deszczów może być otrzymana po podniesieniu do potęgi q obydwu stron równania (3.1) i obliczeniu wartości średniej dla zbiorów [14, 15]:

$$E[I_d^q] = \lambda^{-K(q)} E[I_D^q], \quad (3.2)$$

gdzie: $K(q)$ jest charakterystyczną funkcją skalowania momentów, będącą oszacowaniem wykładnika skalowego β . Wartości empiryczne funkcji $K(q)$ można obliczyć na podstawie współczynnika nachylenia zależności liniowych łączących zlogarytmowane wartości momentów statystycznych natężeń opadów i zlogarytmowane wartości współczynników skali. W przypadku, gdy oszacowane empirycznie wartości funkcji skalowania $K(q)$ dla hierarchii rzędów momentów statystycznych q układają się w zależności liniowej względem q , potwierdza to występowanie prostego skalowania w ścisłym znaczeniu [16]. Dodatkowo nachylenie samej funkcji $K(q)$ może być oszacowaniem wykładnika skalowego β w równaniu (3.1). W przeciwnym przypadku, gdy obliczone empirycznie wartości funkcji $K(q)$ wykazują nieliniową zależność od q , jest bardziej prawdopodobne, że badane zjawisko ma charakter odwzorowania procesu multifraktalnego. Szczegółową dyskusję funkcji $K(q)$ dla procesów multifraktalnych można odnaleźć w monografii Licznara [17].

Co jest fundamentalne dla niniejszego opracowania Menabde i in. [18] oraz Yu i in. [15] udowodnili, że hipoteza skalowania sprawdza się także w przypadku kwantyli maksymalnych natężeń deszczów oszacowanych na podstawie dystrybuanty, co można zapisać modyfikując wzór (3.1):

$$I_d(T) = \lambda^{-\beta} I_D(T), \quad (3.3)$$

gdzie: $I_d(T)$ i $I_D(T)$ oznacza natężenia deszczu miarodajnego dla różnych czasów trwania równych d i D , ale o tych samych czasów ponownego nawrotu T (a więc tej samej częstości występowania).

Zastosowanie zależności (3.3) dla Jaworzna w celu przeskalowania maksymalnych natężeń dobowych opadów do maksymalnych natężeń opadów dla czasów krótszych i dłuższych od 1440 min, wymaga nie tylko wyznaczenia wielkości wykładnika skalowego β , ale przede wszystkim weryfikacji tezy o skalowaniu natężeń deszczów miarodajnych dla całej hierarchii czasów trwania w zakresie od 5 do 4320 minut.

Weryfikację tezy o skalowaniu maksymalnych rocznych natężeń deszczów dla Jaworzna przeprowadzono na bazie odczytów miarodajnych natężeń deszczów dla czasów trwania od 5 do 4320 min i prawdopodobieństw od p w zakresie od 1% do 100% (częstości deszczów od $C = 100$ lat do $C = 1$ rok) z atlasu PANDa (konsekwentnie były to odczyty dla północno-wschodniego obszaru miasta, jak w przypadku tab. 2.3). W tab. 3.1 zestawiono przykładowe odczyty miarodajnych deszczów dla charakterystycznych częstości występowania i czasów trwania. Zestawione w tab. czasy trwania przeliczono także na odpowiadające im skale czasowe od λ równej 5/1440 (1/288) dla czasu 5 minut, poprzez λ równą 1440/1440 (1) dla czasu 1440 minut, a skończywszy na λ równej 4320/1440 (3) dla czasu 4320 minut.

Tab. 3.1. Natężenia deszczów miarodajnych I , wyrażone w $\text{dm} \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$, dla wybranych charakterystycznych czasów trwania (skal czasowych) i częstości C dla Jaworzna

| Czas | Skala czasowa λ | Częstość C , lata | | | | | | |
|------|-------------------------|---------------------|---------|---------|---------------|---------|---------|--------|
| | | 50 lat | 33 lata | 20 lat | 10 lat | 5 lat | 2 lata | 1 rok |
| 5 | 0,0035 | 545,75 | 504,17 | 454,50 | 391,67 | 333,72 | 263,95 | 215,92 |
| 10 | 0,0069 | 392,18 | 368,12 | 337,62 | 295,88 | 253,73 | 197,36 | 154,24 |
| 15 | 0,0104 | 310,55 | 295,43 | 275,07 | 244,92 | 211,58 | 162,06 | 119,98 |
| 30 | 0,0208 | 218,20 | 199,58 | 177,93 | 151,51 | 128,13 | 101,296 | 83,689 |
| 45 | 0,0313 | 168,73 | 153,88 | 136,69 | 115,79 | 97,379 | 76,375 | 62,674 |
| 60 | 0,0417 | 132,33 | 120,79 | 107,442 | 91,247 | 77,014 | 60,810 | 50,264 |
| 90 | 0,0625 | 95,474 | 87,933 | 78,938 | 67,580 | 57,126 | 44,573 | 35,950 |
| 120 | 0,0833 | 76,564 | 70,616 | 63,475 | 54,380 | 45,924 | 35,652 | 28,514 |
| 180 | 0,1250 | 55,293 | 51,458 | 46,703 | 40,383 | 34,212 | 26,278 | 20,441 |
| 360 | 0,2500 | 29,282 | 27,725 | 25,711 | 22,884 | 19,945 | 15,878 | 12,660 |
| 720 | 0,5000 | 16,911 | 16,060 | 14,953 | 13,387 | 11,7443 | 9,4493 | 7,6144 |
| 1080 | 0,7500 | 13,317 | 12,468 | 11,422 | 10,044 | 8,7120 | 7,0189 | 5,7877 |
| 1440 | 1,0000 | 11,230 | 10,477 | 9,5476 | 8,3231 | 7,1387 | 5,6326 | 4,5367 |
| 2160 | 1,5000 | 9,0134 | 8,2725 | 7,3953 | 6,2980 | 5,2991 | 4,1147 | 3,3115 |
| 2880 | 2,0000 | 7,7417 | 6,9684 | 6,0960 | 5,0721 | 4,2062 | 3,2631 | 2,6763 |
| 4320 | 3,0000 | 6,1723 | 5,4970 | 4,7429 | 3,8692 | 3,1416 | 2,3628 | 1,8868 |

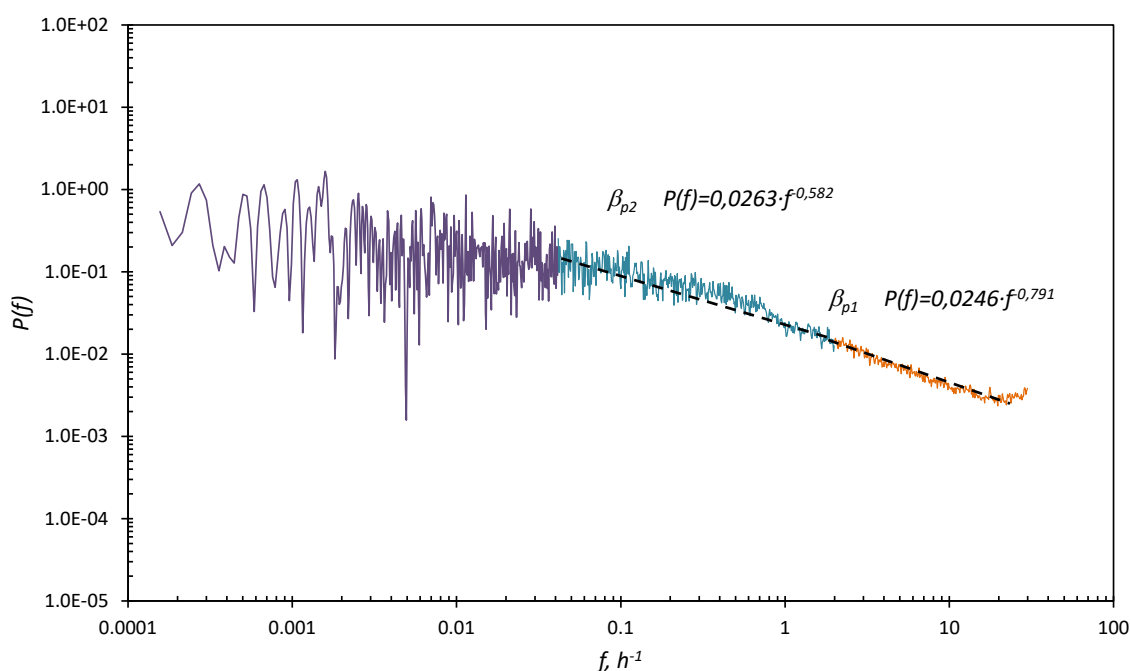
W celu weryfikacji zjawiska skalowania przeprowadzono opisywaną wcześniej analizę z wykorzystaniem momentów statystycznych dla rzędów q w zakresie od 0 do 4. Wstępne badania potwierdziły ogólnie występowanie zjawiska skalowania dla natężeń deszczów

miarodajnych o różnym poziomie częstotliwości występowania C . Niemniej zauważono zmianę w nachyleniu zależności skalowych na poziomie skali czasowej λ równej 0,0208 (dla czasu 30 min). Wspomniane zjawisko można tłumaczyć przypuszczalnie nieciągłością właściwości skalowych opadów występującą dla skali czasowej odpowiadającej około 30 minutom. Zjawisko to jako pierwszy w Polsce zdiagnozował Licznar [17] na bazie analizy szeregów opadowych o wysokiej rozdzielczości czasowej z Wrocławia. Celem potwierdzenia występowania analogicznego zjawiska na obszarze Jaworzna, przeprowadzono dodatkową analizę szeregów czasowych opadów z najbliższej stacji meteorologicznej. Najbliższą stacją meteorologiczną, dla której dysponowano szeregami opadowymi o wysokiej rozdzielczości czasowej były Katowice. Analizę szeregów opadowych przeprowadzono z wykorzystaniem szybkiej transformacji Fouriera, analogicznie do metodyki opisywanej szczegółowo w monografii [17]. Przykładowy wynik analiz przedstawiono na rys. 3.1, gdzie znajduje się wykres widma mocy obliczony dla 1-minutowego szeregu czasowego rejestracji deszczów z Katowic w 2015 roku. Na wykresie obserwowany był, podobnie jak dla szeregów z Wrocławia, w przybliżeniu gładki przebieg widma $P(f)$ dla wysokich częstotliwości, zgodny z ogólną zależnością potęgową:

$$P(f) \approx f^{-\beta_p}, \quad (3.4)$$

gdzie:

f – częstotliwość, godz.^{-1} ; β_p – wykładnik zależności potęgowej.



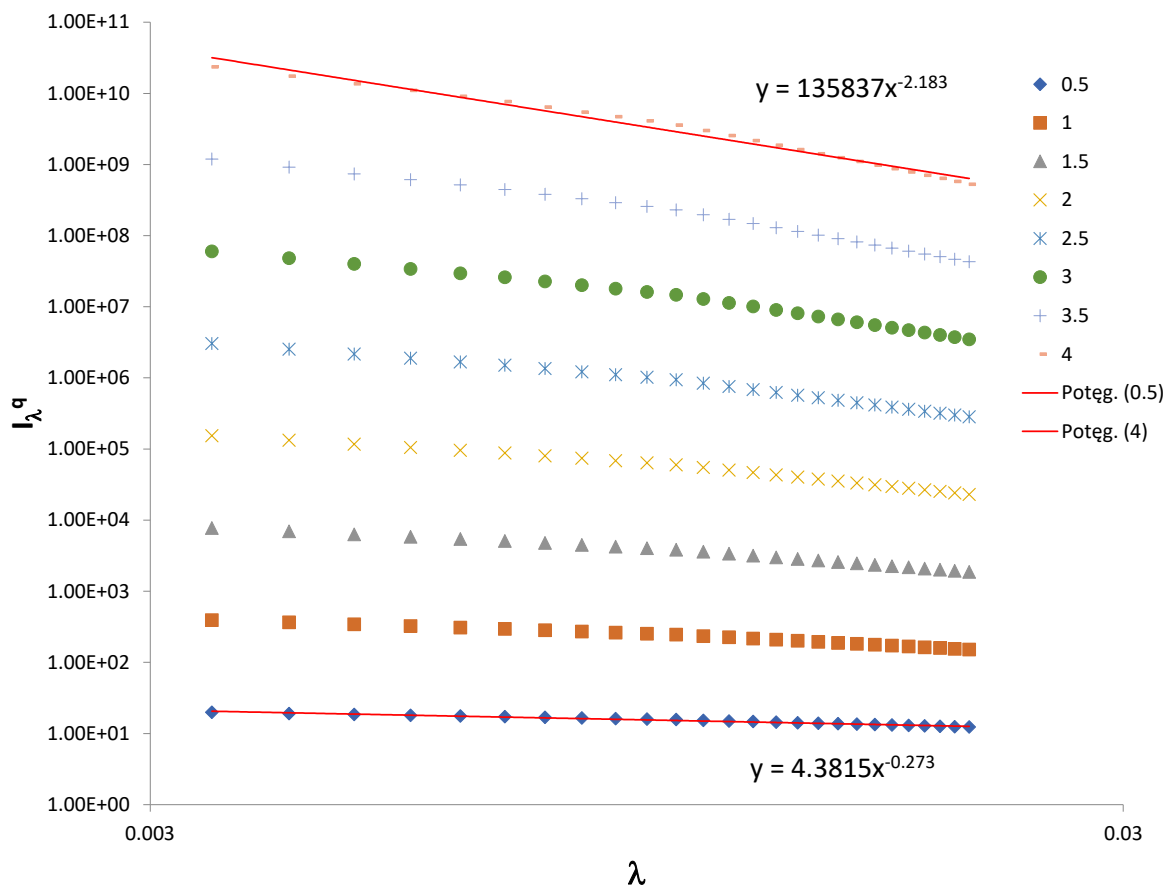
Rys. 3.1. Widmo mocy 1-minutowego szeregu czasowego rejestracji deszczów z Katowic w 2015 roku

Na rys. 3.1 ujawnia się przerwanie widma dla częstotliwości 2 godz.^{-1} , odpowiadającej czasowi 30 minut. Powyżej tej częstotliwości, w drugim przedziale skalowania, widmo mocy ma spadek opisywany wykładnikiem β_{p2} równym około 0,582. Poniżej tej częstotliwości 2 godz.^{-1} widmo mocy ma już większy spadek opisywany wykładnikiem β_{p1} równym 0,791. Dyskutowane zależności potęgowe widma mocy zaznaczono schematycznie na rys. 3.1.

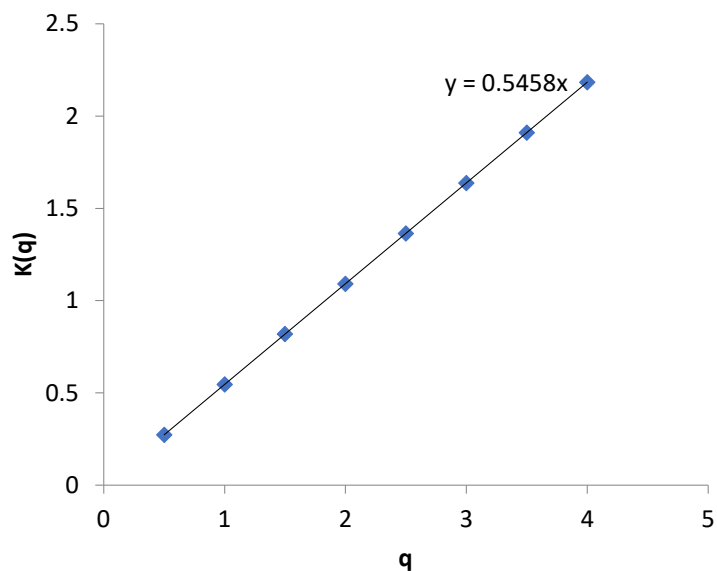
Mając na uwadze powyższe obserwacje, badania skalowania natężeń deszczów miarodajnych dla Jaworzna przeprowadzono w dwóch odrębnych przedziałach czasowych. W pierwszym przedziale analizowano zatem skale czasowe, od skali $\lambda = 1/48$, odpowiadającej czasowi 30 min, do skali $\lambda = 1/288$, odpowiadającej czasowi 5 min. W drugim przedziale analizowano skale czasowe, od skali $\lambda = 3$, odpowiadającej czasowi 4320 min do skali $\lambda = 1/48$, odpowiadającej czasowi 30 minut.

Przykład zastosowania metody momentu śladu dla szeregu empirycznie wyznaczonych przedziałowych natężeń deszczów odpowiadających częstości występowania $C = 10$ lat (dla pogrubionej kolumny w tab. 3.1) jest przedstawiony na rys. 3.2÷3.5. Zgodnie z wykresami na rys. 3.2 i 3.4 widać wyraźne liniowe (w logarytmicznej skali wykresu) zależności pomiędzy momentami statystycznymi natężeń deszczów a skalami czasowymi λ . Wartości bezwzględne wykładników tych zależności są oszacowaniami wartości funkcji $K(q)$ dla różnych rzędów momentów q . Przykładowo na rys. 3.4, dla rzędu $q = 0,5$ wykładnik $K(q=0,5)$ równał się 0,374.

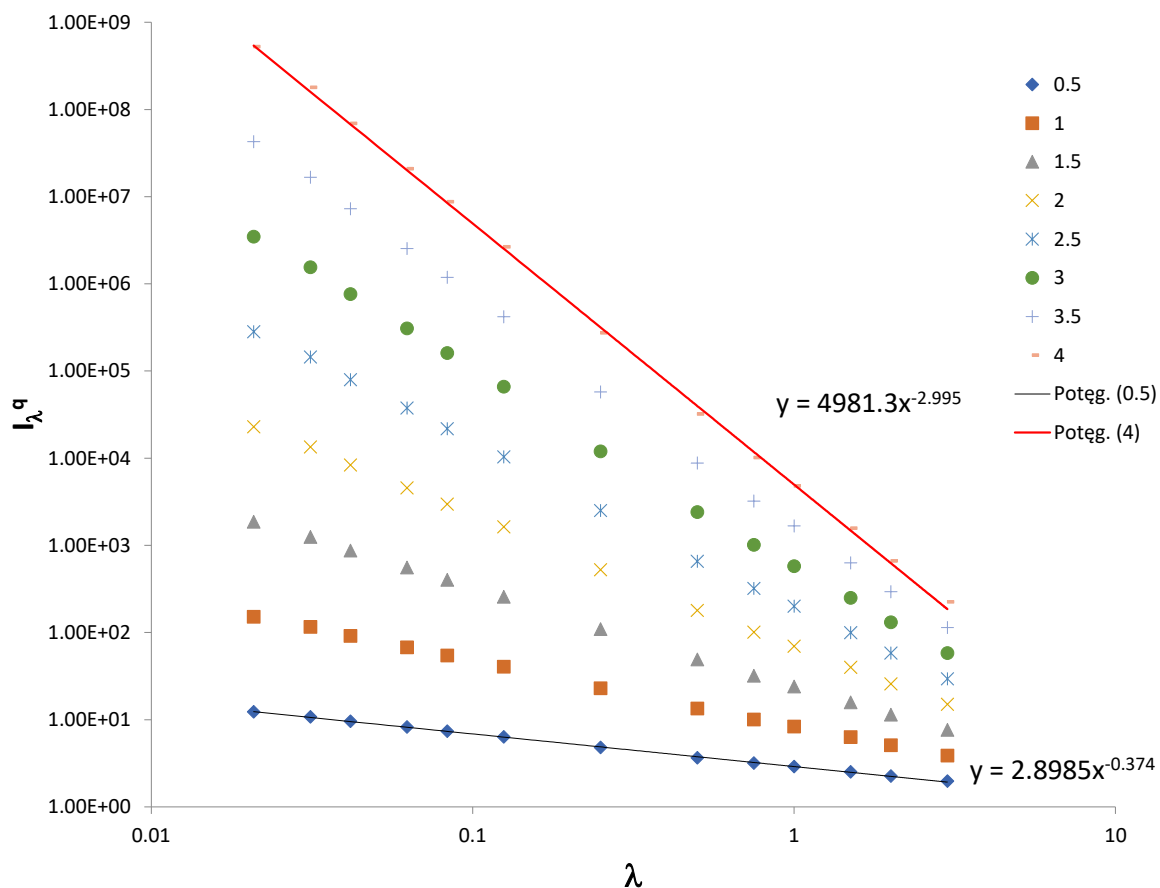
Natomiast na rys. 3.3 i 3.5 przedstawiony jest przebieg empirycznych funkcji skalowania $K(q)$ dla częstości $C = 10$ lata dla Jaworzna. Obydwie funkcje są wyraźnie prostoliniowe, co dowodzi, że badane zjawisko ma charakter monofraktalny, w obydwu przedziałach czasowych stwierdza się zjawisko prostego skalowania w ścisłym znaczeniu. Niemniej nachylenie prostych na rys. 3.3 i 3.5 nie jest takie same i w przypadku czasów krótszych od 30 min wynosi 0,5458, a dla czasów dłuższych od 30 min równa się 0,7487. Liczby te są oszacowaniami odpowiednio wykładników skalowych β_1 i β_2 do równania (3.3).



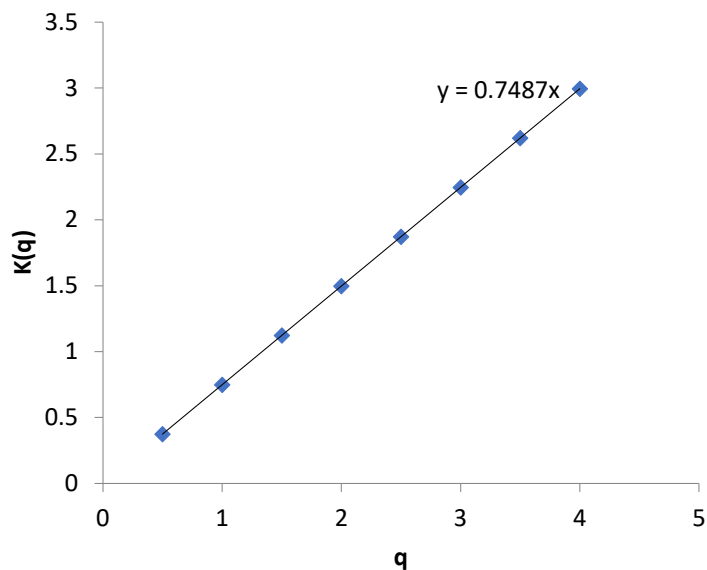
Rys. 3.2. Wykres zależności wartości momentów rzędu q od 0.5 do 4.0 empirycznych miarodajnych natężeń deszczu I dla Jaworzna o częstotliwości $C = 10$ lat, względem wartości współczynnika skali λ , otrzymany w przedziale skal czasowych odpowiadających czasom od 5 min do 30 minut



Rys. 3.3. Przebieg empirycznej funkcji skalowania momentów $K(q)$ otrzymany dla Jaworzna dla częstotliwości $C = 10$ lat, w przedziale skal czasowych odpowiadających czasom od 5 min do 30 minut

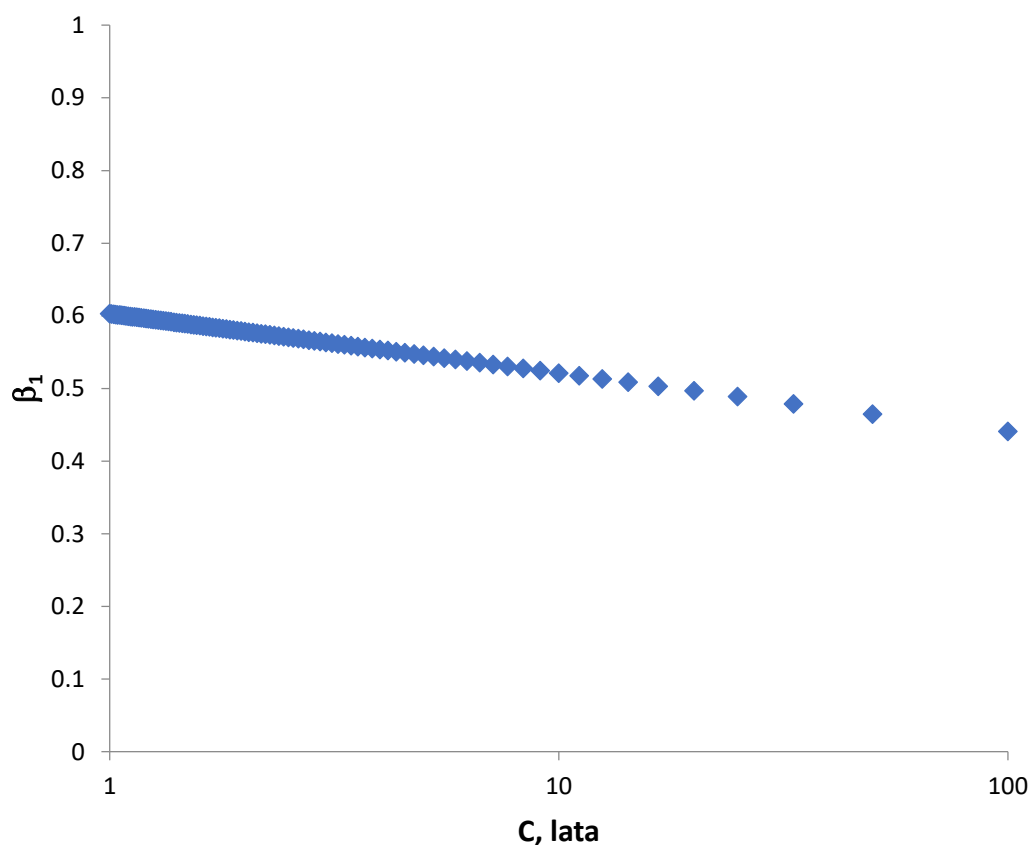


Rys. 3.4. Wykres zależności wartości momentów rzędu q od 0.5 do 4.0 empirycznych miarodajnych natężeń deszczu I dla Jaworzna o częstotliwości $C = 10$ lat, względem wartości współczynnika skali λ , otrzymany w przedziale skal czasowych odpowiadających czasom od 30 min do 1440 min (na wykresie zaznaczono jedynie punkty odpowiadające charakterystycznym czasom trwania 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1080, 1440, 2160, 2880 i 4320 minut)

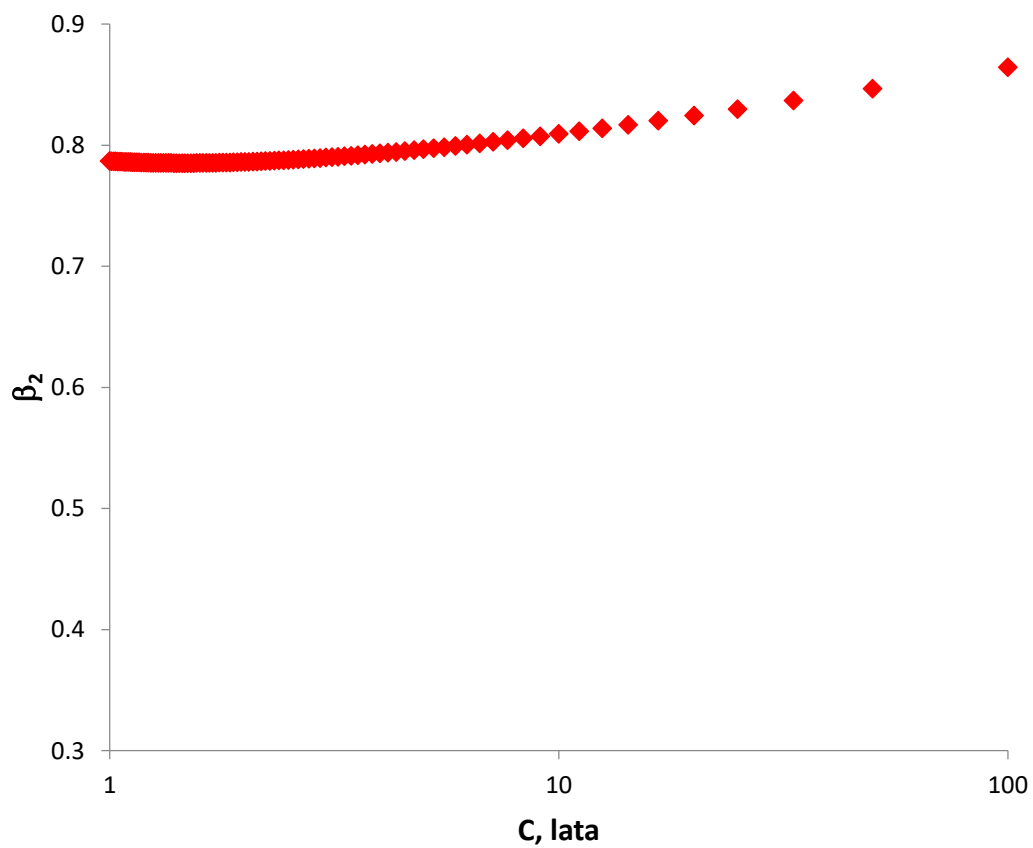


Rys. 3.5. Przebieg empirycznej funkcji skalowania momentów $K(q)$ otrzymany dla Jaworzna dla częstotliwości $C = 10$ lat, w przedziale skal czasowych odpowiadających czasom od 30 min do 1440 minut

Analogiczne zjawisko skalowania, w dwóch osobnych przedziałach, obserwowano dla empirycznych wartości natężeń deszczów dla pozostałych wartości częstości C . Dla wszystkich wartości prawdopodobieństw wystąpienia opadów p od 1% do 100% odpowiadających częstościom C od 100 lat do 1 roku wyznaczono wartości wykładników skalowych β_1 i β_2 , które zaprezentowano na rys. 3.6 i 3.7. Na podstawie tych wykresów można stwierdzić, że wykładniki skalowe miały zbliżone wartości w obrębie analizowanych częstości C . Jednocześnie średnia wartość wykładnika skalowego β_1 równa 0,546 była wyraźnie niższa od wartości średniej wykładnika skalowego β_2 wynoszącej 0,751. Obserwacje te potwierdzają konieczność uwzględnienia nieciągłości właściwości skalowych opadów występującej dla skali czasowej odpowiadającej około 30 min przy tworzeniu modelu opadowego dla Jaworzna z adaptacją do zmian klimatu do 2050 roku.



Rys. 3.6. Wartości wykładnika skalowego β_1 dla analizowanych częstości C dla Jaworzna



Rys. 3.7. Wartości wykładnika skalowego β_2 dla analizowanych częstości C dla Jaworzna

4. Modele prognozowanych natężeń deszczów miarodajnych

Punktem wyjścia do opracowania modeli prognozowanych natężeń deszczów miarodajnych do roku 2050 dla Jaworzna był aktualny model opadowy [12], a konkretnie miarodajne wysokości opadów dobowych dla prawdopodobieństw p w zakresie od 1% do 100% odpowiadających częstościom C od 100 lat do 1 roku. Wartości te analogicznie jak w tab. 2.3, zwiększono o prognozowany przez zdecydowaną większość modeli klimatycznych poziom 15,91%, odpowiadający maksimum odczytu dla scenariusza RCP4.5 według tab. 2.1. Następnie zwiększone miarodajne wysokości opadów dobowych dla prawdopodobieństw p w zakresie od 1% do 100% przeliczono na odpowiadające im natężenia i poddano przeskalowaniu dla czasów w zakresie od 5 do 4320 min. Uzyskany zbiór wartości natężeń deszczów stanowi kompleksowy model natężeń deszczów z adaptacją do 2050 r. dla Jaworzna. Odczyt z tego modelu natężeń deszczów miarodajnych dla dowolnej kombinacji czasów trwania w zakresie od 5 do 4320 min i prawdopodobieństw p w zakresie od 1% do 100% jest możliwy z wykorzystaniem specjalnie do tego przygotowanej aplikacji internetowej dostępnej pod adresem: <https://jaworzno2050.atlaspanda.pl/>.

Stosowanie modeli prognozowanych natężeń deszczów miarodajnych do roku 2050 dla Jaworzna jest możliwe także z wykorzystaniem prostych zależności funkcyjnych opracowanych specjalnie dla najczęściej spotykanych w projektowaniu i modelowaniu systemów odwodnienia prawdopodobieństw: 2%, 3%, 5%, 10%, 20%, 50% i 100%. Przyjęte przy opracowaniu tych modeli średnie wartości wykładników skalowych β_1 i β_2 zamieszczono w tab. 4.1.

Tab. 4.1. Wartości wykładników skalowych β_1 i β_2 dla poszczególnych wartości prawdopodobieństw p równych 2%, 3%, 5%, 10%, 20%, 50% i 100%, przyjęte na potrzeby opracowania modeli opadowych na 2050 rok dla Jaworzna

| Prawdopodobieństwo p | Częstość C | β_1 | β_2 |
|------------------------|--------------|-----------|-----------|
| 2% | 50 lat | 0,546 | 0,751 |
| 3% | 33,3 lat | 0,546 | 0,751 |
| 5% | 20 lat | 0,546 | 0,751 |
| 10% | 10 lat | 0,546 | 0,751 |
| 20% | 5 lat | 0,546 | 0,751 |
| 50% | 2 lata | 0,546 | 0,751 |
| 100% | 1 rok | 0,546 | 0,751 |

Prognozowane maksymalne wysokości opadów dobowych z tab. 2.3 zostały przeliczone na odpowiadające im natężenia deszczów, a następnie przeskalowane dla czasów trwania mieszczących się w zakresie od 5 do 4320 minut. Uzyskane w efekcie końcowym

wartości natężeń deszczów miarodajnych dla prawdopodobieństw p równych 2%, 3%, 5%, 10%, 20%, 50% i 100% i dla charakterystycznych czasów trwania 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 360, 720, 1080, 1440, 2160, 2880 i 4320 min zestawiono w tab. 4.2.

Na podstawie danych zawartych w tab. 4.2. opracowane zostały proste modele opadowe dla Jaworzna na rok 2050. Mają one strukturę modelu fizycznego natężeń deszczów miarodajnych i są oparte o klasyczne równanie natężeń deszczów miarodajnych (4.1), ale o różnych parametrach dla dwóch zakresów czasów trwania opadów (do 30 min i powyżej 30 min). Struktura modeli jest przedstawiona poniżej, a ich parametry dla poszczególnych wartości prawdopodobieństw (częstości) zestawiono w tab. 4.3:

$$I = \frac{A}{t^n} \quad (4.1)$$

gdzie: I – natężenie opadu miarodajnego, $\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$; t – czas trwania opadu, min; A , n – parametry modeli, zależne od prawdopodobieństwa p i zakresu czasów trwania (oznaczane jako A_1 i n_1 dla czasów trwania opadów do 30 min oraz A_2 i n_2 dla czasów trwania opadów powyżej 30 min). Wartości dopasowanych parametrów zbiorczo zestawiono w tab. 4.2.

Tab.4.2. Prognozowane do roku 2050 przedziałowe natężenia opadów miarodajnych I , wyrażone w $\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$ dla Jaworzna dla wybranych charakterystycznych prawdopodobieństw i czasów trwania

| p | Czas trwania, min | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 | 360 | 720 | 1080 | 1440 | 2160 | 2880 | 4320 |
| 2% | 634,28 | 434,32 | 348,02 | 238,30 | 175,75 | 141,60 | 104,43 | 84,136 | 62,049 | 36,869 | 21,907 | 16,157 | 13,017 | 9,6001 | 7,7348 | 5,7043 |
| 3% | 591,70 | 405,17 | 324,66 | 222,31 | 163,95 | 132,09 | 97,417 | 78,488 | 57,884 | 34,394 | 20,437 | 15,072 | 12,143 | 8,9557 | 7,2156 | 5,3214 |
| 5% | 539,23 | 369,24 | 295,87 | 202,59 | 149,41 | 120,38 | 88,779 | 71,529 | 52,752 | 31,345 | 18,625 | 13,736 | 11,067 | 8,1616 | 6,5757 | 4,8495 |
| 10% | 470,07 | 321,88 | 257,92 | 176,61 | 130,25 | 104,94 | 77,392 | 62,354 | 45,986 | 27,324 | 16,236 | 11,974 | 9,6473 | 7,1148 | 5,7323 | 4,2275 |
| 20% | 403,18 | 276,08 | 221,22 | 151,48 | 111,71 | 90,007 | 66,380 | 53,482 | 39,442 | 23,436 | 13,926 | 10,270 | 8,2745 | 6,1024 | 4,9167 | 3,6260 |
| 50% | 318,12 | 217,83 | 174,55 | 119,52 | 88,145 | 71,018 | 52,375 | 42,198 | 31,121 | 18,492 | 10,988 | 8,1033 | 6,5288 | 4,8149 | 3,8794 | 2,8610 |
| 100% | 256,22 | 175,45 | 140,59 | 96,265 | 70,994 | 57,200 | 42,184 | 33,988 | 25,066 | 14,894 | 8,8498 | 6,5266 | 5,2585 | 3,8781 | 3,1245 | 2,3043 |

Tab. 4.3. Parametry modeli natężeń deszczów miarodajnych na 2050 rok dla Jaworzna

| Czas trwania t od 5 do 30 min | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| Parametr | $p = 2\%$ | $p = 3\%$ | $p = 5\%$ | $p = 10\%$ | $p = 20\%$ | $p = 50\%$ | $p = 100\%$ |
| A_1 | 1527,3 | 1424,8 | 1298,4 | 1131,9 | 970,8 | 766,0 | 617,0 |
| n_1 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 |
| Czas trwania t od 30 do 4320 min | | | | | | | |
| Parametr | $p = 2\%$ | $p = 3\%$ | $p = 5\%$ | $p = 10\%$ | $p = 20\%$ | $p = 50\%$ | $p = 100\%$ |
| A_2 | 3065,1 | 2859,4 | 2605,8 | 2271,6 | 1948,4 | 1537,3 | 1238,2 |
| n_2 | 0,751 | 0,751 | 0,751 | 0,751 | 0,751 | 0,751 | 0,751 |

Końcowym etapem pracy nad modelem było porównanie prognozowanych do 2050 r. wartości natężeń deszczów miarodajnych z wartościami natężeń deszczów miarodajnych według aktualnego modelu opadowego. W tym celu przygotowano tab. 4.4, w której zawarto względne różnice procentowe w wartościach prognozowanych do 2050 r. natężeń deszczów miarodajnych i natężeń deszczów miarodajnych według aktualnego modelu model

opadowego PANDa dla Jaworzna. Wspomniane względne różnice procentowe obliczono dla analizowanych, charakterystycznych prawdopodobieństw w zakresie od $p = 2\%$ do $p = 100\%$ i dla czasów trwania w zakresie od 5 min do 1440 minut. Zgodnie z danymi zestawionymi w tab. 4.4 prognozowane wartości natężeń deszczów do roku 2050 wzrosną w zakresie od 5% (dla $p = 2\%$, $t = 45$ min) do 30% (dla $p = 2\%$, $t = 720$ min), a średni poziom przyrostu natężeń opadów wyniesie około 15%.

Tab. 4.4. Względne różnice procentowe w wartościach prognozowanych do 2050 r. natężeń deszczów miarodajnych i natężeń deszczów miarodajnych w odniesieniu do aktualnego modelu opadowego PANDa dla Jaworzna

| p | C | Czas trwania, min | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | | 5 | 10 | 15 | 30 | 45 | 60 | 90 | 120 | 180 | 360 | 720 | 1080 | 1440 |
| 2% | 50 lat | 16% | 11% | 12% | 9% | 4% | 7% | 9% | 10% | 12% | 26% | 30% | 21% | 16% |
| 3% | 33,3 lat | 17% | 10% | 10% | 11% | 7% | 9% | 11% | 11% | 12% | 24% | 27% | 21% | 16% |
| 5% | 20 lat | 19% | 9% | 8% | 14% | 9% | 12% | 12% | 13% | 13% | 22% | 25% | 20% | 16% |
| 10% | 10 lat | 20% | 9% | 5% | 17% | 12% | 15% | 15% | 15% | 14% | 19% | 21% | 19% | 16% |
| 20% | 5 lat | 21% | 9% | 5% | 18% | 15% | 17% | 16% | 16% | 15% | 18% | 19% | 18% | 16% |
| 50% | 2 lata | 21% | 10% | 8% | 18% | 15% | 17% | 18% | 18% | 18% | 16% | 16% | 15% | 16% |
| 100% | 1 rok | 19% | 14% | 17% | 15% | 13% | 14% | 17% | 19% | 23% | 18% | 16% | 13% | 16% |

5. Opad modelowy Eulera (typ II)

Opracowane prognozowane modele natężeń deszczów miarodajnych do roku 2050 dla Jaworzna mogą znaleźć bezpośrednie zastosowanie do projektowania systemów odwodnienia, np. kanalizacji deszczowych na terenie miasta, jak i do modelowania hydrodynamicznego systemów odwodnienia, w celu ich adaptacji do zmian klimatycznych w perspektywie roku 2050. Na podstawie opracowanych modeli natężeń deszczów miarodajnych możliwe jest sporządzenie opadu modelowego, względnie całej grupy opadów modelowych, a więc teoretycznych hietogramów opadów o różnych czasach trwania i prawdopodobieństwach wystąpienia.

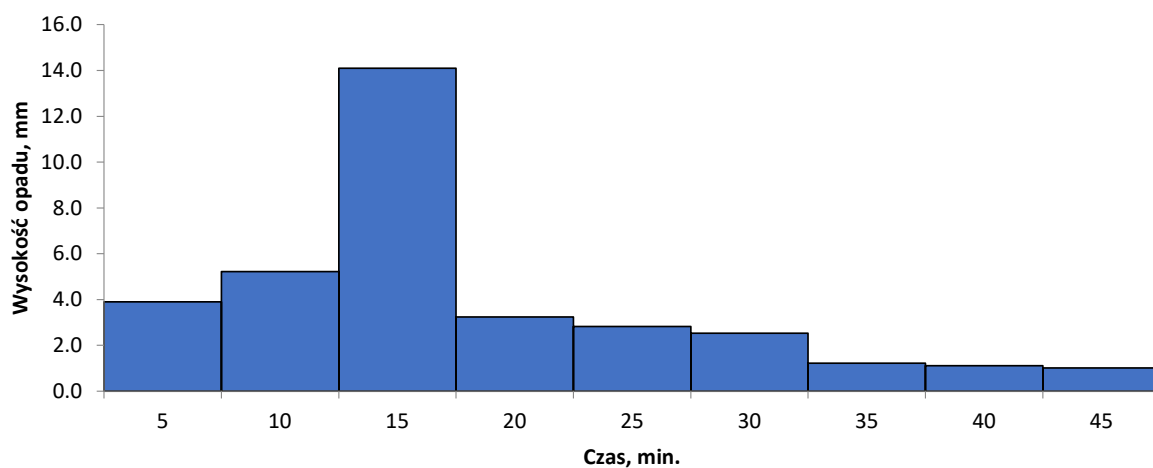
W Polsce jako opad modelowy do modelowania systemów odwodnienia zwyczajowo stosowany jest model Eulera (typ II). Ten hietogram teoretyczny (zwany też wzorcowym), chociaż zazwyczaj nie jest podobny do przebiegu rzeczywiście rejestrowanych opadów, czego dowiodły badania Licznara i Szeląga [18] w Warszawie, charakteryzuje się prostotą konstrukcji, a zarazem był zalecany w niemieckich wytycznych technicznych [19], z których to adoptowano go do stosowania w Polsce.

Konstruując opad modelowy wg Eulera typ II, wyznacza się chwilę czasową początku przedziału deszczu o największej intensywności opadu na poziomie 0,3 czasu trwania opadu modelowego i zaokrągla się do wielokrotności 5 min. Następnie do przedziału tego, dołącza się z lewej strony na osi czasu następne, o niższych natężeniach opadu, aż osiągnie się chwilę czasową $t = 0$. Kolejne przedziały opadu występują na osi czasu z prawej strony w stosunku do przedziału szczytowego i wypełniają okres do końca opadu modelowego [19].

Przykład konstrukcji opadu modelowego wg Eulera typ II o czasie trwania $t = 45$ min i prawdopodobieństwie $p = 10\%$, na podstawie opracowanego modelu natężeń deszczów miarodajnych na rok 2050 dla Jaworzna zaprezentowano w tab. 5.1, a opracowany opad modelowy jest przedstawiony na rys. 5.1.

Tab. 5.1. Przykład opracowania opadu modelowego wg Eulera typ II o czasie trwania $t = 45$ min i prawdopodobieństwie $p = 10\%$ dla Jaworzna (opad prognozowany do roku 2050)

| Czas, min. | $I, \text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$ | h, mm | $\Delta h, \text{mm}$ | h Euler (typ II), mm |
|------------|--|----------------|-----------------------|------------------------|
| 5 | 470,07 | 14,1 | 14,1 | 3,9 |
| 10 | 321,96 | 19,3 | 5,2 | 5,2 |
| 15 | 258,02 | 23,2 | 3,9 | 14,1 |
| 20 | 220,52 | 26,5 | 3,2 | 3,2 |
| 25 | 195,22 | 29,3 | 2,8 | 2,8 |
| 30 | 176,72 | 31,8 | 2,5 | 2,5 |
| 35 | 157,30 | 33,0 | 1,2 | 1,2 |
| 40 | 142,29 | 34,2 | 1,1 | 1,1 |
| 45 | 130,25 | 35,2 | 1,0 | 1,0 |



Rys. 5.1. Przykładowy prognozowany opad modelowy wg Eulera typ II o czasie $t = 45$ min i prawdopodobieństwie $p = 10\%$ opracowany dla Jaworzna (opad prognozowany do roku 2050)

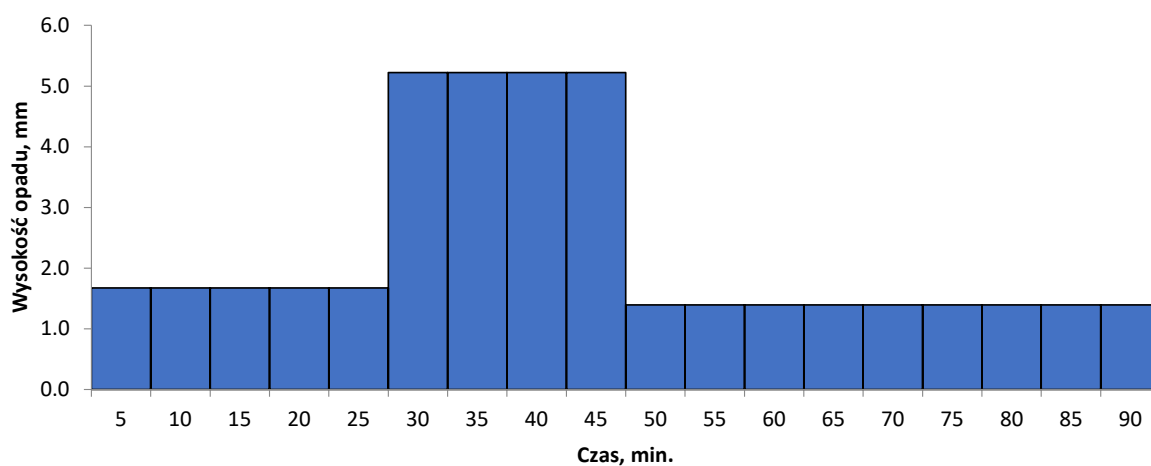
Innym jeszcze dosyć często spotykanym w praktyce modelowania hydrodynamicznego systemów odwodnienia wzorcem opadu jest opad modelowy wg DVWK [20]. Generalnie w dużych zlewniach, zaleca się stosowanie rozkładów opadu w czasie określonych w warunkach lokalnych. Rozkłady takie współcześnie opracowuje się poprzez statystyczną analizę zbiorów deszczów nawalnych wydzielonych z lokalnych szeregów opadowych [21]. Niemniej w przypadku, gdy brak jest dostępu do lokalnych wzorców, w ich zastępstwie jako miarodajny rozkład rekomenduje się dla dużych zlewni stosować rozkład wg DVWK z maksymalną intensywnością w środku zdarzenia. Sporządzenie modelu opadowego wg DVWK jest bardzo proste. Krzywa sumowa opadu modelowego wg DVWK zakłada, że przez pierwsze 30% całkowitego czasu trwania opadu występuje 20% jego całkowitej wysokości, w połowie czasu trwania pojawia się 70%, a pozostałe 30% całkowitej wysokości opadu występuje w drugiej połowie czasu trwania deszczu.

Przykład konstrukcji opadu modelowego wg DVWK o czasie trwania $t = 90$ min i prawdopodobieństwie $p = 10\%$, na podstawie opracowanego modelu natężeń deszczów

miarodajnych na rok 2050 dla Jaworzna zaprezentowano w tab. 5.2, a opracowany opad modelowy jest przedstawiony na rys. 5.2.

Tab. 5.2. Przykład opracowania opadu modelowego wg DVWK o czasie trwania $t = 90$ min i prawdopodobieństwie $p = 10\%$ dla Jaworzna (opad prognozowany do roku 2050)

| Czas, min. | $I, \text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$ | h, mm | $\Delta h, \text{mm}$ (przedział od 0 do 25 min) | $\Delta h, \text{mm}$ (przedział od 25 do 45 min) | $\Delta h, \text{mm}$ (przedział od 45 do 90 min) |
|------------|--|----------------|---|--|--|
| 90 | 77,393 | 41,8 | 8,4 | 20,9 | 12,5 |



Rys. 5.2. Przykładowy prognozowany opad modelowy wg DVWK o czasie $t = 90$ min i prawdopodobieństwie $p = 10\%$ opracowany dla Jaworzna (opad prognozowany do roku 2050)

6. Podsumowanie końcowe

Podstawowym rezultatem niniejszego opracowania jest model prognozowanych do 2050 r. opadów miarodajnych dla Jaworzna. Model ten może stanowić materiał wejściowy dla analiz pracy hydraulicznej i projektowania systemów odwodnienia z uwzględnieniem konieczności ich adaptacji do prognozowanych zmian klimatycznych.

Punktem wyjścia do stworzenia modelu był odczyt przyrostu wysokości maksymalnych rocznych opadów dobowych z bazy GCM: CMIP5 extremes dla scenariusza RCP4.5 dla Jaworzna, wynoszący 15,91% (wartość przyrostu maksymalnego według tab. 2.1). Odczyt ten zwiększono miarodajne wysokości opadów dobowych z atlasu PANDa dla Jaworzna, które to następnie przeliczono na odpowiadające im natężenia opadów dobowych. Wartości te następnie przeskalowano na natężenia deszczów miarodajnych dla czasów trwania od 5 do 4320 min i dla prawdopodobieństw występowania opadów od 1% do 100%. Przy czym uprzednio pozytywnie zweryfikowano hipotezę o występowaniu zjawiska skalowania wartości opadów miarodajnych dla Jaworzna, zdiagnozowano zjawisko nieciągłości skalowania i określono wartości wykładników skalowych. W wyniku przeskalowania zwiększonych wartości natężeń opadów dobowych uzyskano zbiór wartości natężeń deszczów stanowiący kompleksowy model natężeń deszczów z adaptacją do 2050 r. dla Jaworzna. Odczyt z tego modelu natężeń deszczów miarodajnych dla dowolnej kombinacji czasu trwania (do 5 do 4320 min) i prawdopodobieństwa (od 1% do 100%) jest możliwy z wykorzystaniem specjalnie do tego przygotowanej aplikacji internetowej, dostępnej pod adresem: <https://jaworzno2050.atlaspanda.pl/>. Logowanie się do aplikacji jest możliwe za pośrednictwem przesłanych Zamawiającemu danych do logowania.

Dodatkowo, wychodząc naprzeciw praktycznemu stosowaniu wyników analiz prognozowanych do 2050 roku natężeń deszczów miarodajnych w projektowaniu i modelowaniu systemów odwodnienia w Jaworzna, opracowano proste model opadowe. Są to modele o strukturze modeli fizykalnych natężeń deszczów miarodajnych, oparte o klasyczne równanie natężeń deszczów miarodajnych, ale o różnych parametrach dla dwóch zakresów czasów trwania opadów (do 30 min i powyżej 30 min):

$$I = \frac{A}{t^n} \quad (6.1)$$

gdzie: I – natężenie opadu miarodajnego, $\text{dm}^3 \cdot (\text{s} \cdot \text{ha})^{-1}$; t – czas trwania opadu, min.; A , n – parametry modeli, zależne od prawdopodobieństwa p i zakresu czasów trwania (oznaczane jako A_1 i n_1 dla czasów trwania opadów do 30 min oraz A_2 i n_2 dla czasów trwania opadów powyżej 30 min). Dobrane parametry modeli zestawiono w tab. 6.1.

Tab. 6.1. Parametry modelu natężeń deszczów miarodajnych z adaptacją do zmian klimatu do 2050 rok dla Jaworzna

| Czas trwania t od 5 do 30 min | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|
| Parametr | $p = 2\%$ | $p = 3\%$ | $p = 5\%$ | $p = 10\%$ | $p = 20\%$ | $p = 50\%$ | $p = 100\%$ |
| A_1 | 1527,3 | 1424,8 | 1298,4 | 1131,9 | 970,8 | 766,0 | 617,0 |
| n_1 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 | 0,546 |
| Czas trwania t od 30 do 4320 min | | | | | | | |
| Parametr | $p = 2\%$ | $p = 3\%$ | $p = 5\%$ | $p = 10\%$ | $p = 20\%$ | $p = 50\%$ | $p = 100\%$ |
| A_2 | 3065,1 | 2859,4 | 2605,8 | 2271,6 | 1948,4 | 1537,3 | 1238,2 |
| n_2 | 0,751 | 0,751 | 0,751 | 0,751 | 0,751 | 0,751 | 0,751 |

Wartości natężeń opadów obliczane za pomocą prostych modeli opartych na równaniu (6.1) o parametrach zestawionych w tab. 6.1 są zgodne z odczytami z modelu kompleksowego dostępnego pod adresem: <https://jaworzno2050.atlaspanda.pl/>.

7. Bibliografia

1. IPCC, 2021: Podsumowanie dla Decydentów. W: Zmiana Klimatu 2021: Fizyczne Podstawy Naukowe. Wkład I Grupy Roboczej do Szóstego Raportu Oceny Międzyrządowego Zespołu ds. Zmiany Klimatu. [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (red.)]. Cambridge University Press. W druku.
2. IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.
3. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
4. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
5. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

6. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
7. IPCC, 2013. Podsumowanie dla Decydentów: Przyczynek I Grupy Roboczej do Piątego Raportu Oceny Zmiany Klimatu Międzyrządowego Zespołu ds. Zmiany Klimatu 2013: Fizyczne Podstawy Naukowe.[Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex i P.M. Midgley (red.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Wielka Brytania i Nowy Jork, NY, USA.
8. Wayne G. P., 2013: The Beginner's Guide to Representative Concentration Pathways. Skeptical Science (dostępne on-line: <http://www.skepticalscience.com/rcp.php>).
9. IPCC, 2013: Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5 [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]
10. Sillmann, J., Kharin V. V., Zhang X., Zwiers F. W., Bronaugh D., 2013: Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 1. Model evaluation in the present climate, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118,1716–1733, doi:10.1002/jgrd.50203.
11. Sillmann, J., Kharin V. V., Zhang X., Zwiers F. W., Bronaugh D., 2013: Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 2. Future climate projections, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 2473–2493, doi:10.1002/jgrd.50188.
12. Licznar P., Zalewski J., Oktawiec M., 2021: Aktualny model opadowy dla Jaworzna. Maszynopis Retencjapl Sp. z o.o.
13. Klein Tank A. M.G., Zwiers F. W., Zhang X., 2009: Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. *Climate Data and Monitoring WCDMP-No. 72, WMO-TD No. 1500.*
14. Menabde M., Seed A., Pegram G., 1999: A simple scaling model for extreme rainfall. *Water Resources Research*, 35, 1, 335-339.

15. Yu P.Sh., Yang T.Ch., Lin Ch.Sh., 2004: Regional rainfall intensity formulas based on scaling property of rainfall. *Journal of Hydrology*, 295, 1-4, 108-123.
16. Gupta V. K., Waymire E., 1990: Multiscaling properties of spatial and river flow distributions. *J. Geophys. Res.*, 95(D3), 1999–2009.
17. Licznar P., 2009: Generatory syntetycznych szeregów opadowych do modelowania sieci kanalizacji deszczowych i ogólnospławnych. Monografie LXXVII. UP we Wrocławiu.
18. Licznar P., Szelaǳ B., 2014: Analiza zmienności czasowej opadów atmosferycznych w Warszawie. *Ochrona Środowiska*, 36(3), 23–28.
19. Schmitt T. G., 2000: Komentarz do ATV-A 118, Hydrauliczne wymiarowanie systemów odwadniających. Wydawnictwo Seidel-Przywecki sp. z o.o., Warszawa.
20. DVWK, 1984: Arbeitsanleitung zur Anwendung Niederschlag-Abflub-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Regeln 113 (Teil II: Synthese). Verlag Paul Parey, Hamburg.
21. Licznar P., Burszta-Adamiak E., Łomotowski J., Stańczyk J., 2017: Modern proposal of methodology for retrieval of characteristic synthetic rainfall hyetographs, *E3S Web of Conferences 2017*, Vol. 22, EDP Sciences.

Uzasadnienie

Opracowanie pn. "Program gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi na terenie miasta Jaworzna", zostało przygotowane przez firmę RETENCJAPL Sp. z o. o. ul. Marynarki Polskiej 163, 80-868 Gdańsk, na zlecenie Gminy Miasta Jaworzna w ramach umowy Nr GK-UN.631.9.2021 z dnia 4 sierpnia 2021 r.

Opracowanie składa się z dwóch części tj.:

I. Koncepcji ogólnej z priorytetyzacją jednostek odwodnieniowych, która zawiera: uporządkowanie dostępnych danych o sieci kanalizacji deszczowej w mieście, sformułowanie przyjętych założeń polityki miejskiej oraz wytycznych do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego w zakresie gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi, analizę zagrożenia podtopieniami w mieście, wyznaczenie granic jednostek odwodnieniowych oraz wskazanie działań w każdej jednostce w zależności od zidentyfikowanych problemów, wskazanie zlewni/jednostek odwodnieniowych do modelowania hydrodynamicznego na potrzeby wykonania koncepcji technicznych, priorytetyzację jednostek odwodnieniowych do wykonanie szczegółowych koncepcji technicznych.

II. Aktualnego modelu opadowego dla miasta Jaworzna oraz modelu prognozowanych opadów deszczu (natężeń miarodajnych) do 2050 roku na podstawie scenariusza zmian klimatycznych dla potrzeb hydrologii miejskiej w Jaworznie.

Program zawiera wytyczne rozwojowe w zakresie zagospodarowania wód opadowych i roztopowych dla terenu miasta Jaworzna, niezbędnych przede wszystkim do zabezpieczenia przed skutkami intensywnych opadów deszczu, poprzez prawidłowe odprowadzanie nadmiaru wód opadowych do odbiorników oraz planowanie prac urbanistycznych i inwestycyjnych z uwzględnieniem nowoczesnych sposobów zagospodarowania wód opadowych.

Dokumentacja wykonana w ramach niniejszego projektu ma być formalno-prawną i technologiczną podstawą do określania parametrów technicznych sieci kanalizacji deszczowej, do wykonania projektów budowlanych i działań organizacyjnych, wynikających z przyjętych planów zagospodarowania przestrzennego, kierunków rozwoju, przebudowy kanalizacji deszczowej miasta oraz realizacji zasugerowanych rozwiązań technicznych odnośnie urządzeń i systemów do zbierania oraz zagospodarowania wód opadowych. W celu realizacji kolejnych działań konieczne jest opracowanie szczegółowych koncepcji przeciwdziałania zidentyfikowanym problemom w każdej jednostce odwodnieniowej.

W obecnej perspektywie finansowej UE został położony nacisk na realizację polityki związanej z adaptacją miast do zmian klimatu, w tym na przedsięwzięcia związane z zagospodarowaniem wód opadowych. Zidentyfikowanie problemów i wyznaczenie kierunków ich rozwiązania pozwoli na przygotowanie projektów, na których realizację będzie można pozyskać środki europejskie.

Podjęcie przedmiotowej uchwały jest zadaniem fakultatywnym i nie wiąże się ze zmianą zatrudnienia, a środki na realizację zadania mogą być pozyskiwane z funduszy Unii Europejskiej.

W związku z powyższym podjęcie niniejszej uchwały jest uzasadnione.

Jaworzno, 3 stycznia 2022 r.

Opracował: Tomasz Bachowski, Naczelnik Biura Gospodarki Komunalnej

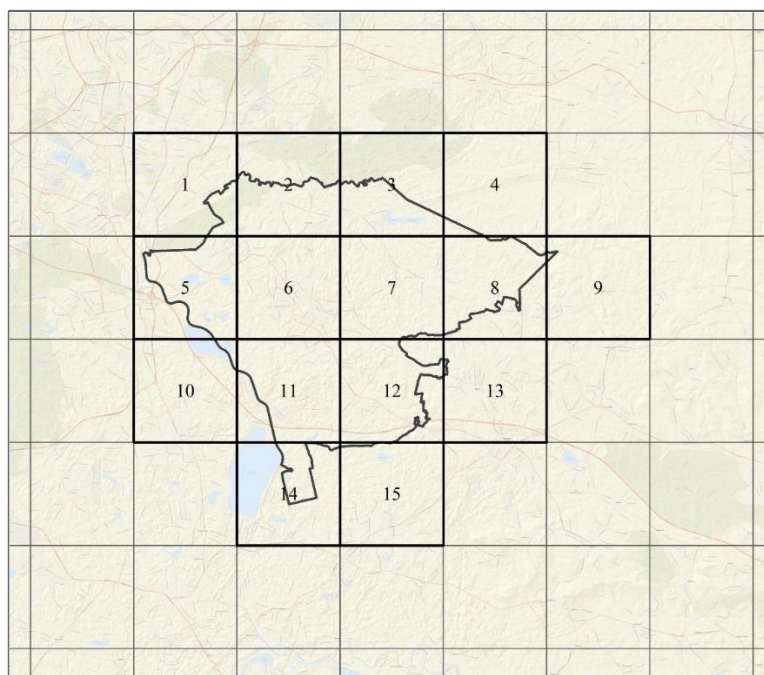
Program gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi na terenie miasta Jaworzna

Wyciąg informacji o dokumencie autorstwa ekspertów firmy RetencjaPL

W „Programie gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi na terenie miasta Jaworzna”, na podstawie szerokiej diagnozy stanu obecnego, przedstawiono program działań, który powinien być wdrażany w Jaworznie w odniesieniu do systemu odwodnieniowego.

Program ten uwzględnia także wpływ zmian klimatu oraz rozwój urbanizacyjny, w oparciu o dokumenty planistyczne miasta. Zaproponowane działania są odpowiedzią na zidentyfikowane problemy, przede wszystkim podtopienia będące efektem postępującej urbanizacji, zmian klimatycznych i niewydolnego systemu kanalizacji. **W Programie nie tylko uporządkowano i zestawiono szereg informacji o sieci, rowach, retencji, zagospodarowaniu i uszczelnieniu terenu, ale także dokonano priorytetyzacji obszarów, dla których w następnym etapie powinny być tworzone koncepcje konkretnych rozwiązań projektowych, opartych o modelowanie hydrodynamiczne systemu kanalizacji deszczowej i ogólnospławnej.**

Przygotowano lokalny model opadów, na podstawie atlasu deszczów PANDa. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod geostatystycznych do interpolacji przestrzennej wysokości opadów miarodajnych możliwe było podzielenie obszaru miasta na oczka siatki interpolacyjnej o wymiarach 5 km × 5 km i przypisanie im lokalnych probabilistycznych modeli opadowych. Dla każdego oczka siatki został opracowany unikalny model opadowy, wynikający z interpolacji przestrzennej maksymalnych wysokości opadów miarodajnych wydzielonych nie tylko z rejestracji z najbliższego deszczomierza zainstalowanego w Katowicach, ale także okolicznych deszczomierzy. Deszczomierze te musiały mieścić się możliwie blisko interpolowanych oczek siatki (w promieniu nie przekraczającym 100 km).

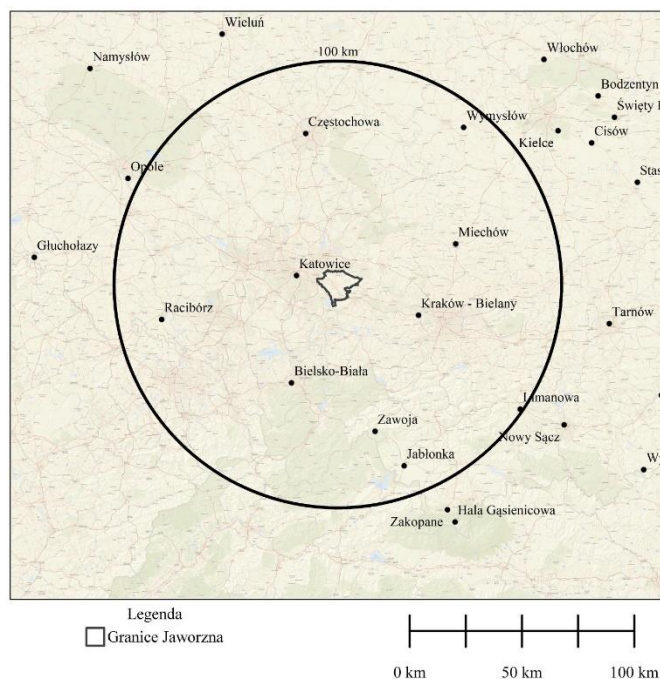


Legenda

- Granice Jaworzna
- Siatka modelu dla Jaworzna
- Siatka modelu PANDa

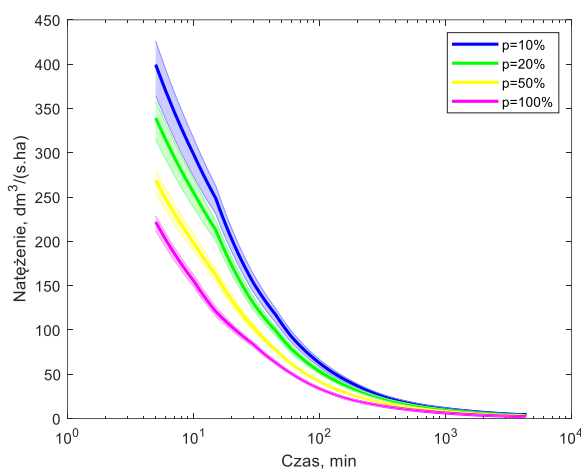
2.5 km 7.5 km 12.5 km

Poniższa mapa pokazuje stacje opadowe zlokalizowane w rejonie Jaworzna, dostępne na potrzeby wykonania lokalnego modelu opadu.

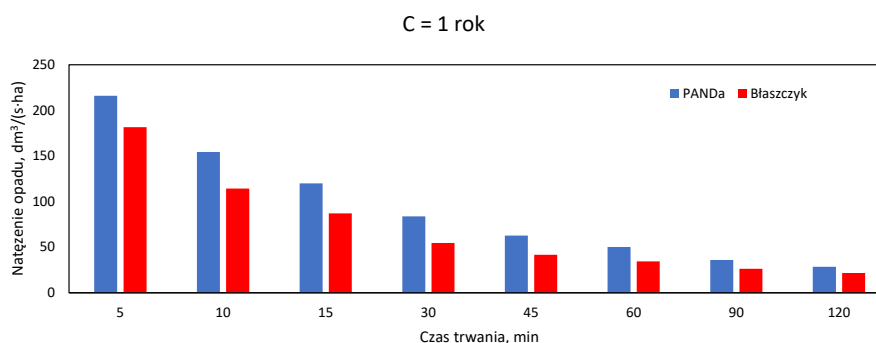


Na podstawie utworzonych lokalnych modeli mogą być obliczane wysokości opadów miarodajnych, przeliczane następnie na wartości natężeń deszczów miarodajnych, dla dowolnych wartości prawdopodobieństw występowania deszczów p w zakresie od 1% do 100% (częstości C od 100 lat do 1 roku) i dla dowolnych czasów trwania opadów w zakresie od 5 do 4320 minut. Odczyty wartości natężeń deszczów miarodajnych wraz z przedziałami ich ufności mogą być dokonywane z użyciem specjalnie do tego przygotowanej aplikacji internetowej: <https://jaworzno.atlaspanda.pl/>.

Przykładowy jeden zestaw krzywych pokazuje poniższy wykres natężeń deszczów miarodajnych dla wybranych prawdopodobieństw $p = 10\%$, 20% , 50% i 100% dla obszaru nr 14 Jaworzna wraz przedziałami ufności.



Warto zauważyć, że wartości odczytywane z aktualnych modeli dla dowolnego obszaru miasta, dla czasów trwania opadów od 5 do 120 min. są wyraźnie wyższe od oszacowań natężeń deszczów miarodajnych opartych na historycznej formule Błaszczyka.



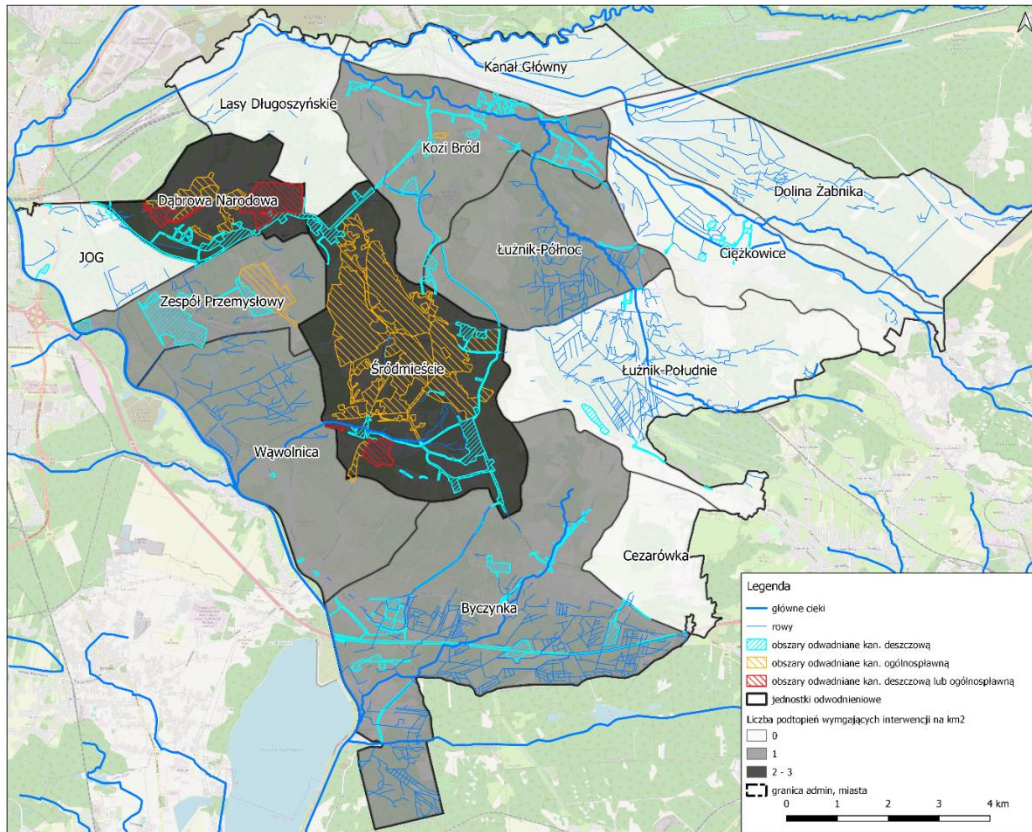
Oznacza to, że projektowany w oparciu o tak wykonany lokalny model opadów system odwodnienia i retencji będzie lepiej dostosowany do współczesnych wyzwań i zagrożeń. Dotychczas używane powszechnie wartości były zbyt niskie.

Wybiegając w przyszłość, jako że infrastruktura planowana jest na wiele lat, przygotowano także model prognozowanych opadów deszczu (natężeń deszczów miarodajnych) do 2050 roku na podstawie scenariusza zmian klimatycznych.

Efektywne rozwiązanie zasygnalizowanych problemów systemu odwodnienia i retencji w Jaworznie, z myślą o rozwoju miasta, wymaga uwzględniania łącznie zagadnień wód opadowych, systemu odwodnienia i pokrycia terenu, a także cieków, rowów i rzek. Konieczne jest integralne, całościowe podejście do gospodarki wodnej w mieście, gdyż zidentyfikowane problemy są współzależne. Warto również podjąć działania w kierunku coraz większej dbałości o środowisko i jakość odprowadzanych wód opadowych. Z pewnością przyczyni się do poprawy sytuacji postawienie mocnego akcentu na rozwój zielono-niebieskiej infrastruktury szczególnie w obszarze najbardziej zurbanizowanym.

Jaworzno podzielono w „Programie..” na jednostki odwodnienia, czyli obszary o spójnym systemie odprowadzania wód i zagospodarowania przestrzeni. Przeprowadzone analizy pozwoliły na priorytetyzację jednostek odwodnienia i dalszych działań koncepcyjnych i projektowych w tych jednostkach pod kątem potrzeby zajęcia się problemami systemu odwodnienia w każdej z nich, systematycznie i w sposób przemyślany. Umożliwi to świadome przygotowanie projektów inwestycyjnych do dofinansowania ze źródeł zewnętrznych. Dla każdej z jednostek odwodnieniowych przedstawiono również stosowne rekomendacje dalszych działań.

Ze względu na zakres merytoryczny i wielkość obszaru opracowania zalecane jest etapowanie prac koncepcyjnych mających na celu wypracowanie lokalnych działań poprawiających sytuację odwodnieniową danego obszaru. Proponuje się rozpoczęcie prac od tych jednostek odwodnieniowych (JO), w których różnica między zalecanym w normach a aktualnym komfortem (standardem) odwodnienia jest największa (JO Śródmieście, JO Dąbrowa Narodowa, a następnie JO Byczynka). Drugim podstawowym kryterium priorytetyzacji prac koncepcyjnych jest presja inwestycyjna (JO JOG).



W „Programie..” sformułowano także wytyczne do miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego oraz założenia polityki miejskiej w zakresie gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi. Wskazano również na synergiczny charakter gospodarki wodami opadowymi w odniesieniu do takich zagadnień jak wyspa ciepła (przygotowano mapę ciepła), zapylenie, rozwój zieleni, architektura krajobrazu i tworzenie miasta przyjaznego mieszkańcom, w którym dobrze się żyje i pracuje.

Dalsze prace planistyczne powinny być opierane o dane, które z kolei powinny być gromadzone w spójnej bazie GIS – bazie informacji przestrzennych. Brak dostępności odpowiednich danych i brak spójności między nimi był jedną z najpoważniejszych trudności w realizacji prac autorów raportu. Nowoczesne narzędzia monitoringu i sterowania wymagają dobrych danych wejściowych. Przyjęcie kierunku działania zmierzającego w stronę tworzenia „smart city”, a także konieczne stymulowanie retencji rozproszonej, wymaga gromadzenia sprawdzonych danych o systemie, występujących zagrożeniach oraz stosowanych rozwiązaniach (np. budowanych zbiornikach retencyjnych), a także monitorowania bieżących zdarzeń na przykład w formie własnej sieci deszczomierzowej.

Konieczność wdrożenia szerokiego podejścia, którego podstawą jest zmiana myślenia o wodach opadowych, jako nie tyle zagrożeniu, co raczej cennym zasobie, powinna przełożyć się na wzmocnienie współpracy z jednostkami urzędu miasta, odpowiedzialnymi za ochronę środowiska, planowanie przestrzenne, budowę i utrzymanie dróg oraz wydawanie pozwoleń na budowę, a także promocję. Wiele z poruszanych zagadnień wymaga rozwiązań na poziomie planowania przestrzennego. Kluczowa jest w tym zakresie koordynacja określania warunków na przyłączenie do sieci z ograniczeniami planistycznymi, tak by nie doszło do ograniczenia rozwoju miasta na skutek wyczerpania się możliwości przyjęcia i zagospodarowania wód opadowych w odbiornikach.

RETENCJAPL Sp. z o.o.
ul. Marynarki Polskiej 163
80-868 Gdańsk
NIP: PL 5842743299
REGON: 362196557

Jacek Zalewski
Jacek Zalewski
Dyrektor Działu Realizacji Projektów
RETENCJAPL Sp. z o.o.