Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur

Rzeczpospolita Polska

Dofinansowane przez Unię Europejską

MIEJSKI PLAN ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU DLA KISIELIC



ZAMAWIAJĄCY

Gmina Kisielice

ul. Daszyńskiego 5
14-220, Kisielice

tel.: 55 27 85 500
sekretariat@kisielice.pl

WYKONAWCA

Energia dla Miast Sp. z o.o.

os. Kalinowe 17
31-815 Kraków

tel.: 662 239 612
e-mail: biuro@energiadlamiast.pl

OPRACOWANIE

Kamil Krzoski

Anna Owsikowska

Dawid Woźnicki

Projekt dofinansowany jest w ramach programu regionalnego Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur 2021-2027 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Priorytetu FEWM.02 ŚRODOWISKO, Działanie FEWM.02.07 Adaptacja do zmian klimatu, Schemat A (Typ Projektu 4).

Spis treści

1. Wstęp 5
1.1 Metodyka opracowania 7
2. Charakterystyka miasta 9
2.1 Położenie fizyczno-geograficzne 9
2.2 Budowa geologiczna i rzeźba terenu 11
2.3 Gleby 12
2.4 Gospodarowanie wodami 13
2.5 Zasoby przyrodniczo-krajobrazowe 19
2.6 Gospodarka wodno-ściekowa 22
2.7 Infrastruktura techniczna 24
Sieć ciepłownicza 24
Sieć gazownicza 24
Sieć elektroenergetyczna 24
Sieć transportowa 25
2.8 Sytuacja demograficzna 25
2.9 Gospodarka 27
2.10 Jakość powietrza atmosferycznego 29
2.11 Struktura funkcjonalno-przestrzenna 31
3. Ekspozycja miasta na zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne oraz ich pochodne 36
3.1 Analiza zagrożeń meteorologicznych i hydrologicznych 36
3.2 Scenariusze zmian klimatu 38
3.3 Główne zagrożenia klimatyczne dla miasta 39
4. Ocena wrażliwości miasta na zmiany klimatu 47
5. Ocena potencjału adaptacyjnego miasta do zmian klimatu 55
6. Analiza podatności miasta na zmiany klimatu 61
6.1 Metodyka analizy podatności 61
6.2 Podatność sektorowa 62
6.3 Przestrzenne zróżnicowanie podatności 63
6.4 Obszary podatności i hierarchia priorytetów 64
6.5 Wnioski z analizy podatności 67
7. Analiza ryzyka związanego ze zmianami klimatu i szans wynikających z tych zmian dla miasta 68
7.1 Metodyka analizy ryzyka klimatycznego 68
7.2 Identyfikacja i ocena ryzyk klimatycznych dla Miasta Kisielice 69
7.3 Szanse wynikające ze zmian klimatu 72

8. Wizja, cel główny i cele szczegółowe 75
9. Działania adaptacyjne do zmian klimatu 76
10. Podmioty i organy biorące udział w sporządzaniu planu oraz sposoby ich włączenia w sporządzanie planu 84
11. Wdrażanie Planu 85
11.1 Podmioty i organy odpowiedzialne za wdrażanie działań adaptacyjnych do zmian klimatu 85
11.2 Możliwe źródła finansowania 86
11.3 Zasady monitorowania skuteczności osiągania szczegółowych celów planu 92
11.4 Ewaluacja 99
11.5 Harmonogram wdrażania 99
12. Wnioski i rekomendacje 100
Spis rysunków 103
Spis tabel 104
Załączniki 105

1. Wstęp

„Miejski Plan Adaptacji do zmian klimatu dla Kisielic" powstał w odpowiedzi na zidentyfikowane wyzwania związane z globalnymi zmianami klimatu i potrzebę wzmacniania odporności miasta na ekstremalne zjawiska pogodowe. Plan wskazuje wizję, cel główny oraz cele szczegółowe adaptacji Miasta do zmian klimatu, jakie powinny zostać osiągnięte poprzez realizację wybranych działań adaptacyjnych w najbardziej wrażliwych sektorach Miasta, to jest w zakresie: gospodarki wodnej, różnorodności biologicznej, zdrowia publicznego, transportu, energetyki oraz dziedzictwa kulturowego.

Opracowanie Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu dla Kisielic stanowi świadomą i dobrowolną inicjatywę samorządu, ukierunkowaną na zwiększenie odporności miasta na obserwowane i prognozowane skutki zmian klimatu. Pomimo braku ustawowego obowiązku sporządzenia miejskiego planu adaptacji dla miasta o tej wielkości, władze Kisielic dostrzegają potrzebę systemowego przygotowania miasta na narastające zagrożenia klimatyczne, w szczególności związane z suszą i wydłużającymi się okresami bezopadowymi, intensywnymi opadami, lokalnymi podtopieniami, falami upałów oraz zmianami w funkcjonowaniu ekosystemów zależnych od wody. Przyjęcie Miejskiego Planu Adaptacji ma służyć nie tylko ograniczaniu negatywnych skutków zmian klimatu, lecz również ochronie mieszkańców, infrastruktury i zasobów przyrodniczych oraz zwiększeniu zdolności miasta do długofalowego reagowania na zmieniające się warunki klimatyczne.

Struktura niniejszego Planu Adaptacji obejmuje:

- **część analityczną** – zawierającą diagnozę zjawisk meteorologicznych i hydrologicznych, ocenę wrażliwości i potencjału adaptacyjnego Kisielic oraz analizę podatności i ryzyka klimatycznego;
- **koncepcję zazieleniania miasta** – ukierunkowaną na zwiększanie powierzchni terenów zieleni i zadrzewień;
- **koncepcję zagospodarowania wód opadowych i roztopowych** – kładącą nacisk na retencję rozproszoną i ograniczanie ryzyka lokalnych podtopień;
- **zbiór danych przestrzennych** – stanowiący graficzne odwzorowanie wyników analiz klimatycznych oraz projektowanych koncepcji na terenie miasta;
- **część programową i wdrożeniową** – określającą cele szczegółowe, konkretne działania adaptacyjne wraz z ich harmonogramem rzeczowo-finansowym, a także system wskaźników monitorowania skuteczności wdrażania planu.

Plan Adaptacji jest powiązany z dokumentami poświęconymi adaptacji do zmian klimatu na szczeblu krajowym (m.in. Strategicznym planem adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych do roku 2030, Polityką Ekologiczną Państwa 2030), regionalnym (Warmińsko-Mazurskie 2030. Strategia rozwoju społeczno-gospodarczego, Programem Ochrony Środowiska Województwa Warmińsko-Mazurskiego do roku 2030 oraz lokalnym. Działania adaptacyjne są spójne z polityką klimatyczną Unii Europejskiej oraz kraju. Wpisują się także w politykę rozwoju Kisielic wyrażoną w dokumentach strategicznych i planistycznych obowiązujących w gminie, w tym Planie Ogólnym, Strategii Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025-2040 oraz Programie Ochrony Środowiska dla Gminy Kisielice na lata 2021–2024 z perspektywą na lata 2024–2027.

Plan Adaptacji ma na celu przystosowanie Miasta do zmian klimatu, zmniejszenie jego podatności na niekorzystne zjawiska (takie jak wzrost temperatur, fale upałów, susze oraz intensyfikacja opadów) oraz zwiększenie potencjału do przeciwdziałania skutkom tych zjawisk, przy jednoczesnej poprawie jakości życia mieszkańców.

Plan Adaptacji zawiera część diagnostyczną, w której opisano zjawiska meteorologiczne i hydrologiczne oraz ich pochodne wpływające na Miasto, przeanalizowano scenariusze zmian klimatu do 2070 roku, oceniono wrażliwość Miasta na te zjawiska, jego przestrzenną podatność oraz potencjał w radzeniu sobie ze skutkami zmian klimatu.

W odpowiedzi na ryzyka zidentyfikowane w części diagnostycznej dokumentu określono działania adaptacyjne niezbędne do realizacji w celu zwiększenia odporności Miasta na występujące aktualnie i przewidywane w przyszłości zjawiska. Plan zawiera trzy rodzaje działań:

- działania miękkie (informacyjno-edukacyjne i promocyjne),
- działania organizacyjne,
- działania inwestycyjne i techniczne (ze szczególnym uwzględnieniem rozwoju błękitno-zielonej infrastruktury).

W Planie adaptacji określono także zasady wdrożenia działań adaptacyjnych, w tym podmioty odpowiedzialne, możliwe ramy finansowania (środki własne, fundusze krajowe i europejskie), zasady monitorowania skuteczności, a także założenia dla ewaluacji i cyklicznej aktualizacji dokumentu.

Na etapie planowania adaptacji, wnioski z przeprowadzanych analiz oraz postanowienia Planu weryfikowane były poprzez zapewnienie szerokiego udziału interesariuszy i mieszkańców Kisielic w procesie opracowania dokumentu. Partycypacja oparta na badaniach ankietowych, formularzach konsultacyjnych oraz otwartych spotkaniach warsztatowych powinna w przyszłości

zapewnić społeczną akceptowalność Planu oraz ułatwić sprawne wdrażanie działań adaptacyjnych.

1.1 Metodyka opracowania

Miejski Plan Adaptacji do zmian klimatu dla Kisielic został opracowany zgodnie z ustawą Prawo Ochrony Środowiska, a także wytycznymi Ministerstwa Środowiska, które zostały zawarte w „Podręczniku adaptacji dla miast, aktualizacja 2023. Wytyczne do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu".

Miejski Plan Adaptacji (MPA) został opracowany przy współpracy Zespołu Ekspertów oraz pracowników Urzędu Miejskiego, reprezentujących poszczególne obszary funkcjonowania miasta, a także przy czynnym udziale mieszkańców.

W opracowaniu Miejskiego Planu Adaptacji zastosowano metody badawcze obejmujące analizę danych zastanych, analizę danych meteorologicznych i hydrologicznych, analizę scenariuszy zmian klimatu, analizy przestrzenne GIS, a także metody eksperckie i partycypacyjne. Połączenie tych metod pozwoliło na kompleksowe rozpoznanie zagrożeń klimatycznych, identyfikację obszarów szczególnie narażonych oraz wskazanie działań służących zwiększeniu odporności miasta na skutki zmian klimatu.

Analiza danych zastanych obejmowała przegląd dokumentów strategicznych, planistycznych, środowiskowych i programowych szczebla krajowego, regionalnego oraz lokalnego. W ramach tej metody analizowano m.in. strategie rozwoju, programy ochrony środowiska, studia uwarunkowań, miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego, plany gospodarowania wodami, dokumenty dotyczące zarządzania kryzysowego oraz dane statystyczne i przestrzenne.

Dane statystyczne pozyskano ze strony Banku Danych Lokalnych GUS:
https://bdl.stat.gov.pl/bdl/dane/podgrup/temat

Analiza danych meteorologicznych i hydrologicznych obejmowała ocenę historycznych zmian klimatu, takich jak zmiany temperatury powietrza, liczba dni gorących i upalnych, fale upałów, opady intensywne, okresy bezopadowe, susza oraz silny wiatr. Wśród danych hydrologicznych przeanalizowano przepływy. Analiza ta pozwoliła określić, które zjawiska klimatyczne i zmiany hydrologiczne mają największe znaczenie dla funkcjonowania miasta. Szczegółową analizę danych meteorologicznych i hydrologicznych zawiera załącznik I.

Dane meteorologiczne i hydrologiczne pozyskano ze strony IMGW:
https://danepubliczne.imgw.pl/data/dane_pomiarowo_obserwacyjne/

Analiza scenariuszy zmian klimatu pozwoliła ocenić możliwe kierunki zmian w przyszłości. Na jej podstawie określono, czy w kolejnych dekadach można spodziewać się wzrostu temperatury, większej liczby dni upalnych, częstszych okresów suszy, zmian w strukturze opadów albo większego ryzyka intensywnych zdarzeń pogodowych. Szczegółową analizę scenariuszy zmian klimatu zawiera załącznik I.

Analizę scenariuszy zmian klimatu opracowano na podstawie danych ze strony Klimada 2.0: https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Analiza przestrzenna GIS wykorzystana została do oceny zróżnicowania miasta pod względem podatności na skutki zmian klimatu. Analizie poddano m.in. miejsca potencjalnej akumulacji wód opadowych, układ wód powierzchniowych i cieków, podatność miasta na suszę czy strukturę funkcjonalno-przestrzenną.

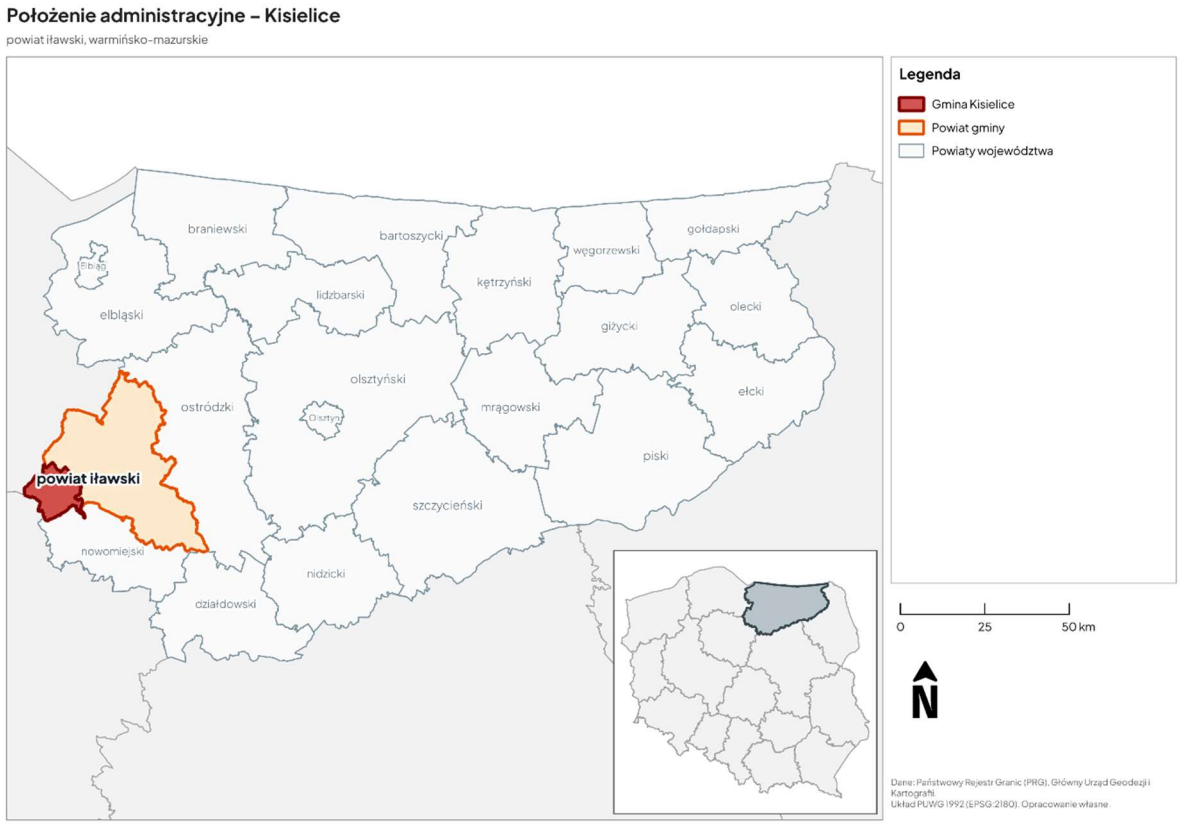
Metody eksperckie obejmowały interpretację wyników analiz, ocenę znaczenia poszczególnych zagrożeń, hierarchizację problemów oraz dobór działań adaptacyjnych. Metody te są szczególnie ważne tam, gdzie dane ilościowe są niepełne albo wymagają interpretacji w kontekście lokalnych uwarunkowań miasta.

Metody partycypacyjne objęły ankietyzację mieszkańców, spotkania z mieszkańcami oraz konsultacje społeczne. Przeprowadzone metody pozwoliły na poznanie opinii mieszkańców na temat skutków zmian klimatu oraz działań, które mogą pomóc miastu lepiej się do nich dostosować.

2. Charakterystyka miasta

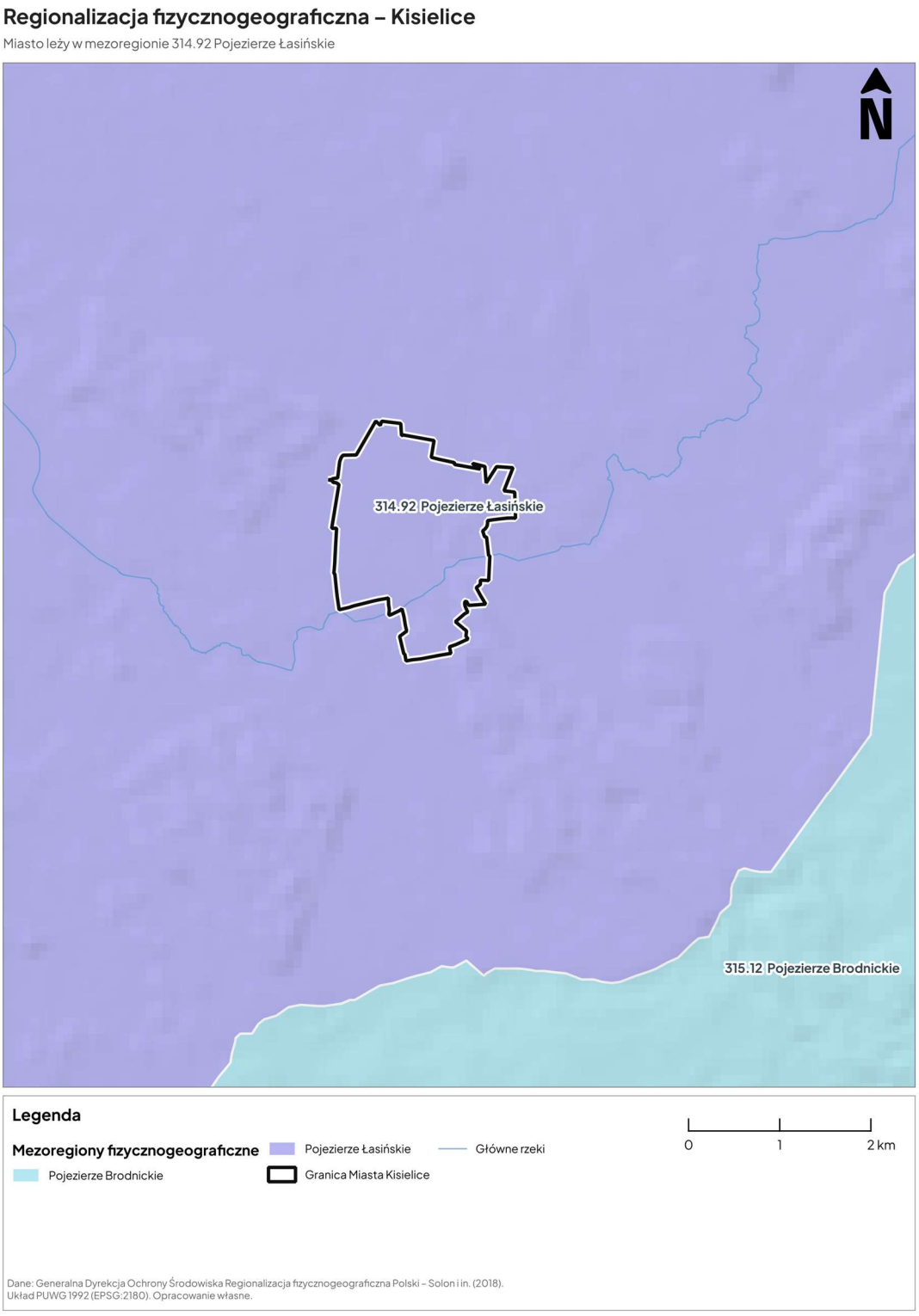
2.1 Położenie fizyczno-geograficzne

Gmina Kisielice jest gminą miejsko-wiejską położoną w województwie warmińsko-mazurskim, w powiecie iławskim. Obszar gminy obejmuje miasto Kisielice oraz 15 sołectw: Biskupiczki, Butowo, Goryń, Jędrychowo, Kantowo, Klimy, Krzywka, Limża, Łęgowo, Łodygowo, Ogrodzieniec, Pławty Wielkie, Sobiewola, Trupel i Wola. Gmina od północnego-wschodu sąsiaduje z gminą Susz, od wschodu z gminą Iława, od południa z gminą Biskupiec Pomorski, od południowego-zachodu z gminą Łasin, a od północnego-zachodu z gminami: Prabuty i Gardeja.



Rysunek 1. Położenie administracyjne Gminy Kisielice (źródło: opracowanie własne)

Według podziału fizyczno-geograficznego, Miasto i Gmina Kisielice znajduje się na obszarze dwóch makroregionów: Pojezierza Iławskiego i Pojezierza Chełmińsko-Dobrzyńskiego oraz dwóch mezoregionów: Pojezierza Łasińskiego i Pojezierza Brodnickiego. Miasto Kisielice położone są wyłącznie na obszarze mezoregionu Pojezierze Łasińskie.



Rysunek 2. Położenie fizyczno-geograficzne Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

2.2 Budowa geologiczna i rzeźba terenu

Obszar gminy Kisielice znajduje się w strefie zasięgu lądolodu zlodowaceń północnopolskich, które ukształtowały współczesną rzeźbę terenu i strukturę podłoża geologicznego. Teren położony jest na wysoczyźnie morenowej falistej, poprzecinanej formami lodowcowymi, obszarami sandrowymi, rozległymi obniżeniami po martwych lodach oraz rynnami subglacjalnymi.

Wysokości bezwzględne wahają się od 80 do 134 m n.p.m., przy deniwelacji wynoszącej 54 m. Najniżej położony punkt znajduje się w północnej części gminy, przy wschodnim brzegu stawu Łodygowo, a najwyższy na terenie leśnym przy drodze pomiędzy Ogrodzieńcem a Jędrychowem. Spadki terenu miejscami przekraczają 12%, przy czym tereny o dużym nachyleniu występują przede wszystkim na brzegach jezior i cieków oraz wzdłuż ciągów komunikacyjnych. W granicach gminy nie występują obszary zagrożone osuwiskami ani tereny predysponowane do wystąpienia ruchów masowych ziemi.

Podłoże krystaliczne zalega na głębokości około 4 000 m i przykryte jest kompleksami skał osadowych paleozoiku oraz utworów powstałych w permie i mezozoiku. Wyżej występują osady kenozoiczne, obejmujące utwory trzeciorzędowe i czwartorzędowe. Powierzchniową warstwę budują osady czwartorzędowe o miąższości rzędu 120–240 m, złożone głównie z glin, piasków i żwirów pochodzenia lodowcowego oraz wodnolodowcowego. Na obszarze gminy dominują utwory gliniaste, w szczególności gliny zwałowe, stanowiące charakterystyczny element budowy geologicznej regionu.

Formy rzeźby o znaczeniu lokalnym. Znaczącym elementem rzeźby są wzgórza i pagórki kemowe o wysokościach względnych 5–15 m, zbudowane z piasków i żwirów, miejscami przykrytych glinami ablacyjnymi; największe ich skupienie znajduje się na północ od jeziora Trupel. W rejonie Ogrodzieńca występuje kem obejmujący powierzchnię 1 km^2 i wysokość względną około 20 m, a w rejonie Łodygowa taras kemowy. W rynnie jeziora Trupel występuje ciąg 12 pagórków piaszczystych tworzących formę szczelinową o długości 5 km i wysokościach względnych 8–10 m, uznawaną za tak zwany oz kisielicki. Największą formą rynnową jest rynna rozciągająca się między Kisielicami a jeziorem Trupel, o szerokości do 2 km i krawędziach wznoszących się na 13–14 m; drugą istotną formą jest wąska, do 300 m szerokości, rynna jeziora Dłużek o stromych zboczach. Na całym obszarze wysoczyzny występują ponadto zagłębienia wytopiskowe, często wypełnione torfami i gytiami, szczególnie liczne w rejonie Pławt Wielkich.

Warunki gruntowe. Zróżnicowanie litologiczne podłoża przekłada się bezpośrednio na warunki budowlane i wodne. Obszary wysoczyznowe zbudowane z glin zwałowych stwarzają korzystne warunki do lokalizacji zabudowy, zapewniając stabilne podłoże o dobrej nośności, pod warunkiem

zachowania właściwego odwodnienia terenu. Piaski i żwiry kemowe cechują się dobrą nośnością, równomiernym osiadaniem i dobrą przepuszczalnością, co zapobiega gromadzeniu się wody i podmakaniu, są jednak ubogie w próchnicę i mało retencyjne. Grunty organiczne, czyli torfy i namuły, występujące w obniżeniach terenu i dolinach, są niekorzystne dla budownictwa ze względu na niską wytrzymałość mechaniczną, podatność na osiadanie oraz zagrożenie podtopieniami.

2.3 Gleby

Gmina Kisielice ma charakter rolniczy — użytki rolne stanowią około 73,7% jej powierzchni. Pokrywa glebowa jest przeciętnej jakości: występują gleby średnich klas bonitacyjnych, to jest III i IV, udział klas najsłabszych, V i VI, jest niewielki, natomiast gleb klas najlepszych, I i II, nie stwierdzono. Kompleksy gruntów III klasy występują przede wszystkim w obrębach Goryń i Butowo, a mniejsze ich płaty w obrębach Klimy, Ogrodzieniec, Wola, Trupel, Jędrychowo, Krzywka, Sobiewola i Łodygowo.

Właściwości gleb odzwierciedlają budowę podłoża. Gleby wytworzone z glin mają zbitą i ciężką strukturę, są jednak zasobne w składniki odżywcze i wykazują dobrą zdolność magazynowania wody oraz biogenów. W kontekście rolniczym oznacza to dwoistość: z jednej strony utrudniają uprawę ze względu na małą przepuszczalność i zwięzłość, z drugiej zapewniają korzystne warunki retencji wody i składników pokarmowych. Gleby piaszczyste i żwirowe, związane z formami kemowymi, są natomiast ubogie w próchnicę, mało retencyjne i jedynie umiarkowanie przydatne pod uprawę, a przy tym podatne na szybkie nagrzewanie i wychładzanie, co utrudnia wzrost roślin. Gleby torfowe i murszowe, występujące w obniżeniach i dolinach, mają ze względu na nadmierne uwilgotnienie ograniczone znaczenie rolnicze.

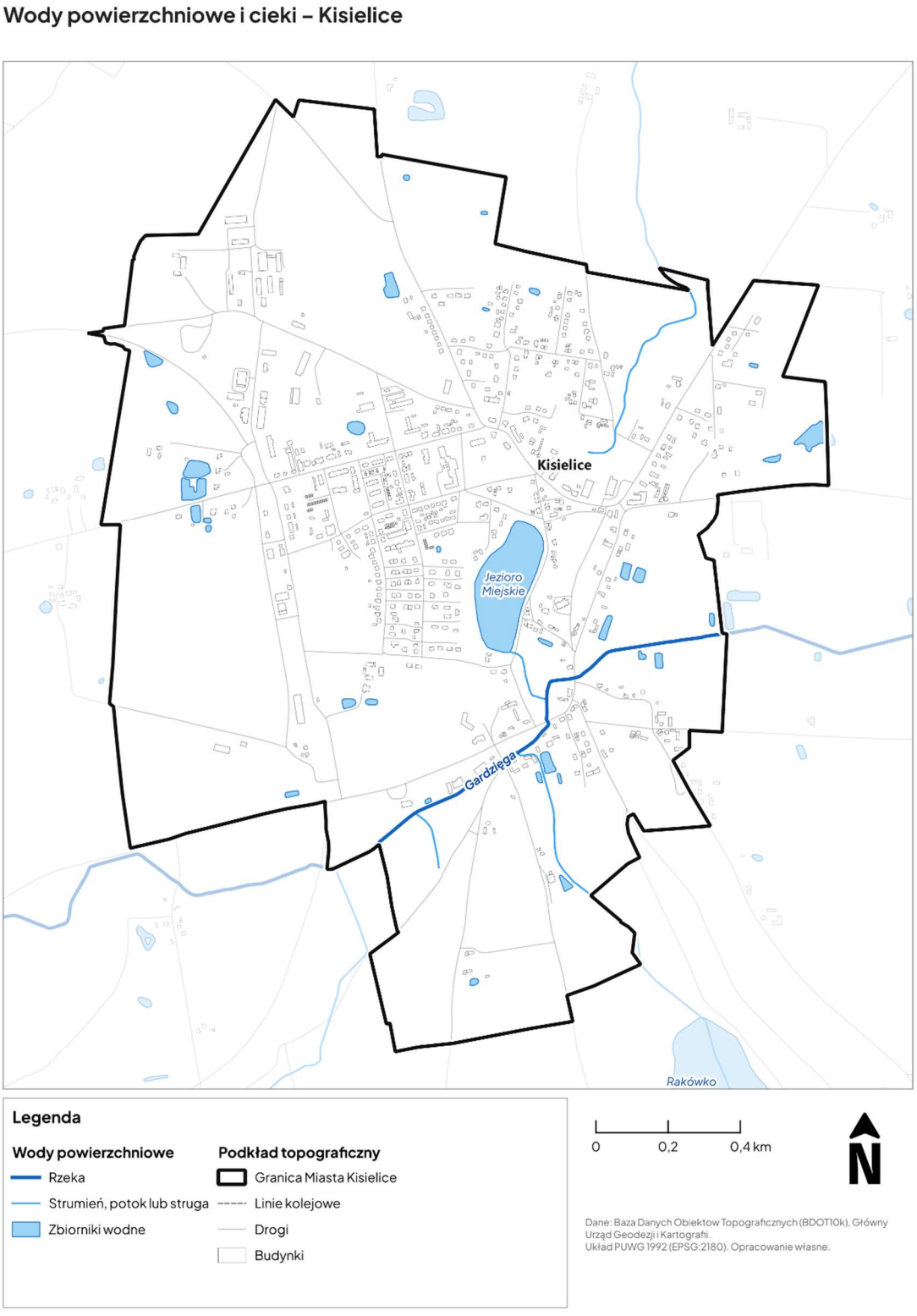
Dla adaptacji do zmian klimatu istotne są trzy funkcje pokrywy glebowej: retencyjna, ograniczająca spływ powierzchniowy i łagodząca skutki okresów bezopadowych; produkcyjna, decydująca o wrażliwości rolnictwa na suszę; oraz termiczna, związana z parowaniem i chłodzeniem powierzchni. Utrata gleby pod zabudowę jest przy tym w skali pojedynczej inwestycji nieodwracalna, a jej skutki kumulują się w zlewni.

2.4 Gospodarowanie wodami

Zgodnie z podziałem na jednostki hydrogeologiczne teren gminy położony jest w regionie mazurskim, w rejonie iławsko-warmińskim. System hydrograficzny ukształtowały procesy glacjalne i fluwioglacjalne; tworzą go cieki, jeziora i tereny podmokłe. Obszar gminy należy do dorzecza Wisły, regionu wodnego Dolnej Wisły, w zlewni rzeki Osy, która odznacza się dużymi walorami krajobrazowymi i przyrodniczymi oraz pełni funkcję korytarza ekologicznego.

Wody powierzchniowe

Głównym ciekiem miasta i gminy jest Gardęga, zwana również Gardzięgą, o długości około 51 km, z czego 19 km przebiega przez teren gminy. Odwadnia ona około 60% powierzchni gminy, obejmując odpływ wód z jej środkowej i północnej części. Źródła Gardęgi znajdują się w pobliżu wsi Czerwona Woda w gminie Susz; rzeka przepływa przez miasto Kisielice, zasila dwa zbiorniki sztuczne — Staw Limża i Staw Łodygowo — a po opuszczeniu gminy uchodzi do Osy. Płynie wąską, głęboko wciętą doliną po powierzchni glin zwałowych, które utrudniają jej zasilanie wodami podziemnymi. Na odcinku do dopływu z jeziora Klasztornego stanowi jednolitą część wód RW200010296839 o umiarkowanym stanie ekologicznym i złym stanie ogólnym, zaliczaną do cieków silnie przekształconych i zagrożoną nieosiągnięciem celu środowiskowego.



Rysunek 3. Wody powierzchniowe i cieki na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

Gardzięga nie przepływa przez centrum miasta. Rzeka biegnie z zachodu na wschód wzdłuż południowej granicy miasta, miejscami ją wyznaczając, a w części południowo-wschodniej

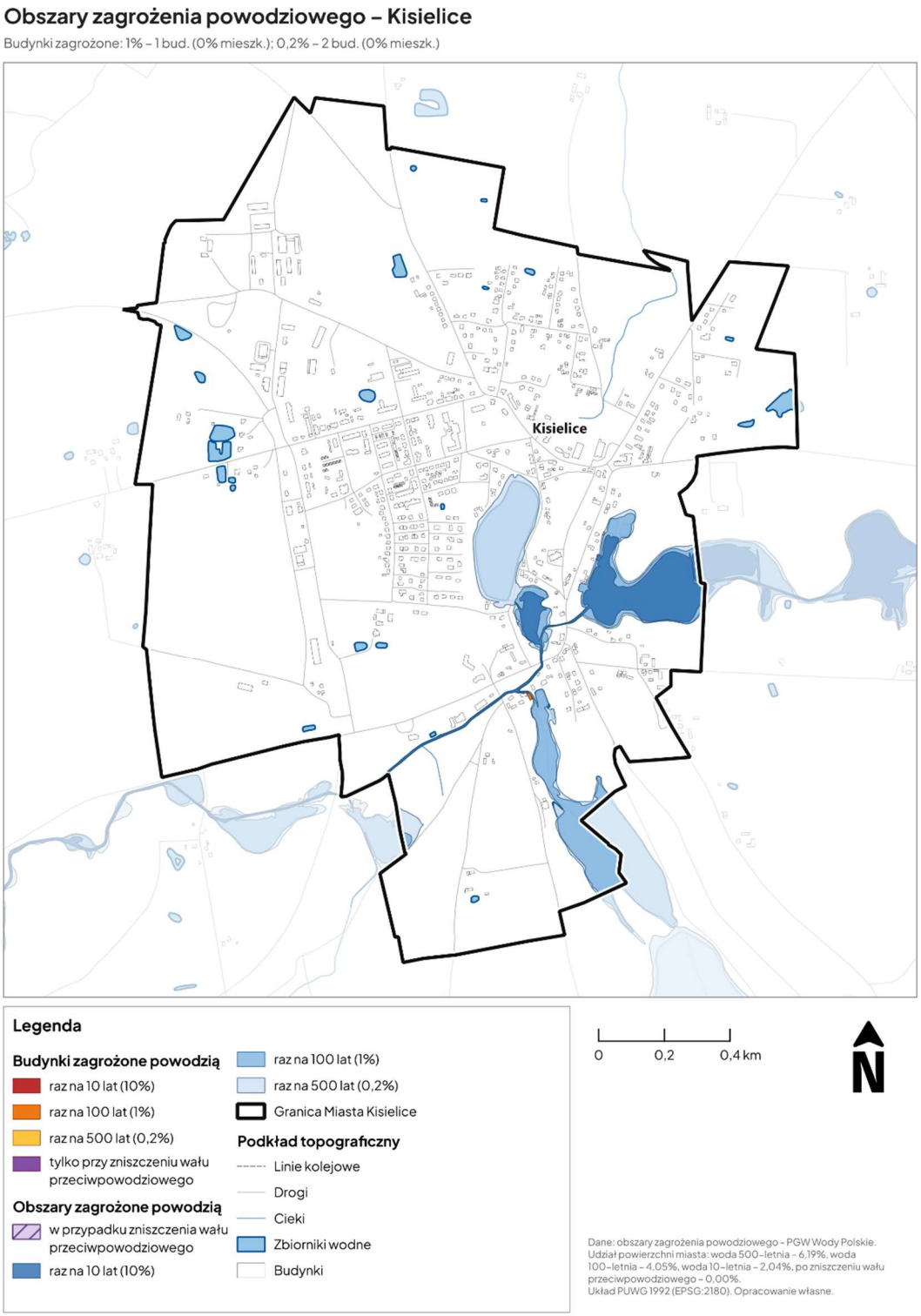
wchodzi w granice i skręca ku północnemu wschodowi. Zwarta zabudowa śródmieścia leży poza jej doliną.

Jezioro Miejskie jest głównym akwenem w granicach miasta. Leży w środkowo-południowej części i przylega bezpośrednio do zwartej zabudowy od zachodu. Jego położenie w obniżeniu, do którego kierowany jest spływ z otoczenia, czyni z niego naturalny odbiornik wód opadowych ze śródmieścia.

Charakterystyczny jest układ licznych oczek wodnych i małych stawów, widocznych zarówno w zachodniej, jak i wschodniej części miasta, także wewnątrz terenów zabudowanych. To ślad polodowcowych zagłębień wytopiskowych i jednocześnie realny, choć rozproszony zasób retencyjny**.**

Zagrożenie powodziowe

Obszar Kisielic jest zagrożony powodziami, na poniższej mapie przedstawiono szczegóły.



Rysunek 4. Miasto Kisielice na tle obszarów zagrożenia powodziowego (źródło: opracowanie własne)

Woda dziesięcioletnia obejmuje 2,04% powierzchni miasta, stuletnia 4,05%, a pięćsetletnia 6,19%. Scenariusz zniszczenia wału daje 0,00%, czyli wały nie oddziałują na obszar miasta.

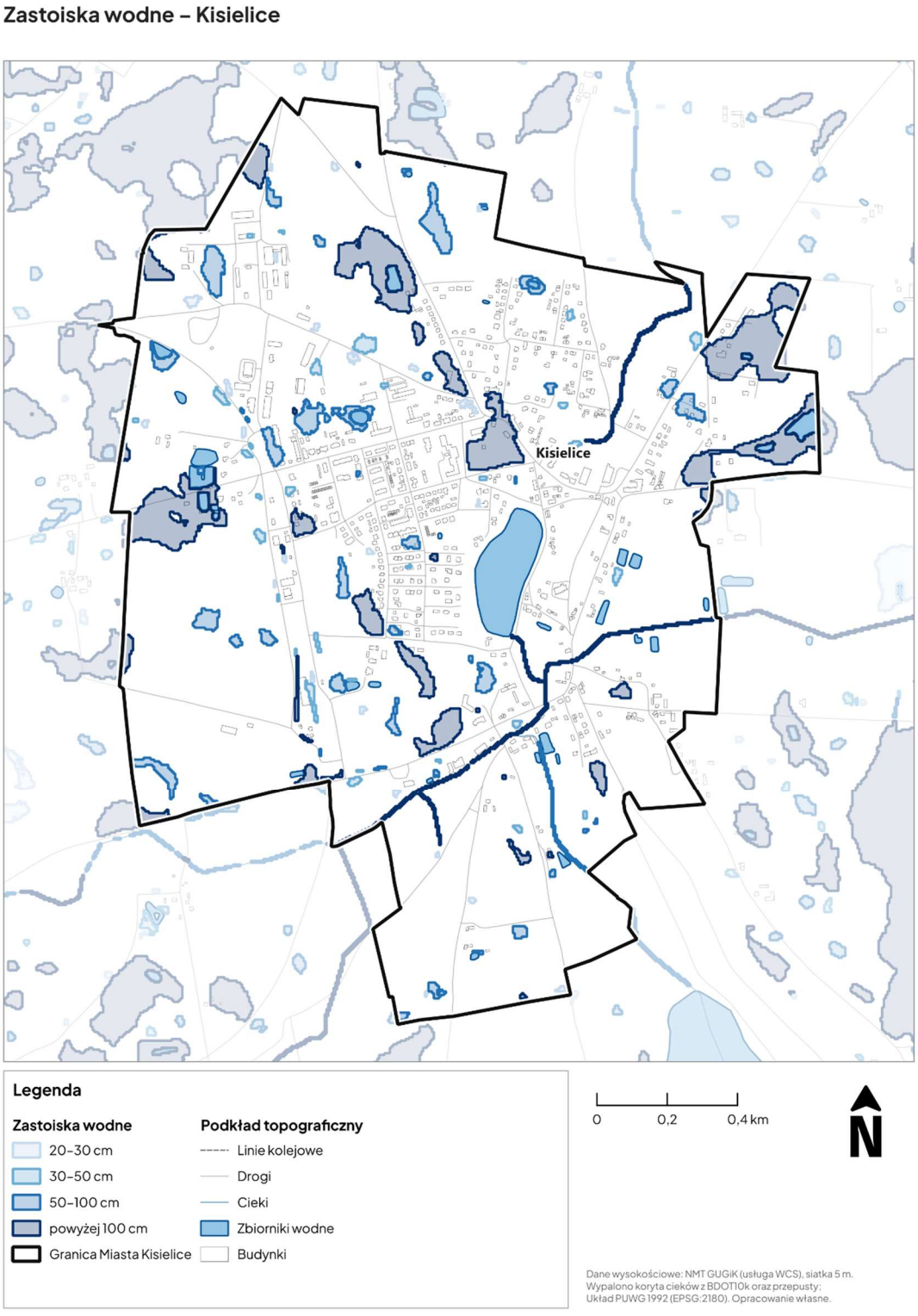
W zasięgu wody stuletniej znajduje się jeden budynek, a pięćsetletniej dwa, przy czym żaden z nich nie jest budynkiem mieszkalnym. Dla wody dziesięcioletniej nie wskazano żadnego obiektu.

Zalew obejmuje dolinę Gardzięgi w południowo-wschodniej części miasta oraz rozlewisko po wschodniej stronie granicy, poza jej zasięgiem. Woda dziesięcioletnia, zaznaczona ciemnym odcieniem, pokrywa się niemal dokładnie z lustrem zbiorników, co jest typowe dla dolin z ciągiem stawów i jezior. Śródmieście, Jezioro Miejskie i cała zachodnia część miasta leżą poza wszystkimi zasięgami.

Powódź rzeczna nie jest w Kisielicach zagrożeniem istotnym dla zabudowy, a ochrona przeciwpowodziowa sprowadza się do utrzymania doliny Gardzięgi wolnej od zabudowy. Realne ryzyko wodne wiąże się na tym terenie z czym innym — z suszą, bo zlewnia Gardzięgi jest silnie i ekstremalnie zagrożona suszą, oraz z lokalnymi podtopieniami po opadach nawalnych.

Podtopienia

Na terenie miasta występują obszary zagrożone podtopieniami. Poniższa mapa przedstawia zasięg zastoisk wodnych o głębokości od 20 do ponad 100 cm. Jest to wizualizacja miejsc, w których woda gromadzi się najintensywniej podczas ulew, stwarzając realne zagrożenie podtopieniami.



Rysunek 5. Zastoiska wodne (źródło: opracowanie własne)

Płaty klasy powyżej 100 cm występują w północnej części miasta, w rejonie zachodniej granicy przy terenach z oczkami wodnymi oraz po wschodniej stronie, przy granicy w kierunku doliny. W wielu przypadkach pokrywają się z istniejącymi zbiornikami i podmokłościami, więc są formami trwałymi, a nie powstającymi wyłącznie po ulewach.

W śródmieściu widać pojedyncze, niewielkie formy klasy 20–50 cm, układające się wzdłuż ulic i w lokalnych obniżeniach. Jedno większe zastoisko klasy powyżej 100 cm znajduje się tuż na północ od centrum, przy zabudowie.

Wzdłuż koryta w południowo-wschodniej części widać ciągły pas drobnych zastoisk, a większe formy skupiają się w obniżeniach po obu stronach rzeki. Jezioro Miejskie pozostaje poza warstwą zastoisk, bo to trwały akwen, ale jego otoczenie od południa ma charakter obniżenia.

W Kisielicach zastoiska stanowią znaczny zasób retencyjny. Przy podłożu zbudowanym z glin o słabej przepuszczalności i zlewni Gardzięgi silnie zagrożonej suszą te naturalne obniżenia warto chronić przed zasypywaniem i odwadnianiem.

Wody podziemne

Obszar gminy charakteryzuje się dobrze rozwiniętym systemem wód podziemnych, związanym z budową geologiczną. Wody występują przede wszystkim w utworach czwartorzędowych, a lokalnie w trzeciorzędowych, przy czym poziom czwartorzędowy stanowi najważniejszy zasób użytkowy. Zbudowany jest z piasków i żwirów fluwioglacjalnych, cechuje się dobrymi parametrami filtracyjnymi i wydajnością, co umożliwia efektywną eksploatację na potrzeby komunalne i indywidualne. Część gminy (w tym również miasto Kisielice) znajduje się w granicach Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 210 Iława o powierzchni 1 159 km^2, którego przewodnictwo wodne przekracza 250 m^2/dobę w północnej części gminy i wynosi 100–250 m^2/dobę na pozostałym obszarze. Wykorzystanie zasobów eksploatacyjnych ocenia się jako niskie, nieprzekraczające 5%, co wskazuje na wystarczające zasoby wody w perspektywie długoterminowej. W granicach zbiornika obowiązuje zakaz prowadzenia działalności mogącej stanowić zagrożenie dla warstw wodonośnych, a lokalne poziomy wodonośne należy traktować jako wrażliwe na antropopresję.

2.5 Zasoby przyrodniczo-krajobrazowe

Walory przyrodnicze gminy wynikają z polodowcowego charakteru krajobrazu: rynien jeziornych, zagłębień wytopiskowych, terenów podmokłych i rozdrobnionych kompleksów leśnych. Lesistość gminy wynosi 14,3%, a więc wyraźnie poniżej średniej krajowej; lasy należą organizacyjnie do Nadleśnictwa Susz, a największe kompleksy znajdują się na północny zachód i południowy zachód od Kisielic oraz w środkowej części gminy, w kierunku Trupla.

Na terenie Gminy Kisielice wśród form ochrony przyrody można wyróżnić (zgodnie z Centralnym Rejestrem Form Ochrony Przyrody):

- Obszar Chronionego Krajobrazu Jeziora Goryńskiego,
- 28 pomników przyrody.

Na terenie Miasta Kisielice nie znajdują się żadne formy ochrony przyrody.

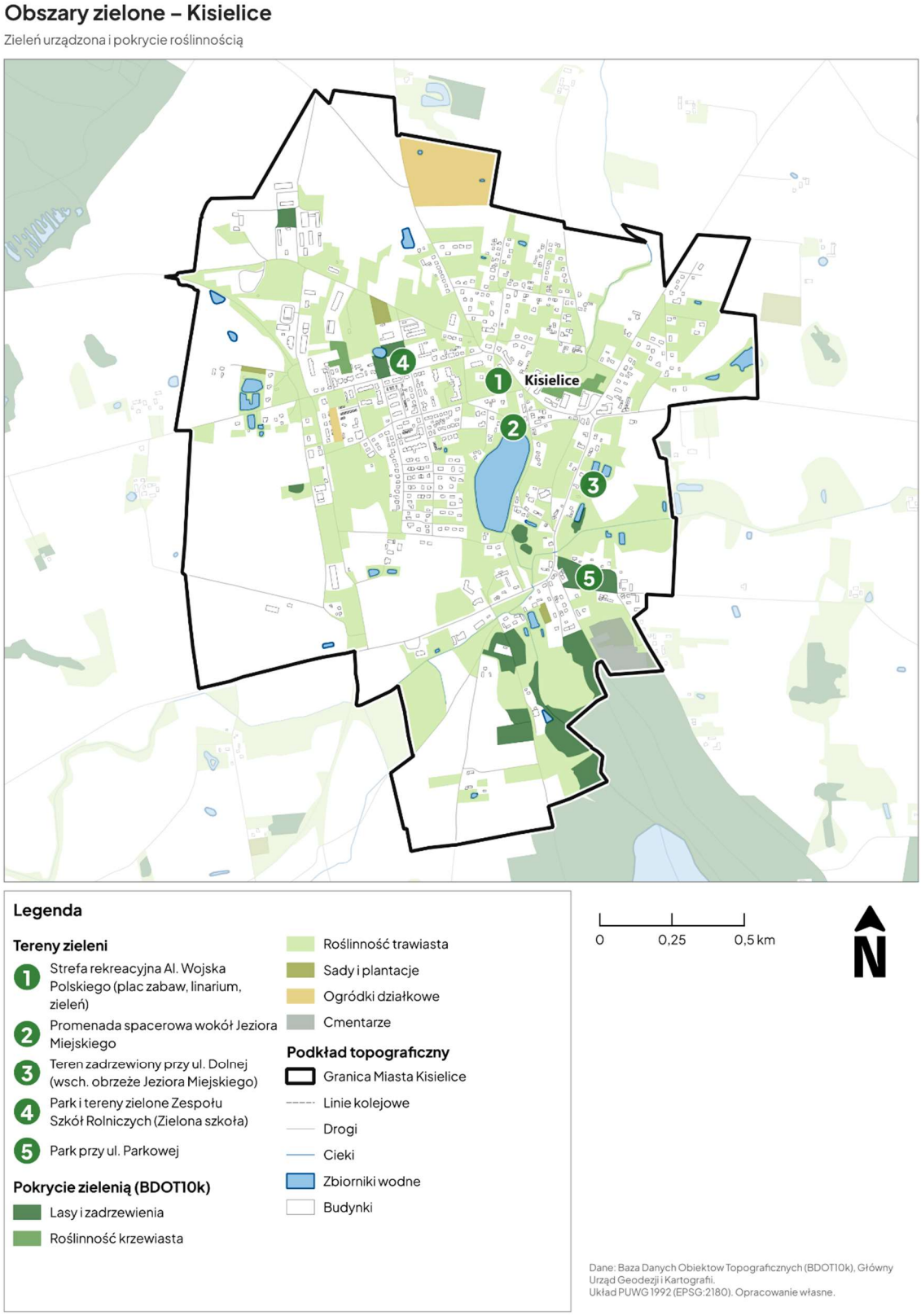
Przez środkową część gminy, z północy na południe, przebiega korytarz ekologiczny Lasy Iławskie – Bory Tucholskie o randze regionalnej, obejmujący cieki i tereny leśne. Utrzymanie jego ciągłości ma znaczenie zarówno dla migracji gatunków, jak i dla zachowania powiązań przyrodniczych oraz retencyjnych w skali ponadlokalnej.

Gmina charakteryzuje się wysoką różnorodnością faunistyczną, typową dla krajobrazu rolniczo-jeziornego Pojezierza Iławskiego. Zróżnicowanie struktury przestrzennej, obejmującej pola uprawne, kompleksy leśne, doliny rzeczne, jeziora, stawy rybne, rowy melioracyjne, torfowiska i obszary podmokłe, sprzyja obecności gatunków o odmiennych wymaganiach ekologicznych, w tym chronionych i o znaczeniu europejskim. Stwierdzono tu występowanie bobra europejskiego, wydry, borsuka, lisa oraz wilka, a także co najmniej 11 gatunków płazów, w tym kumaka nizinnego, traszki grzebieniastej i rzekotki drzewnej, wymagających wysokiej jakości siedlisk wodnych i ekotonowych. Awifauna jest szczególnie cenna ze względu na mozaikę siedlisk wodno-błotnych, rolnych i leśnych; gatunki krajobrazu rolniczego, takie jak skowronek, czajka i derkacz, są uzależnione od utrzymania trwałych użytków zielonych, zadrzewień śródpolnych i nieużytków.

Na terenie Miasta Kisielice można wyróżnić następujące tereny zieleni:

- Strefa rekreacyjna Al. Wojska Polskiego,
- promenada spacerowa wokół Jeziora Miejskiego,
- teren zadrzewiony przy ul. Dolnej,
- Pak i tereny zielone Zespołu Szkół Rolniczych,
- Park przy ul. Parkowej.

Poniższa mapa przedstawia rozmieszczenie obszarów zielonych na terenie miasta.



Rysunek 6. Obszary zielone na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

2.6 Gospodarka wodno-ściekowa

Zaopatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków realizowane są w ramach systemów gminnych, obsługiwanych przez Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych w Kisielicach. Miasto stanowi centralny element obu systemów: to tutaj zlokalizowane są podstawowe obiekty infrastruktury, czyli stacja uzdatniania wody oraz oczyszczalnia ścieków, a stopień wyposażenia w sieci jest tu wyraźnie wyższy niż na terenach wiejskich gminy.

Zaopatrzenie w wodę

Gmina posiada sieć wodociągową o długości przekraczającej 153 km, obejmującą swoim zasięgiem Kisielice, Limżę, Łodygowo, Sobiewolę, Kantowo i Goryń. Woda czerpana jest z ujęć wód podziemnych zlokalizowanych w Kisielicach, Jędrychowie i Klimach, przy czym miejscowości Biskupiczki i Krzywka obsługiwane są przez ujęcie położone na terenie gminy Łasin. Dla wszystkich ujęć wyznaczono strefy ochrony bezpośredniej, na których użytkowanie gruntów ograniczone jest do celów związanych z eksploatacją ujęcia oraz zagospodarowania terenu zielenią. Obecnie trwa budowa nowej stacji uzdatniania wody w Kisielicach, co poprawi niezawodność systemu oraz jakość dostarczanej wody.

Wysoki poziom zwodociągowania ogranicza presję na indywidualne ujęcia wód podziemnych i sprzyja zachowaniu równowagi hydrogeologicznej. Zasoby wód podziemnych, związane z czwartorzędowym poziomem wodonośnym w granicach Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 210, są przy tym wykorzystywane w niewielkim stopniu, nieprzekraczającym 5% zasobów eksploatacyjnych, co oznacza bezpieczeństwo zaopatrzenia w perspektywie długoterminowej. Jest to sytuacja odmienna niż w miastach opierających zaopatrzenie na ujęciach powierzchniowych, gdzie okresy niżówek bezpośrednio zagrażają dostawom wody.

Zgodnie z danymi GUS, długość sieci wodociągowej na terenie miasta w 2025 roku wynosiła 11,2 km i od 2020 roku utrzymywała się na tym samym poziomie. Liczba budynków podłączonych do sieci z roku na rok jest coraz większa – 312 w roku 2025. Prawie 100% mieszkańców jest podłączonych do sieci wodociągowej. W poniższej tabeli przedstawiono charakterystykę sieci wodociągowej na terenie Kisielic.

Tabela 1. Charakterystyka sieci wodociągowej na terenie Miasta Kisielice w latach 2020-2025

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
długość eksploatowanej sieci wodociągowej [km]	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
przyłącza prowadzące do budynków mieszkalnych i zbiorowego zamieszkania [szt.]	300	309	309	310	311	312

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
woda dostarczona gospodarstwom domowym [dam^3]	52,0	58,1	69,9	66,5	72,0	75,0
ludność korzystająca z sieci wodociągowej [os.]	2 096	2 061	2 033	2 003	1 981	1 963
korzystający z instalacji w % ogółu ludności [%]	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9

Źródło: Bank Danych Lokalnych, GUS

Zgodnie z danymi GUS długość sieci kanalizacyjnej na terenie miasta w 2025 roku wynosiła 10,9 km. Na przestrzeni ostatnich 5 lat długość ta wzrosła o 0,4 km. Z sieci kanalizacyjnej korzystało 1 830 osób, a liczba budynków podłączonych do sieci z roku na rok jest coraz większa – 342 w 2025 roku. W poniższej tabeli przedstawiono charakterystykę sieci kanalizacyjnej na terenie miasta.

Tabela 2. Charakterystyka sieci kanalizacyjnej na terenie Miasta Kisielice w latach 2020-2025

	2020	2021	2022	2023	2024	2025
długość czynnej sieci kanalizacyjnej [km]	10,5	10,5	10,9	10,9	10,9	10,9
przyłącza prowadzące do budynków mieszkalnych i zbiorowego zamieszkania [szt.]	338	341	341	341	341	342
ścieki oczyszczane odprowadzone [dam^3]	57,0	59,0	59,0	57,0	53,0	51,0
ludność korzystająca z sieci kanalizacyjnej [os.]	1 953	1 921	1 895	1 867	1 847	1 830
korzystający z instalacji w % ogółu ludności	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1	93,1

Źródło: Bank Danych Lokalnych, GUS

Centralnym elementem systemu jest mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków w Kisielicach przy ul. Leśnej 5, o średniej przepustowości 320 m^3/d i maksymalnej sięgającej 600 m^3/d. Oczyszczone ścieki odprowadzane są do rowu melioracyjnego na podstawie pozwolenia wodnoprawnego obowiązującego do 17 stycznia 2029 r. Przy średnim dopływie dobowym wynoszącym około 227,4 m^3/d oczyszczalnia dysponuje rezerwą przepustowości, co potwierdza jej zdolność do przyjmowania i oczyszczania obecnego ładunku zanieczyszczeń.

2.7 Infrastruktura techniczna

Sieć ciepłownicza

Na terenie miasta i gminy Kisielice funkcjonuje miejska ciepłownia, w której nośnikiem energii cieplnej jest woda. Jest ona podgrzewana w wymienniku ciepła zasilanym ciepłem odpadowym pochodzącym z biogazowni, a następnie, w zależności od warunków atmosferycznych i bieżącego zapotrzebowania na ciepło, dodatkowo dogrzewana w trzech kotłach opalanych słomą.

Najwięcej ciepła wytwarzanego przez Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Sp. z o. o. jest wykorzystywane przez budynki mieszkalne jednorodzinne, a najmniejszą ilość ciepła z sieci wykorzystują budynki użyteczności publicznej.

Sieć gazownicza

Miasto i gmina Kisielice nie posiadają sieci gazowej, co wynika z braku rozwiniętej infrastruktury gazowej w regionie. Rozbudowę sieci ograniczają m.in. wysokie koszty realizacji gazociągów na terenach o zróżnicowanej gęstości zaludnienia, uwarunkowania geotechniczne oraz ograniczona opłacalność ekonomiczna inwestycji na części obszaru gminy. Czynniki te wpływają na niewielkie zainteresowanie inwestorów rozwojem infrastruktury gazowej i ograniczają możliwości gazyfikacji gminy.

Sieć elektroenergetyczna

System elektroenergetyczny miasta i gminy Kisielice tworzą:

- napowietrzna linia elektroenergetyczna WN 110kV – o długości 5,4 km;
- napowietrzne i kablowe linie elektroenergetyczne SN 15kV – o długości kolejno: 110,4 km i 4,1 km (kablowa);
- napowietrzne i kablowe linie elektroenergetyczne nn 0,4kV – o długości kolejno: 132,5 km i 20,8 km (kablowa);
- stacje transformatorowe 15kV/0,4kV – 101 szt. o mocy 14,73 MVA.

W granicach gminy Kisielice nie funkcjonuje Główny Punkt Zasilania (GPZ). Miasto i gmina Kisielice zaopatrywane są w energię elektryczną ze stacji 110/15 kV GPZ Susz. Operatorem sieci elektroenergetycznej na tym obszarze jest Energa-Operator S.A., która w najbliższych latach planuje realizację szeregu inwestycji mających na celu rozwój i modernizację infrastruktury elektroenergetycznej. Do najważniejszych przedsięwzięć należą: budowa projektowanego GPZ Ogrodzieniec, budowa dwutorowej linii 110 kV relacji GPZ Łasin – projektowany GPZ Ogrodzieniec, automatyzacja linii SN 15 kV poprzez montaż rozłączników sterowanych drogą radiową oraz wymiana przewodów gołych na izolowane na sieciach niskiego i średniego napięcia.

Stan techniczny sieci elektroenergetycznej, obejmującej linie wysokiego, średniego i niskiego napięcia, oceniany jest jako dobry. Na sytuację energetyczną miasta i gminy Kisielice wpływa struktura sieci, w której dominują linie niskiego napięcia. Korzystnym uwarunkowaniem jest również niewielki udział linii napowietrznych wysokiego napięcia w całkowitej długości sieci. Jednocześnie długość linii kablowych pozostaje znacznie mniejsza niż długość linii napowietrznych, co wskazuje na możliwość dalszej modernizacji infrastruktury poprzez stopniową rozbudowę sieci kablowej, charakteryzującej się mniejszą podatnością na oddziaływanie niekorzystnych warunków atmosferycznych i większą odpornością na awarie.

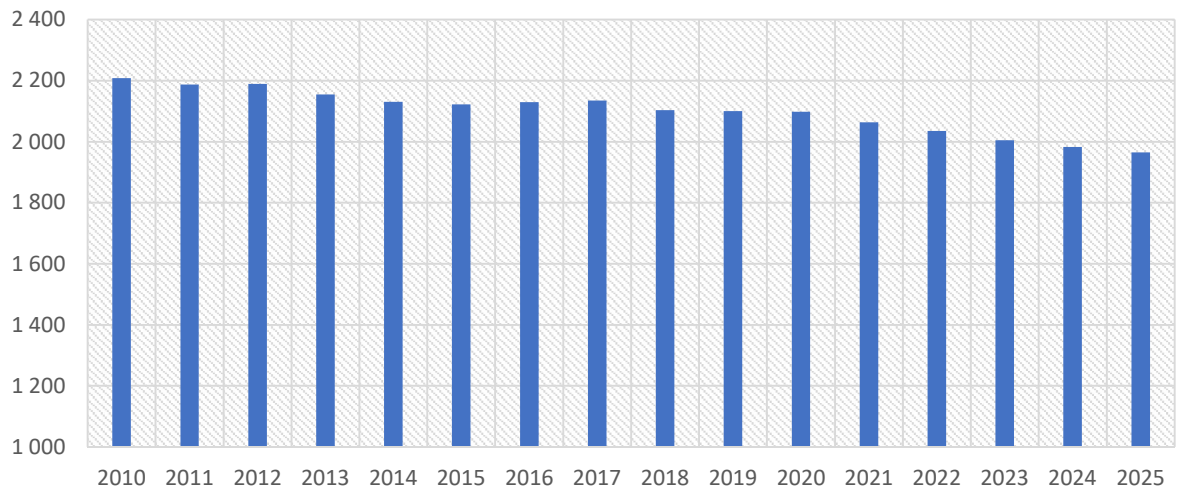
Sieć transportowa

Główną arterią komunikacyjną Kisielic jest droga krajowa nr 16 (DK16), stanowiąca jeden z istotnych szlaków transportowych województwa warmińsko-mazurskiego. Droga przebiega przez miasto, zapewniając dogodne połączenia z Iławą, będącą siedzibą powiatu, oraz z Ostródą, stanowiącą ważny węzeł komunikacyjny regionu.

Na terenie miasta nie funkcjonuje infrastruktura kolejowa.

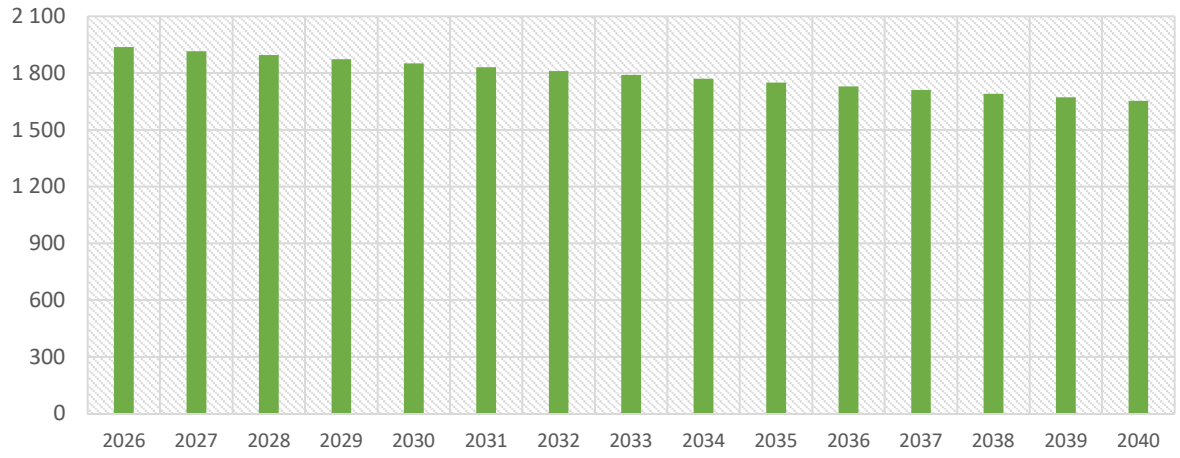
2.8 Sytuacja demograficzna

Zgodnie z danymi prezentowanymi przez Bank Danych Lokalnych GUS w 2025 roku Miasto Kisielice zamieszkiwało 1 965 mieszkańców, w tym 1 012 kobiet i 953 mężczyzn. Liczba mieszkańców miasta cały czas sukcesywnie spada. Poniższy rysunek przedstawia liczbę ludności Kisielic w latach 2010-2025.



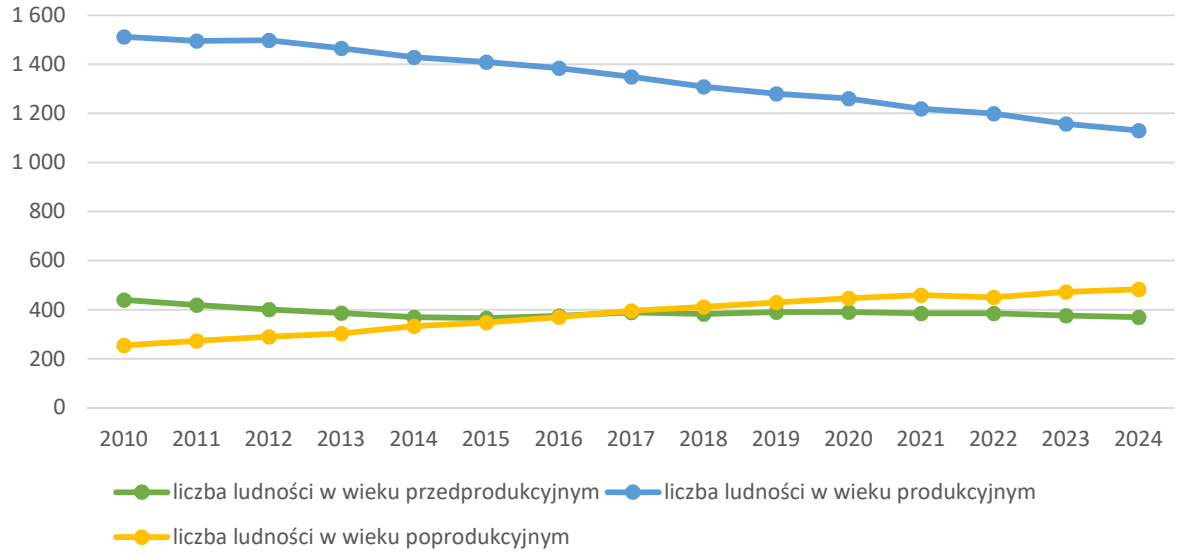
Rysunek 7. Liczba mieszkańców Kisielic w latach 2010-2025 (źródło: dane GUS)

Z powyższego wykresu wynika, że liczba mieszkańców miasta na przestrzeni lat 2010-2025 spadła o 243 osoby. Prognozuje się dalszy spadek liczby ludności na terenie Kisielic, co przedstawiono na rysunku poniżej.



Rysunek 8. Prognoza liczby mieszkańców Kisielic do 2040 roku (źródło: opracowanie własne)

Analizując liczbę mieszkańców Miasta Kisielice w podziale na wiek, można zauważyć, że na terenie miasta obserwuje się ogólnokrajowy trend starzenia się społeczeństwa. Sukcesywnie ubywa osób w wieku produkcyjnym i przedprodukcyjnym przy jednoczesnym wzroście liczby osób w wieku poprodukcyjnym. Podział mieszkańców miasta według ekonomicznych grup wiekowych przedstawia rysunek poniżej.



Rysunek 9. Liczba osób w wieku przedprodukcyjnym, produkcyjnym i poprodukcyjnym na terenie Miasta Kisielice w latach 2010-2025 (źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS)

Gęstość zaludnienia to wskaźnik pokazujący wielkość osadnictwa ludności na określonej powierzchni terenu. Najczęściej ustala się go w postaci liczby osób zamieszkujących daną gminę w przeliczeniu na kilometr kwadratowy. W latach 2010-2025 na terenie Kisielic obserwowany był systematyczny spadek gęstości zaludnienia. W 2010 r. wartość tego wskaźnika wynosiła 655,2 os./km^2 , natomiast w 2025 r. zmniejszyła się do 583,1 os./km^2 . Oznacza to spadek o 72,1 os./km^2 (ok. 11%). Krótkotrwały wzrost odnotowano w latach 2015-2017, jednak od 2018 r. gęstość

zaludnienia ponownie sukcesywnie maleje, osiągając w 2025 r. najniższą wartość w całym analizowanym okresie. Zmniejszająca się liczba mieszkańców wpływa na strukturę funkcjonalną miasta, zapotrzebowanie na infrastrukturę oraz planowanie usług publicznych.

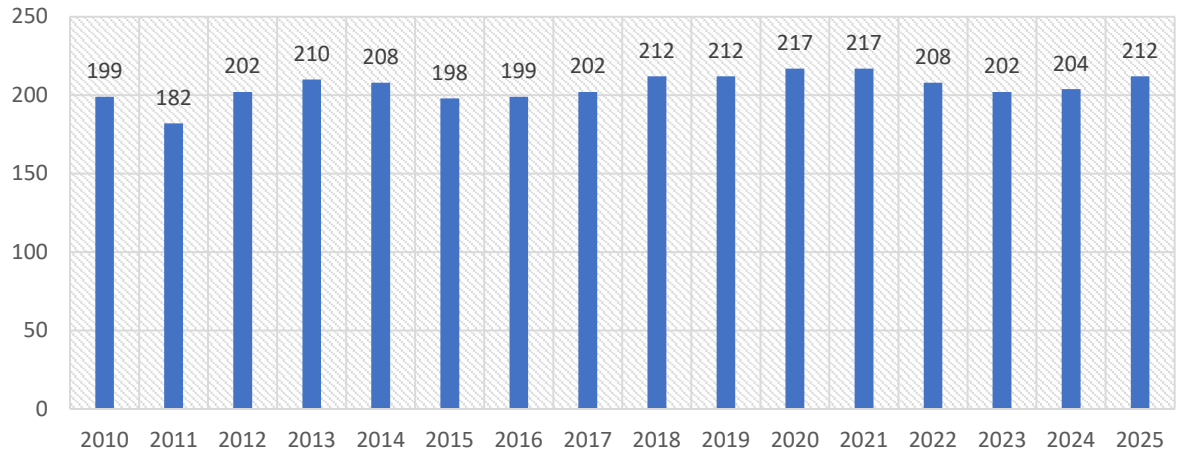
Tabela 3. Gęstość zaludnienia na terenie Miasta Kisielice w latach 2010-2025

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Gęstość zaludnienia [os./km²]	655,2	649,0	649,6	639,5	632,3	629,7	632,0	633,5	624,0	623,1	622,6	612,2	603,9	595,0	588,4	583,1

Źródło: Bank Danych Lokalnych, GUS

2.9 Gospodarka

Łącznie w 2025 r. na terenie Miasta Kisielice odnotowano 212 aktywnych podmiotów gospodarczych, których strukturę według sekcji PKD przedstawiono w tab. 4. Liczba aktywnych podmiotów gospodarczych na terenie miasta na przestrzeni lat 2010-2025 miała niewielką tendencję wzrostową, co ukazuje poniższy rysunek.



Rysunek 10. Liczba podmiotów gospodarczych na terenie Miasta Kisielice w latach 2010-2025 (źródło: dane GUS)

Z powyższego wykresu wynika, że liczba podmiotów gospodarczych miasta na przestrzeni lat 2010-2025 wzrosła o 13.

Miasto pełni funkcję lokalnego centrum usługowo-handlowego i przemysłowego dla całej Gminy Kisielice. Gospodarka miasta opiera się przede wszystkim na działalności sektora prywatnego, szczególnie w obszarach handlu, budownictwa, usług specjalistycznych oraz przetwórstwa przemysłowego.

Tabela 4. Osoby fizyczne prowadzące działalność gospodarczą wg sekcji PKD 2007 na terenie Miasta Kisielice w 2025 roku

Sekcja wg PKD	Nazwa	Liczba podmiotów
A	Rolnictwo, leśnictwo, łowiectwo i rybactwo	8
B	Górnictwo i wydobywanie	0
C	Przetwórstwo przemysłowe	20
D	Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną, gorącą wodę i powietrze do układów klimatyzacyjnych	3
E	Dostawa wody; gospodarowanie ściekami i odpadami oraz działalność związana z rekultywacją	0
F	Budownictwo	25
G	Handel hurtowy i detaliczny; naprawa pojazdów samochodowych, włączając motocykle	46
H	Transport i gospodarka magazynowa	13
I	Działalność związana z zakwaterowanie i usługami gastronomicznymi	0
J	Informacja i komunikacja	2
K	Działalność finansowa i ubezpieczeniowa	0
L	Działalność związana z obsługą rynku nieruchomości	12
M	Działalność profesjonalna, naukowa i techniczna	13
N	Działalność w zakresie usług administrowania i działalność wspierająca	3
O	Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe zabezpieczenia społeczne	3
P	Edukacja	16
Q	Opieka zdrowotna i pomoc społeczna	10
R	Działalność związana z kulturą, rozrywką i rekreacją	9
S,T,U	Pozostała działalność usługowa i gospodarstwa domowe zatrudniające pracowników; gospodarstwa domowe produkujące wyroby i świadczące usługi na własne potrzeby	28

Źródło: Bank Danych Lokalnych, GUS

Jak wynika z powyższej tabeli dominującą gałęzią gospodarki miasta jest sekcja G (handel hurtowy i detaliczny; naprawa pojazdów samochodowych, włączając motocykle) – 46 podmiotów, S,T,U (pozostała działalność usługowa i gospodarstwa domowe zatrudniające pracowników; gospodarstwa domowe produkujące wyroby i świadczące usługi na własne potrzeby) – 28 podmiotów oraz F (budownictwo) – 25 podmiotów. Istotna liczba podmiotów gospodarczych znajduje się również w sekcji C (przetwórstwo przemysłowe) – 20 podmiotów.

Choć rośnie ogólna liczba podmiotów gospodarczych działających na terenie Miasta Kisielice, to istotna jest jednak ich struktura. Jak pokazują dane zamieszczone w poniższej tabeli, nieznacznie spada liczba podmiotów najmniejszych, zatrudniających do 9 osób. Liczba podmiotów małych (zatrudniających 10-49 osób) oraz podmiotów średnich (zatrudniających 52-249 osób) utrzymuje się na stałym poziomie Na terenie miasta nie funkcjonują podmioty zatrudniające od 250 do 999 osób oraz 1 000 osób i więcej.

Tabela 5. Struktura przedsiębiorstw działających na terenie Miasta Kisielice wg. liczby zatrudnionych w latach 2020-2025

Podmioty według klasy wielkości	2020	2021	2022	2023	2024	2025
0-9	210	210	201	195	197	205
10-49	5	5	5	5	5	5
50-249	2	2	2	2	2	2
250-999	0	0	0	0	0	0
1000 i więcej	0	0	0	0	0	0

Źródło: Bank Danych Lokalnych, GUS

Z punktu widzenia adaptacji do zmian klimatu istotna jest wyraźna przewaga mikroprzedsiębiorstw (podmioty zatrudniające do 9 osób), które w 2025 r. stanowiły około 97% wszystkich przedsiębiorstw działających na terenie miasta. Struktura ta wskazuje na dominację najmniejszych podmiotów w lokalnej gospodarce, co w kontekście zmian klimatu może oznaczać ograniczone możliwości części przedsiębiorstw do samodzielnego finansowania i wdrażania działań zwiększających odporność na ekstremalne zjawiska pogodowe (m.in. zabezpieczeń przed podtopieniami, ochrony pracowników przed upałami, retencji i efektywności energetycznej) oraz wydłuża odbudowę po zdarzeniach ekstremalnych. Zwiększa to wrażliwość lokalnej gospodarki na fale upałów, opady nawalne i podtopienia.

2.10 Jakość powietrza atmosferycznego

Stan jakości powietrza na terenie Miasta Kisielice zanalizowano na podstawie danych publikowanych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Olsztynie, w ramach monitoringu powietrza oraz „Rocznej oceny jakości powietrza w województwie warmińsko-mazurskim, raport wojewódzki za rok 2025".

Województwo warmińsko-mazurskie podzielono na 3 strefy ochrony powietrza:

- PL2801 miasto Olsztyn,
- PL2802 miasto Elbląg,
- PL2803 strefa warmińsko-mazurska.

Miasto Kisielice należą do warmińsko-mazurskiej strefy ochrony powietrza.

W wyniku klasyfikacji, w zależności od analizy stężeń w danej strefie można wydzielić następujące klasy stref:

- klasa A – stężenia zanieczyszczeń na terenie strefy nie przekraczają poziomów dopuszczalnych i poziomów docelowych,
- klasa B – stężenia zanieczyszczeń na terenie strefy przekraczają poziomy dopuszczalne, lecz nie przekraczają poziomów dopuszczalnych powiększonych o margines tolerancji,

- klasa C – stężenia zanieczyszczeń na terenie strefy przekraczają poziomy dopuszczalne powiększone o margines tolerancji, w przypadku, gdy margines tolerancji nie jest określony – poziomy dopuszczalne i poziomy docelowe,
- oraz dla ozonu:
  - ✓ klasa D1 – stężenia ozonu nie przekraczają poziomu celu długoterminowego,
  - ✓ klasa D2 – stężenia ozonu przekraczają poziom celu długoterminowego.

Tabela 6. Klasy stref dla poszczególnych zanieczyszczeń, uzyskane w ocenie rocznej dokonanej z uwzględnieniem kryteriów ustanowionych pod kątem ochrony zdrowia

Nazwa i kod strefy	SO_2	NO_2	C_6H_6	CO	O_3	PM10	As (PM10)	Cd (PM10)	Ni (PM10)	BaP (PM10)	PM2,5
strefa warmińsko-mazurska (PL2803)	A	A	A	A	A[1)]	**C**	A	A	A	**C**	A1 [2)]

Źródło: Roczna ocena jakości powietrza w województwie warmińsko-mazurskim, raport wojewódzki za rok 2025

1) Dla ozonu – poziom celu długoterminowego, strefa uzyskała klasę D2,

2) Dla pyłu zawieszonego PM2,5 – poziom dopuszczalny I faza, strefa uzyskała klasę A

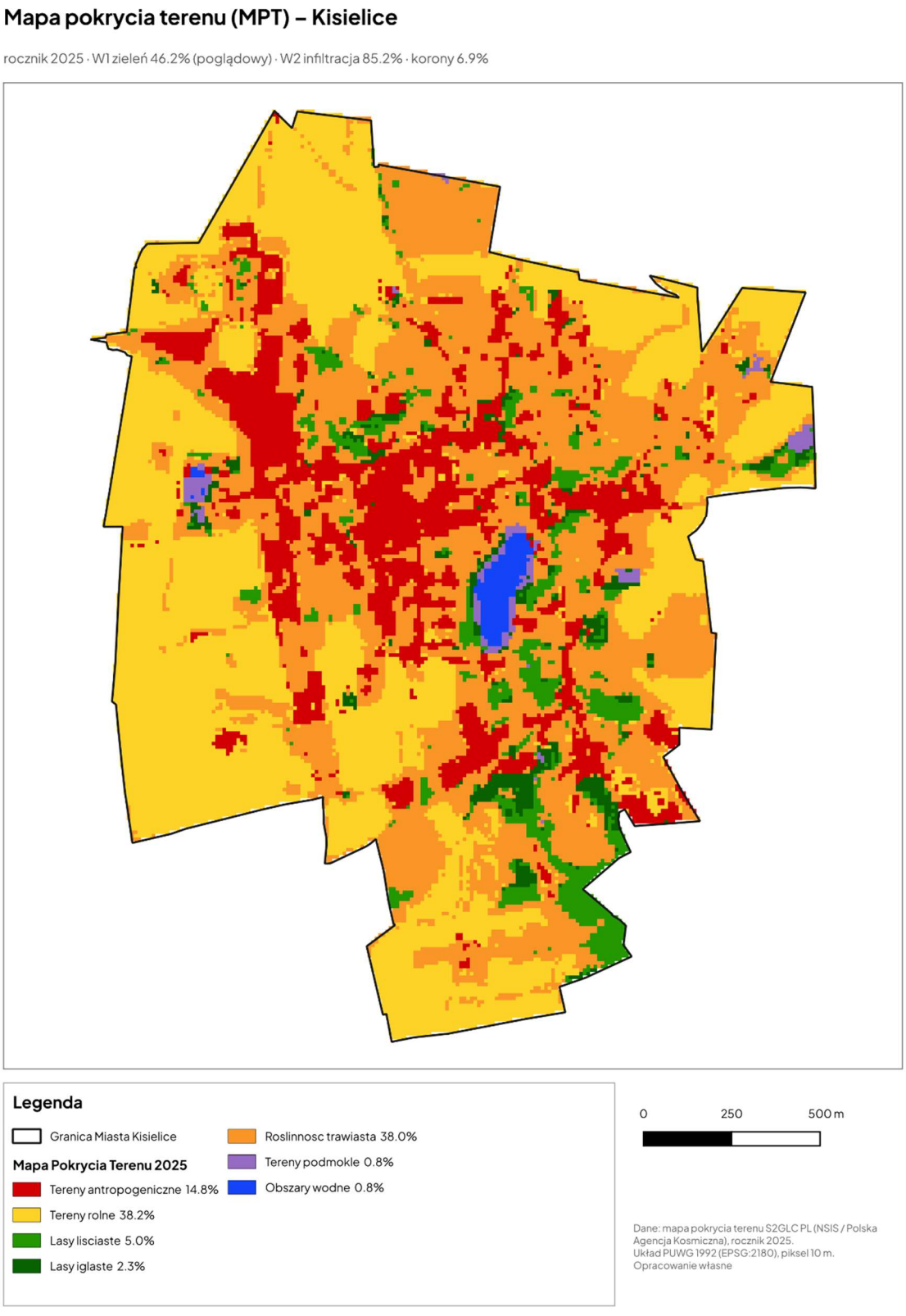
Zgodnie z danymi pochodzącymi z Rocznej oceny jakości powietrza w województwie warmińsko-mazurskim, w strefie warmińsko-mazurskiej doszło do przekroczeń dopuszczalnego poziomu pyłu PM10 oraz B(a)P – czyli związku chemicznego, który powstaje głównie w czasie spalania paliw stałych w indywidualnych źródłach ciepła, przekraczają dopuszczalne normy.

Zgodnie z „Roczną oceną jakości powietrza w województwie warmińsko-mazurskim - raport wojewódzki za rok 2025" na terenie Gminy Kisielice stwierdzono przekroczenia poziomu celu długoterminowego dla ozonu zarówno w celu ochrony zdrowia ludzi jak i ochrony roślin.

2.11 Struktura funkcjonalno-przestrzenna

Struktura funkcjonalno-przestrzenna Kisielic ma układ koncentryczny, typowy dla niewielkiego ośrodka miejskiego o rodowodzie rolniczym. Zwarta zabudowa skupia się w centralnej części miasta, a wraz z oddalaniem się od niej intensywność zagospodarowania maleje, przechodząc w pierścień terenów rolnych i otwartych. Układ ten uzupełniają pasma zabudowy rozciągnięte wzdłuż dróg wylotowych, przede wszystkim w kierunku północnym i wschodnim.

Zgodnie z mapą pokrycia terenu opracowaną na podstawie zobrazowań satelitarnych za 2025 r. powierzchnie niezabudowane zajmują w granicach miasta około 85% obszaru. Tereny rolne i roślinność trawiasta mają niemal równe udziały, wynoszące odpowiednio 38,2% i 38,0%, natomiast tereny antropogeniczne, obejmujące zabudowę, drogi i place, stanowią 14,8%. Lasy zajmują łącznie 7,3%, a tereny podmokłe i obszary wodne po 0,8%.



Rysunek 11. Pokrycie terenu Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

Centrum tworzy zabudowa mieszkaniowa wielorodzinna i handlowo-usługowa, skoncentrowana w rejonie historycznego układu i głównych ulic. Jest to obszar o najwyższym udziale powierzchni

utwardzonych i najmniejszym udziale zieleni, a zarazem miejsce koncentracji usług publicznych, handlu i ruchu pieszego. Otacza go szeroki pas zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej, zajmującej największą powierzchnię spośród wszystkich kategorii zabudowy.

Zabudowa przemysłowa oraz pozostałe tereny zabudowy występują w kilku wyraźnie wyodrębnionych skupiskach: w części północno-zachodniej, przy zachodnim wlocie do miasta oraz w rejonie południowo-wschodnim, w sąsiedztwie doliny Gardzięgi. Takie rozmieszczenie oddziela funkcje uciążliwe od terenów mieszkaniowych, wprowadza jednak rozległe powierzchnie utwardzone, w tym dachy hal i place składowe, na obrzeżach układu.

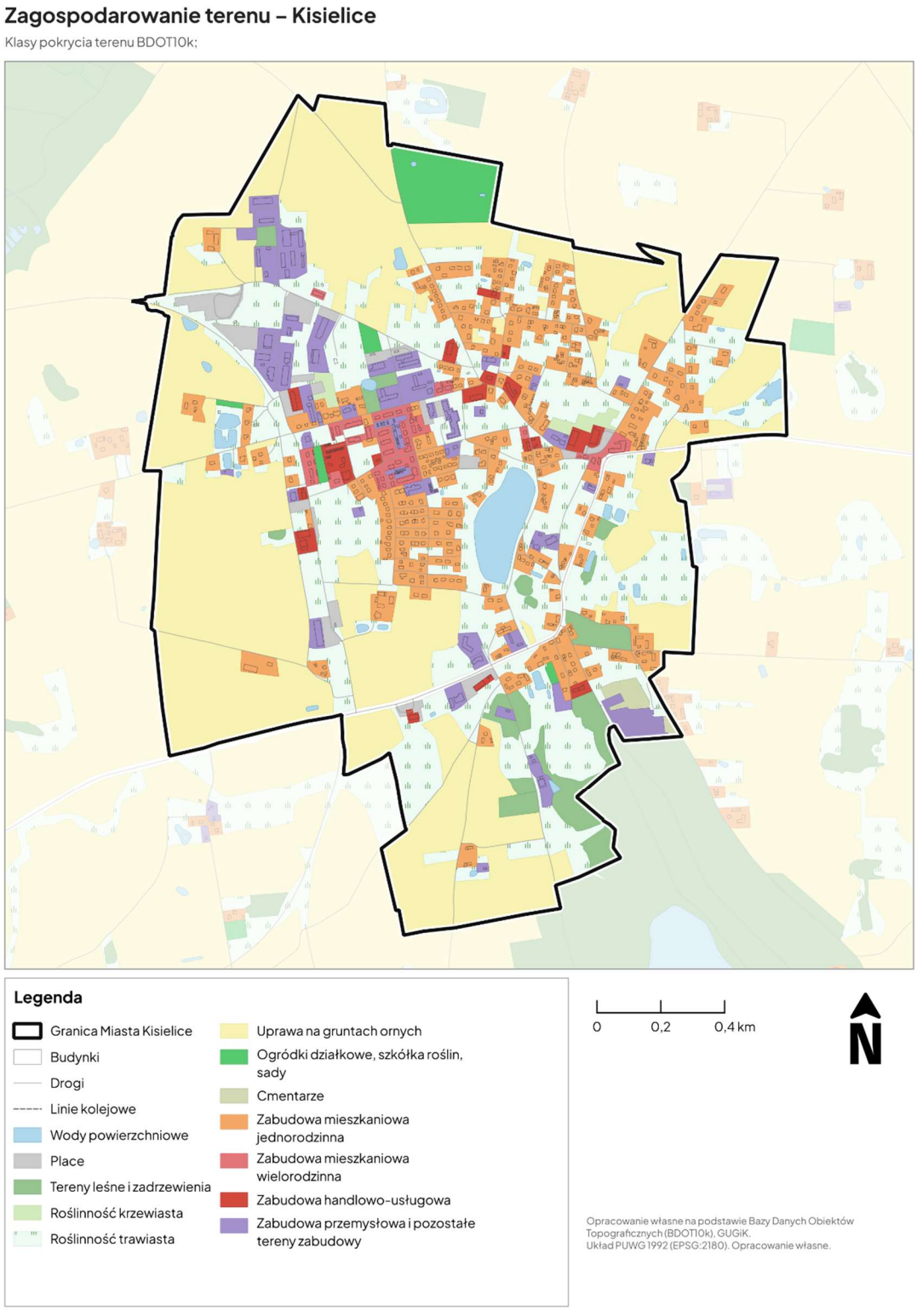
Charakterystyczną cechą Kisielic jest wysoki udział terenów otwartych w granicach administracyjnych miasta. Uprawy na gruntach ornych zajmują cały zewnętrzny pierścień, a roślinność trawiasta wypełnia przestrzenie pomiędzy pasmami zabudowy, wnikając klinami aż do centrum. Uzupełnieniem są ogródki działkowe, sady i szkółki roślin, rozmieszczone głównie w części północnej i południowo-wschodniej, niewielkie kompleksy leśne skupione przy dolinie Gardzięgi oraz cmentarz. Tereny zieleni nie tworzą jednak spójnego systemu — mają charakter rozproszonych płatów, a pokrycie koronami drzew wynosi zaledwie 6,9% powierzchni miasta.

Elementem wyróżniającym strukturę przestrzenną jest Jezioro Miejskie, położone w środkowo-południowej części, bezpośrednio przy zwartej zabudowie. Stanowi ono naturalne obniżenie przyjmujące spływ z otoczenia, a zarazem jedyny większy akwen w granicach miasta; od południa otaczają je tereny podmokłe. Rzeka Gardzięga przebiega natomiast skrajem układu, wzdłuż południowej i południowo-wschodniej granicy, oddzielając zwartą zabudowę od terenów rolnych. Oznacza to, że zabudowa miasta rozwinęła się poza doliną rzeczną, co ogranicza ekspozycję na zagrożenie powodziowe.

Z przedstawionej struktury wynikają trzy wnioski istotne dla adaptacji do zmian klimatu:

- **Miasto dysponuje znacznym zasobem powierzchni przepuszczalnych.** Udział terenów niezabudowanych sięgający 85% powierzchni jest sytuacją korzystniejszą niż w ośrodkach o zwartej zabudowie. Oznacza to jednocześnie, że ochrona tych terenów przed zabudową i uszczelnianiem jest podstawowym, a zarazem najtańszym narzędziem utrzymania obecnej odporności miasta.
- **Deficyt dotyczy zadrzewień.** Przy wysokim udziale terenów otwartych pokrycie koronami drzew wynosi jedynie 6,9%. Zieleń niska i trawiasta nie zapewnia zacienienia ani efektu chłodzenia porównywalnego z drzewami, dlatego to właśnie nasadzenia drzew, a nie zwiększanie powierzchni trawiastych, powinny być priorytetem w działaniach ograniczających skutki upałów.

- **Działania adaptacyjne dają największy efekt w rdzeniu.** Najsilniejsze obciążenie termiczne i największy spływ powierzchniowy koncentrują się w niewielkim, zwartym centrum o najwyższym udziale powierzchni utwardzonych, gdzie przebywa najwięcej mieszkańców i użytkowników przestrzeni.



Rysunek 12. Mapa zagospodarowania terenu Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

CZĘŚĆ ANALITYCZNA

3. Ekspozycja miasta na zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne oraz ich pochodne

Analiza długoterminowych danych klimatycznych i hydrologicznych, zestawiona z wynikami projekcji klimatycznych, pozwala określić stopień narażenia miasta na skutki zmian klimatu na podstawie wybranych wskaźników opisujących przebieg i intensywność zjawisk klimatycznych. Na tej podstawie możliwe jest zidentyfikowanie obszarów i sektorów szczególnie podatnych na oddziaływanie zmian klimatu, z uwzględnieniem specyfiki lokalnej, w tym warunków życia mieszkańców, stanu i funkcjonowania infrastruktury miejskiej oraz uwarunkowań przestrzennych miasta.

3.1 Analiza zagrożeń meteorologicznych i hydrologicznych

Szczegółową analizę zagrożeń meteorologicznych i hydrologicznych przedstawiono w Załączniku I. Niniejszy rozdział ma charakter syntetyczny i prezentuje najważniejsze trendy oraz kluczowe wnioski wynikające z przeprowadzonych analiz. Ze względu na brak stacji synoptycznej zlokalizowanej bezpośrednio w Kisielicach analizę oparto na danych obserwacyjnych IMGW-PIB ze stacji synoptycznej Olsztyn z lat 1993–2025, uznanej za reprezentatywną dla obszaru powiatu iławskiego, oraz na danych hydrologicznych ze stacji Dziarny na rzece Iławce z lat hydrologicznych 1990–2022.

Zagrożenia termiczne. Najsilniejszym i najlepiej udokumentowanym sygnałem zmian jest wzrost temperatury. Średnia roczna temperatura powietrza w analizowanym wieloleciu wyniosła 8,3°C, przy wartościach od 6,1°C w 1996 r. do 10,6°C w 2024 r. Liczba dni gorących, czyli z temperaturą maksymalną co najmniej 25°C, zawierała się w przedziale od 15 dni w 1998 i 2004 r. do 63 dni w 2024 r., przy średniej 32,5 dnia, i wykazuje silnie rosnący trend. Rośnie również liczba dni upalnych, z temperaturą co najmniej 30°C, która wahała się od zera w 1993 i 2008 r. do 13 dni w 1994 i 2010 r., przy średniej 4,9 dnia w roku. Noce tropikalne pozostają zjawiskiem rzadkim: wystąpiły jedynie w siedmiu latach analizowanego okresu, w liczbie od jednej do czterech w roku, jednak sam fakt ich pojawiania się należy traktować jako sygnał ostrzegawczy. Dla miasta oznacza to rosnące obciążenie termiczne mieszkańców, zwłaszcza osób starszych i przewlekle chorych, oraz zwiększone zapotrzebowanie na wodę i energię w okresie letnim.

Zagrożenia opadowe. Roczna suma opadów cechuje się dużą zmiennością międzyroczną: przy średniej 640,9 mm skrajne wartości wyniosły 412,8 mm w 1996 r. i 972,6 mm w 2017 r., a wskaźnik nie wykazuje jednoznacznego trendu kierunkowego. Jednocześnie maleje liczba dni z opadem co najmniej 1 mm, która zawierała się w przedziale od 87 dni w 1996 r. do 134 dni

w 1998 r., przy średniej 108,8 dnia. Oznacza to, że przy zbliżonej sumie rocznej opady koncentrują się w mniejszej liczbie dni, a tym samym rośnie znaczenie pojedynczych zdarzeń o dużej wysokości opadu. To właśnie one generują spływ przekraczający przepustowość systemu odwodnienia i prowadzą do lokalnych podtopień.

Susza i okresy bezopadowe. Najdłuższy okres bez opadu w analizowanym wieloleciu trwał 37 dni i wystąpił w 2022 r., najkrótszy maksymalny okres roczny wyniósł 9 dni w 2004 r., a średnia dla całego okresu to 17,2 dnia. Wskaźnik nie wykazuje trendu kierunkowego, co przy jego dużej naturalnej zmienności należy interpretować ostrożnie. Nawet pojedyncze wielotygodniowe okresy bezopadowe prowadzą jednak do pogorszenia bilansu wodnego, przesuszania gleb i pogorszenia kondycji zieleni miejskiej.

Zjawiska okresu zimowego. Zima ulega wyraźnemu skróceniu i złagodzeniu. Liczba dni mroźnych, czyli z temperaturą maksymalną poniżej 0°C, zawierała się w przedziale od 4 dni w 2020 r. do 84 dni w 2010 r., przy średniej 37,3 dnia, i wykazuje silnie malejący trend. Nie oznacza to wyeliminowania ryzyk zimowych: krótkotrwałe epizody mrozu, przymrozki oraz cykle zamarzania i odmarzania nadal powodują oblodzenia, uszkodzenia nawierzchni i utrudnienia komunikacyjne. Zmniejszanie się liczby dni mroźnych wiąże się natomiast z ograniczeniem retencji śnieżnej, a tym samym z przesuwaniem odpływu wód roztopowych poza klasyczny sezon wiosenny.

Zagrożenia hydrologiczne. Kisielice nie posiadają własnej stacji wodowskazowej, dlatego warunki hydrologiczne scharakteryzowano na podstawie pomiarów na Iławce w Dziarnach. Średni roczny przepływ wyniósł tam 1,7 m^3/s, przy wartości maksymalnej 3,0 m^3/s w 2018 r. i minimalnej 0,4 m^3/s w 2015 r. Średni roczny przepływ maksymalny wyniósł 4,0 m^3/s, osiągając 23,0 m^3/s w 2011 r., co odpowiada wysokim opadom i wezbraniom notowanym wówczas w dorzeczu, oraz zaledwie 0,5 m^3/s w 2015 r. Średni roczny przepływ minimalny wyniósł 1,5 m^3/s. Wszystkie wskaźniki wykazują słabe trendy malejące przy bardzo niskich współczynnikach determinacji, co oznacza brak statystycznie istotnej zmiany kierunkowej. Uwagę zwraca natomiast skala zmienności: różnica między rokiem wezbraniowym a niżówkowym jest ponad czterdziestokrotna, co wskazuje na dużą wrażliwość niewielkich cieków regionu na warunki opadowe.

Zagrożenia wiatrowe. Średnia prędkość wiatru wyniosła 2,9 m/s, przy wartościach od 2,5 m/s w 2000 r. do 3,3 m/s w 2007 r., i nie wykazuje trendu kierunkowego. Liczba dni z porywami przekraczającymi 17 m/s również nie wykazuje wyraźnej tendencji: najwięcej, 10 dni, odnotowano w 2022 r., a w latach 2003 i 2025 zjawisko nie wystąpiło. Zagrożenie to należy uznać

za drugorzędne, istotne głównie w kontekście uszkodzeń drzew oraz napowietrznej infrastruktury elektroenergetycznej.

3.2 Scenariusze zmian klimatu

Szczegółowa analiza scenariuszy zmian klimatu została przedstawiona w załączniku I.

Prognozy zmian klimatu opracowywane są na podstawie symulacji klimatycznych uwzględniających różne scenariusze rozwoju społeczno-gospodarczego i emisji gazów cieplarnianych, określane jako RCP. W analizach wykorzystuje się zarówno globalne, jak i regionalne modele klimatyczne, które po odpowiednim przeskalowaniu pozwalają określić przewidywane zmiany klimatu dla poszczególnych obszarów kraju.

Na potrzeby analizy dla powiatu iławskiego wykorzystano scenariusze zmian klimatu do 2070 r. opracowane przez IOŚ-PIB. Uwzględniono przede wszystkim scenariusz umiarkowany RCP 4.5 oraz bardziej niekorzystny scenariusz RCP 8.5, zakładający wyższy poziom emisji gazów cieplarnianych i silniejsze ocieplenie. Wyniki tych scenariuszy stanowią podstawę oceny przyszłych zagrożeń klimatycznych oraz potrzeb adaptacyjnych miasta.

Oba warianty wskazują na systematyczny wzrost temperatury, różniąc się jego skalą. W wariancie RCP 4.5 średnia roczna temperatura powietrza wzrośnie z 8,95°C w dekadzie 2025–2034 do 9,71°C w latach 2061–2070, czyli o 0,76°C, a w wariancie RCP 8.5 z 8,90°C do 10,40°C, czyli o 1,50°C. Towarzyszy temu wzrost liczby dni gorących: z około 35,6 do 40,3 w wariancie RCP 4.5 oraz z 34,7 do 43,7 w wariancie RCP 8.5. Liczba dni upalnych wzrośnie z około 8,0 do 10,3 w pierwszym wariancie i z 6,8 do 9,6 w drugim, a liczba nocy tropikalnych z około 3,2 do 4,5 w wariancie RCP 4.5.

Projekcje opadowe są mniej jednoznaczne. W wariancie RCP 4.5 roczna suma opadu pozostaje praktycznie bez zmian, rosnąc z 706,5 mm do 709,1 mm, natomiast w wariancie RCP 8.5 zwiększa się z 706,4 mm do 739,0 mm, czyli o 32,6 mm. Istotniejsza od sumy rocznej jest jednak struktura opadów: w obu wariantach rośnie liczba dni z opadem co najmniej 10 mm oraz co najmniej 20 mm, przy czym w wariancie wysokoemisyjnym liczba dni z opadem co najmniej 20 mm zwiększa się z 2,51 do 2,86 w roku. Jednocześnie w wariancie RCP 4.5 prognozowany jest wzrost liczby dni bez opadu z 227,9 do 230,3 oraz spadek liczby dni z opadem co najmniej 1 mm ze 137,3 do 134,9. Oznacza to nasilenie dwóch przeciwstawnych zjawisk: dłuższych okresów bez deszczu i częstszych opadów o dużej wysokości.

Wyraźny i jednoznaczny jest natomiast kierunek zmian warunków zimowych. Liczba dni z pokrywą śnieżną zmniejszy się z 85 do 69 w wariancie RCP 4.5 oraz z 87 do 60 w wariancie RCP 8.5, czyli odpowiednio o 16 i 27 dni, a jej średnia grubość spadnie, osiągając w scenariuszu

wysokoemisyjnym 0,9 cm. Projekcje nie wskazują natomiast istotnych zmian warunków wiatrowych: średnia prędkość wiatru pozostaje na poziomie około 3,0 m/s, a zmiany udziału ciszy i wiatrów bardzo słabych nie przekraczają kilku dziesiątych punktu procentowego.

3.3 Główne zagrożenia klimatyczne dla miasta

Analiza danych obserwacyjnych i hydrologicznych oraz projekcji klimatycznych pozwoliła określić stopień narażenia miasta na skutki zmian klimatu przy wykorzystaniu wskaźników opisujących charakter i intensywność zjawisk klimatycznych. W oparciu o dane historyczne oraz prognozy dla obszaru powiatu iławskiego zidentyfikowano czynniki, które mogą w istotny sposób wpływać na funkcjonowanie miasta, ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływania na mieszkańców, ekosystemy oraz elementy zagospodarowania i infrastruktury.

Poniższa tabela przedstawia ocenę ekspozycji Miasta Kisielice na poszczególne czynniki klimatyczne, opracowaną na podstawie danych historycznych z lat 1993–2025 oraz projekcji klimatycznych w scenariuszach RCP 4.5 i RCP 8.5, zawartych w Załączniku I. Trend zmian odnosi się do obserwacji z wielolecia, prognoza do kierunku zmian wynikającego ze scenariuszy do 2070 r., a stopień ekspozycji stanowi wypadkową kierunku, tempa i intensywności zjawiska oraz jego znaczenia dla funkcjonowania miasta.

Tabela 7. Ekspozycja miasta na zagrożenia klimatyczne

Wskaźnik / czynnik klimatyczny	Trend zmian (1993–2025)	Prognoza zmian (RCP)	Stopień ekspozycji miasta
Średnia roczna temperatura powietrza	↑	↑	**wysoki**
Średnia roczna maksymalna temperatura powietrza	↑	↑	**wysoki**
Średnia roczna minimalna temperatura powietrza	↑	↑	**wysoki**
Liczba dni gorących i upalnych	↑	↑	**wysoki**
Liczba nocy tropikalnych	↑	↑	**wysoki**
Liczba dni mroźnych i bardzo mroźnych	↓	↓	**niski***
Roczna suma opadu	→	↑	**średni**
Liczba dni z opadem co najmniej 1 mm	↓	↓	**średni**
Opady intensywne (dni z opadem ≥ 10 i ≥ 20 mm)	→	↑	**wysoki**

Wskaźnik / czynnik klimatyczny	Trend zmian (1993–2025)	Prognoza zmian (RCP)	Stopień ekspozycji miasta
Susza i wydłużanie okresów bezopadowych	→	↑↓	**wysoki**
Okres zalegania pokrywy śnieżnej	↓	↓	**średni***
Prędkość wiatru i zjawiska wiatrowe	→	→	**niski**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych historycznych i https://klimada2.ios.gov.pl

* Spadek liczby dni mroźnych i bardzo mroźnych oceniono jako czynnik ograniczający ekspozycję miasta na zagrożenia związane z występowaniem ekstremalnie niskich temperatur, dlatego wskaźnikowi przypisano niski stopień ekspozycji. Odmiennie oceniono okres zalegania pokrywy śnieżnej, którego skracanie może negatywnie wpływać na retencję wodną i zwiększać ryzyko suszy.

Objaśnienie symboli: ↑ wzrost · ↓ spadek · → brak wyraźnego trendu / stabilizacja · ↑↓ tendencja rozbieżna (zależna od scenariusza).

Podsumowanie oceny ekspozycji: Profil ekspozycji Kisielic wyznaczają dwie grupy czynników. Pierwszą i najsilniej udokumentowaną są zjawiska termiczne: średnia roczna temperatura powietrza wraz z jej wartościami skrajnymi oraz liczba dni gorących i upalnych rosną zarówno w danych obserwacyjnych, jak i w obu wariantach projekcji, co czyni stres termiczny podstawowym wyzwaniem adaptacyjnym miasta. Drugą tworzą zjawiska związane z wodą: koncentracja opadów w mniejszej liczbie dni przy rosnącej liczbie zdarzeń o dużej wysokości opadu oraz wydłużające się okresy bezopadowe. Są to zjawiska przeciwstawne, lecz występujące naprzemiennie i obciążające miasto w podobnym stopniu. Średni stopień ekspozycji przypisano czynnikom o niejednoznacznym kierunku zmian lub ograniczonym zasięgu oddziaływania: rocznej sumie opadu, okresowi zalegania pokrywy śnieżnej oraz liczbie dni z opadem co najmniej 1 mm. Mimo iż liczba takich dni maleje, to przy stabilnej sumie rocznej opisuje ona przede wszystkim mechanizm koncentracji opadów, a wynikające z niego zagrożenia ujęto w pozycjach dotyczących opadów intensywnych oraz okresów bezopadowych. Niską ekspozycję stwierdzono w przypadku zjawisk wiatrowych, co potwierdzają zarówno pomiary, jak i projekcje, a także w przypadku dni mroźnych i bardzo mroźnych, których liczba systematycznie maleje. W tym ostatnim przypadku niska ekspozycja nie oznacza braku konsekwencji: zanik mrozu i skracanie okresu zalegania pokrywy śnieżnej ograniczają retencję śnieżną i przesuwają część odpływu na okres zimowy.

Jednym z kluczowych czynników klimatycznych wpływających na funkcjonowanie Kisielic jest wzrost temperatury. Zarówno prognozy jak i obserwowane tendencje wskazują na rosnącą średnią roczną temperaturę powietrza, wzrost średniej rocznej temperatury maksymalnej jak i minimalnej. Zwiększa się liczba dni gorących, upalnych i nocy tropikalnych. Jednocześnie obserwuje się i prognozuje spadek liczby dni mroźnych i bardzo mroźnych. W konsekwencji

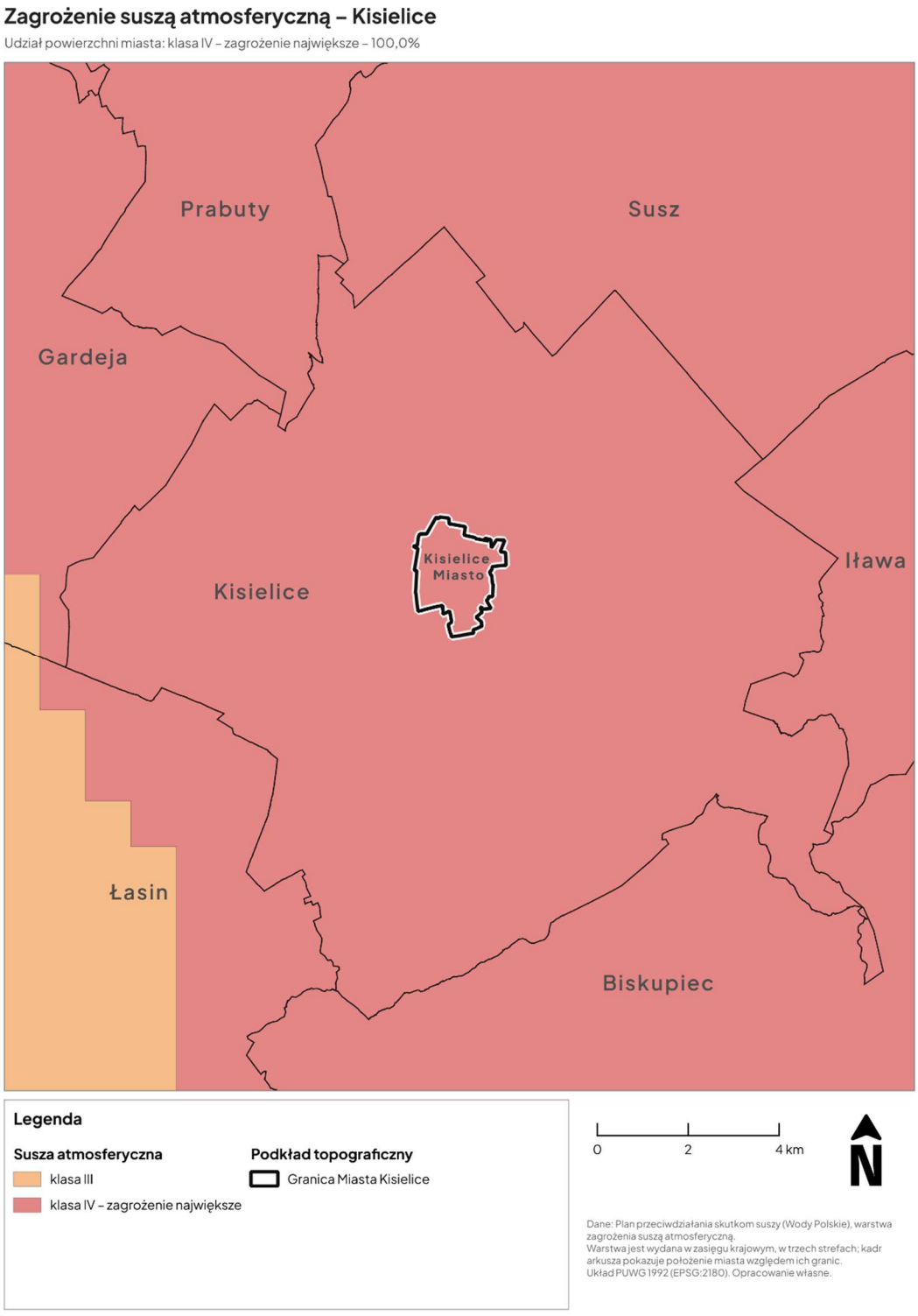
wydłuża się okres wegetacyjny, nasilają się fale upałów, zwiększa się ryzyko występowania suszy i pożarów. Dochodzi do zaburzenia w funkcjonowaniu ekosystemów oraz wzrostu temperatury wód powierzchniowych. Rośnie konieczność większego zużycia wody i energii (np. klimatyzacje), a u ludzi zwiększa się ryzyko występowania problemów zdrowotnych. Coraz wyższe temperatury wynikające ze zmian klimatu znacząco potęgują zjawisko miejskiej wyspy ciepła (MWC). Na terenie Kisielic występuje zjawisko MWC – szerzej o tym problemie w załączniku V. Z kolei spadek liczby dni mroźnych i bardzo mroźnych oraz skracający się okres zalegania pokrywy śnieżnej powodują zaburzenia w cyklach życiowych roślin i zwierząt, a także zagrożenia dla rolnictwa. Dochodzi również do zwiększonego ryzyka suszy i braku wody (pokrywa śnieżna działa jak izolator i magazyn wody).

Wyróżnia się następujące typy suszy:

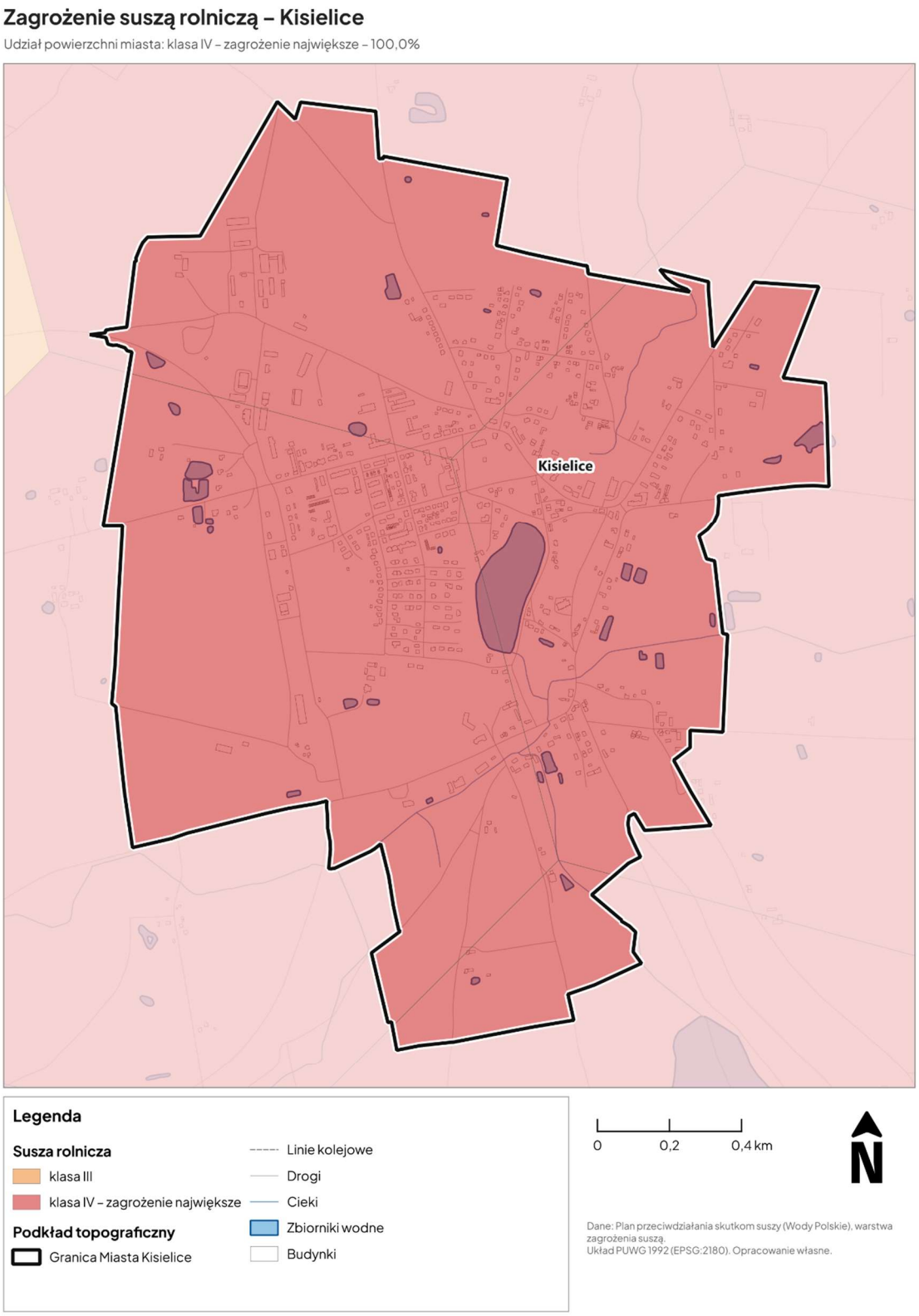
- Susza atmosferyczna - występuje, kiedy mamy do czynienia z deficytem opadów. Zwana również suszą meteorologiczną. Jest to pierwszy etap rozwoju zjawiska suszy. Pojawia się wówczas, gdy opady występują poniżej średniej wieloletniej lub jest ich całkowicie brak.
- Susza rolnicza - pojawia się, gdy wilgotność gleby jest niedostateczna do zaspokojenia potrzeb wodnych roślin i prowadzenia normalnej gospodarki w rolnictwie. Zwana również suszą glebową. Jest bezpośrednią konsekwencją wydłużającej się suszy atmosferycznej.
- Susza hydrologiczna - przejawia się długotrwałym obniżeniem ilości wody w rzekach i jeziorach. Dotyczy wód powierzchniowych. Występuje wtedy, kiedy przepływ w rzekach spada poniżej przepływu średniej wartości wieloletniej.
- Susza hydrogeologiczna - susza definiowana jako długotrwałe obniżenie zasobów wód podziemnych. Zjawisko tego rodzaju suszy jest zwykle poprzedzone powyższymi rodzajami suszy. Wstępna faza objawia się m.in. wysychaniem studni.

Zgodnie z danymi ISOK Miasto Kisielice zagrożone jest wszystkimi typami suszy:

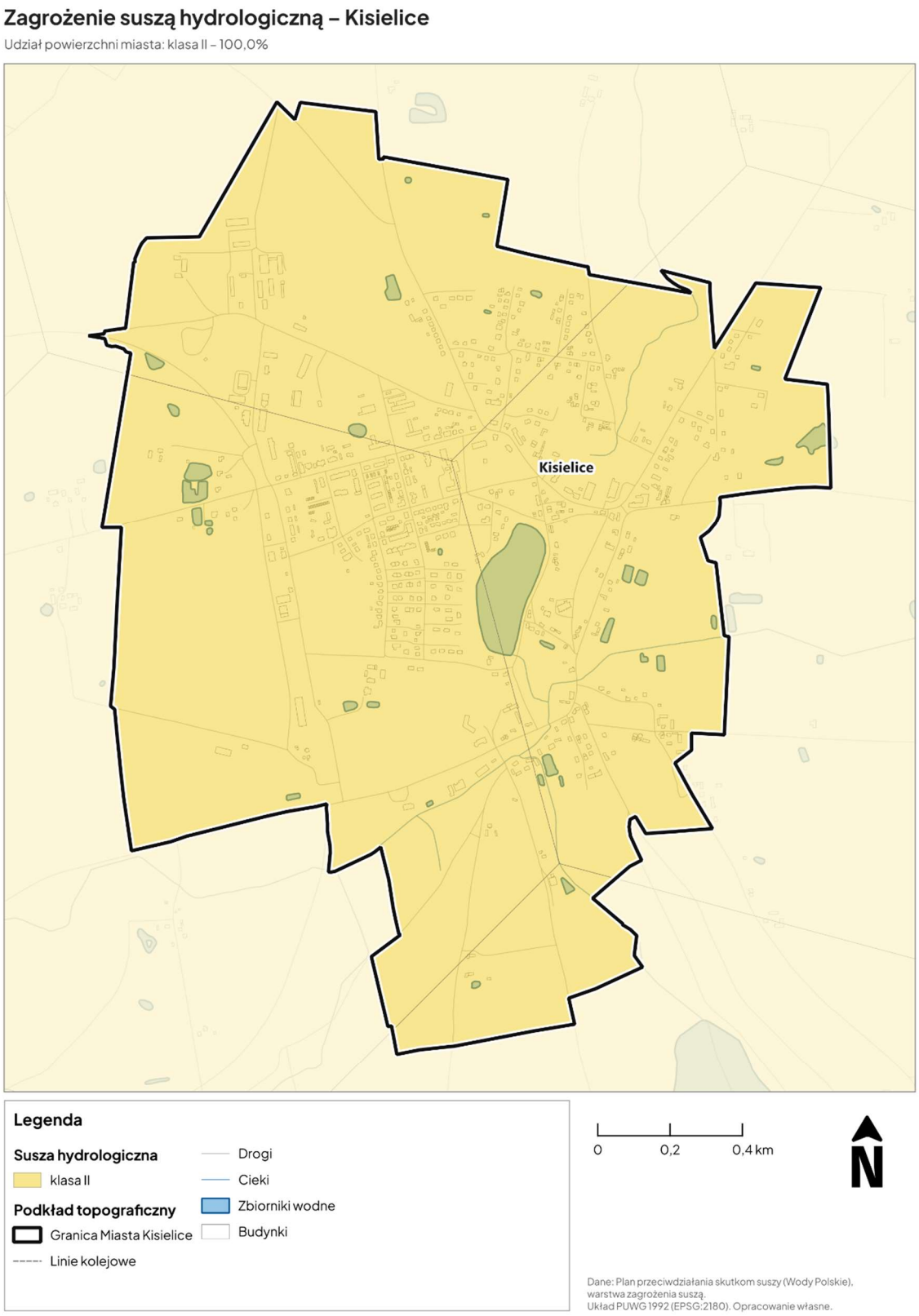
- Zagrożenie suszą atmosferyczną – ekstremalnie zagrożone,
- Zagrożenie suszą rolniczą – ekstremalnie zagrożone,
- Zagrożenie suszą hydrologiczną – umiarkowanie zagrożone,
- Zagrożenie suszą hydrogeologiczną – umiarkowanie zagrożone.



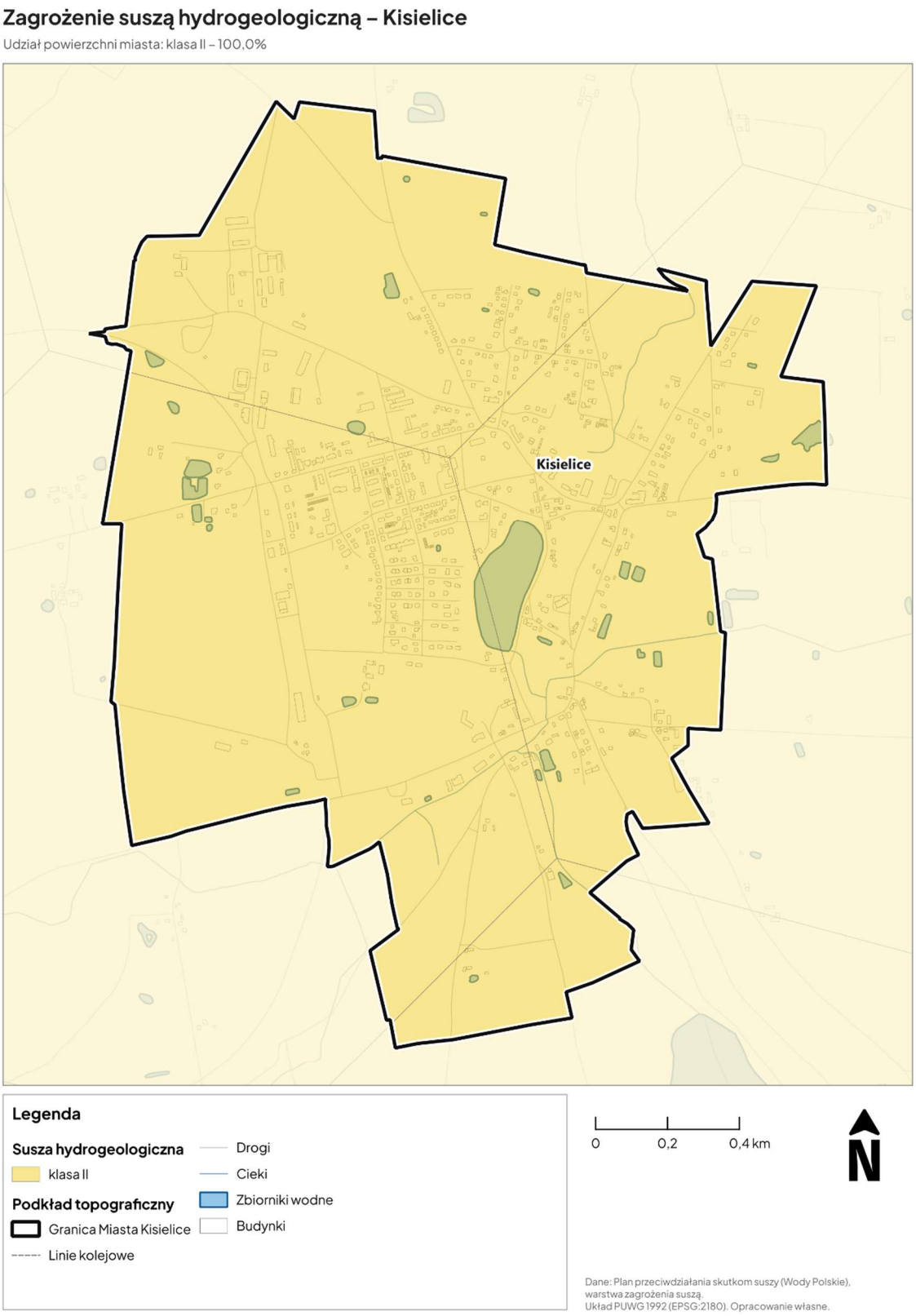
Rysunek 13. Zagrożenie suszą atmosferyczną na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 14. Zagrożenie suszą rolniczą na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

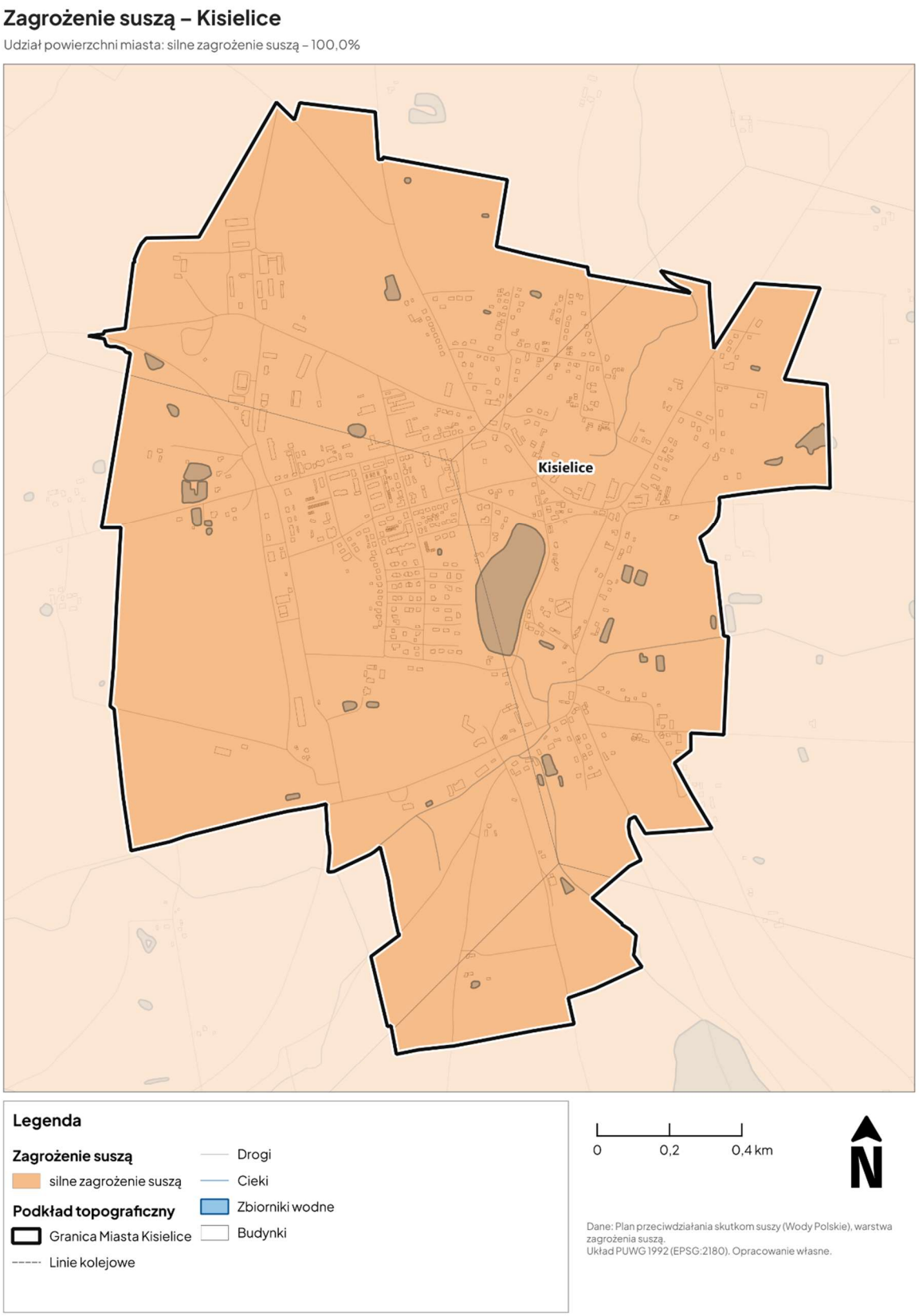


Rysunek 15. Zagrożenie suszą hydrologiczną na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 16. Zagrożenie suszą hydrogeologiczną na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

Łączne zagrożenie suszą dla Miasta Kisielice określane jest jako silnie zagrożone.



Rysunek 17. Łączne zagrożenie suszą na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

W przypadku Kisielic szczególne znaczenie ma prognozowany wzrost częstotliwości deszczy nawalnych, czyli intensywnych opadów występujących w krótkim czasie. Tego typu opady mogą generować szybki spływ powierzchniowy, zwłaszcza na terenach uszczelnionych, przez co woda nie infiltruje w dostatecznym stopniu w głąb profilu glebowego i nie zasila lokalnych zasobów wodnych. W warunkach wzrostu temperatury, zwiększonego parowania, ograniczenia retencji śnieżnej oraz znacznego udziału powierzchni nieprzepuszczalnych, opady mogą nie rekompensować strat wilgoci w glebie i środowisku miejskim.

Mniejsza liczba dni mroźnych sprawia, że szkodniki roślin oraz patogeny (bakterie, wirusy) lepiej zimują, co prowadzi do ich większej populacji wiosną. Gwałtowne zjawiska pogodowe niosą ze sobą szereg zagrożeń. Intensywne opady deszczu, w tym ulewy i nawalne burze, mogą prowadzić do powodzi błyskawicznych i podtopień, co skutkuje zalewaniem ulic, budynków i piwnic, przeciążeniem kanalizacji deszczowej, zniszczeniami infrastruktury komunalnej i drogowej oraz zakłóceniami w transporcie, a także stratami w mieniu mieszkańców i przedsiębiorstw.

Miasto jest zagrożone podtopieniami oraz jest zagrożone ryzykiem powodziowym. Mapa zagrożenia powodziowego oraz mapa zastoisk wód opadowych znajduje się w podrozdziale 2.4 Gospodarowanie wodami.

4. Ocena wrażliwości miasta na zmiany klimatu

Przez wrażliwość na zmiany klimatu należy rozumieć stopień podatności miasta na niekorzystne skutki zjawisk klimatycznych. Wielkość tej podatności wynika przede wszystkim z cech samego organizmu miejskiego oraz jego poszczególnych komponentów, w tym uwarunkowań fizyczno-przestrzennych i struktury ludnościowej, które co do zasady mają charakter względnie trwały i nie podlegają łatwym przekształceniom.

Wrażliwość analizuje się zawsze w odniesieniu do konkretnych zjawisk klimatycznych, a więc jako wrażliwość na określony typ oddziaływania. Skutki tych zjawisk mogą mieć charakter zarówno bezpośredni, jak i pośredni, wpływając na funkcjonowanie miasta, jego mieszkańców, infrastrukturę oraz pozostałe elementy systemu miejskiego. Ocena wrażliwości powinna umożliwiać określenie, które elementy miasta są w większym, a które w mniejszym stopniu narażone na oddziaływanie zjawisk klimatycznych, i w rezultacie wskazać komponenty wymagające priorytetowych działań adaptacyjnych.

Wyboru sektorów szczególnie wrażliwych dokonano na podstawie diagnozy uwarunkowań przyrodniczych, przestrzennych, społecznych i infrastrukturalnych miasta, analizy ekspozycji Kisielic na czynniki klimatyczne oraz ich pochodne, a także oceny potencjalnych skutków tych zjawisk dla funkcjonowania miasta. Uwzględniono przede wszystkim te obszary, w których skutki

zmian klimatu mogą bezpośrednio wpływać na bezpieczeństwo mieszkańców, jakość środowiska, funkcjonowanie infrastruktury technicznej, ciągłość usług publicznych oraz odporność systemów miejskich.

W rezultacie dalszej analizie poddano pięć sektorów uznanych za najbardziej wrażliwe na ekstremalne zjawiska klimatyczne i ich pochodne:

- Gospodarka wodna,
- Różnorodność biologiczna,
- Zdrowie publiczne,
- Transport,
- Energetyka.

Klasa wrażliwości sektora została określona metodą ekspercką, na podstawie oceny stopnia narażenia analizowanych elementów sektora na zidentyfikowane zagrożenia klimatyczne i ich pochodne, skali potencjalnych skutków dla funkcjonowania miasta, liczby mieszkańców korzystających z danej infrastruktury, znaczenia sektora dla bezpieczeństwa i jakości życia oraz możliwości ograniczenia skutków danego zagrożenia. Przy ocenie uwzględniono zarówno wyniki diagnozy przestrzennej i infrastrukturalnej, jak również trendy klimatyczne i hydrologiczne wskazane w załączniku I. Przyjęto następującą interpretację klas wrażliwości:

Klasa	**Znaczenie**
niska	zagrożenia mogą powodować skutki lokalne, krótkotrwałe lub łatwe do ograniczenia; sektor posiada relatywnie wysoką odporność lub alternatywne rozwiązania
średnia	zagrożenia mogą powodować istotne, ale częściowo ograniczalne zakłócenia w funkcjonowaniu sektora; skutki mogą mieć charakter lokalny lub okresowy
wysoka	zagrożenia mogą wpływać na ciągłość funkcjonowania sektora, bezpieczeństwo mieszkańców, jakość środowiska lub kluczową infrastrukturę miejską; możliwości szybkiego zastąpienia lub ograniczenia skutków są ograniczone

Tabela 8. Sektory funkcjonowania miasta wrażliwe na zmiany klimatu

Sektor funkcjonowania miasta	Analizowane elementy	Zagrożenia klimatyczne i ich pochodne	Skutki zagrożeń klimatycznych wpływające na wrażliwość	Klasa wrażliwości sektora (niska/ średnia/ wysoka)
Gospodarka wodna	• Sieć wodociągowa o długości 11,2 km, z której korzysta 99,9% mieszkańców miasta. • Sieć kanalizacyjna o długości 10,9 km, z której korzysta 93,1% mieszkańców. • Zaopatrzenie w wodę oparte na trzech stacjach uzdatniania i ujęciach wód podziemnych w Kisielicach, Klimach i Jędrychowie, w granicach GZWP nr 210 o niskim stopniu wykorzystania zasobów. • Mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków o przepustowości 320 m^3/d, odprowadzająca ścieki do rowu melioracyjnego. • Brak zorganizowanej kanalizacji deszczowej – odwodnienie oparte wyłącznie na rozwiązaniach lokalnych, rowach i infiltracji. • Zły stan ogólny JCWP na terenie miasta, zagrożony nieosiągnięciem celu środowiskowego; zlewnia Gardęgi silnie i ekstremalnie zagrożona suszą.	Wysoka temperatura, w tym fale upałów Intensywne opady deszczu i powodzie nagłe Susza i wydłużanie okresów bezopadowych Spadek liczby dni mroźnych	• Wzrost średniej temperatury powietrza może doprowadzić do zmian w ekosystemach wodnych. • Latem, szczególnie w okresach upalnych wzrośnie zapotrzebowanie na wodę celem podlewania upraw i ogródków przydomowych. • Wydłużanie się okresów bezdeszczowych, jak i wzrost częstotliwości oraz intensywności opadów nawalnych, może prowadzić do nasilenia problemu suszy oraz zwiększenia ryzyka występowania gwałtownych powodzi miejskich na analizowanym obszarze. • Występowanie powodzi miejskich może negatywnie oddziaływać na stan i funkcjonowanie infrastruktury wodociągowej oraz kanalizacji sanitarnej, w szczególności poprzez okresowe przekraczanie ich przepustowości, przeciążenie hydrauliczne systemów oraz ryzyko uszkodzeń technicznych. • Ograniczenie częstotliwości występowania okresów mroźnych w sezonie zimowym może przyczynić się do zmniejszenia ryzyka awarii infrastruktury wodno-kanalizacyjnej, w tym ograniczenia zjawiska zamarzania	WYSOKA

Sektor funkcjonowania miasta	Analizowane elementy	Zagrożenia klimatyczne i ich pochodne	Skutki zagrożeń klimatycznych wpływające na wrażliwość	Klasa wrażliwości sektora (niska/ średnia/ wysoka)
			przewodów, powstawania zatorów lodowych oraz rozszczelnień instalacji i rurociągów. Dodatkowo może pośrednio wpływać na warunki rozwoju mikroorganizmów, w tym potencjalnych patogenów w środowisku wodnym.	
Różnorodność biologiczna	• Lesistość miasta na poziomie 0,8% (GUS, stan na 2025 r.). • Występowanie na terenie miasta problemu miejskiej wyspy ciepła. • Korytarz ekologiczny Lasy Iławskie – Bory Tucholskie o randze regionalnej, przebiegający przez środkową część gminy. • Jezioro Miejskie oraz liczne oczka wodne. • Brak obszarów prawnie chronionych na terenie miasta.	Wzrost temperatury powietrza, fale upałów Opady nawalne Krótszy okres występowania pokrywy śnieżnej Susza	• Wzrost temperatury powietrza oraz wydłużanie się okresów bezopadowych może prowadzić do nasilenia zjawiska suszy, pogorszenia kondycji terenów zieleni oraz zwiększenia podatności obszarów leśnych na występowanie pożarów. • Zmiany reżimu opadowego oraz wzrost temperatury mogą ograniczać możliwości prawidłowego rozwoju wybranych gatunków roślin, szczególnie tych o większych wymaganiach siedliskowych i mniejszej odporności na deficyt wody oraz stres termiczny. • Skrócenie okresu pokrywy śnieżnej i spadek liczby dni mroźnych zaburzają cykle życiowe roślin i zwierząt. • Wzrost zapotrzebowania na wodę do podlewania zieleni miejskiej. • Zagrożenia klimatyczne mogą również sprzyjać rozprzestrzenianiu się gatunków inwazyjnych i ekspansywnych, które często lepiej przystosowują się do przesuszonych	WYSOKA

Sektor funkcjonowania miasta	Analizowane elementy	Zagrożenia klimatyczne i ich pochodne	Skutki zagrożeń klimatycznych wpływające na wrażliwość	Klasa wrażliwości sektora (niska/ średnia/ wysoka)
			lub silnie przekształconych siedlisk. Ich rozwój może wypierać rodzime gatunki. • Wichury, burze, intensywne opady czy fale upałów, mogą powodować bezpośrednie uszkodzenia siedlisk, w tym łamanie drzew, niszczenie koron, podmywanie systemów korzeniowych, degradację gleby oraz utratę miejsc schronienia i żerowania dla zwierząt. • Przesuszanie torfowisk, oczek wodnych i terenów podmokłych, prowadzące do utraty siedlisk gatunków wodno-błotnych, w tym płazów wymagających wysokiej jakości siedlisk.	
Zdrowie publiczne	• Na terenie miasta obserwuje się ogólnokrajowy trend starzenia się społeczeństwa: sukcesywnie ubywa osób w wieku produkcyjnym i przedprodukcyjnym przy jednoczesnym wzroście liczby osób w wieku poprodukcyjnym. • Na terenie miasta funkcjonuje Ochotnicza Straż Pożarna. • Na terenie gminy odnotowano przekroczenia poziomu celu długoterminowego dla ozonu zarówno w celu ochrony zdrowia ludzi jak i ochrony roślin. • System ciepłowniczy oparty na biomasie, obejmujący około 95%	Fale upałów i noce tropikalne Intensywne opady i potopienia Miejska wyspa ciepła	• Wzrost średniej temperatury powietrza oraz coraz częstsze występowanie dni upalnych może szczególnie negatywnie oddziaływać na grupy wrażliwe, w tym osoby starsze, dzieci oraz osoby przewlekle chore, zwiększając ryzyko pogorszenia stanu zdrowia i wystąpienia skutków stresu termicznego. • Deszcze nawalne, wichury i powodzie miejskie mogą zakłócać funkcjonowanie placówek ochrony zdrowia i opieki społecznej, w szczególności poprzez ryzyko uszkodzenia infrastruktury technicznej, ograniczenia dostępności obiektów oraz utrudnienia w zapewnieniu ciągłości świadczonych usług.	ŚREDNIA

Sektor funkcjonowania miasta	Analizowane elementy	Zagrożenia klimatyczne i ich pochodne	Skutki zagrożeń klimatycznych wpływające na wrażliwość	Klasa wrażliwości sektora (niska/ średnia/ wysoka)
	zabudowy miejskiej, ograniczający niską emisję z indywidualnych źródeł ciepła. • Obiekty użyteczności publicznej skupione w centralnej części miasta.		• Susze i wysokie temperatury mogą sprzyjać wzrostowi stężenia pyłów, ozonu troposferycznego i innych zanieczyszczeń powietrza, co zwiększa ryzyko chorób układu oddechowego i krążenia. • Wydłużenie sezonu wegetacyjnego może dodatkowo nasilać ekspozycję na pyłki roślin, prowadząc do wzrostu dolegliwości alergicznych. • Wyższe temperatury i łagodniejsze zimy mogą sprzyjać wydłużeniu okresu aktywności wektorów chorób, co może zwiększać ryzyko zachorowań.	
Transport	• DK16 przebiegająca przez teren miasta. • Rosnąca liczba aut na terenie miasta. • Brak infrastruktury kolejowej. • Zadrzewienia przydrożne i szpalery wzdłuż ciągów komunikacyjnych.	Wysoka temperatura, w tym fale upałów Intensywne opady i podtopienia	• Intensywne opady i powodzie miejskie mogą prowadzić do czasowego zalewania ulic, parkingów oraz przystanków komunikacji publicznej. W konsekwencji może dochodzić do ograniczenia przejezdności dróg, utrudnień w kursowaniu autobusów, wydłużenia czasu przejazdu, powstawania zatorów komunikacyjnych oraz zwiększenia ryzyka kolizji i wypadków. • Wysokie temperatury i fale upałów mogą przyczyniać się do pogorszenia stanu nawierzchni drogowych, w tym powstawania kolein, deformacji asfaltu oraz przyspieszonego zużycia infrastruktury transportowej.	ŚREDNIA

Sektor funkcjonowania miasta	Analizowane elementy	Zagrożenia klimatyczne i ich pochodne	Skutki zagrożeń klimatycznych wpływające na wrażliwość	Klasa wrażliwości sektora (niska/ średnia/ wysoka)
			• Wzrost temperatury i okresów upalnych przyczyni się do spadku komfortu korzystających z komunikacji zbiorowej. • Przyspieszona degradacja nawierzchni wskutek wysokich temperatur oraz cykli zamarzania i odmarzania. • Uszkodzenia drzew przydrożnych i okresowe utrudnienia podczas silnych wiatrów.	
Energetyka	• System ciepłowniczy oparty na ciepłowni biomasowej zasilanej lokalnie pozyskiwaną słomą, z siecią o długości 15,9 km obejmującą około 95% zabudowy miejskiej. • Biogazownia rolnicza o mocy elektrycznej 0,99 MW i mocy cieplnej przekraczającej 1 MW. • Farmy wiatrowe na terenie gminy oraz instalacja fotowoltaiczna przy ciepłowni, czyniące gminę samowystarczalną energetycznie. • Sieć dystrybucyjna wraz z GPZ Kisielice, w znacznej części napowietrzna. • Stały wzrost zużycia i zapotrzebowania na energię elektryczną w każdym sektorze gospodarki.	Wysoka temperatura, w tym fale upałów Susza Intensywne opady i podtopienia Spadek liczby dni mroźnych	• Wysokie temperatury i fale upałów mogą prowadzić do wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, zwłaszcza w związku z intensywniejszym wykorzystaniem klimatyzacji, wentylacji i urządzeń chłodniczych. • Długotrwałe okresy bezopadowe i susze mogą wpływać na funkcjonowanie energetyki poprzez ograniczenie dostępności wody wykorzystywanej w procesach technologicznych, chłodzeniu urządzeń oraz utrzymaniu odpowiednich warunków pracy infrastruktury. • Silny wiatr, burze i wichury mogą prowadzić do uszkodzeń napowietrznych linii elektroenergetycznych, słupów, przewodów, przyłączy oraz urządzeń towarzyszących. • Skrócenie sezonu grzewczego i spadek sprzedaży ciepła sieciowego, wpływające na ekonomikę systemu.	ŚREDNIA

Sektor funkcjonowania miasta	Analizowane elementy	Zagrożenia klimatyczne i ich pochodne	Skutki zagrożeń klimatycznych wpływające na wrażliwość	Klasa wrażliwości sektora (niska/ średnia/ wysoka)
	• Postępująca elektryfikacja i dekarbonizacja.		• Ryzyko ograniczenia podaży biomasy rolniczej w latach o niskich plonach, wynikających z suszy.	

źródło: opracowanie własne

Najwyższą wrażliwość przypisano gospodarce wodnej oraz różnorodności biologicznej. W obu przypadkach decyduje o tym ten sam czynnik: zlewnia Gardęgi jest silnie i ekstremalnie zagrożona suszą, a jednocześnie jednolite części wód obejmujące obszar miasta znajdują się w złym stanie ogólnym i są zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych. W przypadku gospodarki wodnej dodatkowym czynnikiem jest brak zorganizowanej kanalizacji deszczowej. W przypadku różnorodności biologicznej najbardziej narażone są ekosystemy zależne od wody: torfowiska, oczka wodne, tereny podmokłe i jeziora eutroficzne, czyli dokładnie te elementy, które decydują o walorach przyrodniczych gminy.

Średnią wrażliwość przypisano zdrowiu publicznemu, transportowi i energetyce. W przypadku zdrowia publicznego obciążenie termiczne rośnie, a deficyt zadrzewień ogranicza możliwość zacienienia przestrzeni publicznych, jednak niewielka skala miasta oraz dobra jakość powietrza, wynikająca z oparcia systemu ciepłowniczego na biomasie i objęcia nim około 95% zabudowy miejskiej, łagodzą skutki. W transporcie skutki mają charakter lokalny i okresowy, a w energetyce wrażliwość równoważą własne źródła odnawialne oraz dobrze rozwinięty system ciepłowniczy.

5. Ocena potencjału adaptacyjnego miasta do zmian klimatu

Potencjał adaptacyjny miasta do zmian klimatu to zdolność miasta do przygotowania się na skutki zmian klimatu, ograniczania ich negatywnych konsekwencji oraz sprawnego reagowania na zagrożenia, takie jak upały, susze, intensywne opady, podtopienia, powodzie miejskie, silny wiatr czy pogorszenie jakości powietrza.

Potencjał ten tworzą przede wszystkim zasoby, którymi miasto dysponuje i które może wykorzystać w działaniach adaptacyjnych. Należą do nich m.in. środki finansowe, kadra urzędnicza i ekspercka, sprawne instytucje, infrastruktura techniczna, system zarządzania kryzysowego, dostęp do danych i analiz, zieleń miejska, systemy retencji oraz poziom świadomości i zaangażowania mieszkańców.

Inaczej mówiąc, potencjał adaptacyjny pokazuje, czy miasto ma odpowiednie narzędzia, zasoby i organizację, aby radzić sobie ze zmianami klimatu. Im większy potencjał adaptacyjny, tym łatwiej miastu ograniczać skutki ekstremalnych zjawisk pogodowych, chronić mieszkańców, zabezpieczać infrastrukturę i planować rozwój w sposób odporny na zmieniające się warunki klimatyczne. Dzięki temu możliwe jest lepsze dopasowanie działań adaptacyjnych do realnych możliwości miasta oraz wyznaczenie priorytetów w zakresie budowania jego odporności klimatycznej.

W ocenie potencjału adaptacyjnego przyjęto skalę zgodnie z „Podręcznikiem adaptacji dla miast, aktualizacja 2023. Wytyczne do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu":

- ✓ **Wysoki potencjał adaptacyjny:** miasto jest przygotowane do adaptacji do skutków zmian klimatu,
- ✓ **Średni potencjał adaptacyjny:** miasto jest przygotowane jedynie częściowo do działań zmniejszających negatywny wpływ skutków zmian klimatu,
- ✓ **Niski potencjał adaptacyjny:** miasto nie jest przygotowane do zmniejszania wrażliwości na skutki zmian klimatu i każda zmiana lub próba adaptacji będzie wiązała się ze znacznymi kosztami i wysiłkiem.

W szczególności potencjał adaptacyjny miasta tworzą:

1. **Zasoby finansowe** – środki budżetowe, możliwość pozyskiwania funduszy zewnętrznych, zdolność do finansowania inwestycji adaptacyjnych, np. retencji, zieleni miejskiej, modernizacji kanalizacji deszczowej czy ochrony przeciwpowodziowej.

2. **Zasoby ludzkie** – pracownicy urzędu, jednostek gminnych, służb komunalnych, zarządzania kryzysowego oraz eksperci posiadający wiedzę i doświadczenie potrzebne do planowania i wdrażania działań adaptacyjnych. W tym przypadku istotny jest również kapitał ludzki (dynamika zmian ludności w mieście), czy kapitał społeczny, czyli stopień zaangażowania społeczeństwa.
3. **Zasoby instytucjonalne** – sprawne struktury administracyjne, procedury reagowania kryzysowego, współpraca między wydziałami urzędu, jednostkami gminnymi, służbami ratowniczymi, mieszkańcami i podmiotami zewnętrznymi.
4. **Zasoby infrastrukturalne** – istniejąca infrastruktura techniczna i komunalna, w tym kanalizacja deszczowa, systemy odwodnienia, zbiorniki retencyjne, sieci energetyczne, transport publiczny, obiekty ochrony zdrowia, infrastruktura wodociągowo-kanalizacyjna oraz tereny zieleni.
5. **Zasoby wiedzy i informacji** – dane klimatyczne, mapy zagrożeń, analizy ryzyka, monitoring środowiska, dokumenty strategiczne, plany adaptacji, doświadczenia z wcześniejszych zdarzeń ekstremalnych oraz świadomość klimatyczna mieszkańców.

Zasoby finansowe

Kisielice są niewielką gminą miejsko-wiejską, co w naturalny sposób ogranicza skalę środków możliwych do przeznaczenia na działania adaptacyjne ze źródeł własnych. Istotnym czynnikiem wyróżniającym gminę są jednak wpływy związane z funkcjonowaniem instalacji odnawialnych źródeł energii zlokalizowanych na jej terenie oraz wieloletnie doświadczenie w pozyskiwaniu środków zewnętrznych na inwestycje energetyczne, potwierdzone realizacją ciepłowni na biomasę, biogazowni i instalacji fotowoltaicznej. Doświadczenie to przekłada się na zdolność przygotowywania wniosków i prowadzenia projektów inwestycyjnych, co przy dostępnych programach wsparcia adaptacji do zmian klimatu stanowi realny atut.

W latach 2024-2025 Gmina Kisielice zrealizowała następujące inwestycje związane z adaptacją do zmian klimatu i rozwojem zielono-błękitnej infrastruktury:

- **Infrastruktura wodno-kanalizacyjna i ochrona wód:**
    - **Modernizacja Oczyszczalni Ścieków w Kisielicach:** Zrealizowano zadanie obejmujące budowę automatycznych systemów sterowania, zadaszenie laguny, modernizację reaktorów biologicznych, osadnika wtórnego, stacji napowietrzania oraz instalacji elektrycznej.
    - **Budowa lokalnych osiedlowych oczyszczalni ścieków:** W partnerstwie ze Związkiem Gmin „Jeziorak” przystąpiono do projektu wymiany nieszczelnych

szamb na 10 nowych, szczelnych zbiorników w miejscowościach Jędrychowo, Trupel i Ogrodzieniec, co ogranicza zanieczyszczenie wód podziemnych i emisję CO_2.

- **Zagospodarowanie terenów rekreacyjnych i elementów zieleni:**
    - **Projekt „Złota Rybka spełnia marzenia" w Goryniu:** Wybudowano drewnianą altanę rekreacyjną, pomost oraz zabezpieczono nabrzeże stawu koszami gabionowymi, wykorzystując trwałe i przyjazne środowisku materiały.
    - **Zagospodarowanie terenów przy placówkach publicznych:** Przeprowadzono remont i zagospodarowanie terenu wokół Zespołu Szkół w Kisielicach (obejmujące boisko wielofunkcyjne i zieleń) oraz terenu Promenady w Kisielicach.

Potencjał adaptacyjny zasobów finansowych: ŚREDNI

Zasoby ludzkie

Mieszkańcy Kisielic stanowią podstawowy kapitał społeczny miasta, którego zaangażowanie ma znaczenie dla skuteczności realizacji działań adaptacyjnych. Szczególne znaczenie ma aktywny udział społeczności lokalnej w procesach konsultacyjnych, edukacyjnych oraz inicjatywach związanych z ochroną środowiska, zwiększaniem retencji czy poprawą jakości przestrzeni publicznych. Wiedza mieszkańców dotycząca lokalnych uwarunkowań, występujących problemów oraz miejsc szczególnie narażonych na skutki ekstremalnych zjawisk pogodowych stanowi cenne uzupełnienie danych eksperckich wykorzystywanych w planowaniu działań adaptacyjnych.

Liczba mieszkańców miasta jest niewielka, a struktura demograficzna gminy wykazuje cechy charakterystyczne dla obszarów wiejskich województwa warmińsko-mazurskiego: ubytek ludności oraz rosnący udział osób w wieku poprodukcyjnym. Współczynnik obciążenia demograficznego (liczba osób w wieku nieprodukcyjnym na 100 osób w wieku produkcyjnym) w Kisielicach wynosi 76,1, co jest wartością znacznie wyższą od średniej krajowej (wynoszącej ok. 55). Rosnący udział seniorów zwiększa znaczenie działań ukierunkowanych na ochronę grup szczególnie wrażliwych, ponieważ to one najdotkliwiej odczuwają skutki fal upałów, nocy tropikalnych, gwałtownych zmian pogody oraz utrudnień komunikacyjnych wywołanych zjawiskami ekstremalnymi. Kadra urzędu jest nieliczna i nie obejmuje komórki dedykowanej polityce klimatycznej, co oznacza, że zadania adaptacyjne będą realizowane przez pracowników odpowiedzialnych jednocześnie za inne obszary. Z drugiej strony niewielka skala organizacji ułatwia koordynację działań i skraca drogę decyzyjną.

Mocną stroną miasta jest aktywność obywatelska. Funkcjonujący w gminie budżet obywatelski stanowi sprawdzony mechanizm, który może być wykorzystany do finansowania rozwiązań mikroretencyjnych, nasadzeń drzew i poprawy jakości przestrzeni publicznych z inicjatywy samych mieszkańców, a przy tym buduje społeczne poparcie dla działań adaptacyjnych.

Potencjał adaptacyjny zasobów ludzkich: ŚREDNI

Zasoby instytucjonalne

Zadania publiczne realizują Rada Miejska jako organ stanowiący i kontrolny oraz Burmistrz jako organ wykonawczy. Urząd Miejski składa się z następujących Referatów: Referat Finansów, Referat Społeczno-Administracyjny, Referat Rozwoju Gminy, Referat Organizacyjny oraz Referat Oświaty. Pozwala to na przypisanie zadań adaptacyjnych do istniejących komórek, choć w strukturze nie wyodrębniono komórki dedykowanej polityce klimatycznej, przez co zadania te rozkładają się między wydziały odpowiedzialne za gospodarkę komunalną, inwestycje i planowanie przestrzenne.

Najmocniejszą stroną Kisielic są zasoby instytucjonalne. Gmina dysponuje spółką komunalną odpowiadającą jednocześnie za zaopatrzenie w wodę, odprowadzanie ścieków oraz ciepłownictwo, co pozwala wdrażać działania we własnych strukturach, bez konieczności uzgodnień z wieloma podmiotami zewnętrznymi. Unikalnym w skali kraju atutem jest doświadczenie we wdrażaniu rozwiązań energetycznych: Kisielice jako pierwsza gmina w Polsce osiągnęły samowystarczalność energetyczną, realizując kolejno ciepłownię na biomasę, farmy wiatrowe, biogazownię rolniczą oraz instalację fotowoltaiczną. Potwierdza to zdolność do prowadzenia długofalowej polityki inwestycyjnej i do współpracy z mieszkańcami oraz rolnikami dostarczającymi surowiec. Uzupełnieniem jest uchwalony plan ogólny wraz z prognozą oddziaływania na środowisko, zawierający aktualną diagnozę środowiskową.

Burmistrz Kisielic powołał Gminny Zespół Zarządzania Kryzysowego. Do zadań zespołu należy:

- ocena występujących i potencjalnych zagrożeń mogących mieć wpływ na bezpieczeństwo publiczne i prognozowanie zagrożeń;
- przygotowanie propozycji decyzji i wniosków oraz przedstawienie ich Przewodniczącemu do akceptacji;
- przygotowanie i przekazanie do wiadomości publicznej informacji związanych z zagrożeniami;
- opiniowanie Gminnego Planu Zarządzania Kryzysowego.

Działania te stanowią element potencjału adaptacyjnego miasta w zakresie reagowania na sytuacje kryzysowe, ograniczania ich skutków oraz zapewnienia bezpieczeństwa mieszkańców.

Potencjał adaptacyjny zasobów instytucjonalnych: WYSOKI

Zasoby infrastrukturalne

Zasoby infrastrukturalne Kisielic obejmują systemy techniczne i komunikacyjne zapewniające prawidłowe funkcjonowanie miasta oraz obsługę mieszkańców, podmiotów gospodarczych i instytucji publicznych. Obejmują one przede wszystkim infrastrukturę transportową, wodno-kanalizacyjną, energetyczną, gazową, ciepłowniczą oraz infrastrukturę społeczną.

Miasto stanowi centralny element gminnych systemów wodociągowego i kanalizacyjnego, obsługiwanych przez Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych w Kisielicach. To tutaj zlokalizowane są podstawowe obiekty infrastruktury — stacja uzdatniania wody oraz oczyszczalnia ścieków — a stopień wyposażenia w sieci jest wyraźnie wyższy niż na terenach wiejskich gminy. Długość sieci wodociągowej w granicach miasta wynosiła w 2025 r. 11,2 km i od 2020 r. utrzymuje się na tym samym poziomie, przy rosnącej liczbie podłączonych budynków, która osiągnęła 312. Z sieci korzysta niemal 100% mieszkańców.

Bezpieczeństwo zaopatrzenia w wodę należy uznać za mocną stronę miasta. Woda czerpana jest z ujęć wód podziemnych, a zasoby czwartorzędowego poziomu wodonośnego w granicach Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 210 wykorzystywane są w stopniu nieprzekraczającym 5% zasobów eksploatacyjnych. Oznacza to odporność dostaw na skutki suszy hydrologicznej — sytuację odmienną niż w miastach opierających zaopatrzenie na ujęciach powierzchniowych, gdzie niżówki bezpośrednio zagrażają dostawom. Dodatkowym czynnikiem wzmacniającym system jest prowadzona obecnie budowa nowej stacji uzdatniania wody w Kisielicach, która poprawi niezawodność dostaw i jakość wody. Wysoki poziom zwodociągowania ogranicza przy tym presję na indywidualne ujęcia i sprzyja zachowaniu równowagi hydrogeologicznej.

Inaczej przedstawia się kanalizacja sanitarna. Zgodnie z danymi GUS do sieci podłączonych jest 93,1% mieszkańców miasta, podczas gdy w skali całej gminy wskaźnik ten wynosi 45,1%. Oznacza to, że system kanalizacyjny obejmuje praktycznie całą zabudowę Kisielic, a zbiorniki bezodpływowe i przydomowe oczyszczalnie, stanowiące potencjalne źródło zanieczyszczenia wód gruntowych podczas podtopień, koncentrują się na terenach wiejskich gminy, poza granicami miasta.

Równie korzystnie przedstawia się ciepłownictwo: sieć o długości 15,9 km obsługuje 280 odbiorców i obejmuje około 95% zabudowy miejskiej, a źródłem ciepła jest biomasa uzupełniana

latem ciepłem z biogazowni. Ogranicza to niską emisję z indywidualnych źródeł ciepła i zmniejsza wrażliwość miasta na pogorszenie jakości powietrza w sezonie grzewczym.

Ograniczeniem pozostaje natomiast brak zorganizowanej kanalizacji deszczowej. Odprowadzanie wód opadowych opiera się wyłącznie na rozwiązaniach lokalnych, co oznacza, że miasto nie dysponuje infrastrukturą zdolną przyjąć spływ podczas opadów nawalnych, a reakcja na takie zdarzenia zależy od chłonności gruntu i drożności rowów. Przy podłożu zbudowanym z glin o niewielkiej przepuszczalności jest to ograniczenie istotne.

Potencjał adaptacyjny zasobów infrastrukturalnych: WYSOKI

Zasoby wiedzy i informacji

Podstawę rozpoznania uwarunkowań środowiskowych stanowi aktualna diagnoza zawarta w prognozie oddziaływania na środowisko planu ogólnego, obejmująca budowę geologiczną, gleby, wody powierzchniowe i podziemne oraz zasoby przyrodnicze. Uzupełniają ją dokumenty sektorowe: „Projekt założeń do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla Miasta i Gminy Kisielice na lata 2024–2038", określający kierunki maksymalnego wykorzystania energii odnawialnej i podnoszenia efektywności energetycznej, oraz „Program Ochrony Środowiska dla Gminy Kisielice na lata 2024–2027 z perspektywą do roku 2031". Oba dokumenty wyznaczają ramy dla działań, które pokrywają się z celami adaptacji, przede wszystkim w zakresie energetyki i ochrony powietrza.

Mieszkańcy mają dostęp do wsparcia informacyjnego i doradczego. Na terenie miasta funkcjonuje punkt konsultacyjny programu „Czyste Powietrze", w którym można uzyskać informacje o zasadach i warunkach udziału w programie, a także skorzystać z pomocy przy przygotowaniu, wypełnieniu i złożeniu wniosków o dofinansowanie wymiany nieefektywnych źródeł ciepła oraz przedsięwzięć termomodernizacyjnych. Komunikację z mieszkańcami zapewniają oficjalne kanały informacyjne miasta, w tym strona internetowa i Biuletyn Informacji Publicznej, które mogą zostać wykorzystane również do przekazywania ostrzeżeń i zaleceń w okresach upałów, suszy czy gwałtownych zjawisk pogodowych.

Istotną luką pozostaje natomiast brak danych lokalnych i narzędzi operacyjnych. Na terenie miasta i gminy nie zamontowano również czujników jakości powietrza, które umożliwiałyby mieszkańcom śledzenie bieżących odczytów.

Potencjał adaptacyjny zasobów wiedzy i informacji: ŚREDNI

6. Analiza podatności miasta na zmiany klimatu

Niniejszy rozdział przedstawia wyniki przestrzennej analizy podatności Miasta Kisielice na zmiany klimatu. Analiza łączy ustalenia poprzednich rozdziałów opracowania: ocenę ekspozycji wskazującą na rosnące obciążenie termiczne oraz koncentrację opadów przy wydłużających się okresach bezopadowych (rozdz. 3), sektorową ocenę wrażliwości identyfikującą gospodarkę wodną oraz różnorodność biologiczną jako sektory najbardziej narażone (rozdz. 4), a także ocenę potencjału adaptacyjnego miasta, ocenionego jako średni z elementami wysokiego (rozdz. 5).

Celem rozdziału jest wskazanie obszarów miasta, w których kombinacja narażenia i wrażliwości tworzy największe wyzwanie adaptacyjne, oraz przygotowanie podstaw do analizy ryzyka klimatycznego (rozdz. 7) i opracowania działań adaptacyjnych.

6.1 Metodyka analizy podatności

Podatność rozumiana jest, zgodnie z „Podręcznikiem adaptacji dla miast, aktualizacja 2023", jako stopień, w jakim miasto nie jest zdolne poradzić sobie z negatywnymi skutkami zmian klimatu. Stanowi ona wypadkową trzech wielkości określonych we wcześniejszych rozdziałach: ekspozycji na zjawiska klimatyczne, wrażliwości poszczególnych sektorów funkcjonowania miasta oraz potencjału adaptacyjnego. Im wyższa wrażliwość i niższy potencjał adaptacyjny, tym wyższa podatność.

Analizę przeprowadzono dwutorowo. W ujęciu sektorowym zestawiono klasy wrażliwości pięciu sektorów z oceną zasobów tworzących potencjał adaptacyjny miasta. W ujęciu przestrzennym oceniono zróżnicowanie podatności w granicach administracyjnych Kisielic, a następnie wyniki obu podejść scalono, wyznaczając obszary podatności wraz z hierarchią priorytetów działań adaptacyjnych.

W analizie przestrzennej zastosowano pięć kryteriów oceny: udział powierzchni utwardzonych i intensywność zabudowy, udział i dostępność terenów zieleni wraz z pokryciem koronami drzew, położenie w stosunku do kierunków spływu wód opadowych i lokalnych obniżeń terenu, gęstość zaludnienia wraz z udziałem grup wrażliwych oraz funkcję terenu i lokalizację obiektów użyteczności publicznej. Każdemu kryterium przypisano ocenę cząstkową w skali trzystopniowej, a klasę podatności obszaru wyznaczono jako ich wypadkową, z pierwszeństwem kryteriów oddziałujących bezpośrednio na zdrowie i bezpieczeństwo mieszkańców.

6.2 Podatność sektorowa

Zestawienie klas wrażliwości z rozdziału 4 z oceną potencjału adaptacyjnego z rozdziału 5 prowadzi do wyników przedstawionych w poniższej tabeli.

Tabela 9. Podatność sektorów funkcjonowania Miasta Kisielice na zmiany klimatu

Sektor	Klasa wrażliwości (rozdz. 4)	Potencjał adaptacyjny sektora (rozdz. 5)	Klasa podatności	Uzasadnienie
Gospodarka wodna	wysoka	zróżnicowany	**wysoka**	Wysoki potencjał dotyczy zaopatrzenia w wodę, opartego na zasobach podziemnych wykorzystywanych w stopniu poniżej 5%, oraz kanalizacji sanitarnej obejmującej 93,1% mieszkańców miasta. Nie równoważy on jednak braku zorganizowanej kanalizacji deszczowej ani ekstremalnego zagrożenia suszą w zlewni Gardęgi
Różnorodność biologiczna	wysoka	niski	**wysoka**	Zasób przyrodniczy miasta jest ubogi: lesistość wynosi 0,8%, a w granicach miasta nie występują obszary prawnie chronione. Siedliska zależne od wody, w tym Jezioro Miejskie z otoczeniem podmokłym i drobne zbiorniki, są najbardziej narażone na skutki suszy, a przy tak niewielkim zasobie każda strata jest trudna do skompensowania
Zdrowie publiczne	średnia	średni	**średnia**	Rosnące obciążenie termiczne i starzenie się społeczeństwa równoważone są niewielką skalą miasta oraz dobrą jakością powietrza, wynikającą z objęcia około 95% zabudowy miejskiej ciepłem sieciowym z biomasy
Transport	średnia	średni	**średnia**	Brak odwodnienia pasów drogowych zwiększa podatność układu komunikacyjnego, jednak skutki mają charakter lokalny i okresowy, a brak infrastruktury kolejowej ogranicza liczbę elementów wrażliwych
Energetyka	średnia	wysoki	**niska**	Własne źródła energii odnawialnej, ciepłownia na biomasę obejmująca około 95% zabudowy miejskiej oraz status gminy samowystarczalnej energetycznie znacząco ograniczają skutki zjawisk klimatycznych dla tego sektora

Źródło: opracowanie własne

Najwyższą podatność wykazują gospodarka wodna oraz różnorodność biologiczna, przy czym w każdym przypadku decydują o tym inne przyczyny. W gospodarce wodnej wysoki potencjał infrastrukturalny dotyczy zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków, nie równoważy natomiast braku zorganizowanej kanalizacji deszczowej ani ekstremalnego zagrożenia suszą w zlewni Gardęgi. W przypadku różnorodności biologicznej wysoka wrażliwość sektora łączy się

z niskim potencjałem adaptacyjnym, co daje najwyższą możliwą podatność. Decyduje o tym charakter zasobu: najcenniejsze przyrodniczo elementy miasta, czyli Jezioro Miejskie z otoczeniem podmokłym, drobne zbiorniki i oczka wodne oraz dolina Gardzięgi, są jednocześnie najbardziej wrażliwe na suszę. Zasób ten jest przy tym wyjątkowo ubogi: lesistość miasta wynosi 0,8%, a w granicach administracyjnych nie występują obszary prawnie chronione, przez co nie istnieją tereny zapasowe mogące przejąć funkcje siedlisk utraconych.

Najniższą podatność przypisano energetyce. Jest to wynik nietypowy dla miast tej wielkości, wynikający z własnych źródeł energii odnawialnej oraz systemu ciepłowniczego opartego na biomasie, obejmującego około 95% zabudowy miejskiej. Sektory zdrowia publicznego i transportu charakteryzują się podatnością średnią, przy czym w obu przypadkach skutki zjawisk klimatycznych mają charakter lokalny i okresowy.

6.3 Przestrzenne zróżnicowanie podatności

Obciążenie termiczne. Zjawiska termiczne odczuwalne są najsilniej w centralnej części miasta, gdzie udział powierzchni utwardzonych jest najwyższy, a zieleń ogranicza się do pojedynczych drzew i niewielkich skwerów. Pokrycie koronami drzew w skali miasta wynosi 6,9%, co oznacza, że nawet przy wysokim udziale terenów otwartych brakuje zacienienia tam, gdzie przebywa najwięcej ludzi. Wzmocnienia obciążenia występują również na rozległych powierzchniach utwardzonych terenów produkcyjnych.

Spływ powierzchniowy i podtopienia. Miasto nie dysponuje zorganizowaną kanalizacją deszczową, a odprowadzanie wód opadowych opiera się wyłącznie na rozwiązaniach lokalnych, rowach i infiltracji. Przy podłożu zbudowanym z glin zwałowych o niewielkiej przepuszczalności oznacza to, że po opadach nawalnych woda gromadzi się w lokalnych obniżeniach terenu. Analiza numerycznego modelu terenu wykazała liczne, równomiernie rozproszone zastoiska wodne, przy czym najgłębsze z nich występują poza zwartą zabudową, a w centrum mają charakter drobny i płytki.

Zagrożenie powodziowe. Obszary zagrożenia powodziowego obejmują 2,04% powierzchni miasta przy wodzie dziesięcioletniej, 4,05% przy stuletniej i 6,19% przy pięćsetletniej, ograniczając się do doliny Gardzięgi w południowo-wschodniej części miasta. W ich zasięgu znajduje się jeden budynek przy wodzie stuletniej i dwa przy pięćsetletniej, w obu przypadkach niemieszkalne. Zwarta zabudowa rozwinęła się poza doliną rzeczną, co istotnie ogranicza ekspozycję miasta na to zagrożenie.

Zasoby zieleni i wód. Tereny niezabudowane zajmują około 85% powierzchni miasta, jednak ich rozkład jest nierównomierny: tereny rolne tworzą zewnętrzny pierścień, roślinność trawiasta wypełnia przestrzenie pomiędzy pasmami zabudowy, a zieleń wysoka występuje w ilości

śladowej. Szczególne znaczenie mają Jezioro Miejskie wraz z otaczającymi je terenami podmokłymi oraz dolina Gardzięgi — są to jednocześnie najcenniejsze przyrodniczo i najbardziej wrażliwe na suszę elementy systemu miejskiego.

Ludność i grupy wrażliwe. Struktura demograficzna miasta wykazuje ubytek ludności w wieku przedprodukcyjnym i produkcyjnym przy rosnącym udziale osób w wieku poprodukcyjnym. Podatność społeczna koncentruje się w zabudowie wielorodzinnej centralnej części miasta oraz wokół obiektów użyteczności publicznej, skupionych w tym samym obszarze.

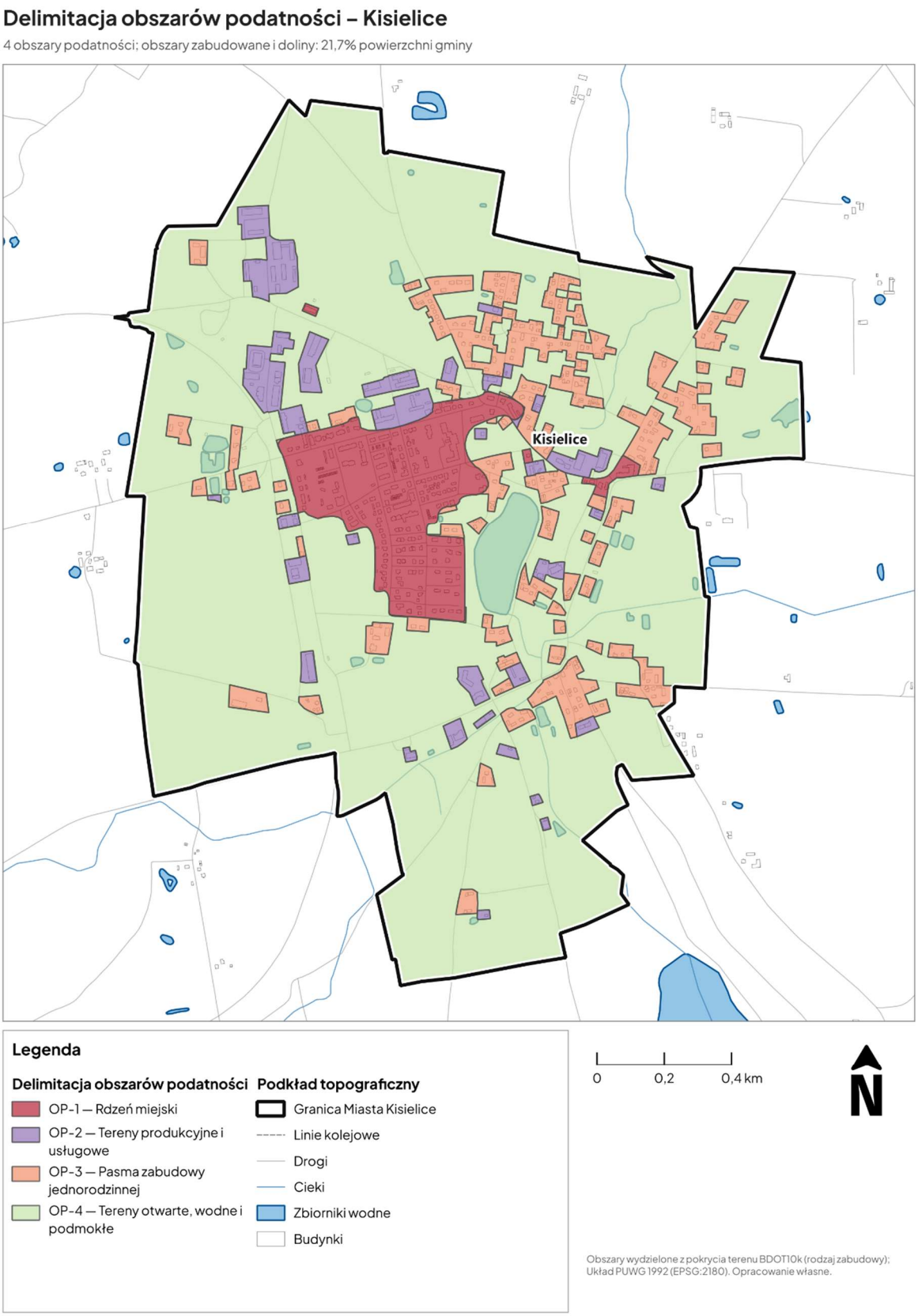
6.4 Obszary podatności i hierarchia priorytetów

Na podstawie przeprowadzonej analizy wyznaczono cztery obszary podatności (OP-1 – OP-4).

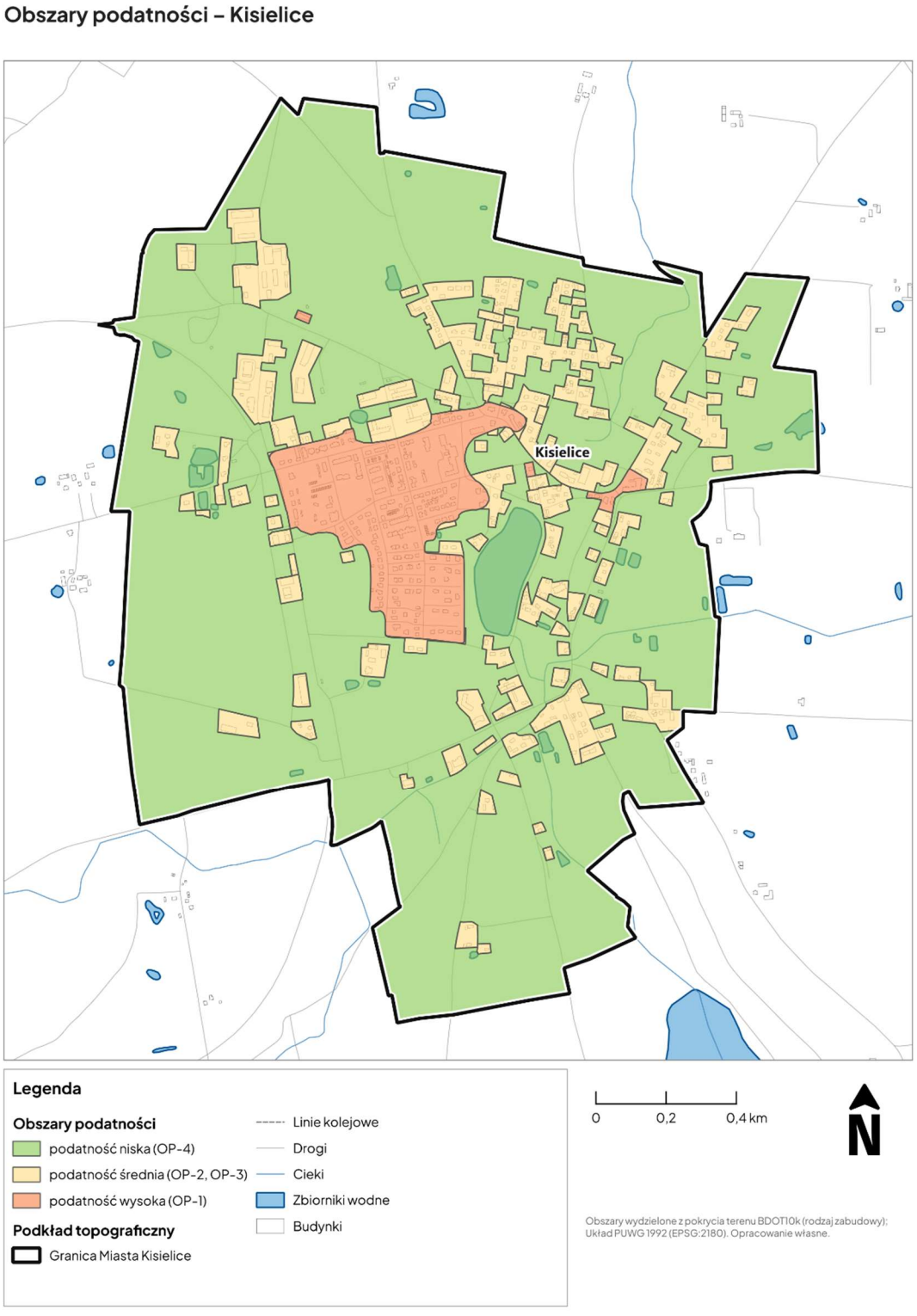
Tabela 10. Obszary podatności Miasta Kisielice

Obszar	Charakterystyka i dominujące czynniki podatności	Klasa podatności	Priorytet
OP-1. Rdzeń miejski	Zwarta zabudowa mieszkaniowa wielorodzinna i handlowo-usługowa w centralnej części miasta; najwyższy udział powierzchni utwardzonych i najmniejszy udział zieleni, deficyt zacienienia przy pokryciu koronami drzew wynoszącym 6,9%, koncentracja mieszkańców, usług i obiektów użyteczności publicznej, brak odwodnienia	**wysoka**	**I**
OP-2. Tereny produkcyjne i usługowe	Skupiska zabudowy produkcyjnej w części północno-zachodniej, przy zachodnim wlocie do miasta oraz w rejonie południowo-wschodnim; rozległe powierzchnie utwardzone, dachy hal i place składowe, z których spływ odprowadzany jest wyłącznie powierzchniowo	**średnia**	**II**
OP-3. Pasma zabudowy jednorodzinnej	Zabudowa jednorodzinna rozciągnięta wzdłuż dróg wylotowych, przede wszystkim w kierunku północnym i wschodnim; ogrody przydomowe łagodzą przegrzewanie, lecz lokalne obniżenia terenu i brak odwodnienia powodują podtopienia posesji po opadach nawalnych	**średnia**	**III**
OP-4. Tereny otwarte, wodne i podmokłe	Jezioro Miejskie wraz z otoczeniem podmokłym, dolina Gardzięgi, grunty rolne tworzące zewnętrzny pierścień miasta oraz niewielkie kompleksy leśne; znikome zaludnienie i brak zabudowy, lecz najwyższa wrażliwość ekosystemów zależnych od wody na suszę	**niska dla zabudowy, wysoka dla ekosystemów**	**IV**

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 18. Delimitacja obszarów podatności Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)



Rysunek 19. Obszary podatności Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

Obszar OP-1 charakteryzuje się najwyższą podatnością w skali miasta. Kumulują się w nim najwyższy udział powierzchni utwardzonych, deficyt zieleni wysokiej, koncentracja mieszkańców i usług oraz brak odwodnienia. Działania adaptacyjne wymagają tu rozwiązań wprowadzanych

w ograniczonej przestrzeni: nasadzeń drzew zapewniających zacienienie, rozszczelniania nawierzchni i mikroretencji przy obiektach.

Obszar OP-2 obejmuje tereny produkcyjne i usługowe o rozległych powierzchniach utwardzonych, z których spływ odprowadzany jest wyłącznie powierzchniowo. Jest to obszar o niewielkiej liczbie mieszkańców, lecz istotnym udziale w generowaniu spływu i w potencjalnym przenoszeniu zanieczyszczeń do gruntu i rowów. Działania powinny koncentrować się na retencji przy obiektach oraz na podczyszczaniu wód opadowych.

Obszar OP-3 cechuje średnia podatność przy rozproszonej ekspozycji ludności. Ogrody przydomowe łagodzą przegrzewanie, jednak lokalne obniżenia terenu i brak odwodnienia powodują podtopienia posesji. Skuteczne ograniczanie podatności wymaga działań powszechnych i powtarzalnych: retencji przydomowej, nawierzchni przepuszczalnych i nasadzeń.

Obszar OP-4 ma najniższą podatność systemową ze względu na znikome zaludnienie, lecz najwyższą wrażliwość przyrodniczą. Jezioro Miejskie, tereny podmokłe i dolina Gardzięgi stanowią podstawowy zasób retencyjny i termiczny miasta, a jednocześnie są najbardziej narażone na skutki suszy. Ich ochrona przed zasypywaniem, odwadnianiem i zabudową jest warunkiem skuteczności pozostałych działań.

6.5 Wnioski z analizy podatności

Najwyższą podatność zidentyfikowano w obszarze OP-1, czyli w zabudowie centralnej części miasta, gdzie kumulują się wysokie uszczelnienie, niedobór zieleni wysokiej i koncentracja użytkowników przestrzeni, oraz w obszarze OP-4 w odniesieniu do ekosystemów zależnych od wody. W ujęciu sektorowym najwyższą podatność przypisano gospodarce wodnej i różnorodności biologicznej — obu sektorom o wysokiej wrażliwości, których skutki zmian klimatu dotyczą tego samego zasobu, czyli wody.

Podatność Kisielic ma charakter odmienny niż w miastach położonych nad dużymi rzekami. Zagrożenie powodziowe jest marginalne, natomiast podstawowym wyzwaniem są susza oraz brak infrastruktury zdolnej przyjąć spływ podczas opadów nawalnych. Oznacza to, że działania adaptacyjne powinny koncentrować się na zatrzymywaniu wody, a nie na jej odprowadzaniu.

Potencjał adaptacyjny miasta, oceniony jako średni z elementami wysokiego, istotnie obniża poziom podatności, przede wszystkim dzięki zasobom instytucjonalnym i infrastrukturalnym.

7. Analiza ryzyka związanego ze zmianami klimatu i szans wynikających z tych zmian dla miasta

Analiza ryzyka klimatycznego dla Miasta Kisielice stanowi podsumowanie wcześniejszych etapów diagnostycznych. Ryzyko rozumiane jest jako możliwość wystąpienia negatywnych skutków zjawisk klimatycznych dla mieszkańców, infrastruktury, środowiska, gospodarki oraz funkcjonowania usług publicznych. Jego poziom zależy od prawdopodobieństwa wystąpienia danego zjawiska, skali potencjalnych skutków oraz zdolności miasta do reagowania i ograniczania strat.

7.1 Metodyka analizy ryzyka klimatycznego

Analizę ryzyka przeprowadzono w oparciu o czterostopniową procedurę, której punktem wyjścia są wyniki wcześniejszych rozdziałów części diagnostycznej.

Krok 1. Identyfikacja zjawisk klimatycznych. Wyodrębniono kluczowe zjawiska i procesy klimatyczne istotne dla Miasta Kisielice, dla których w rozdziale 3 określono trendy obserwowane, projekcje zmian oraz stopień ekspozycji miasta. Obejmują one zjawiska termiczne, opadowe, hydrologiczne i wiatrowe, a także zjawiska pochodne, w tym miejską wyspę ciepła, powodzie miejskie oraz pogorszenie jakości powietrza.

Krok 2. Oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zjawiska. Prawdopodobieństwo określono w skali czterostopniowej (małe, średnie, duże, bardzo duże) na podstawie danych historycznych ze stacji meteorologicznej w Olsztynie z lat 1993–2025, danych hydrologicznych ze stacji Dziarny na Iławce oraz scenariuszy klimatycznych RCP 4.5 i RCP 8.5 dla horyzontu 2070 r., opracowanych przez IOŚ-PIB dla obszaru powiatu iławskiego.

Krok 3. Oszacowanie skali skutków. Skalę skutków określono w skali czterostopniowej (niewielkie, umiarkowane, duże, bardzo duże) na podstawie klasy wrażliwości sektora (rozdz. 4), klasy podatności obszaru, w którym dane zjawisko oddziałuje najsilniej (rozdz. 6), liczby mieszkańców i użytkowników przestrzeni narażonych na jego skutki oraz zasięgu potencjalnych strat w infrastrukturze, środowisku i gospodarce. Skutki rozpatrywano łącznie w wymiarze zdrowotnym, materialnym, środowiskowym i społecznym.

Krok 4. Wyznaczenie poziomu ryzyka. Poziom ryzyka wyznaczono jako funkcję prawdopodobieństwa i skutków zgodnie z macierzą ryzyka 4×4, zaprezentowaną w tabeli poniżej. Wyróżniono pięć klas ryzyka: bardzo niskie, niskie, średnie, wysokie i bardzo wysokie. Ryzyka sklasyfikowane jako wysokie i bardzo wysokie wymagają niezwłocznego ujęcia w działaniach

adaptacyjnych, ryzyka średnie są przedmiotem działań planowych w horyzoncie krótko- i średnioterminowym, natomiast ryzyka niskie i bardzo niskie podlegają monitorowaniu oraz uwzględnieniu w długoterminowej polityce miasta.

Tabela 11. Macierz ryzyka klimatycznego

	Skutki niewielkie	Skutki umiarkowane	Skutki duże	Skutki bardzo duże
Prawdopodobieństwo bardzo duże	**Średnie**	**Wysokie**	**Bardzo wysokie**	**Bardzo wysokie**
Prawdopodobieństwo duże	**Niskie**	**Średnie**	**Wysokie**	**Bardzo wysokie**
Prawdopodobieństwo średnie	**Bardzo niskie**	**Niskie**	**Średnie**	**Wysokie**
Prawdopodobieństwo małe	**Bardzo niskie**	**Bardzo niskie**	**Niskie**	**Średnie**

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Podręcznika adaptacji dla miast, aktualizacja 2023" (IOŚ-PIB 2023)

7.2 Identyfikacja i ocena ryzyk klimatycznych dla Miasta Kisielice

Na podstawie wyników analizy ekspozycji, wrażliwości sektorowej oraz przestrzennej podatności miasta zidentyfikowano kluczowe ryzyka klimatyczne. Każdemu ryzyku przypisano prawdopodobieństwo wystąpienia, skalę skutków oraz wynikowy poziom ryzyka. Wyniki zestawiono w poniższej tabeli.

Tabela 12. Ocena ryzyk klimatycznych dla Miasta Kisielice

Ryzyko klimatyczne	Sektor / obszar najbardziej narażony	Prawdopodo-bieństwo	Skala skutków	Poziom ryzyka	Główne skutki
Susza i wydłużanie okresów bezopadowych	Gospodarka wodna, różnorodność biologiczna (OP-4)	duże	duże	**Wysokie**	Obniżenie przepływów i poziomu wód gruntowych w zlewni silnie i ekstremalnie zagrożonej suszą, przesuszanie torfowisk, oczek wodnych i terenów podmokłych, pogorszenie kondycji zieleni, straty w uprawach.
Degradacja ekosystemów zależnych od wody	Różnorodność biologiczna (OP-4)	duże	duże	**Wysokie**	Utrata siedlisk gatunków wodno-błotnych, pogorszenie stanu ekologicznego jezior, zanik drobnych zbiorników i oczek wodnych, przy ubogim zasobie przyrodniczym miasta.
Opady nawalne i lokalne podtopienia	Gospodarka wodna, transport (OP-1, OP-2)	duże	duże	**Wysokie**	Zalewanie ulic, placów i posesji przy braku zorganizowanej kanalizacji deszczowej; spływ z powierzchni utwardzonych odprowadzany wyłącznie powierzchniowo, przy ograniczonej

Ryzyko klimatyczne	Sektor / obszar najbardziej narażony	Prawdopodo-bieństwo	Skala skutków	Poziom ryzyka	Główne skutki
					przepuszczalności podłoża zbudowanego z glin.
Fale upałów i dni gorące	Zdrowie publiczne (OP-1)	bardzo duże	umiarko-wane	**Wysokie**	Stres termiczny mieszkańców, przede wszystkim osób starszych, przy liczbie dni gorących rosnącej od 15 w 1998 r. do 63 w 2024 r.; przegrzewanie przestrzeni publicznych w centrum przy deficycie zacienienia.
Zanik zjawisk zimowych	Gospodarka wodna, różnorodność biologiczna	bardzo duże	umiarko-wane	**Wysokie**	Ograniczenie retencji śnieżnej i wiosennego zasilania gleb oraz zbiorników, zaburzenie cykli życiowych roślin i zwierząt, spływ wód roztopowych poza sezonem wiosennym.
Miejska wyspa ciepła	Zdrowie publiczne (OP-1)	duże	umiarko-wane	**Średnie**	Podwyższenie temperatury w zwartej zabudowie centrum, brak nocnego wychłodzenia, przesuszanie zieleni miejskiej; zasięg zjawiska ograniczony niewielką skalą rdzenia miejskiego.
Zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych	Gospodarka wodna (OP-2, OP-4)	średnie	duże	**Średnie**	Spływ zanieczyszczeń z powierzchni utwardzonych bezpośrednio do gruntu i rowów, przy braku urządzeń podczyszczających; ryzyko dla zasobów wód podziemnych stanowiących jedyne źródło zaopatrzenia miasta.
Wzrost letniego zapotrzebowania na energię	Energetyka, zdrowie publiczne	duże	umiarko-wane	**Średnie**	Przesunięcie szczytu poboru energii na okres letni, wzrost kosztów energii, spadek sprzedaży ciepła sieciowego w skracającym się sezonie grzewczym.
Porywy wiatru i oblodzenie	Energetyka, transport	średnie	umiarko-wane	**Niskie**	Uszkodzenia napowietrznych linii elektroenergetycznych i przerwy w dostawach energii, łamanie drzew; zjawisko rzadkie, przy średniej prędkości wiatru wynoszącej 2,9 m/s i braku trendu wzrostowego.
Powódź rzeczna od Gardzięgi	Gospodarka wodna (OP-4)	średnie	niewielkie	**Bardzo niskie**	Zalanie terenów w dolinie rzeki: przy wodzie stuletniej jeden budynek, przy pięćsetletniej dwa, w obu przypadkach niemieszkalne; zasięgi obejmują 4,05% i 6,19% powierzchni miasta, poza zwartą zabudową.

Źródło: opracowanie własne

Żadnego z ryzyk nie zakwalifikowano do poziomu bardzo wysokiego, co odróżnia Kisielice od miast o zwartej zabudowie i rozbudowanej infrastrukturze technicznej. Pięć ryzyk osiągnęło natomiast poziom wysoki: susza i wydłużanie okresów bezopadowych, degradacja ekosystemów

zależnych od wody, opady nawalne i lokalne podtopienia, fale upałów oraz zanik zjawisk zimowych. Cztery z nich wiążą się bezpośrednio z gospodarowaniem wodą, co potwierdza, że to deficyt wody, a nie jej nadmiar, stanowi w Kisielicach podstawowe wyzwanie adaptacyjne.

Na uwagę zasługuje specyficzne dla miasta ryzyko - zanieczyszczenie wód: przy braku urządzeń podczyszczających spływ z powierzchni utwardzonych trafia bezpośrednio do gruntu i rowów, a zasoby wód podziemnych stanowią jedyne źródło zaopatrzenia miasta w wodę.

Najniżej oceniono ryzyko powodzi rzecznej od Gardzięgi, które uzyskało poziom bardzo niski. W zasięgu wody stuletniej znajduje się jeden budynek, a pięćsetletniej dwa, w obu przypadkach niemieszkalne, a zasięgi zalewu nie obejmują zwartej zabudowy.

Ryzyko klimatyczne w obszarach podatności

Przyporządkowanie ryzyk klimatycznych do obszarów podatności OP-1 – OP-4, wyznaczonych w rozdziale 6, pozwala na operacyjne ukierunkowanie działań adaptacyjnych. Każdy z obszarów charakteryzuje się odmiennym profilem ryzyka, wynikającym ze specyfiki zabudowy, położenia w układzie terenowym, struktury demograficznej oraz dostępu do infrastruktury błękitno-zielonej.

Tabela 13. Profil ryzyka klimatycznego w obszarach podatności

Obszar podatności	Dominujące ryzyka klimatyczne	Klasa łącznego ryzyka	Priorytet działań
OP-1. Rdzeń miejski	Fale upałów (wysokie), opady nawalne i lokalne podtopienia (wysokie), miejska wyspa ciepła (średnie)	**Wysokie**	**I**
OP-2. Tereny produkcyjne i usługowe	Opady nawalne i lokalne podtopienia (wysokie), zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych (średnie)	**Średnie**	**II**
OP-3. Pasma zabudowy jednorodzinnej	Opady nawalne i lokalne podtopienia (wysokie), susza i przesuszanie zieleni przydomowej (wysokie), porywy wiatru (niskie)	**Średnie**	**III**
OP-4. Tereny otwarte, wodne i podmokłe	Susza i wydłużanie okresów bezopadowych (wysokie), degradacja ekosystemów zależnych od wody (wysokie), zanik zjawisk zimowych (wysokie), powódź rzeczna (bardzo niskie)	**Wysokie dla ekosystemów, niskie dla zabudowy**	**IV**

Źródło: opracowanie własne

Obszar OP-1 charakteryzuje się najwyższym poziomem ryzyka wśród terenów zabudowanych, przy czym dominują w nim ryzyka termiczne oraz podtopienia. Obszar OP-4 osiąga porównywalny poziom ryzyka, lecz dotyczy ono ekosystemów, a nie mieszkańców i infrastruktury. Oznacza to, że

plan adaptacji musi prowadzić dwa równoległe kierunki działań: poprawę warunków życia w zwartej zabudowie oraz ochronę zasobów wodnych i siedlisk zależnych od wody.

7.3 Szanse wynikające ze zmian klimatu

Mimo że zmiany klimatu generują przede wszystkim zagrożenia dla funkcjonowania miasta, niektóre z obserwowanych i prognozowanych trendów stwarzają również szanse rozwojowe. Świadome ich wykorzystanie może wesprzeć adaptację Kisielic i przyczynić się do poprawy jakości życia mieszkańców.

Pozycja lidera transformacji energetycznej. Kisielice jako pierwsza gmina w Polsce osiągnęły samowystarczalność energetyczną, a doświadczenie zdobyte przy realizacji ciepłowni na biomasę, farm wiatrowych, biogazowni i instalacji fotowoltaicznej stanowi kapitał możliwy do wykorzystania przy wdrażaniu działań adaptacyjnych. Rosnące znaczenie polityki klimatycznej zwiększa przy tym rozpoznawalność miasta i jego pozycję w ubieganiu się o środki zewnętrzne.

Spadek zapotrzebowania na ciepło. Wzrost temperatury w okresie zimowym i malejąca liczba dni mroźnych obniżają zapotrzebowanie na ciepło, co ogranicza zużycie biomasy i emisje ze źródeł grzewczych. W połączeniu z objęciem ciepłem sieciowym około 95% zabudowy miejskiej sprzyja to utrzymaniu dobrej jakości powietrza.

Wydłużenie sezonu wegetacyjnego. Przy odpowiednim gospodarowaniu wodą wydłużenie okresu wegetacyjnego stwarza warunki dla rozwoju zieleni miejskiej, nasadzeń drzew i łąk kwietnych, a w rolnictwie — dla wprowadzania upraw lepiej znoszących warunki suche.

Rozwój błękitno-zielonej infrastruktury. Konieczność adaptacji stanowi impuls do inwestycji w nasadzenia drzew, ogrody deszczowe i niecki retencyjne. Przy pokryciu koronami drzew wynoszącym 6,9% nawet niewielkie nakłady przyniosą zauważalną poprawę warunków termicznych w centrum miasta, a otoczenie Jeziora Miejskiego stwarza możliwość połączenia funkcji retencyjnych z rekreacyjnymi.

Dostęp do środków zewnętrznych. Posiadanie aktualnego Miejskiego Planu Adaptacji zwiększa zdolność miasta do ubiegania się o dofinansowanie, między innymi z programów Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko oraz Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur, a także ze środków Narodowego i Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Zaangażowanie mieszkańców. Coraz bardziej odczuwalne skutki zmian klimatu sprzyjają wzrostowi świadomości społecznej. Kisielice dysponuje sprawnie działającym mechanizmem partycypacji: na terenie gminy realizowany jest budżet obywatelski. Stwarza to realną możliwość

finansowania rozwiązań mikroretencyjnych i nasadzeń z inicjatywy samych mieszkańców oraz budowania społecznego poparcia dla działań adaptacyjnych.

CZĘŚĆ PROGRAMOWA

8. Wizja, cel główny i cele szczegółowe

Na podstawie przeprowadzonych analiz ustalono wizję, cel główny oraz cele szczegółowe Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu dla Kisielic. Wizja opisuje stan docelowy, do którego miasto zmierza, cel główny określa kierunek działań, a cele szczegółowe stanowią odpowiedź na ryzyka klimatyczne zidentyfikowane w rozdziale 7.

WIZJA

Kisielice to miasto odporne na skutki zmian klimatu, bezpieczne dla mieszkańców i przyjazne środowisku, w którym woda jest zatrzymywana i wykorzystywana jako zasób, a zieleń i naturalne ekosystemy wspierają łagodzenie skutków suszy, upałów i intensywnych opadów.

CEL GŁÓWNY

Zwiększenie odporności Miasta Kisielice na skutki zmian klimatu poprzez zrównoważone gospodarowanie zasobami wodnymi, rozwój błękitno-zielonej infrastruktury, ograniczanie skutków suszy, opadów nawalnych i upałów oraz ochronę mieszkańców, infrastruktury i ekosystemów przed negatywnymi skutkami zmieniającego się klimatu.

Realizacja celu głównego będzie następować poprzez wdrażanie celów szczegółowych, określonych w odpowiedzi na rozpoznane zagrożenia klimatyczne oraz ich potencjalne skutki dla funkcjonowania miasta, mieszkańców, infrastruktury i środowiska. Cele szczegółowe wraz z przypisanymi im wiązkami projektów adaptacyjnych przedstawiono w rozdziale 9.

CELE SZCZEGÓŁOWE

- ➔I. Zwiększenie retencji, poprawa gospodarowania wodami opadowymi oraz ochrona zasobów wodnych.
- II. Ograniczenie ryzyka podtopień i przeciążeń systemu odwodnienia miasta.
- ➔III. Rozwój błękitno-zielonej infrastruktury, ochrona powierzchni biologicznie czynnych i ekosystemów zależnych od wody.
- ➔IV. Ograniczenie skutków fal upałów i przegrzewania przestrzeni miejskiej.
- ➔V. Ochrona mieszkańców, w szczególności grup wrażliwych, przed skutkami ekstremalnych zjawisk pogodowych.
- ➔VI. Włączenie adaptacji do zmian klimatu do planowania przestrzennego i zarządzania miastem.
- ➔VII. Budowanie świadomości i współodpowiedzialności mieszkańców za adaptację miasta do zmian klimatu.

9. Działania adaptacyjne do zmian klimatu

Wdrażanie Planu Adaptacji będzie miało charakter wieloetapowy i będzie realizowane przez samorząd miasta we współpracy z interesariuszami zewnętrznymi, zarówno instytucjonalnymi, jak i indywidualnymi.

Działania adaptacyjne dla Kisielic zostały przyporządkowane do celów szczegółowych MPA oraz odpowiadają najważniejszym zagrożeniom klimatycznym zidentyfikowanym w diagnozie. Obejmują one przedsięwzięcia inwestycyjne, organizacyjne i edukacyjne ukierunkowane na zwiększenie odporności miasta, w szczególności w zakresie gospodarowania wodami opadowymi, ograniczania skutków upałów, ochrony infrastruktury, zasobów przyrodniczych oraz wodnych, a także podnoszenia świadomości klimatycznej mieszkańców.

Tabela 14. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego I

Cel szczegółowy I. Zwiększenie retencji, poprawa gospodarowania wodami opadowymi oraz ochrona zasobów wodnych.	
Nazwa działania adaptacyjnego	**Retencyjne Kisielice – zatrzymywanie i wykorzystanie wód opadowych**
Opis działania	Celem działania jest zwiększenie lokalnej retencji wód opadowych poprzez ich zatrzymywanie, wykorzystanie i infiltrację w miejscu powstawania. W Kisielicach szczególne znaczenie mają niewielkie, rozproszone rozwiązania retencyjne, możliwe do zastosowania przy budynkach publicznych, ulicach, terenach zieleni i innych przestrzeniach miejskich. Działanie obejmuje również ochronę istniejących oczek wodnych, terenów podmokłych i innych naturalnych miejsc gromadzenia wody.
Proponowany zakres działań	1. Budowa ogrodów deszczowych, niecek chłonnych i niewielkich obiektów retencyjnych. 2. Montaż zbiorników do gromadzenia i wykorzystywania wód opadowych przy wybranych budynkach publicznych. 3. Wprowadzanie rozwiązań umożliwiających infiltrację i zatrzymywanie wód opadowych w miejscu ich powstawania. 4. Stosowanie nawierzchni przepuszczalnych i rozszczelnianie wybranych powierzchni utwardzonych. 5. Wspieranie mikroretencji na terenach prywatnych, wspólnot mieszkaniowych i przedsiębiorstw.
Horyzont czasowy	do 2034 roku
Ryzyka klimatyczne, których skutki ogranicza realizacja działania	Intensywne opady, powodzie nagłe, lokalne podtopienia, przeciążenia kanalizacji, szybki spływ powierzchniowy, ograniczona infiltracja, susza atmosferyczna, susza glebowa, przesuszanie zieleni miejskiej.
Podmiot odpowiedzialny	Urząd Miejski w Kisielicach
Podmioty współpracujące	Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Sp. z o.o. w Kisielicach, zarządcy dróg i terenów publicznych, zarządcy budynków publicznych i komunalnych, właściciele nieruchomości, mieszkańcy oraz lokalne organizacje społeczne.

Źródło: opracowanie własne

Tabela 15. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego II

Cel szczegółowy II. Ograniczenie ryzyka podtopień i przeciążeń systemu odwodnienia miasta	
Nazwa działania adaptacyjnego	**Bezpieczne odwodnienie Kisielic - ograniczenie lokalnych podtopień**
Opis działania	Celem działania jest ograniczenie lokalnych podtopień i zastoisk wody poprzez poprawę funkcjonowania istniejącego systemu odwodnienia oraz właściwe utrzymanie jego elementów. Działania powinny mieć przede wszystkim charakter punktowy. Obejmują utrzymanie i udrażnianie rowów, przepustów i odpływów, poprawę odwodnienia wybranych ulic i terenów publicznych oraz ograniczanie szybkiego spływu wód opadowych.
Proponowany zakres działań	1. Identyfikacja i monitorowanie miejsc występowania zastoisk oraz lokalnych podtopień. 2. Utrzymanie i udrażnianie istniejących rowów, przepustów i elementów odwodnienia. 3. Punktowa modernizacja odwodnienia ulic, terenów publicznych i obiektów narażonych na podtopienia. 4. Przegląd i poprawa odwodnienia dachów, rynien i rur spustowych budynków publicznych i komunalnych. 5. Wykorzystanie lokalnych rozwiązań retencyjnych do ograniczenia szybkiego spływu wód opadowych.
Horyzont czasowy	do 2034 roku
Ryzyka klimatyczne, których skutki ogranicza realizacja działania	Deszcze nawalne, powodzie miejskie, lokalne podtopienia, szybki spływ powierzchniowy, zamulanie systemów odwodnienia, zawilgocenie budynków, uszkodzenia infrastruktury technicznej.
Podmiot odpowiedzialny	Urząd Miejski w Kisielicach
Podmioty współpracujące	Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Sp. z o.o. w Kisielicach, właściwi zarządcy dróg, zarządcy budynków publicznych i komunalnych, właściwe służby odpowiedzialne za zarządzanie kryzysowe oraz mieszkańcy.

Źródło: opracowanie własne

Tabela 16. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego III

Cel szczegółowy III. Rozwój błękitno-zielonej infrastruktury, ochrona powierzchni biologicznie czynnych i ekosystemów zależnych od wody.	
Nazwa działania adaptacyjnego	**Błękitno-zielone Kisielice – ochrona i rozwój lokalnej zieleni**
Opis działania	Celem działania jest zwiększenie odporności istniejących terenów zieleni i przestrzeni publicznych na suszę, wysokie temperatury i intensywne opady. Działania będą koncentrować się na uzupełnianiu istniejącej zieleni, zwiększaniu udziału drzew i krzewów, ograniczaniu uszczelnienia powierzchni oraz tworzeniu niewielkich elementów błękitno-zielonej infrastruktury. Wykorzystanie istniejących zasobów wodnych i zieleni jest szczególnie istotne dla Kisielic, gdzie występuje rozproszony układ niewielkich zbiorników i terenów podmokłych.
Proponowany zakres działań	1. Odbetonowanie i zazielenianie wybranych placów, podwórek, ciągów pieszych i terenów przyulicznych. 2. Uzupełnianie nasadzeń drzew i krzewów, ze szczególnym uwzględnieniem gatunków odpornych na suszę i wysokie temperatury. 3. Tworzenie niewielkich parków kieszonkowych, rabat retencyjnych i ogrodów deszczowych. 4. Ograniczenie koszenia wybranych terenów oraz rozwój łąk kwietnych. 5. Ochrona istniejących drzew i terenów zieleni przed nieuzasadnionym usuwaniem i uszczelnianiem. 6. Ochrona Jeziora Miejskiego, terenów podmokłych i doliny Gardzięgi jako elementów lokalnego systemu przyrodniczego i retencyjnego.
Horyzont czasowy	do 2034 roku / zadanie ciągłe
Ryzyka klimatyczne, których skutki ogranicza realizacja działania	Fale upałów, miejska wyspa ciepła, susza, przesuszanie gleb, pogorszenie kondycji zieleni miejskiej, utrata bioróżnorodności, spadek zacienienia, szybki spływ powierzchniowy, lokalne podtopienia.
Podmiot odpowiedzialny	Urząd Miejski w Kisielicach
Podmioty współpracujące	Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Sp. z o.o. w Kisielicach, zarządcy terenów publicznych, szkoły i przedszkola, organizacje pozarządowe oraz mieszkańcy.

Źródło: opracowanie własne

Tabela 17. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego IV

Cel szczegółowy IV. Ograniczenie skutków fal upałów i przegrzewania przestrzeni miejskiej.	
Nazwa działania adaptacyjnego	**Zielone przestrzenie publiczne i ochrona mieszkańców przed upałami**
Opis działania	Celem działania jest ograniczenie skutków wysokich temperatur poprzez poprawę warunków odpoczynku i funkcjonowania mieszkańców w istniejących przestrzeniach publicznych oraz ograniczenie przegrzewania budynków publicznych. Działania powinny koncentrować się przede wszystkim na miejscach intensywnie użytkowanych przez mieszkańców, ciągach pieszych, przystankach, terenach przy szkołach i innych obiektach publicznych oraz istniejących terenach zieleni.
Proponowany zakres działań	1. Tworzenie zacienionych miejsc odpoczynku w przestrzeniach publicznych. 2. Nasadzenia drzew wzdłuż ciągów pieszych, przy placach, przystankach i budynkach publicznych. 3. Montaż ławek, poidełek i innych elementów poprawiających komfort mieszkańców podczas upałów. 4. Stosowanie nawierzchni ograniczających nagrzewanie i zwiększających infiltrację wody. 5. Ograniczanie przegrzewania budynków publicznych poprzez zacienienie okien, poprawę wentylacji i zastosowanie odpowiednich osłon. 6. Uwzględnianie rozwiązań ograniczających nagrzewanie przestrzeni przy modernizacji istniejących placów, ulic i terenów publicznych.
Horyzont czasowy	do 2034 roku / zadanie ciągłe
Ryzyka klimatyczne, których skutki ogranicza realizacja działania	Fale upałów, stres termiczny, miejska wyspa ciepła, przegrzewanie przestrzeni publicznych, przegrzewanie budynków, pogorszenie jakości powietrza w okresach upalnych, wzrost zapotrzebowania na wodę i energię.
Podmiot odpowiedzialny	Urząd Miejski w Kisielicach
Podmioty współpracujące	Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Sp. z o.o. w Kisielicach, zarządcy budynków publicznych i komunalnych, zarządcy dróg i przystanków, szkoły i przedszkola.

Źródło: opracowanie własne

Tabela 18. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego V

Cel szczegółowy V. Ochrona mieszkańców, w szczególności grup wrażliwych, przed skutkami ekstremalnych zjawisk pogodowych.	
Nazwa działania adaptacyjnego	**Ochrona mieszkańców przed skutkami ekstremalnych zjawisk pogodowych**
Opis działania	Celem działania jest zwiększenie bezpieczeństwa mieszkańców podczas fal upałów, intensywnych opadów, lokalnych podtopień i innych ekstremalnych zjawisk pogodowych. Działania powinny opierać się przede wszystkim na wykorzystaniu istniejących budynków, służb i instytucji, bez konieczności tworzenia rozbudowanego systemu organizacyjnego. Obejmą m.in. wskazanie miejsc, w których mieszkańcy mogą uzyskać pomoc lub schronienie przed wysokimi temperaturami, zapewnienie dostępu do wody oraz przygotowanie prostych zasad postępowania i komunikacji w sytuacjach zagrożenia. Szczególną uwagę należy poświęcić osobom starszym, dzieciom, osobom z niepełnosprawnościami i osobom o ograniczonej mobilności.
Proponowany zakres działań	1. Wyznaczenie i promocja miejsc czasowego schronienia przed upałem w istniejących budynkach publicznych. 2. Zapewnienie dostępu do wody i miejsc odpoczynku podczas okresów występowania wysokich temperatur. 3. Opracowanie i wdrożenie procedur postępowania podczas fal upałów, intensywnych opadów i lokalnych podtopień. 4. Współpraca z jednostkami pomocy społecznej, ochrony zdrowia, OSP i innymi podmiotami w zakresie ochrony osób szczególnie wrażliwych. 5. Uwzględnianie potrzeb osób starszych, dzieci, osób z niepełnosprawnościami i osób o ograniczonej mobilności w działaniach adaptacyjnych.
Horyzont czasowy	do 2034 roku / zadanie ciągłe
Ryzyka klimatyczne, których skutki ogranicza realizacja działania	Fale upałów, stres cieplny, pogorszenie jakości powietrza, burze, podtopienia, oblodzenia, utrudnienia w dostępie do usług publicznych, zagrożenia zdrowotne dla grup wrażliwych.
Podmiot odpowiedzialny	Urząd Miejski w Kisielicach
Podmioty współpracujące	Miejsko-Gminny Ośrodek Pomocy Społecznej w Kisielicach, jednostki ochrony zdrowia, jednostki OSP, szkoły i przedszkola, Miejsko-Gminny Ośrodek Kultury, organizacje pozarządowe oraz lokalni liderzy. Zadania z zakresu bezpieczeństwa publicznego mogą być realizowane również we współpracy z Posterunkiem Policji w Kisielicach.

Źródło: opracowanie własne

Tabela 19. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego VI

Cel szczegółowy VI: Włączenie adaptacji do zmian klimatu do planowania przestrzennego i zarządzania miastem	
Nazwa działania adaptacyjnego	**Uwzględnianie adaptacji klimatycznej w zarządzaniu i inwestycjach miejskich**
Opis działania	Celem działania jest uwzględnianie ryzyk klimatycznych w bieżącym zarządzaniu miastem oraz podczas przygotowywania inwestycji, remontów i modernizacji. Obejmuje to w szczególności ochronę terenów retencyjnych i zieleni, ograniczanie uszczelniania powierzchni, zagospodarowanie wód opadowych oraz stosowanie rozwiązań ograniczających przegrzewanie budynków i przestrzeni publicznych.
Proponowany zakres działań	1. Uwzględnianie ryzyk klimatycznych przy przygotowywaniu i realizacji inwestycji miejskich. 2. Wprowadzenie zasady zagospodarowania wód opadowych w miejscu ich powstawania. 3. Uwzględnianie zieleni, retencji i ograniczania uszczelnienia powierzchni przy modernizacji przestrzeni publicznych. 4. Ochrona terenów istotnych dla retencji, przewietrzania i ograniczania przegrzewania miasta w planowaniu przestrzennym. 5. Włączenie działań adaptacyjnych do remontów i modernizacji budynków użyteczności publicznej.
Horyzont czasowy	do 2030 roku / zadanie ciągłe
Ryzyka klimatyczne, których skutki ogranicza realizacja działania	Brak koordynacji działań adaptacyjnych, nieuwzględnianie ryzyk klimatycznych w inwestycjach, niedostateczne przygotowanie budynków i infrastruktury do zmian klimatu, niewystarczające przygotowanie miasta na upały, susze, intensywne opady, podtopienia i awarie infrastrukturalne.
Podmiot odpowiedzialny	Burmistrz Kisielic/ Urząd Miejski w Kisielicach
Podmioty współpracujące	Właściwe komórki organizacyjne Urzędu Miejskiego w Kisielicach, Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Sp. z o.o., gminne jednostki organizacyjne, zarządcy dróg i infrastruktury technicznej oraz zarządcy nieruchomości.

Źródło: opracowanie własne

Tabela 20. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego VII

Cel szczegółowy VII: Budowanie świadomości i współodpowiedzialności mieszkańców za adaptację miasta do zmian klimatu	
Nazwa działania adaptacyjnego	**Zielono-niebieska edukacja i partycypacja mieszkańców**
Opis działania	Celem działania jest zwiększenie świadomości mieszkańców w zakresie skutków zmian klimatu oraz sposobów ograniczania ich negatywnego wpływu na miasto. Edukacja powinna być dostosowana do lokalnej skali i koncentrować się przede wszystkim na praktycznych działaniach możliwych do realizacji przez mieszkańców, takich jak zbieranie deszczówki, ochrona drzew i zieleni, ograniczanie uszczelniania powierzchni oraz właściwe postępowanie podczas upałów i intensywnych opadów. Ważnym elementem będzie również włączanie mieszkańców w identyfikację lokalnych problemów, takich jak miejsca podtopień, niedobór zieleni czy brak zacienienia.
Proponowany zakres działań	1. Organizacja kampanii informacyjnych dotyczących suszy, upałów, retencji i podtopień. 2. Edukacja mieszkańców w zakresie zbierania deszczówki, ochrony zieleni i ograniczania uszczelniania powierzchni. 3. Edukacja klimatyczna w szkołach, przedszkolach i instytucjach miejskich. 4. Promowanie przydomowej retencji oraz ogrodów deszczowych. 5. Informowanie mieszkańców o zasadach postępowania podczas ekstremalnych zjawisk pogodowych. 6. Organizacja lokalnych akcji sadzenia drzew, ochrony zieleni i tworzenia ogrodów deszczowych. 7. Włączanie mieszkańców w identyfikację miejsc szczególnie narażonych na podtopienia, przegrzewanie i deficyt zieleni. 8. Współpraca z organizacjami społecznymi, szkołami, przedsiębiorcami i lokalnymi liderami przy realizacji działań adaptacyjnych.
Horyzont czasowy	zadanie ciągłe
Ryzyka klimatyczne, które niweluje realizacja działania	Niska świadomość zagrożeń klimatycznych, niewystarczające przygotowanie mieszkańców na upały, susze, burze i podtopienia, mała skala retencji prywatnej, niewystarczająca ochrona zieleni, zasobów wodnych i obiektów zabytkowych.
Podmiot odpowiedzialny	Urząd Miejski w Kisielicach
Podmioty współpracujące	Miejsko-Gminny Ośrodek Kultury w Kisielicach, Miejsko-Gminna Biblioteka Publiczna, szkoły i przedszkola, organizacje pozarządowe, lokalni przedsiębiorcy oraz mieszkańcy.

Źródło: opracowanie własne

10. Podmioty i organy biorące udział w sporządzaniu planu oraz sposoby ich włączenia w sporządzanie planu

W trakcie procesu włączania (współdecydowania) mieszkańców i potencjalnych interesariuszy w prace nad opracowywaniem Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu dla Kisielic wykorzystano różnorodne formy partycypacji społecznej, których zastosowanie spełniło wymóg skuteczności i adekwatności w kontekście aktywnego uczestnictwa jak najszerszej liczby odbiorców. Z grona licznych narzędzi i technik partycypacyjnych wykorzystano: badania ankietowe, otwarte spotkanie warsztatowe, formularze konsultacyjne.

W ramach prac nad Miejskim Planem Adaptacji przeprowadzono szerokie badanie ankietowe wśród mieszkańców Kisielic, którego szczegółowe wyniki przedstawiono w załączniku III. Głównym celem ankietyzacji było poznanie opinii publicznej na temat skutków zmian klimatu, najważniejszych problemów występujących na terenie miasta oraz oczekiwanych kierunków działań adaptacyjnych. Badanie pozwoliło również ocenić gotowość mieszkańców do podejmowania działań we własnych gospodarstwach domowych, w tym rozwiązań służących oszczędzaniu wody, zwiększaniu retencji, ochronie zieleni oraz ograniczaniu negatywnego wpływu zmian klimatu na codzienne funkcjonowanie. Ankietyzacja jest prowadzona dwutorowo — zarówno w formie elektronicznej, jak i stacjonarnej.

29 września 2026 r. oraz 30 października 2026 r. odbyły się spotkania warsztatowe, podczas których mieszkańcy mieli możliwość bezpośredniej rozmowy z autorami dokumentu. Mogli również omówić najważniejsze obszary problemowe oraz przedstawić swoją wizję. Uczestnicy mieli również możliwość wypełnienia ankiet w wersji papierowej, co pozwoliło na włączenie w proces konsultacyjny osób preferujących tradycyjną formę udziału.

11. Wdrażanie Planu

Konsekwentne i dobrze skoordynowane wdrażanie Miejskiego Planu Adaptacji stanowi warunek skutecznego dostosowania miasta do skutków zmian klimatu. Znaczenie MPA nie ogranicza się bowiem do samego opracowania dokumentu — jego rzeczywista wartość ujawnia się dopiero na etapie realizacji zaplanowanych działań. Tylko systematyczne wdrażanie przyjętych rozwiązań pozwoli osiągnąć zakładane efekty oraz stopniowo wzmacniać odporność miasta na zagrożenia klimatyczne.

Proces wdrażania MPA ma charakter wielowymiarowy i wymaga uwzględnienia aspektów organizacyjnych, finansowych, technicznych, środowiskowych i społecznych. Realizacja planu powinna być również procesem ciągłym, podlegającym monitorowaniu, ocenie skuteczności oraz aktualizacji w odpowiedzi na zmieniające się uwarunkowania klimatyczne i potrzeby miasta.

Najważniejsze elementy składające się na proces skutecznego wdrażania MPA przedstawiono na poniższym schemacie.



Rysunek 20. Elementy procesu wdrażania MPA

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Podręcznika adaptacji dla miast, aktualizacja 2023. Wytyczne do przygotowania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu"

11.1 Podmioty i organy odpowiedzialne za wdrażanie działań adaptacyjnych do zmian klimatu

Za wdrażanie działań adaptacyjnych do zmian klimatu odpowiedzialny będzie Burmistrz Kisielic oraz właściwe podmioty zaangażowane w realizację zadań miejskich, w tym komórki organizacyjne Urzędu Miejskiego w Kisielicach, gminne jednostki organizacyjne, spółki komunalne oraz inne instytucje działające na rzecz miasta i gminy.

Realizacja działań adaptacyjnych będzie prowadzona w granicach obowiązujących kompetencji poszczególnych podmiotów, zgodnie z przypisanym im zakresem zadań oraz w powiązaniu z obowiązującymi dokumentami strategicznymi, programowymi i planistycznymi miasta. Oznacza to, że działania wskazane w Miejskim Planie Adaptacji powinny być wdrażane zarówno poprzez

inwestycje infrastrukturalne, jak i działania organizacyjne, edukacyjne, środowiskowe oraz planistyczne.

Kluczowe znaczenie dla skutecznej realizacji MPA będzie miała współpraca pomiędzy jednostkami gminnymi, spółkami komunalnymi, służbami odpowiedzialnymi za bezpieczeństwo i zarządzanie kryzysowe, partnerami zewnętrznymi oraz mieszkańcami. Zintegrowane podejście do wdrażania działań adaptacyjnych pozwoli zwiększyć odporność Kisielic na skutki zmian klimatu oraz zapewnić spójność podejmowanych działań w skali całego miasta.

11.2 Możliwe źródła finansowania

Finansowanie działań ujętych w Miejskim Planie Adaptacji będzie opierać się przede wszystkim na środkach własnych pochodzących z budżetu Gminy Kisielice, przeznaczanych na realizację zadań własnych oraz inwestycji służących zwiększaniu odporności miasta na skutki zmian klimatu. Istotnym uzupełnieniem finansowania będą krajowe i unijne środki publiczne, które mogą wspierać przedsięwzięcia z zakresu retencji, błękitno-zielonej infrastruktury, modernizacji infrastruktury technicznej, ochrony środowiska oraz poprawy bezpieczeństwa mieszkańców.

Dodatkowe źródła finansowania mogą stanowić środki pochodzące od podmiotów prywatnych, przedsiębiorców, wspólnot i spółdzielni mieszkaniowych, organizacji pozarządowych oraz innych partnerów zaangażowanych w działania adaptacyjne. W związku z tym realizacja MPA powinna zakładać możliwość łączenia różnych mechanizmów finansowania, w tym środków budżetowych, funduszy zewnętrznych, partnerstw lokalnych oraz inicjatyw społecznych i prywatnych.

Poniżej przedstawiono możliwe źródła finansowania.

Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko (FEnIKS)

Program Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027 wspiera m.in. inwestycje dotyczące ochrony środowiska, przeciwdziałania zmianom klimatu, adaptacji do zmian klimatu, transportu, ochrony zdrowia i dziedzictwa kulturowego.

I. Priorytet FENX.01 Wsparcie sektorów energetyka i środowisko z Funduszu Spójności:

- Działanie FENX.01.01 Efektywność energetyczna,
- Działanie FENX.01.02 Adaptacja terenów zurbanizowanych do zmian klimatu,
- Działanie FENX.01.03 Gospodarka wodno-ściekowa,
- Działanie FENX.01.04 Gospodarka odpadami oraz gospodarka o obiegu zamkniętym,
- Działanie FENX.01.05 Ochrona przyrody i rozwój zielonej infrastruktury.

II. Priorytet FENX.02 Wsparcie sektorów energetyka i środowisko z EFRR:

- Działanie FENX.02.01 Infrastruktura ciepłownicza,
- Działanie FENX.02.02 Rozwój OZE,
- Działanie FENX.02.03 Infrastruktura energetyczna,
- Działanie FENX.02.04 Adaptacja do zmian klimatu, zapobieganie klęskom i katastrofom,
- Działanie FENX.02.05 Woda do spożycia.

Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO)

KPO stanowi kompleksowy program reform oraz przedsięwzięć strategicznych, ukierunkowanych na wzmocnienie odporności społecznej i gospodarczej państwa, a także na budowanie długofalowego potencjału rozwojowego gospodarki.

Założeniem KPO jest wsparcie odbudowy gospodarki oraz zwiększenie jej zdolności do reagowania na przyszłe kryzysy. Ujęte w nim reformy i inwestycje mają sprzyjać trwałej transformacji w kierunku gospodarki zielonej, neutralnej klimatycznie, cyrkularnej oraz cyfrowej. Program obejmuje szeroki zakres obszarów interwencji, w tym m.in. infrastrukturę, transport, energię, środowisko, innowacje, cyfryzację, ochronę zdrowia, sprawy społeczne oraz spójność terytorialną.

Komponent B. Zielona energia i zmniejszenie energochłonności

Przykłady działań:

- czyste powietrze i efektywność energetyczna,
- poprawa warunków dla rozwoju odnawialnych źródeł energii,
- poprawa warunków dla rozwoju technologii wodorowych oraz innych gazów zdekarbonizowanych,
- wsparcie zrównoważonej gospodarki wodno-ściekowej na terenach wiejskich,
- ułatwienie realizacji obowiązku oszczędzania energii przez przedsiębiorstwa energetyczne,
- inwestycje w zwiększenie potencjału zrównoważonej gospodarki wodnej na obszarach wiejskich,
- kompleksowa zielona transformacja miast,
- budowa mieszkań przeznaczonych dla gospodarstw domowych o niskich i umiarkowanych dochodach z uwzględnieniem efektywności energetycznej.

Program Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur 2021-2027

Fundusze regionalne są podstawowym instrumentem rozwoju, jakim dysponują organy samorządu województwa.

Działanie FEWM.02.07 Adaptacja do zmian klimatu

Celem szczegółowym działania jest wspieranie przystosowania się do zmian klimatu i zapobiegania ryzyku związanemu z klęskami żywiołowymi i katastrofami, a także odporności, z uwzględnieniem podejścia ekosystemowego.

Zakres inwestycji:

- działania w zakresie przystosowania się do zmian klimatu oraz zapobieganie ryzykom związanym z klimatem i zarządzanie nimi: powodzie i osunięcia ziemi (w tym zwiększanie świadomości, ochrona ludności i systemy zarządzania klęskami żywiołowymi i katastrofami, infrastruktura i podejście ekosystemowe);
- działania w zakresie przystosowania się do zmian klimatu oraz zapobieganie ryzykom związanym z klimatem i zarządzanie nimi: pożary (w tym zwiększanie świadomości, ochrona ludności i systemy zarządzania klęskami żywiołowymi i katastrofami, infrastruktura i podejście ekosystemowe);
- działania w zakresie przystosowania się do zmian klimatu oraz zapobieganie ryzykom związanym z klimatem i zarządzanie nimi: inne ryzyka, np. burze i susze (w tym zwiększanie świadomości, ochrona ludności i systemy zarządzania klęskami żywiołowymi i katastrofami, infrastruktura i podejście ekosystemowe);
- dostarczanie wody do spożycia przez ludzi (infrastruktura do celów ujęcia, uzdatniania, magazynowania i dystrybucji, działania na rzecz efektywności, zaopatrzenie w wodę do spożycia).

Działanie FEWM.02.08 Gospodarka wodno-ściekowa

Celem szczegółowym działania jest wspieranie bezpiecznego dostępu do wody, zrównoważonej gospodarki wodnej obejmującej zintegrowane zarządzanie wodą, a także odporności wodnej.

Zakres inwestycji:

- dostarczanie wody do spożycia przez ludzi (infrastruktura do celów ujęcia, uzdatniania, magazynowania i dystrybucji, działania na rzecz efektywności, zaopatrzenie w wodę do spożycia) zgodne z kryteriami efektywności;

- gospodarka wodna i ochrona zasobów wodnych (w tym gospodarowanie wodami w dorzeczu, konkretne działania w zakresie przystosowania się do zmian klimatu, ponowne użycie, ograniczanie wycieków);
- odprowadzanie i oczyszczanie ścieków;
- odprowadzanie i oczyszczanie ścieków zgodne z kryteriami efektywności energetycznej.

Działanie FEWM.02.12 Ochrona bioróżnorodności

Celem szczegółowym działania jest wzmacnianie ochrony i zachowania przyrody, różnorodności biologicznej oraz zielonej infrastruktury, w tym na obszarach miejskich, oraz ograniczanie wszelkich rodzajów zanieczyszczenia.

Zakres inwestycji:

- działania mające na celu poprawę jakości powietrza i ograniczenie hałasu;
- ochrona, regeneracja i zrównoważone wykorzystanie obszarów Natura 2000;
- ochrona przyrody i różnorodności biologicznej, dziedzictwo naturalne i zasoby naturalne, zielona i niebieska infrastruktura.

Działanie FEWM.17.01 Odporność wodna

Celem szczegółowym działania jest wspieranie bezpiecznego dostępu do wody, zrównoważonej gospodarki wodnej obejmującej zintegrowane zarządzanie wodą, a także odporności wodnej.

Zakres inwestycji:

- dostarczanie wody do spożycia przez ludzi (infrastruktura do celów ujęcia, uzdatniania, magazynowania i dystrybucji, działania na rzecz efektywności, zaopatrzenie w wodę do spożycia);
- odprowadzanie i oczyszczanie ścieków;
- ochrona infrastruktury krytycznej.

Program LIFE

Program LIFE jest instrumentem finansowym Unii Europejskiej ukierunkowanym na wspieranie projektów z zakresu ochrony środowiska i klimatu. Obejmuje on przedsięwzięcia dotyczące m.in. ochrony przyrody i różnorodności biologicznej, ograniczania negatywnego wpływu działalności człowieka na klimat oraz dostosowywania się do skutków jego zmian.

Obecna edycja programu, tj. Program LIFE – program działań na rzecz środowiska i klimatu na lata 2021–2027, stanowi kontynuację instrumentu realizowanego w perspektywie finansowej 2014–2020. W ramach programu możliwe jest współfinansowanie działań o charakterze

środowiskowym, klimatycznym, demonstracyjnym, innowacyjnym i edukacyjnym, które przyczyniają się do realizacji celów polityki Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska oraz przeciwdziałania zmianom klimatu.

Program Horyzont Europa

„Horyzont Europa" to program ramowy Unii Europejskiej na rzecz badań i innowacji na lata 2021–2027. Dysponując budżetem w wysokości 95,5 mld EUR, w tym 5,4 mld EUR z instrumentu Next Generation EU, program uzupełnia krajowe i regionalne finansowanie badań naukowych i innowacji.

Program stanowi instrument wspierający badania naukowe oraz innowacje, w tym przedsięwzięcia związane z przeciwdziałaniem zmianom klimatu i transformacją energetyczną, realizowane m.in. w ramach klastra „Klimat, energia i mobilność". Finansowanie może obejmować w szczególności działania dotyczące nauki o klimacie i adaptacji do zmian klimatu, rozwoju odnawialnych źródeł energii, systemów energetycznych, sieci i magazynowania energii, poprawy efektywności energetycznej, neutralności klimatycznej budynków oraz transformacji energetycznej przemysłu.

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW)

Promuje on przedsięwzięcia ochrony środowiska i należy do największych instytucji finansujących w Polsce. Celem działalności NFOŚiGW jest wspieranie inwestycji ekologicznych o znaczeniu i zasięgu ogólnopolskim i ponadregionalnym oraz zadań lokalnych, istotnych z punktu widzenia potrzeb środowiska.

Lista priorytetowych programów Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na 2026 rok:

- Transformacja energetyczna,
- Poprawa jakości powietrza,
- Gospodarka o obiegu zamkniętym, w tym gospodarowanie odpadami, ochrona wód i gospodarka wodna,
- Ochrona różnorodności biologicznej i funkcji ekosystemów,
- Monitoring środowiska,
- Ekspertyzy środowiskowe,
- Edukacja ekologiczna,
- Adaptacja do zmian klimatu:
  - Adaptacja do zmian klimatu,
  - Ogólnopolski program finansowania służb ratowniczych

Część 1) Dofinansowanie zakupu specjalistycznego sprzętu wykorzystywanego w akcjach ratowniczych.

Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (WFOŚiGW)

Głównym zadaniem WFOŚiGW jest finansowe wspieranie przedsięwzięć związanych z ochroną środowiska, gospodarką wodną, poprawą jakości powietrza, efektywnością energetyczną, odnawialnymi źródłami energii, edukacją ekologiczną, ochroną przyrody oraz adaptacją do zmian klimatu. W praktyce WFOŚiGW udziela dotacji, pożyczek, dopłat lub innych form wsparcia dla gmin, powiatów, jednostek publicznych, przedsiębiorców, organizacji pozarządowych oraz mieszkańców.

Lista priorytetowych programów Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Olsztynie na 2027 rok:

1. Transformacja energetyczna gospodarki;
2. Jakość powietrza;
3. Adaptacja do zmian klimatu;
4. Gospodarka w obiegu zamkniętym, w tym: gospodarowanie odpadami;
5. Kształtowanie świadomości proekologicznej i ochrona przyrody;
6. Gospodarka wodno-ściekowa;
7. Inne działania z zakresu ochrony środowiska.

Obszar priorytetowy 3. Adaptacja do zmian klimatu

Przedsięwzięcia priorytetowe:

- przeciwdziałanie i usuwanie skutków nadzwyczajnych zagrożeń i klęsk żywiołowych,
- wspieranie potencjału służb ratowniczych,
- rozwój i utrzymanie systemów monitoringu środowiska,
- zielono-niebieska infrastruktura, likwidacja powierzchni nieprzepuszczalnych, systemy zagospodarowania wód opadowych poprzez wspieranie małej retencji,
- działania z zakresu zapobiegania powodzi i suszy, w tym: zwiększenie retencji w ekosystemach, urządzenia wodne, w tym budowle hydrotechniczne.

Opłaty środowiskowe i miejscowe

Opłaty ekologiczne stanowią jeden z instrumentów wspierających realizację polityki ochrony środowiska na poziomie lokalnym. Mogą one być wykorzystywane jako źródło finansowania przedsięwzięć służących poprawie stanu środowiska, w tym inwestycji związanych z racjonalnym i efektywnym gospodarowaniem wodami opadowymi oraz roztopowymi.

Uzupełniające znaczenie w finansowaniu działań adaptacyjnych, zwłaszcza dotyczących rozwoju zieleni, poprawy jakości przestrzeni publicznych i wzmacniania funkcji przyrodniczych miasta, mogą mieć również środki pochodzące z opłat lokalnych.

11.3 Zasady monitorowania skuteczności osiągania szczegółowych celów planu

Monitoring realizacji Miejskiego Planu Adaptacji stanowi istotny element procesu wdrażania działań służących zwiększaniu odporności miasta na skutki zmian klimatu. Jego celem jest systematyczna ocena postępów w realizacji zaplanowanych zadań, identyfikacja ewentualnych opóźnień oraz weryfikacja, czy podejmowane działania przynoszą zakładane efekty środowiskowe, społeczne i infrastrukturalne.

W celu oceny skuteczności wdrażania działań adaptacyjnych, zgodnie z art. 18c ust. 1 pkt 2 ustawy Prawo ochrony środowiska, Burmistrz Kisielic sporządza, co dwa lata od dnia przyjęcia miejskiego planu adaptacji, sprawozdanie z monitorowania wdrażania działań adaptacyjnych do zmian klimatu. Sprawozdanie to jest następnie przedstawiane Radzie Miejskiej. Ponadto, w roku parzystym Burmistrz przekazuje sprawozdanie z monitorowania Instytutowi Ochrony Środowiska, za pośrednictwem systemu elektronicznego, w terminie do dnia 30 czerwca roku następującego po okresie, którego sprawozdanie dotyczy.

Sprawozdanie z monitorowanie powinno w szczególności zawierać:

- dane dotyczące miasta,
- informacje o celach i działaniach adaptacyjnych do zmian klimatu,
- informacje o osiągniętych wartościach mierników monitorowania i wskaźników monitorowania,
- wnioski i rekomendacje wynikające z monitorowania.

Na podstawie art. 18c ust. 7 ustawy – Prawo ochrony środowiska wydane zostało Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 26 maja 2026 r. w sprawie szczegółowego zakresu sprawozdania z monitorowania wdrażania działań adaptacyjnych do zmian klimatu oraz mierników monitorowania i wskaźników monitorowania zawartych w miejskich planach adaptacji (Dz. U. z 2026 r. poz. 718). Rozporządzenie zostało opublikowane w Dzienniku Ustaw 1 czerwca 2026 r. i weszło w życie 16 czerwca 2026 r.

W związku z obowiązywaniem rozporządzenia monitoring realizacji MPA oparto na miernikach monitorowania i wskaźnikach monitorowania określonych w jego przepisach. W tabeli przedstawiono mierniki i wskaźniki zgodne z obowiązującym rozporządzeniem wraz z ich opisem.

Tabela 21. Mierniki i wskaźniki służące monitoringowi realizacji działań adaptacyjnych

Lp.	Nazwa miernika/ wskaźnika	Opis wskaźnika
1	Zasoby zieleni miasta – udział powierzchni zieleni w powierzchni miasta	Łączna powierzchnia terenów będących w posiadaniu miasta, należących do kategorii: lasy liściaste, lasy iglaste, roślinność trawiasta, wrzosowiska i zakrzaczenia, tereny podmokłe, torfowiska, podzielona przez powierzchnię miasta, z wyłączeniem powierzchni terenów niebędących w posiadaniu miasta oraz morskich wód wewnętrznych, i pomnożona przez 100.
2	Potencjał infiltracyjny i retencyjny miasta – udział obszarów przepuszczalnych, pokrytych roślinnością oraz gruntów pokrytych wodami w powierzchni miasta	Łączna powierzchnia kategorii: tereny rolne, lasy liściaste, lasy iglaste, roślinność trawiasta, wrzosowiska i zakrzaczenia, tereny podmokłe, torfowiska, tereny naturalne pozbawione roślinności, obszary wodne podzielona przez powierzchnię miasta, z wyłączeniem morskich wód wewnętrznych, i pomnożona przez 100.
3	Udział pokrycia koronami drzew w powierzchni miasta	Całkowita powierzchnia pokryta drzewami na terenie miasta, ustalona na podstawie danych o stopniu zwarcia koron drzew pozyskanych z usługi monitorowania obszarów lądowych programu Copernicus, o której mowa w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/696 z dnia 28 kwietnia 2021 r. ustanawiającym Unijny program kosmiczny i Agencję Unii Europejskiej ds. Programu Kosmicznego oraz uchylającym rozporządzenia (UE) nr 912/2010, (UE) nr 1285/2013 i (UE) nr 377/2014 oraz decyzję nr 541/2014/UE, podzielona przez powierzchnię miasta, z wyłączeniem morskich wód wewnętrznych, i pomnożona przez 100. Opisywany wskaźnik stanowi wskaźnik, o którym mowa w art. 8 rozporządzenia (UE) 2024/1991 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 24 czerwca 2024 r. w sprawie odbudowy zasobów przyrodniczych i zmiany rozporządzenia (UE) 2022/869, obliczony dla ekosystemu miejskiego wyznaczonego zgodnie z art. 14 ust. 4 lit. a tego rozporządzenia, tj. obejmującego całe miasto lub małe miasto i przedmieście.
4	Udział terenów zieleni z liczbą koszenia nie większą niż dwa razy w roku w powierzchni terenów zieleni	Powierzchnia terenów zieleni w rozumieniu ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, bez uwzględnienia cmentarzy, zarządzanych przez miasto, poddanych koszeniu maksymalnie dwa razy w roku, podzielona przez powierzchnię terenów zieleni w rozumieniu tej ustawy, bez uwzględnienia cmentarzy, i pomnożona przez 100.
5	Udział powierzchni obszarów zieleni publicznej w powierzchni miasta	Powierzchnia obszarów zieleni publicznej w rozumieniu art. 2 pkt 25 ustawy z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym, podzielona przez powierzchnię miasta, z wyłączeniem morskich wód wewnętrznych, i pomnożona przez 100.
6	Udział powierzchni parków spacerowo-wypoczynkowych i zieleńców w powierzchni miasta	Powierzchnia parków spacerowo-wypoczynkowych i zieleńców, ustalona zgodnie z formatem udostępnionym na stronie internetowej Głównego Urzędu Statystycznego, o którym mowa w art. 18a ust. 3 ustawy z dnia 29 czerwca 1995 r. o statystyce publicznej, podzielona przez powierzchnię miasta, z wyłączeniem morskich wód wewnętrznych, i pomnożona przez 100.
7	Udział powierzchni biologicznie czynnej w powierzchni zrealizowanych robót	Powierzchnia biologicznie czynna w rozumieniu art. 2 pkt 28 ustawy z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym w zrealizowanych robotach budowlanych w pasach drogowych zarządzanych przez miasto, których odbiór nastąpił po uchwaleniu miejskiego planu adaptacji, podzielona przez

Lp.	Nazwa miernika/ wskaźnika	Opis wskaźnika
	budowlanych w pasach drogowych	powierzchnię zrealizowanych robót budowlanych w pasach drogowych zarządzanych przez miasto, których odbiór nastąpił po uchwaleniu miejskiego planu adaptacji, i pomnożona przez 100. Roboty budowlane to roboty budowlane w rozumieniu art. 3 pkt 7 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane. Pas drogowy to pas drogowy w rozumieniu art. 4 pkt 1 ustawy z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych. W przypadku braku zinwentaryzowanych robót budowlanych jest dopuszczalne przyjęcie wartości początkowej na poziomie 0%.
8	Pojemność urządzeń małej retencji, które zatrzymują wodę w naturalny sposób, przypadająca na 1 km^2 miasta	Pojemność nieuszczelnionych powierzchniowych urządzeń z nieutwardzonymi brzegami, o pojemności do 5 mln m^3 każdy, służących do gromadzenia wód opadowych i roztopowych lub spowolnienia ich odpływu po ustaniu opadu, w których występuje roślinność korzystająca z tej wody, podzielona przez powierzchnię miasta, z wyłączeniem morskich wód wewnętrznych. Obejmują one w szczególności urządzenia: 1) zarządzane przez miasto; 2) na które miasto udzieliło dotacji; 3) co do których inwestorzy przekazują miastu informacje, w szczególności ze względu na realizację inwestycji towarzyszących zgodnie z ustawami wskazanymi w rozporządzeniu. W przypadku braku zinwentaryzowanych urządzeń jest dopuszczalne przyjęcie wartości początkowej na poziomie 0 m^3 /km^2 .
9	Pojemność sztucznych zbiorników retencyjnych przypadająca na 1 km^2 miasta	Pojemność sztucznych zbiorników retencyjnych podzielona przez powierzchnię miasta, z wyłączeniem morskich wód wewnętrznych. Do sztucznych zbiorników retencyjnych zalicza się urządzenia wodne w rozumieniu ustawy Prawo wodne oraz inne sztuczne zbiorniki naziemne i podziemne służące do gromadzenia wód opadowych i roztopowych lub spowolnienia ich odpływu po ustaniu opadu, będące w czynnym użyciu. Obejmują one w szczególności zbiorniki zarządzane przez miasto, zbiorniki, na które miasto udzieliło dotacji, oraz zbiorniki, co do których inwestorzy przekazują miastu informacje. W przypadku braku zinwentaryzowanych zbiorników jest dopuszczalne przyjęcie wartości początkowej na poziomie 0 m^3 /km^2 .
10	Odsetek pojazdów publicznej komunikacji miejskiej wyposażonych w klimatyzację	Liczba pojazdów publicznej komunikacji miejskiej realizujących usługę przewozu pasażerów i wyposażonych w klimatyzację zarówno w strefie pasażerskiej, jak i dla kierowcy, podzielona przez liczbę pojazdów publicznej komunikacji miejskiej realizujących usługę przewozu pasażerów ogółem i pomnożona przez 100.
11	Odsetek przystanków publicznej komunikacji miejskiej chroniących przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi	Liczba podziemnych i wyposażonych w wiaty przystankowe naziemnych przystanków publicznej komunikacji miejskiej podzielona przez liczbę przystanków publicznej komunikacji miejskiej ogółem i pomnożona przez 100.
12	Liczba powszechnie dostępnych punktów poboru wody przeznaczonej do picia	Liczba powszechnie dostępnych bezpłatnych punktów poboru wody pitnej, np. poidełek, źródełek, zdrojów wody pitnej, w okresie letnim, tj. od dnia 1 maja do dnia 30 września, podzielona przez liczbę mieszkańców i pomnożona przez 10 000.
13	Liczba budynków użyteczności publicznej udostępnionych	Liczba budynków, o których mowa w § 3 pkt 6 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie

Lp.	Nazwa miernika/ wskaźnika	Opis wskaźnika
	mieszkańcom w celu schronienia przed wysokimi temperaturami	warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, udostępnionych mieszkańcom w celu schronienia przed wysokimi temperaturami w okresie letnim, tj. od dnia 1 maja do dnia 30 września, podzielona przez liczbę mieszkańców i pomnożona przez 10 000.
14	Odsetek gminnych budynków dla dzieci, młodzieży, osób starszych i chorych, poddanych modernizacji w celu poprawy komfortu termicznego tych osób	Liczba gminnych budynków: żłobków i klubów dziecięcych, placówek oświatowych, placówek instytucjonalnej pieczy zastępczej, zakładów leczniczych, jednostek organizacyjnych pomocy społecznej, klubów, świetlic, domów kultury i bibliotek, poddanych modernizacji pod kątem poprawy komfortu termicznego, podzielona przez liczbę tych budynków ogółem i pomnożona przez 100. Do działań modernizacyjnych pod kątem poprawy komfortu termicznego zalicza się: 1) termomodernizację budynku, w szczególności docieplenie ścian, stropów, podłóg na gruncie, fundamentów, stropodachów lub dachów, wymianę stolarki okiennej i drzwiowej oraz modernizację systemu wentylacji; 2) założenie klimatyzacji; 3) założenie tarasów i stropodachów oraz innych powierzchni zapewniających naturalną wegetację roślin; 4) stosowanie pokryć dachowych ograniczających nagrzewanie się powierzchni dachów, np. jasnych dachów i powłok refleksyjnych.

Źródło: Rozporządzenie Ministra Klimatu I Środowiska z dnia 26 maja 2026 r. w sprawie szczegółowego zakresu sprawozdania z monitorowania wdrażania działań adaptacyjnych do zmian klimatu oraz mierników monitorowania i wskaźników monitorowania zawartych w miejskich planach adaptacji

W poniższych tabelach przedstawiono wykaz mierników monitorowania i wskaźników monitorowania zgodny z Rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie szczegółowego zakresu sprawozdania z monitorowania wdrażania działań adaptacyjnych do zmian klimatu oraz mierników monitorowania i wskaźników monitorowania zawartych w miejskich planach adaptacji.

Tabela 22. Mierniki monitorowania skuteczności osiągania szczegółowych celów miejskiego planu adaptacji

Lp.	Nazwa miernika	Jednostka miary	Oczekiwana wartość	Rok osiągnięcia wartości docelowej
1.	Zasoby zieleni miasta – udział powierzchni zieleni w powierzchni miasta	%	wzrost	2034
2.	Potencjał infiltracyjny i retencyjny miasta – udział obszarów przepuszczalnych, pokrytych roślinnością oraz gruntów pokrytych wodami w powierzchni miasta	%	wzrost	2034

Źródło: opracowanie własne

Tabela 23. Wskaźniki monitorowania skuteczności wdrażania działań adaptacyjnych do zmian klimatu

Lp.	Nazwa wskaźnika	Jednostka miary	Oczekiwana wartość	Rok osiągnięcia wartości docelowej
1	Udział pokrycia koronami drzew w powierzchni miasta	%	wzrost	2034
2	Udział terenów zieleni z liczbą koszenia nie większą niż dwa razy w roku w powierzchni terenów zieleni	%	wzrost	2034
3	Udział powierzchni obszarów zieleni publicznej w powierzchni miasta	%	wzrost	2034
4	Udział powierzchni parków spacerowo-wypoczynkowych i zieleńców w powierzchni miasta	%	wzrost	2034
5	Udział powierzchni biologicznie czynnej w powierzchni zrealizowanych robót budowlanych w pasach drogowych	%	wzrost	2034
6	Pojemność urządzeń małej retencji, które zatrzymują wodę w naturalny sposób, przypadająca na 1 km^2 miasta	m^3/km^2	wzrost	2034
7	Pojemność sztucznych zbiorników retencyjnych przypadająca na 1 km^2 miasta	m^3/km^2	wzrost	2034
8	Odsetek pojazdów publicznej komunikacji miejskiej wyposażonych w klimatyzację	%	wzrost	2034
9	Odsetek przystanków publicznej komunikacji miejskiej chroniących przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi	%	wzrost	2034
10	Liczba powszechnie dostępnych punktów poboru wody przeznaczonej do picia	szt./10 000	wzrost	2034

Lp.	Nazwa wskaźnika	Jednostka miary	Oczekiwana wartość	Rok osiągnięcia wartości docelowej
11	Liczba budynków użyteczności publicznej udostępnionych mieszkańcom w celu schronienia przed wysokimi temperaturami	szt./10 000 mieszkańców	wzrost	2034
12	Odsetek gminnych budynków dla dzieci, młodzieży, osób starszych i chorych, poddanych modernizacji w celu poprawy komfortu termicznego tych osób	%	wzrost	2034

Źródło: opracowanie własne

11.4 Ewaluacja

Ewaluacja MPA dla Kisielic będzie służyć ocenie skuteczności, trafności i aktualności działań podejmowanych w odpowiedzi na skutki zmian klimatu. Proces ten powinien obejmować analizę stopnia realizacji celów MPA, ocenę osiągniętych efektów, identyfikację działań wymagających kontynuacji lub modyfikacji oraz wskazanie nowych potrzeb wynikających ze zmieniających się uwarunkowań klimatycznych, przestrzennych, społecznych i infrastrukturalnych.

Ewaluacja powinna być prowadzona w oparciu o wyniki monitoringu, dane pozyskiwane od komórek organizacyjnych Urzędu Miejskiego, miejskich jednostek organizacyjnych, spółek komunalnych oraz informacje dotyczące występowania zjawisk ekstremalnych, takich jak podtopienia, fale upałów, susze czy intensywne opady. Istotne znaczenie powinny mieć również zgłoszenia mieszkańców, obserwacje terenowe oraz analiza skuteczności wdrożonych rozwiązań błękitno-zielonej infrastruktury.

Wnioski z ewaluacji powinny stanowić podstawę do aktualizacji MPA, w tym korekty listy działań, priorytetów inwestycyjnych oraz przyjętych wskaźników. Dzięki temu dokument będzie mógł zachować praktyczny charakter i pozostawać dostosowany do rzeczywistych potrzeb Kisielic w zakresie zwiększania odporności miasta na skutki zmian klimatu.

11.5 Harmonogram wdrażania

Poniżej przedstawiono harmonogram wdrażania Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu dla Kisielic. Opracowany dokument zostanie przyjęty uchwałą Rady Miejskiej, a następnie wdrożony i objęty bieżącym monitoringiem i ewaluacją realizacji działań w cyklu dwuletnim. Zakłada się, że realizacja MPA będzie procesem ciągłym, wymagającym systematycznej oceny postępów oraz dostosowywania działań do zmieniających się uwarunkowań klimatycznych, przestrzennych i organizacyjnych. Zgodnie z ustawą Prawo Ochrony Środowiska, Plan Adaptacji aktualizuje się nie rzadziej niż raz na 6 lat.

Tabela 24. Harmonogram wdrażania MPA

Czynność	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Opracowanie Planu	■								
Przyjęcie Planu przez Radę Miejską	■								
Wdrażanie Planu	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bieżący monitoring i ewaluacja realizacji działań			■		■		■		■
Aktualizacja Planu							■		

Źródło: opracowanie własne

12. Wnioski i rekomendacje

Przeprowadzona diagnoza oraz analiza podatności i ryzyka klimatycznego wskazują, że Kisielice posiadają dobre warunki do stopniowego zwiększania odporności na zmiany klimatu. Jednocześnie miasto jest narażone przede wszystkim na suszę i wydłużające się okresy bezopadowe, intensywne opady i lokalne podtopienia, fale upałów oraz degradację ekosystemów zależnych od wody.

Specyfiką Kisielic jest niewielka skala miasta oraz obecność rozproszonych zasobów przyrodniczych i wodnych. Oznacza to, że działania adaptacyjne powinny opierać się przede wszystkim na ochronie istniejących zasobów, zwiększaniu retencji oraz wdrażaniu niewielkich, rozproszonych rozwiązań błękitno-zielonej infrastruktury.

Najwyższą podatność wśród obszarów zurbanizowanych wykazuje rdzeń miejski, gdzie kumulują się uszczelnienie powierzchni, niedobór zieleni wysokiej oraz koncentracja użytkowników przestrzeni. Szczególnie istotna jest również podatność terenów otwartych, wodnych i podmokłych, które charakteryzują się wysoką wrażliwością przyrodniczą.

Analiza ryzyka wykazała pięć zagrożeń o wysokim poziomie ryzyka: suszę i wydłużanie okresów bezopadowych, degradację ekosystemów zależnych od wody, opady nawalne i lokalne podtopienia, fale upałów oraz zanik zjawisk zimowych. Cztery z nich są bezpośrednio związane z gospodarowaniem wodą, co potwierdza, że **retencja i ochrona zasobów wodnych powinny stanowić podstawowy kierunek adaptacji Kisielic**.

Istotnym zagrożeniem jest również zanieczyszczenie wód powierzchniowych i podziemnych. Ma to szczególne znaczenie ze względu na wykorzystywanie zasobów wód podziemnych jako źródła

zaopatrzenia miasta. Dlatego działania retencyjne powinny być uzupełniane o rozwiązania ograniczające spływ zanieczyszczeń i umożliwiające podczyszczanie wód opadowych.

Jednocześnie ryzyko powodzi rzecznej od Gardzięgi oceniono jako bardzo niskie. Zasięg potencjalnego zalewu nie obejmuje zwartej zabudowy miasta, dlatego działania adaptacyjne nie powinny koncentrować się na rozbudowanej ochronie przeciwpowodziowej, lecz na zachowaniu doliny Gardzięgi i jej funkcji przyrodniczych oraz retencyjnych.

Drugim ważnym kierunkiem jest ograniczanie skutków wysokich temperatur, przede wszystkim w centralnej części miasta. W tym zakresie szczególne znaczenie mają zwiększanie zacienienia, ochrona istniejących drzew, nowe nasadzenia, ograniczanie uszczelnienia oraz poprawa warunków użytkowania przestrzeni publicznych.

Na podstawie przeprowadzonej diagnozy rekomenduje się:

1. **Zwiększanie retencji i zatrzymywanie wody.**
   Rozwój ogrodów deszczowych, niecek chłonnych, zbiorników na deszczówkę, nawierzchni przepuszczalnych oraz innych rozwiązań umożliwiających zagospodarowanie wody w miejscu jej powstawania.
2. **Ochronę istniejących zasobów wodnych i przyrodniczych.**
   Jezioro Miejskie, oczka wodne, tereny podmokłe oraz dolina Gardzięgi powinny być traktowane jako element infrastruktury adaptacyjnej miasta. Należy ograniczać ich osuszanie, zasypywanie, zabudowę i inne działania prowadzące do utraty funkcji retencyjnych.
3. **Zwiększenie udziału zieleni i błękitno-zielonej infrastruktury.**
   W szczególności w centralnej części miasta należy rozwijać nasadzenia drzew i krzewów, zacienione miejsca odpoczynku, ogrody deszczowe, parki kieszonkowe oraz rozszczelnione powierzchnie.
4. **Uwzględnianie adaptacji w każdej inwestycji miejskiej.**
   Modernizacja dróg, parkingów, placów, budynków i terenów zieleni powinna być każdorazowo analizowana pod kątem możliwości zwiększenia retencji, ograniczenia uszczelnienia, ochrony drzew oraz ograniczenia przegrzewania.
5. **Ograniczanie zanieczyszczenia wód.**
   Przy drogach, parkingach i innych powierzchniach potencjalnie zanieczyszczonych należy stosować rozwiązania umożliwiające zatrzymywanie i podczyszczanie wód opadowych.
6. **Ochronę mieszkańców przed ekstremalnymi temperaturami.**

Należy wskazywać miejsca odpoczynku i czasowego schronienia przed upałem, zapewniać dostęp do wody oraz uwzględniać potrzeby seniorów, dzieci, osób z niepełnosprawnościami i osób o ograniczonej mobilności.

7. **Włączanie mieszkańców w działania adaptacyjne.**
   Warto rozwijać przydomową retencję, ogrody deszczowe, ochronę zieleni oraz działania edukacyjne. Istniejący budżet obywatelski może być wykorzystywany do finansowania niewielkich przedsięwzięć adaptacyjnych.
8. **Wykorzystanie potencjału miasta i środków zewnętrznych.**
   Doświadczenia Kisielic w zakresie transformacji energetycznej powinny być wykorzystywane przy przygotowywaniu projektów łączących adaptację, ochronę środowiska i efektywność energetyczną. Aktualny MPA powinien stanowić podstawę do przygotowywania projektów i ubiegania się o finansowanie zewnętrzne.

Spis rysunków

Rysunek 1. Położenie administracyjne Gminy Kisielice (źródło: opracowanie własne) 9
Rysunek 2. Położenie fizyczno-geograficzne Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 10
Rysunek 3. Wody powierzchniowe i cieki na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 14
Rysunek 4. Miasto Kisielice na tle obszarów zagrożenia powodziowego (źródło: opracowanie własne) 16
Rysunek 5. Zastoiska wodne (źródło: opracowanie własne) 18
Rysunek 6. Obszary zielone na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 21
Rysunek 7. Liczba mieszkańców Kisielic w latach 2010-2025 (źródło: dane GUS) 25
Rysunek 8. Prognoza liczby mieszkańców Kisielic do 2040 roku (źródło: opracowanie własne) 26
Rysunek 9. Liczba osób w wieku przedprodukcyjnym, produkcyjnym i poprodukcyjnym na terenie Miasta Kisielice w latach 2010-2025 (źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS) . 26
Rysunek 10. Liczba podmiotów gospodarczych na terenie Miasta Kisielice w latach 2010-2025 (źródło: dane GUS) 27
Rysunek 11. Pokrycie terenu Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 32
Rysunek 12. Mapa zagospodarowania terenu Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 34
Rysunek 13. Zagrożenie suszą atmosferyczną na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 42
Rysunek 14. Zagrożenie suszą rolniczą na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 43
Rysunek 15. Zagrożenie suszą hydrologiczną na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 44
Rysunek 16. Zagrożenie suszą hydrogeologiczną na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 45
Rysunek 17. Łączne zagrożenie suszą na terenie Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 46
Rysunek 18. Delimitacja obszarów podatności Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) .. 65
Rysunek 19. Obszary podatności Miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 66
Rysunek 20. Elementy procesu wdrażania MPA 85

Spis tabel

Tabela 1. Charakterystyka sieci wodociągowej na terenie Miasta Kisielice w latach 2020-2025 22
Tabela 2. Charakterystyka sieci kanalizacyjnej na terenie Miasta Kisielice w latach 2020-2025.. 23
Tabela 3. Gęstość zaludnienia na terenie Miasta Kisielice w latach 2010-2025 27
Tabela 4. Osoby fizyczne prowadzące działalność gospodarczą wg sekcji PKD 2007 na terenie Miasta Kisielice w 2025 roku 28
Tabela 5. Struktura przedsiębiorstw działających na terenie Miasta Kisielice wg. liczby zatrudnionych w latach 2020-2025 29
Tabela 6. Klasy stref dla poszczególnych zanieczyszczeń, uzyskane w ocenie rocznej dokonanej z uwzględnieniem kryteriów ustanowionych pod kątem ochrony zdrowia 30
Tabela 7. Ekspozycja miasta na zagrożenia klimatyczne 39
Tabela 8. Sektory funkcjonowania miasta wrażliwe na zmiany klimatu 49
Tabela 9. Podatność sektorów funkcjonowania Miasta Kisielice na zmiany klimatu 62
Tabela 10. Obszary podatności Miasta Kisielice 64
Tabela 11. Macierz ryzyka klimatycznego 69
Tabela 12. Ocena ryzyk klimatycznych dla Miasta Kisielice 69
Tabela 13. Profil ryzyka klimatycznego w obszarach podatności 71
Tabela 14. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego I 77
Tabela 15. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego II 78
Tabela 16. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego III 79
Tabela 17. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego IV 80
Tabela 18. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego V 81
Tabela 19. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego VI 82
Tabela 20. Działania adaptacyjne wyznaczone w ramach celu szczegółowego VII 83
Tabela 21. Mierniki i wskaźniki służące monitoringowi realizacji działań adaptacyjnych 93
Tabela 22. Mierniki monitorowania skuteczności osiągania szczegółowych celów miejskiego planu adaptacji 96
Tabela 23. Wskaźniki monitorowania skuteczności wdrażania działań adaptacyjnych do zmian klimatu 97
Tabela 24. Harmonogram wdrażania MPA 100

Załączniki

1. Wyniki analiz klimatycznych i hydrologicznych,
2. Koncepcja zazieleniania miasta Kisielice,
3. Raport z ankietyzacji przeprowadzonej na potrzeby opracowania planu adaptacji do zmian klimatu dla miasta Kisielice,
4. Koncepcja zagospodarowania na terenie miasta wód opadowych i roztopowych,
5. Analiza zjawiska miejskiej wyspy ciepła na terenie miasta Kisielice.

Załącznik I.
Wyniki analiz klimatycznych dla miasta Kisielice



Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

ZAMAWIAJĄCY

Gmina Kisielice

ul. Daszyńskiego 5

14-220 Kisielice

WYKONAWCA

Energia dla Miast Sp. z o.o.

os. Kalinowe 17

31-815 Kraków

tel.: 662 239 612

e-mail: biuro@energiadlamiast.pl

OPRACOWANIE

Kamil Krzoski

Anna Owsikowska

Filip Mierzwiński

Dawid Woźnicki

Spis treści

1. Wskaźniki klimatyczne dla okresu 1993–2025 4
1.1. Wskaźniki temperaturowe 4
1.1.1. Średnia roczna temperatura powietrza 4
1.1.2. Średnia roczna temperatura maksymalna powietrza 5
1.1.3. Średnia roczna temperatura minimalna powietrza 6
1.1.4. Temperatura średniomiesięczna 7
1.1.5. Absolutna maksymalna temperatura powietrza 9
1.1.6. Absolutna minimalna temperatura powietrza 10
1.1.7. Percentyl 98% temperatury maksymalnej 11
1.1.8. Liczba dni upalnych 12
1.1.9. Liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną nie mniejszą niż 30 °C 13
1.1.10. Liczba dni gorących 14
1.1.11. Liczba okresów o długości przynajmniej 5 dni z temperaturą maksymalną nie mniejszą niż 25 °C 15
1.1.12. Liczba nocy tropikalnych 16
1.1.13. Percentyl 2% temperatury minimalnej 17
1.1.14. Liczba dni mroźnych 18
1.1.15. Liczba dni bardzo mroźnych 19
1.1.16. Liczba fal chłodu 19
1.1.17. Liczba dni przymrozkowych 21
1.1.18. Liczba okresów o długości przynajmniej 5 dni z temperaturą minimalną nie wyższą niż 0°C 22
1.1.19. Liczba dni z przejściem temperatury powietrza przez punkt 0°C 22
1.2. Wskaźniki opadowe 24
1.2.1. Roczna suma opadu 24
1.2.2. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm 25
1.2.3. Liczba okresów dłuższych niż 5 dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm 26
1.2.4. Liczba dni w roku z opadem ≥ 10 mm, ≥ 20 mm, ≥ 30 mm, ≥ 40 mm, ≥ 50 mm, ≥ 60 mm i ≥ 70 mm 27
1.2.5. Miesięczna suma opadów 31
1.2.6. Maksymalny opad dobowy 33
1.2.7. Najdłuższe okresy bez opadu 35
1.2.8. Liczba okresów w roku bez opadu o czasie trwania minimum 5 dni 36
1.3. Pozostałe wskaźniki 36
1.3.1. Średnia prędkość wiatru 36

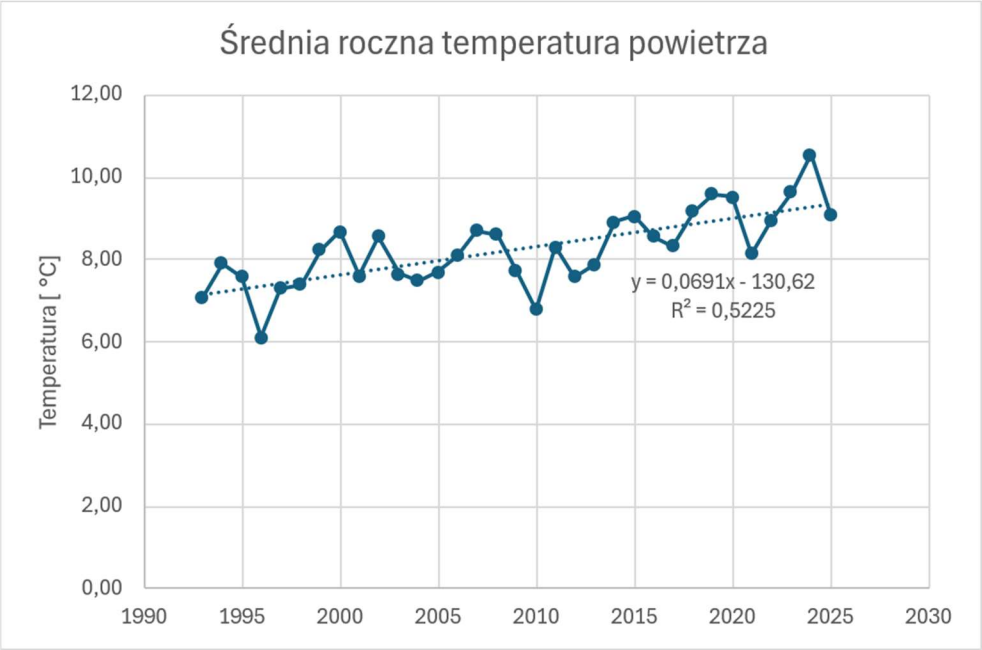
1.3.2. Maksymalna prędkość wiatru 38
1.3.3. Liczba dni z porywami wiatru powyżej 17 m/s 39
2. Wskaźniki hydrologiczne 40
2.1. Średni roczny przepływ 40
2.2. Przepływ zwyczajny roczny 41
2.3. Średni roczny przepływ maksymalny 41
2.4. Średni roczny przepływ minimalny 42
3. Scenariusze zmian klimatu 42
3.1. Wskaźniki temperaturowe 43
3.1.1. Średnia roczna temperatura powietrza 43
3.1.2. Średnia minimalna temperatura powietrza 44
3.1.3. Średnia maksymalna temperatura powietrza 45
3.1.4. Liczba dni upalnych 47
3.1.5. Liczba dni gorących 48
3.1.6. Liczba nocy tropikalnych 49
3.1.7. Liczba dni mroźnych 50
3.1.8. Liczba dni bardzo mroźnych 51
3.2. Wskaźniki opadowe 52
3.2.1. Roczna suma opadu 52
3.2.2. Liczba dni bez opadu 53
3.2.3. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm 53
3.2.4. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm 54
3.2.5. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm 55
3.2.6. Liczba dni z pokrywą śnieżną 55
3.2.7. Grubość pokrywy śnieżnej 56
3.3. Pozostałe wskaźniki meteorologiczne 57
3.3.1. Średnia prędkość wiatru 57
3.3.2. Średni udział ciszy 57
3.3.3. Średni udział wiatrów bardzo słabych 58
3.3.4. Średni udział wiatrów słabych i umiarkowanych 59
3.3.5. Średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych 59
3.3.6. Zachmurzenie ogólne 60
Spis wykresów 61
Spis tabel 65

1. Wskaźniki klimatyczne dla okresu 1993–2025

Niniejszy załącznik do Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu koncentruje się na ocenie poziomu podatności obszaru Miasta Kisielice na oddziaływanie wybranych czynników klimatycznych. Analizę przeprowadzono w oparciu o dane historyczne obejmujące lata 1993–2025 oraz prognozy sporządzone dla horyzontu do 2070 roku, z uwzględnieniem dwóch scenariuszy emisyjnych CO_2. Dane historyczne pozyskano z zasobów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego. Podstawę analizy stanowiły informacje pochodzące ze stacji synoptycznej o numerze 353200272 Olsztyn, będącej najbliższą stacją synoptyczną IMGW-PIB reprezentatywną dla obszaru powiatu iławskiego, w którym położone jest Miasto Kisielice. Z uwagi na brak stacji synoptycznej zlokalizowanej bezpośrednio w Kisielicach, dane z tej stacji uznano za reprezentatywne dla warunków klimatycznych występujących na terenie miasta, co jest zgodne z powszechnie stosowanym podejściem w analizach klimatycznych prowadzonych dla obszarów nieobjętych bezpośrednim monitoringiem synoptycznym.

1.1. Wskaźniki temperaturowe

1.1.1. Średnia roczna temperatura powietrza

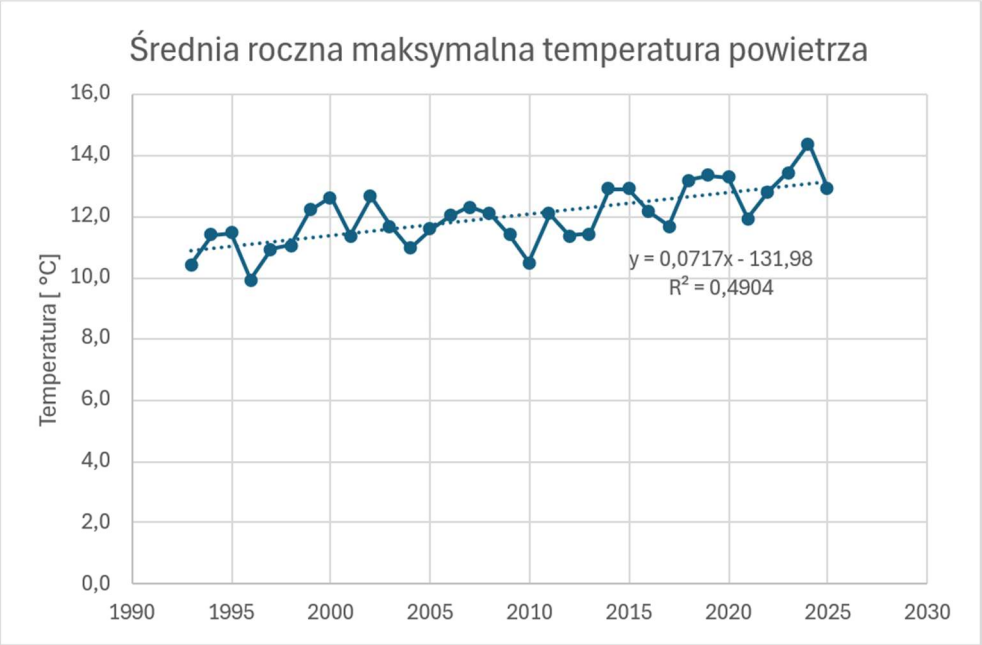


Wykres 1. Średnia roczna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Zgodnie z danymi ze stacji synoptycznej Olsztyn, średnia roczna temperatura powietrza w latach 1993–2025 reprezentatywna dla obszaru Miasta Kisielice wyniosła 8,3°C, przy czym w analizowanym okresie odnotowano wyraźną zmienność międzyroczną tego parametru. Najniższą wartość średniej rocznej temperatury zarejestrowano w 1996 roku, kiedy wyniosła ona 6,1°C, natomiast najwyższą w 2024 roku, w którym osiągnęła poziom 10,6°C. Tak ukształtowany zakres wartości wskazuje, że w ostatnich dekadach na obszarze Kisielic obserwowane są nie tylko okresowe wahania temperatury, lecz także ogólny kierunek zmian odpowiadający postępującemu ocieplaniu klimatu. Tendencja wzrostowa średniej rocznej temperatury powietrza ma istotne znaczenie dla oceny podatności klimatycznej miasta, ponieważ wpływa na warunki funkcjonowania mieszkańców, infrastruktury komunalnej,

systemów zieleni miejskiej oraz gospodarki wodnej. Wzrost temperatury może prowadzić do większego obciążenia organizmu człowieka w okresach letnich, nasilenia zjawiska stresu cieplnego, zwiększenia zapotrzebowania na chłodzenie budynków oraz pogorszenia warunków retencji wilgoci w glebie. Z perspektywy planowania adaptacyjnego dane te uzasadniają potrzebę wzmacniania odporności miasta poprzez rozwój zieleni, ograniczanie przegrzewania przestrzeni zurbanizowanych, poprawę zacienienia oraz wdrażanie rozwiązań z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury.

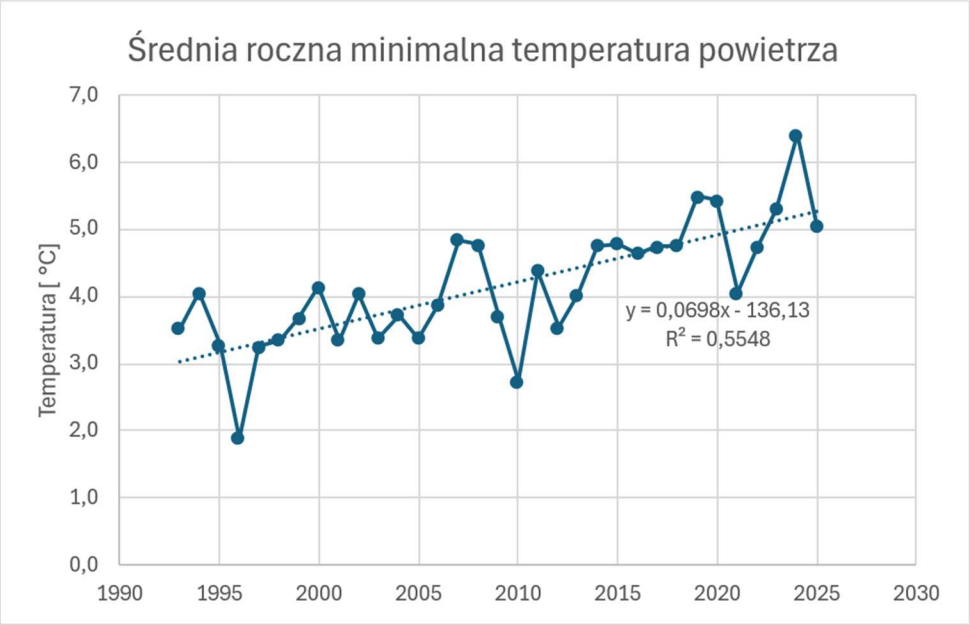
1.1.2. Średnia roczna temperatura maksymalna powietrza



Wykres 2. Średnia roczna temperatura maksymalna powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Średnia roczna temperatura maksymalna powietrza, wyznaczona na podstawie danych ze stacji synoptycznej Olsztyn dla lat 1993–2025, wyniosła 12°C. W analizowanym okresie parametr ten charakteryzował się znaczną zmiennością międzyroczną, przy czym najniższą wartość, równą 9,9°C, odnotowano w 1996 roku, natomiast najwyższą, wynoszącą 14,4°C, zarejestrowano w 2024 roku. Różnica pomiędzy wartościami skrajnymi wskazuje na istotne rozpiętości warunków termicznych w poszczególnych latach, jednak ogólny przebieg danych potwierdza wzrostową tendencję średniej rocznej temperatury maksymalnej powietrza na obszarze Miasta Kisielice. Wzrost tego wskaźnika należy interpretować jako szczególnie istotny z punktu widzenia oceny zagrożeń związanych z przegrzewaniem przestrzeni miejskiej oraz zwiększaniem uciążliwości termicznej w okresach ciepłych. Wyższe wartości temperatur maksymalnych mogą prowadzić do nasilenia stresu cieplnego mieszkańców, wzrostu zapotrzebowania na chłodzenie budynków, pogorszenia warunków funkcjonowania zieleni miejskiej oraz większego obciążenia infrastruktury komunalnej. Z perspektywy adaptacji do zmian klimatu dane te uzasadniają potrzebę wzmacniania działań ograniczających nagrzewanie powierzchni zurbanizowanych, w tym poprzez rozwój zieleni wysokiej, zwiększanie zacienienia, poprawę retencji wód opadowych oraz stosowanie rozwiązań przestrzennych sprzyjających obniżaniu temperatury w mieście.

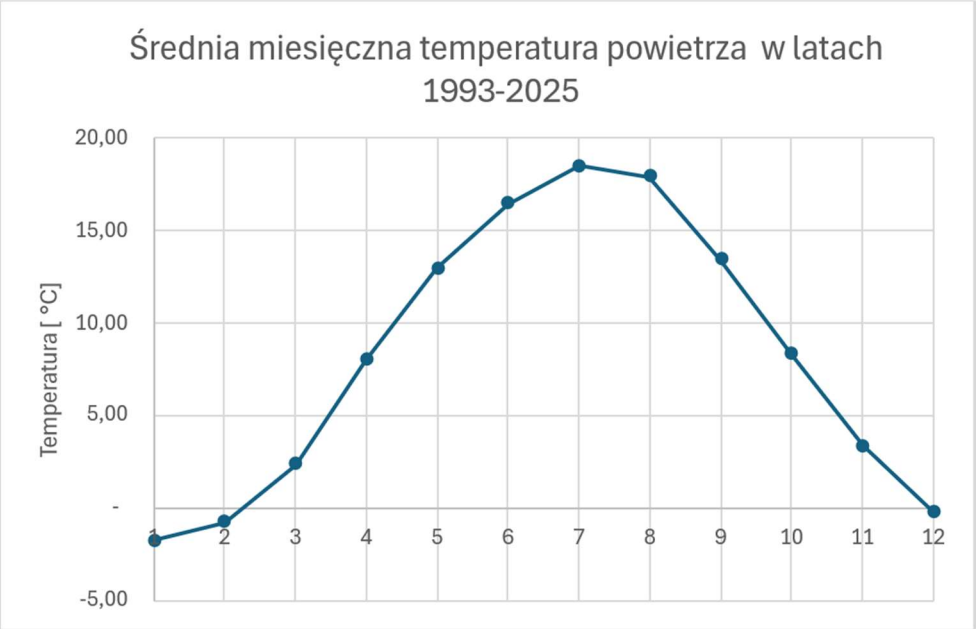
1.1.3. Średnia roczna temperatura minimalna powietrza



Wykres 3. Średnia roczna temperatura minimalna powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

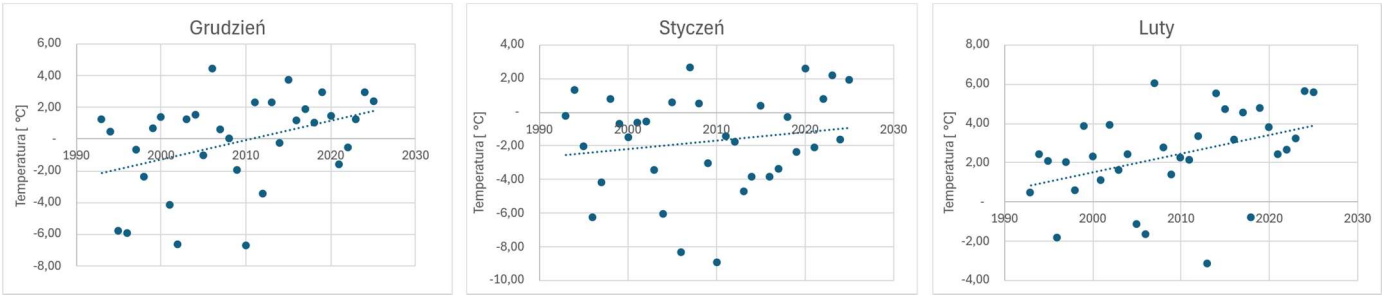
Średnia roczna temperatura minimalna powietrza, odnotowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025, ukształtowała się na poziomie 4,2°C. W analizowanym okresie najniższą średnią temperaturę minimalną, wynoszącą 1,9°C, zarejestrowano w 1996 roku, natomiast najwyższą wartość tego wskaźnika, równą 6,4°C, odnotowano w 2024 roku. Przebieg danych wskazuje na wzrostową tendencję średniej rocznej temperatury minimalnej powietrza na obszarze Miasta Kisielice, co oznacza, że ocieplenie klimatu przejawia się nie tylko wzrostem temperatur dziennych, lecz również podwyższaniem temperatur nocnych i ograniczaniem skali wychładzania powietrza. Zjawisko to ma istotne znaczenie z punktu widzenia funkcjonowania miasta, ponieważ wyższe temperatury minimalne mogą wpływać na skrócenie okresów chłodnych, zmniejszenie liczby dni z silnym wychłodzeniem, a jednocześnie na pogorszenie warunków regeneracji organizmu podczas cieplejszych nocy w sezonie letnim. W ujęciu adaptacyjnym wzrost tego wskaźnika należy wiązać z potrzebą ograniczania kumulacji ciepła w przestrzeni miejskiej, ochrony terenów biologicznie czynnych oraz wzmacniania roli zieleni i przewietrzania miasta, szczególnie w obszarach intensywnie zabudowanych. Podwyższanie temperatur minimalnych może również oddziaływać na warunki wegetacji roślin, bilans wilgoci w glebie oraz zapotrzebowanie na energię w budynkach, dlatego powinno być uwzględniane zarówno w planowaniu przestrzennym, jak i w działaniach służących zwiększaniu odporności klimatycznej Kisielic.

1.1.4. Temperatura średniomiesięczna



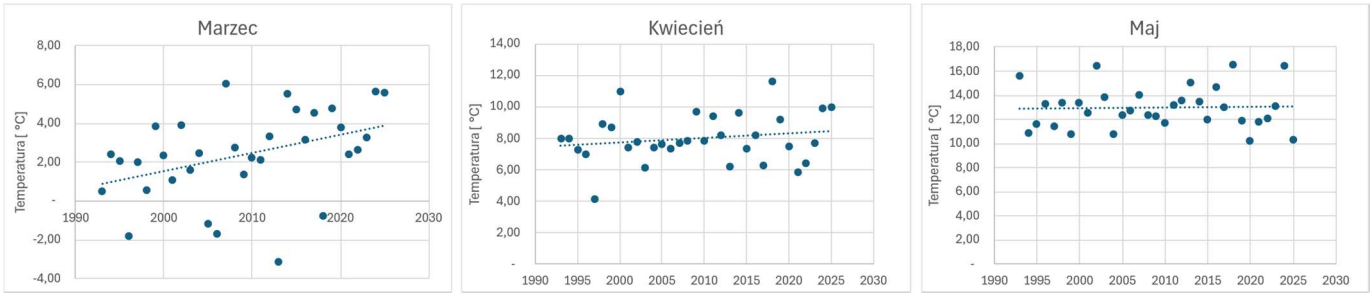
Wykres 4. Temperatura średniomiesięczna, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Średnie miesięczne temperatury dla lat 1993–2025, wyznaczone w oparciu o dane stacji synoptycznej Olsztyn, wykazują typowy przebieg roczny dla klimatu umiarkowanego z wyraźnym podziałem na cztery pory roku. Najwyższe wartości średnie odnotowywano w miesiącach letnich, ze szczytem w lipcu, natomiast najniższe – w miesiącach zimowych, z minimum przypadającym na styczeń. Dane dotyczące poszczególnych pór roku przedstawiono na wykresach poniżej.



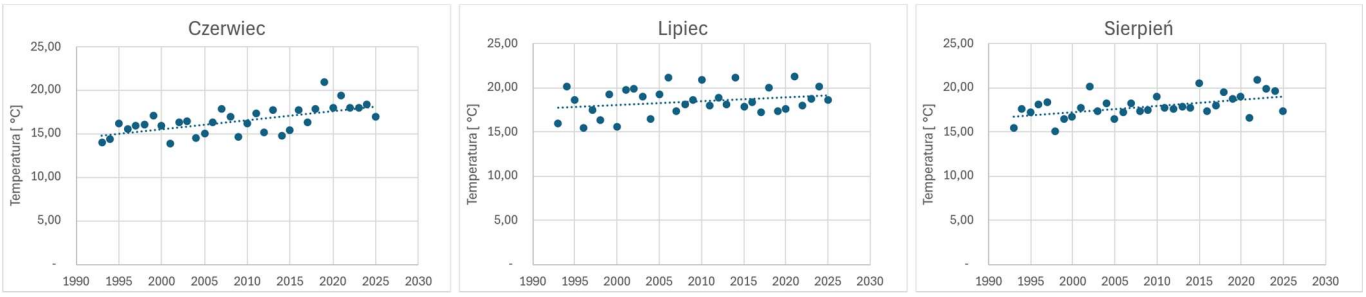
Wykres 5. Temperatura średniomiesięczna w okresie zimowym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach zimowych zaobserwowano wzrostowy trend temperatury średniomiesięcznej, przy czym trend ten najsilniej zaznaczył się w grudniu i lutym. W grudniu średniomiesięczne temperatury wahały się od -6,7°C w 2010 roku do 4,4°C w 2006 roku. W styczniu średniomiesięczne temperatury wahały się od -8,9°C w 2010 roku do 2,7°C w 2007 roku. W lutym średniomiesięczne temperatury wahały się od -6,9°C w 2012 roku do 4,5°C w 2024 roku. Wzrost temperatur zimowych wskazuje na stopniowe łagodzenie najchłodniejszej części roku, co znajduje odzwierciedlenie również w innych wskaźnikach zimowych analizowanych w dalszej części opracowania.



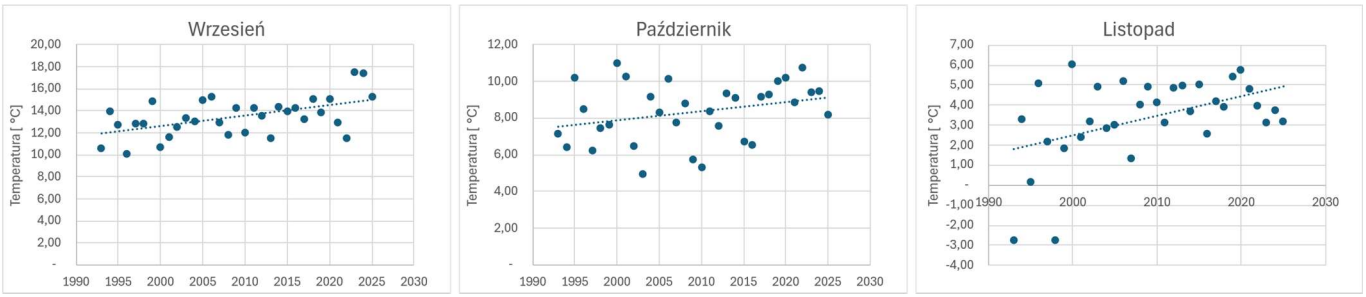
Wykres 6. Temperatura średniomiesięczna w okresie wiosennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach wiosennych trend wzrostowy temperatury średniomiesięcznej odnotowano przede wszystkim dla marca, natomiast w kwietniu i maju nie zaobserwowano jednoznacznie ukierunkowanego trendu. W marcu średniomiesięczne temperatury wahały się od -3,1°C w 2013 roku do 6°C w 2007 roku. W kwietniu średniomiesięczne temperatury wahały się od 4,2°C w 1997 roku do 11,6°C w 2018 roku. W maju średniomiesięczne temperatury wahały się od 10,2°C w 2020 roku do 16,5°C w 2018 roku.



Wykres 7. Temperatura średniomiesięczna w okresie letnim, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach letnich zaobserwowano wzrostowy trend temperatury średniomiesięcznej, widoczny w każdym z trzech miesięcy tego sezonu. W czerwcu średniomiesięczne temperatury wahały się od 13,9°C w 2001 roku do 20,9°C w 2019 roku. W lipcu średniomiesięczne temperatury wahały się od 15,4°C w 1996 roku do 21,2°C w 2021 roku. W sierpniu średniomiesięczne temperatury wahały się od 15°C w1998 roku do 20,9°C w 2022 roku. Wzrost temperatur letnich należy interpretować jako zjawisko o istotnym znaczeniu dla oceny zagrożeń termicznych miasta, ponieważ przekłada się on bezpośrednio na zwiększanie liczby dni gorących i upalnych, a także na nasilenie zjawiska miejskiej wyspy ciepła w obszarach o dużym udziale powierzchni uszczelnionych.

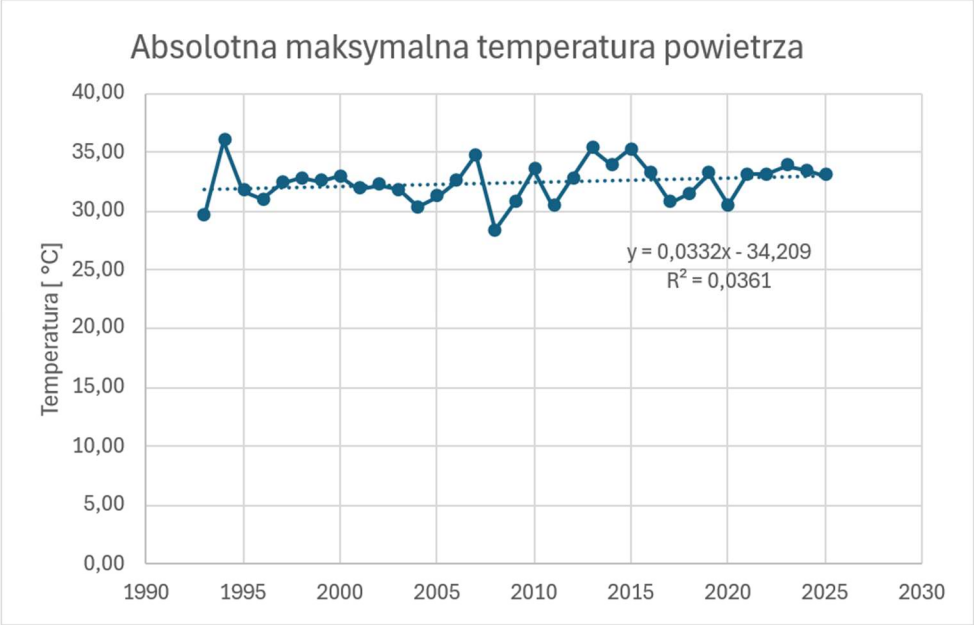


Wykres 8. Temperatura średniomiesięczna w okresie jesiennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach jesiennych zaobserwowano wzrostowy trend temperatury średniomiesięcznej, przy czym najsilniej zaznaczył się on dla listopada. We wrześniu średniomiesięczne temperatury wahały się od 10,1°C w 1996 roku do 17,5°C w 2023 roku. W październiku średniomiesięczne temperatury

wahały się od 5°C w 2003 roku do 11°C w 2000 roku. W listopadzie średniomiesięczne temperatury wahały się od -2,8°C w 1998 roku do 6°C w 2000 roku. Stopniowe podwyższanie temperatur jesiennych prowadzi do wydłużania okresu wegetacyjnego oraz skracania sezonu chłodnego, co ma znaczenie dla planowania utrzymania zieleni miejskiej oraz infrastruktury związanej z gospodarką wodno-kanalizacyjną.

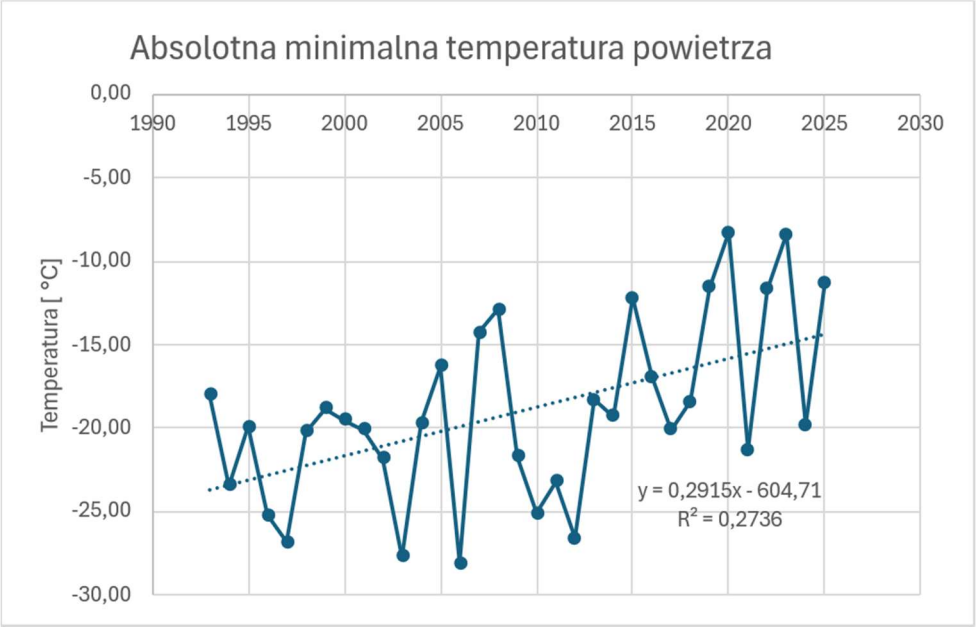
1.1.5. Absolutna maksymalna temperatura powietrza



Wykres 9. Absolutna maksymalna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Zgodnie z pomiarami prowadzonymi na stacji synoptycznej Olsztyn, w latach 1993–2025 absolutna temperatura maksymalna powietrza osiągała wartości przekraczające 28°C w każdym roku objętym analizą, przy czym w zdecydowanej większości lat wartości te przekraczały 30 °C. Najwyższą wartość tego wskaźnika, wynoszącą 36 °C, odnotowano w 1994 roku, natomiast najniższa wartość absolutnej temperatury maksymalnej, równa 28,4 °C, wystąpiła w 2008 roku. Oznacza to, że nawet w latach relatywnie chłodniejszych na obszarze reprezentatywnym dla Kisielic rejestrowano epizody bardzo wysokiej temperatury, mogące powodować okresowe pogorszenie komfortu termicznego mieszkańców oraz zwiększać obciążenie infrastruktury miejskiej. Przeprowadzona analiza wskazuje na wzrostowy trend zmian absolutnej temperatury maksymalnej powietrza, co należy interpretować jako sygnał narastającego ryzyka występowania epizodów skrajnego gorąca. Z perspektywy adaptacji do zmian klimatu parametr ten ma szczególne znaczenie, ponieważ wartości ekstremalne, nawet jeżeli występują krótkotrwale, mogą generować istotne skutki zdrowotne, środowiskowe i infrastrukturalne. Wzrost absolutnych temperatur maksymalnych uzasadnia potrzebę ograniczania przegrzewania przestrzeni publicznych, zwiększania udziału zieleni wysokiej i powierzchni przepuszczalnych, poprawy retencji wody w mieście oraz uwzględniania ryzyka upałów w planowaniu przestrzennym, projektowaniu budynków, organizacji usług publicznych i zarządzaniu bezpieczeństwem mieszkańców w okresach letnich.

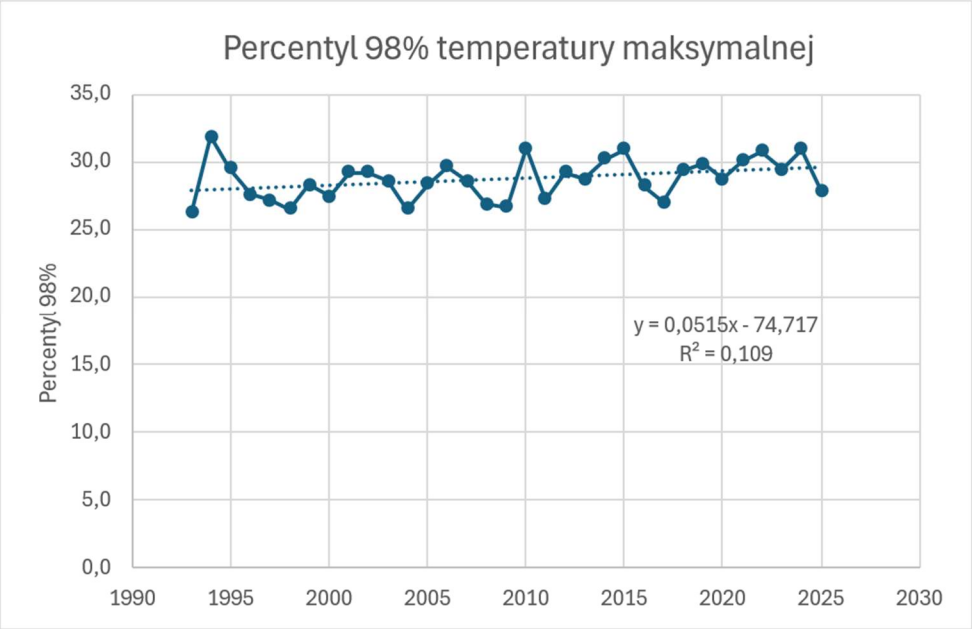
1.1.6. Absolutna minimalna temperatura powietrza



Wykres 10. Absolutna minimalna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Zgodnie z pomiarami prowadzonymi na stacji synoptycznej Olsztyn, w latach 1993–2025 absolutna temperatura minimalna powietrza charakteryzowała się znaczną zmiennością, przy czym jej skrajne wartości wskazują na stopniowe łagodzenie warunków termicznych w najchłodniejszych epizodach roku. Najwyższą wartość absolutnej temperatury minimalnej, wynoszącą -8,3 °C, odnotowano w 2020 roku, natomiast najniższą wartość tego wskaźnika, równą -28,1 °C, zarejestrowano w 2006 roku. Tak duża rozpiętość pomiędzy wartościami skrajnymi potwierdza, że w analizowanym okresie występowały zarówno epizody silnego wychłodzenia, jak i lata, w których minimalne temperatury osiągały wartości zdecydowanie mniej ekstremalne. Przeprowadzona analiza danych wskazuje jednak na wyraźnie wzrostowy trend absolutnej temperatury minimalnej powietrza, co należy interpretować jako przejaw ograniczania intensywności najniższych temperatur zimowych. Z punktu widzenia funkcjonowania miasta zjawisko to może oznaczać zmniejszenie ryzyka części zagrożeń związanych z bardzo silnym mrozem, w tym oddziaływań na infrastrukturę techniczną, nawierzchnie drogowe, sieci wodociągowe czy koszty ogrzewania budynków. Jednocześnie wzrost temperatur minimalnych nie eliminuje potrzeby uwzględniania zjawisk zimowych w planowaniu miejskim, ponieważ możliwe pozostaje występowanie krótkotrwałych epizodów mrozu, przymrozków oraz przejść temperatury przez 0 °C. W ujęciu adaptacyjnym parametr ten powinien być analizowany łącznie z liczbą dni mroźnych, przymrozkowych i fal chłodu, ponieważ dopiero całościowa ocena warunków zimowych pozwala właściwie określić odporność miasta na zmieniające się warunki termiczne.

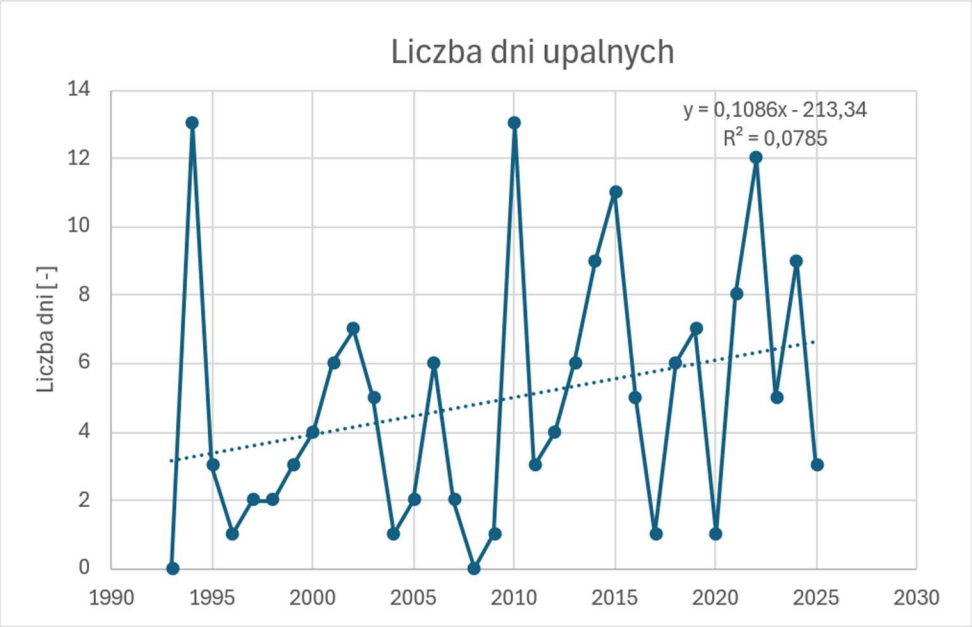
1.1.7. Percentyl 98% temperatury maksymalnej



Wykres 11. Percentyl 98% temperatury maksymalnej, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Percentyl 98% temperatury maksymalnej w latach 1993–2025 zawierał się w przedziale od 26,2°C w 1993 roku do 31,8°C w 1994 roku. Wskaźnik ten, odnoszący się do najwyższych wartości temperatury maksymalnej z pominięciem pojedynczych skrajnych obserwacji, pozwala ocenić skalę występowania bardzo wysokich temperatur w sposób bardziej stabilny niż analiza samych rekordów termicznych. Przebieg danych przedstawiony na wykresie wskazuje na trend wzrostowy, co oznacza, że na obszarze reprezentatywnym dla Kisielic stopniowo zwiększa się poziom temperatur charakterystycznych dla najcieplejszych dni w roku. Zjawisko to należy interpretować jako element szerszego procesu ocieplania klimatu, który może prowadzić do częstszego występowania warunków sprzyjających przegrzewaniu przestrzeni miejskiej, pogorszeniu komfortu termicznego mieszkańców oraz zwiększeniu zapotrzebowania na działania adaptacyjne w zakresie zacienienia, retencji wody, ochrony zieleni i ograniczania nagrzewania powierzchni utwardzonych.

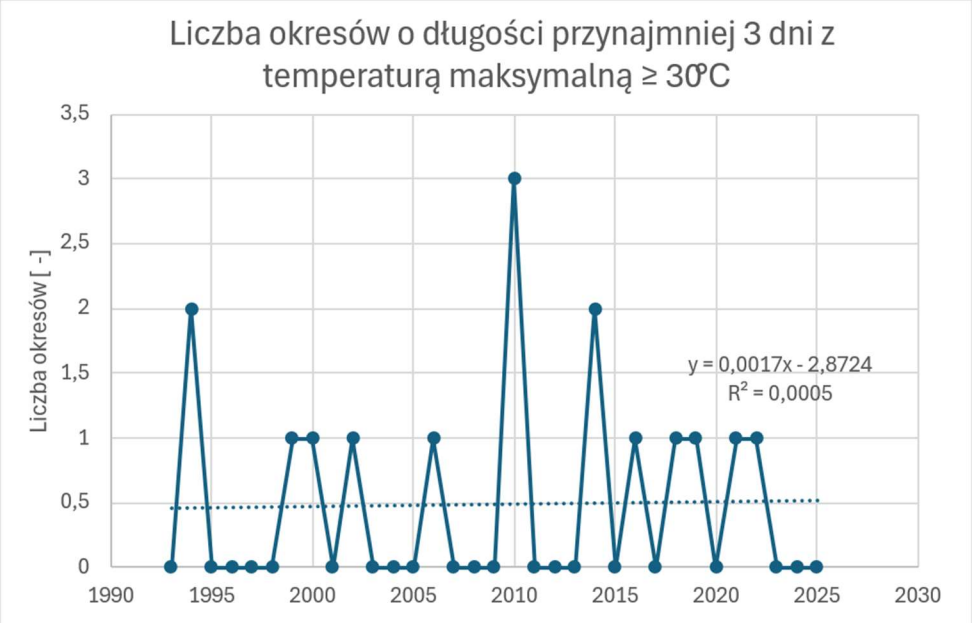
1.1.8. Liczba dni upalnych



Wykres 12. Liczba dni upalnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Liczba dni upalnych, definiowanych jako dni, w których maksymalna temperatura powietrza osiąga co najmniej 30 °C, w latach 1993–2025 zawierała się w przedziale od 0 dni w 1993 i 2008 roku do 13 dni w 1994 i 2010 roku. Średnia roczna liczba dni upalnych w analizowanym okresie wyniosła 4,9 dnia. Tak duża rozpiętość wartości wskazuje na znaczną zmienność międzyroczną tego zjawiska, jednak przebieg danych przedstawionych na wykresie potwierdza rosnący trend liczby dni upalnych na obszarze Miasta Kisielice. Oznacza to, że epizody wysokich temperatur stają się coraz istotniejszym czynnikiem oddziałującym na warunki życia mieszkańców, funkcjonowanie przestrzeni publicznych oraz eksploatację infrastruktury miejskiej. Wzrost liczby dni upalnych może prowadzić do nasilania stresu cieplnego, szczególnie wśród osób starszych, dzieci oraz osób przewlekle chorych, a także do zwiększenia zapotrzebowania na chłodzenie budynków i ograniczenia komfortu korzystania z terenów silnie zurbanizowanych. Z perspektywy adaptacji do zmian klimatu parametr ten uzasadnia potrzebę wzmacniania działań ograniczających przegrzewanie miasta, w tym zwiększania udziału zieleni wysokiej, poprawy zacienienia przestrzeni publicznych, rozwoju błękitno-zielonej infrastruktury oraz stosowania rozwiązań sprzyjających retencji wody i obniżaniu temperatury powierzchni utwardzonych.

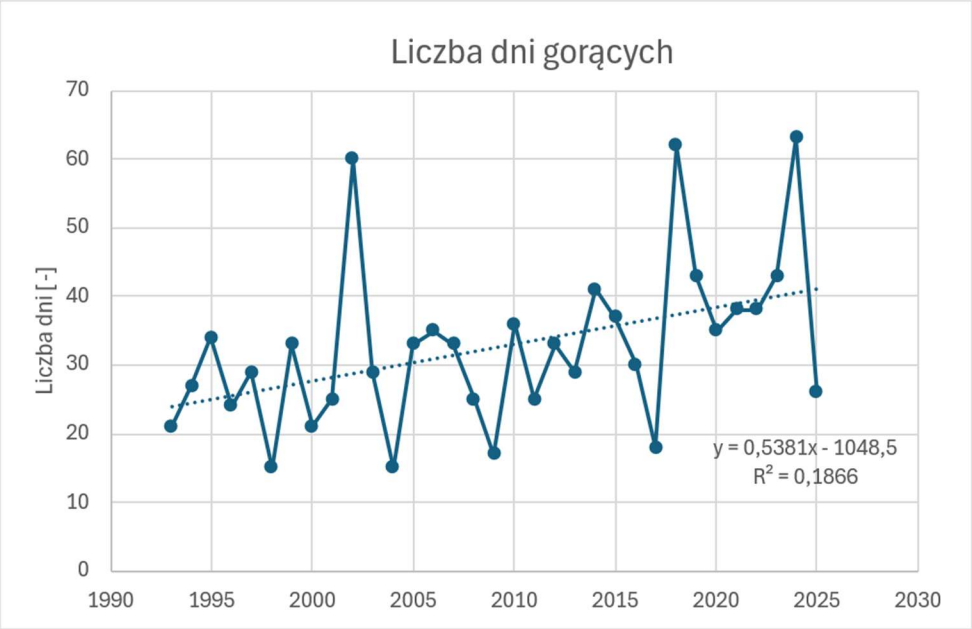
1.1.9. Liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną nie mniejszą niż 30 °C



Wykres 13. Liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną nie mniejszą niż 30 °C, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Rejestrowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025 liczba okresów trwających co najmniej 3 dni, w których temperatura maksymalna powietrza osiągała wartość nie niższą niż 30 °C, wykazuje zmienność międzyroczną przy braku jednoznacznego trendu. Największą liczbę takich okresów, równą 3, odnotowano w 2010 roku. W ujęciu adaptacyjnym jest to zjawisko szczególnie istotne, ponieważ kilkudniowe fale upałów mogą prowadzić do kumulacji stresu cieplnego, pogorszenia warunków zdrowotnych ludności, wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną oraz zwiększonego nagrzewania budynków, ulic i przestrzeni publicznych. Utrzymywanie się wysokiej temperatury przez kilka kolejnych dni może również ograniczać efektywność naturalnego wychładzania miasta, pogarszać stan zieleni miejskiej oraz nasilać problemy związane z niedoborem wilgoci w glebie. Z tego względu obecność wielodniowych okresów upalnych w warunkach klimatycznych miasta powinna być traktowana jako ważna przesłanka dla rozwoju działań adaptacyjnych ukierunkowanych na zwiększanie odporności Kisielic, w szczególności poprzez wzmacnianie błękitno-zielonej infrastruktury, poprawę warunków przewietrzania przestrzeni zurbanizowanej oraz ograniczanie przegrzewania obszarów o dużym stopniu uszczelnienia powierzchni.

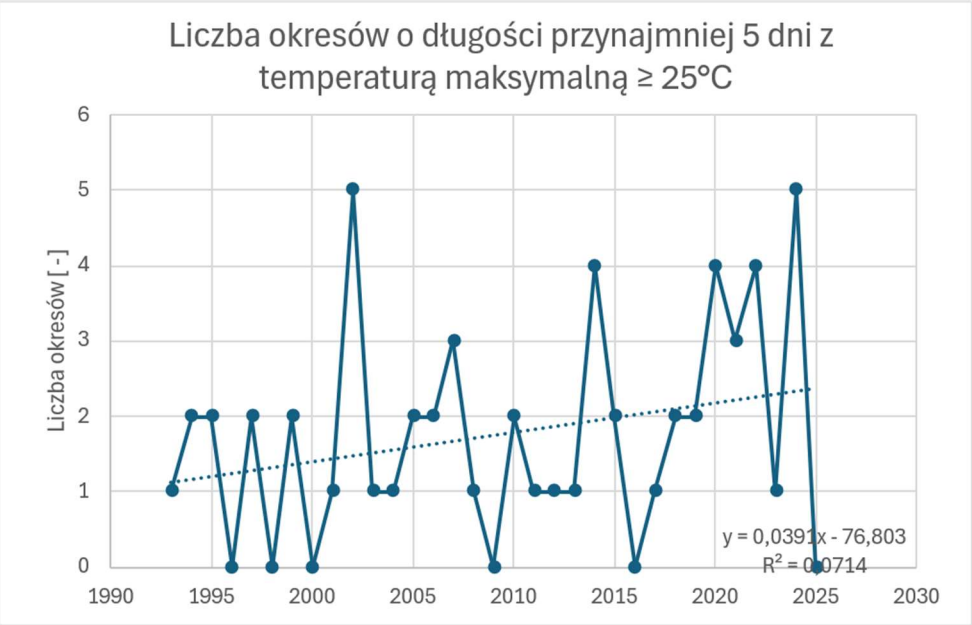
1.1.10. Liczba dni gorących



Wykres 14. Liczba dni gorących, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Liczba dni gorących, definiowanych jako dni, w których maksymalna temperatura powietrza osiąga wartość nie niższą niż 25 °C, w latach 1993–2025 zawierała się w przedziale od 15 dni w 1998 i 2004 roku do 63 dni w 2024 roku, przy średniej dla całego okresu wynoszącej 32,5 dnia. Tak znaczna rozpiętość wartości wskazuje na wyraźne zwiększanie się skali występowania dni o wysokich temperaturach na obszarze Miasta Kisielice, przy czym analiza przebiegu danych przedstawionych na wykresie potwierdza silnie rosnący trend tego parametru. Oznacza to, że okresy ciepłe stają się coraz dłuższe, a warunki termiczne charakterystyczne dla dni gorących występują coraz częściej, co może wpływać zarówno na komfort życia mieszkańców, jak i na funkcjonowanie infrastruktury miejskiej oraz terenów zieleni. Wzrost liczby dni gorących może prowadzić do nasilenia zjawiska przegrzewania przestrzeni zurbanizowanych, większego obciążenia osób wrażliwych na wysoką temperaturę, pogorszenia warunków wilgotnościowych gleb oraz wzrostu zapotrzebowania na energię wykorzystywaną do chłodzenia budynków. Z punktu widzenia planowania adaptacyjnego parametr ten uzasadnia potrzebę konsekwentnego rozwijania działań ograniczających skutki wysokich temperatur, w szczególności poprzez zwiększanie udziału zieleni, ochronę terenów biologicznie czynnych, rozwój błękitno-zielonej infrastruktury oraz kształtowanie przestrzeni miejskiej w sposób sprzyjający poprawie przewietrzania i redukcji nagrzewania powierzchni.

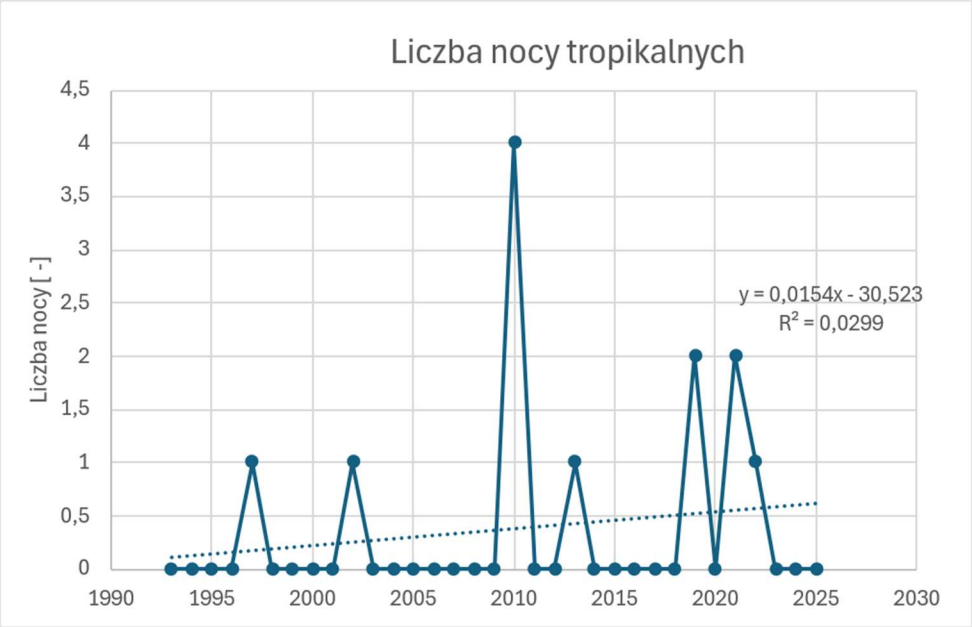
1.1.11. Liczba okresów o długości przynajmniej 5 dni z temperaturą maksymalną nie mniejszą niż 25 °C



Wykres 15. Liczba okresów o długości przynajmniej 5 dni z temperaturą maksymalną nie mniejszą niż 25 °C, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Rejestrowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025 liczba okresów trwających co najmniej 5 dni, w których temperatura maksymalna powietrza osiągała wartość nie niższą niż 25 °C, wykazuje tendencję wzrostową. W analizowanym okresie liczba takich epizodów wahała się od 0 w latach 1996, 1998, 2000, 2009, 2016, 2025 do 5 w 2002 i 2024 roku, przy średniej wynoszącej 1,8. Wskazuje to na wyraźne zwiększanie się częstości występowania dłuższych ciągów dni gorących na obszarze Miasta Kisielice. Oznacza to, że coraz częściej obserwowane są nie tylko pojedyncze dni o wysokiej temperaturze, lecz również wielodniowe okresy utrzymywania się warunków termicznych sprzyjających przegrzewaniu przestrzeni miejskiej oraz kumulacji oddziaływań niekorzystnych dla mieszkańców i infrastruktury. Zjawisko to ma istotne znaczenie z punktu widzenia oceny podatności klimatycznej miasta, ponieważ długotrwałe okresy gorąca mogą prowadzić do pogorszenia komfortu termicznego, nasilenia stresu cieplnego, wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną wykorzystywaną do chłodzenia pomieszczeń, a także do osłabienia kondycji zieleni miejskiej i przyspieszonego przesuszania gleb. W warunkach miejskich wielodniowe utrzymywanie się wysokiej temperatury może ponadto zwiększać nagrzewanie nawierzchni utwardzonych i budynków, ograniczać możliwości regeneracji termicznej w godzinach nocnych oraz obniżać jakość użytkowania przestrzeni publicznych. Z perspektywy działań adaptacyjnych rosnąca liczba okresów minimum pięciodniowych z temperaturą maksymalną nie niższą niż 25°Cstanowi przesłankę do wzmacniania rozwiązań ukierunkowanych na ograniczanie skutków upałów i długotrwałego gorąca, w szczególności poprzez rozwój błękitno-zielonej infrastruktury, zwiększanie udziału terenów zacienionych, poprawę retencji wód opadowych oraz kształtowanie przestrzeni miejskiej w sposób sprzyjający obniżaniu temperatury.

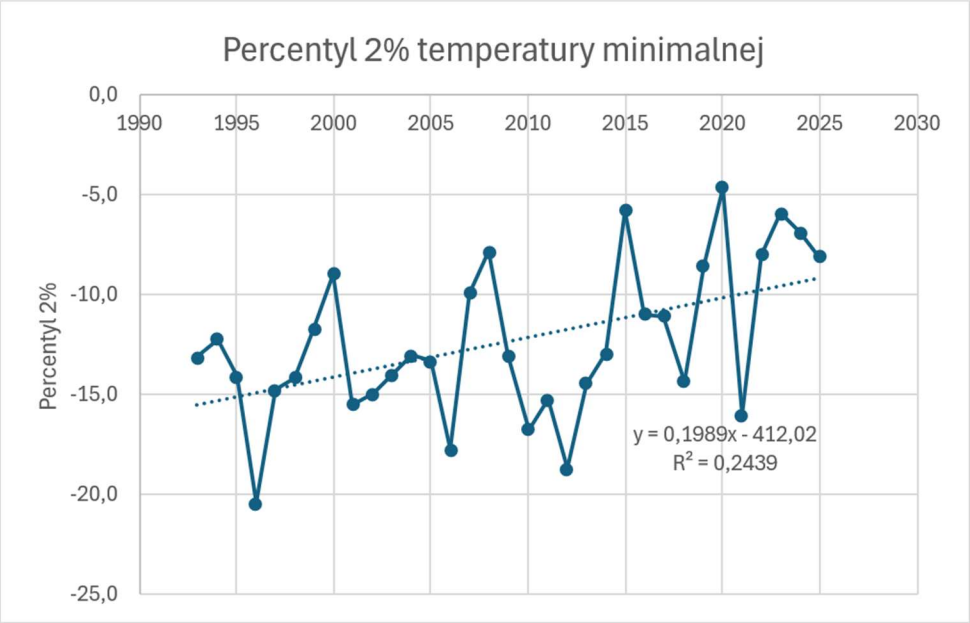
1.1.12. Liczba nocy tropikalnych



Wykres 16. Liczba nocy tropikalnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Liczba nocy tropikalnych, rozumianych jako przypadki, w których minimalna temperatura powietrza nie spada poniżej 20 °C, w latach 1993–2025 charakteryzowała się znaczną zmiennością międzyroczną i zawierała się w przedziale od 0 do 4. Zjawisko to wystąpiło na obszarze reprezentatywnym dla Kisielic jedynie w pojedynczych latach, tj. w 1997, 2002, 2010, 2013, 2019, 2021 i 2022 roku, w pozostałych latach analizowanego okresu nie odnotowano występowania nocy tropikalnych. Mimo niewielkiej skali zjawiska w ujęciu liczbowym, jego pojawianie się w kilku latach analizowanego okresu należy traktować jako sygnał stopniowych zmian warunków termicznych, w których minimalne temperatury w okresie letnim osiągają wartości coraz wyższe. Z punktu widzenia oceny podatności klimatycznej miasta parametr ten ma istotne znaczenie, ponieważ noce tropikalne ograniczają możliwość nocnej regeneracji organizmu po upalnych dniach, zwiększają uciążliwość termiczną dla mieszkańców oraz mogą nasilać negatywne skutki zdrowotne, zwłaszcza wśród osób starszych, dzieci i osób z chorobami układu krążenia oraz oddechowego. W warunkach miejskich, w których oddziaływanie miejskiej wyspy ciepła może dodatkowo podnosić temperatury nocne w stosunku do otoczenia, częstsze występowanie nocy tropikalnych sprzyja kumulacji ciepła w zabudowie, utrudnia wychładzanie budynków i przestrzeni publicznych oraz może prowadzić do wzrostu zapotrzebowania na energię wykorzystywaną do chłodzenia pomieszczeń. W ujęciu adaptacyjnym pojawianie się nocy tropikalnych uzasadnia potrzebę wzmacniania działań ograniczających efekt przegrzewania miasta, w tym rozwoju zieleni miejskiej, zwiększania zacienienia, poprawy warunków przewietrzania oraz wdrażania rozwiązań z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury, które wspierają obniżanie temperatury w przestrzeni zurbanizowanej i poprawę komfortu życia mieszkańców.

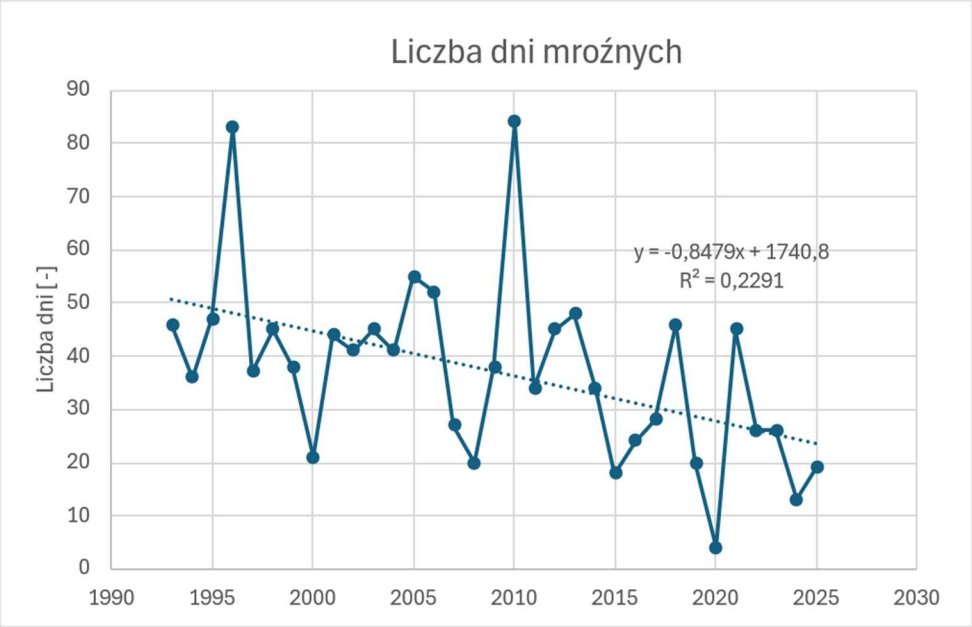
1.1.13. Percentyl 2% temperatury minimalnej



Wykres 17. Percentyl 2% temperatury minimalnej, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Percentyl 2% temperatury minimalnej w latach 1993–2025 zawierał się w zakresie od -20,4°C w 1996 roku do -4,6°C w 2020 roku. Wskaźnik ten opisuje dolny zakres rozkładu temperatur minimalnych, a więc pozwala ocenić charakter najchłodniejszych epizodów występujących w poszczególnych latach, bez ograniczania analizy wyłącznie do pojedynczych wartości absolutnie skrajnych. Przebieg danych przedstawionych na wykresie wskazuje na silny trend wzrostowy, co oznacza, że najniższe temperatury minimalne rejestrowane na obszarze reprezentatywnym dla Kisielic stają się z czasem mniej surowe. Zjawisko to należy interpretować jako jeden z przejawów łagodzenia warunków zimowych, powiązany z ogólnym wzrostem temperatury powietrza oraz zmniejszaniem intensywności najchłodniejszych okresów roku. W kontekście funkcjonowania miasta może to prowadzić do ograniczenia części zagrożeń związanych z bardzo niskimi temperaturami, w tym oddziaływań na infrastrukturę techniczną, sieci wodociągowe, nawierzchnie drogowe, systemy ogrzewania oraz bezpieczeństwo mieszkańców w okresach silnego mrozu. Jednocześnie wzrost wartości tego wskaźnika nie oznacza całkowitego zaniku ryzyk zimowych, ponieważ nadal możliwe jest występowanie przymrozków, krótkotrwałych epizodów mrozu oraz przejść temperatury przez 0 °C, które mogą powodować oblodzenia, degradację nawierzchni i utrudnienia w utrzymaniu infrastruktury miejskiej. Z perspektywy adaptacji do zmian klimatu wskaźnik ten powinien być analizowany łącznie z liczbą dni mroźnych, bardzo mroźnych, przymrozkowych oraz fal chłodu, ponieważ dopiero takie ujęcie pozwala właściwie określić kierunek zmian warunków zimowych i ich znaczenie dla odporności klimatycznej Kisielic.

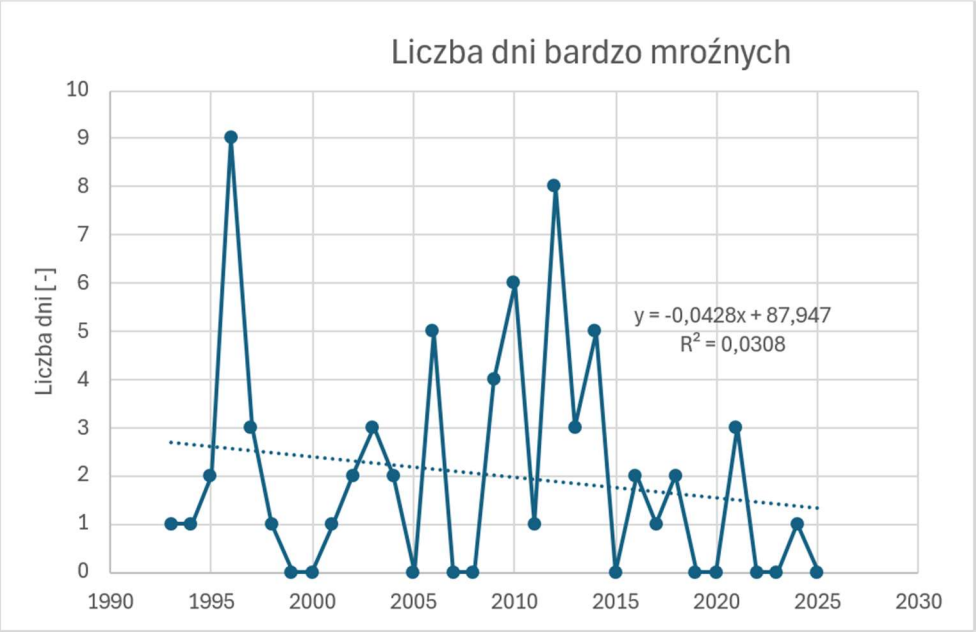
1.1.14. Liczba dni mroźnych



Wykres 18. Liczba dni mroźnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Liczba dni mroźnych, definiowanych jako dni, w których maksymalna temperatura powietrza utrzymuje się poniżej 0 °C, w latach 1993–2025 zawierała się w przedziale od 4 dni w 2020 roku do 84 dni w 2010 roku, przy średniej rocznej wynoszącej 37,3 dnia. Tak znaczna rozpiętość wartości wskazuje na dużą zmienność warunków zimowych w analizowanym okresie, jednak przebieg danych przedstawionych na wykresie jednoznacznie obrazuje silnie malejący trend tego parametru na obszarze Miasta Kisielice. Oznacza to, że zimy stają się stopniowo łagodniejsze, a okresy z utrzymywaniem się temperatury maksymalnej poniżej 0°C występują coraz rzadziej i obejmują coraz krótszą część roku. Zjawisko to należy wiązać z ogólnym wzrostem temperatury powietrza oraz zmianą charakteru sezonu zimowego, w którym mniejsze znaczenie zyskują długotrwałe okresy mrozu, natomiast większego znaczenia mogą nabierać warunki przejściowe, związane z wahaniami temperatury wokół 0 °C. Z punktu widzenia funkcjonowania miasta spadek liczby dni mroźnych może prowadzić do ograniczenia części obciążeń związanych z ogrzewaniem budynków, zimowym utrzymaniem infrastruktury oraz oddziaływaniem silnego mrozu na sieci techniczne i nawierzchnie drogowe. Jednocześnie nie oznacza to całkowitego wyeliminowania ryzyk zimowych, ponieważ krótkotrwałe epizody mrozu, przymrozki oraz cykle zamarzania i odmarzania nadal mogą powodować oblodzenia, uszkodzenia nawierzchni, utrudnienia komunikacyjne oraz zagrożenia dla bezpieczeństwa mieszkańców. W ujęciu adaptacyjnym obserwowany spadek liczby dni mroźnych powinien być analizowany łącznie z innymi wskaźnikami zimowymi, w szczególności liczbą dni bardzo mroźnych, dni przymrozkowych, fal chłodu oraz dni z przejściem temperatury przez punkt 0 °C, ponieważ dopiero takie zestawienie pozwala właściwie ocenić zmieniający się profil zagrożeń klimatycznych w sezonie zimowym.

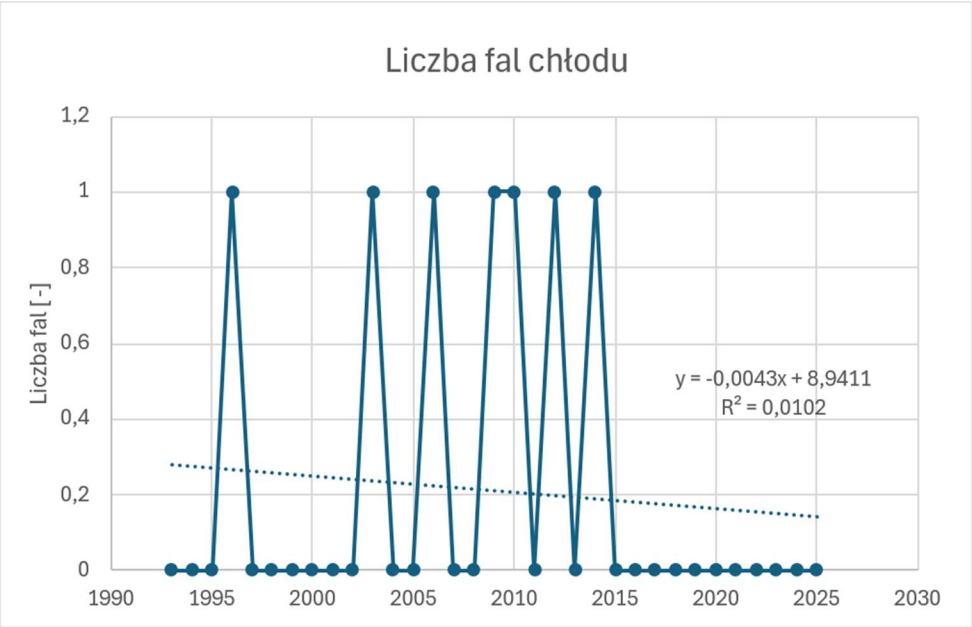
1.1.15. Liczba dni bardzo mroźnych



Wykres 19. Liczba dni bardzo mroźnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Liczba dni bardzo mroźnych, definiowanych jako dni, w których maksymalna temperatura powietrza utrzymuje się poniżej -10 °C, w latach 1993–2025 zawierała się w przedziale od 0 do 9 dni, przy średniej rocznej wynoszącej 2 dni. Brak występowania tego typu dni odnotowano w latach 1999, 2000, 2005, 2007, 2008, 2015, 2019, 2020, 2022, 2023, 2025, natomiast najwyższą wartość, równą 9 dni, zarejestrowano w 1996 roku. Przebieg danych przedstawionych na wykresie wskazuje na silnie malejący trend liczby dni bardzo mroźnych na obszarze Miasta Kisielice, co należy interpretować jako przejaw stopniowego łagodzenia najbardziej surowych warunków zimowych. Szczególnie istotne jest zmniejszające się znaczenie tego zjawiska w ostatnich latach analizowanego okresu, ponieważ może ono świadczyć o ograniczaniu częstotliwości epizodów ekstremalnie niskiej temperatury, które wcześniej stanowiły jedno z istotnych zagrożeń sezonu chłodnego. Z punktu widzenia funkcjonowania miasta spadek liczby dni bardzo mroźnych może zmniejszać ryzyko awarii infrastruktury technicznej, uszkodzeń sieci wodociągowych, zwiększonego zużycia energii na ogrzewanie oraz negatywnego oddziaływania silnego mrozu na zdrowie mieszkańców. Jednocześnie obserwowany trend nie powinien prowadzić do pomijania zagrożeń zimowych w planowaniu miejskim, ponieważ nawet przy rzadszym występowaniu bardzo silnych mrozów nadal możliwe są epizody przymrozkowe, oblodzenia oraz przejścia temperatury przez 0 °C, które mogą generować istotne utrudnienia komunikacyjne i eksploatacyjne. W ujęciu adaptacyjnym wskaźnik ten potwierdza zmianę charakteru sezonu zimowego w Kisielicach i uzasadnia potrzebę elastycznego podejścia do zarządzania ryzykiem klimatycznym, obejmującego zarówno malejące zagrożenia związane z ekstremalnym mrozem, jak i utrzymujące się ryzyka wynikające z niestabilnych warunków termicznych w okresie chłodnym.

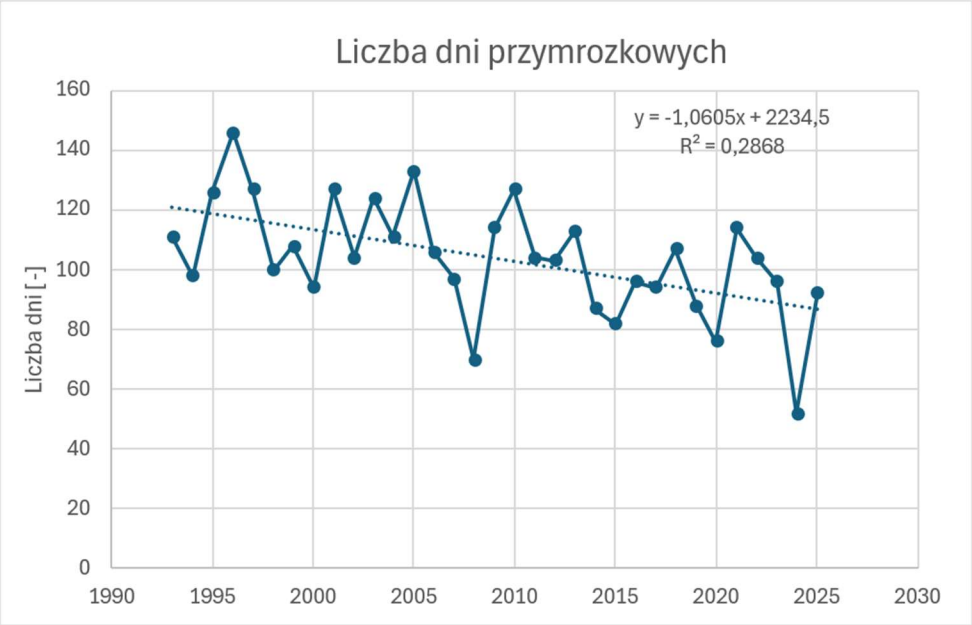
1.1.16. Liczba fal chłodu



Wykres 20. Liczba fal chłodu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Fale chłodu, definiowane jako okresy trwające co najmniej 3 dni, w których minimalna temperatura powietrza spada poniżej -10 °C, w latach 1993–2025 wystąpiły na terenie reprezentatywnym dla Kisielic jedynie w wybranych latach, tj. w 1996, 2003, 2006, 2009, 2010, 2012, 2014 roku. Od 2015 roku na obszarze miasta nie odnotowano występowania tego typu zjawiska, co wskazuje na wyraźne ograniczenie częstotliwości dłuższych epizodów bardzo niskiej temperatury minimalnej. Przebieg danych potwierdza tym samym zmianę charakteru sezonu zimowego, polegającą na stopniowym zmniejszaniu znaczenia długotrwałych okresów silnego wychłodzenia. Z punktu widzenia funkcjonowania miasta może to oznaczać ograniczenie części zagrożeń związanych z ekstremalnym mrozem, w tym ryzyka oddziaływania niskich temperatur na zdrowie mieszkańców, infrastrukturę techniczną, sieci wodociągowe, systemy ogrzewania oraz zimowe utrzymanie dróg i przestrzeni publicznych. Jednocześnie brak fal chłodu w ostatnich latach nie powinien być interpretowany jako całkowite wyeliminowanie ryzyk zimowych, ponieważ nadal możliwe są krótkotrwałe spadki temperatury poniżej 0 °C, przymrozki, oblodzenia oraz cykle zamarzania i odmarzania, które mogą powodować utrudnienia komunikacyjne i eksploatacyjne. W ujęciu adaptacyjnym obserwowany zanik fal chłodu należy traktować jako element szerszego procesu łagodzenia warunków zimowych, który powinien być analizowany łącznie z trendami dotyczącymi liczby dni mroźnych, bardzo mroźnych, przymrozkowych oraz dni z przejściem temperatury przez punkt 0 °C.

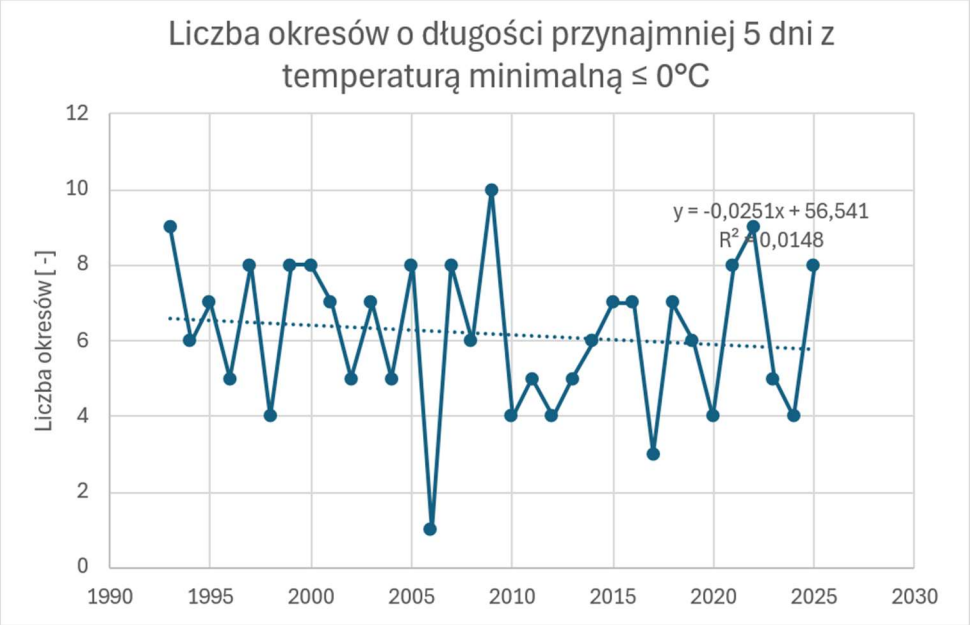
1.1.17. Liczba dni przymrozkowych



Wykres 21. Liczba dni przymrozkowych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Liczba dni przymrozkowych, definiowanych jako dni, w których minimalna temperatura powietrza spada poniżej 0 °C, w latach 1993–2025 zawierała się w przedziale od 52 dni w 2024 roku do 146 dni w 1996 roku, przy średniej rocznej na poziomie 104 dni. Przebieg danych przedstawionych na wykresie wskazuje na silnie malejący trend tego parametru na obszarze Miasta Kisielice, co oznacza stopniowe skracanie okresu występowania warunków sprzyjających przymrozkom. Zjawisko to wpisuje się w szerszą tendencję łagodzenia sezonu chłodnego, widoczną również w spadku liczby dni mroźnych, bardzo mroźnych oraz zaniku fal chłodu w ostatnich latach analizowanego okresu. Z punktu widzenia funkcjonowania miasta mniejsza liczba dni przymrozkowych może ograniczać część zagrożeń związanych z oblodzeniem nawierzchni, uszkodzeniami infrastruktury technicznej, negatywnym wpływem niskich temperatur na zieleń miejską oraz kosztami zimowego utrzymania przestrzeni publicznych. Jednocześnie przymrozki, nawet przy malejącej częstości ich występowania, nadal pozostają istotnym czynnikiem ryzyka, zwłaszcza w okresach przejściowych, kiedy wahania temperatury wokół 0°Cmogą prowadzić do cykli zamarzania i odmarzania. Może to skutkować degradacją nawierzchni drogowych i chodników, lokalnymi oblodzeniami oraz zagrożeniami dla bezpieczeństwa pieszych i użytkowników transportu. W ujęciu adaptacyjnym obserwowany spadek liczby dni przymrozkowych powinien być interpretowany nie jako całkowite ograniczenie ryzyk zimowych, lecz jako zmiana ich charakteru, wymagająca elastycznego planowania utrzymania infrastruktury oraz bieżącego monitorowania warunków termicznych w sezonie chłodnym.

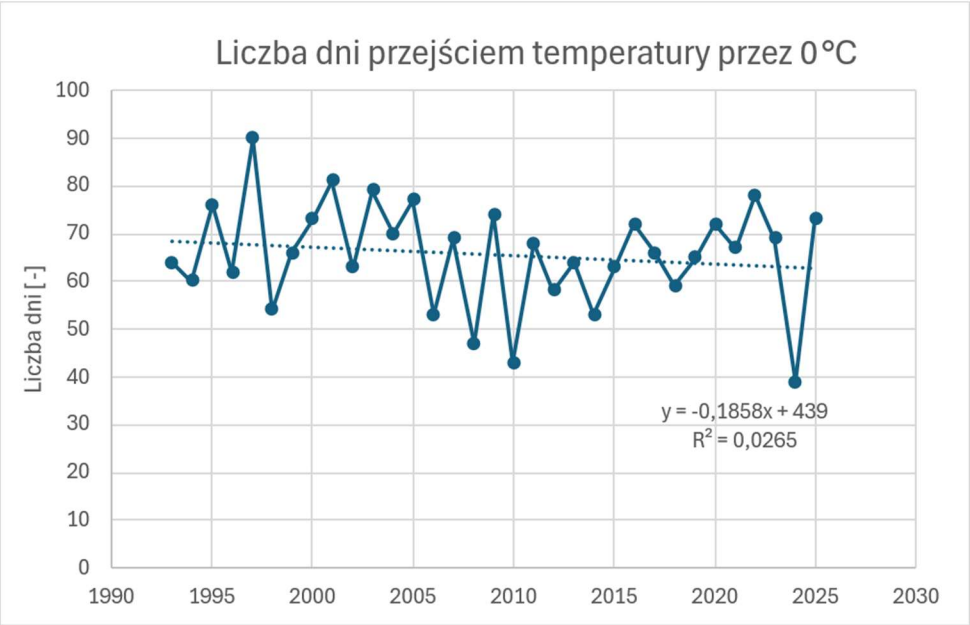
1.1.18. Liczba okresów o długości przynajmniej 5 dni z temperaturą minimalną nie wyższą niż 0°C



Wykres 22. Liczba okresów o długości przynajmniej 5 dni z temperaturą minimalną nie wyższą niż 0 °C, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Rejestrowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025 liczba okresów trwających co najmniej 5 dni, w których temperatura minimalna powietrza była nie wyższa niż 0 °C, zawierała się w przedziale od 1 okres w 2006 roku do 10 okresów w 2009 roku, przy średniej rocznej wynoszącej 6,2 okresu. Parametr ten wykazuje malejący trend, co wskazuje na stopniowe ograniczanie częstotliwości dłuższych epizodów utrzymywania się temperatur minimalnych na poziomie ujemnym lub bliskim zera. Zjawisko to należy interpretować jako kolejny przejaw łagodzenia warunków zimowych na obszarze Miasta Kisielice, spójny z obserwowanym spadkiem liczby dni mroźnych, bardzo mroźnych i przymrozkowych oraz zanikiem fal chłodu w ostatniej części analizowanego okresu. Z punktu widzenia funkcjonowania miasta zmniejszenie liczby wielodniowych okresów z temperaturą minimalną nie wyższą niż 0°Cmoże ograniczać część obciążeń związanych z zimowym utrzymaniem dróg, chodników i przestrzeni publicznych, a także zmniejszać ryzyko długotrwałego oddziaływania niskich temperatur na sieci techniczne, nawierzchnie oraz obiekty komunalne. Jednocześnie utrzymywanie się takich okresów, nawet przy malejącej częstości ich występowania, nadal może generować lokalne zagrożenia związane z oblodzeniem, spadkiem bezpieczeństwa komunikacyjnego, cyklami zamarzania i odmarzania oraz pogorszeniem warunków użytkowania infrastruktury miejskiej. W ujęciu adaptacyjnym wskaźnik ten potwierdza potrzebę dalszego monitorowania zmian w sezonie chłodnym, ponieważ malejąca liczba epizodów zimowych nie eliminuje całkowicie ryzyk związanych z niestabilnymi warunkami termicznymi, lecz wskazuje na zmianę ich charakteru i sezonowej dynamiki.

1.1.19. Liczba dni z przejściem temperatury powietrza przez punkt 0°C

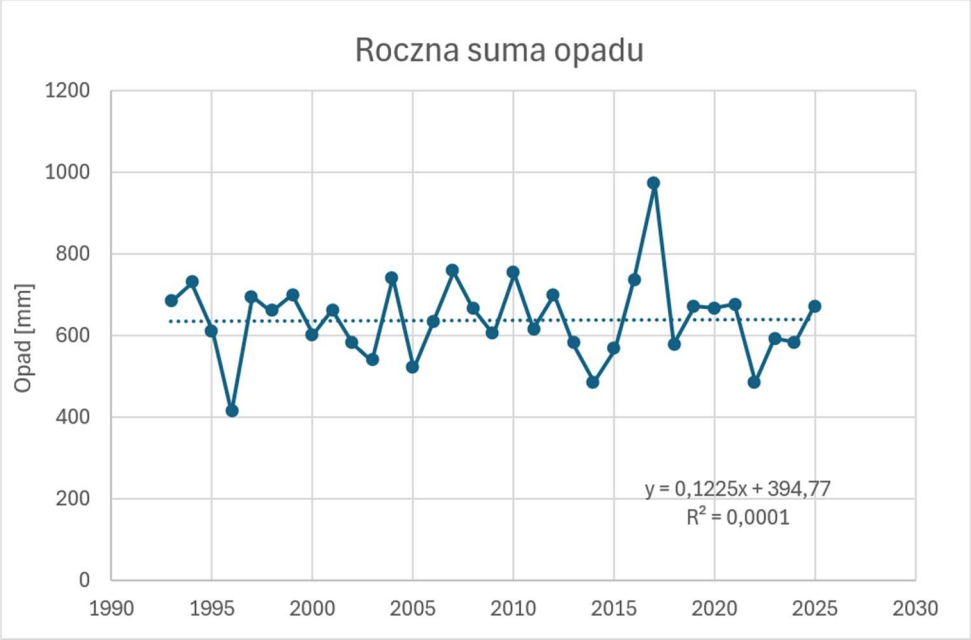


Wykres 23. Liczba dni z przejściem temperatury powietrza przez punkt 0 °C, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Rejestrowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025 liczba dni z przejściem temperatury powietrza przez punkt 0°Czawierała się w przedziale od 39 dni w 2024 roku do 90 dni w 1997 roku, przy średniej rocznej wynoszącej 65,7 dnia. Parametr ten wykazuje umiarkowanie malejący trend, jednak jego zmienność międzyroczna pozostaje znaczna, a liczba dni z przejściem przez granicę zamarzania pozostaje silnie uzależniona od przebiegu warunków pogodowych w poszczególnych latach. Zjawisko to ma istotne znaczenie dla funkcjonowania miasta, ponieważ przejścia temperatury przez 0°Csprzyjają cyklom zamarzania i odmarzania, które mogą negatywnie oddziaływać na nawierzchnie drogowe, chodniki, infrastrukturę techniczną oraz bezpieczeństwo użytkowników przestrzeni publicznych. Nawet przy obserwowanym spadku liczby dni mroźnych, bardzo mroźnych i przymrozkowych, utrzymywanie się relatywnie wysokiej liczby przejść przez punkt 0°C wskazuje, że ryzyka związane z oblodzeniami, lokalnym pogorszeniem warunków komunikacyjnych oraz degradacją materiałów budowlanych i nawierzchni mogą nadal pozostawać aktualne. W ujęciu adaptacyjnym parametr ten powinien być traktowany jako ważne uzupełnienie oceny zmian sezonu zimowego, ponieważ pokazuje, że łagodzenie klimatu nie musi oznaczać prostego zaniku wszystkich zagrożeń zimowych, lecz może prowadzić do zmiany ich charakteru w kierunku większego znaczenia niestabilnych warunków przejściowych.

1.2. Wskaźniki opadowe

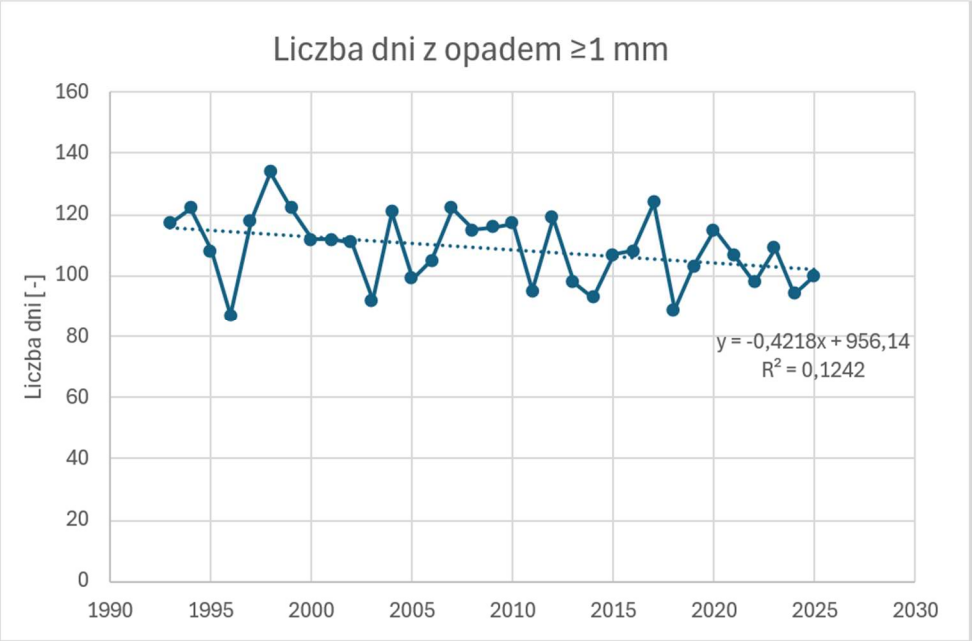
1.2.1. Roczna suma opadu



Wykres 24. Roczna suma opadu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Rejestrowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025 roczna suma opadów zawierała się w przedziale od 412,8 mm w 1996 roku do 972,6 mm w 2017 roku, przy średniej dla całego analizowanego okresu wynoszącej 640,9 mm. Dane te wskazują na znaczną zmienność międzyroczną warunków opadowych, co oznacza, że na obszarze miasta występowały zarówno lata wyraźnie suchsze, jak i lata charakteryzujące się podwyższoną sumą opadów. Przebieg analizowanego wskaźnika nie wykazuje jednoznacznego trendu kierunkowego. Z punktu widzenia podatności klimatycznej Kisielic wahania rocznej sumy opadów mogą mieć znaczenie dla bilansu wodnego miasta, warunków wilgotnościowych gleb, kondycji zieleni miejskiej oraz dostępności wody dla ekosystemów. Szczególnie istotne jest analizowanie tego parametru łącznie z długością okresów bezopadowych oraz częstotliwością opadów intensywnych, ponieważ stabilna lub umiarkowanie rosnąca suma opadów nie musi oznaczać poprawy bilansu wodnego, lecz może współwystępować z większą nieregularnością opadów. W ujęciu adaptacyjnym dane te uzasadniają potrzebę wzmacniania retencji wód opadowych, ograniczania szybkiego odpływu powierzchniowego, ochrony terenów biologicznie czynnych oraz rozwoju błękitno-zielonej infrastruktury, która może zwiększać zdolność miasta do magazynowania wody i łagodzenia skutków okresowych niedoborów opadów oraz oddziaływania opadów intensywnych.

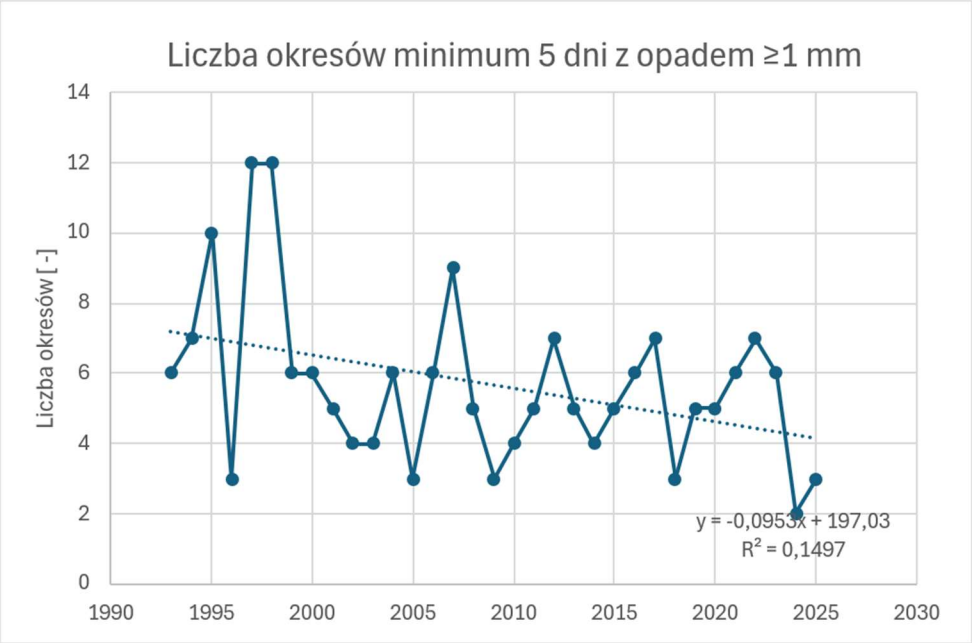
1.2.2. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm



Wykres 25. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Rejestrowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025 liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm zawierała się w przedziale od 87 dni w 1996 roku do 134 dni w 1998 roku, przy średniej dla okresu wynoszącej 108,8 dnia. Parametr ten wykazuje umiarkowanie malejący trend, co oznacza, że w analizowanym okresie stopniowo ograniczała się liczba dni, w których występował opad o wartości pozwalającej uznać go za istotny z punktu widzenia bilansu wodnego. Zjawisko to należy interpretować łącznie z roczną sumą opadów oraz długością okresów bezopadowych, ponieważ zmniejszająca się liczba dni opadowych przy stabilnej lub rosnącej sumie rocznej może wskazywać na większą nierównomierność rozkładu opadów w czasie. W praktyce oznacza to, że zasilanie wodne gleb, zieleni miejskiej oraz terenów biologicznie czynnych może być mniej regularne, co w okresach cieplejszych może zwiększać podatność miasta na przesuszenie i pogorszenie warunków wegetacyjnych. Z perspektywy adaptacji do zmian klimatu spadek liczby dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm uzasadnia potrzebę wzmacniania działań służących zatrzymywaniu wody opadowej w miejscu jej wystąpienia, ograniczaniu szybkiego odpływu powierzchniowego oraz rozwojowi błękitno-zielonej infrastruktury. Szczególnego znaczenia nabiera w tym kontekście zwiększanie retencji krajobrazowej i miejskiej, ochrona powierzchni przepuszczalnych oraz takie kształtowanie przestrzeni publicznych, aby poprawiały one zdolność Kisielic do łagodzenia skutków okresowych niedoborów opadów.

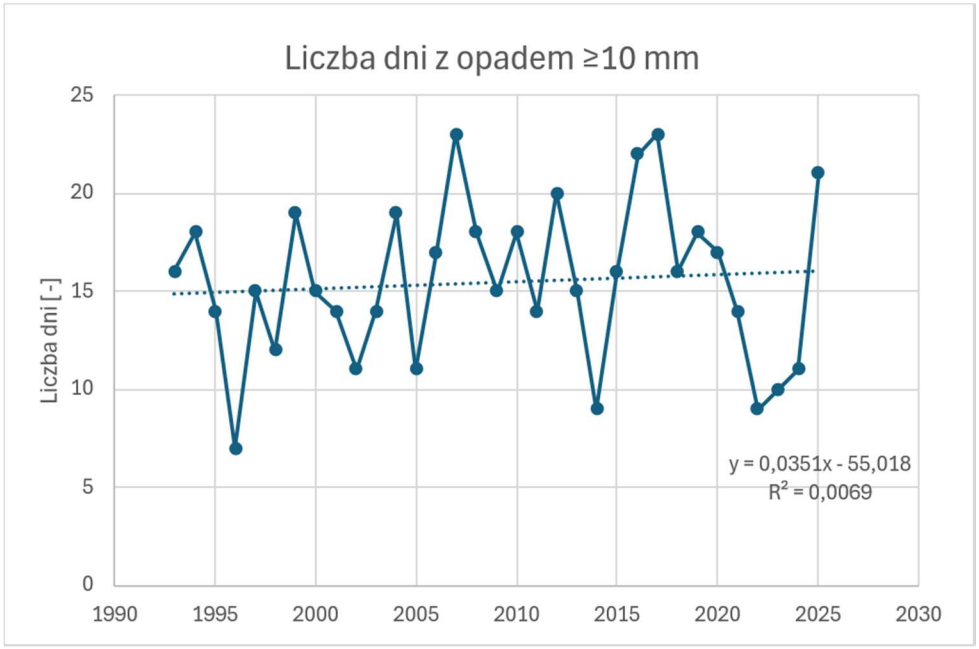
1.2.3. Liczba okresów dłuższych niż 5 dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm



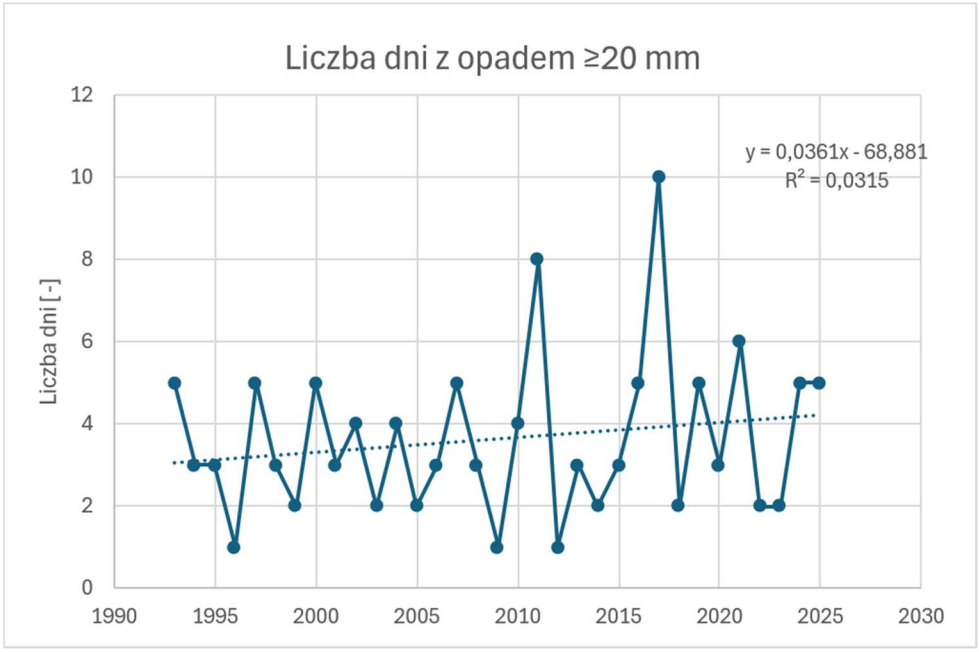
Wykres 26. Liczba okresów dłuższych niż 5 dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Rejestrowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025 liczba okresów trwających co najmniej 5 dni, w których opad dobowy był nie mniejszy niż 1 mm, zawierała się w przedziale od 2 okresów w 2024 roku do 12 okresów w 1997 i 1998 roku, przy średniej rocznej wynoszącej 5,7 okresu. Parametr ten wykazuje malejący trend, jednak jego zmienność międzyroczna pozostaje istotna. Zjawisko to ma znaczenie dla oceny warunków wilgotnościowych miasta, ponieważ regularne, rozłożone w czasie opady sprzyjają zasilaniu gleb, utrzymaniu dobrej kondycji zieleni miejskiej oraz ograniczaniu ryzyka przesuszenia terenów biologicznie czynnych. Zmienna liczba takich okresów wskazuje, że gospodarka wodna miasta w istotnym stopniu zależy zarówno od pojedynczych zdarzeń opadowych, jak i od dłuższych sekwencji opadowych, których rozkład w czasie ulega znacznym wahaniom. Z perspektywy adaptacji do zmian klimatu obserwacje te uzasadniają potrzebę rozwijania rozwiązań zwiększających zdolność Kisielic do zatrzymywania i wykorzystywania wód opadowych, zwłaszcza w przestrzeniach publicznych, terenach zieleni oraz obszarach o dużym udziale powierzchni uszczelnionych. Szczególnego znaczenia nabiera ochrona powierzchni przepuszczalnych, zwiększanie retencji lokalnej, wdrażanie elementów błękitno-zielonej infrastruktury oraz ograniczanie szybkiego odprowadzania wód opadowych do kanalizacji, tak aby miasto mogło skuteczniej reagować zarówno na okresowe niedobory opadów, jak i na ich bardziej nierównomierny rozkład w czasie.

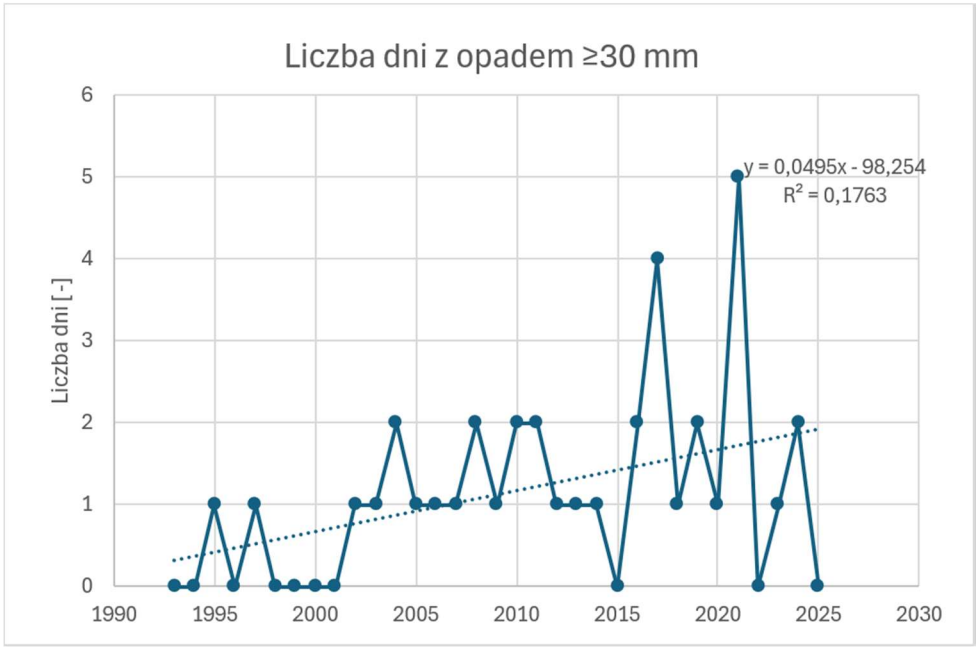
1.2.4. Liczba dni w roku z opadem ≥ 10 mm, ≥ 20 mm, ≥ 30 mm, ≥ 40 mm, ≥ 50 mm, ≥ 60 mm i ≥ 70 mm



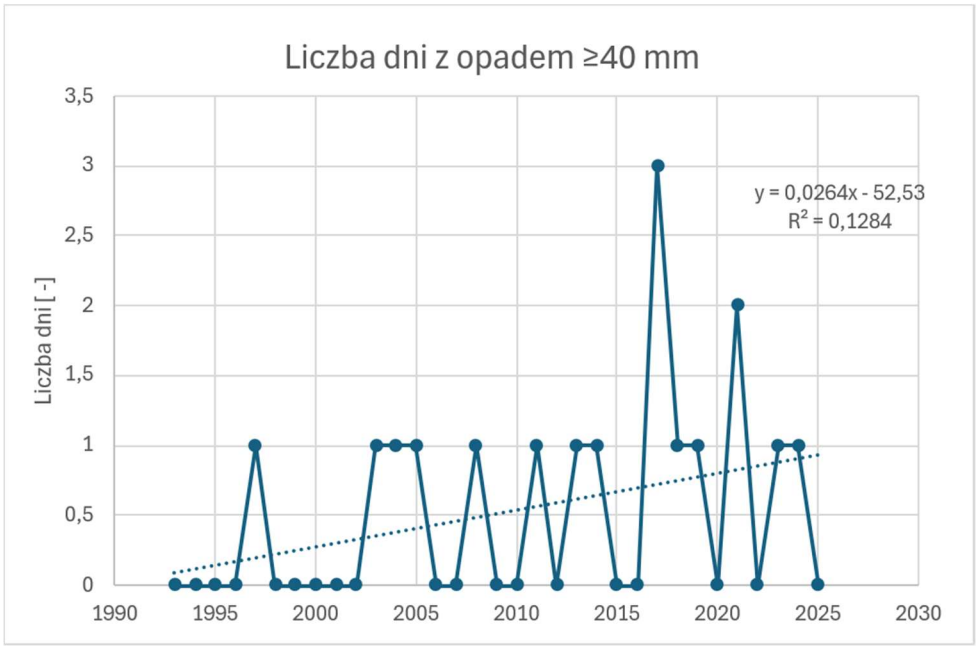
Wykres 27. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB



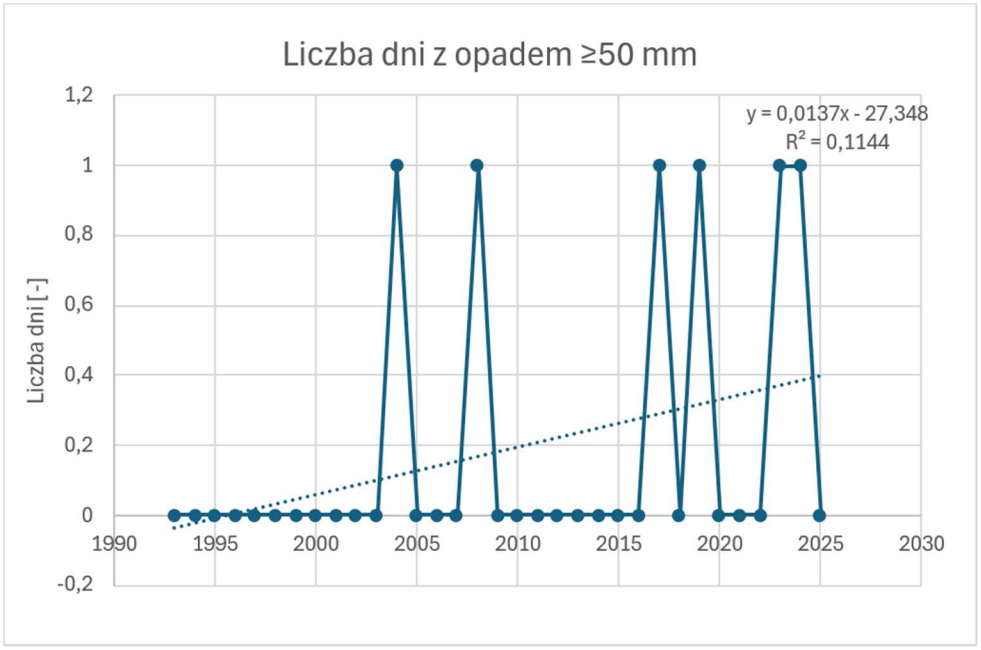
Wykres 28. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB



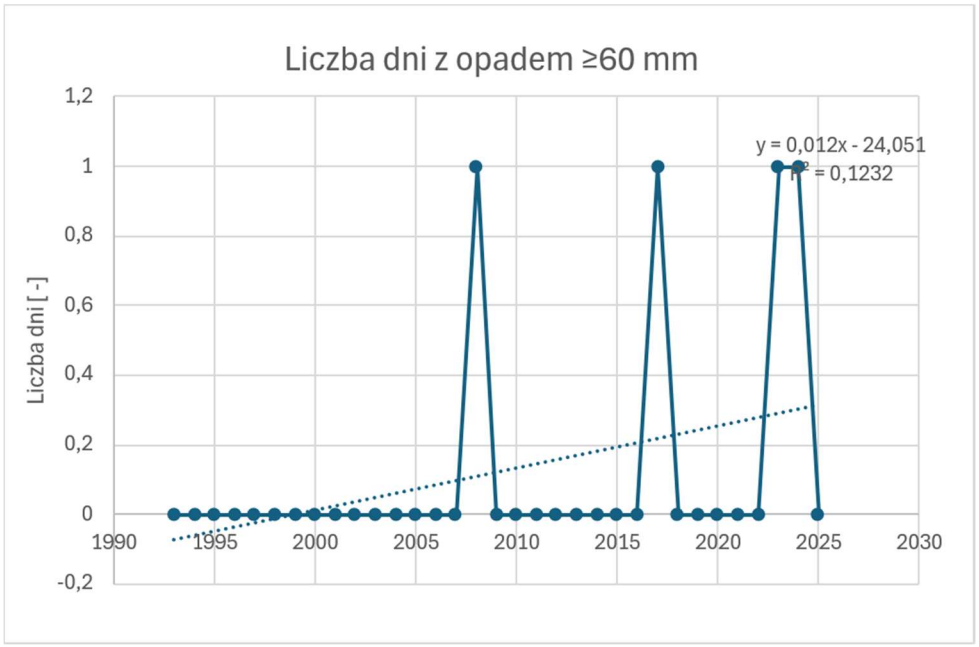
Wykres 29. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 30 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB



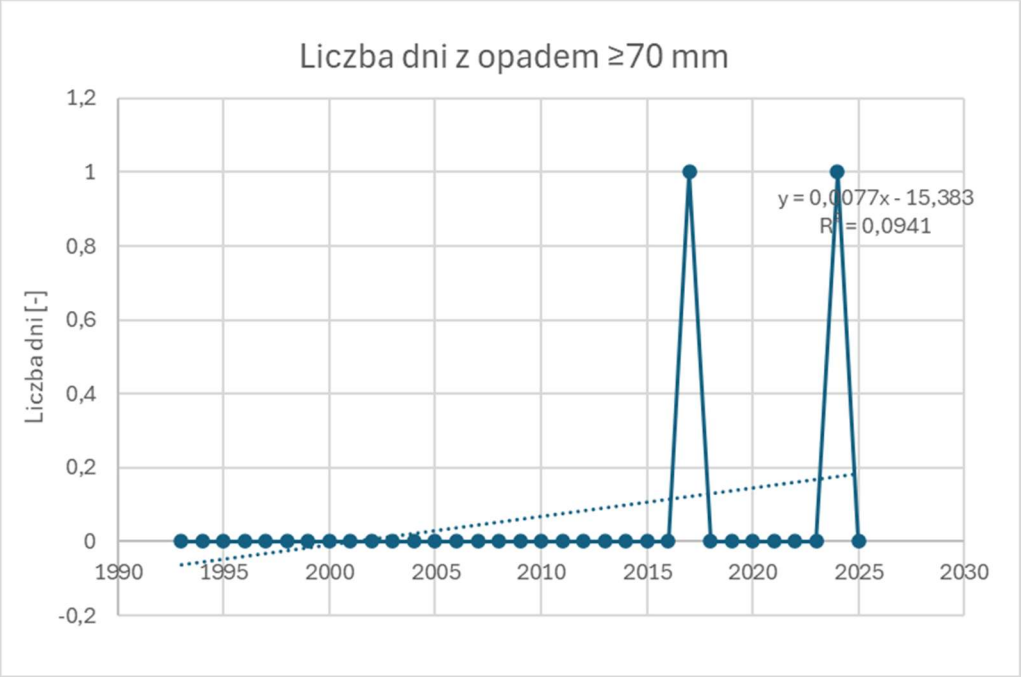
Wykres 30. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 40 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB



Wykres 31. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 50 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB



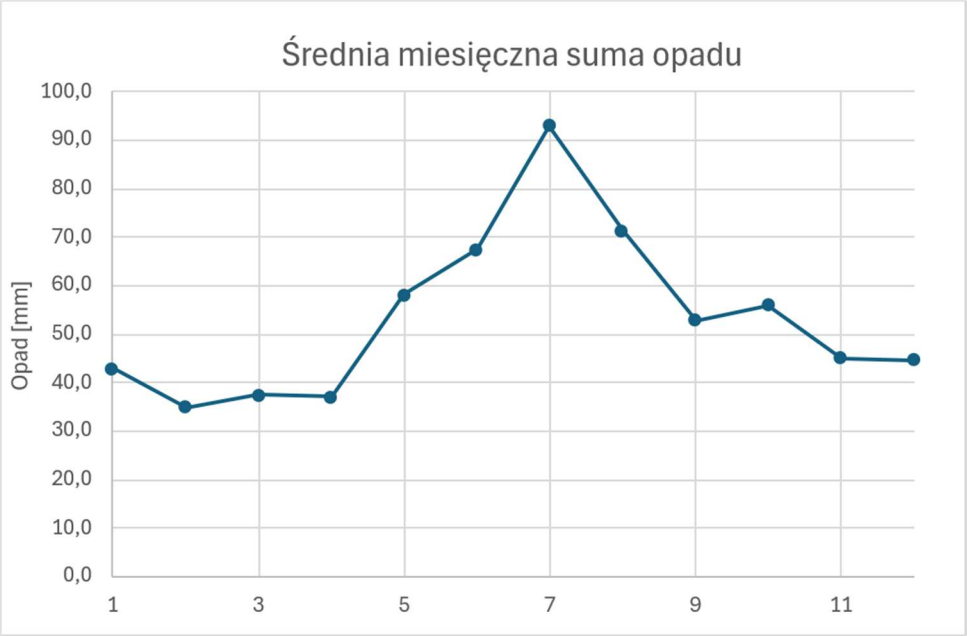
Wykres 32. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 60 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB



Wykres 33. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 70 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

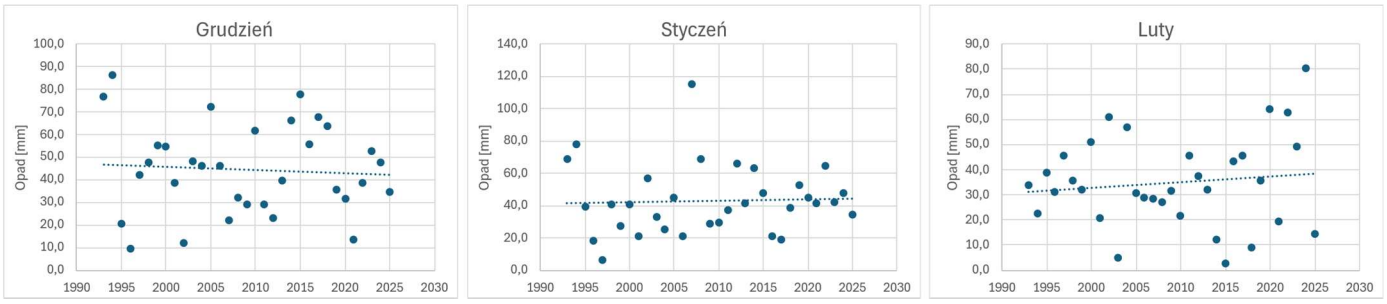
Rejestrowana w latach 1993–2025 na stacji synoptycznej Olsztyn liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm nie wykazuje jednoznacznej tendencji kierunkowej i zawiera się w przedziale od 7 w 1996 roku do 23 w 2007 roku, przy średniej rocznej wynoszącej 15,5 dnia. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm także nie wykazuje trendu kierunkowego i zawiera się w przedziale od 1 w 1996 roku do 10 w 2017 roku, przy średniej rocznej na poziomie 3,6 dnia. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 30 mm wykazuje z kolei tendencję rosnącą i zawiera się w przedziale od 0 do 5 w 2021 roku, przy średniej rocznej wynoszącej 1,1 dnia. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 40 mm wykazuje również nieznaczny trend rosnący i zawiera się w przedziale od 0 do 3 dni, którą to wartość odnotowano w 2017 roku. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 50 mm pozostaje bardzo zmienna i osiąga maksymalną wartość 1 dnia odnotowaną w 2004, 2008, 2017, 2019, 2023 i 2024 roku. Dni z opadem nie mniejszym niż 60 mm odnotowano w 2008, 2017, 2023 i 2024 roku, natomiast dni z opadem dobowym nie mniejszym niż 70 mm w analizowanym okresie wystąpiły jedynie w latach 2017 i 2024. Obserwowany wzrost częstotliwości dni z większymi sumami opadów dobowych, przy jednoczesnym braku znaczącego wzrostu rocznej liczby dni opadowych, wskazuje na postępującą koncentrację opadów w pojedynczych, intensywnych zdarzeniach. Z perspektywy adaptacji do zmian klimatu zjawisko to ma istotne znaczenie, ponieważ intensywne opady dobowe zwiększają ryzyko podtopień, lokalnych zalań, przeciążania kanalizacji deszczowej, erozji gleb oraz uszkodzeń infrastruktury miejskiej. Trend ten uzasadnia potrzebę wzmacniania zdolności retencyjnej miasta, rozbudowy systemów odbioru wód opadowych, ochrony powierzchni przepuszczalnych oraz wdrażania elementów błękitno-zielonej infrastruktury wspierającej zatrzymywanie wody w miejscu jej wystąpienia.

1.2.5. Miesięczna suma opadów



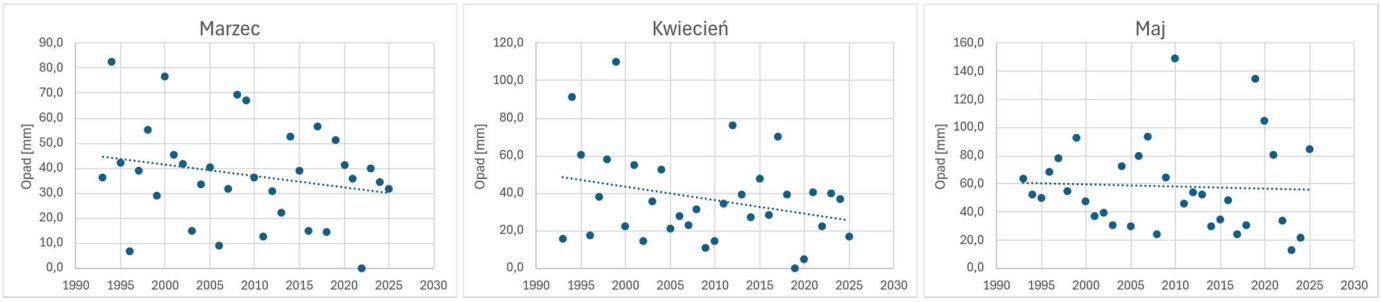
Wykres 34. Średnia miesięczna suma opadu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Średnia miesięczna suma opadów rejestrowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025, reprezentatywna dla obszaru Miasta Kisielice, zawiera się w przedziale od około 34,9 mm do około 93 mm. Szczyt opadów przypada na lipiec, charakteryzujący się największą średnią miesięczną sumą opadu, z kolei najmniejsze sumy opadów obserwuje się w okresie wczesnowiosennym, szczególnie w marcu i lutym, gdy średnie miesięczne sumy opadów kształtują się na poziomie poniżej średniej rocznej dla miesiąca. Tak ukształtowany roczny rozkład opadów potwierdza dominację letniego maksimum opadowego, typowego dla klimatu umiarkowanego przejściowego.



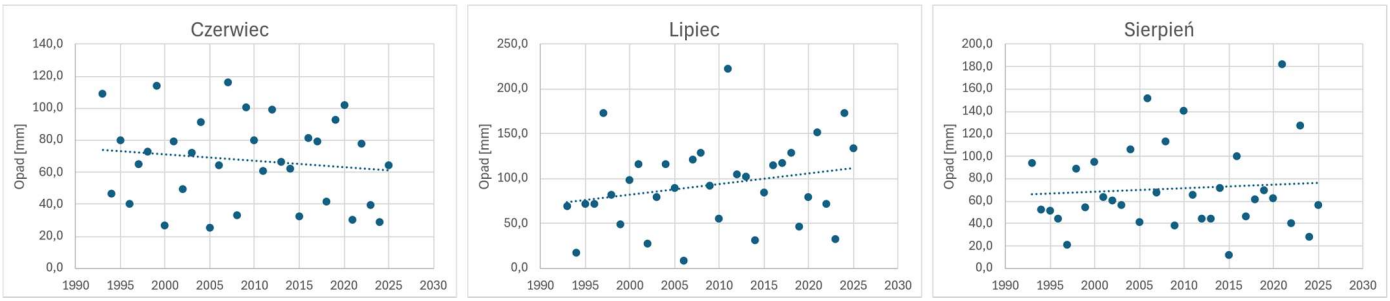
Wykres 35. Średnia miesięczna suma opadu w okresie zimowym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach zimowych nie zaobserwowano tendencji zmian miesięcznych sum opadów. W grudniu miesięczna suma opadów osiągnęła największą wartość w 1994 roku (86,2 mm), natomiast najmniejszą w 1996 roku (9,5 mm). W styczniu średnia miesięczna suma opadów osiągnęła maksimum w 2007 roku (115,1 mm) i minimum w 1997 roku (5,8 mm). W lutym średnia miesięczna suma opadów osiągnęła maksimum w 2024 roku (80,3 mm) i minimum w 2015 roku (2,7 mm).



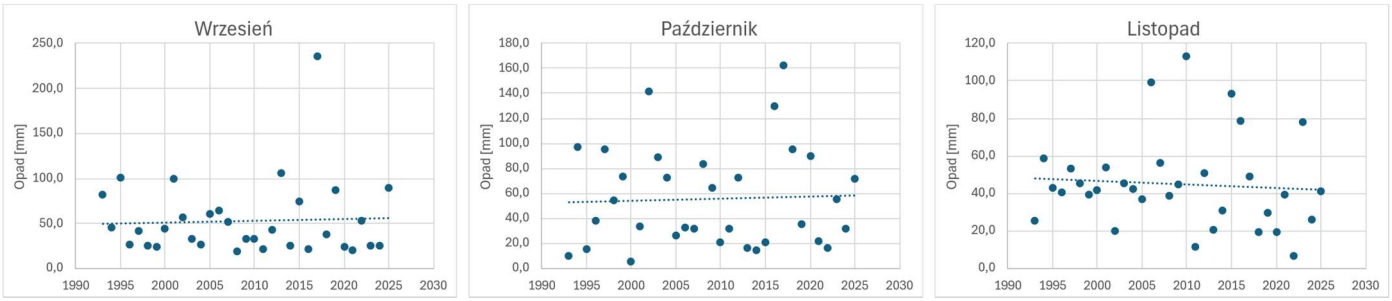
Wykres 36. Średnia miesięczna suma opadu w okresie wiosennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach wiosennych obserwuje się zróżnicowane tendencje zmian miesięcznych sum opadów. W marcu średnia miesięczna suma opadów wykazuje trend malejący; największą wartość zanotowano w 1994 roku (82,5 mm), najmniejszą w 2022 roku (0 mm). W kwietniu trend pozostaje malejący, z maksimum w 1999 roku (109,7 mm) oraz minimum w 2019 roku (0 mm). W maju średnia miesięczna suma opadów wykazuje brak jednoznacznego trendu, przy maksimum w 2010 roku (148,7 mm) i minimum w 2023 roku (12,5 mm).



Wykres 37. Średnia miesięczna suma opadu w okresie letnim, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach letnich średnia miesięczna suma opadów osiąga najwyższe wartości w cyklu rocznym. W czerwcu nie występuje trend zmian miesięcznej sumy opadów, największą wartość zanotowano w 2007 roku (116,4 mm), najmniejszą w 2005 roku (25,7 mm). W lipcu średnia miesięczna suma opadów wykazuje trend rosnący, z maksymalną wartością w 2011 roku (222,2 mm) i minimalną w 2006 roku (8,3 mm). W sierpniu nie stwierdzono jednoznacznego trendu, z maksimum w 2021 roku (182 mm) i minimum w 2015 roku (12,5 mm).

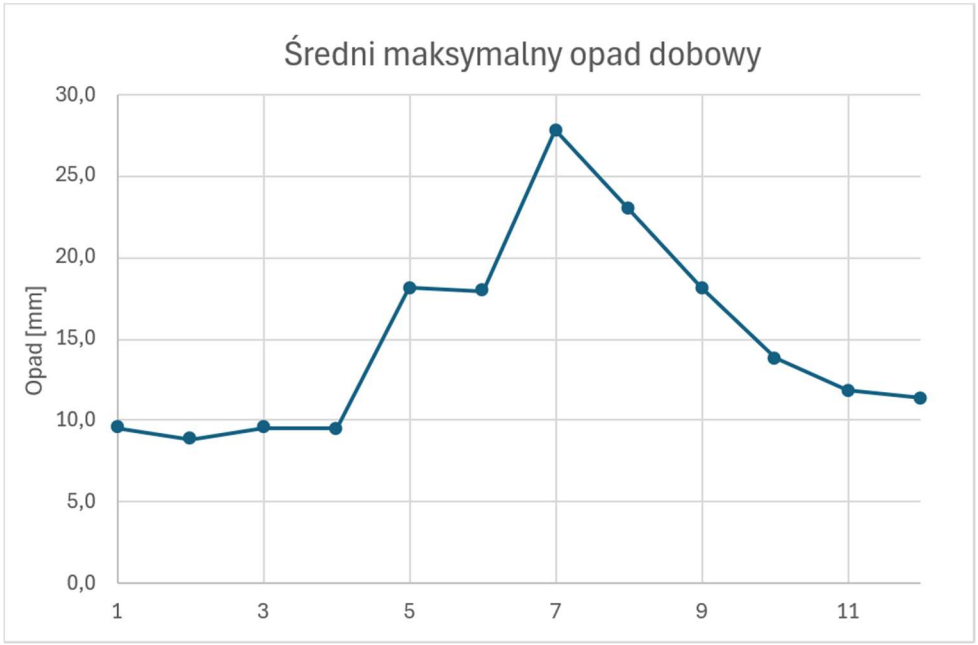


Wykres 38. Średnia miesięczna suma opadu w okresie jesiennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach jesiennych obserwowane są malejące tendencje zmian miesięcznych sum opadów. We wrześniu średnia miesięczna suma opadów osiągnęła wartość maksymalną w 2017 roku (235,2 mm) i minimalną w 2008 roku (19,1 mm). W październiku maksimum tego parametru

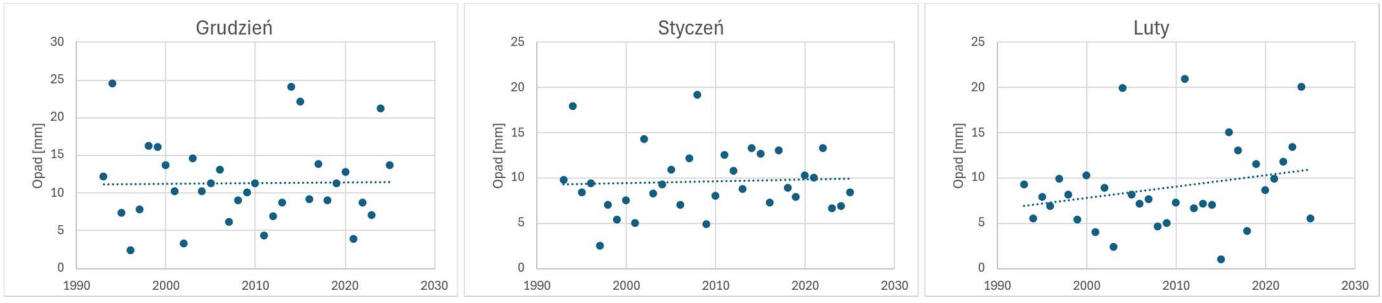
wystąpiło w 2017 roku (162,1 mm) a minimum w 2000 roku (5,4 mm). W listopadzie największą wartość zarejestrowano w 2010 roku (112,9 mm), najmniejszą w 2022 roku (6,4 mm).

1.2.6. Maksymalny opad dobowy



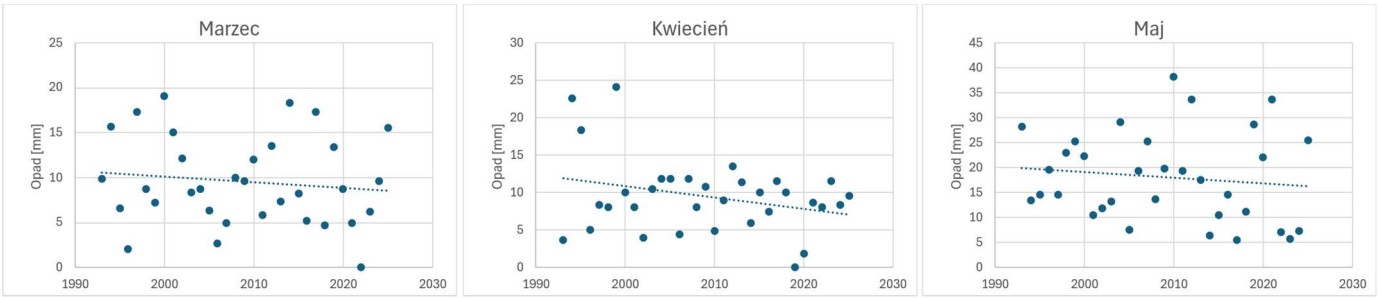
Wykres 39. Średni maksymalny opad dobowy, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Średni maksymalny opad dobowy rejestrowany na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025 charakteryzuje się wyraźną zmiennością sezonową – największe wartości średniego maksymalnego opadu dobowego występują w miesiącach letnich, ze szczytem w lipcu, natomiast najmniejsze wartości obserwowane są w okresie zimowym, z minimum w lutym. Tak ukształtowany roczny rozkład maksymalnych opadów dobowych jest typowy dla klimatu umiarkowanego i odzwierciedla dominację letnich opadów konwekcyjnych, charakteryzujących się dużą intensywnością.



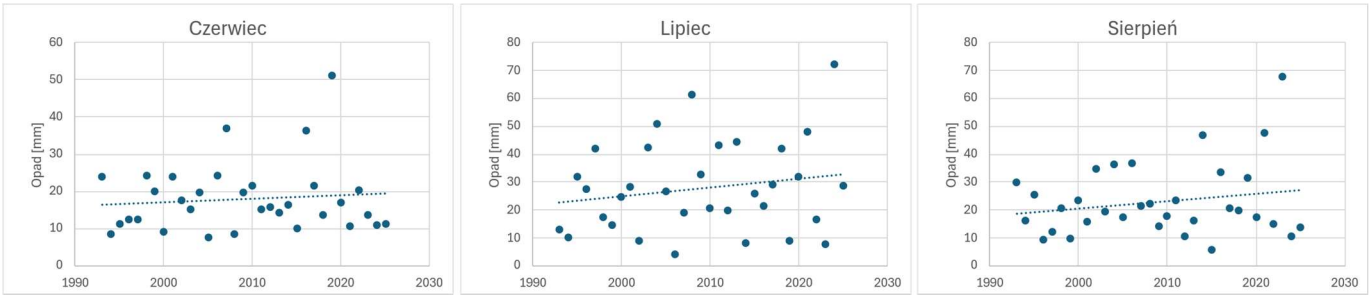
Wykres 40. Miesięczny maksymalny opad dobowy w okresie zimowym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Maksymalny opad dobowy w miesiącach zimowych charakteryzuje się stosunkowo niskimi wartościami i brakiem wyraźnego trendu kierunkowego. W grudniu największą wartość zanotowano w 1994 roku (24,5 mm), najmniejszą w 1996 roku (2,3 mm). W styczniu maksimum wystąpiło w 2008 roku (19,2 mm), minimum z kolei, w 1997 roku (2,5 mm). W lutym największą wartość zarejestrowano w 2011 roku (20,9 mm), najmniejszą w 2015 roku (1 mm).



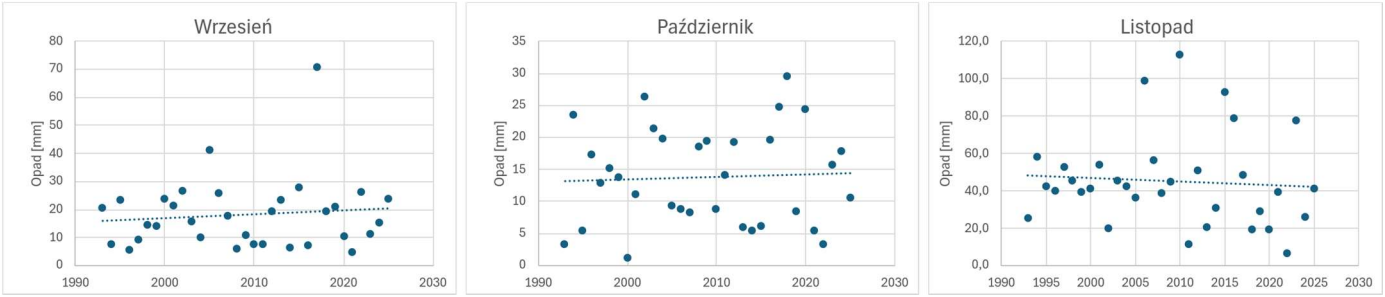
Wykres 41. Miesięczny maksymalny opad dobowy w okresie wiosennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach wiosennych nie obserwuje się wyraźnych tendencji zmian maksymalnego opadu dobowego. W marcu największą wartość zarejestrowano w 2000 roku (19,1 mm), najmniejszą w 2022 roku (0 mm). W kwietniu maksimum odnotowano w 1999 roku (24,1 mm) i minimum w 2019 roku (0 mm). W maju wartość maksymalną odnotowano w 2010 roku (38,3 mm) i minimalną w 2017 roku (5,4 mm).



Wykres 42. Miesięczny maksymalny opad dobowy w okresie letnim, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach letnich maksymalny opad dobowy osiąga najwyższe wartości w cyklu rocznym. W czerwcu maksymalny opad dobowy wykazuje nieznaczny trend rosnący; największą wartość zarejestrowano w 2019 roku (51 mm), najmniejszą w 2005 roku (7,5 mm). W lipcu maksymalny opad dobowy nie wykazuje jednoznacznego trendu kierunkowego, z maksimum w 2024 roku (72,1 mm) i minimum w 2006 roku (4 mm). W sierpniu maksymalny opad dobowy również nie wykazuje jednoznacznego trendu kierunkowego, z maksimum w 2023 roku (67,7 mm) i minimum w 2015 roku (5,6 mm).

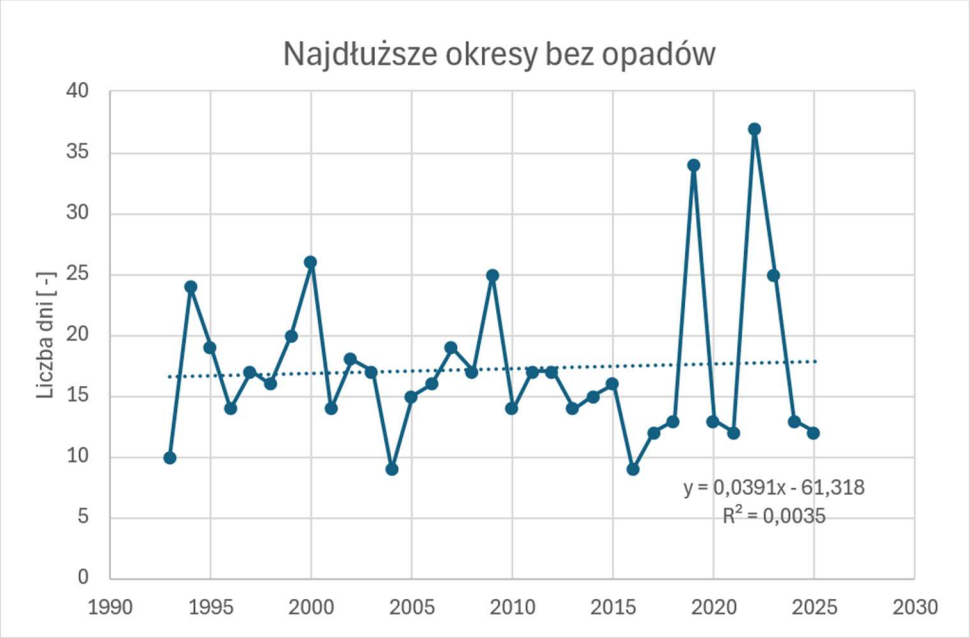


Wykres 43. Miesięczny maksymalny opad dobowy w okresie jesiennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

W miesiącach jesiennych nie obserwuje się wyraźnych tendencji zmian maksymalnego opadu dobowego. We wrześniu największą wartość zarejestrowano w 2017 roku (70,8 mm), najmniejszą w 2021 roku (4,9 mm). W październiku maksymalną wartość odnotowano w 2018

roku (29,6 mm) i minimalną w 2000 roku (1,3 mm). W listopadzie największą wartość zarejestrowano w 2010 roku (30,5 mm), najmniejszą w 2020 roku (3,1 mm).

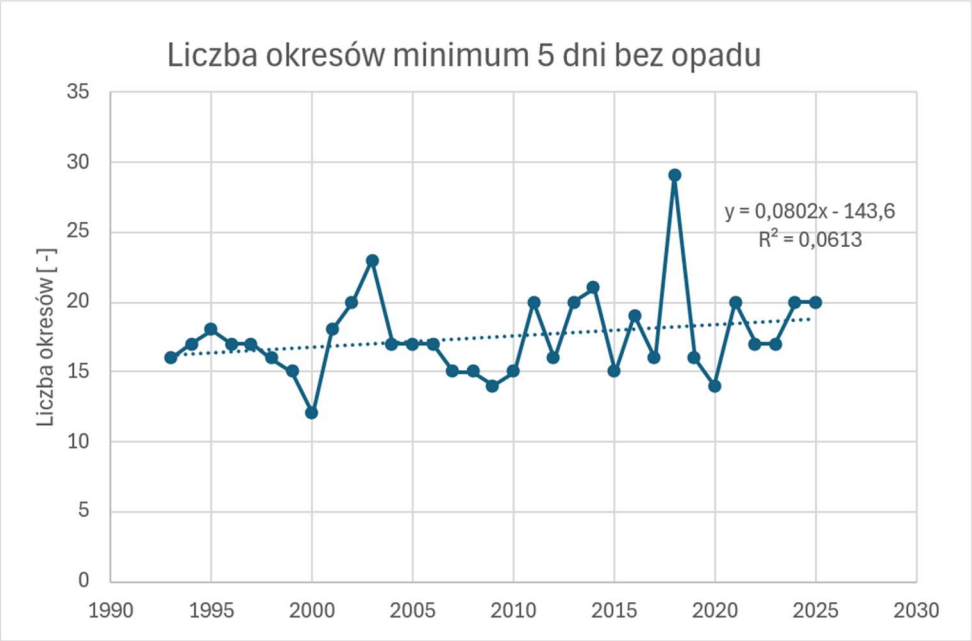
1.2.7. Najdłuższe okresy bez opadu



Wykres 44. Najdłuższe okresy bez opadów, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Najdłuższy okres bezopadowy w latach 1993–2025, zarejestrowany na stacji synoptycznej Olsztyn, wystąpił w 2022 roku i trwał 37 dni. Najkrótszy maksymalny okres bez opadów w skali roku odnotowano w 2004 roku, kiedy wyniósł on 9 dni, przy średniej rocznej wynoszącej 17,2 dnia. Parametr ten cechuje się znaczną zmiennością międzyroczną i nie wykazuje trendu kierunkowego, co należy interpretować ostrożnie z uwzględnieniem dużej naturalnej zmienności tego zjawiska w poszczególnych latach. Nawet pojedyncze wielotygodniowe okresy bez opadów mogą prowadzić do okresowego pogorszenia bilansu wodnego, przesuszenia gleb, obniżenia kondycji zieleni miejskiej oraz zwiększenia zapotrzebowania na podlewanie terenów zieleni i utrzymanie przestrzeni publicznych. W warunkach rosnących temperatur powietrza skutki okresów bezopadowych mogą być dodatkowo wzmacniane przez intensywniejsze parowanie i większe straty wilgoci z powierzchni biologicznie czynnych. Z perspektywy adaptacji do zmian klimatu wskaźnik ten powinien być analizowany łącznie z roczną sumą opadów, liczbą dni z opadem oraz liczbą dłuższych okresów bezopadowych, ponieważ dopiero takie ujęcie pozwala właściwie ocenić ryzyko występowania suszy miejskiej i okresowych deficytów wody. Dane te uzasadniają potrzebę wzmacniania retencji lokalnej, ochrony powierzchni przepuszczalnych oraz rozwoju błękitno-zielonej infrastruktury, która może zwiększać zdolność Kisielic do zatrzymywania wody i łagodzenia skutków dłuższych przerw w opadach.

1.2.8. Liczba okresów w roku bez opadu o czasie trwania minimum 5 dni

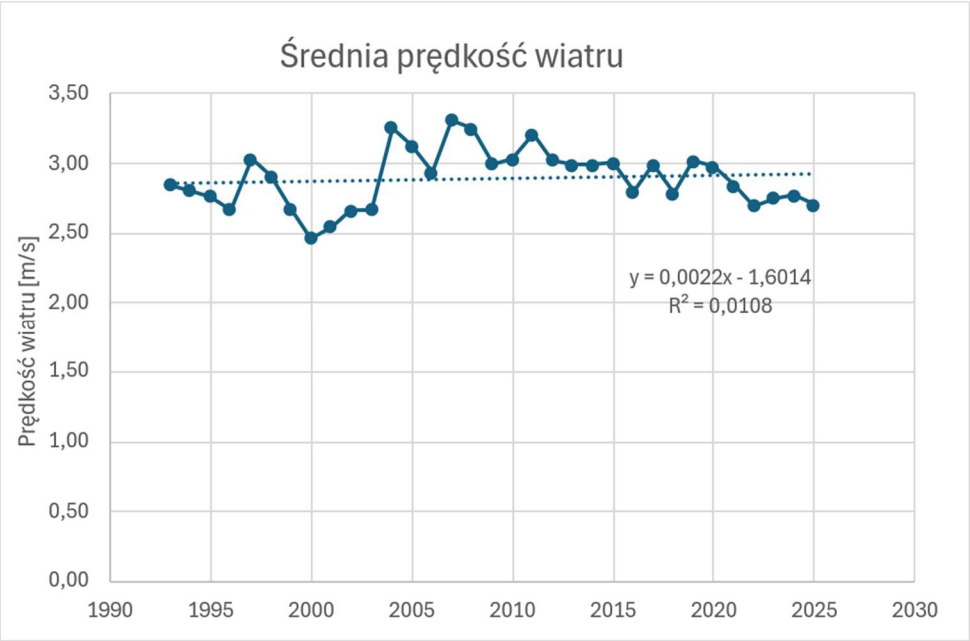


Wykres 45. Liczba okresów minimum 5 dni bez opadu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Liczba okresów bezopadowych trwających co najmniej 5 dni, obserwowana w latach 1993–2025 na stacji synoptycznej Olsztyn, zawierała się w przedziale od 12 okresów w 2000 roku do 29 okresów w 2018 roku, przy średniej rocznej wynoszącej 17,5 okresu. Wartości tego parametru wykazują nieznaczny trend wzrostowy, co należy interpretować jako sygnał stopniowych zmian w rozkładzie opadów, szczególnie w kontekście równoczesnego wzrostu temperatury powietrza i zwiększonego parowania. Zjawisko to może prowadzić do okresowego pogarszania warunków wilgotnościowych gleb, osłabienia kondycji zieleni miejskiej oraz zwiększenia podatności terenów biologicznie czynnych na przesuszenie, zwłaszcza w okresach wiosennych i letnich. Z perspektywy adaptacji do zmian klimatu rosnąca liczba minimum pięciodniowych okresów bez opadu uzasadnia potrzebę wzmacniania retencji lokalnej, ograniczania szybkiego odpływu wód opadowych oraz rozwoju błękitno-zielonej infrastruktury, która może zwiększać odporność Kisielic na skutki okresowych niedoborów wody. Skuteczne zarządzanie ryzykiem suszy miejskiej wymaga również uwzględniania tego parametru w lokalnych dokumentach planistycznych oraz w strategiach gospodarki wodnej.

1.3. Pozostałe wskaźniki

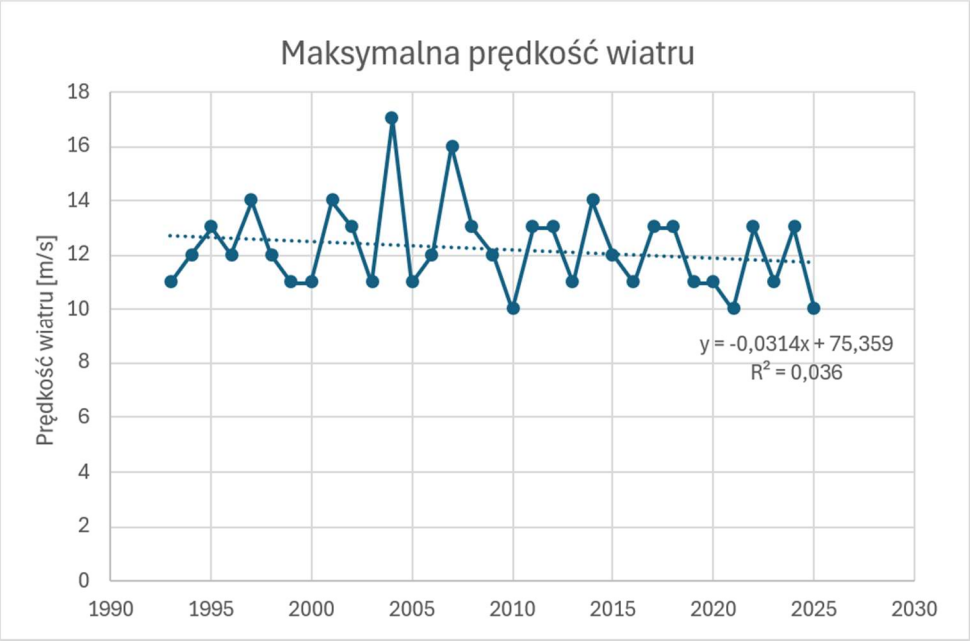
1.3.1. Średnia prędkość wiatru



Wykres 46. Średnia prędkość wiatru, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Średnia prędkość wiatru odnotowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025 wyniosła 2,9 m/s. W analizowanym okresie wartości tego parametru charakteryzowały się umiarkowaną zmiennością międzyroczną, przy czym najwyższą średnią prędkość wiatru, równą 3,3 m/s, zarejestrowano w 2007 roku, natomiast najniższą, wynoszącą 2,5 m/s, odnotowano w 2000 roku. Przebieg danych wskazuje na brak trendu kierunkowego średniej prędkości wiatru na obszarze reprezentatywnym dla Miasta Kisielice, co może mieć znaczenie dla oceny warunków przewietrzania przestrzeni miejskiej oraz rozpraszania zanieczyszczeń powietrza. W kontekście rosnących temperatur powietrza parametr ten należy analizować również w powiązaniu z ryzykiem przegrzewania miasta, ponieważ słabsza wymiana powietrza może ograniczać naturalne wychładzanie przestrzeni zurbanizowanych i pogarszać komfort termiczny mieszkańców. Z perspektywy adaptacji do zmian klimatu obserwowana tendencja uzasadnia potrzebę uwzględniania korytarzy przewietrzania, układu zieleni oraz struktury zabudowy w planowaniu przestrzennym, tak aby wspierać naturalną cyrkulację powietrza i ograniczać negatywne skutki wysokich temperatur oraz lokalnej kumulacji zanieczyszczeń.

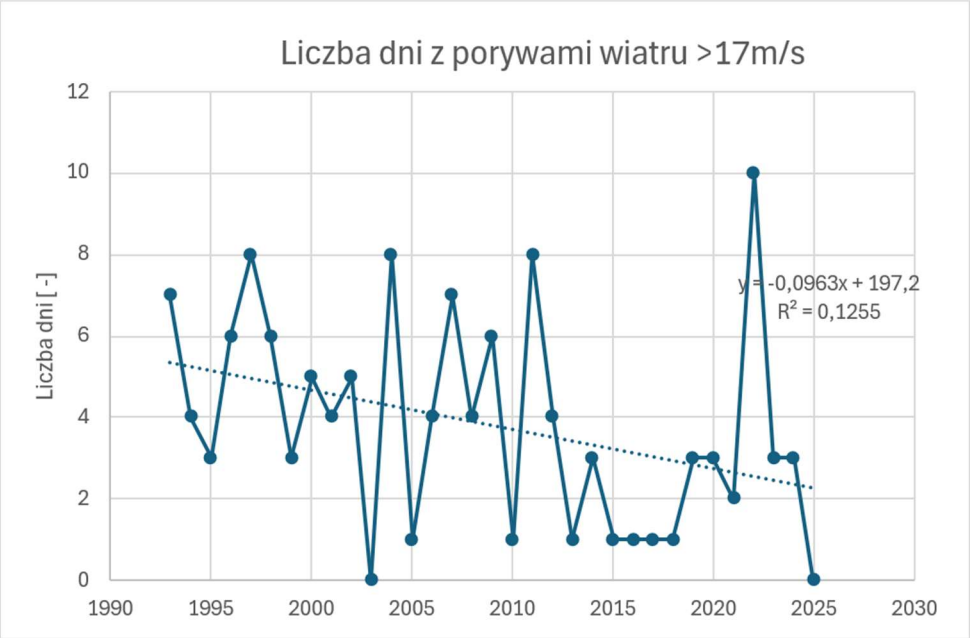
1.3.2. Maksymalna prędkość wiatru



Wykres 47. Maksymalna prędkość wiatru, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Maksymalna prędkość wiatru rejestrowana na stacji synoptycznej Olsztyn w latach 1993–2025 wykazuje nieznaczną tendencję malejącą. Najwyższą wartość tego parametru, równą 17 m/s, odnotowano w 2004 roku, natomiast najniższą, wynoszącą 10 m/s, zarejestrowano w 2010 roku, przy średniej rocznej wartości maksymalnej wynoszącej 12 m/s. Spadkowy przebieg maksymalnych prędkości wiatru może wskazywać na zmniejszenie częstotliwości lub intensywności najsilniejszych epizodów wietrznych w analizowanym okresie, choć parametr ten, ze względu na swoją zmienność, powinien być interpretowany łącznie z liczbą dni z porywami wiatru oraz lokalnymi uwarunkowaniami terenowymi. Z punktu widzenia funkcjonowania miasta niższe wartości maksymalnej prędkości wiatru mogą oznaczać ograniczenie części zagrożeń związanych z uszkodzeniami drzewostanu, infrastruktury technicznej, elementów małej architektury oraz budynków. Jednocześnie malejąca intensywność wiatru nie eliminuje potrzeby uwzględniania tego czynnika w zarządzaniu ryzykiem klimatycznym, ponieważ nawet pojedyncze epizody silnego wiatru mogą powodować lokalne szkody i zakłócenia w funkcjonowaniu miasta. W ujęciu adaptacyjnym wskaźnik ten powinien być analizowany także w kontekście przewietrzania przestrzeni miejskiej, jakości powietrza oraz możliwości naturalnego ograniczania przegrzewania obszarów zabudowanych.

1.3.3. Liczba dni z porywami wiatru powyżej 17 m/s



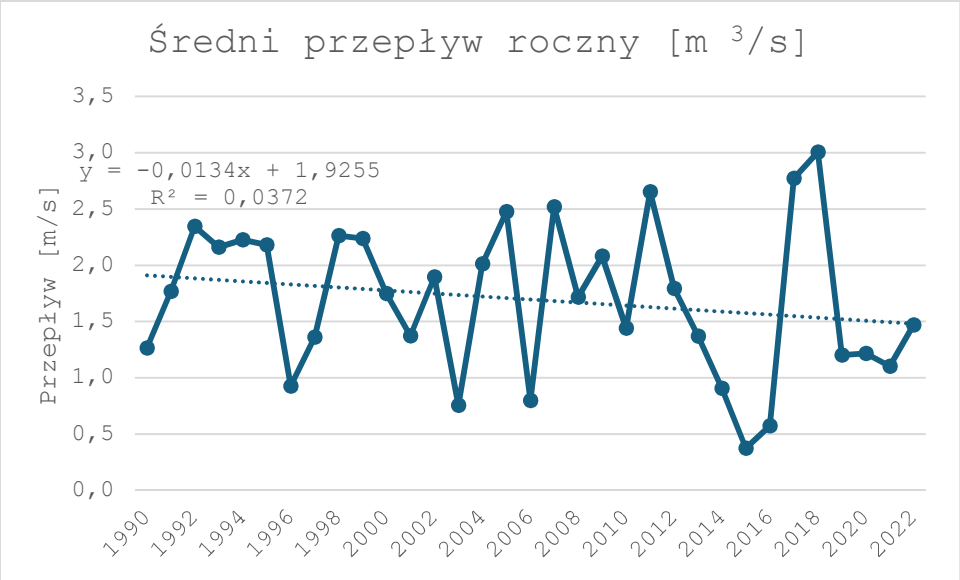
Wykres 48. Liczba dni z porywami wiatru powyżej 17 m/s, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Liczba dni z porywami wiatru powyżej 17 m/s rejestrowana przez stację Olsztyn w latach 1993-2025 nie wykazuje wyraźnej tendencji kierunkowej– największą wartość (10 dni) odnotowano w 2022 roku, z kolei w latach 2003 i 2025 zjawisko to nie wystąpiło.

2. Wskaźniki hydrologiczne

Wskaźniki hydrologiczne takie jak przepływ średnioroczny, średni roczny przepływ maksymalny i minimalny oraz przepływ zwyczajny roczny wyznaczono na podstawie danych historycznych dla lat hydrologicznych 1990–2022 rejestrowanych na stacji pomiarowej 153190100 Dziarny zlokalizowanej na rzece Iławce. Kisielice nie posiadają swojej stacji, stacja Dziarny jest najbliższą stacją Miasta Kisielice. Analizowany okres obejmuje zarówno lata o podwyższonych przepływach jak i lata o wyraźnie niższym przepływie, co pozwala na miarodajną analizę zmian w przepływach Iławki w rejonie Kisielic.

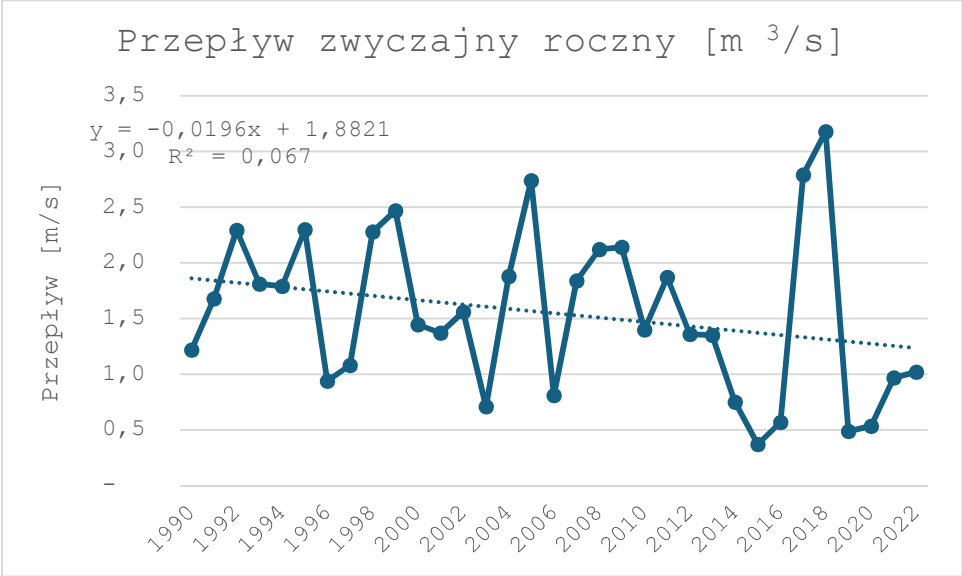
2.1. Średni roczny przepływ



Wykres 49. Średni roczny przepływ, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Średni roczny przepływ Iławki na stacji Dziarny osiągnął w analizowanym okresie wartość 1,7 m^3/s i wykazuje słaby trend malejący przy niskim współczynniku determinacji (R^2 = 0,013), co oznacza brak statystycznie istotnej zmiany kierunkowej. Wartość maksymalna wyniosła 3,0 m^3/s parametr ten osiągnął w 2018 roku, minimalną równą z kolei 0,4 m^3/s w 2015 roku.

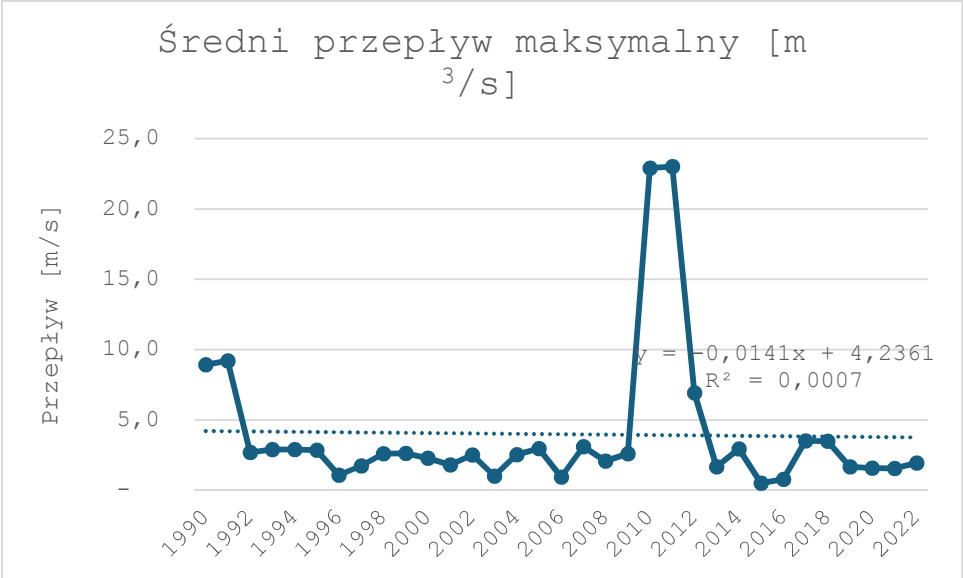
2.2. Przepływ zwyczajny roczny



Wykres 50. Przepływ zwyczajny roczny, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Zwyczajny roczny przepływ Iławki na stacji Dziarny osiągnął w analizowanym okresie wartość 1,3 m^3/s i wykazuje trend malejący przy R^2 (0,019). Wartość maksymalna wyniosła 3,2 m^3/s w roku 2018, który był najbardziej zasobnym hydrologicznie rokiem w całym przedziale 1990–2022. Minimalny przepływ zwyczajny wyniósł z kolei 0,4 m^3/s odnotowano w 2015 roku.

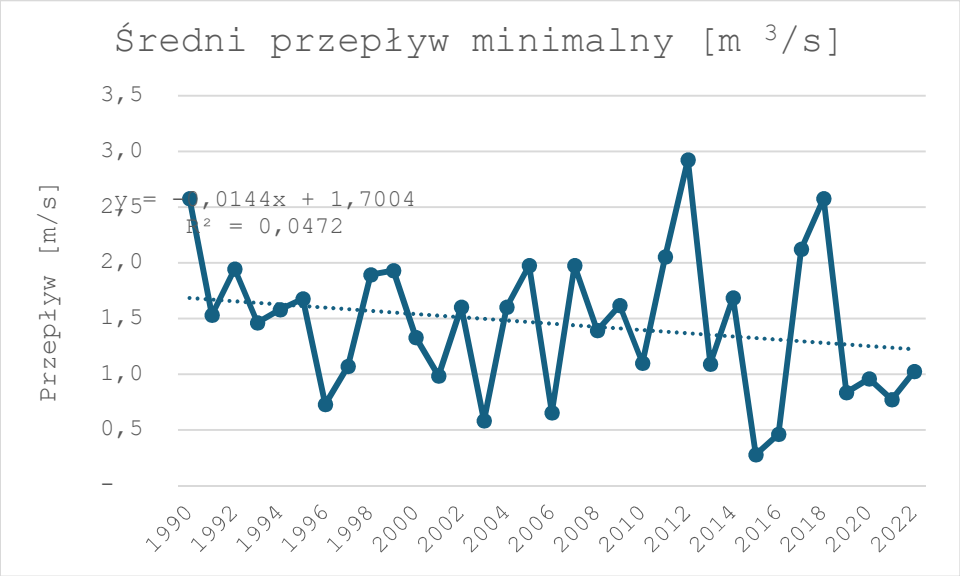
2.3. Średni roczny przepływ maksymalny



Wykres 51. Średni roczny przepływ maksymalny, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

Średni roczny przepływ maksymalny Iławki na stacji Dziarny osiągnął w analizowanym okresie wartość 4,0 m^3/s i, podobnie jak pozostałe wskaźniki, wykazuje słaby trend malejący o niskim R^2 (0,014). Wartość maksymalną równą 23,0 m^3/s średni maksymalny przepływ roczny osiągnął w 2011 roku, co koresponduje z wysokimi opadami i wezbraniami notowanymi w dorzeczu Iławki w tym okresie. Wartość minimalną równą z kolei 0,5 m^3/s odnotowano w 2015 roku.

2.4. Średni roczny przepływ minimalny



Wykres 52. Średni roczny przepływ minimalny, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB

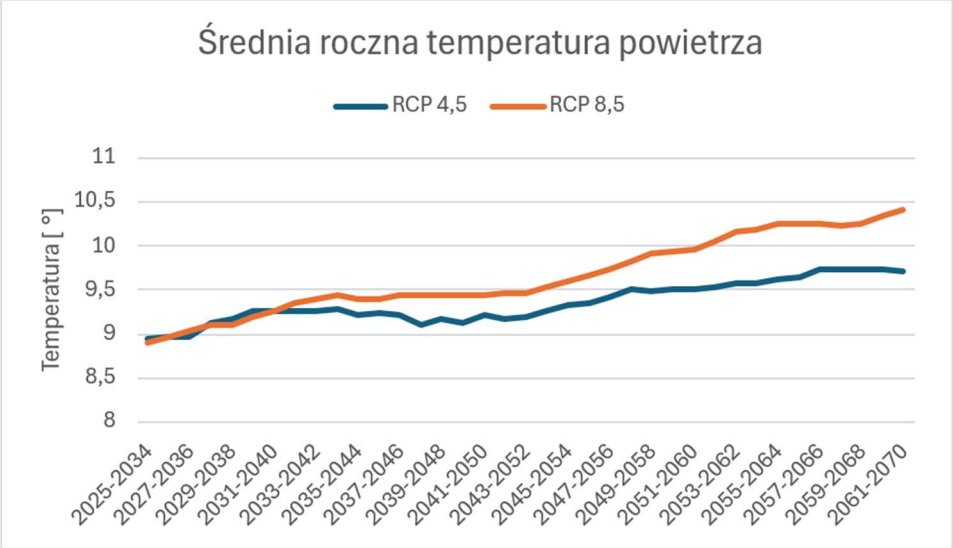
Średni roczny przepływ minimalny Iławki na stacji Dziarny osiągnął w analizowanym okresie wartość 1,5 m^3/s i wykazuje trend malejący (R^2 = 0,014). Wartość maksymalną równą 2,9 m^3/s średni minimalny przepływ roczny osiągnął w 2012 roku, natomiast wartość minimalną równą 0,3 m^3/s odnotowano z kolei w 2015 roku.

3. Scenariusze zmian klimatu

Scenariusze zmian klimatu dla obszaru Polski, opracowane w układzie powiatowym, zostały przygotowane przez Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy (IOŚ-PIB), w oparciu o dane projektu EURO-CORDEX (Coordinated Downscaling Experiment), stanowiącego europejski komponent światowego Programu Badań nad Klimatem (World Climate Research Programme – WCRP), który wykorzystuje symulacje klimatyczne bazujące na najnowszych modelach uwzględnionych w 5. Raporcie Oceny Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (AR5 IPCC) z lat 2013–2014. Scenariusze te, udostępnione na stronie internetowej Instytutu, przyjęto w niniejszym opracowaniu pod oznaczeniami RCP 4,5 oraz RCP 8,5, których nazwy odnoszą się do prognozowanego poziomu globalnego wymuszenia radiacyjnego w górnych warstwach atmosfery, zależnego od koncentracji gazów cieplarnianych. W przypadku scenariusza RCP 4,5 zakłada się stabilizację wymuszenia radiacyjnego na poziomie 4,5 W/m^2 ok. 2100 roku, stężenie CO_2 do 540 ppm oraz wzrost średniej temperatury globalnej o 2,5 °C, natomiast scenariusz RCP 8,5 przewiduje, że pod koniec XXI wieku stężenie CO_2 osiągnie około 940 ppm, wymuszenie radiacyjne wzrośnie do 8,5 W/m^2, a średnia temperatura Ziemi zwiększy się o 4,5 °C względem epoki przedindustrialnej. Na potrzeby analizy zmian klimatu dla Miasta Kisielice wykorzystano scenariusze opracowane przez IOŚ-PIB dla powiatu iławskiego, w perspektywie do 2070 roku.

3.1. Wskaźniki temperaturowe

3.1.1. Średnia roczna temperatura powietrza



Wykres 53. Średnia roczna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Wyniki analiz opartych na scenariuszach RCP 4,5 oraz RCP 8,5 wskazują na systematyczny wzrost średniej rocznej temperatury powietrza na obszarze miasta. W wariancie RCP 4,5 przewiduje się, że średnia roczna temperatura wzrośnie z 8,95 °C w dekadzie 2025–2034 do 9,71 °C w latach 2061–2070, co odpowiada zmianie o 0,76 °C, przy czym najniższą wartość prognozuje się dla dekady 2025-2034 (8,95 °C), a najwyższą dla okresu 2057-2066 (9,73 °C). W scenariuszu RCP 8,5 wzrost ten obejmuje zakres od 8,90 °C w dekadzie 2025–2034 do 10,40 °C w latach 2061–2070, czyli o 1,50 °C, przy najniższej wartości prognozowanej dla dekady 2025-2034 (8,90 °C) i najwyższej dla okresu 2061-2070 (10,40 °C). Oznacza to, że przebieg zmian prognozowany w scenariuszu RCP 8,5 należy ocenić jako mniej korzystny i wiążący się z większą skalą zagrożeń klimatycznych dla Miasta Kisielice. Oba analizowane scenariusze przewidują stopniowy wzrost średniomiesięcznej temperatury w każdym miesiącu roku.

Tabela 1. Średnia miesięczna temperatura w scenariuszu RCP 4,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

RCP 4,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021-2030	−1,25	−0,72	2,99	7,78	12,87	16,62	18,78	18,05	14,18	9,23	4,60	1,10
2031-2040	0,10	0,63	3,55	8,52	13,25	16,84	19,05	18,32	14,73	9,66	4,70	1,64
2041-2050	−0,36	0,20	3,14	8,33	13,46	17,22	19,42	18,75	14,68	9,62	4,85	1,21
2051-2060	0,02	0,52	4,09	8,92	13,27	17,01	19,30	18,77	14,75	9,94	5,27	2,12
2061-2070	0,37	0,65	4,19	8,66	13,34	17,41	19,73	19,07	15,27	10,23	5,27	2,35

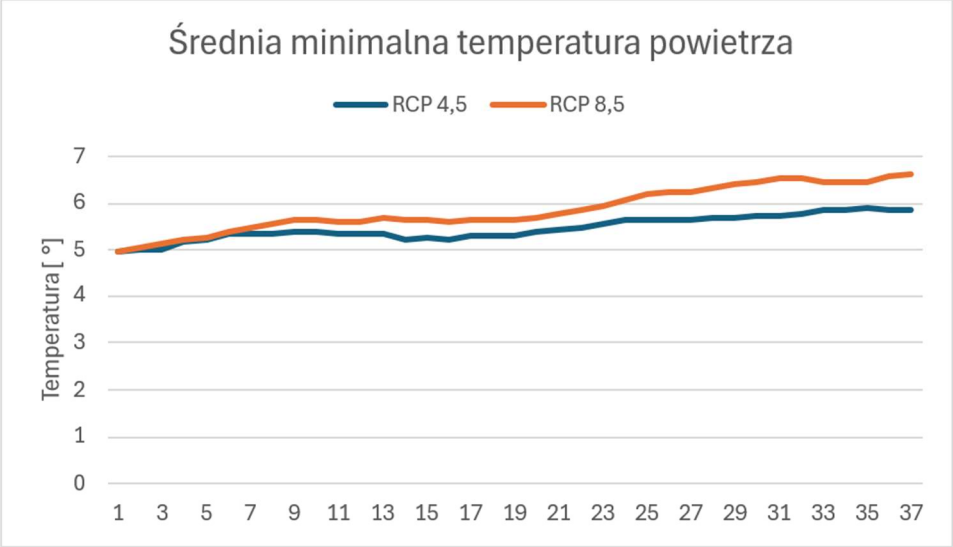
W scenariuszu RCP 4,5 największy wzrost średniomiesięcznej temperatury w latach 2021–2070 prognozowany jest w styczniu i wynosi 1,62 °C, najmniejszy z kolei w maju (0,47 °C). Prognozuje się, że najcieplejszym miesiącem w całym analizowanym okresie będzie lipiec, a najzimniejszym styczeń. Średnie temperatury w tych miesiącach w latach 2061–2070 wyniosą odpowiednio 19,73 °Ci 0,37 °C.

Tabela 2. Średnia miesięczna temperatura w scenariuszu RCP 8,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

RCP 8,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021-2030	−1,52	−0,73	2,88	8,17	13,18	16,48	18,72	18,00	14,20	9,08	4,69	0,64
2031-2040	−0,41	0,60	3,75	8,90	13,32	16,98	19,07	18,43	14,66	9,74	4,87	1,36
2041-2050	−0,50	0,72	4,11	8,88	13,35	17,16	19,36	18,76	14,87	10,27	5,16	1,30
2051-2060	0,23	1,65	5,06	9,35	13,43	17,65	19,41	18,98	15,28	10,61	5,69	2,21
2061-2070	1,24	1,80	4,96	9,57	14,06	17,68	20,01	19,58	16,15	11,09	6,03	2,60

W scenariuszu RCP 8,5, podobnie jak w RCP 4,5, największy wzrost średniomiesięcznej temperatury w latach 2021–2070 prognozowany jest w styczniu i wynosi 2,76 °C, najmniejszy z kolei w maju (0,88 °C). Prognozuje się, że najcieplejszym miesiącem w całym analizowanym okresie będzie lipiec, a najzimniejszym styczeń. Średnie temperatury w tych miesiącach w latach 2061–2070 wyniosą odpowiednio 20,01 °Ci 1,24 °C.

3.1.2. Średnia minimalna temperatura powietrza



Wykres 54. Średnia minimalna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal

Wyniki analiz opartych na scenariuszach RCP 4,5 oraz RCP 8,5 wskazują na systematyczny wzrost średniej minimalnej temperatury powietrza na obszarze miasta. W wariancie RCP 4,5 przewiduje się wzrost średniej minimalnej temperatury z 4,98 °C w dekadzie 2025–2034 do 5,86 °C w latach 2061–2070, co odpowiada zmianie o 0,88 °C, przy czym najniższą wartość prognozuje się dla dekady 2025-2034 (4,98 °C), a najwyższą dla okresu 2059-2068 (5,88 °C). W scenariuszu RCP 8,5 wzrost obejmuje zakres od 4,98 °C w dekadzie 2025–2034 do 6,62 °C w latach 2061–2070, czyli o 1,64 °C, przy najniższej wartości w dekadzie 2025-2034 (4,98 °C) i najwyższej w okresie 2061-2070 (6,62 °C). Oba analizowane scenariusze przewidują stopniowy wzrost średniomiesięcznej temperatury minimalnej w każdym miesiącu roku.

Tabela 3. Średnia miesięczna minimalna temperatura w scenariuszu RCP 4,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

RCP 4,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021-2030	−3,91	−4,07	−1,02	3,10	7,73	11,55	13,95	13,41	9,95	5,66	1,81	−1,40
2031-2040	−2,53	−2,46	−0,31	3,81	8,22	11,78	14,17	13,61	10,50	6,18	1,99	−0,73
2041-2050	−2,98	−2,70	−0,49	3,64	8,28	12,03	14,50	13,96	10,55	6,15	2,11	−1,17
2051-2060	−2,51	−2,47	0,43	4,28	8,28	11,92	14,39	14,16	10,63	6,48	2,52	−0,31
2061-2070	−2,12	−2,29	0,49	4,07	8,36	12,33	14,79	14,47	11,04	6,72	2,56	−0,11

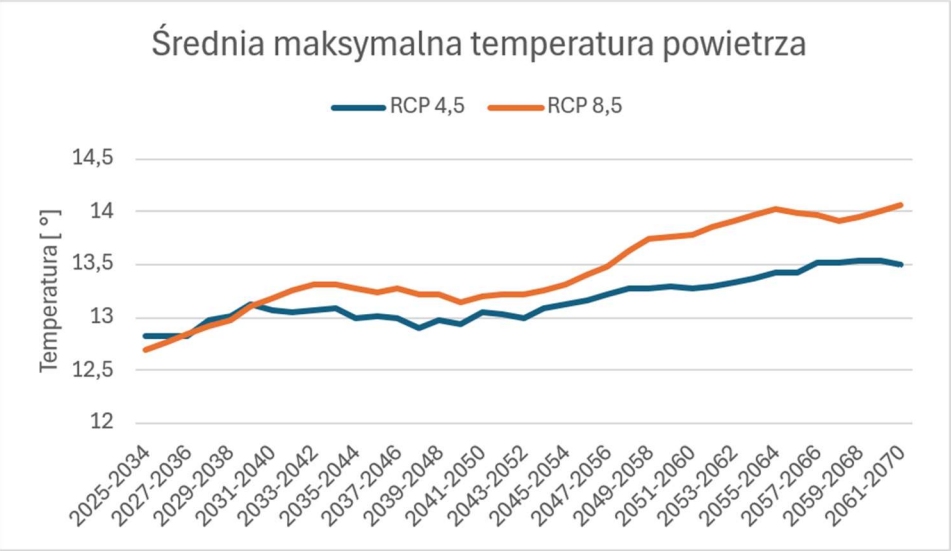
W scenariuszu RCP 4,5 największy wzrost średniomiesięcznej temperatury minimalnej w latach 2021–2070 prognozowany jest w styczniu i wynosi 1,79 °C, najmniejszy z kolei w maju (0,63 °C). Prognozuje się, że miesiącem z najwyższą średnią minimalną temperaturą powietrza w całym analizowanym okresie będzie lipiec, a najzimniejszym luty. Średnie temperatury minimalne w tych miesiącach w latach 2061–2070 wyniosą odpowiednio 14,79 °Ci -2,29 °C.

Tabela 4. Średnia miesięczna minimalna temperatura w scenariuszu RCP 8,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

RCP 8,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021-2030	−4,30	−4,02	−0,70	3,54	7,88	11,38	13,69	13,34	9,99	5,61	1,96	−1,94
2031-2040	−2,86	−2,12	0,09	4,32	8,41	12,06	14,12	13,86	10,47	6,35	2,06	−0,95
2041-2050	−3,00	−2,17	0,42	4,19	8,43	12,19	14,58	14,17	10,72	6,82	2,43	−1,26
2051-2060	−2,18	−1,22	1,60	4,9	8,56	12,84	14,55	14,37	11,25	7,29	3,05	−0,06
2061-2070	−1,40	−1,14	1,40	5,09	8,99	12,74	15,33	15,12	12,05	7,79	3,27	0,24

W scenariuszu RCP 8,5, podobnie jak w RCP 4,5, największy wzrost średniomiesięcznej temperatury minimalnej w latach 2021–2070 prognozowany jest w styczniu i wynosi 2,90 °C, najmniejszy z kolei w maju (1,11 °C). Prognozuje się, że najcieplejszym miesiącem w całym analizowanym okresie będzie lipiec, a najzimniejszym styczeń. Średnie temperatury minimalne w tych miesiącach w latach 2061–2070 wyniosą odpowiednio 15,33 °Ci -1,40 °C.

3.1.3. Średnia maksymalna temperatura powietrza



Wykres 55. Średnia maksymalna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal

Wyniki analiz opartych na scenariuszach RCP 4,5 oraz RCP 8,5 wskazują na systematyczny wzrost średniej maksymalnej temperatury powietrza na obszarze miasta. W wariancie RCP 4,5 przewiduje się wzrost średniej maksymalnej temperatury z 12,83 °C w dekadzie 2025–2034 do 13,50 °C w latach 2061–2070, co odpowiada zmianie o 0,67 °C, przy czym najniższą wartość prognozuje się dla dekady 2027-2036 (12,82 °C), a najwyższą dla okresu 2060-2069 (13,54 °C). W scenariuszu RCP 8,5 wzrost obejmuje zakres od 12,69 °C w dekadzie 2025–2034 do 14,06 °C w latach 2061–2070, czyli o 1,37 °C, przy najniższej wartości w dekadzie 2025-2034 (12,69 °C) i najwyższej w okresie 2061-2070 (14,06 °C). Oba analizowane scenariusze przewidują stopniowy wzrost średniomiesięcznej temperatury maksymalnej w każdym miesiącu roku.

Tabela 5. Średnia miesięczna maksymalna temperatura w scenariuszu RCP 4,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

RCP 4,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021-2030	0,98	1,74	6,96	12,83	18,19	21,59	23,82	23,01	18,85	12,96	7,00	2,71
2031-2040	1,92	3,18	7,18	13,54	18,55	21,8	23,96	23,32	19,47	13,28	7,06	3,5
2041-2050	1,36	2,72	6,78	13,28	18,89	22,41	24,44	23,69	19,32	13,32	7,30	3,06
2051-2060	1,89	3,03	7,63	13,97	18,54	22,02	24,21	23,65	19,3	13,51	7,60	3,93
2061-2070	2,20	2,99	7,89	13,5	18,48	22,4	24,70	23,98	20,07	13,93	7,73	4,15

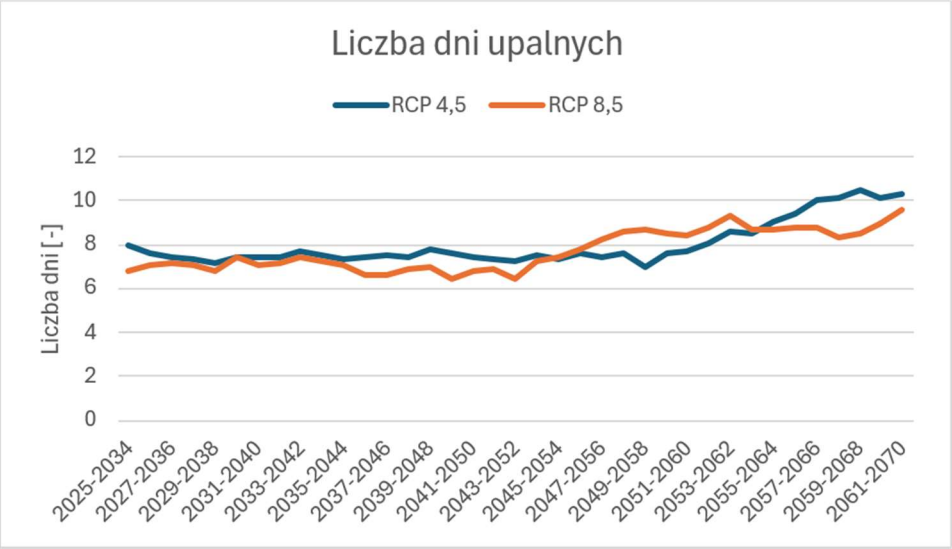
W scenariuszu RCP 4,5 największy wzrost średniomiesięcznej temperatury maksymalnej w latach 2021–2070 prognozowany jest w grudniu i wynosi 1,44 °C, najmniejszy z kolei w maju (0,29 °C). Prognozuje się, że miesiącem z najwyższą średnią maksymalną temperaturą powietrza w całym analizowanym okresie będzie lipiec, a najzimniejszym styczeń. Średnie temperatury maksymalne w tych miesiącach w latach 2061–2070 wyniosą odpowiednio 24,70 °Ci 2,20 °C.

Tabela 6. Średnia miesięczna maksymalna temperatura w scenariuszu RCP 8,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

RCP 8,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021-2030	0,42	1,83	6,67	13,06	18,33	21,37	23,61	22,81	18,75	12,57	6,96	2,38
2031-2040	1,81	3,52	7,38	13,88	18,70	22,03	24,11	23,48	19,43	13,44	7,09	3,25
2041-2050	1,47	3,25	7,54	13,72	18,60	22,24	24,14	23,63	19,54	13,90	7,35	3,09
2051-2060	2,28	4,13	8,82	14,34	18,54	22,62	24,26	23,93	19,93	14,40	8,13	3,96
2061-2070	2,87	3,92	8,52	14,41	19,07	22,55	24,82	24,42	20,80	14,79	8,29	4,20

W scenariuszu RCP 8,5, inaczej niż w RCP 4,5, największy wzrost średniomiesięcznej temperatury maksymalnej w latach 2021–2070 prognozowany jest w styczniu i wynosi 2,45 °C, najmniejszy z kolei w maju (0,74 °C). Prognozuje się, że najcieplejszym miesiącem w całym analizowanym okresie będzie lipiec, a najzimniejszym styczeń. Średnie temperatury maksymalne w tych miesiącach w latach 2061–2070 wyniosą odpowiednio 24,82 °Ci 2,87 °C.

3.1.4. Liczba dni upalnych

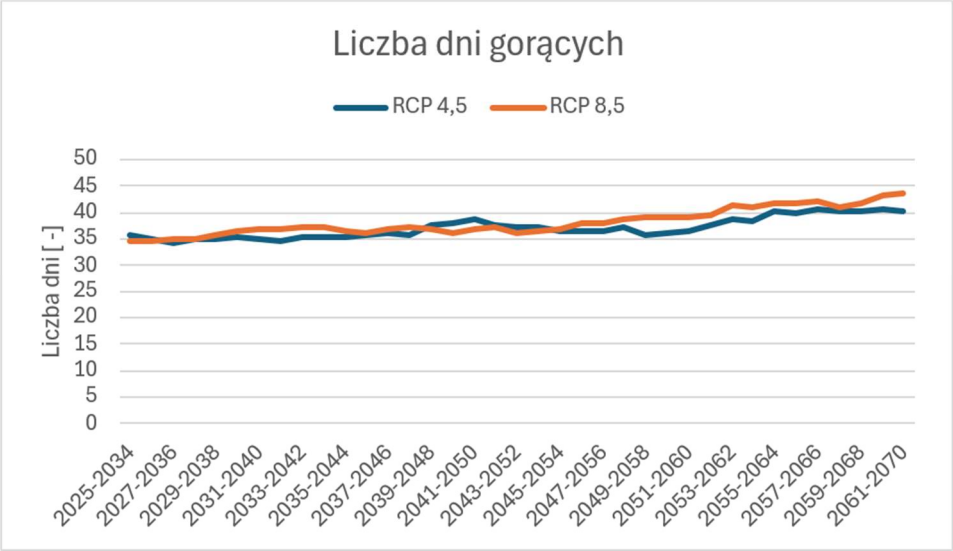


Wykres 56. Liczba dni upalnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Prognozy sporządzone dla obu analizowanych scenariuszy klimatycznych wskazują na utrzymywanie się tendencji wzrostowej liczby dni upalnych definiowanych jako dni, w których maksymalna dobowa temperatura wynosi co najmniej 30 °C.

W wariancie RCP 4,5 przewiduje się wzrost średniej liczby takich dni z około 7,97 w dekadzie 2025–2034 do około 10,27 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 2,30 dnia, przy czym najniższą wartość prognozuje się dla dekady 2049-2058 (7,02 dnia), a najwyższą dla okresu 2059-2068 (10,51 dnia). Podobną dynamikę zmian prezentuje scenariusz RCP 8,5, zgodnie z którym liczba dni upalnych wzrośnie z około 6,81 w dekadzie 2025–2034 do około 9,57 w dekadzie 2061–2070, czyli o około 2,76 dnia, przy najmniejszej liczbie w dekadzie 2040-2049 (6,48 dnia) i największej w okresie 2061-2070 (9,57 dnia). Oznacza to, że w wariancie tym należy spodziewać się większego nasilenia zjawiska dni z temperaturą maksymalną powyżej 30 °C.

3.1.5. Liczba dni gorących

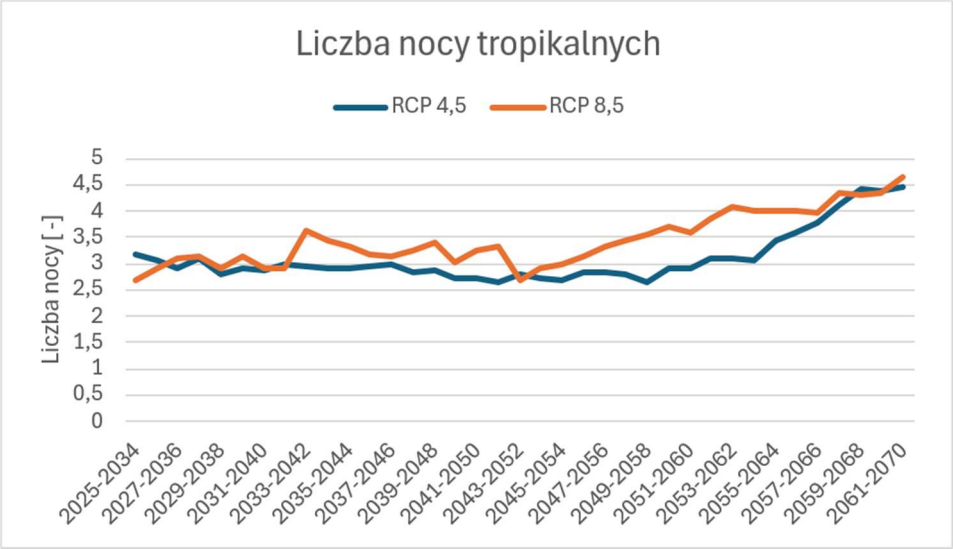


Wykres 57. Liczba dni gorących, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Prognozy sporządzone dla obu analizowanych scenariuszy klimatycznych wskazują na utrzymywanie się tendencji wzrostowej liczby dni gorących definiowanych jako dni, w których maksymalna dobowa temperatura wynosi co najmniej 25 °C.

W wariancie RCP 4,5 przewiduje się wzrost średniej liczby takich dni z około 35,57 w dekadzie 2025–2034 do około 40,25 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 4,68 dnia, przy czym najniższą wartość prognozuje się dla dekady 2027-2036 (34,28 dnia), a najwyższą dla okresu 2057-2066 (40,74 dnia). Podobną dynamikę zmian prezentuje scenariusz RCP 8,5, zgodnie z którym liczba dni gorących wzrośnie z około 34,66 w dekadzie 2025–2034 do około 43,70 w dekadzie 2061–2070, czyli o około 9,04 dnia, przy najmniejszej liczbie w dekadzie 2026-2035 (34,50 dnia) i największej w okresie 2061-2070 (43,70 dnia). Oznacza to, że w wariancie tym należy spodziewać się większego nasilenia zjawiska dni z temperaturą maksymalną powyżej 25 °C.

3.1.6. Liczba nocy tropikalnych

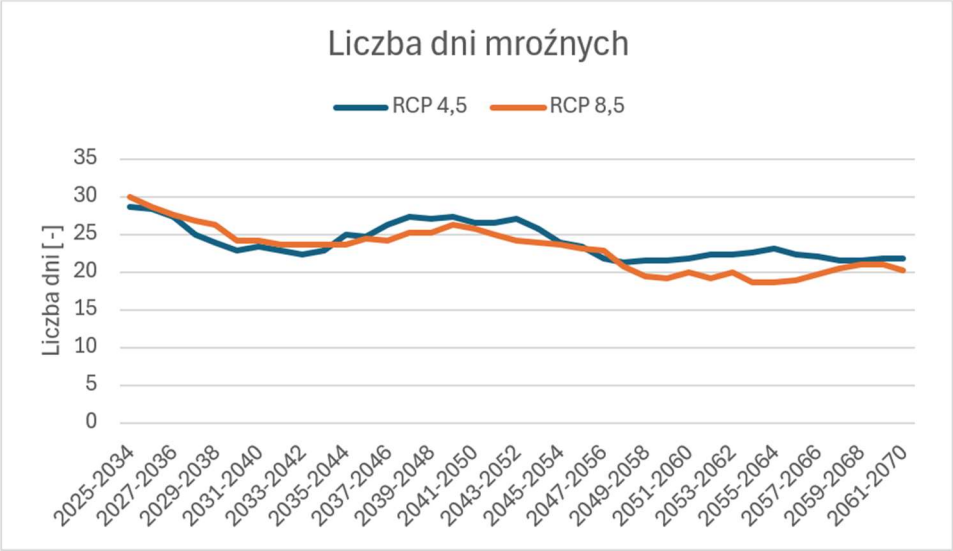


Wykres 58. Liczba nocy tropikalnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Prognozy sporządzone dla obu analizowanych scenariuszy klimatycznych wskazują na utrzymywanie się tendencji wzrostowej liczby nocy tropikalnych definiowanych jako noce, w których minimalna dobowa temperatura przekracza 20 °C.

W wariancie RCP 4,5 przewiduje się wzrost średniej liczby nocy tropikalnych z około 3,18 w dekadzie 2025–2034 do około 4,47 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 1,29 nocy, przy czym najniższą wartość prognozuje się dla dekady 2042-2051 (2,66 nocy), a najwyższą dla okresu 2061-2070 (4,47 nocy). Podobną dynamikę zmian prezentuje scenariusz RCP 8,5, zgodnie z którym liczba nocy tropikalnych wzrośnie z około 2,67 w dekadzie 2025–2034 do około 4,66 w dekadzie 2061–2070, czyli o około 1,99 nocy, przy najmniejszej liczbie w dekadzie 2025-2034 (2,67 nocy) i największej w okresie 2061-2070 (4,66 nocy).

3.1.7. Liczba dni mroźnych

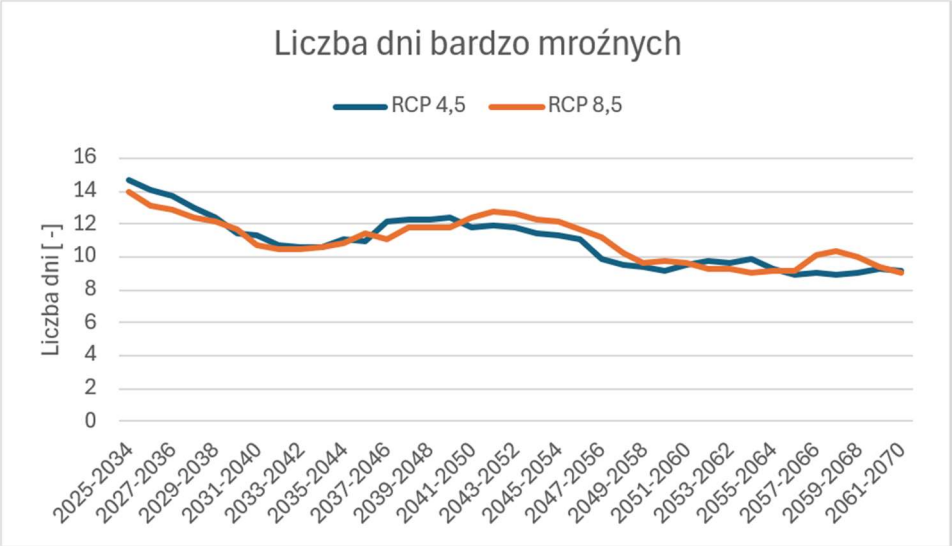


Wykres 59. Liczba dni mroźnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Prognozy sporządzone dla obu analizowanych scenariuszy klimatycznych wskazują na utrzymywanie się tendencji spadkowej liczby dni mroźnych definiowanych jako dni, w których maksymalna dobowa temperatura nie przekracza 0°C.

W wariancie RCP 4,5 przewiduje się spadek średniej liczby takich dni z około 28,52 w dekadzie 2025–2034 do około 21,88 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 6,64 dnia, przy czym najniższą wartość prognozuje się dla dekady 2048-2057 (21,19 dnia), a najwyższą dla okresu 2025-2034 (28,52 dnia). Podobną dynamikę zmian prezentuje scenariusz RCP 8,5, zgodnie z którym liczba dni mroźnych spadnie z około 29,79 w dekadzie 2025–2034 do około 20,19 w dekadzie 2061–2070, czyli o około 9,60 dnia, przy najmniejszej liczbie w dekadzie 2054-2063 (18,53 dnia) i największej w okresie 2025-2034 (29,79 dnia).

3.1.8. Liczba dni bardzo mroźnych



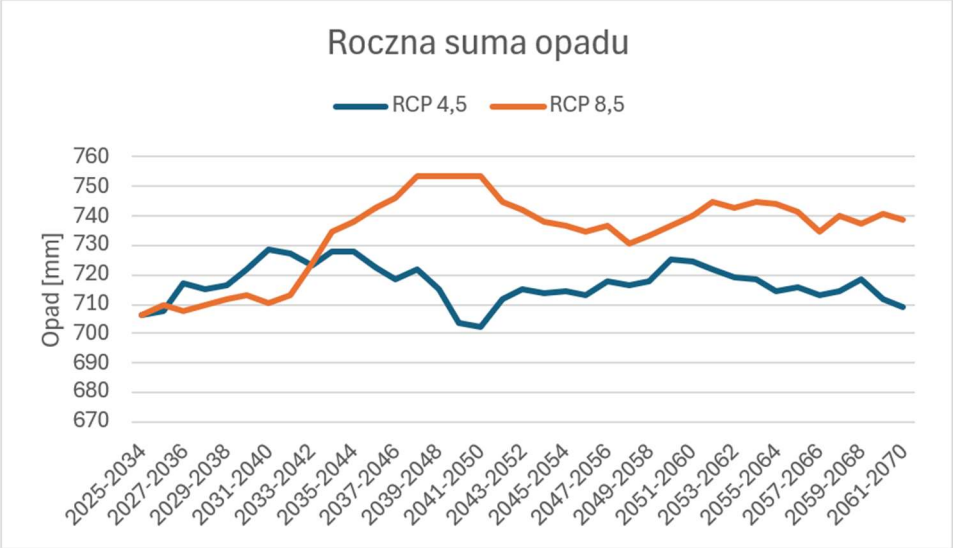
Wykres 60. Liczba dni bardzo mroźnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Prognozy sporządzone dla obu analizowanych scenariuszy klimatycznych wskazują na utrzymywanie się tendencji spadkowej liczby dni bardzo mroźnych definiowanych jako dni, w których maksymalna dobowa temperatura nie przekracza -10°C.

W wariancie RCP 4,5 przewiduje się spadek średniej liczby takich dni z około 14,65 w dekadzie 2025–2034 do około 9,09 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 5,56 dnia, przy czym najniższą wartość prognozuje się dla dekady 2056-2065 (8,93 dnia), a najwyższą dla okresu 2025-2034 (14,65 dnia). Podobną dynamikę zmian prezentuje scenariusz RCP 8,5, zgodnie z którym liczba dni bardzo mroźnych spadnie z około 13,99 w dekadzie 2025–2034 do około 8,97 w dekadzie 2061–2070, czyli o około 5,02 dnia, przy najmniejszej liczbie w dekadzie 2061-2070 (8,97 dnia) i największej w okresie 2025-2034 (13,99 dnia).

3.2. Wskaźniki opadowe

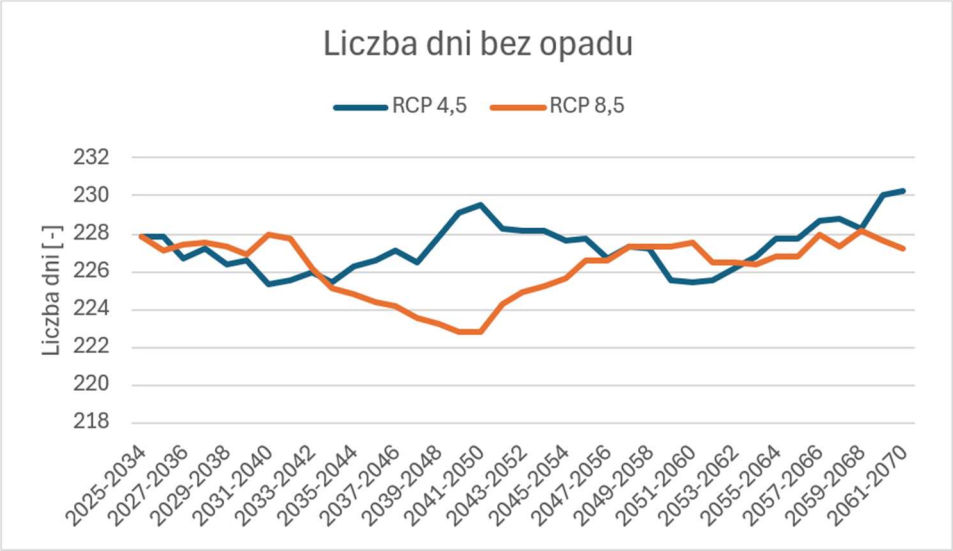
3.2.1. Roczna suma opadu



Wykres 61. Roczna suma opadu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Prognozy sporządzone dla obu analizowanych scenariuszy klimatycznych wskazują na zróżnicowane tendencje rocznej sumy opadów. W scenariuszu RCP 4,5 roczna suma opadów wzrośnie z 706,46 mm w latach 2025–2034 do 709,13 mm w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 2,67 mm. Największa średnioroczna suma opadów w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2031-2040 i wynosi 728,51 mm, najmniejsza z kolei na lata 2041-2050 (702,45 mm). W scenariuszu RCP 8,5 roczna suma opadów wzrośnie z 706,40 mm w latach 2025–2034 do 738,95 mm w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 32,55 mm. Największa średnioroczna suma opadów w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2039-2048 i wynosi 753,50 mm, najmniejsza z kolei na lata 2025-2034 (706,40 mm). Należy zaznaczyć, że pomimo stosunkowo niewielkich zmian sumarycznych, istotnym aspektem zmian opadowych pozostaje ich nierównomierny rozkład czasowy oraz wzrost częstotliwości intensywnych zdarzeń opadowych.

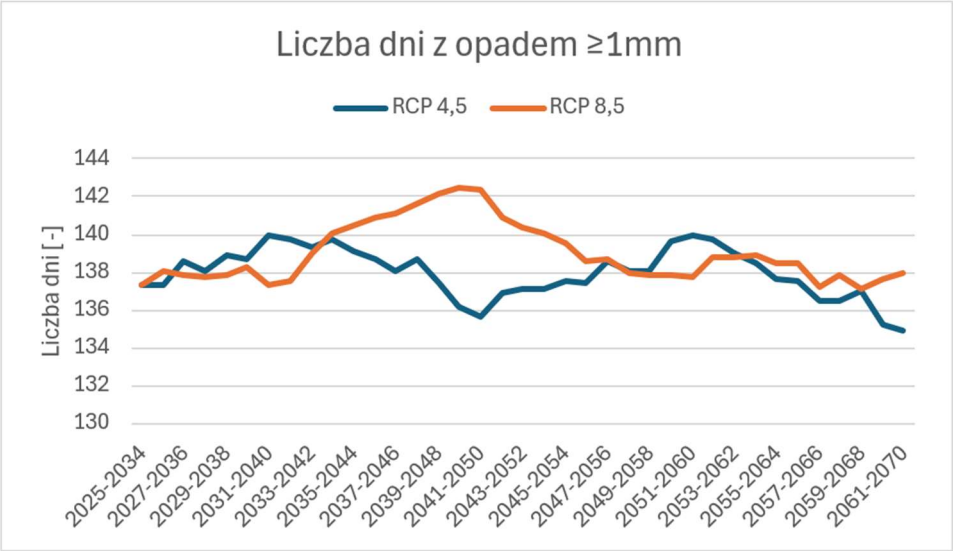
3.2.2. Liczba dni bez opadu



Wykres 62. Liczba dni bez opadu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Prognozowana roczna liczba dni bez opadu wykazuje zróżnicowane tendencje w obu analizowanych scenariuszach. W scenariuszu RCP 4,5 liczba dni bez opadu wzrośnie z 227,86 w latach 2025–2034 do 230,30 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 2,44 dnia. Największa liczba dni bez opadu w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2061-2070 i wynosi 230,30, najmniejsza z kolei na lata 2031-2040 (225,36 dnia). W scenariuszu RCP 8,5 liczba dni bez opadu spadnie z 227,86 w latach 2025–2034 do 227,26 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,60 dnia. Największa roczna liczba dni bez opadu w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2059-2068 i wynosi 228,16 dnia, najmniejsza z kolei na lata 2041-2050 (222,81 dnia).

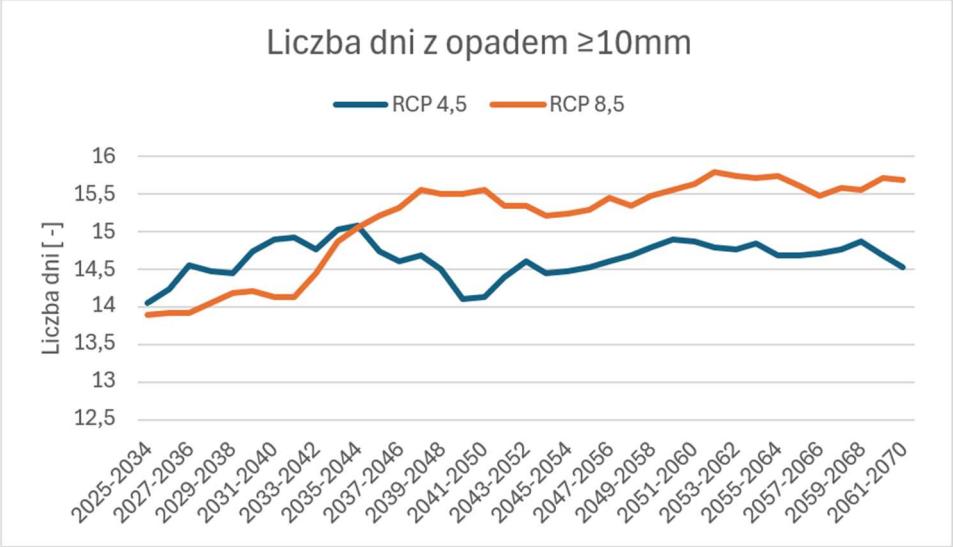
3.2.3. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm



Wykres 63. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Prognozowana roczna liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm wykazuje zróżnicowane tendencje w obu analizowanych scenariuszach. W scenariuszu RCP 4,5 liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm spadnie z 137,34 w latach 2025–2034 do 134,90 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 2,44 dnia. Największa liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2031-2040 i wynosi 139,94, najmniejsza z kolei na lata 2061-2070 (134,90 dnia). W scenariuszu RCP 8,5 liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm wzrośnie z 137,34 w latach 2025–2034 do 137,94 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,60 dnia. Największa roczna liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2040-2049 i wynosi 142,47 dnia, najmniejsza z kolei na lata 2059-2068 (137,14 dnia).

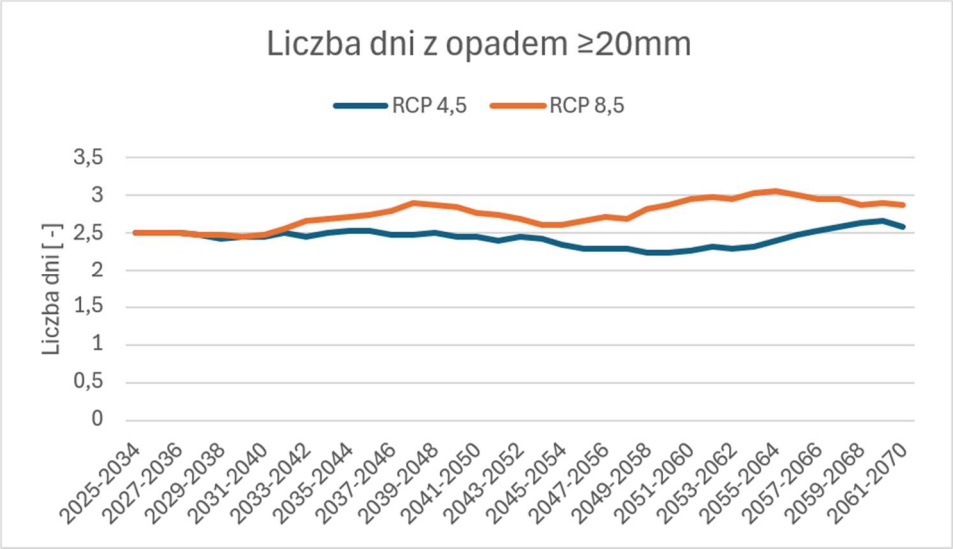
3.2.4. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm



Wykres 64. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

W obu analizowanych scenariuszach roczna liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm wykazuje tendencję rosnącą. W scenariuszu RCP 4,5 liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm nieznacznie wzrośnie z 14,05 w latach 2025–2034 do 14,54 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,49 dnia. Największa liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2035-2044 i wynosi 15,09, najmniejsza z kolei na lata 2025-2034 (14,05 dnia). W scenariuszu RCP 8,5 liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm wzrośnie z 13,89 w latach 2025–2034 do 15,69 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 1,80 dnia. Największa roczna liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2052-2061 i wynosi 15,79 dnia, najmniejsza z kolei na lata 2025-2034 (13,89 dnia).

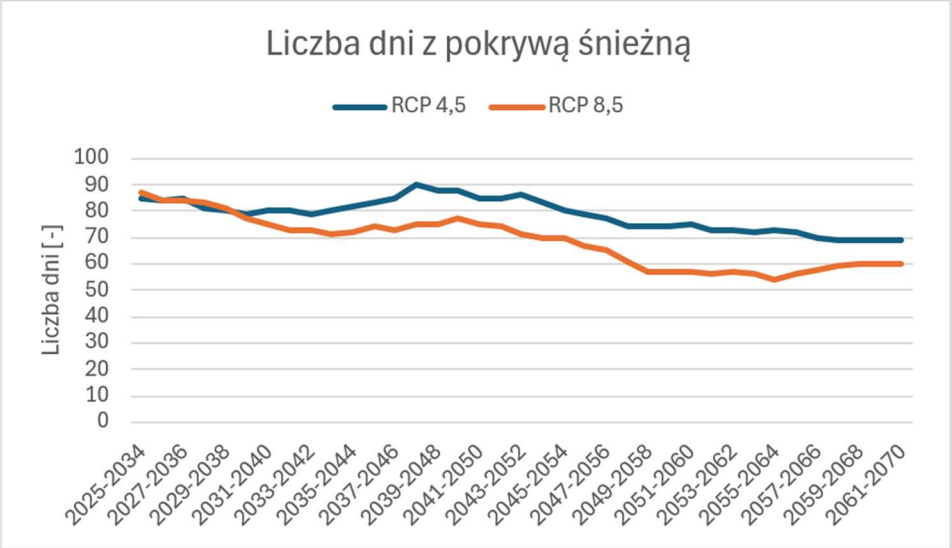
3.2.5. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm



Wykres 65. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

W obu analizowanych scenariuszach roczna liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm wykazuje tendencję rosnącą. W scenariuszu RCP 4,5 liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm nieznacznie wzrośnie z 2,49 w latach 2025–2034 do 2,57 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,08 dnia. Największa liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2060-2069 i wynosi 2,66, najmniejsza z kolei na lata 2050-2059 (2,23 dnia). W scenariuszu RCP 8,5 liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm wzrośnie z 2,51 w latach 2025–2034 do 2,86 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,35 dnia. Największa roczna liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2055-2064 i wynosi 3,05 dnia, najmniejsza z kolei na lata 2030-2039 (2,44 dnia).

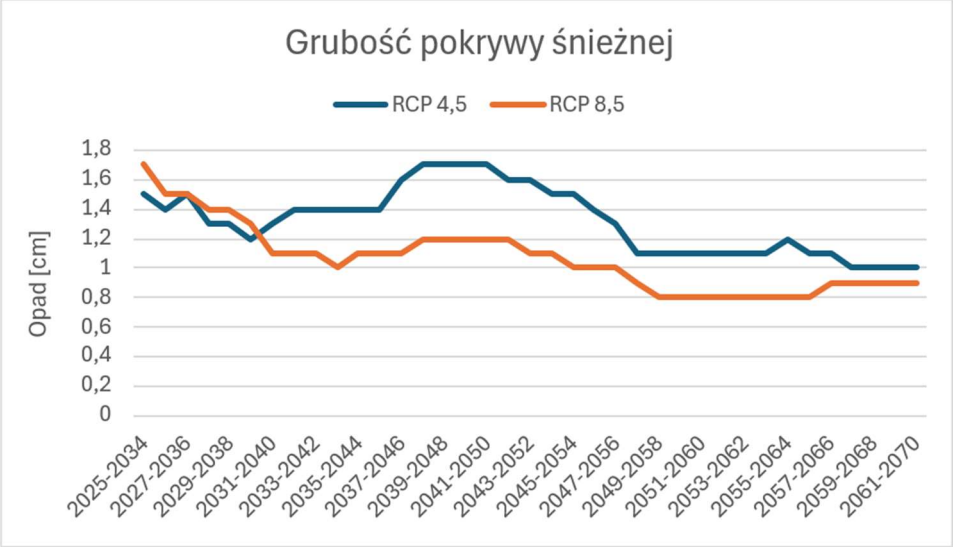
3.2.6. Liczba dni z pokrywą śnieżną



Wykres 66. Liczba dni z pokrywą śnieżną, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

W obu analizowanych scenariuszach roczna liczba dni z pokrywą śnieżną wykazuje tendencję malejącą. W scenariuszu RCP 4,5 liczba dni z pokrywą śnieżną spadnie z 85 w latach 2025–2034 do 69 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 16 dni. Największa liczba dni z pokrywą śnieżną w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2038-2047 i wynosi 90, najmniejsza z kolei na lata 2058-2067 (69 dni). W scenariuszu RCP 8,5 liczba dni z pokrywą śnieżną spadnie z 87 w latach 2025–2034 do 60 w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 27 dni. Największa roczna liczba dni z pokrywą śnieżną w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2025-2034 i wynosi 87 dni, najmniejsza z kolei na lata 2055-2064 (54 dni).

3.2.7. Grubość pokrywy śnieżnej

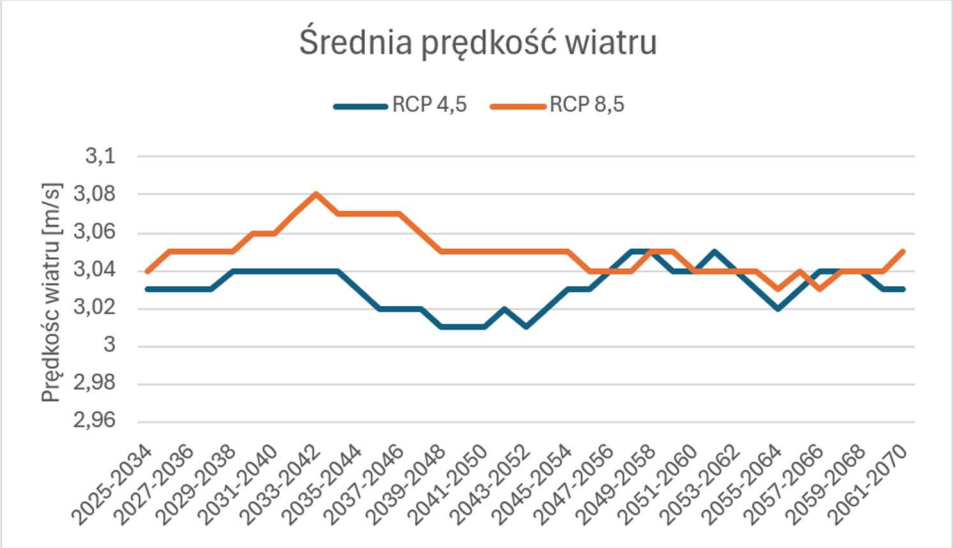


Wykres 67. Grubość pokrywy śnieżnej, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

W obu analizowanych scenariuszach grubość pokrywy śnieżnej wykazuje tendencję malejącą. W scenariuszu RCP 4,5 grubość pokrywy śnieżnej spadnie z 1,5 cm w latach 2025–2034 do 1,0 cm w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,5 cm. Największa grubość pokrywy śnieżnej w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2038-2047 i wynosi 1,7 cm, najmniejsza z kolei na lata 2058-2067 (1,0 cm). W scenariuszu RCP 8,5 grubość pokrywy śnieżnej spadnie z 1,7 cm w latach 2025–2034 do 0,9 cm w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,8 cm. Największa grubość pokrywy śnieżnej w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2025-2034 i wynosi 1,7 cm, najmniejsza z kolei na lata 2049-2058 (0,8 cm).

3.3. Pozostałe wskaźniki meteorologiczne

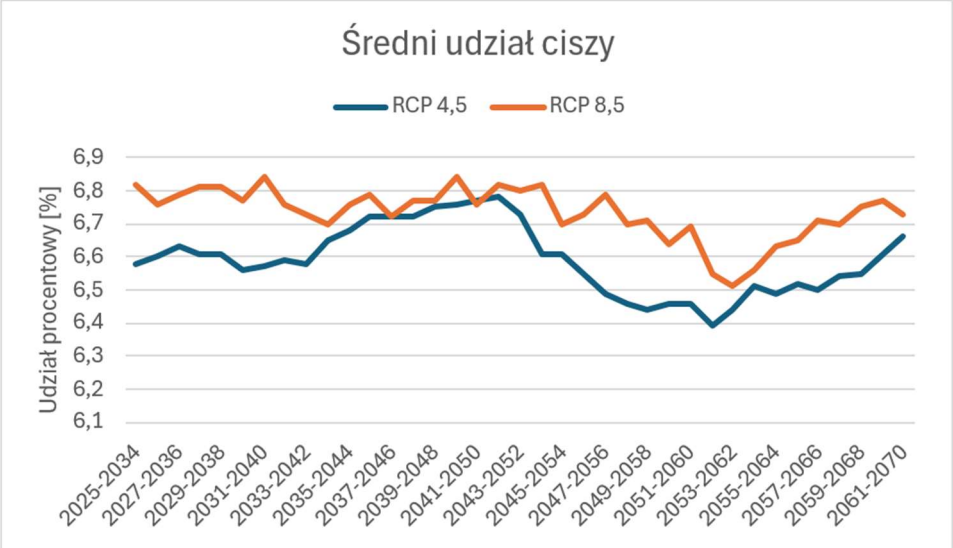
3.3.1. Średnia prędkość wiatru



Wykres 68. Średnia prędkość wiatru, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

W obu analizowanych scenariuszach średnia prędkość wiatru utrzymuje się na zbliżonym poziomie w całym analizowanym okresie. W scenariuszu RCP 4,5 średnia prędkość wiatru w latach 2025–2034 wynosi 3,03 m/s, podobnie jak w latach 2061–2070 – 3,03 m/s. Największa średnia prędkość wiatru w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2048-2057 i wynosi 3,05 m/s, najmniejsza z kolei na lata 2039-2048 (3,01 m/s). W scenariuszu RCP 8,5 średnia prędkość wiatru wzrośnie z 3,04 m/s w latach 2025–2034 do 3,05 m/s w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,01 m/s. Największa średnia prędkość wiatru w tym scenariuszu prognozowana jest na okres 2033-2042 i wynosi 3,08 m/s, najmniejsza z kolei na lata 2055-2064 (3,03 m/s).

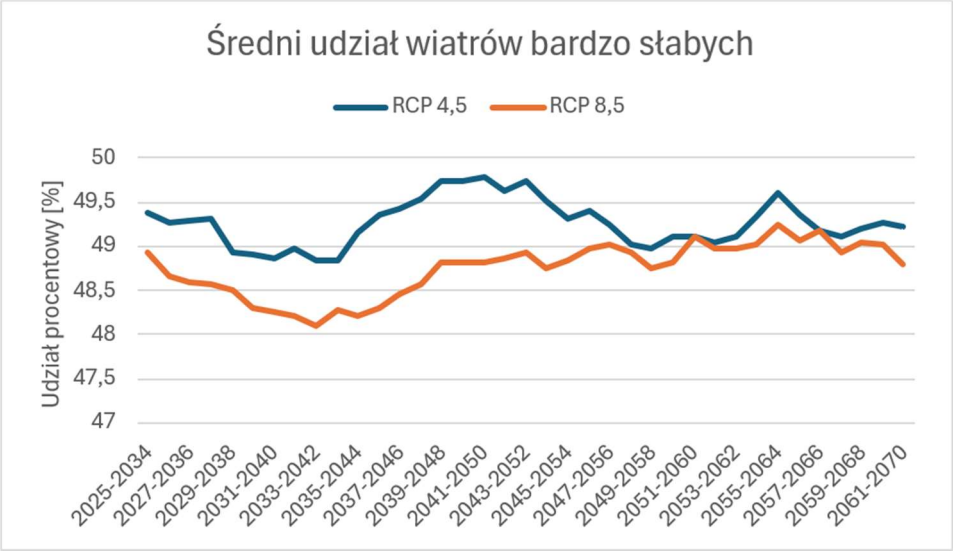
3.3.2. Średni udział ciszy



Wykres 69. Średni udział ciszy, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

W scenariuszu RCP 4,5 średni udział ciszy wzrośnie z 6,58% w latach 2025–2034 do 6,66% w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,08 pp. Największy udział ciszy w tym scenariuszu prognozowany jest na okres 2042-2051 i wynosi 6,78%, najmniejszy z kolei na lata 2052-2061 (6,39%). W scenariuszu RCP 8,5 średni udział ciszy spadnie z 6,82% w latach 2025–2034 do 6,73% w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,09 pp. Największy udział ciszy w tym scenariuszu prognozowany jest na okres 2031-2040 i wynosi 6,84%, najmniejszy z kolei na lata 2053-2062 (6,51%).

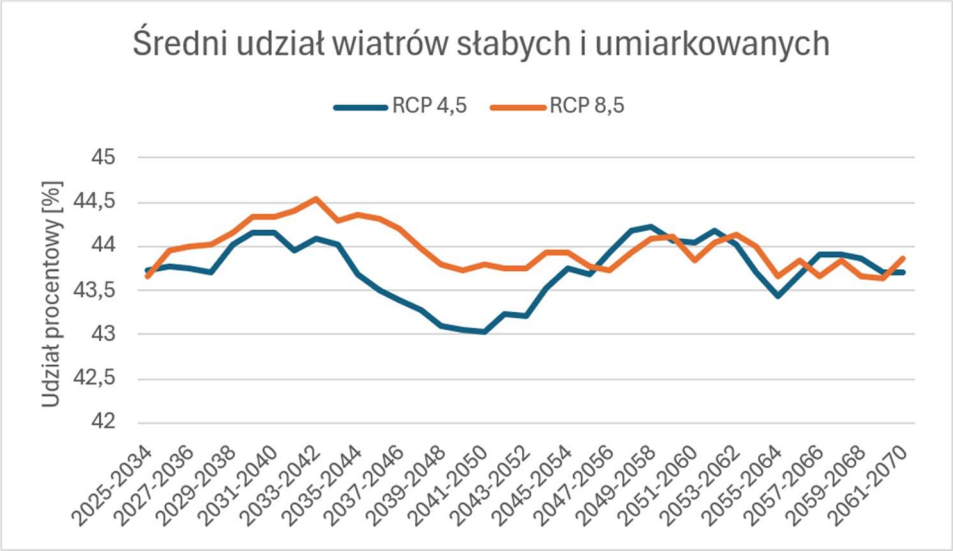
3.3.3. Średni udział wiatrów bardzo słabych



Wykres 70. Średni udział wiatrów bardzo słabych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

Średni udział wiatrów bardzo słabych w obu analizowanych scenariuszach wykazuje zbliżone wartości. W scenariuszu RCP 4,5 średni udział wiatrów bardzo słabych spadnie z 49,37% w latach 2025–2034 do 49,23% w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,14 pp. Największy udział wiatrów bardzo słabych w tym scenariuszu prognozowany jest na okres 2041-2050 i wynosi 49,78%, najmniejszy z kolei na lata 2033-2042 (48,84%). W scenariuszu RCP 8,5 średni udział wiatrów bardzo słabych spadnie z 48,94% w latach 2025–2034 do 48,80% w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,14 pp. Największy udział wiatrów bardzo słabych w tym scenariuszu prognozowany jest na okres 2055-2064 i wynosi 49,25%, najmniejszy z kolei na lata 2033-2042 (48,09%).

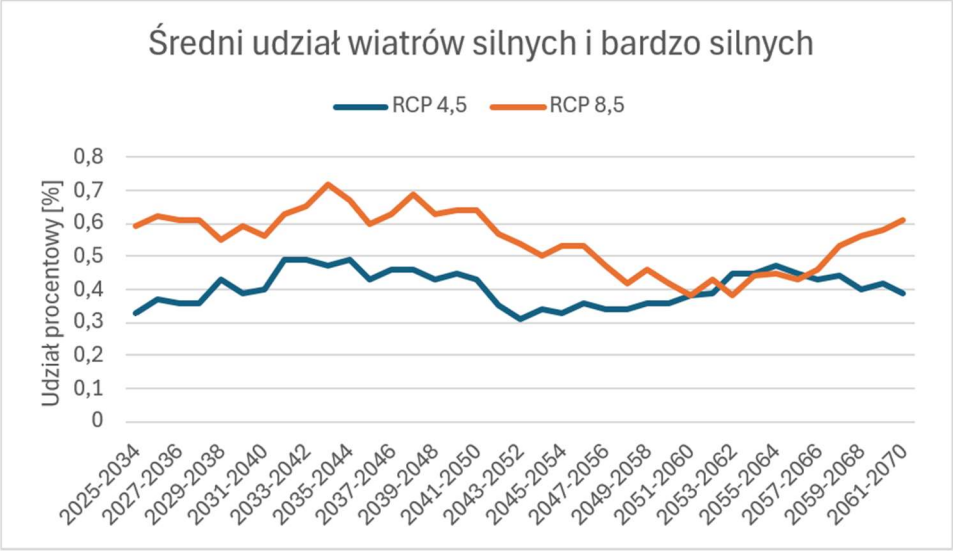
3.3.4. Średni udział wiatrów słabych i umiarkowanych



Wykres 71. Średni udział wiatrów słabych i umiarkowanych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

W scenariuszu RCP 4,5 średni udział wiatrów słabych i umiarkowanych pozostaje na zbliżonym poziomie i wynosi 43,72% w latach 2025–2034 a w latach 2061–2070 – 43,71%, co oznacza zmianę o 0,01 pp. Największy udział wiatrów słabych i umiarkowanych w tym scenariuszu prognozowany jest na okres 2049-2058 i wynosi 44,23%, najmniejszy z kolei na lata 2041-2050 (43,02%). W scenariuszu RCP 8,5 średni udział wiatrów słabych i umiarkowanych wzrośnie z 43,66% w latach 2025–2034 do 43,86% w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,20 pp. Największy udział wiatrów słabych i umiarkowanych w tym scenariuszu prognozowany jest na okres 2033-2042 i wynosi 44,53%, najmniejszy z kolei na lata 2060-2069 (43,63%).

3.3.5. Średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych



Wykres 72. Średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

W scenariuszu RCP 4,5 średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych wzrośnie z 0,33% w latach 2025–2034 do 0,39% w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,06 pp. Największy udział wiatrów silnych i bardzo silnych w tym scenariuszu prognozowany jest na okres 2032-2041

i wynosi 0,49%, najmniejszy z kolei na lata 2043-2052 (0,31%). W scenariuszu RCP 8,5 średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych wzrośnie z 0,59% w latach 2025–2034 do 0,61% w latach 2061–2070, co oznacza zmianę o 0,02 pp. Największy udział wiatrów silnych i bardzo silnych w tym scenariuszu prognozowany jest na okres 2034-2043 i wynosi 0,72%, najmniejszy z kolei na lata 2051-2060 (0,38%).

3.3.6. Zachmurzenie ogólne

Na terenie Miasta Kisielice średnie miesięczne zachmurzenie ogólne w perspektywie lat 2021–2070 nie wskazuje na występowanie jednoznacznej tendencji zmian, niezależnie od przyjętego scenariusza klimatycznego.

Tabela 7. Zachmurzenie ogólne w scenariuszu RCP 4,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

RCP 4,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021-2030	81	78	69	63	61	59	57	60	63	69	79	82
2031-2040	84	78	71	65	62	58	59	61	66	71	79	84
2041-2050	82	79	70	64	60	58	58	59	66	71	80	84
2051-2060	83	78	72	64	62	60	60	62	65	71	80	83
2061-2070	82	77	69	64	63	57	58	60	62	71	77	82

Zgodnie z wariantem RCP 4,5 najniższe wartości tego wskaźnika we wszystkich analizowanych dekadach prognozowane są dla czerwca i lipca i kształtują się na poziomie 57–60%, natomiast najwyższe odnoszą się zasadniczo do stycznia i grudnia, kiedy zachmurzenie osiąga wartości od 81% do 84%. Największe wzrosty wynoszące 2 punkty procentowe w latach 2025-2070 prognozowane są dla czerwca i listopada. Największe spadki na poziomie 2 punktów procentowych prognozowane są dla maja i października.

Tabela 8. Zachmurzenie ogólne w scenariuszu RCP 8,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/

RCP 8,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2021-2030	82	77	71	65	62	61	58	62	67	70	77	81
2031-2040	81	77	71	64	62	59	58	62	63	69	77	82
2041-2050	82	78	72	65	63	60	60	61	64	69	79	83
2051-2060	82	78	71	65	61	58	57	61	64	68	79	83
2061-2070	82	78	72	65	63	60	60	60	64	70	80	83

Zgodnie z wariantem RCP 8,5 najniższe wartości tego wskaźnika w niemal wszystkich analizowanych dekadach prognozowane są dla czerwca i lipca i kształtują się na poziomie 57–61%, natomiast najwyższe odnoszą się zasadniczo do stycznia i grudnia, kiedy zachmurzenie osiąga wartości od 81% do 83%.

Spis wykresów

Wykres 1. Średnia roczna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 4
Wykres 2. Średnia roczna temperatura maksymalna powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 5
Wykres 3. Średnia roczna temperatura minimalna powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 6
Wykres 4. Temperatura średniomiesięczna, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 7
Wykres 5. Temperatura średniomiesięczna w okresie zimowym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 7
Wykres 6. Temperatura średniomiesięczna w okresie wiosennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 8
Wykres 7. Temperatura średniomiesięczna w okresie letnim, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 8
Wykres 8. Temperatura średniomiesięczna w okresie jesiennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 8
Wykres 9. Absolutna maksymalna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 9
Wykres 10. Absolutna minimalna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 10
Wykres 11. Percentyl 98% temperatury maksymalnej, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 11
Wykres 12. Liczba dni upalnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 12
Wykres 13. Liczba okresów o długości przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną nie mniejszą niż 30 °C, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 13
Wykres 14. Liczba dni gorących, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB. 14
Wykres 15. Liczba okresów o długości przynajmniej 5 dni z temperaturą maksymalną nie mniejszą niż 25 °C, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 15
Wykres 16. Liczba nocy tropikalnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 16
Wykres 17. Percentyl 2% temperatury minimalnej, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 17
Wykres 18. Liczba dni mroźnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 18
Wykres 19. Liczba dni bardzo mroźnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 19
Wykres 20. Liczba fal chłodu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 20
Wykres 21. Liczba dni przymrozkowych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 21
Wykres 22. Liczba okresów o długości przynajmniej 5 dni z temperaturą minimalną nie wyższą niż 0 °C, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 22
Wykres 23. Liczba dni z przejściem temperatury powietrza przez punkt 0 °C, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 23
Wykres 24. Roczna suma opadu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 24
Wykres 25. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 25
Wykres 26. Liczba okresów dłuższych niż 5 dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 26

Wykres 27. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 27
Wykres 28. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 27
Wykres 29. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 30 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 28
Wykres 30. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 40 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 28
Wykres 31. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 50 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 29
Wykres 32. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 60 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 29
Wykres 33. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 70 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 30
Wykres 34. Średnia miesięczna suma opadu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 31
Wykres 35. Średnia miesięczna suma opadu w okresie zimowym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 31
Wykres 36. Średnia miesięczna suma opadu w okresie wiosennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 32
Wykres 37. Średnia miesięczna suma opadu w okresie letnim, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 32
Wykres 38. Średnia miesięczna suma opadu w okresie jesiennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 32
Wykres 39. Średni maksymalny opad dobowy, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 33
Wykres 40. Miesięczny maksymalny opad dobowy w okresie zimowym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 33
Wykres 41. Miesięczny maksymalny opad dobowy w okresie wiosennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 34
Wykres 42. Miesięczny maksymalny opad dobowy w okresie letnim, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 34
Wykres 43. Miesięczny maksymalny opad dobowy w okresie jesiennym, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 34
Wykres 44. Najdłuższe okresy bez opadów, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 35
Wykres 45. Liczba okresów minimum 5 dni bez opadu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 36
Wykres 46. Średnia prędkość wiatru, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 37
Wykres 47. Maksymalna prędkość wiatru, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 38
Wykres 48. Liczba dni z porywami wiatru powyżej 17 m/s, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 39
Wykres 49. Średni roczny przepływ, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 40
Wykres 50. Przepływ zwyczajny roczny, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 41
Wykres 51. Średni roczny przepływ maksymalny, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 41

Wykres 52. Średni roczny przepływ minimalny, źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW-PIB 42
Wykres 53. Średnia roczna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 43
Wykres 54. Średnia minimalna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal 44
Wykres 55. Średnia maksymalna temperatura powietrza, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal 45
Wykres 56. Liczba dni upalnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 47
Wykres 57. Liczba dni gorących, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 48
Wykres 58. Liczba nocy tropikalnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 49
Wykres 59. Liczba dni mroźnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 50
Wykres 60. Liczba dni bardzo mroźnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 51
Wykres 61. Roczna suma opadu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 52
Wykres 62. Liczba dni bez opadu, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 53
Wykres 63. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 1 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 53
Wykres 64. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 10 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 54
Wykres 65. Liczba dni z opadem nie mniejszym niż 20 mm, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 55
Wykres 66. Liczba dni z pokrywą śnieżną, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 55
Wykres 67. Grubość pokrywy śnieżnej, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 56
Wykres 68. Średnia prędkość wiatru, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 57

Wykres 69. Średni udział ciszy, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 57
Wykres 70. Średni udział wiatrów bardzo słabych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 58
Wykres 71. Średni udział wiatrów słabych i umiarkowanych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 59
Wykres 72. Średni udział wiatrów silnych i bardzo silnych, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 59

Spis tabel

Tabela 1. Średnia miesięczna temperatura w scenariuszu RCP 4,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 43
Tabela 2. Średnia miesięczna temperatura w scenariuszu RCP 8,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 44
Tabela 3. Średnia miesięczna minimalna temperatura w scenariuszu RCP 4,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 45
Tabela 4. Średnia miesięczna minimalna temperatura w scenariuszu RCP 8,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 45
Tabela 5. Średnia miesięczna maksymalna temperatura w scenariuszu RCP 4,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 46
Tabela 6. Średnia miesięczna maksymalna temperatura w scenariuszu RCP 8,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 46
Tabela 7. Zachmurzenie ogólne w scenariuszu RCP 4,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 60
Tabela 8. Zachmurzenie ogólne w scenariuszu RCP 8,5, źródło: opracowanie własne na podstawie danych projekcji klimatycznych dla Polski, KLIMADA 2.0, https://klimada2.ios.gov.pl/klimat-scenariusze-portal/ 60

Załącznik V:
Analiza zjawiska miejskiej wyspy ciepła na terenie Miasta Kisielice



Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

ZAMAWIAJĄCY

Gmina Kisielice

ul. Daszyńskiego 5
14-220 Kisielice

WYKONAWCA

Energia dla Miast Sp. z o.o.

os. Kalinowe 17
31-815 Kraków

tel.: 662 239 612
e-mail: biuro@energiadlamiast.pl

OPRACOWANIE

Kamil Krzoski

Anna Owsikowska

Dawid Woźnicki

Spis treści

1. Charakterystyka zjawiska miejskiej wyspy ciepła (MWC) 4
1.1. Sposób badania zjawiska miejskiej wyspy ciepła 5
1.2. Wpływ zjawiska miejskiej wyspy ciepła na zdrowie 6
2. Analiza zjawiska miejskiej wyspy ciepła w Kisielicach 8
2.1. Analiza rozkładu temperatury powierzchniowej (LST) 9
2.2. Analiza powierzchni uszczelnionych 19
2.3. Terenowe badania termowizyjne 24
2.3.1. Parkingi, place postojowe i nagrzewanie pojazdów 24
2.3.2. Zieleń i zacienienie przy ciągach pieszych 29
2.3.3. Obiekty użyteczności publicznej i dominanty centrum 31
2.3.4. Ulice i place o nawierzchni utwardzonej 35
2.3.5. Jezioro Miejskie i promenada nadbrzeżna 39
2.3.6. Podsumowanie obserwacji terenowych 42
3. Konkluzja 44
3.1. Wpływ powierzchni uszczelnionych 45
3.2. Identyfikacja obszarów problemowych 46
3.3. Sposoby przeciwdziałania zjawisku miejskiej wyspy ciepła 47
3.4. Rola zieleni i wody jako czynników łagodzących 48
4. Wnioski końcowe i rekomendacje 51
Spis rysunków 55
Spis tabel 57

1. Charakterystyka zjawiska miejskiej wyspy ciepła (MWC)

Miejską wyspą ciepła nazywa się lokalną anomalię termiczną, w której obszar zabudowany utrzymuje wyższą temperaturę powietrza i powierzchni niż otaczające go pola uprawne, łąki, lasy i zbiorniki wodne. Źródłem zjawiska jest zastąpienie naturalnej pokrywy terenu materiałami budowlanymi (asfaltem, betonem, cegłą, kamieniem, tynkami i pokryciami dachowymi), które odznaczają się dużą pojemnością cieplną i niskim współczynnikiem odbicia promieniowania słonecznego. Energia pochłonięta w ciągu dnia zostaje w nich zmagazynowana, a następnie stopniowo oddawana do otoczenia, co opóźnia nocne wychładzanie zabudowy. Proces ten wzmacniają: ubytek powierzchni biologicznie czynnej, zabudowywanie dróg przewietrzania, obniżona wilgotność powietrza nad miastem oraz ciepło odpadowe pochodzące z ruchu pojazdów, ogrzewania budynków i działalności gospodarczej.

W klimatologii miasta rozróżnia się dwie zasadnicze formy przestrzenne zjawiska. W warunkach bezwietrznych kształtuje się wyspa wielokomórkowa, w której poszczególne ogniska ciepła odpowiadają rejonom najintensywniej zabudowanym. Przy wietrze o prędkości rzędu 2–4 m/s ogniska te zlewają się w jedną strukturę o charakterze jednokomórkowym, przesuniętą zgodnie z kierunkiem przepływu powietrza. Wzrost prędkości wiatru do ok. 7–8 m/s prowadzi do tak intensywnego mieszania powietrza miejskiego z napływającym z terenów otwartych, że wyspa ciepła zanika. Na stacji synoptycznej Olsztyn, reprezentatywnej dla Kisielic, średnia prędkość wiatru w latach 1993–2025 wyniosła 2,9 m/s, a roczne maksima prędkości wiatru mieściły się w przedziale 10–17 m/s; projekcje klimatyczne wskazują na utrzymanie się średniej prędkości na poziomie ok. 3,0 m/s w obu analizowanych scenariuszach (por. Załącznik 1). Przeważają zatem warunki sprzyjające wyspie jednokomórkowej, a prędkości, przy których zjawisko zanika, występują jedynie epizodycznie. Naturalną drogą dopływu chłodniejszego powietrza do centrum są obniżenie Jeziora Miejskiego oraz dolina cieku prowadząca ku zadrzewionym terenom na południowo-wschodnim skraju miasta.

Na powstawanie zjawiska wpływa kilka wzajemnie wzmacniających się czynników:

- **Właściwości radiacyjne materiałów:** nawierzchnie i pokrycia typowe dla zabudowy (asfalt, beton, kostka betonowa, dachówka, papa, blacha i ciemne tynki) pochłaniają znacznie więcej energii słonecznej, niż są w stanie odbić. Geometria zabudowy sprawia ponadto, że promieniowanie odbite od jednej płaszczyzny trafia na kolejne i pozostaje uwięzione we wnętrzu ulicy lub placu.
- **Ograniczone wypromieniowanie nocne:** rozgrzane powierzchnie emitują po zmroku promieniowanie długofalowe, jednak zwarta zabudowa zawęża widoczny fragment nieba,

przez co znaczna część energii krąży pomiędzy ścianami zamiast uchodzić do atmosfery. Skutkiem jest niepełne wychłodzenie tkanki miejskiej w porze nocnej.

- **Niedobór powierzchni biologicznie czynnej:** roślinność reguluje bilans cieplny dzięki transpiracji i parowaniu wody z liści oraz zatrzymuje część wód opadowych. Tam, gdzie jej brakuje, energia, która mogłaby zostać zużyta na parowanie, zamienia się w ciepło jawne. W godzinach popołudniowych powierzchnie porośnięte roślinnością mają temperaturę zbliżoną do terenów pozamiejskich, natomiast elementy zabudowy mogą przewyższać je nawet o ok. 30 °C, a pokrycia z papy lub blachy osiągają ok. 80 °C.
- **Rozbudowa powierzchni pionowych:** każda kolejna kondygnacja powiększa powierzchnię wymiany ciepła i spowalnia ruch powietrza. We wnętrzach ulic różnica temperatury powierzchni pomiędzy fragmentem nasłonecznionym a zacienionym może na dystansie kilku metrów sięgać kilkunastu stopni.
- **Ciepło antropogeniczne:** ogrzewanie i chłodzenie budynków, ruch pojazdów oraz procesy produkcyjne wprowadzają do przestrzeni miejskiej dodatkową energię cieplną.
- **Lokalny efekt cieplarniany:** podwyższone stężenie pyłów i gazów cieplarnianych w warstwie powietrza nad miastem zwiększa ilość promieniowania długofalowego zwracanego ku powierzchni terenu.

Pierwszy udokumentowany opis zjawiska zawdzięczamy Luke'owi Howardowi, który na podstawie wieloletnich pomiarów porównał warunki termiczne Londynu i jego okolic w pracy „The Climate of London deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it" (1833 r.). Wraz z ocieplaniem się klimatu znaczenie zjawiska rośnie. W warunkach polskich nocna nadwyżka temperatury powietrza w mieście względem otoczenia wynosi zwykle 2–4 °C, a w pogodne, bezwietrzne noce może przekraczać 8 °C (Kłysik, Fortuniak, 1999). Najsilniej zaznacza się ono podczas bezchmurnych nocy letnich, natomiast w ciągu dnia miasto bywa chłodniejsze od nagrzanych, odsłoniętych terenów otwartych. W małych miastach, takich jak Kisielice, natężenie wyspy ciepła w skali całego organizmu miejskiego jest wyraźnie mniejsze niż w dużych ośrodkach, jednak w skali pojedynczych placów, parkingów i ulic różnice temperatury powierzchni pozostają bardzo wyraźne, co potwierdzają pomiary przedstawione w podrozdziale 2.3.

1.1. Sposób badania zjawiska miejskiej wyspy ciepła

Wiarygodna ocena zjawiska wymaga zestawienia danych z kilku niezależnych źródeł: meteorologicznych, teledetekcyjnych, przestrzennych i społecznych. W praktyce planistycznej stosuje się w tym celu następujące metody:

- **Analiza danych pomiarowych i historycznych:** serie obserwacji obejmujące co najmniej 30 lat pozwalają opisać tło klimatyczne obszaru i kierunek zachodzących zmian. Wobec braku stacji synoptycznej w Kisielicach wykorzystano dane stacji synoptycznej IMGW-PIB Olsztyn (kod 353200272), najbliższej stacji synoptycznej reprezentatywnej dla powiatu iławskiego, z okresu 1993–2025 (por. Załącznik 1 „Wyniki analiz klimatycznych"). Pomiary

stacjonarne mogą być uzupełniane pomiarami mobilnymi lub danymi z sieci lokalnych czujników, pozwalającymi uchwycić różnice temperatury pomiędzy centrum a obrzeżami miasta.

- **Teledetekcja termalna:** przetworzenie scen satelitarnych misji Landsat 8 i Landsat 9 (sensor TIRS) umożliwia odtworzenie rozkładu temperatury powierzchni czynnej na całym obszarze miasta oraz wskazanie stref najsilniej się nagrzewających.
- **Inwentaryzacja powierzchni uszczelnionych:** określenie zasięgu powierzchni nieprzepuszczalnych (dachów, jezdni, parkingów i placów) wskazuje obszary o największej zdolności akumulacji ciepła i najmniejszej retencji wody. Analizę wykonuje się na danych wektorowych BDOT10k (GUGiK).
- **Mapowanie wrażliwości:** zestawienie zasięgu zjawiska z rozmieszczeniem mieszkańców oraz obiektów szczególnej troski (przychodni, placówek pomocy społecznej, przedszkoli i szkół) pozwala wskazać rejony o najwyższym ryzyku zdrowotnym.
- **Badania partycypacyjne:** ankiety i konsultacje społeczne ujawniają miejsca odczuwane przez mieszkańców jako najbardziej uciążliwe w czasie upałów i uzupełniają dane pomiarowe o perspektywę użytkowników przestrzeni.
- **Terenowe badania termowizyjne:** pomiary kamerą termowizyjną dostarczają bezpośrednich odczytów temperatury konkretnych materiałów i powierzchni oraz pozwalają zweryfikować w terenie wyniki teledetekcji.

Pełny obraz zjawiska, od skali całego miasta po pojedynczą nawierzchnię czy elewację, daje dopiero zestawienie tych metod. Podejście takie zastosowano w analizie przedstawionej w rozdziale 2.

1.2. Wpływ zjawiska miejskiej wyspy ciepła na zdrowie

Utrzymująca się podwyższona temperatura w przestrzeni miejskiej stanowi obciążenie dla organizmu człowieka. Przegrzanie otoczenia zwiększa ryzyko odwodnienia i udaru cieplnego oraz nasila dolegliwości układu krążenia i układu oddechowego. Skutki te narastają w czasie fal upałów, kiedy noc nie przynosi dostatecznego ochłodzenia, a organizm traci możliwość regeneracji. Do najważniejszych konsekwencji zdrowotnych należą:

- **Zaostrzenia chorób układu krążenia i oddechowego:** okresy upałów przekładają się na wzrost liczby hospitalizacji i zgonów z powodu zawałów serca i udarów mózgu, a także na zaostrzenia astmy i przewlekłej obturacyjnej choroby płuc.
- **Stres cieplny i udar cieplny:** przegrzanie organizmu objawia się bólem i zawrotami głowy, osłabieniem, dezorientacją, odwodnieniem i zaburzeniami gospodarki wodno-elektrolitowej, a w najcięższych przypadkach udarem cieplnym zagrażającym życiu.
- **Utrudniona regeneracja nocna:** wysoka temperatura utrzymująca się po zmroku zaburza sen i wypoczynek, co najsilniej odczuwają osoby starsze, przewlekle chore i małe dzieci.

- **Pogorszenie jakości powietrza:** w wysokiej temperaturze intensywniej powstaje ozon przyziemny, a pyłki roślin stają się bardziej alergenne, co dodatkowo obciąża drogi oddechowe.
- **Pogorszenie samopoczucia psychicznego:** przedłużające się upały sprzyjają rozdrażnieniu, zaburzeniom snu i ogólnemu spadkowi kondycji psychofizycznej.

Kisielice są niewielkim miastem w zachodniej części województwa warmińsko-mazurskiego, w powiecie iławskim, siedzibą gminy miejsko-wiejskiej Kisielice. Miasto zajmuje ok. 3,4 km^2 i według danych GUS na koniec 2024 r. liczyło 1 992 mieszkańców, co odpowiada gęstości zaludnienia 591,1 osoby na km^2. Liczba ludności systematycznie maleje (w latach 2002–2024 spadła o 10,9 %), a struktura wiekowa przesuwa się w stronę grup starszych: osoby w wieku poprodukcyjnym stanowiły w 2024 r. 23,5 % mieszkańców, w wieku przedprodukcyjnym 18,8 %, a średni wiek mieszkańca wynosił 42,4 roku. Oznacza to, że blisko co czwarty mieszkaniec należy do grupy szczególnie podatnej na obciążenie cieplne, a łącznie z dziećmi i młodzieżą grupy wrażliwe obejmują ponad 40 % ludności miasta.

Najbardziej narażeni na skutki upałów są osoby starsze, dzieci, osoby przewlekle chore oraz mieszkańcy kwartałów o wysokim udziale powierzchni utwardzonych i niewielkim udziale zieleni wysokiej. W warunkach Kisielic do przestrzeni potencjalnie najsilniej obciążonych należy zaliczyć zwarte centrum miasta na zachód od Jeziora Miejskiego z zabudową wielorodzinną i usługową, otoczenie kościoła parafialnego, place i parkingi przy obiektach użyteczności publicznej (budynku administracji, szkole, remizie Ochotniczej Straży Pożarnej) oraz tereny zabudowy produkcyjnej i gospodarczej w północno-zachodniej i południowej części miasta. Przestrzenie te powinny być traktowane priorytetowo przy zestawianiu zasięgu zjawiska z rozmieszczeniem grup wrażliwych i obiektów szczególnej troski, zgodnie z metodą opisaną w podrozdziale 1.1.

Doraźnym narzędziem poprawy komfortu termicznego w przestrzeni publicznej w czasie fal upałów są rozwiązania wodne: fontanny, kurtyny wodne i mgłowe, poidełka i zdroje. Ich zasadnicze funkcje obejmują:

- **Chłodzenie przez parowanie:** otwarta tafla wody i rozpylana mgiełka obniżają temperaturę odczuwalną w bezpośrednim sąsiedztwie urządzenia, co ma szczególne znaczenie przy temperaturze powietrza przekraczającej 30 °C.
- **Wiązanie zanieczyszczeń:** krople wody wychwytują pyły zawieszone, poprawiając jakość powietrza w najintensywniej użytkowanych fragmentach przestrzeni publicznej.
- **Nawilżanie powietrza:** w dni o niskiej wilgotności względnej rozwiązania wodne podnoszą wilgotność powietrza w strefie swojego oddziaływania i łagodzą uczucie duszności.

W Kisielicach najważniejszym regulatorem termicznym w bezpośrednim sąsiedztwie centrum pozostaje Jezioro Miejskie wraz z promenadą i zielenią nadbrzeżną. Skalę jego oddziaływania potwierdziły pomiary wykonane na brzegu jeziora, opisane w podrozdziale 2.3.

2. Analiza zjawiska miejskiej wyspy ciepła w Kisielicach

Celem rozdziału jest rozpoznanie przestrzennego zróżnicowania i natężenia miejskiej wyspy ciepła na obszarze Kisielic, wskazanie czynników, które je kształtują, oraz wyodrębnienie fragmentów miasta najbardziej podatnych na przegrzewanie w okresie letnim. Uzyskane wyniki stanowią podstawę doboru i hierarchizacji działań adaptacyjnych w ramach Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu.

Kisielice leżą w zachodniej części województwa warmińsko-mazurskiego, w powiecie iławskim, ok. 20 km na zachód od Iławy, a gmina Kisielice jest najdalej na zachód wysuniętą gminą województwa. Według regionalizacji fizycznogeograficznej Polski (Solon i in., 2018) całe miasto należy do mezoregionu Pojezierze Łasińskie (314.92). Miasto położone jest na wzniesieniu, na wysokości ok. 97 m n.p.m., nad rzeką Gardęgą. We wschodniej części centrum znajduje się Jezioro Miejskie otoczone promenadą spacerową, a na południowo-wschodnim skraju miasta zadrzewiona dolina cieku prowadzi ku większemu akwenowi położonemu już poza granicami administracyjnymi. Otoczenie miasta ma charakter rolniczy; lasy zajmują 12,7 % powierzchni gminy, a w granicach miasta występują głównie zadrzewienia, zieleń przydomowa i tereny zieleni urządzonej.

Układ przestrzenny miasta tworzy zwarte centrum o średniowiecznym rodowodzie, położone na zachód od Jeziora Miejskiego, z dominantą w postaci ceglanego kościoła parafialnego pw. Matki Bożej Królowej Świata, wzniesionego w pierwszej połowie XIV w. W centrum skupia się zabudowa wielorodzinna oraz handlowo-usługowa, a w północnej i wschodniej części miasta przeważa zabudowa jednorodzinna z ogrodami. Tereny zabudowy produkcyjnej, składowej i gospodarczej tworzą pas w północno-zachodniej części miasta oraz kilka zespołów w części południowej i południowo-wschodniej. Zachodnie, północne i południowe obrzeża zajmują grunty orne. Kisielice należą do sieci miast Cittaslow, a gmina jest znana jako pionier samowystarczalności energetycznej w Polsce, opartej na energetyce wiatrowej i biomasie. Rolę chłodnego tła termicznego pełnią przede wszystkim Jezioro Miejskie z zielenią nadbrzeżną, zadrzewiona dolina cieku na południowo-wschodnim skraju miasta oraz tereny zieleni urządzonej; maksimów

termicznych należy natomiast oczekiwać w zwartym centrum, na terenach produkcyjnych i na rozległych placach utwardzonych.

Rozpoznanie oparto na trzech wzajemnie uzupełniających się metodach, których zestawienie pozwala opisać zjawisko w kilku skalach przestrzennych:

- analiza rozkładu temperatury powierzchni czynnej (LST): na podstawie 13 scen satelitarnych misji Landsat 8 i Landsat 9 z dziewięciu terminów z lat 2021–2026, przetworzonych w środowisku GIS; metoda ta wskazuje rejony o najwyższym poziomie nagrzewania w skali całego miasta;
- inwentaryzacja powierzchni uszczelnionych i biologicznie czynnych oraz zasobu drzew: wykonana na danych wektorowych BDOT10k i modelach 3D drzew (GUGiK); pozwala wyodrębnić strefy o największej akumulacji ciepła i najmniejszej zdolności retencyjnej;
- terenowe badania termowizyjne: wykonane kamerą termowizyjną na 14 stanowiskach pomiarowych; dostarczają bezpośrednich, punktowych odczytów temperatury poszczególnych materiałów i powierzchni oraz umożliwiają weryfikację wyników teledetekcji w wybranych lokalizacjach.

Ustalenia przedstawione w rozdziale dotyczą powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła, opisywanej temperaturą powierzchni czynnej wyznaczaną teledetekcyjnie oraz temperaturą powierzchni rejestrowaną kamerą termowizyjną. Atmosferyczna miejska wyspa ciepła, czyli nadwyżka temperatury powietrza w mieście względem otoczenia, nie była przedmiotem pomiaru, ponieważ jej wyznaczenie wymaga sieci czujników temperatury powietrza rozmieszczonych w mieście i poza nim. Obie wielkości są ze sobą powiązane, lecz nie tożsame: wyspa powierzchniowa osiąga maksimum w godzinach okołopołudniowych i cechuje się dużymi amplitudami, natomiast atmosferyczna rozwija się głównie nocą, przy amplitudach rzędu kilku stopni.

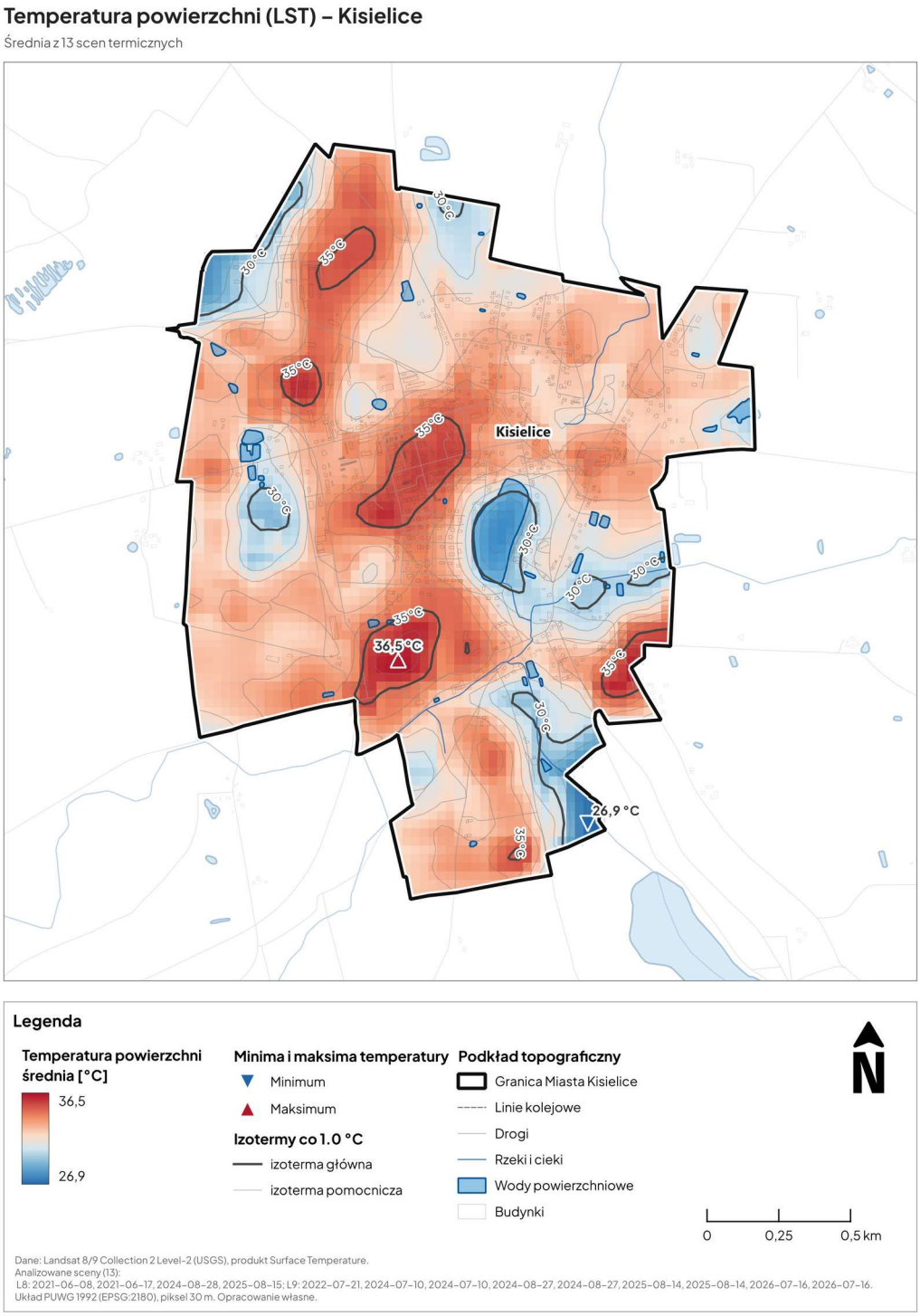
2.1. Analiza rozkładu temperatury powierzchniowej (LST)

Analizę rozkładu temperatury powierzchni terenu oparto na termalnych danych teledetekcyjnych misji Landsat 8 i Landsat 9 (sensor TIRS), wykorzystując produkt Surface Temperature z kolekcji Collection 2 Level-2, udostępniany przez USGS. Produkt ten zawiera temperaturę powierzchni czynnej wyznaczoną algorytmem jednokanałowym, z korekcją atmosferyczną i uwzględnieniem emisyjności powierzchni, co odpowiada procedurze opisanej w „Poradniku technicznym" stanowiącym załącznik do „Przewodnika dla miast". Dane analizowano w rozdzielczości przestrzennej 30 m, w układzie współrzędnych PUWG 1992 (EPSG:2180).

Średnia temperatura powierzchni

Średnia temperatura powierzchni wyznaczona z 13 scen mieściła się w granicach miasta w przedziale 26,9–36,5 °C. Izoterma 35 °C wydziela kilka wyraźnych ognisk: zwartą zabudowę centrum na zachód od Jeziora Miejskiego, dwa płaty w północno-zachodniej części miasta,

pokrywające się z zespołem zabudowy produkcyjnej i gospodarczej, zespół zabudowy przemysłowej na południowo-wschodnim skraju miasta oraz tereny upraw polowych w części południowej, gdzie wystąpiło maksimum 36,5 °C. Wysokie wartości na gruntach ornych wynikają z odsłonięcia gleby po zbiorach i w okresach przesuszenia; nie są one przejawem miejskiej wyspy ciepła, lecz pokazują, że także rozległe, pozbawione zadrzewień pola wokół miasta silnie nagrzewają się w lecie. Poniżej izotermy 30 °C pozostają Jezioro Miejskie wraz z otoczeniem, zadrzewiona dolina cieku na południowo-wschodnim skraju miasta, gdzie odnotowano minimum 26,9 °C, tereny zielone z niewielkimi zbiornikami wodnymi w zachodniej części miasta oraz północno-zachodni narożnik granic administracyjnych.



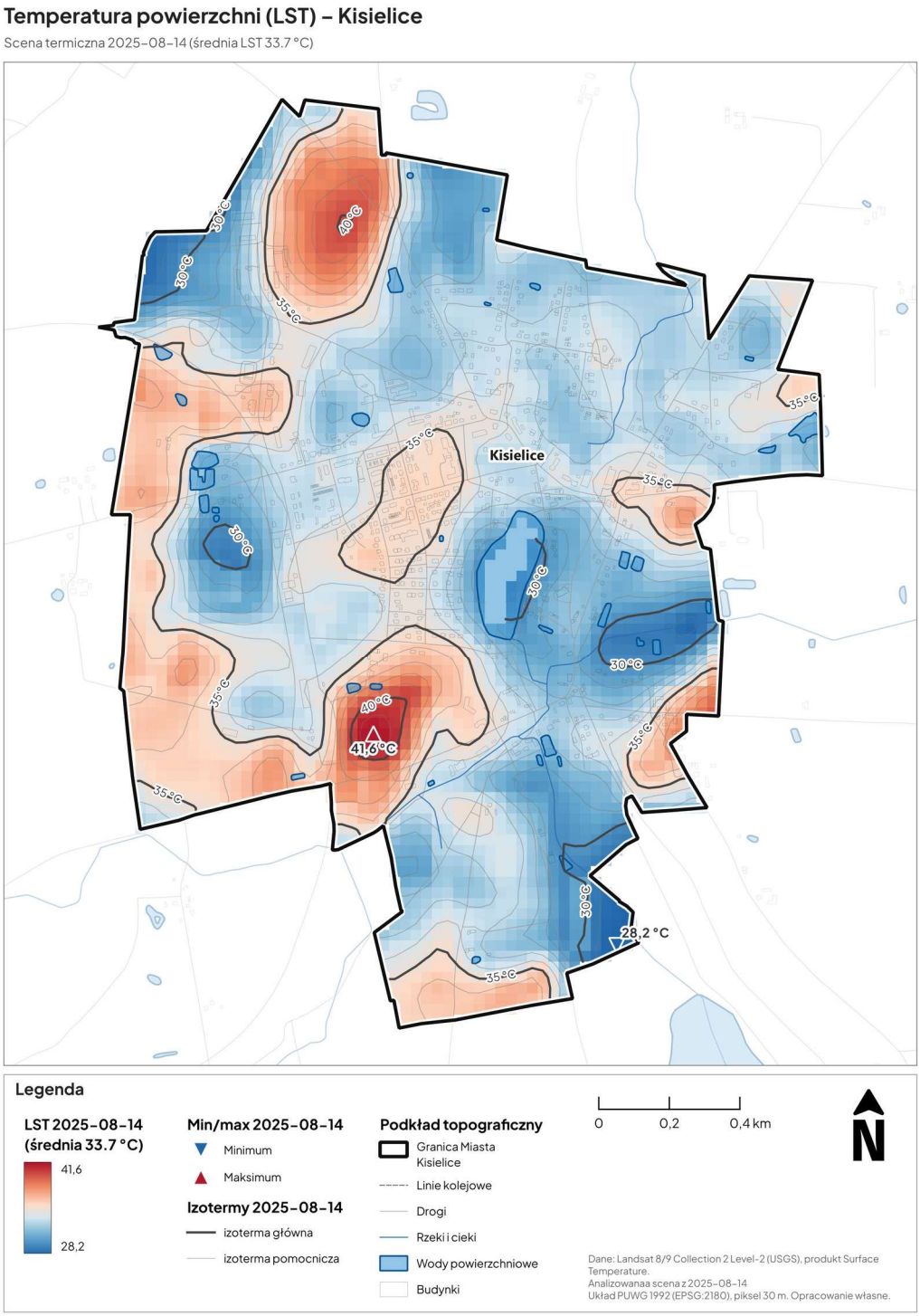
Rysunek 1. Średnia temperatura powierzchni (LST) w Kisielicach, średnia z 13 scen termalnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych USGS (Landsat 8/9 Collection 2 Level-2).

Temperatura powierzchni w dniu 14 sierpnia 2025 r.

Obraz pojedynczego terminu ilustruje scena z 14 sierpnia 2025 r., w której średnia temperatura powierzchni w granicach miasta wyniosła 33,7 °C, przy wartościach od 28,2 do 41,6 °C. Najwyższe wartości ponownie przypadły na tereny upraw polowych w południowej części miasta (41,6 °C)

oraz na pole w części północnej, gdzie temperatura powierzchni przekroczyła 40 °C. Zwarta zabudowa centrum znalazła się w obrębie izotermy 35 °C, podobnie jak tereny produkcyjne na południowo-wschodnim skraju miasta. Najchłodniejsze były Jezioro Miejskie, zabudowa jednorodzinna z ogrodami we wschodniej części miasta oraz zadrzewiona dolina cieku, w której wystąpiło minimum 28,2 °C. Różnica 13,4 °C pomiędzy skrajnymi wartościami jednego dnia pokazuje skalę zróżnicowania warunków termicznych nawet w tak niewielkim mieście.



Rysunek 2. Temperatura powierzchni (LST) w Kisielicach w dniu 14 sierpnia 2025 r.

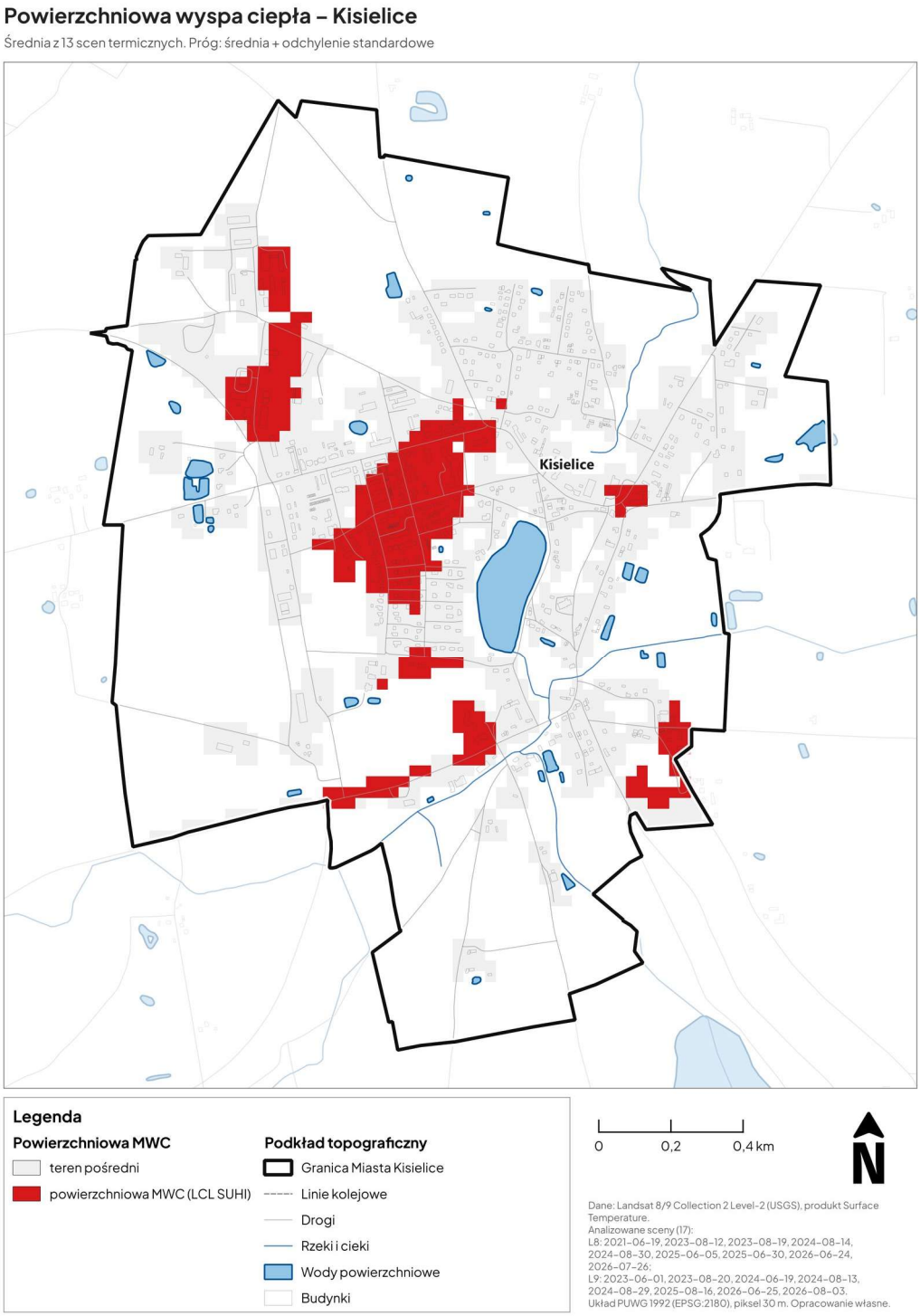
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych USGS (Landsat 8/9 Collection 2 Level-2).

Powierzchniowa miejska wyspa ciepła (LCL SUHI)

Zasięg powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła wyznaczono zgodnie z „Przewodnikiem dla miast", jako obszar zabudowany, na którym średnia temperatura powierzchni przekracza wartość średnią dla miasta powiększoną o jedno odchylenie standardowe. Tereny zabudowane niespełniające tego

kryterium oznaczono jako teren pośredni, a grunty orne, zadrzewienia i wody pozostają poza klasyfikacją.

Wyspa ciepła nie tworzy w Kisielicach jednego, zwartego obszaru, lecz kilka ognisk. Największe obejmuje zwartą zabudowę centrum na zachód od Jeziora Miejskiego, w której skupia się zabudowa wielorodzinna i handlowo-usługowa. Drugie ognisko tworzy wydłużony pas zabudowy produkcyjnej i gospodarczej w północno-zachodniej części miasta. Mniejsze płaty występują przy zespołach zabudowy przemysłowej na południe od centrum i wzdłuż drogi w południowo-zachodniej części miasta, w zespole zabudowy na południowo-wschodnim skraju miasta oraz przy zabudowie handlowo-usługowej we wschodniej części, przy drodze wylotowej. Poza zasięgiem zjawiska pozostają Jezioro Miejskie i jego otoczenie, zadrzewiona dolina cieku na południowym wschodzie oraz zabudowa jednorodzinna z ogrodami w północnej i wschodniej części miasta, sklasyfikowana jako teren pośredni.



Rysunek 3. Powierzchniowa miejska wyspa ciepła (LCL SUHI) w Kisielicach, średnia z 13 scen termalnych

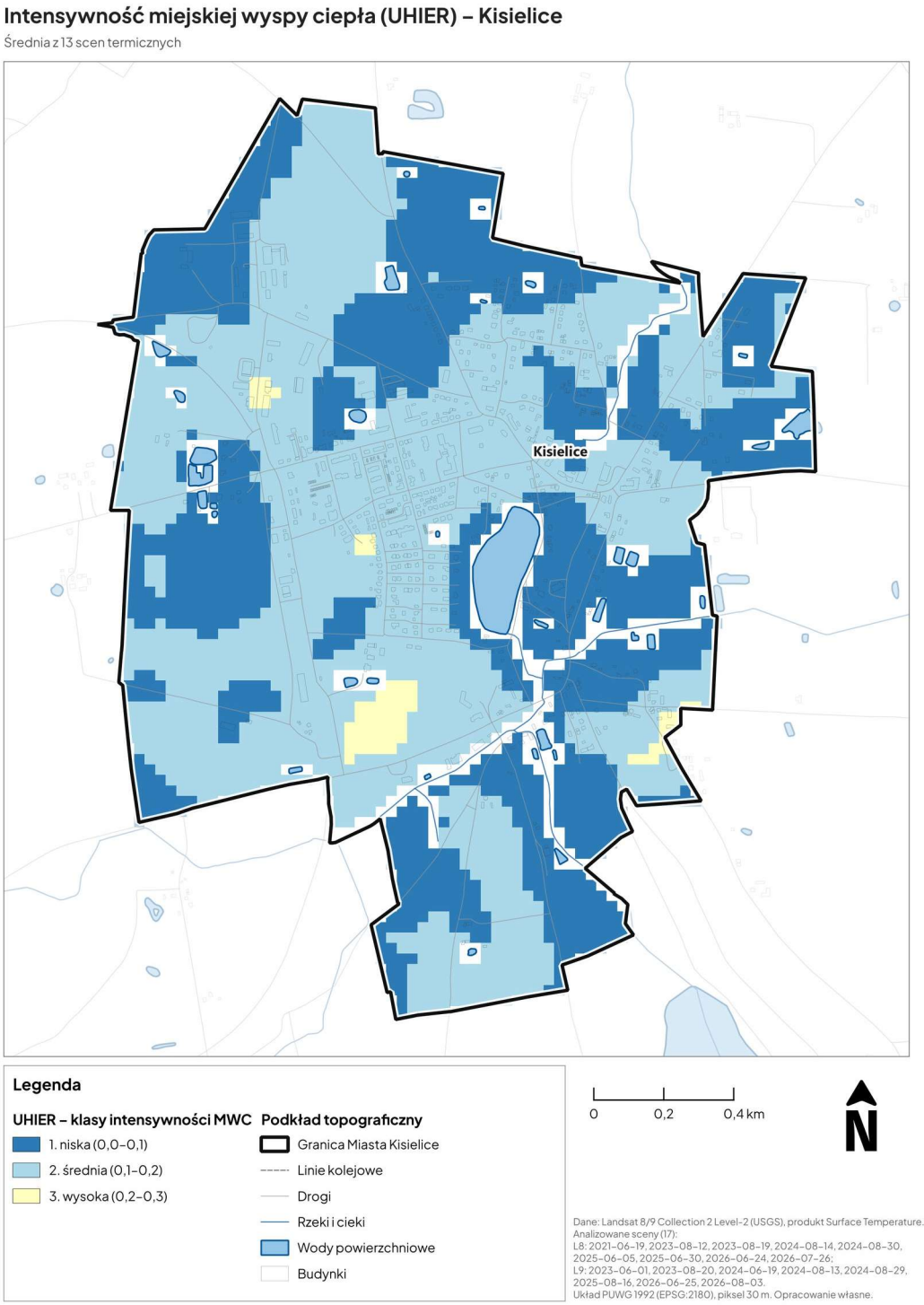
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych USGS (Landsat 8/9 Collection 2 Level-2).

Miejska wyspa ciepła w pięciostopniowej klasyfikacji natężenia (UHIER)

Natężenie zjawiska opisano wskaźnikiem UHIER, wyrażającym względną nadwyżkę temperatury powierzchni danego piksela nad temperaturą terenów pozamiejskich, sklasyfikowaną w pięciu klasach: ekstremalnie niska (≤ 0,0), niska (0,0–0,1), średnia (0,1–0,2), wysoka (0,2–0,3)

i ekstremalnie wysoka (> 0,3). W granicach Kisielic wystąpiły wyłącznie trzy klasy pośrednie; nie odnotowano ani klasy ekstremalnie niskiej, ani ekstremalnie wysokiej.

Klasa średnia obejmuje praktycznie cały obszar zabudowany miasta, w tym centrum, zabudowę jednorodzinną w części północnej oraz część gruntów ornych w zachodniej części miasta. Klasa wysoka tworzy jedynie kilka niewielkich skupień: największe na terenach upraw polowych w południowej części miasta, pokrywające się z maksimum średniej temperatury powierzchni, a mniejsze przy zabudowie produkcyjnej w północno-zachodniej części miasta, w obrębie centrum oraz przy zespole zabudowy na południowo-wschodnim skraju. Klasa niska dominuje na obrzeżach: na polach i łąkach w części północnej, w otoczeniu Jeziora Miejskiego, we wschodniej części miasta oraz w zadrzewionej dolinie na południowym wschodzie. Rozkład ten potwierdza, że natężenie zjawiska w skali całego miasta jest umiarkowane, a ogniska klasy wysokiej mają charakter lokalny.



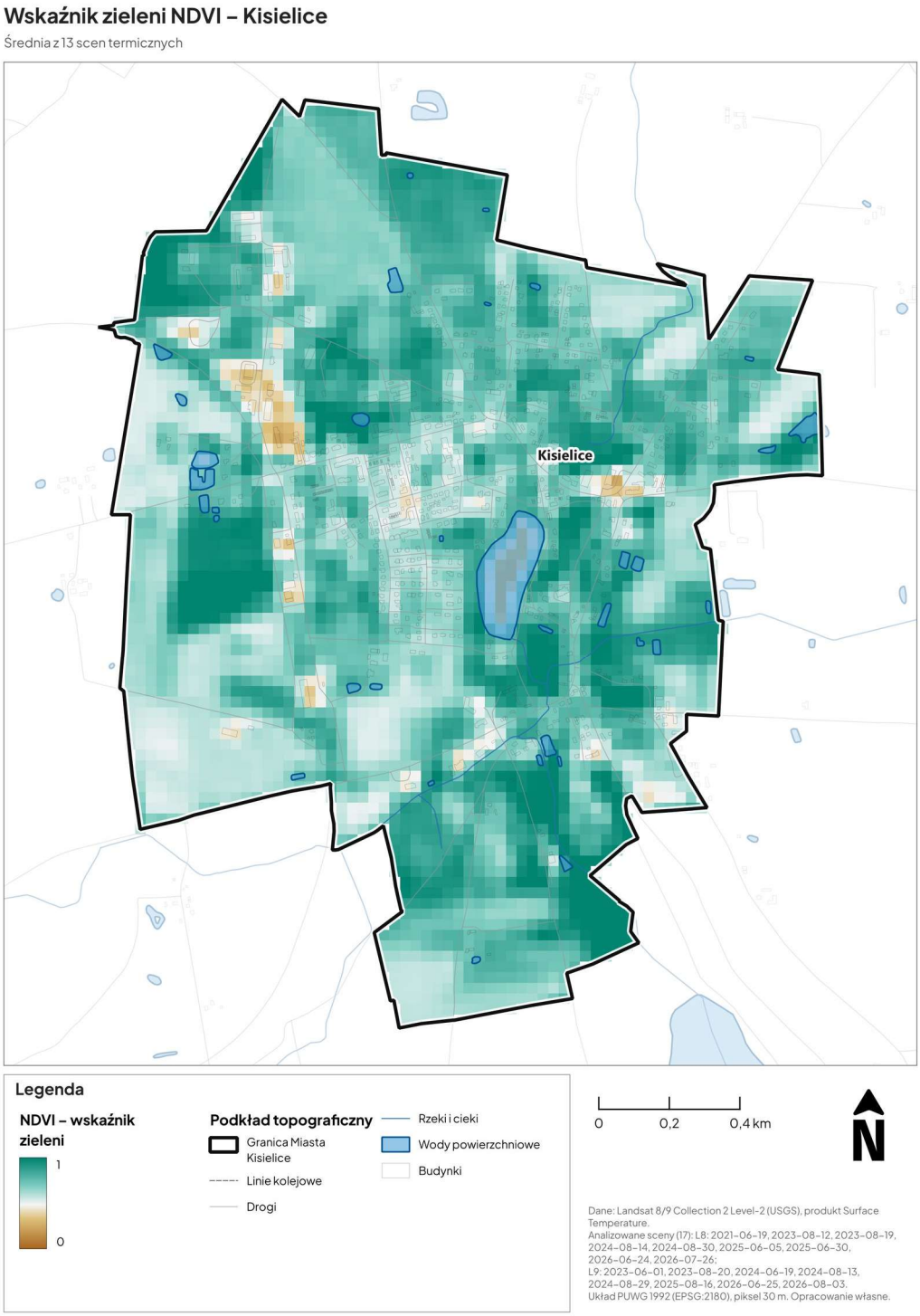
Rysunek 4. Intensywność miejskiej wyspy ciepła (UHIER) w Kisielicach, średnia z 13 scen termalnych

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych USGS (Landsat 8/9 Collection 2 Level-2).

Wskaźnik zieleni NDVI

Uzupełnieniem analizy temperatury jest znormalizowany różnicowy wskaźnik wegetacji NDVI, wyznaczony jako średnia z tych samych scen. Najniższe wartości wskaźnika, świadczące o braku lub szczątkowym udziale roślinności, występują w pasie zabudowy produkcyjnej w północno-

zachodniej części miasta, w punktowych skupieniach w centrum, przy zabudowie handlowo-usługowej we wschodniej części oraz przy zespołach zabudowy w części południowej i południowo-wschodniej, a więc w miejscach wyznaczonych jako ogniska powierzchniowej wyspy ciepła. Najwyższe wartości NDVI charakteryzują otoczenie Jeziora Miejskiego, zadrzewioną dolinę cieku na południowym wschodzie, ogrody przydomowe w północnej i wschodniej części miasta oraz tereny rolne na obrzeżach. Przestrzenna zgodność niskich wartości NDVI z ogniskami wyspy ciepła potwierdza, że o rozkładzie zjawiska w obrębie zabudowy decyduje przede wszystkim udział roślinności.



Rysunek 5. Wskaźnik zieleni NDVI w Kisielicach, średnia z 13 scen

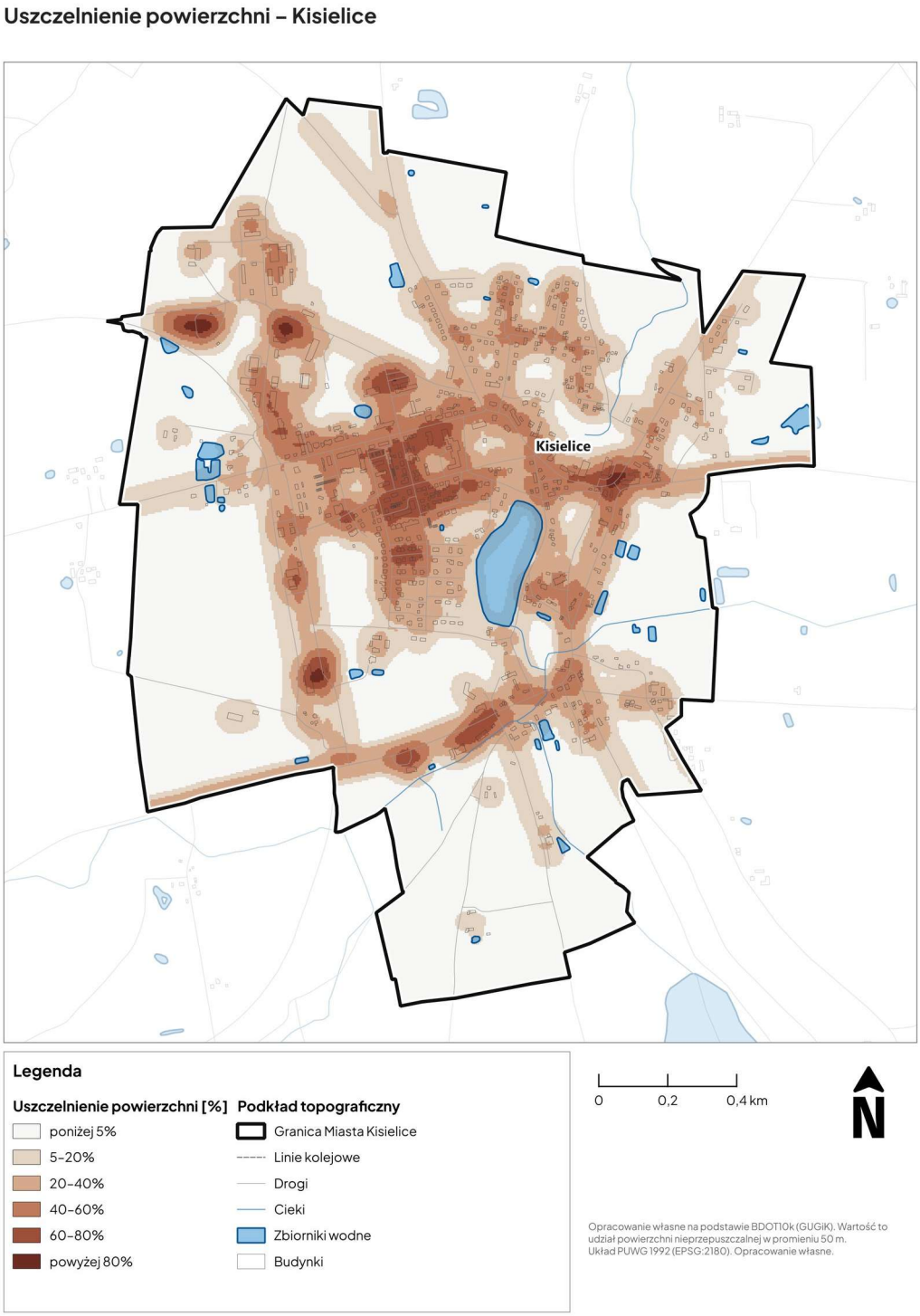
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych USGS (Landsat 8/9 Collection 2 Level-2).

2.2. Analiza powierzchni uszczelnionych

Inwentaryzację powierzchni uszczelnionych przeprowadzono na danych wektorowych Bazy Danych Obiektów Topograficznych BDOT10k (GUGiK). Warstwa powierzchni nieprzepuszczalnych obejmuje obrysy budynków, placów, parkingów i terenów przemysłowych

oraz zbuforowane osie dróg i ciągów pieszych. Dla każdego punktu obszaru miasta obliczono udział powierzchni nieprzepuszczalnej w promieniu 50 m, a wynik sklasyfikowano w przedziałach od poniżej 5 % do powyżej 80 %. Udział powierzchni biologicznie czynnej wyznaczono jako dopełnienie udziału powierzchni uszczelnionych.

Najwyższe wartości uszczelnienia, przekraczające 80 %, występują w dwóch ogniskach zabudowy produkcyjnej i gospodarczej w północno-zachodniej części miasta, przy zabudowie handlowo-usługowej we wschodniej części, przy drodze wylotowej, w pojedynczym zespole zabudowy przy drodze w części południowo-zachodniej oraz na południowo-wschodnim skraju miasta. Zwarta zabudowa centrum na zachód od Jeziora Miejskiego mieści się przeważnie w przedziale 60–80 %. Wyraźnie zaznaczają się także liniowe pasy uszczelnienia rzędu 5–40 % wzdłuż głównych dróg, natomiast grunty orne, zadrzewienia i otoczenie jeziora pozostają poniżej 5 %.

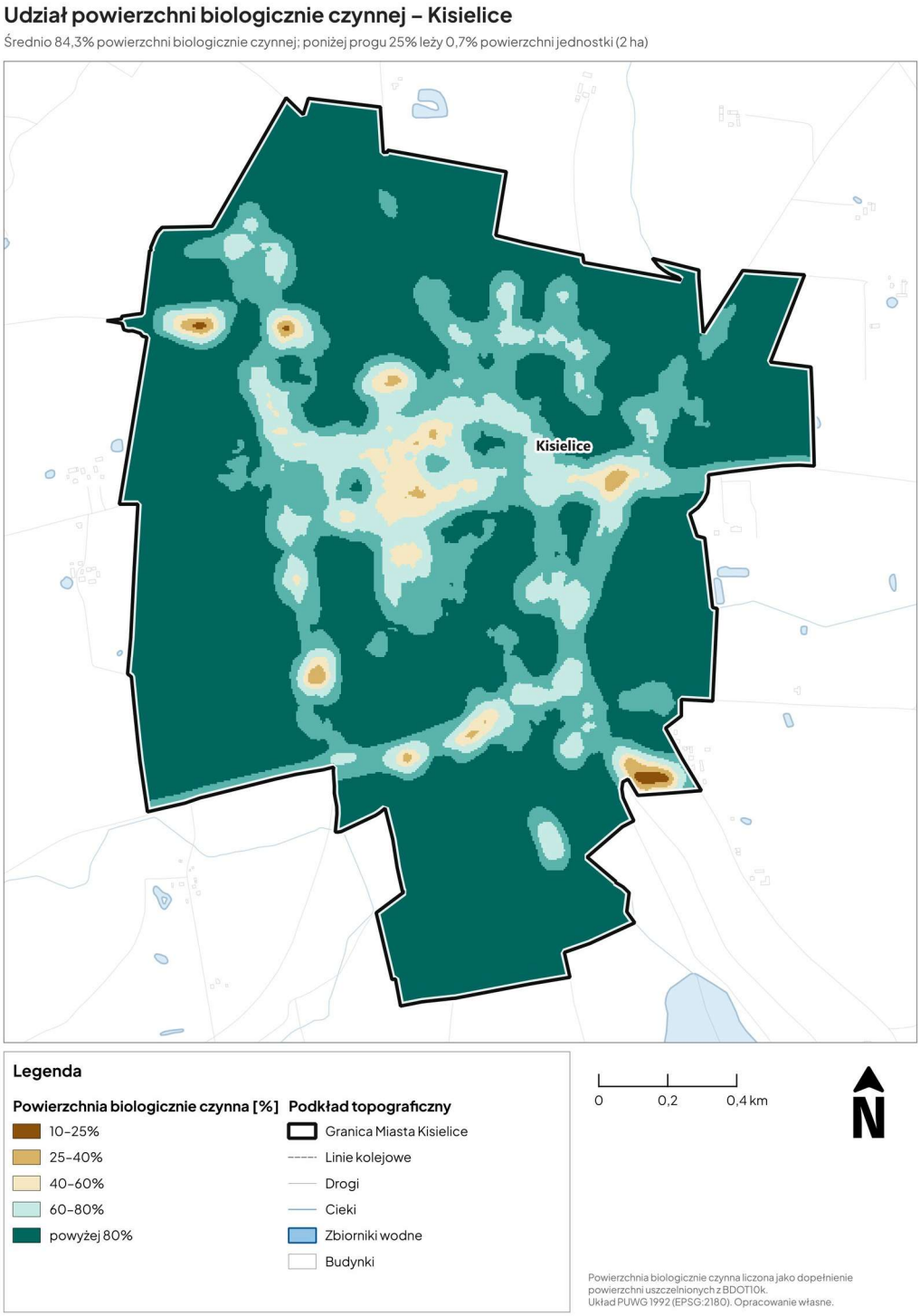


Rysunek 6. Udział powierzchni uszczelnionych w Kisielicach

Źródło: opracowanie własne na podstawie BDOT10k (GUGiK).

Średni udział powierzchni biologicznie czynnej w mieście wynosi 84,3 %, co wynika z dużego udziału gruntów ornych, łąk, zadrzewień i ogrodów przydomowych; średni udział powierzchni uszczelnionych wynosi zatem ok. 15,7 %. Poniżej progu 25 % powierzchni biologicznie czynnej znajduje się zaledwie 0,7 % powierzchni miasta (ok. 2 ha), skupione w ogniskach zabudowy produkcyjnej w północno-zachodniej części miasta oraz na południowo-wschodnim skraju.

W centrum udział powierzchni biologicznie czynnej spada do 40–60 %, przy czym obszary te pokrywają się z największym ogniskiem powierzchniowej wyspy ciepła (por. podrozdz. 2.1).

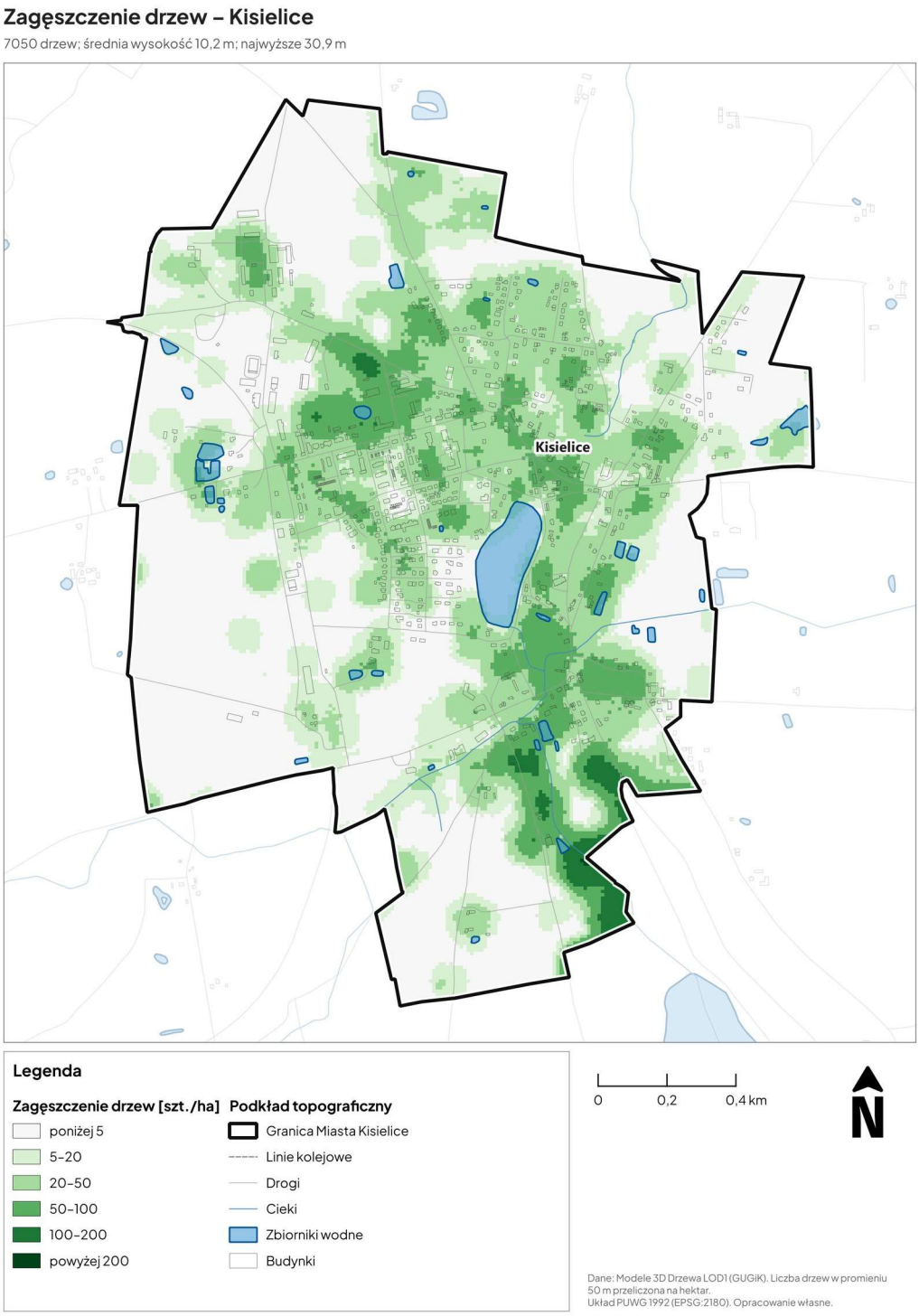


Rysunek 7. Udział powierzchni biologicznie czynnej w Kisielicach

Źródło: opracowanie własne na podstawie BDOT10k (GUGiK).

Ważnym elementem infrastruktury łagodzącej jest zasób drzew. Według modeli 3D drzew (GUGiK) w granicach miasta rośnie 7 050 drzew o średniej wysokości 10,2 m, a najwyższe osiągają

30,9 m. Największe zagęszczenie, przekraczające 100 drzew na hektar, występuje w zadrzewionej dolinie cieku na południowo-wschodnim skraju miasta, na południe od Jeziora Miejskiego oraz w zespole zieleni na północny zachód od centrum. W centrum zagęszczenie jest wyraźnie mniejsze, a na terenach produkcyjnych w północno-zachodniej części miasta oraz na gruntach ornych drzewa występują jedynie sporadycznie.



Rysunek 8. Zagęszczenie drzew w Kisielicach

Źródło: opracowanie własne na podstawie Modeli 3D Drzewa LOD1 (GUGiK).

Tabela 1. Podstawowe wskaźniki pokrycia terenu w Kisielicach

Wskaźnik	Wartość
Powierzchnia miasta	3,4 km²
Średni udział powierzchni biologicznie czynnej	84,3 %
Średni udział powierzchni uszczelnionych	15,7 %
Udział obszarów o powierzchni biologicznie czynnej poniżej 25 %	0,7 % (ok. 2 ha)
Liczba drzew w granicach miasta	7 050
Średnia wysokość drzew / najwyższe drzewo	10,2 m / 30,9 m
Lesistość gminy Kisielice	12,7 %

Źródło: opracowanie własne na podstawie BDOT10k i Modeli 3D Drzewa LOD1 (GUGiK) oraz GUS.

2.3. Terenowe badania termowizyjne

Terenowe rozpoznanie zjawiska miejskiej wyspy ciepła w Kisielicach przeprowadzono 31 lipca 2026 r., w godzinach 14:03–14:28, a więc w porze silnego nagrzania powierzchni miejskich, na 14 stanowiskach pomiarowych rozmieszczonych w centrum miasta i na jego obrzeżach. Pomiary wykonywano przy słonecznej pogodzie kamerą termowizyjną testo 871 (matryca 240 × 180 pikseli), pracującą w trybie automatycznego doboru zakresu skali, przy współczynniku emisyjności 0,95, odpowiadającym większości materiałów budowlanych, nawierzchni i roślinności, oraz temperaturze odbitej przyjętej na poziomie 20 °C.

Dla każdego stanowiska zarejestrowano termogram oraz fotografię rzeczywistą sceny. Na termogramach oznaczono punkt centralny kadru (M1), punkty pomiarowe wskazane przez operatora (M2–M4) oraz automatycznie wyznaczany punkt najwyższej temperatury w kadrze (HS1). Przy opisie każdej sceny podano godzinę wykonania pomiaru, zakres temperatur w kadrze, odczyty w punktach pomiarowych oraz maksimum kadru. Wartości maksymalne zarejestrowane punktowo na niewielkich elementach o możliwym charakterze lustrzanym opisano jako orientacyjne i nie wykorzystano ich w porównaniach.

Stanowiska uporządkowano tematycznie, według kategorii przestrzeni miejskiej, co pozwala zestawiać ujęcia porównywalne i formułować wnioski dla poszczególnych typów zagospodarowania. Ponieważ cała sesja trwała niespełna pół godziny, warunki nasłonecznienia były zbliżone na wszystkich stanowiskach, a odczyty z różnych kadrów można porównywać bezpośrednio.

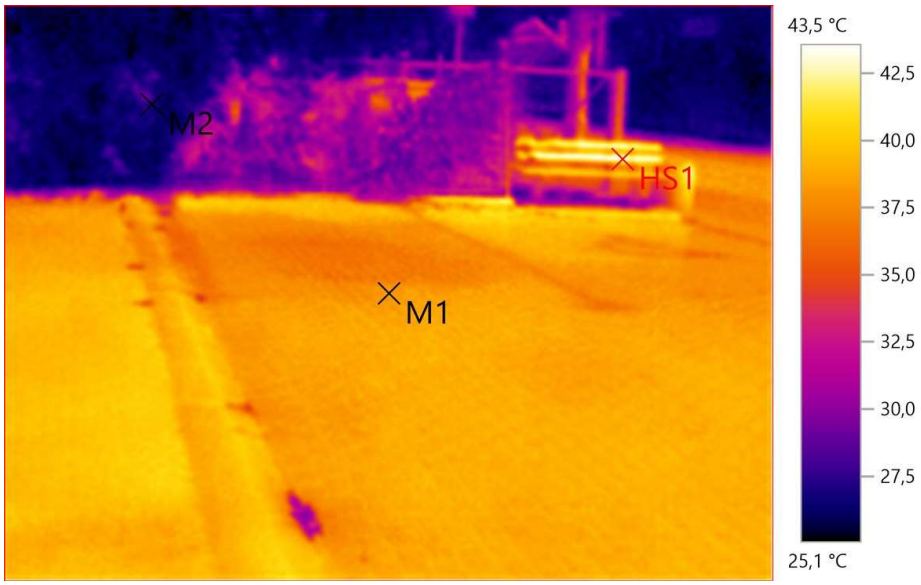
2.3.1. Parkingi, place postojowe i nagrzewanie pojazdów

Pierwsza grupa obejmuje parkingi i place postojowe o nawierzchni z kostki betonowej i asfaltu, zlokalizowane przy zabudowie gospodarczej i obiektach użyteczności publicznej. Są to

przestrzenie rozległe, w większości pozbawione drzew w obrębie samych miejsc postojowych, a jednocześnie intensywnie użytkowane w ciągu dnia.

Stanowisko 1 | godz. 14:03 | zakres w kadrze 25,1–43,5 °C

Kadr obejmuje ogólnodostępny parking o nawierzchni z kostki betonowej, z oznakowanym miejscem postojowym dla osób z niepełnosprawnościami, zamknięty od strony północnej żywopłotem i zielenią wysoką. Nasłoneczniona kostka w punkcie centralnym (M1) wskazała 37,8 °C, natomiast zwarta zieleń zamykająca parking (M2) zaledwie 26,7 °C. Najwyższą wartość w kadrze, 43,5 °C, zarejestrowano na nasłonecznionej ławce ustawionej przy ogrodzeniu (HS1), a dolny kraniec skali, 25,1 °C, odpowiada najchłodniejszym partiom zieleni. Różnica 11,1 °C pomiędzy nawierzchnią a sąsiadującą z nią zielenią, przy tej samej ekspozycji na promieniowanie słoneczne, wynika wyłącznie z odmiennych właściwości obu powierzchni i ze zdolności roślinności do parowania. Wprowadzenie drzew w obrębie miejsc postojowych pozwoliłoby przenieść ten efekt bezpośrednio na nawierzchnię parkingu.



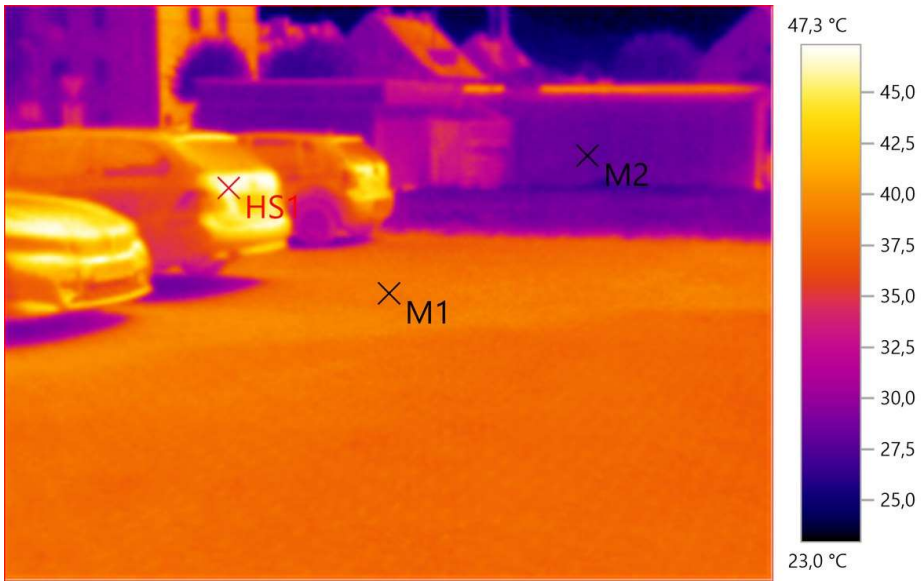
Rysunek 9. Termogram: parking z kostki betonowej z miejscem postojowym dla osób z niepełnosprawnościami, zieleń wysoka w tle



Rysunek 10. Fotografia sceny: parking z kostki betonowej z miejscem postojowym dla osób z niepełnosprawnościami, zieleń wysoka w tle

Stanowisko 2 | godz. 14:05 | zakres w kadrze 23,0–47,3 °C

Ujęcie przedstawia zajęte miejsca postojowe na placu z kostki betonowej, zamkniętym od wschodu niską zabudową gospodarczą i trawnikiem. Nawierzchnia placu w punkcie centralnym (M1) nagrzała się do 37,8 °C, a zacieniona ściana budynku gospodarczego (M2) utrzymywała 27,5 °C. Maksimum kadru, 47,3 °C, przypadło na nadwozie ciemnego samochodu stojącego w pełnym słońcu (HS1). Najniższe wartości skali odpowiadają pozornej temperaturze nieboskłonu i nie są odczytami powierzchni miejskiej; zasada ta dotyczy wszystkich ujęć obejmujących niebo i nie jest dalej powtarzana. Nadwozie pojazdu było o 9,5 °C cieplejsze od nawierzchni placu, co potwierdza, że na parkingach pozbawionych zacienienia najgorętszymi elementami są same samochody, oddające ciepło do otoczenia jeszcze długo po zaparkowaniu.



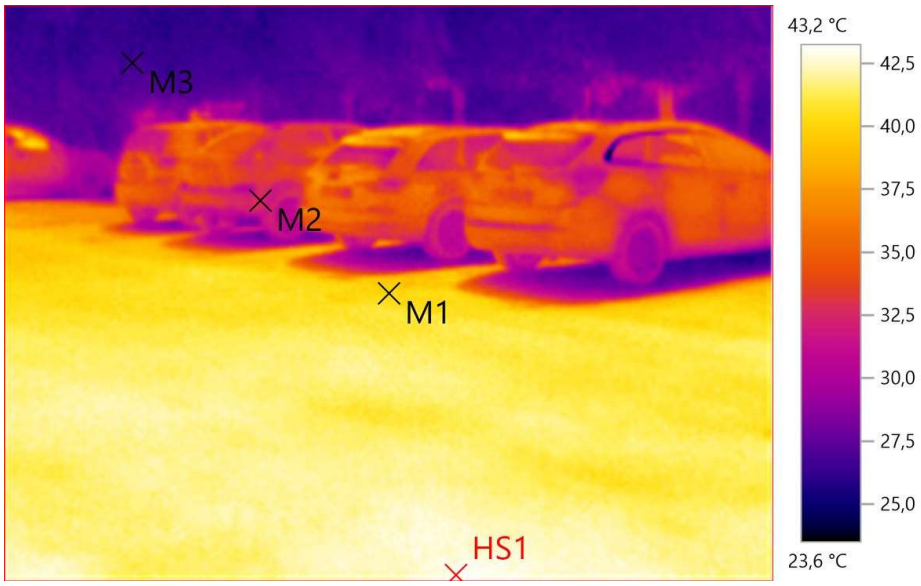
Rysunek 11. Termogram: miejsca postojowe z pojazdami na placu z kostki betonowej przy zabudowie gospodarczej



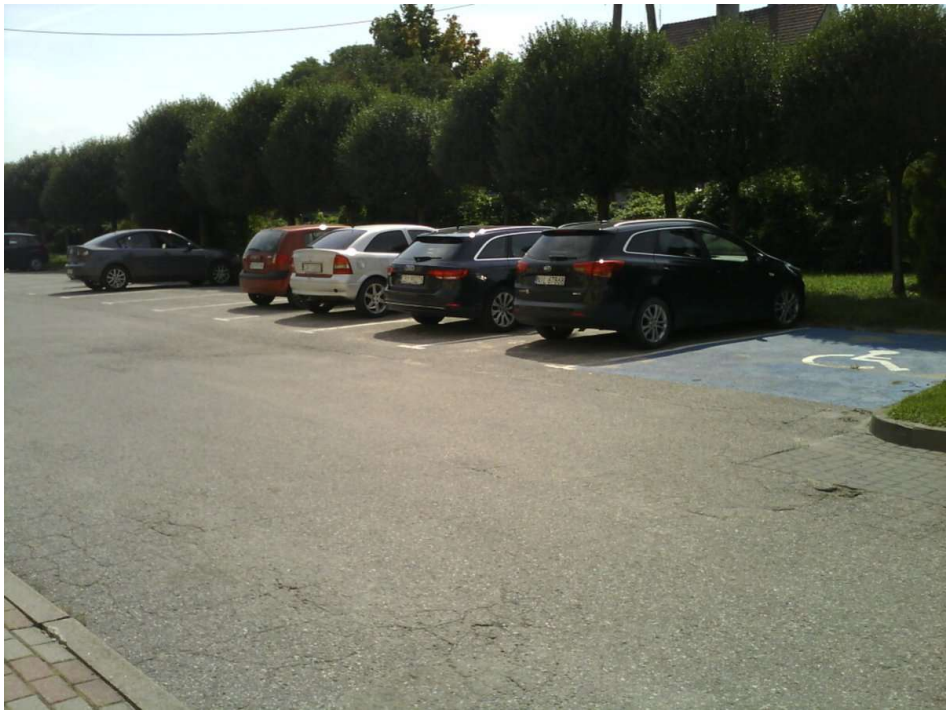
Rysunek 12. Fotografia sceny: miejsca postojowe z pojazdami na placu z kostki betonowej przy zabudowie gospodarczej

Stanowisko 3 | godz. 14:11 | zakres w kadrze 23,6–43,2 °C

Kadr obejmuje rozległy parking o nawierzchni asfaltowej z rzędem zaparkowanych samochodów, zamknięty szpalerem drzew o formowanych koronach i pasem zieleni. Odsłonięty asfalt w punkcie centralnym (M1) wskazał 39,5 °C, a jego fragment na pierwszym planie 43,2 °C, co stanowi maksimum sceny (HS1). Nadwozie zaparkowanego pojazdu (M2) nagrzało się do 32,1 °C, natomiast korony szpaleru (M3) utrzymywały 26,4 °C. Różnica 13,1 °C pomiędzy nawierzchnią asfaltową a zielenią zamykającą parking pokazuje skalę oddziaływania nawet wąskiego pasa drzew; zieleń ta nie zacienia jednak samej płyty parkingu, która pozostaje w całości odsłonięta.



Rysunek 13. Termogram: parking o nawierzchni asfaltowej z rzędem pojazdów i szpalerem drzew o formowanych koronach

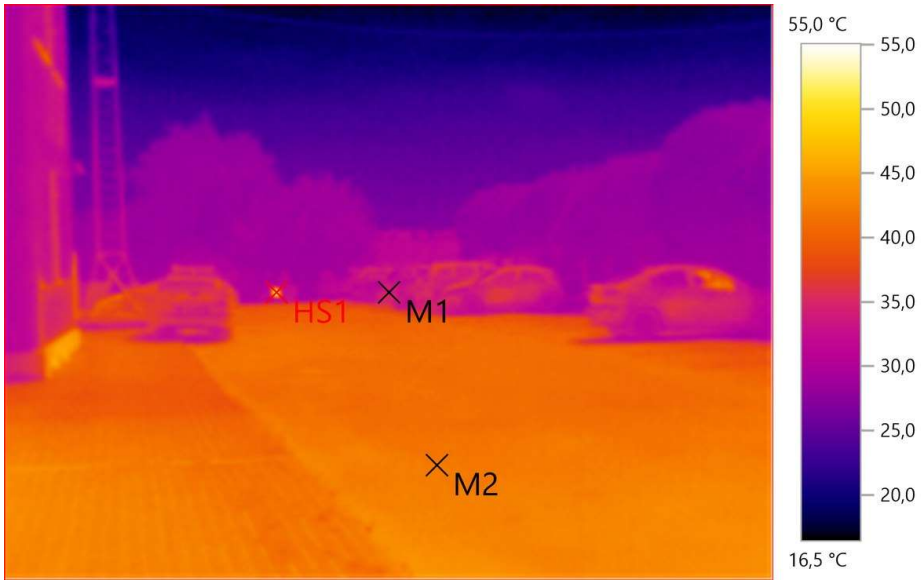


Rysunek 14. Fotografia sceny: parking o nawierzchni asfaltowej z rzędem pojazdów i szpalerem drzew o formowanych koronach

Stanowisko 4 | godz. 14:11 | zakres w kadrze 16,5–55,0 °C

Ujęcie obejmuje chodnik z kostki betonowej biegnący wzdłuż budynku użyteczności publicznej oraz rozległy plac postojowy o nawierzchni asfaltowej, zamknięty szpalerem drzew. Nasłoneczniona kostka chodnika (M2) osiągnęła 40,6 °C, a punkt centralny (M1), obejmujący dalszą część placu z zaparkowanymi pojazdami, 31,5 °C. Maksimum kadru, 55,0 °C, zarejestrowano punktowo na niewielkim fragmencie nadwozia pojazdu (HS1); ze względu na rozmiar elementu i możliwy udział odbicia wartość tę należy traktować jako orientacyjną i nie jest ona wykorzystywana w porównaniach. Różnica 9,1 °C pomiędzy chodnikiem przy elewacji

a dalszą częścią placu wskazuje, że to pas nawierzchni przylegający do nasłonecznionej ściany budynku nagrzewa się najsilniej, przyjmując zarówno promieniowanie bezpośrednie, jak i odbite od elewacji.



Rysunek 15. Termogram: chodnik z kostki betonowej i plac postojowy przy budynku użyteczności publicznej



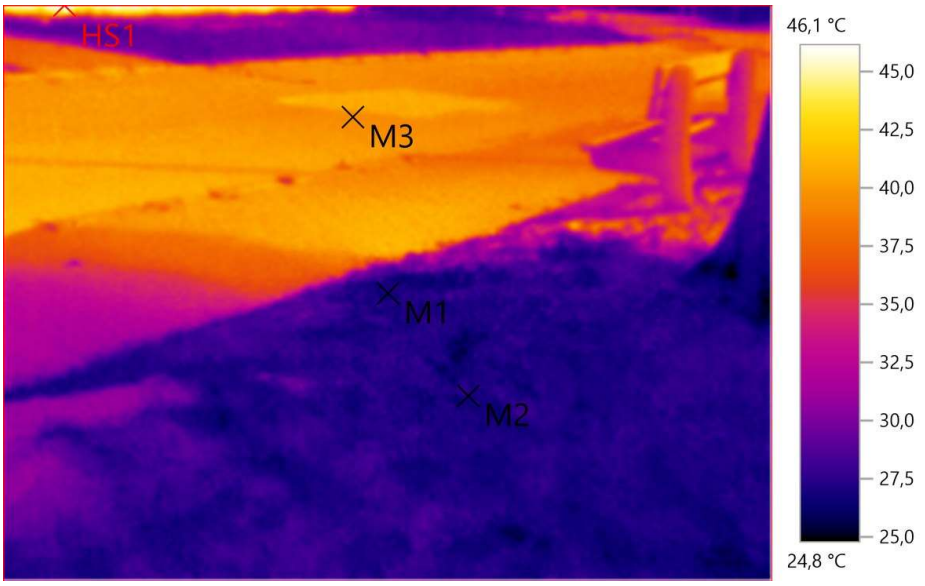
Rysunek 16. Fotografia sceny: chodnik z kostki betonowej i plac postojowy przy budynku użyteczności publicznej

2.3.2. Zieleń i zacienienie przy ciągach pieszych

Druga grupa dokumentuje chłodzące oddziaływanie pojedynczego drzewa na przylegający trawnik i ciąg pieszy. Termogram i fotografię sceny wykonano w tej samej lokalizacji, co pozwala odnieść odczyty temperatury bezpośrednio do rodzaju powierzchni.

Stanowisko 5 | godz. 14:06 | zakres w kadrze 24,8–46,1 °C

Kadr obejmuje trawnik zacieniony koroną wolno stojącego drzewa liściastego, przylegający do ciągu pieszego z kostki betonowej i jezdni. Trawnik w cieniu drzewa utrzymywał 26,5 °C w punkcie centralnym (M1) i 26,7 °C w punkcie sąsiednim (M2), podczas gdy nasłoneczniona nawierzchnia ciągu pieszego (M3) osiągnęła 38,9 °C. Maksimum kadru, 46,1 °C, przypadło na odsłoniętą nawierzchnię jezdni w górnej części ujęcia. Różnica 12,4 °C pomiędzy zacienionym trawnikiem a nawierzchnią odległą od niego o kilka metrów jest bezpośrednim dowodem skuteczności pojedynczego drzewa jako narzędzia łagodzenia nagrzewania przestrzeni ulicznej.



Rysunek 17. Termogram: trawnik w cieniu korony drzewa, ciąg pieszy z kostki i jezdnia w pełnym słońcu



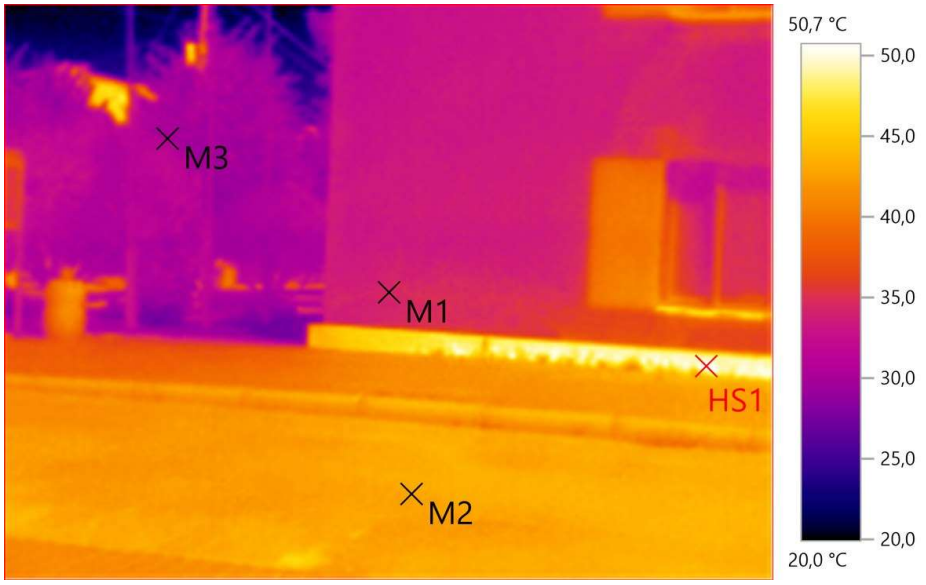
Rysunek 18. Fotografia sceny: trawnik w cieniu korony drzewa, ciąg pieszy z kostki i jezdnia w pełnym słońcu

2.3.3. Obiekty użyteczności publicznej i dominanty centrum

Trzecia grupa obejmuje otoczenie obiektów, wokół których koncentruje się codzienna aktywność mieszkańców: budynku administracji publicznej, szkoły z boiskiem, remizy Ochotniczej Straży Pożarnej oraz kościoła parafialnego. Zestawienie pozwala porównać nagrzewanie elewacji tynkowanych i ceglanych, nawierzchni sportowej oraz przegród metalowych.

Stanowisko 6 | godz. 14:12 | zakres w kadrze 20,0–50,7 °C

Stanowisko obejmuje otoczenie budynku administracji publicznej z masztami flagowymi wraz z chodnikiem z kostki betonowej, krawężnikiem i jezdnią asfaltową. Tynkowana elewacja budynku (M1) wskazała 33,0 °C, jezdnia asfaltowa na pierwszym planie (M2) 42,0 °C, a zieleń wysoka rosnąca po przeciwnej stronie ulicy (M3) 29,2 °C. Maksimum kadru, 50,7 °C, zarejestrowano na nasłonecznionym krawężniku i opasce oddzielającej chodnik od jezdni (HS1), czyli na wąskim, liniowym elemencie o dużej pojemności cieplnej. Różnica 21,5 °C pomiędzy krawężnikiem a zielenią oraz 12,8 °C pomiędzy jezdnią a zielenią występuje w obrębie jednego przekroju ulicy, w miejscu o dużym natężeniu ruchu pieszego.



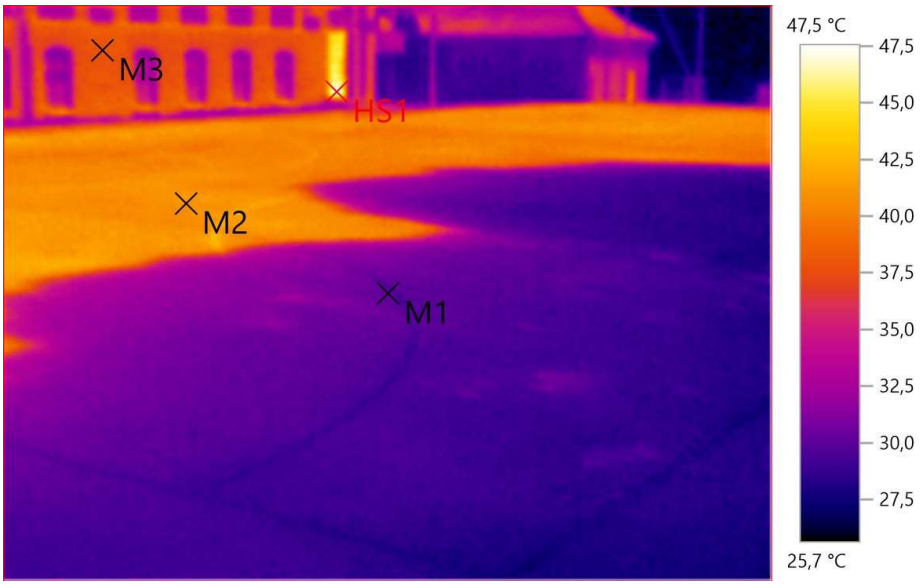
Rysunek 19. Termogram: budynek z masztami flagowymi, chodnik z kostki, krawężnik i jezdnia asfaltowa



Rysunek 20. Fotografia sceny: budynek z masztami flagowymi, chodnik z kostki, krawężnik i jezdnia asfaltowa

Stanowisko 7 | godz. 14:12 | zakres w kadrze 25,7–47,5 °C

Kadr obejmuje boisko wielofunkcyjne o nawierzchni poliuretanowej przy ceglanym budynku szkolnym. Ta sama, jednorodna nawierzchnia występuje w nim w dwóch stanach: fragment zacieniony przez drzewa i zabudowę (M1) utrzymywał 29,8 °C, a część odsłonięta (M2) 40,6 °C. Ceglana elewacja budynku (M3) wskazała 37,5 °C, a maksimum kadru, 47,5 °C, przypadło na nasłonecznione pokrycie dachowe sąsiedniego obiektu (HS1). Różnica 10,8 °C w obrębie jednej płaszczyzny boiska dowodzi, że o temperaturze powierzchni decyduje przede wszystkim dostęp promieniowania słonecznego. Boiska przy placówkach oświatowych są użytkowane przez dzieci i młodzież, a więc grupę o podwyższonej wrażliwości na obciążenie cieplne.



Rysunek 21. Termogram: boisko wielofunkcyjne o nawierzchni poliuretanowej przy ceglanym budynku szkolnym, strefa zacieniona i nasłoneczniona

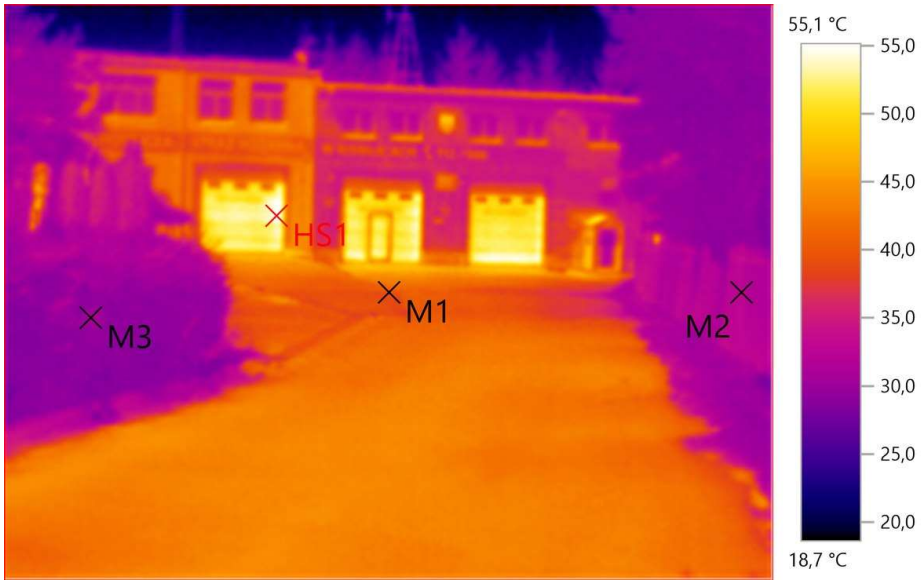


Rysunek 22. Fotografia sceny: boisko wielofunkcyjne o nawierzchni poliuretanowej przy ceglanym budynku szkolnym, strefa zacieniona i nasłoneczniona

Stanowisko 8 | godz. 14:15 | zakres w kadrze 18,7–55,1 °C

Stanowisko obejmuje remizę Ochotniczej Straży Pożarnej w Kisielicach wraz z asfaltowym placem manewrowym przed budynkiem, zamkniętym z obu stron żywopłotami i zielenią wysoką. Nawierzchnia placu w punkcie centralnym (M1) nagrzała się do 37,6 °C, a zieleń po prawej i lewej stronie ujęcia utrzymywała odpowiednio 31,4 °C (M2) i 29,1 °C (M3). Najwyższą temperaturę w całym badaniu, 55,1 °C, zarejestrowano na metalowych bramach garażowych w pełnym słońcu (HS1). Bramy były o 26,0 °C cieplejsze od zieleni zamykającej plac, a o 17,5 °C cieplejsze od nawierzchni asfaltowej przed nimi. Cienkościenne przegrody metalowe o niewielkiej pojemności

cieplnej nagrzewają się bardzo szybko, przenosząc ciepło do wnętrza budynku, w którym stacjonują pojazdy ratownicze.



Rysunek 23. Termogram: remiza Ochotniczej Straży Pożarnej w Kisielicach z metalowymi bramami garażowymi i asfaltowym placem manewrowym

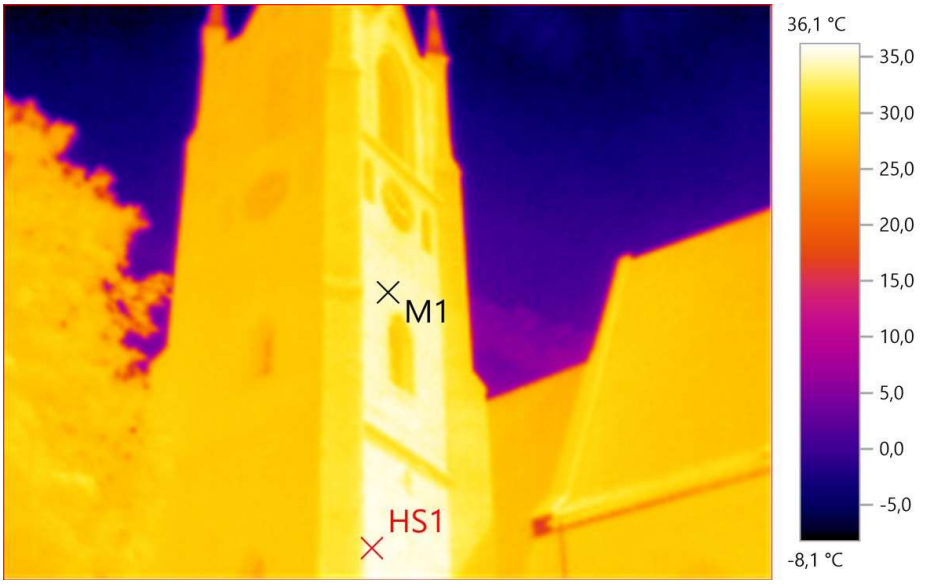


Rysunek 24. Fotografia sceny: remiza Ochotniczej Straży Pożarnej w Kisielicach z metalowymi bramami garażowymi i asfaltowym placem manewrowym

Stanowisko 9 | godz. 14:27 | zakres w kadrze −8,1–36,1 °C

Ujęcie obejmuje ceglaną wieżę kościoła parafialnego pw. Matki Bożej Królowej Świata, dominantę historycznego centrum miasta, wraz z koroną drzewa liściastego po lewej stronie kadru. Nasłoneczniona elewacja z cegły w punkcie centralnym (M1) wskazała 34,1 °C, a maksimum kadru, 36,1 °C, przypadło na dolną, najsilniej nasłonecznioną partię muru (HS1). Bardzo niska

wartość dolnego krańca skali wynika z dużego udziału bezchmurnego nieba w ujęciu. Masywne mury ceramiczne nagrzewają się wolniej i słabiej niż nawierzchnie oraz lekkie przegrody metalowe; różnica 19,0 °C pomiędzy murem wieży a bramami remizy (stanowisko 8) dobrze ilustruje znaczenie pojemności cieplnej materiału. Mury te oddają jednak zgromadzoną energię po zachodzie słońca, co ma znaczenie dla nocnego wychładzania zwartej zabudowy centrum.



Rysunek 25. Termogram: ceglana wieża kościoła parafialnego pw. Matki Bożej Królowej Świata i korona drzewa



Rysunek 26. Fotografia sceny: ceglana wieża kościoła parafialnego pw. Matki Bożej Królowej Świata i korona drzewa

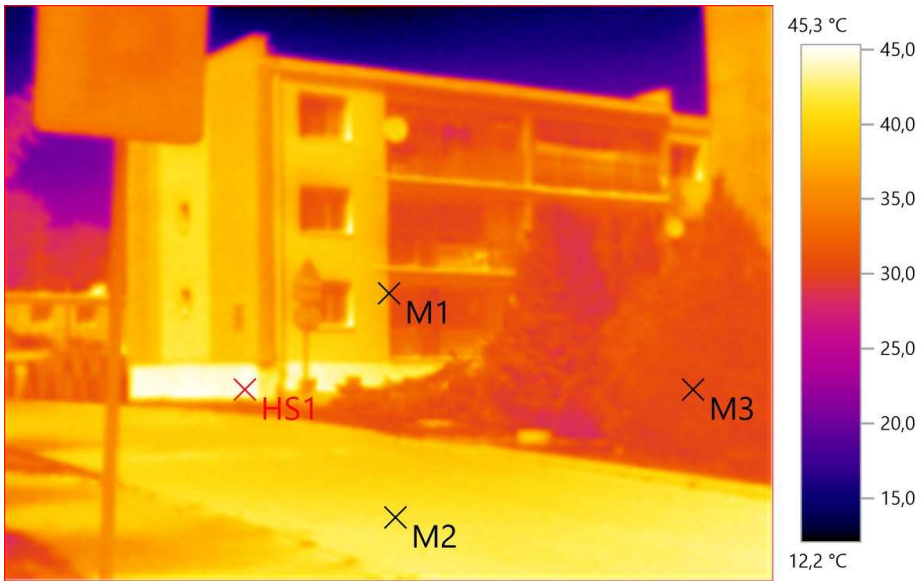
2.3.4. Ulice i place o nawierzchni utwardzonej

Czwarta grupa obejmuje ulicę osiedlową z zabudową wielorodzinną, plac z kostki betonowej oraz drogę asfaltową na skraju zwartej zabudowy. Wspólnym mianownikiem jest zestawienie

nawierzchni utwardzonej z różnymi formami zieleni: szpalerem krzewów, zacienieniem przez zabudowę i drzewa oraz trawiastym poboczem.

Stanowisko 10 | godz. 14:06 | zakres w kadrze 12,2–45,3 °C

Kadr obejmuje ulicę osiedlową z budynkiem wielorodzinnym, obsadzoną od strony chodnika szpalerem krzewów iglastych. Tynkowana elewacja budynku (M1) wskazała 33,2 °C, jezdnia asfaltowa (M2) 41,1 °C, a szpaler krzewów (M3) 28,8 °C. Maksimum kadru, 45,3 °C, odnotowano na nasłonecznionej nawierzchni utwardzonej przy krawędzi jezdni (HS1). Różnica 12,3 °C pomiędzy jezdnią a szpalerem zieleni potwierdza prawidłowość obserwowaną we wszystkich badanych ulicach: w porze popołudniowej dominującym, liniowym źródłem ciepła jest nawierzchnia jezdni, a nie zabudowa.



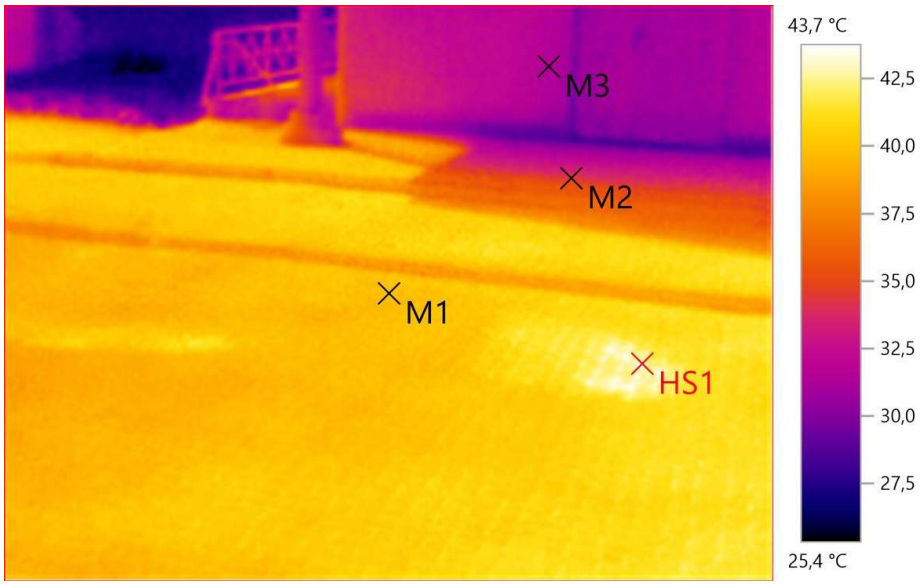
Rysunek 27. Termogram: ulica osiedlowa z budynkiem wielorodzinnym i szpalerem krzewów iglastych



Rysunek 28. Fotografia sceny: ulica osiedlowa z budynkiem wielorodzinnym i szpalerem krzewów iglastych

Stanowisko 11 | godz. 14:28 | zakres w kadrze 25,4–43,7 °C

Stanowisko obejmuje rozległy plac o nawierzchni z kostki betonowej przed budynkiem z łukowym portalem wejściowym, częściowo zacieniony przez zabudowę i zieleń. Odsłonięta kostka w punkcie centralnym (M1) osiągnęła 39,2 °C, jej fragment w strefie półcienia (M2) 34,0 °C, a partia zacieniona przy budynku (M3) 31,0 °C. Maksimum kadru, 43,7 °C, zarejestrowano na najsilniej nasłonecznionym fragmencie nawierzchni (HS1). Różnica 12,7 °C w obrębie tej samej nawierzchni pokazuje, jak duży efekt daje samo zacienienie, bez zmiany materiału. Scena ilustruje typowy dla małych miast problem jednorodnych placów pozbawionych zadrzewienia w bezpośrednim sąsiedztwie wejść do obiektów.



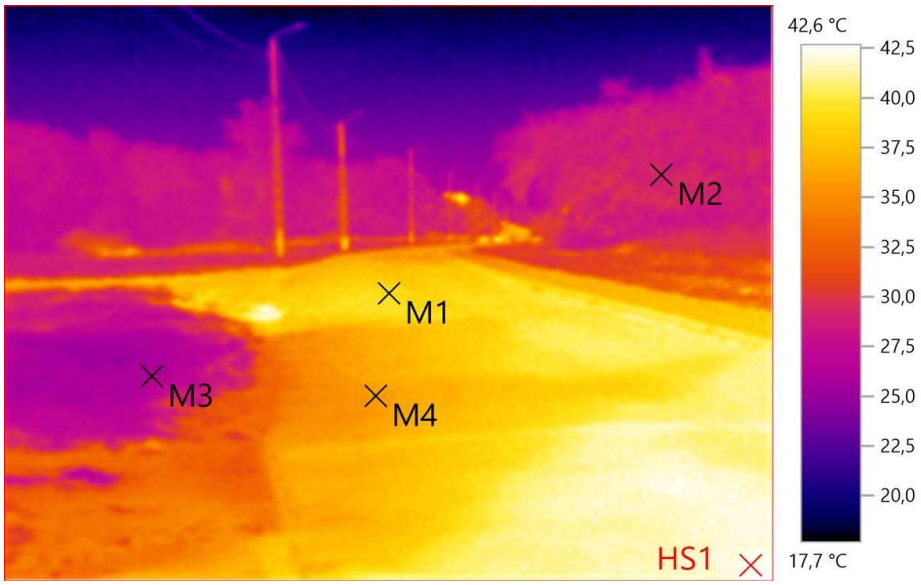
Rysunek 29. Termogram: plac z kostki betonowej przed budynkiem z łukowym portalem, strefa nasłoneczniona i zacieniona



Rysunek 30. Fotografia sceny: plac z kostki betonowej przed budynkiem z łukowym portalem, strefa nasłoneczniona i zacieniona

Stanowisko 12 | godz. 14:28 | zakres w kadrze 17,7–42,6 °C

Kadr obejmuje drogę o nawierzchni asfaltowej wraz z trawiastym poboczem i przylegającym zadrzewieniem, w rejonie granicy zwartej zabudowy. Nawierzchnia jezdni wskazała 38,7 °C w punkcie centralnym (M1) i 35,2 °C w partii częściowo zacienionej przez korony drzew (M4), przy maksimum 42,6 °C na pierwszym planie (HS1). Pobocze trawiaste (M3) utrzymywało 25,4 °C, a zadrzewienie w tle (M2) 28,2 °C. Różnica 13,3 °C pomiędzy asfaltem a poboczem trawiastym obrazuje skalę oddziaływania powierzchni uszczelnionych w skali lokalnej, a zacienienie koronami drzew obniżyło temperaturę tej samej jezdni o 3,5 °C.



Rysunek 31. Termogram: droga o nawierzchni asfaltowej z poboczem trawiastym i zadrzewieniem przydrożnym



Rysunek 32. Fotografia sceny: droga o nawierzchni asfaltowej z poboczem trawiastym i zadrzewieniem przydrożnym

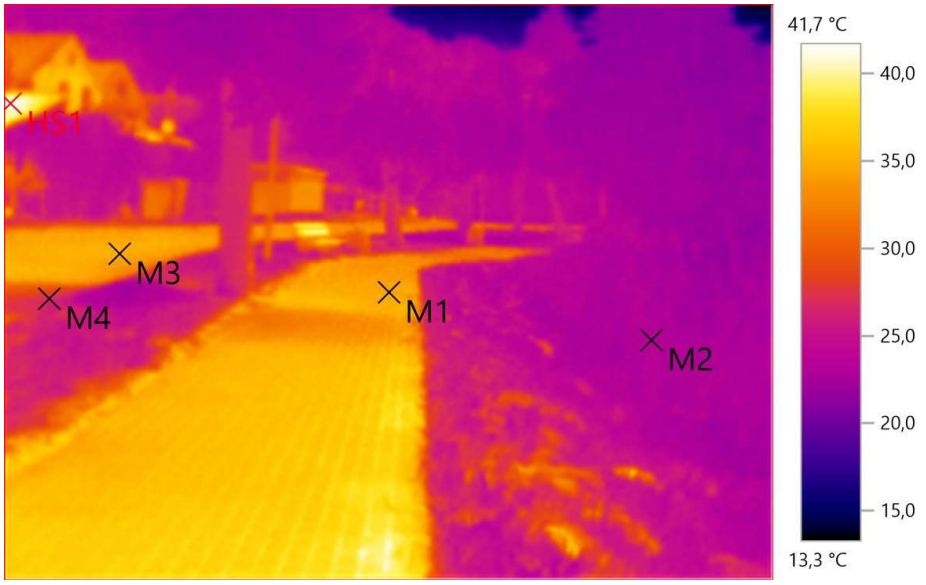
2.3.5. Jezioro Miejskie i promenada nadbrzeżna

Piąta grupa obejmuje promenadę spacerową wokół Jeziora Miejskiego, najważniejszego elementu błękitno-zielonej infrastruktury w centrum Kisielic. Ujęcia pozwalają zestawić w jednym kadrze taflę wody, roślinność brzegową i nawierzchnie utwardzone.

Stanowisko 13 | godz. 14:23 | zakres w kadrze 13,3–41,7 °C

Stanowisko obejmuje promenadę spacerową z kostki betonowej, prowadzoną wzdłuż brzegu Jeziora Miejskiego, z zabudową mieszkaniową i wieżą kościoła w tle. Nasłoneczniona

nawierzchnia promenady wskazała 33,5 °C w punkcie centralnym (M1) i 33,8 °C w dalszej partii (M3), natomiast trawnik po stronie zabudowy (M4) 25,8 °C. Roślinność szuwarowa porastająca brzeg jeziora (M2) utrzymywała 22,5 °C, a maksimum kadru, 41,7 °C, przypadło na nasłonecznioną połać dachową zabudowy w tle (HS1). Promenada była o 11,0 °C cieplejsza od strefy szuwarów i o 7,7 °C cieplejsza od trawnika, tworząc ciepły, liniowy element wpisany w chłodne otoczenie jeziora; jej zadrzewienie wyraźnie podniosłoby komfort spacerowiczów.



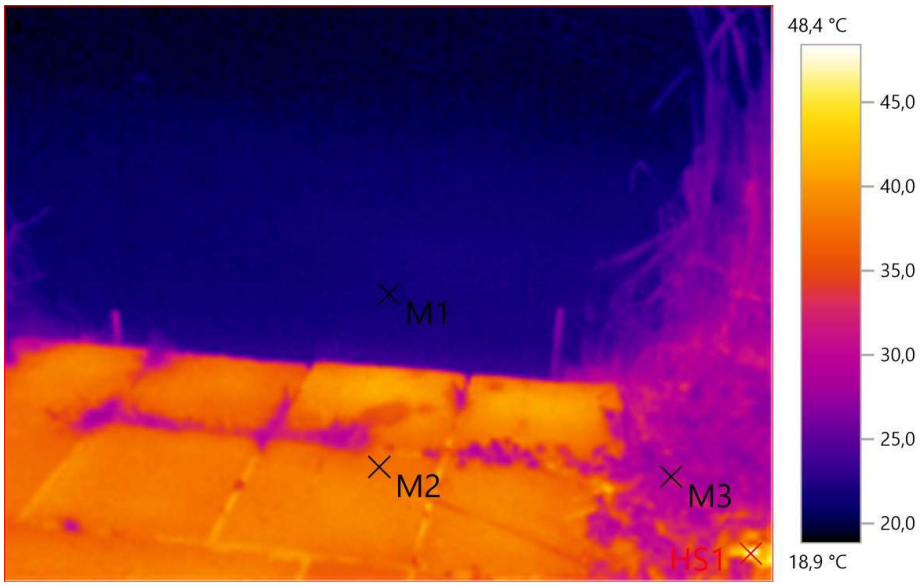
Rysunek 33. Termogram: promenada z kostki betonowej wzdłuż brzegu Jeziora Miejskiego, trawnik i roślinność szuwarowa



Rysunek 34. Fotografia sceny: promenada z kostki betonowej wzdłuż brzegu Jeziora Miejskiego, trawnik i roślinność szuwarowa

Stanowisko 14 | godz. 14:24 | zakres w kadrze 18,9–48,4 °C

Ujęcie dokumentuje bezpośredni kontakt nawierzchni utwardzonej z wodą: betonowe płyty zejścia do Jeziora Miejskiego sąsiadują tu z taflą wody i pasem roślinności brzegowej. Tafla wody w punkcie centralnym (M1) utrzymywała 21,3 °C, co jest najniższym odczytem powierzchni czynnej w całym badaniu, podczas gdy przylegające płyty betonowe (M2) nagrzały się do 36,5 °C, a roślinność brzegowa (M3) do 28,4 °C. Maksimum kadru, 48,4 °C, zarejestrowano punktowo przy dolnej krawędzi ujęcia (HS1); ze względu na niewielki rozmiar obiektu wartość tę traktuje się jako orientacyjną. Różnica 15,2 °C pomiędzy wodą a betonem, na dystansie kilkudziesięciu centymetrów, jest ilościowym dowodem znaczenia jeziora jako lokalnego rezerwuaru chłodu w centrum miasta.



Rysunek 35. Termogram: betonowe płyty zejścia do Jeziora Miejskiego, tafla wody i roślinność brzegowa



Rysunek 36. Fotografia sceny: betonowe płyty zejścia do Jeziora Miejskiego, tafla wody i roślinność brzegowa

2.3.6. Podsumowanie obserwacji terenowych

Pomiary potwierdziły silne nagrzewanie powierzchni sztucznych w Kisielicach oraz wymierne, łagodzące oddziaływanie wody, zieleni i zacienienia. Najwyższą wartość w całym badaniu, 55,1 °C, zarejestrowano na metalowych bramach garażowych remizy Ochotniczej Straży Pożarnej (stanowisko 8). Drugą w kolejności wartość, 50,7 °C, odnotowano na nasłonecznionym krawężniku i opasce przy jezdni w otoczeniu budynku administracji publicznej (stanowisko 6). Odczyty 55,0 °C na niewielkim fragmencie nadwozia pojazdu (stanowisko 4) i 48,4 °C w punkcie przy krawędzi kadru nad brzegiem jeziora (stanowisko 14) mają charakter orientacyjny i nie zostały wykorzystane w porównaniach.

Wartości nie niższe niż 45,0 °C osiągnęły ponadto: połać dachowa zabudowy przy boisku szkolnym (47,5 °C), nadwozie ciemnego samochodu na placu postojowym (47,3 °C), nawierzchnia jezdni w pełnym słońcu (46,1 °C) oraz nawierzchnia przy krawędzi jezdni w ulicy osiedlowej (45,3 °C). Odsłonięte nawierzchnie mieściły się w przedziale od 37,6–46,1 °C dla jezdni, parkingów i placów asfaltowych, przez 37,8–43,7 °C dla chodników, placów i parkingów z kostki betonowej, po 40,6 °C dla nawierzchni poliuretanowej boiska. Nawierzchnia promenady nadjeziornej, otoczona zielenią i wodą, nagrzała się wyraźnie słabiej (33,5–33,8 °C). Tynkowane i ceglane elewacje wskazywały 33,0–37,5 °C, a ceglany mur wieży kościelnej 34,1–36,1 °C.

Najczytelniejszych dowodów oddziaływania łagodzącego dostarczyły kadry obejmujące jednocześnie porównywane powierzchnie. Tafla Jeziora Miejskiego utrzymywała 21,3 °C wobec 36,5 °C na przylegających płytach betonowych, co daje różnicę 15,2 °C. Pobocze trawiaste było

o 13,3 °C chłodniejsze od jezdni asfaltowej (25,4 °C wobec 38,7 °C), szpaler drzew o formowanych koronach o 13,1 °C chłodniejszy od nawierzchni parkingu (26,4 °C wobec 39,5 °C), a trawnik w cieniu drzewa o 12,4 °C chłodniejszy od sąsiedniego chodnika (26,5 °C wobec 38,9 °C). Kostka betonowa placu w cieniu budynku wskazała 31,0 °C wobec 43,7 °C w pełnym słońcu (różnica 12,7 °C), a ta sama nawierzchnia boiska 29,8 °C w cieniu wobec 40,6 °C w słońcu (różnica 10,8 °C). Roślinność szuwarowa nad brzegiem jeziora była o 11,0 °C chłodniejsza od nawierzchni promenady (22,5 °C wobec 33,5 °C). Największy kontrast w obrębie jednego kadru, 26,0 °C, dzielił metalowe bramy remizy (55,1 °C) od zieleni zamykającej plac manewrowy (29,1 °C).

Wszystkie pomiary wykonano przy słonecznej pogodzie w ciągu niespełna 30 minut, dlatego odczyty z poszczególnych stanowisk są ze sobą porównywalne. We wszystkich kadrach zachowana została ta sama hierarchia: przegrody metalowe, pojazdy i nawierzchnie utwardzone w pełnym słońcu były najcieplejszymi elementami sceny, a woda, trawniki, zieleń wysoka i powierzchnie zacienione najchłodniejszymi.

Tabela 2. Zestawienie scen objętych terenowymi badaniami termowizyjnymi (31 lipca 2026 r.)

Stanowisko	Godz.	Opis sceny	Punkt centralny [°C]	Maks. [°C]
1	14:03	Parking z kostki betonowej z miejscem dla osób z niepełnosprawnościami, żywopłot w tle	37,8	43,5
2	14:05	Miejsca postojowe z pojazdami przy zabudowie gospodarczej	37,8	47,3
3	14:11	Parking asfaltowy z pojazdami i szpalerem drzew o formowanych koronach	39,5	43,2
4	14:11	Chodnik z kostki betonowej i plac postojowy przy budynku użyteczności publicznej	31,5	55,0*
5	14:06	Trawnik w cieniu drzewa, chodnik i jezdnia w pełnym słońcu	26,5	46,1
6	14:12	Budynek z masztami flagowymi, chodnik, krawężnik i jezdnia	33,0	50,7
7	14:12	Boisko o nawierzchni poliuretanowej przy budynku szkolnym	29,8	47,5
8	14:15	Remiza OSP: metalowe bramy garażowe i asfaltowy plac manewrowy	37,6	55,1
9	14:27	Ceglana wieża kościoła parafialnego i korona drzewa	34,1	36,1
10	14:06	Ulica osiedlowa z budynkiem wielorodzinnym i szpalerem krzewów iglastych	33,2	45,3
11	14:28	Plac z kostki betonowej przed budynkiem z łukowym portalem	39,2	43,7
12	14:28	Droga asfaltowa z poboczem trawiastym i zadrzewieniem	38,7	42,6
13	14:23	Promenada wzdłuż brzegu Jeziora Miejskiego, trawnik i szuwary	33,5	41,7
14	14:24	Betonowe płyty zejścia do jeziora, tafla wody i roślinność brzegowa	21,3	48,4*

** odczyt orientacyjny. Źródło: opracowanie własne na podstawie terenowych badań termowizyjnych.*

Tabela 3. Najwyższe odczyty temperatury powierzchni według typu powierzchni i obiektu (terenowe badania termowizyjne, 31 lipca 2026 r.)

Typ powierzchni lub obiektu	Odczyt [°C]
Metalowe bramy garażowe remizy OSP w pełnym słońcu	55,1
Fragment nadwozia pojazdu na placu postojowym (odczyt orientacyjny)	55,0
Nasłoneczniony krawężnik i opaska przy jezdni	50,7
Punkt przy krawędzi kadru nad brzegiem jeziora (odczyt orientacyjny)	48,4
Połać dachowa zabudowy	47,5
Nadwozie ciemnego pojazdu na placu postojowym	47,3
Jezdnie i place o nawierzchni asfaltowej	37,6–46,1
Chodniki, place i parkingi z kostki betonowej	37,8–43,7
Nawierzchnia poliuretanowa boiska w pełnym słońcu	40,6
Elewacje tynkowane i ceglane	33,0–37,5
Betonowe płyty zejścia do jeziora	36,5
Ceglany mur wieży kościoła	34,1–36,1
Nawierzchnie w strefie cienia i półcienia	29,8–35,2
Nawierzchnia z kostki promenady nadjeziornej	33,5–33,8
Korony drzew i zieleń wysoka	28,2–31,4
Szpalery i żywopłoty	26,4–28,8
Roślinność brzegowa i szuwarowa	22,5–28,4
Trawniki i pobocza trawiaste	25,4–26,7
Tafla wody Jeziora Miejskiego	21,3

Źródło: opracowanie własne na podstawie terenowych badań termowizyjnych.

3. Konkluzja

Przeprowadzone badania potwierdzają występowanie powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła w Kisielicach. Podstawą sformułowanych wniosków są: analiza temperatury powierzchni czynnej z 13 scen satelitarnych Landsat z lat 2021–2026, inwentaryzacja powierzchni uszczelnionych i biologicznie czynnych na danych BDOT10k wraz z oceną zasobu drzew oraz terenowe pomiary termowizyjne wykonane na 14 stanowiskach. Analizy przestrzenne wskazały, gdzie zjawisko występuje w skali całego miasta, a pomiary terenowe dostarczyły bezpośrednich dowodów nagrzewania konkretnych materiałów i powierzchni.

Uzyskane wyniki odpowiadają klasycznemu ciągowi przyczynowo-skutkowemu powstawania miejskiej wyspy ciepła: wysoki udział powierzchni o dużej pojemności cieplnej i znikomej zdolności do parowania prowadzi do intensywnej absorpcji promieniowania słonecznego w ciągu dnia, magazynowania energii w materiałach budowlanych i jej stopniowego oddawania po zachodzie słońca. Zależność tę potwierdziły zarówno analizy satelitarne, wskazujące na zgodność ognisk wyspy ciepła z obszarami silnie uszczelnionymi i ubogimi w roślinność, jak i pomiary

terenowe, w których powierzchnie odsłonięte osiągały w obrębie jednego kadru temperatury od kilku do ponad dwudziestu pięciu stopni wyższe niż sąsiadujące z nimi powierzchnie zacienione, porośnięte roślinnością lub pokryte wodą.

Na te uwarunkowania nakłada się specyfika Kisielic. Jest to małe, zwarte miasto o wysokim średnim udziale powierzchni biologicznie czynnej (84,3 %), w którym natężenie zjawiska w skali całego obszaru pozostaje umiarkowane: nie wystąpiła ani jedna komórka klasy ekstremalnie wysokiej wskaźnika UHIER. Problem ma jednak wyraźnie lokalny charakter i koncentruje się w zwartym centrum na zachód od Jeziora Miejskiego, na terenach produkcyjnych i gospodarczych w północno-zachodniej i południowej części miasta oraz na rozległych placach i parkingach przy obiektach użyteczności publicznej. Jednocześnie społeczność miasta starzeje się: osoby w wieku poprodukcyjnym stanowią 23,5 % mieszkańców. Rekompensatę stanowią Jezioro Miejskie z promenadą i zielenią nadbrzeżną, zadrzewiona dolina cieku na południowo-wschodnim skraju miasta, ogrody przydomowe w zabudowie jednorodzinnej oraz tereny zieleni urządzonej, tworzące rezerwuar chłodu w bezpośrednim sąsiedztwie centrum.

3.1. Wpływ powierzchni uszczelnionych

Inwentaryzacja na danych BDOT10k wykazała, że powierzchnie uszczelnione zajmują średnio ok. 15,7 % powierzchni Kisielic, a obszary o udziale powierzchni biologicznie czynnej poniżej 25 % obejmują jedynie ok. 2 ha, czyli 0,7 % powierzchni miasta (por. podrozdz. 2.2). Rozmieszczenie obszarów najsilniej uszczelnionych pokrywa się z ogniskami powierzchniowej wyspy ciepła i z najniższymi wartościami wskaźnika NDVI: w zwartym centrum, gdzie uszczelnienie sięga 60–80 %, w pasie zabudowy produkcyjnej w północno-zachodniej części miasta, przy zabudowie handlowo-usługowej we wschodniej części oraz w zespołach zabudowy w części południowej i południowo-wschodniej. Przeciwnie, tereny o wysokim udziale powierzchni biologicznie czynnej w otoczeniu Jeziora Miejskiego, w dolinie cieku i w zabudowie jednorodzinnej z ogrodami należą do klas niskiej i średniej wskaźnika UHIER. Wyjątkiem są grunty orne w południowej części miasta, które mimo braku uszczelnienia osiągnęły najwyższą średnią temperaturę powierzchni (36,5 °C), co wskazuje, że w okresie po zbiorach także odsłonięta gleba działa jak powierzchnia silnie akumulująca ciepło.

Pomiary terenowe potwierdzają tę zależność w skali lokalnej. We wszystkich ujęciach obejmujących jednocześnie nawierzchnię utwardzoną i sąsiadującą z nią powierzchnię biologicznie czynną lub wodę różnica temperatury mieściła się w przedziale od 7,7 do 15,2 °C; najmniejsza dotyczyła promenady nadjeziornej zestawionej z trawnikiem, a największa płyt betonowych zejścia do jeziora zestawionych z taflą wody. Udział powierzchni uszczelnionych należy zatem traktować jako podstawowe kryterium typowania stref priorytetowych do działań

adaptacyjnych, a centrum miasta oraz tereny produkcyjne o uszczelnieniu powyżej 60 % jako strefy wymagające działań w pierwszej kolejności.

3.2. Identyfikacja obszarów problemowych

Na podstawie analiz przestrzennych i terenowych badań termowizyjnych wyodrębniono kategorie przestrzeni najsilniej narażonych na nasilenie miejskiej wyspy ciepła w Kisielicach. Do obszarów problemowych należą:

- **Zwarte centrum miasta na zachód od Jeziora Miejskiego:** największe ognisko powierzchniowej wyspy ciepła, z uszczelnieniem rzędu 60–80 % i udziałem powierzchni biologicznie czynnej spadającym do 40–60 %. Plac z kostki betonowej przed budynkiem z łukowym portalem nagrzewał się do 39,2–43,7 °C, a ceglany mur wieży kościelnej do 36,1 °C. Ograniczeniem dla działań jest tu ochrona historycznego układu urbanistycznego.
- **Place i parkingi przy obiektach użyteczności publicznej:** nawierzchnie z kostki betonowej i asfaltu nagrzewały się do 37,8–43,2 °C, chodnik przy elewacji budynku użyteczności publicznej do 40,6 °C, a nadwozie ciemnego samochodu do 47,3 °C. Miejsca postojowe są w większości pozbawione drzew, a zieleń występuje jedynie na ich obrzeżach.
- **Otoczenie remizy Ochotniczej Straży Pożarnej:** miejsce najwyższego odczytu w całym badaniu: metalowe bramy garażowe nagrzały się do 55,1 °C, a asfaltowy plac manewrowy do 37,6 °C. Nagrzewanie przegród metalowych obciąża termicznie także wnętrze obiektu, w którym stacjonują pojazdy ratownicze.
- **Ulice i otoczenie budynku administracji publicznej:** nasłoneczniony krawężnik i opaska przy jezdni osiągnęły 50,7 °C, a jezdnie asfaltowe 41,1–46,1 °C. Ulice pozbawione drzew przyulicznych stanowią liniowe źródła ciepła łączące poszczególne ogniska wyspy ciepła.
- **Boisko szkolne i przestrzenie użytkowane przez dzieci:** nawierzchnia poliuretanowa boiska nagrzewała się w części odsłoniętej do 40,6 °C wobec 29,8 °C w części zacienionej, a połać dachowa sąsiedniego obiektu do 47,5 °C. Przestrzeń ta służy grupie o podwyższonej wrażliwości na obciążenie cieplne.
- **Tereny zabudowy produkcyjnej i gospodarczej:** obszary w północno-zachodniej, południowej i południowo-wschodniej części miasta nie były objęte pomiarami terenowymi, lecz analizy przestrzenne wskazały w nich ogniska powierzchniowej wyspy ciepła, uszczelnienie przekraczające 80 %, jedyne w mieście obszary o udziale powierzchni biologicznie czynnej poniżej 25 % oraz najniższe wartości wskaźnika NDVI.
- **Ciągi spacerowe bez zacienienia:** nawierzchnia promenady nadjeziornej w pełnym słońcu nagrzała się do 33,8 °C, czyli do wartości wyraźnie wyższej niż otaczająca ją zieleń i woda.

Jednocześnie pomiary wskazały elementy, które skutecznie łagodzą zjawisko: Jezioro Miejskie (tafla wody 21,3 °C), roślinność szuwarową i brzegową (22,5–28,4 °C), trawniki i pobocza trawiaste (25,4–26,7 °C), szpalery drzew i żywopłoty (26,4–28,8 °C), korony drzew i zieleń wysoką

(28,2–31,4 °C) oraz powierzchnie w cieniu zabudowy i drzew (27,5–31,0 °C). Kontrast ten wyznacza kierunek działań adaptacyjnych: priorytetem jest wprowadzanie zacienienia, zieleni wysokiej o systemie gruntowym oraz rozwiązań wodnych dokładnie w tych przestrzeniach, które zidentyfikowano jako problemowe.

W skali całego miasta analiza danych satelitarnych potwierdziła, że najniższe klasy natężenia zjawiska występują w otoczeniu Jeziora Miejskiego, w zadrzewionej dolinie cieku na południowym wschodzie, w zabudowie jednorodzinnej z ogrodami we wschodniej części miasta oraz na polach i łąkach w części północnej, natomiast najwyższe w zwartym centrum, na terenach produkcyjnych w północno-zachodniej części miasta, przy zespole zabudowy na południowo-wschodnim skraju oraz na odsłoniętych gruntach ornych w części południowej.

3.3. Sposoby przeciwdziałania zjawisku miejskiej wyspy ciepła

Ograniczanie miejskiej wyspy ciepła opiera się przede wszystkim na rozwoju błękitno-zielonej infrastruktury oraz na konsekwentnym uwzględnianiu wymogów adaptacyjnych w planowaniu przestrzennym. Do najważniejszych kierunków działań w warunkach Kisielic należą:

- **Nasadzenia drzew o systemie gruntowym w przestrzeniach publicznych:** zieleń wysoka pozostaje najskuteczniejszym pojedynczym narzędziem łagodzenia zjawiska; trawnik w cieniu drzewa był o 12,4 °C chłodniejszy od sąsiedniego chodnika, a zacieniona nawierzchnia boiska o 10,8 °C chłodniejsza od części odsłoniętej. Priorytetem powinny być place w centrum, otoczenie obiektów użyteczności publicznej i boisko szkolne.
- **Przebudowa parkingów i placów postojowych:** wprowadzanie drzew w pasach i wyspach rozdzielających miejsca postojowe; szpaler drzew na obrzeżu parkingu utrzymywał 26,4 °C wobec 39,5 °C na asfalcie, jednak nie zacieniał samej płyty parkingu.
- **Rozszczelnianie nawierzchni:** zastępowanie zbędnych powierzchni nieprzepuszczalnych nawierzchniami przepuszczalnymi i ażurowymi, szczególnie na parkingach, placach manewrowych i w centrum, gdzie uszczelnienie sięga 60–80 %; rozwiązanie to zwiększa jednocześnie retencję wód opadowych.
- **Ograniczanie nagrzewania przegród metalowych i pokryć:** stosowanie jasnych, wysoko odbiciowych powłok na bramach, wiatach i pokryciach dachowych o dużej powierzchni oraz zielonych dachów na obiektach gospodarczych; metalowe bramy remizy osiągnęły 55,1 °C, a połać dachowa przy boisku 47,5 °C.
- **Zacienienie ciągów spacerowych i miejsc wypoczynku:** uzupełnienie zadrzewień wzdłuż promenady wokół Jeziora Miejskiego, której nasłoneczniona nawierzchnia nagrzewała się do 33,8 °C, oraz przy ławkach i miejscach wypoczynku w przestrzeni publicznej.
- **Ochrona istniejącej zieleni i wód:** zachowanie i uzupełnianie zadrzewień, szpalerów, trawników oraz roślinności brzegowej Jeziora Miejskiego przed likwidacją i utwardzaniem; tafla jeziora była o 15,2 °C chłodniejsza od przylegających płyt betonowych.

- **Ochrona korytarzy przewietrzania:** zachowanie drożności obniżenia Jeziora Miejskiego, doliny cieku na południowo-wschodnim skraju miasta oraz powiązań zieleni z otwartymi terenami rolnymi jako naturalnych dróg dopływu chłodniejszego powietrza do centrum.
- **Zadrzewienia śródpolne i pasy zieleni na obrzeżach:** wprowadzanie zadrzewień i pasów zieleni wzdłuż dróg i granic pól w południowej części miasta, gdzie odsłonięte grunty orne osiągały najwyższą średnią temperaturę powierzchni (36,5 °C), a w scenie z 14 sierpnia 2025 r. 41,6 °C.
- **Rozwój rozwiązań wodnych:** wprowadzanie poidełek, zdrojów i kurtyn wodnych w centrum oraz przy obiektach użyteczności publicznej, a także utrzymanie dobrego stanu Jeziora Miejskiego jako głównego rezerwuaru chłodu.
- **Planowanie przestrzenne i regulacje lokalne:** uwzględnianie wymogów adaptacyjnych w planie ogólnym gminy i w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, w szczególności przez ustalanie minimalnego udziału powierzchni biologicznie czynnej oraz wymogu zacieniania miejsc postojowych i placów.
- **Edukacja i działania informacyjne:** kampanie dotyczące zachowań w czasie fal upałów, korzyści z zazieleniania posesji i podwórek oraz ograniczania betonowania przestrzeni prywatnych, wpisujące się w profil Kisielic jako miasta sieci Cittaslow.

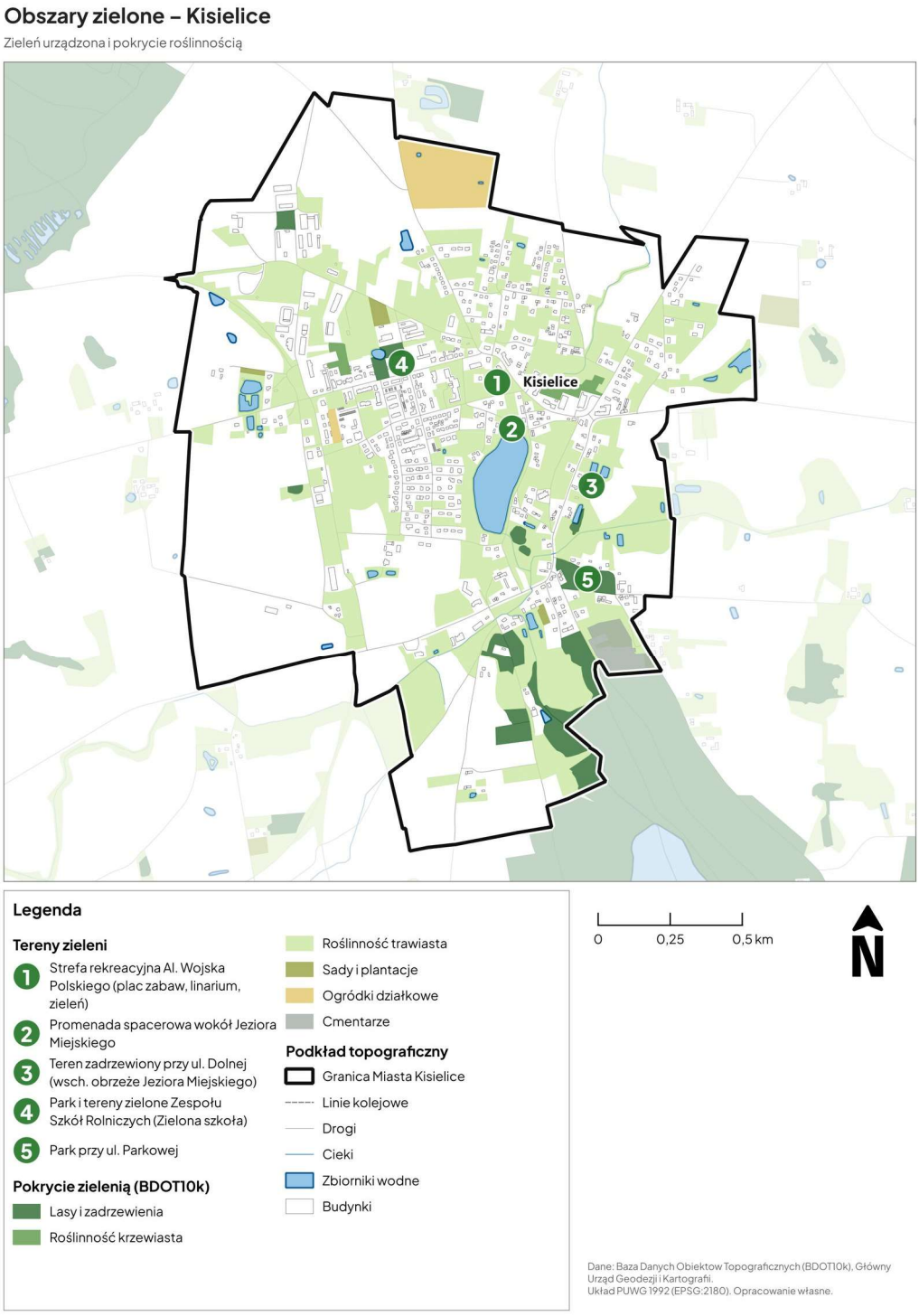
3.4. Rola zieleni i wody jako czynników łagodzących

Terenowe pomiary termowizyjne wykonane w Kisielicach dostarczyły ilościowych dowodów na kompensacyjne oddziaływanie błękitno-zielonej infrastruktury. We wszystkich badanych lokalizacjach powierzchnie pozostające w zasięgu koron drzew, porośnięte roślinnością lub pokryte wodą miały temperaturę wyraźnie niższą niż powierzchnie odsłonięte. Najwyraźniejsze kontrasty udokumentowano dla:

- wody otwartej: tafla Jeziora Miejskiego utrzymywała 21,3 °C wobec 36,5 °C na przylegających płytach betonowych, czyli o 15,2 °C mniej;
- roślinności brzegowej: szuwary nad brzegiem jeziora wskazały 22,5 °C wobec 33,5 °C na nawierzchni promenady (różnica 11,0 °C);
- trawników i poboczy: pobocze trawiaste utrzymywało 25,4 °C wobec 38,7 °C na jezdni asfaltowej (różnica 13,3 °C), a trawnik w cieniu drzewa 26,5 °C wobec 38,9 °C na chodniku (różnica 12,4 °C);
- szpalerów i żywopłotów: szpaler drzew o formowanych koronach wskazał 26,4 °C wobec 39,5 °C na asfalcie parkingu (różnica 13,1 °C), a szpaler krzewów iglastych 28,8 °C wobec 41,1 °C na jezdni (różnica 12,3 °C);
- zacienienia: kostka betonowa placu w cieniu budynku utrzymywała 31,0 °C wobec 43,7 °C w pełnym słońcu (różnica 12,7 °C), a jezdnia w cieniu koron drzew 35,2 °C wobec 38,7 °C (różnica 3,5 °C);
- zieleni wysokiej przy obiektach: zieleń zamykająca plac manewrowy remizy wskazała 29,1 °C wobec 55,1 °C na metalowych bramach garażowych (różnica 26,0 °C).

Zestawienie tych obserwacji dowodzi, że woda, zieleń wysoka, trawniki i zacienienie są najskuteczniejszymi narzędziami łagodzenia miejskiej wyspy ciepła w skali lokalnej; udokumentowane różnice temperatury powierzchni mieściły się w przedziale od 3,5 do 26,0 °C. Szczególne znaczenie dla stabilizacji termicznej Kisielic ma Jezioro Miejskie wraz z promenadą i zielenią nadbrzeżną, położone w bezpośrednim sąsiedztwie centrum.

Uzupełnieniem oceny jest rozmieszczenie terenów zieleni urządzonej. W granicach miasta wyróżniono pięć takich terenów, skupionych wokół centrum i Jeziora Miejskiego, uzupełnionych przez zadrzewienia w dolinie cieku na południowym wschodzie, ogródki działkowe na północnym skraju miasta oraz rozległe powierzchnie roślinności trawiastej. Ich rozmieszczenie sprawia, że większość mieszkańców centrum ma w zasięgu krótkiego dojścia teren zieleni lub brzeg jeziora; najsłabiej wyposażone w zieleń urządzoną pozostają tereny produkcyjne w północno-zachodniej części miasta oraz zabudowa w części południowo-zachodniej, w sąsiedztwie gruntów ornych. Mapa terenów zielonych na terenie miasta Kisielice została zamieszczona w załączniku II – Koncepcja zazielenienia miasta Kisielice.



Rysunek 37. Obszary zielone i tereny zieleni urządzonej w Kisielicach

Źródło: opracowanie własne na podstawie BDOT10k (GUGiK).

Tabela 4. Tereny zieleni urządzonej w Kisielicach

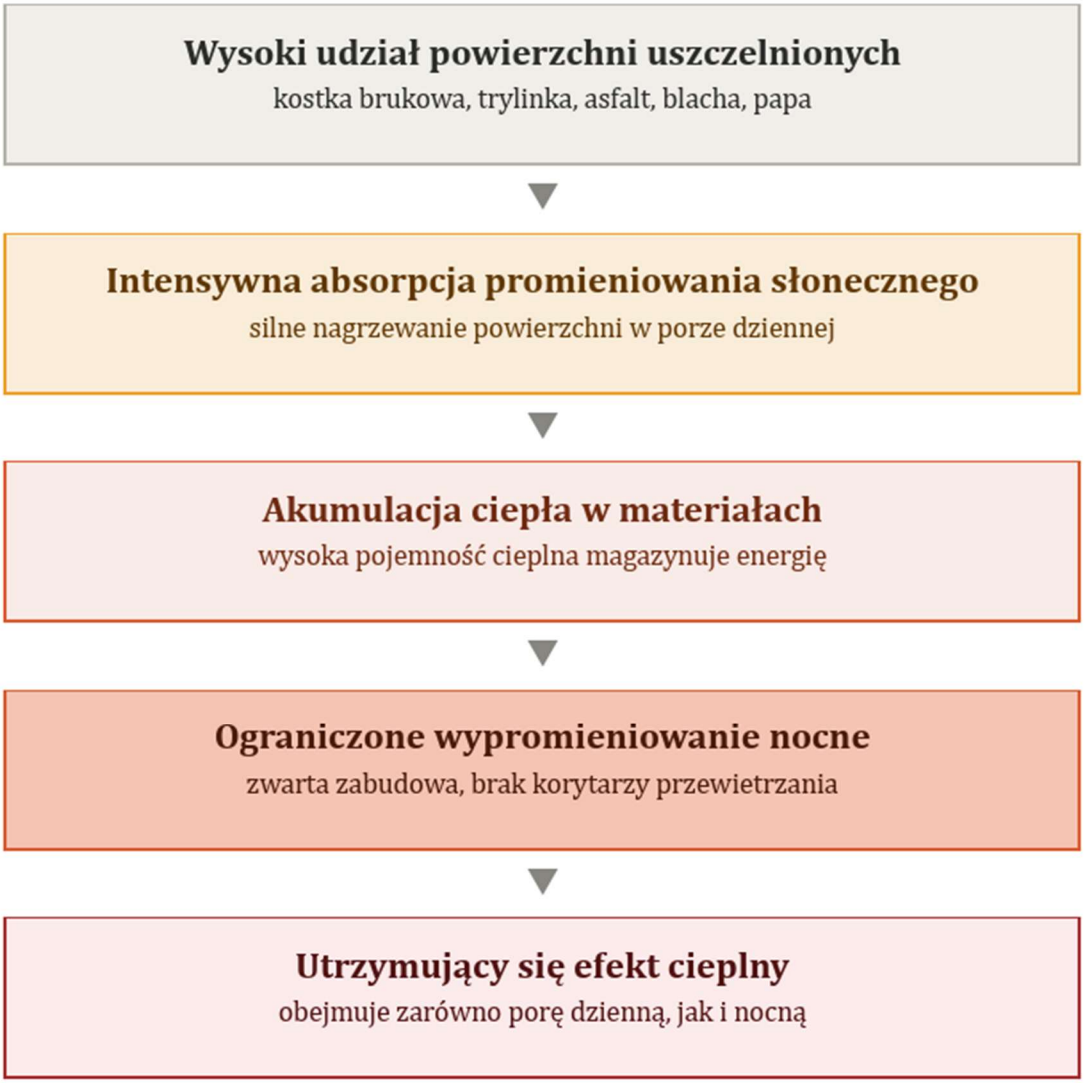
Nr	Teren zieleni	Charakter
1	Strefa rekreacyjna przy Al. Wojska Polskiego	plac zabaw, linarium, zieleń urządzona
2	Promenada spacerowa wokół Jeziora Miejskiego	ciąg pieszy z zielenią nadbrzeżną
3	Teren zadrzewiony przy ul. Dolnej	zadrzewienie na wschodnim obrzeżu Jeziora Miejskiego
4	Park i tereny zielone Zespołu Szkół Rolniczych	zieleń przyszkolna (Zielona szkoła)
5	Park przy ul. Parkowej	park z zielenią wysoką

Źródło: opracowanie własne na podstawie BDOT10k (GUGiK).

4. Wnioski końcowe i rekomendacje

Zjawisko miejskiej wyspy ciepła w Kisielicach ma charakter wyraźnie zróżnicowany przestrzennie. Analiza danych satelitarnych wskazała kilka ognisk powierzchniowej wyspy ciepła: w zwartym centrum na zachód od Jeziora Miejskiego, w pasie zabudowy produkcyjnej w północno-zachodniej części miasta, przy zabudowie handlowo-usługowej we wschodniej części oraz w zespołach zabudowy w części południowej i południowo-wschodniej. Terenowe pomiary termowizyjne wykonane na 14 stanowiskach potwierdziły silne nagrzewanie powierzchni sztucznych na placach i parkingach przy obiektach użyteczności publicznej, w otoczeniu remizy Ochotniczej Straży Pożarnej, na boisku szkolnym oraz w ulicach pozbawionych drzew. Rejony te kontrastują z chłodnym tłem termicznym Jeziora Miejskiego, zadrzewionej doliny cieku i ogrodów przydomowych, a w skali lokalnej ze szpalerami drzew, trawnikami i powierzchniami zacienionymi.

Mechanizm powstawania zjawiska odpowiada klasycznemu ciągowi przyczynowo-skutkowemu:



Terenowe pomiary dostarczyły empirycznego potwierdzenia tego mechanizmu. Powierzchnie odsłonięte i eksponowane na promieniowanie słoneczne osiągały wysokie temperatury: do 55,1 °C w przypadku metalowych bram garażowych remizy, 50,7 °C dla nasłonecznionego krawężnika przy jezdni, 47,5 °C dla połaci dachowej, 47,3 °C dla nadwozia samochodu, 37,6–46,1 °C dla jezdni i placów asfaltowych, 37,8–43,7 °C dla nawierzchni z kostki betonowej oraz 40,6 °C dla nawierzchni boiska. Odczyty 55,0 °C i 48,4 °C, zarejestrowane punktowo na niewielkich elementach, mają charakter orientacyjny i nie zostały wykorzystane w porównaniach. Jednocześnie badania wykazały wymierne oddziaływanie kompensacyjne wody, zieleni i cienia: tafla jeziora utrzymywała 21,3 °C, roślinność brzegowa 22,5–28,4 °C, trawniki i pobocza 25,4–26,7 °C, szpalery i żywopłoty 26,4–28,8 °C, a powierzchnie zacienione 27,5–31,0 °C, a więc od kilku do ponad dwudziestu pięciu stopni mniej niż sąsiadujące z nimi powierzchnie odsłonięte.

W kontekście prognozowanych zmian klimatu znaczenie tych ustaleń rośnie. Zgodnie z projekcjami przedstawionymi w Załączniku 1, w scenariuszu RCP 8,5 liczba dni upalnych w rejonie Kisielic wzrośnie z ok. 6,81 w dekadzie 2025–2034 do ok. 9,57 w latach 2061–2070, liczba dni gorących z ok. 34,66 do ok. 43,70, a liczba nocy tropikalnych z ok. 2,67 do ok. 4,66, czyli o ok. 75 %. W scenariuszu RCP 4,5 liczba dni upalnych wzrośnie z ok. 7,97 do ok. 10,27, dni gorących z ok. 35,57 do ok. 40,25, a nocy tropikalnych z ok. 3,18 do ok. 4,47, czyli o ok. 41 %. Przyrost liczby nocy tropikalnych dotyczy dokładnie tych sytuacji, w których miejska wyspa ciepła najsilniej oddziałuje na zdrowie mieszkańców, ponieważ miasto nie wychładza się wówczas dostatecznie. Dane historyczne ze stacji Olsztyn z lat 1993–2025 wskazują na rosnący trend liczby dni upalnych i dni gorących: średnio notowano 4,9 dnia upalnego w roku, z maksimum 13 dni w latach 1994 i 2010, a liczba dni gorących wzrosła z 15 w latach 1998 i 2004 do rekordowych 63 w 2024 r., przy średniej 32,5 dnia. Noce tropikalne wystąpiły w siedmiu latach analizowanego okresu (maksymalnie 4 w roku), a absolutne maksimum temperatury powietrza wyniosło 36,0 °C (1994 r.). Udział silnie nagrzewających się powierzchni sztucznych, przy niewielkim udziale zieleni wysokiej w ogniskach wyspy ciepła, należy zatem traktować jako kluczowe kryterium typowania stref priorytetowych do działań adaptacyjnych.

Skuteczne łagodzenie zjawiska wymaga skoordynowanego wdrażania błękitno-zielonej infrastruktury, w szczególności:

- zacienienia placów w centrum miasta i otoczenia obiektów użyteczności publicznej drzewami o systemie gruntowym, ponieważ kostka betonowa w cieniu była o 12,7 °C chłodniejsza od nawierzchni w pełnym słońcu;
- przebudowy parkingów i placów postojowych z wprowadzeniem drzew w pasach i wyspach rozdzielających miejsca postojowe, gdzie asfalt nagrzewał się do 43,2 °C, a nadwozia samochodów do 47,3 °C;
- stosowania jasnych powłok o wysokim współczynniku odbicia na metalowych bramach, wiatach i pokryciach dachowych, w tym na bramach remizy Ochotniczej Straży Pożarnej, które osiągnęły 55,1 °C;
- zacienienia boiska szkolnego i miejsc wypoczynku dzieci zielenią wysoką lub zadaszeniami, ponieważ odsłonięta nawierzchnia boiska była o 10,8 °C cieplejsza od części zacienionej;
- uzupełnienia zadrzewień wzdłuż ulic i promenady wokół Jeziora Miejskiego, gdzie szpalery i korony drzew obniżały temperaturę powierzchni o 3,5–13,1 °C;
- ochrony Jeziora Miejskiego, roślinności brzegowej i zadrzewionej doliny cieku jako głównego rezerwuaru chłodu i korytarza przewietrzania miasta, ponieważ tafla wody była o 15,2 °C chłodniejsza od przylegającej nawierzchni betonowej;
- rozszczelniania nawierzchni w centrum i na terenach produkcyjnych, gdzie uszczelnienie przekracza 60 %, a lokalnie 80 %, z jednoczesnym zwiększeniem retencji wód opadowych;

- wprowadzania zadrzewień i pasów zieleni na obrzeżach graniczących z gruntami ornymi, które osiągały średnio 36,5 °C, a w pojedynczych terminach ponad 40 °C;
- uwzględniania wymogów adaptacyjnych w planie ogólnym gminy i w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, w szczególności przez ustalanie minimalnego udziału powierzchni biologicznie czynnej, który obecnie wynosi średnio 84,3 %, ale w centrum spada do 40–60 %;
- rozszerzenia terenowych badań termowizyjnych o tereny produkcyjne, które według analiz satelitarnych należą do ognisk wyspy ciepła i mają uszczelnienie powyżej 80 %, oraz o sesję wieczorną i nocną, pozwalającą ocenić tempo wychładzania zabudowy.

Działania te powinny być wdrażane priorytetowo w rejonach zidentyfikowanych jako problemowe: w zwartym centrum na zachód od Jeziora Miejskiego, na placach i parkingach przy obiektach użyteczności publicznej, w otoczeniu remizy Ochotniczej Straży Pożarnej i boiska szkolnego, w ulicach pozbawionych drzew oraz na terenach produkcyjnych w północno-zachodniej i południowej części miasta. Wyłącznie zintegrowane podejście, łączące planowanie przestrzenne, inwestycje w zieleń i wodę, rozwiązania techniczne oraz edukację mieszkańców, pozwoli skutecznie ograniczyć nasilenie miejskiej wyspy ciepła i podnieść jakość życia mieszkańców Kisielic w warunkach zmieniającego się klimatu.

Spis rysunków

Rysunek 1. Średnia temperatura powierzchni (LST) w Kisielicach, średnia z 13 scen termalnych 11
Rysunek 2. Temperatura powierzchni (LST) w Kisielicach w dniu 14 sierpnia 2025 r. 13
Rysunek 3. Powierzchniowa miejska wyspa ciepła (LCL SUHI) w Kisielicach, średnia z 13 scen termalnych 15
Rysunek 4. Intensywność miejskiej wyspy ciepła (UHIER) w Kisielicach, średnia z 13 scen termalnych 17
Rysunek 5. Wskaźnik zieleni NDVI w Kisielicach, średnia z 13 scen 19
Rysunek 6. Udział powierzchni uszczelnionych w Kisielicach 21
Rysunek 7. Udział powierzchni biologicznie czynnej w Kisielicach 22
Rysunek 8. Zagęszczenie drzew w Kisielicach 23
Rysunek 9. Termogram: parking z kostki betonowej z miejscem postojowym dla osób z niepełnosprawnościami, zieleń wysoka w tle 25
Rysunek 10. Fotografia sceny: parking z kostki betonowej z miejscem postojowym dla osób z niepełnosprawnościami, zieleń wysoka w tle 26
Rysunek 11. Termogram: miejsca postojowe z pojazdami na placu z kostki betonowej przy zabudowie gospodarczej 27
Rysunek 12. Fotografia sceny: miejsca postojowe z pojazdami na placu z kostki betonowej przy zabudowie gospodarczej 27
Rysunek 13. Termogram: parking o nawierzchni asfaltowej z rzędem pojazdów i szpalerem drzew o formowanych koronach 28
Rysunek 14. Fotografia sceny: parking o nawierzchni asfaltowej z rzędem pojazdów i szpalerem drzew o formowanych koronach 28
Rysunek 15. Termogram: chodnik z kostki betonowej i plac postojowy przy budynku użyteczności publicznej 29
Rysunek 16. Fotografia sceny: chodnik z kostki betonowej i plac postojowy przy budynku użyteczności publicznej 29
Rysunek 17. Termogram: trawnik w cieniu korony drzewa, ciąg pieszy z kostki i jezdnia w pełnym słońcu 30
Rysunek 18. Fotografia sceny: trawnik w cieniu korony drzewa, ciąg pieszy z kostki i jezdnia w pełnym słońcu 30
Rysunek 19. Termogram: budynek z masztami flagowymi, chodnik z kostki, krawężnik i jezdnia asfaltowa 31

Rysunek 20. Fotografia sceny: budynek z masztami flagowymi, chodnik z kostki, krawężnik i jezdnia asfaltowa 32
Rysunek 21. Termogram: boisko wielofunkcyjne o nawierzchni poliuretanowej przy ceglanym budynku szkolnym, strefa zacieniona i nasłoneczniona 33
Rysunek 22. Fotografia sceny: boisko wielofunkcyjne o nawierzchni poliuretanowej przy ceglanym budynku szkolnym, strefa zacieniona i nasłoneczniona 33
Rysunek 23. Termogram: remiza Ochotniczej Straży Pożarnej w Kisielicach z metalowymi bramami garażowymi i asfaltowym placem manewrowym 34
Rysunek 24. Fotografia sceny: remiza Ochotniczej Straży Pożarnej w Kisielicach z metalowymi bramami garażowymi i asfaltowym placem manewrowym 34
Rysunek 25. Termogram: ceglana wieża kościoła parafialnego pw. Matki Bożej Królowej Świata i korona drzewa 35
Rysunek 26. Fotografia sceny: ceglana wieża kościoła parafialnego pw. Matki Bożej Królowej Świata i korona drzewa 35
Rysunek 27. Termogram: ulica osiedlowa z budynkiem wielorodzinnym i szpalerem krzewów iglastych 36
Rysunek 28. Fotografia sceny: ulica osiedlowa z budynkiem wielorodzinnym i szpalerem krzewów iglastych 37
Rysunek 29. Termogram: plac z kostki betonowej przed budynkiem z łukowym portalem, strefa nasłoneczniona i zacieniona 38
Rysunek 30. Fotografia sceny: plac z kostki betonowej przed budynkiem z łukowym portalem, strefa nasłoneczniona i zacieniona 38
Rysunek 31. Termogram: droga o nawierzchni asfaltowej z poboczem trawiastym i zadrzewieniem przydrożnym 39
Rysunek 32. Fotografia sceny: droga o nawierzchni asfaltowej z poboczem trawiastym i zadrzewieniem przydrożnym 39
Rysunek 33. Termogram: promenada z kostki betonowej wzdłuż brzegu Jeziora Miejskiego, trawnik i roślinność szuwarowa 40
Rysunek 34. Fotografia sceny: promenada z kostki betonowej wzdłuż brzegu Jeziora Miejskiego, trawnik i roślinność szuwarowa 40
Rysunek 35. Termogram: betonowe płyty zejścia do Jeziora Miejskiego, tafla wody i roślinność brzegowa 41
Rysunek 36. Fotografia sceny: betonowe płyty zejścia do Jeziora Miejskiego, tafla wody i roślinność brzegowa 42
Rysunek 37. Obszary zielone i tereny zieleni urządzonej w Kisielicach 50

Spis tabel

Tabela 1. Zestawienie scen satelitarnych włączonych do analizy LST**Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.**

Tabela 2. Podstawowe wskaźniki pokrycia terenu w Kisielicach 24

Tabela 3. Zestawienie scen objętych terenowymi badaniami termowizyjnymi (31 lipca 2026 r.) 43

Tabela 4. Najwyższe odczyty temperatury powierzchni według typu powierzchni i obiektu (terenowe badania termowizyjne, 31 lipca 2026 r.) 44

Tabela 5. Tereny zieleni urządzonej w Kisielicach 51

Załącznik II.
Koncepcja zazieleniania miasta Kisielice



Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską

ZAMAWIAJĄCY

Gmina Kisielice

ul. Daszyńskiego 5,
14-220 Kisielice

WYKONAWCA

Energia dla Miast Sp. z o.o.

os. Kalinowe 17
31-815 Kraków

tel.: 662 239 612
e-mail: biuro@energiadlamiast.pl

OPRACOWANIE

Kamil Krzoski

Anna Owsikowska

Katarzyna Płonka-Peła

Dawid Woźnicki

Spis treści

1. Wstęp – zarys koncepcji zazieleniania miasta 4
1.1 Cel i zakres opracowania koncepcji 5
1.2 Rola błękitno-zielonej infrastruktury w przestrzeni miejskiej 6
2. Stan aktualny – ocena zasobów błękitno-zielonej infrastruktury 10
2.1 Charakterystyka stanu zasobów błękitno-zielonej infrastruktury miasta Kisielice 10
2.2 Charakterystyka zieleni miejskiej w Kisielicach 12
2.3 Ocena stanu aktualnego elementów błękitno-zielonej infrastruktury 19
3. Kluczowe zagrożenia adaptacyjne wynikające ze specyfiki miasta Kisielice 21
3.1 Konsekwencje zmian klimatu 22
3.2 Jezioro miejskie i dolina Gardęgi – wrażliwe elementy systemu wodnego 23
3.3 Struktura przestrzenna miasta i presja na tereny otwarte 24
4. Analiza SWOT 25
4.1 Analiza mocnych stron miasta w zakresie obszarów zielonych 25
4.2 Analiza słabych stron miasta w zakresie obszarów zielonych 26
4.3 Analiza szans w rozbudowie obszarów zielonych 27
4.4 Analiza zagrożeń rozwoju obszarów zielonych 28
5. Wybrane kierunki działań 28
5.1 Zielony pierścień wokół jeziora miejskiego 29
5.2 Zielone Stare Miasto – rewaloryzacja zieleni w historycznym centrum 30
5.3 Rozwój zieleni w obrębie ciągów komunikacyjnych 31
5.4 Zieleń osiedlowa i przydomowa – program dla zabudowy jednorodzinnej 32
5.5 Inwestycje w rozwój zieleni o charakterze retencyjnym 32
5.6 Dolina Gardęgi i tereny otwarte – korytarz ekologiczny i strefa buforowa miasta 33
5.7 Wsparcie rozwoju bioróżnorodności 34
5.8 Intensyfikacja działań edukacyjnych i partycypacyjnych 34
5.9 Usystematyzowane podjęcie problematyki BZI w polityce rozwoju gminy 35
6. Monitoring i system zarządzania 36
7. Katalog dobrych praktyk 37
7.1 Przydrożne pasaże roślinne 37
7.2 Nawierzchnie utwardzone 37
7.3 Łąki kwietne 38
7.4 Dobór materiału roślinnego 39
8. Konkluzje 43
Spis ilustracji 45
Spis tabel 45

1. Wstęp – zarys koncepcji zazieleniania miasta

Rolę zieleni w procesach planowania przestrzennego oraz kształtowania struktur miejskich zaczęto dostrzegać już na przełomie XIX i XX stulecia, jednak początkowo postrzegano ją głównie przez pryzmat funkcji porządkujących i estetycznych. Dopiero przemiany związane z tzw. „zielonym przełomem" lat 70. i 80. XX wieku, wzmocnione publikacją alarmujących raportów ekologicznych, doprowadziły do wyraźnego zaakcentowania przyrodniczego i ekologicznego znaczenia przestrzeni miejskiej. Z czasem dostrzeżono, że lokalne ekosystemy stanowią miejski kapitał naturalny, a narzędzia projektowania zrównoważonych systemów muszą łączyć potrzeby mieszkańców (jakość życia, dostępność usług) z ekologicznymi podstawami funkcjonowania środowiska. Koncepcja zazieleniania miasta stanowi jeden z kluczowych instrumentów osiągania tych celów i jeden z filarów realizacji Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu (MPA), ukierunkowanego na wzmacnianie odporności miasta oraz kształtowanie bezpiecznego, zdrowego i przyjaznego środowiska życia. Opracowanie służy budowie spójnego i efektywnego systemu błękitno-zielonej infrastruktury, rozumianej jako istotny element rozwoju miasta, odpowiadający zarówno na skutki zmian klimatu, jak i na potrzeby społeczne, środowiskowe oraz przestrzenne.

Dokument został przygotowany w oparciu o analizę uwarunkowań przestrzennych, przyrodniczych i społecznych występujących na obszarze miasta Kisielice, a jego założenia pozostają bezpośrednio powiązane z celami strategicznymi Miejskiego Planu Adaptacji. W szczególności koncepcja wspiera:

- wzmacnianie odporności miasta na ekstremalne zjawiska pogodowe – fale upałów, susze i opady nawalne,
- rozwój rozwiązań opartych na błękitno-zielonej infrastrukturze, dostosowanych do skali małego miasta,
- powiązanie działań adaptacyjnych z polityką przestrzenną gminy (plan ogólny, miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego) i procesami inwestycyjnymi.

Istotnym elementem koncepcji jest typologia interwencji, która umożliwia przygotowanie konkretnych przedsięwzięć z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań, charakteru poszczególnych przestrzeni oraz zakładanych efektów środowiskowych i społecznych. Opracowanie obejmuje ponadto wytyczne odnoszące się do sposobu zarządzania i utrzymania zieleni, zasad finansowania planowanych działań, a także standardów technicznych i przyrodniczych. Działania adaptacyjne zostały szerzej omówione w głównym dokumencie MPA.

W przyjętym podejściu zieleń miejska nie została potraktowana wyłącznie jako element podnoszący walory estetyczne przestrzeni, lecz jako podstawowa infrastruktura służąca ochronie

zdrowia, poprawie bezpieczeństwa oraz zwiększeniu komfortu życia mieszkańców. W warunkach Kisielic – miasta liczącego niespełna dwa tysiące mieszkańców, o zwartym historycznym rdzeniu i przewadze zabudowy jednorodzinnej – skuteczna realizacja założeń koncepcji będzie wymagała przede wszystkim sprawnej współpracy pomiędzy Urzędem Miejskim, Przedsiębiorstwem Usług Komunalnych Sp. z o.o. oraz jednostkami oświatowymi, wdrożenia prostego systemu monitoringu realizacji MPA, zabezpieczenia stabilnych źródeł finansowania (w tym środków europejskich dostępnych m.in. dla miast sieci Cittaslow), a także aktywnego włączenia mieszkanek i mieszkańców w proces wdrażania zmian – w małym mieście to właśnie zieleń przydomowa i sąsiedzka decyduje o jakości systemu w równym stopniu, co inwestycje publiczne.

W konsekwencji Koncepcja zazieleniania miasta Kisielice może stanowić praktyczne narzędzie planistyczne i wdrożeniowe, służące jako podstawa do przygotowywania projektów inwestycyjnych, ubiegania się o dofinansowanie zewnętrzne oraz podejmowania decyzji dotyczących zagospodarowania przestrzennego. Realizacja jej założeń stworzy warunki do tego, aby Kisielice – znane w Polsce i Europie jako gmina samowystarczalna energetycznie – stały się również miastem odpornym na skutki zmian klimatu, bogatszym przyrodniczo i lepiej przygotowanym na wyzwania kolejnych dekad.

1.1 Cel i zakres opracowania koncepcji

Głównym celem koncepcji jest wyznaczenie kierunków rozwoju, przekształcania i utrzymania terenów zieleni na obszarze miasta Kisielice w sposób sprzyjający zwiększaniu odporności miasta na skutki zmiany klimatu, podnoszeniu jakości życia mieszkanek i mieszkańców, a także wzmacnianiu walorów przyrodniczych, krajobrazowych i społecznych przestrzeni miejskiej. Kluczowym zadaniem jest zapewnienie świadomego, skoordynowanego i efektywnego włączania błękitno-zielonej infrastruktury w strukturę funkcjonalno-przestrzenną miasta oraz stworzenie warunków dla jej właściwego utrzymania i trwałego funkcjonowania.

Zakres przestrzenny opracowania obejmuje wyłącznie miasto Kisielice w jego granicach administracyjnych (ok. 3,37 km^2)[1], stanowiące ośrodek administracyjny, edukacyjny i usługowy gminy miejsko-wiejskiej Kisielice. Tereny wiejskie gminy – w tym jeziora Goryńskie, Dłużek i Trupel, Obszar Chronionego Krajobrazu Jeziora Goryńskiego oraz kompleksy leśne – zostały uwzględnione jedynie jako otoczenie przyrodnicze i krajobrazowe miasta, istotne dla ciągłości powiązań ekologicznych. Zakres merytoryczny załącznika obejmuje przede wszystkim ocenę aktualnego stanu systemu zieleni miejskiej, elementów błękitno-zielonej infrastruktury oraz uwarunkowań przyrodniczo-przestrzennych występujących na terenie miasta. Opracowanie identyfikuje najważniejsze zagrożenia i wyzwania związane z utrzymaniem oraz rozwojem zieleni

[1] Główny Urząd Statystyczny, Bank Danych Lokalnych – powierzchnia geodezyjna miasta Kisielice.

w warunkach postępujących zmian klimatu, a także formułuje kierunki działań pozostające w zgodzie z założeniami MPA oraz lokalnymi dokumentami strategicznymi i planistycznymi, w tym Strategią Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040[2], planem ogólnym Miasta i Gminy Kisielice uchwalonym 26 sierpnia 2026 r.[3] (który zastąpił Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego z 2020 r.) oraz miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego, które pokrywają ponad 99% powierzchni miasta.

Podstawę opracowania stanowiły dane i analizy zgromadzone w ramach przygotowania MPA dla Kisielic – w szczególności wyniki analiz klimatycznych i hydrologicznych (Załącznik I) oraz analiza zjawiska miejskiej wyspy ciepła oparta na badaniach termowizyjnych (Załącznik V) – przegląd obowiązujących dokumentów planistycznych i środowiskowych gminy, Raport o stanie Gminy Kisielice za rok 2024[4], a także analiza dobrych praktyk dotyczących błękitno-zielonej infrastruktury oraz adaptacji miast do zmian klimatu. W efekcie dokument pełni rolę narzędzia wspierającego działania inwestycyjne, planistyczne, edukacyjne i partycypacyjne realizowane przez Gminę Kisielice oraz jej jednostki organizacyjne.

1.2 Rola błękitno-zielonej infrastruktury w przestrzeni miejskiej

Zieloną infrastrukturę (ZI) należy rozumieć jako planowany i zarządzany układ obszarów naturalnych, półnaturalnych oraz innych elementów środowiska, którego zadaniem jest realizowanie szerokiego zakresu usług ekosystemowych. Obejmuje ona zarówno tereny zielone, jak i – w odniesieniu do ekosystemów wodnych – komponenty „niebieskie", a także pozostałe elementy fizyczne występujące na obszarach lądowych, przybrzeżnych i morskich; w ujęciu lądowym występuje zarówno w przestrzeni wiejskiej, jak i miejskiej. Założenia europejskiej polityki w zakresie zielonej infrastruktury akcentują potrzebę jej ochrony, odtwarzania, tworzenia i wzmacniania, wskazując, że stanowi ona skuteczne narzędzie generowania korzyści środowiskowych, gospodarczych i społecznych, a zarazem ogranicza konieczność nadmiernego opierania się na infrastrukturze „szarej", która nierzadko wiąże się z wyższymi kosztami budowy i eksploatacji.

Koncepcja zielonej infrastruktury opiera się na kilku podstawowych zasadach, do których zalicza się przede wszystkim integrację poszczególnych komponentów środowiska, ich wielofunkcyjność, zapewnienie spójności i wzajemnych powiązań, hierarchiczny charakter rozwiązań ujmowanych

[2] Strategia Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040, przyjęta Uchwałą nr XXX/171/2026 Rady Miejskiej w Kisielicach z dnia 25 czerwca 2026 r.
[3] Uchwała nr XXXIII/184/2026 Rady Miejskiej w Kisielicach z dnia 26 sierpnia 2026 r. w sprawie uchwalenia planu ogólnego Miasta i Gminy Kisielice.
[4] Raport o stanie Gminy Kisielice za rok 2024, przedłożony Radzie Miejskiej w Kisielicach Zarządzeniem nr 49/2025 Burmistrza Kisielic z dnia 30 maja 2025 r.

w różnych skalach przestrzennych oraz dywersyfikację struktur tworzących cały system. W literaturze przedmiotu podkreśla się przy tym, że układ zielonej infrastruktury powinien być kształtowany hierarchicznie – od poziomu kontynentalnego, przez skalę regionalną i lokalną, aż po skalę pojedynczego miejsca – a dobór elementów tworzących ten system musi być każdorazowo dostosowany do poziomu analizy i charakteru przestrzeni. W przypadku małego miasta, jakim są Kisielice, skala lokalna i skala pojedynczego miejsca mają znaczenie decydujące, natomiast powiązania ponadlokalne zapewnia otaczający miasto krajobraz rolniczy z zadrzewieniami śródpolnymi oraz przebiegający przez gminę korytarz ekologiczny Lasy Iławskie – Bory Tucholskie (GKPn-14A)[5].

W warunkach miejskich podstawę zielonej infrastruktury stanowią przede wszystkim większe układy zieleni, takie jak parki, lasy komunalne, użytki ekologiczne czy obszary objęte ochroną, a także systemy hydrograficzne, w tym doliny rzeczne, cieki, zbiorniki wodne, tereny zalewowe i mokradła. To właśnie te elementy bardzo często wyznaczają przebieg miejskich korytarzy ekologicznych i tworzą zasadniczy szkielet systemu przyrodniczego miasta. Układ ten uzupełniają mniejsze tereny zieleni urządzonej, w szczególności skwery, zieleńce, parki kieszonkowe, ogrody działkowe, cmentarze z dojrzałym drzewostanem, aleje oraz skupiska drzew i krzewów, które pełnią istotną rolę siedliskową dla wielu gatunków zwierząt.

Dopełnieniem systemu są również rozwiązania umożliwiające zachowanie ciągłości ekologicznej, takie jak ekodukty czy zielone mosty, pozwalające na łączenie rozproszonych struktur zieleni i wspierające migrację zwierząt. Istotne znaczenie mają ponadto elementy niskiej zieleni powiązane z infrastrukturą techniczną i komunikacyjną, w tym przepuszczalne nawierzchnie parkingów czy łąki kwietne, które – w przeciwieństwie do tradycyjnych trawników – przyczyniają się do wyraźnego zwiększenia bioróżnorodności. Ważnym komponentem są także rozwiązania służące zagospodarowaniu wód opadowych na powierzchni terenu, takie jak rowy bioretencyjne, zbiorniki oraz niecki retencyjno-infiltracyjne czy ogrody deszczowe. Coraz większą rolę odgrywa również zielona architektura, zwłaszcza zielone dachy i ogrody wertykalne, które umożliwiają wprowadzanie funkcji przyrodniczych także tam, gdzie dostęp do gruntu jest ograniczony.

Pojęcie błękitno-zielonej infrastruktury (BZI) odnosi się zasadniczo do tego samego katalogu elementów, jednak silniej akcentuje równorzędne znaczenie oraz wzajemne zależności pomiędzy strukturami zieleni i wody. Koncepcje miejskich sieci błękitno-zielonych koncentrują się na ochronie, planowaniu i projektowaniu tych elementów w ścisłym powiązaniu z krajobrazem miasta oraz układem wielofunkcyjnych przestrzeni publicznych. Ich cele nie ograniczają się wyłącznie do poprawy estetyki czy porządkowania przestrzeni, lecz obejmują również

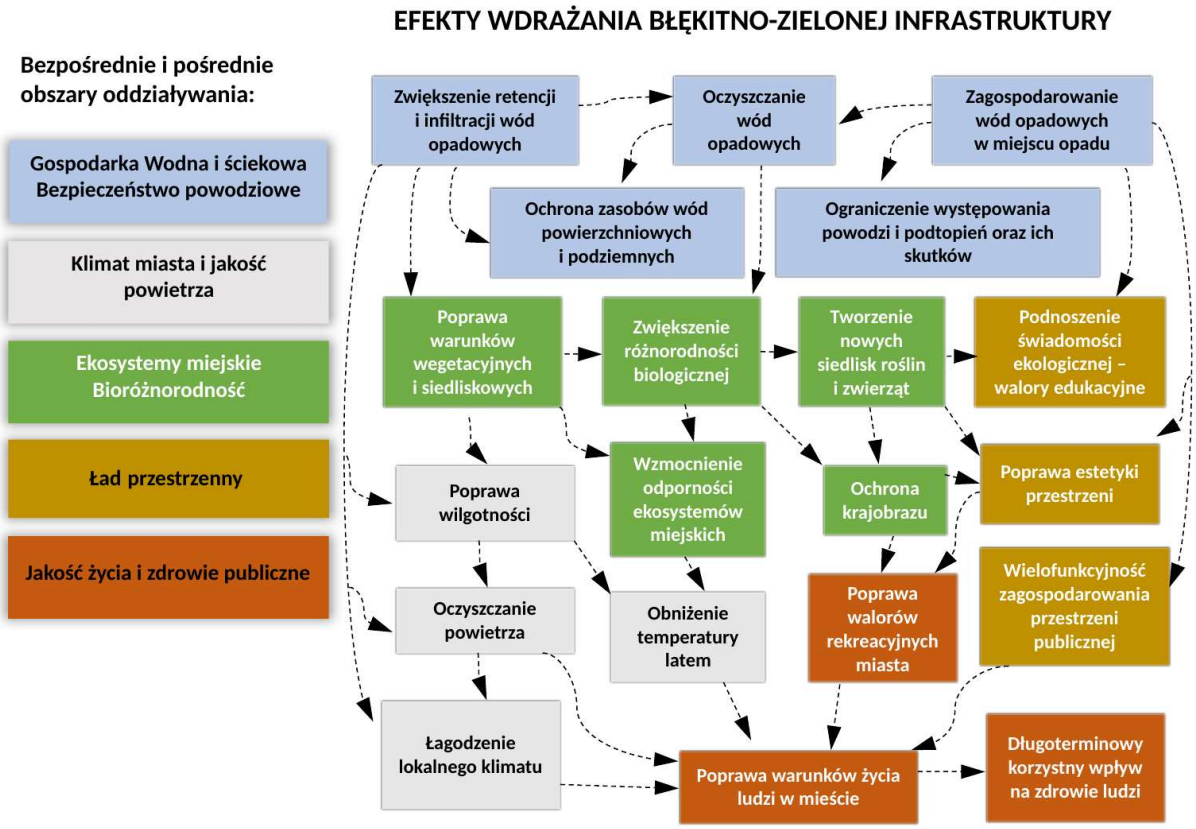
[5] Strategia Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040, op. cit.

wzmacnianie bioróżnorodności, ograniczanie skutków spływu wód opadowych, zwiększanie retencji oraz wspieranie adaptacji miast do zmian klimatu.

Współczesne podejście do rozwoju miast zwartych, w których niemal każda część przestrzeni podlega presji inwestycyjnej, powinno być zatem ściśle powiązane z ideą miasta zielonego. Tylko takie podejście stwarza realne podstawy do zachowania i rozwijania systemów przyrodniczych zdolnych do świadczenia usług ekosystemowych niezbędnych dla funkcjonowania mieszkańców, jakości środowiska oraz odporności klimatycznej. Oznacza to również konieczność uwzględniania w rachunku ekonomicznym nie tylko kosztów inwestycyjnych, lecz także długofalowych korzyści środowiskowych i społecznych wynikających z obecności zieleni i wody w strukturze miasta.

W warunkach nasilającej się konkurencji o przestrzeń szczególnego znaczenia nabiera wielofunkcyjne zagospodarowanie terenów miejskich oraz zwiększanie udziału zieleni i wody bez ograniczania możliwości korzystania z tych przestrzeni przez mieszkańców. Wręcz przeciwnie – odpowiednio zaprojektowana infrastruktura przyrodnicza może równocześnie wzmacniać walory estetyczne miasta, podnosić jego atrakcyjność rekreacyjną oraz wspierać edukację ekologiczną społeczności lokalnej. Zieleń odgrywa bowiem zasadniczą rolę w łagodzeniu negatywnych zjawisk klimatycznych w miastach, ograniczaniu stężeń CO_2, poprawie ilościowych i jakościowych warunków gospodarowania wodą, a także w podnoszeniu jakości życia i zdrowia mieszkańców, jakości powietrza oraz poziomu różnorodności biologicznej. Uwzględnienie wszystkich tych funkcji pozwala nie tylko ograniczać koszty związane z funkcjonowaniem miasta, lecz również uzyskiwać efekt synergii w procesie kształtowania i użytkowania przestrzeni miejskiej.

Jak wskazano na rys. 1, błękitno-zielona infrastruktura zapewnia szeroki wachlarz korzyści odpowiadających wszystkim podstawowym elementom ekosystemu, dlatego jej rola jest coraz wyraźniej akcentowana w dokumentach strategicznych i politykach rozwojowych – nie tylko metropolii, takich jak Londyn, Singapur czy Kopenhaga, ale również małych miast, dla których zieleń i woda stanowią często najważniejszy element tożsamości i atrakcyjności osiedleńczej. BZI wpływa na wszystkie kluczowe obszary funkcjonowania miasta – od środowiska, przez ład przestrzenny, po komfort i zdrowie ludzi.



Rysunek 1. Efekt synergii we wdrażaniu błękitno-zielonej infrastruktury (źródło: Zeszyty naukowe Politechniki Poznańskiej, Błękitno-zielona infrastruktura jako narzędzie adaptacji miast do zmian klimatu i zagospodarowania wód opadowych, Anna Januchta-Szostak)

Badania poświęcone wpływowi drzew na bilans energetyczny miast oraz zakres świadczonych przez nie usług ekosystemowych wykazały, że pojedyncze drzewo przyuliczne może każdego roku przynieść wymierne oszczędności energii elektrycznej i gazu ziemnego. Dodatkowo przyczynia się ono do redukcji emisji CO_2, oczyszczania powietrza z pyłów i zanieczyszczeń gazowych oraz zwiększania retencji wód opadowych wraz z transportowanymi przez nie zanieczyszczeniami. Z analiz ekonomicznych wynika, że średnia roczna wartość usług ekosystemowych świadczonych przez jedno drzewo, uwzględniająca również aspekty społeczne, wynosi około 209 dolarów w Stanach Zjednoczonych, a w warunkach Warszawy około 167 zł rocznie.[6]

Znaczenie drzew w strukturze miasta ujawnia się również w ich wpływie na ograniczanie zjawiska miejskiej wyspy ciepła. Efekt ten wynika przede wszystkim z funkcji zacieniającej oraz udziału zieleni w przewietrzaniu przestrzeni miejskiej. Mikrokrążenie powietrza wzmacniane jest przez różnice temperatur pomiędzy powierzchniami chłodzącymi, takimi jak tereny zielone i zbiorniki wodne, a elementami silnie akumulującymi ciepło, do których należą zabudowa i nawierzchnie utwardzone. W Kisielicach mechanizm ten jest szczególnie czytelny: badania termowizyjne

[6] Kronenberg, J., Łaszkiewicz, E., & Archicińska, S. (2017). Wykorzystanie i-Tree Eco do wyceny usług ekosystemów świadczonych przez drzewa w Warszawie. Zrównoważony Rozwój – Zastosowania

wykonane na potrzeby MPA wykazały, że tafla jeziora miejskiego pozostaje najchłodniejszym elementem przestrzeni miasta, podczas gdy utwardzone parkingi i dachy obiektów publicznych nagrzewają się do temperatur przekraczających 50°C[7].

Istotną funkcją drzew jest również przeciwdziałanie negatywnym skutkom nawalnych opadów, w tym podtopieniom i powodziom miejskim. Drzewa przechwytują wodę opadową i spowalniają jej spływ powierzchniowy, ograniczając przeciążenie systemów kanalizacyjnych. Wskazuje się, że duże drzewo może zatrzymać w obrębie korony przeciętnie od 228 do 455 litrów wody, zależnie od swojej budowy, wielkości, rodzaju ulistnienia oraz warunków pogodowych.[8] Woda jest magazynowana nie tylko na powierzchni liści i gałęzi, ale również w biomasie oraz w strefie korzeniowej, gdzie jej retencja zależy od właściwości podłoża. Zasoby te są następnie wykorzystywane w okresach niedoboru opadów, gdy drzewa odparowują wodę, zwiększając wilgotność powietrza i poprawiając lokalny mikroklimat.

Wartość pojedynczego drzewa w Warszawie szacowana jest średnio na ponad 8,6 tys. zł, jednak biorąc pod uwagę wspomniane wcześniej czynniki, cały miejski drzewostan – w szczególności starodrzew wzgórza kościelnego, cmentarza i strefy brzegowej jeziora w Kisielicach – powinien być postrzegany jako bezcenny zasób publiczny.[9]

2. Stan aktualny – ocena zasobów błękitno-zielonej infrastruktury

Rozdział stanowi diagnostyczną część dokumentu i ma na celu ocenę istniejących zasobów błękitno-zielonej infrastruktury na obszarze miasta Kisielice.

2.1 Charakterystyka stanu zasobów błękitno-zielonej infrastruktury miasta Kisielice

Kisielice należą do najmniejszych miast powiatu iławskiego – według stanu na 31 grudnia 2024 r. zamieszkiwały je 1 962 osoby, przy 5 757 mieszkańcach całej gminy[10]. Miasto położone jest w południowej części Dolnego Powiśla, na pograniczu Pojezierza Iławskiego, przy drodze krajowej nr 16, około 20 km na zachód od Iławy. Zostało założone w latach 1315–1320 na wzniesieniu nad niewielkim jeziorem, w rejonie źródłowym rzeki Gardęgi (lewego dopływu Osy), a prawa miejskie

[7] Załącznik V do MPA – Analiza zjawiska miejskiej wyspy ciepła dla miasta Kisielice (badania termowizyjne i analiza temperatury powierzchni czynnej).
[8] U.S. Department of Energy. (2004). Green Infrastructure: Intercepting Autumn Rainfall. Washington, DC: Federal Energy Management Program / U.S. Environmental Protection Agency (EPA)
[9] Marosz, A., Suchocka, M., & Swoczyna, T. (2022). Ekonomiczna wycena wartości drzew w przestrzeni miejskiej na przykładzie metodologii wdrożonej w Warszawie. Człowiek i Środowisko
[10] Raport o stanie Gminy Kisielice za rok 2024, op. cit.

otrzymało w 1331 r. Do dziś czytelny pozostał średniowieczny układ urbanistyczny z trójkątnym rynkiem i gotyckim kościołem parafialnym z XIV w., którego 45-metrowa wieża stanowi dominantę krajobrazową miasta. Zniszczenia 1945 r. pozbawiły miasto części historycznej zabudowy, w tym ratusza, którego etapową odbudowę przewiduje Strategia Rozwoju Gminy na lata 2025–2040[11].

Specyfiką Kisielic jest współczesna tożsamość miasta jako ośrodka energetyki odnawialnej. Od pierwszych lat XXI wieku miasto ogrzewane jest z gminnej ciepłowni opalanej słomą zbożową od lokalnych rolników (kotły o mocy 1, 2 i 3 MW, uruchamiane etapami w latach 2004–2007), zasilającej sieć ciepłowniczą o długości ok. 15,9 km i obsługującej około 260 odbiorców, w tym ok. 200 domów jednorodzinnych, budynki wielorodzinne, usługowe i publiczne[12]. W otoczeniu miasta funkcjonują farmy wiatrowe (m.in. Kisielice I – 27 turbin o łącznej mocy 40,5 MW) oraz biogazownia rolnicza o mocy ok. 1 MW, a gmina została wyróżniona przez Komisję Europejską nagrodą ManagEnergy Award 2014 jako pierwsza w Polsce gmina samowystarczalna energetycznie[13]. Gmina Kisielice należy ponadto do Polskiej Krajowej Sieci Miast Cittaslow[14], której kryteria certyfikacji obejmują m.in. jakość środowiska, estetykę przestrzeni publicznej i zaangażowanie mieszkańców. Oba te atuty – marka „zielonej energii" i członkostwo w Cittaslow – stanowią naturalne zaplecze promocyjne i finansowe dla rozwoju błękitno-zielonej infrastruktury.

Zasoby komunalnych terenów zieleni i wód w mieście są – jak na ośrodek tej wielkości – stosunkowo skromne, lecz czytelnie zorganizowane. Zgodnie z ewidencją mienia komunalnego gmina dysponuje w mieście jeziorem miejskim o powierzchni 5,3 ha, terenami rekreacyjno-wypoczynkowymi o powierzchni 3,2 ha oraz gruntami zadrzewionymi i zakrzewionymi o powierzchni 2,11 ha; na terenie miasta funkcjonuje sześć obiektów sportowo-rekreacyjnych i placów zabaw, a drogi gminne zajmują 24,1 ha[15]. Najważniejszą inwestycją w zasoby BZI ostatnich kilkunastu lat było zagospodarowanie brzegów jeziora miejskiego – promenada widokowa wokół jeziora, otwarta w czerwcu 2011 r., która wraz z kąpieliskiem miejskim połączyła historyczne centrum z najcenniejszym elementem przyrodniczym miasta. W tym samym okresie powstał kompleks boisk „Moje boisko – Orlik 2012".

[11] Strategia Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040, op. cit.
[12] BRANCHES – Boosting Rural Bioeconomy Networks (2023), „From cereal straw to district heat – case Kisielice", Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie.
[13] Komisja Europejska, ManagEnergy Award 2014 – wyróżnienie dla zgłoszenia „Energy self-sufficient Commune of Kisielice"; por. gramwzielone.pl (2015), „Pierwsza w Polsce gmina samowystarczalna energetycznie".
[14] infoilawa.pl (24.05.2026), „Susz chce dołączyć do sieci Cittaslow" – wzmianka o członkostwie Kisielic w Polskiej Krajowej Sieci Miast Cittaslow.
[15] Raport o stanie Gminy Kisielice za rok 2024, op. cit.

W ostatnich latach działania inwestycyjne gminy koncentrowały się na infrastrukturze technicznej i drogowej, co pośrednio wpływa na stan zieleni przyulicznej: w 2024 r. przebudowano ul. Zagrodową (etap I, 1 100 m, koszt ok. 2,02 mln zł) i kolejny odcinek ul. Cmentarnej, zmodernizowano oczyszczalnię ścieków (ok. 2,39 mln zł), rozpoczęto wymianę oświetlenia ulicznego na oprawy LED oraz remont i przebudowę budynków Zespołu Szkół wraz z zagospodarowaniem terenu i budową boiska wielofunkcyjnego[16]. W toku jest budowa nowej stacji uzdatniania wody, współfinansowana ze środków EFRR. Zadania te – realizowane w znacznej mierze ze środków zewnętrznych (Rządowy Program Inwestycji Strategicznych, Rządowy Fundusz Rozwoju Dróg, PROW 2014–2020) – potwierdzają zdolność gminy do pozyskiwania dofinansowania, jednak dotychczas żadne z nich nie miało charakteru dedykowanego projektu BZI. Bieżące utrzymanie zieleni i czystości w mieście prowadzi gminna spółka Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Sp. z o.o., odpowiedzialna również za zaopatrzenie w wodę, odprowadzanie ścieków i dostawę ciepła[17].

2.2 Charakterystyka zieleni miejskiej w Kisielicach

Za przestrzeń zieloną można uznać każdą przestrzeń, która jest trwale pokryta roślinnością, zachowaną w stanie niewymagającym codziennej pielęgnacji i mogącą wegetować w sposób naturalny, wokół terenów i obiektów zagospodarowanych przez człowieka (Czochański, 2010).

Na terenie Kisielic, podobnie jak w innych małych miastach o rolniczym otoczeniu, można wyróżnić następujące kategorie terenów zieleni:

Zieleń urządzona o charakterze parkowym – tereny zieleni z roślinnością wysoką i niską, urządzone i konserwowane z przeznaczeniem na cele wypoczynkowe, wyposażone w alejki, ławki, place zabaw itp. W Kisielicach nie występuje park w rozumieniu statystycznym (teren o powierzchni co najmniej 2 ha), a funkcję tę pełni strefa brzegowa jeziora miejskiego z promenadą oraz niewielkie zieleńce w centrum.

Skwer, zieleniec – niewielki teren zieleni miejskiej o powierzchni poniżej 2 ha, usytuowany zwykle na placu lub przy ulicy, na którym dominuje wypoczynek. Mogą tworzyć kompozycję zieleni niskiej (trawniki, kwietniki) lub kompozycję o charakterze parkowym z elementami nasadzeń drzew i krzewów.

Zieleń przy budynkach użyteczności publicznej – tereny zieleni przy obiektach użyteczności publicznej, o ile są one udostępnione do użytku powszechnego, np. tereny zieleni przy Zespole Szkół, Przedszkolu Miejskim, Urzędzie Miejskim, remizie OSP, kościele parafialnym czy ciepłowni.

[16] Raport o stanie Gminy Kisielice za rok 2024, op. cit.
[17] Raport o stanie Gminy Kisielice za rok 2024, op. cit.

Dotyczy to zarówno trawników, jak i zieleni niskiej i wysokiej, przy czym oznaczenie całego terenu jako zieleni przy budynkach użyteczności publicznej nie oznacza, że dana działka w całości stanowi teren zieleni.

Zieleń przyuliczna – pasy zieleni (drzewa i krzewy lub ich skupiska wraz z pozostałymi składnikami szaty roślinnej) wzdłuż dróg, ulic i ciągów komunikacyjnych, w tym wzdłuż drogi krajowej nr 16 przebiegającej przez miasto oraz ulic gminnych.

Tereny zieleni osiedlowej i przydomowej – tereny zieleni towarzyszące zabudowie mieszkaniowej, pełniące funkcję wypoczynkową, izolacyjną i estetyczną. W Kisielicach kategorię tę tworzą przede wszystkim:

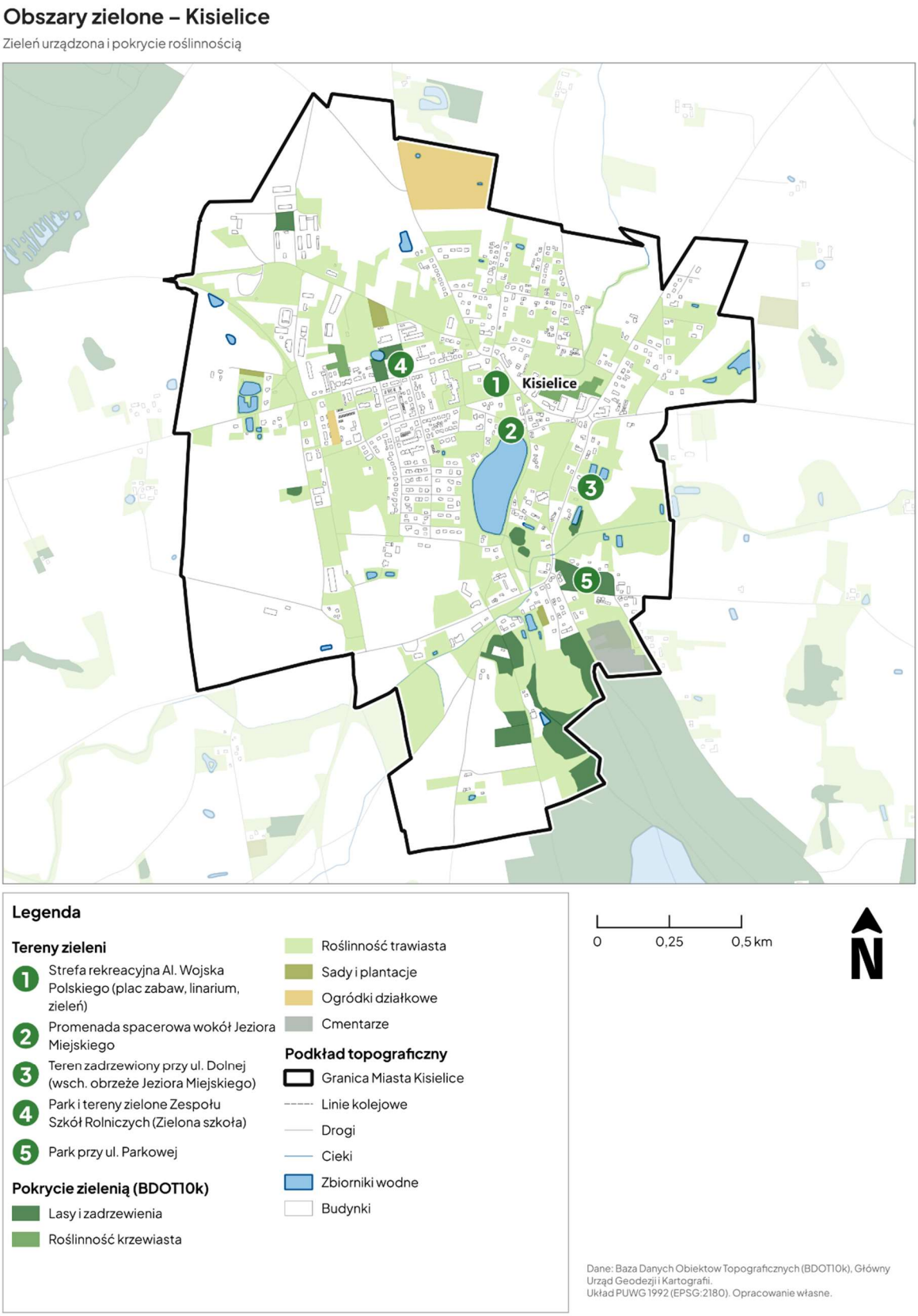
- ogrody przy zabudowie jednorodzinnej (wolnostojącej i bliźniaczej), dominującej w strukturze miasta,
- zieleń na podwórkach i przy niewielkich zespołach zabudowy wielorodzinnej wzdłuż głównych ulic,
- zieleń towarzysząca zabudowie zagrodowej i gospodarczej na obrzeżach miasta, przechodząca w krajobraz rolniczy.

Tereny sportowo-rekreacyjne – stadion miejski, kompleks „Orlik 2012", boiska przy Zespole Szkół, place zabaw i kąpielisko nad jeziorem – tereny o dużym udziale powierzchni trawiastych, istotne z punktu widzenia retencji i przewietrzania miasta.

Cmentarz – teren o wysokim stopniu zadrzewienia, stanowiący istotny, choć często pomijany element systemu zieleni miasta.

Komponent błękitny – jezioro miejskie (Jezioro Kisielickie) wraz ze strefą brzegową i szuwarową, ciek Gardęgi z towarzyszącymi łąkami i zadrzewieniami nadwodnymi oraz rowy melioracyjne i lokalne obniżenia terenu okresowo gromadzące wodę.

Na rys. 2 przedstawiono lokalizację najważniejszych terenów zieleni na terenie miasta. Mapa prezentuje rozmieszczenie terenów zieleni w granicach administracyjnych Kisielic, z podziałem na zieleń urządzoną, tereny sportowo-rekreacyjne, cmentarz, zadrzewienia i zakrzewienia oraz komponent błękitny (jezioro miejskie i dolina Gardęgi).



Rysunek 2. Lokalizacja terenów zieleni na terenie miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

Struktura przestrzenna zieleni Kisielic jest prosta i czytelna. Jej rdzeń stanowi **jezioro miejskie (Jezioro Kisielickie)** – niewielki zbiornik położony u podnóża wzgórza, na którym rozlokowało się Stare Miasto. Jezioro wraz z promenadą widokową, kąpieliskiem i strefą brzegową pełni jednocześnie funkcję przyrodniczą (ostoja ptactwa wodnego, element lokalnego obiegu wody), rekreacyjną (najważniejsza przestrzeń wypoczynku mieszkańców) i klimatyczną (największa powierzchnia chłodząca w mieście). Badania termowizyjne wykonane w ramach Załącznika V wskazały rejon jeziora jako najchłodniejszy punkt miasta, z temperaturą powierzchni wody na poziomie ok. 21°C w czasie, gdy nawierzchnie utwardzone w centrum osiągały ponad 50°C[18].



Rysunek 3. Jezioro miejskie na terenie miasta Kisielice (fot. Ksenia Zielińska)

Wzgórze kościelne i Stare Miasto – historyczne centrum z trójkątnym rynkiem i kościołem parafialnym z XIV w. tworzy drugi biegun systemu. Zieleń towarzysząca kościołowi i skarpom wzgórza, wraz z niewielkimi zieleńcami w obrębie rynku i przy ul. Daszyńskiego, stanowi jedyną zieleń wysoką w zwartej, w znacznej mierze utwardzonej tkance śródmiejskiej. Strategia Rozwoju Gminy zakłada ochronę założenia urbanistycznego Starego Miasta i etapową odbudowę

[18] Załącznik V do MPA – Analiza zjawiska miejskiej wyspy ciepła dla miasta Kisielice, op. cit.

wybranych budynków „Starówki”[19], co powinno zostać powiązane z rewaloryzacją zieleni tej części miasta.



Rysunek 4. Wzgórze Kościelne w Kisielicach (fot. Ksenia Zielińska)

Cmentarz przy ul. Cmentarnej – teren z dojrzałym drzewostanem, pełniący funkcję enklawy zieleni wysokiej i siedliska ptaków, powiązany z otwartym krajobrazem rolniczym na obrzeżu miasta.

Tereny sportowo-rekreacyjne – stadion miejski z kompleksem „Orlik 2012”, hala sportowa i boiska przy Zespole Szkół oraz place zabaw tworzą rozległe powierzchnie biologicznie czynne o niskim stopniu zadrzewienia; ich potencjał adaptacyjny (zacienienie trybun i placów zabaw, retencja wód z boisk i dachów) pozostaje w dużej mierze niewykorzystany.

Zieleń przy obiektach publicznych – otoczenie Urzędu Miejskiego, Zespołu Szkół, Przedszkola Miejskiego, remizy OSP i ciepłowni to przestrzenie, w których gmina ma pełną swobodę wprowadzania rozwiązań demonstracyjnych (ogrody deszczowe, łąki kwietne, nasadzenia drzew

[19] Strategia Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040, op. cit.

na parkingach). Zagospodarowanie terenu Zespołu Szkół, realizowane w ramach trwającej przebudowy, stanowi pierwszą okazję do zastosowania takich rozwiązań.

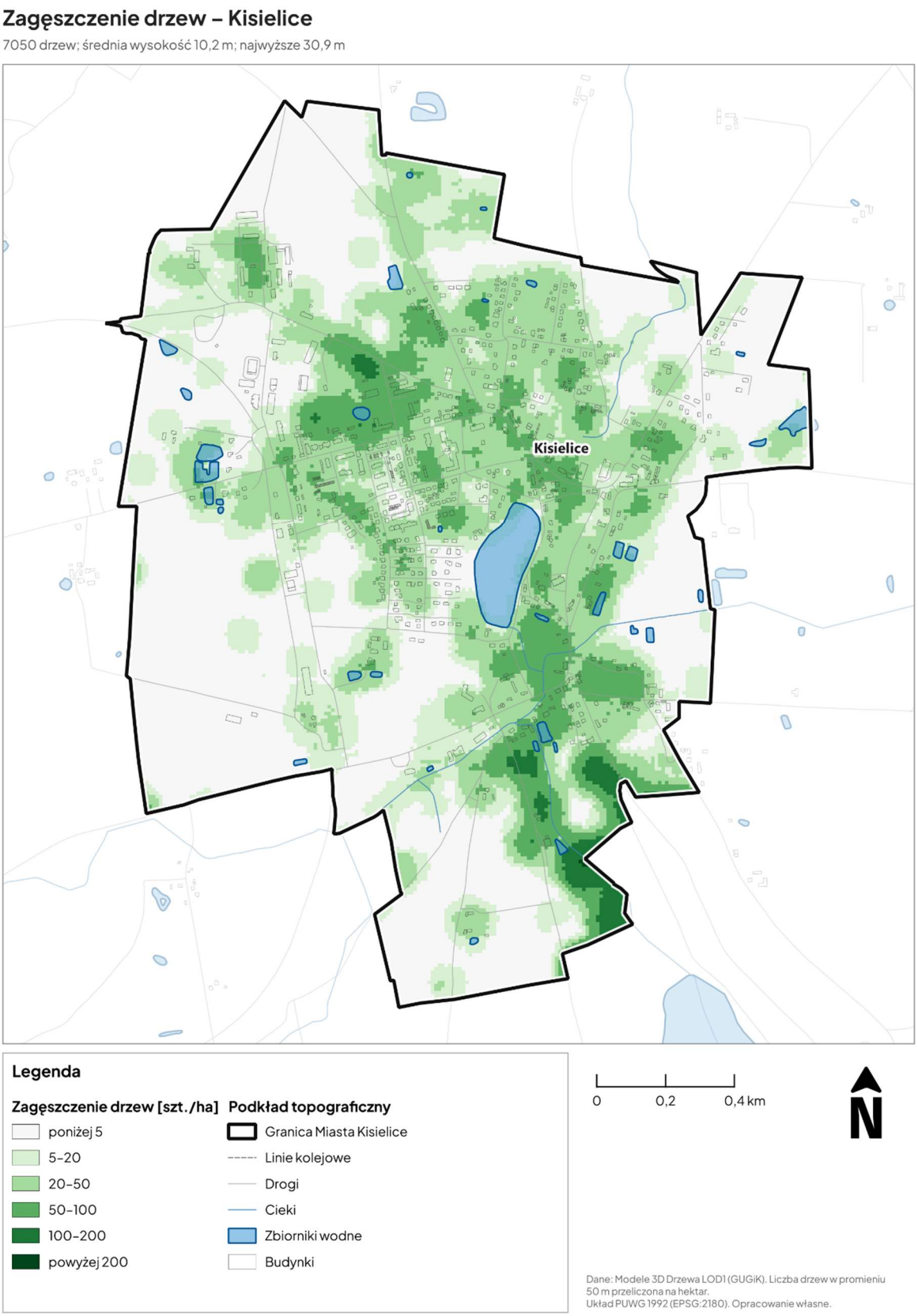
Zieleń przydomowa – ze względu na dominację zabudowy jednorodzinnej ogrody przydomowe stanowią największy łączny zasób zieleni w mieście i decydują o wskaźnikach powierzchni biologicznie czynnej; projekt zmiany miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla części terenów miasta przewiduje dla terenów zabudowy jednorodzinnej minimalny udział powierzchni biologicznie czynnej na poziomie 60%, a dla terenów usługowych 20–25%[20].

Zieleń przyuliczna – wzdłuż drogi krajowej nr 16 oraz ulic gminnych występują nieciągłe szpalery i pojedyncze drzewa; wielokrotne przebudowy ulic w ostatnich latach (ul. Zagrodowa, Cmentarna, planowana ul. Prusa i Kołłątaja) prowadzone były bez wyodrębnionego komponentu nasadzeń, co stanowi niewykorzystaną rezerwę systemu.

System zieleni Kisielic cechuje wyraźna dwubiegunowość: jezioro miejskie z promenadą oraz wzgórze kościelne ze Starym Miastem to dwa dobrze czytelne, lecz niewystarczająco powiązane ze sobą i z pozostałymi terenami zieleni ogniwa. Wewnętrzny system łączności – zieleń przyuliczna, powiązania z cmentarzem, terenami sportowymi i doliną Gardęgi – wymaga uzupełnień. Jednocześnie niewielka powierzchnia miasta sprawia, że wszystkie tereny zieleni znajdują się w zasięgu pieszego dojścia (do 15 minut) z każdego miejsca zamieszkania, co jest istotnym atutem w porównaniu z większymi ośrodkami.

Na rys. 3 przedstawiono gęstość zadrzewienia w granicach miasta, wyznaczoną na podstawie modeli 3D drzew LOD1 (GUGiK) w układzie EPSG:2180. Wskaźnik obliczono jako sumę wysokości drzew w promieniu 50 m w przeliczeniu na hektar, z pominięciem drzew niższych niż 3 m; za zadrzewienie zwarte przyjęto wartości od 1 000 m/ha. Metodyka ta jest tożsama z zastosowaną w analizach dla innych miast objętych MPA, co umożliwia porównania.

[20] Projekt miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla części terenów miasta Kisielice (zmiana planu – uchwała nr VI/28/2024 Rady Miejskiej w Kisielicach z dnia 31 lipca 2024 r.), BIP Urzędu Miejskiego w Kisielicach, konsultacje społeczne 28.08–25.09.2026 r.



Rysunek 5. Gęstość zadrzewienia na terenie miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne na podstawie modeli 3D drzew LOD1 GUGiK)

Największe zagęszczenie zadrzewienia w mieście występuje w strefie brzegowej jeziora miejskiego, na skarpach wzgórza kościelnego oraz na terenie cmentarza – są to zarazem obszary, w których analizy termiczne wykazują najniższe temperatury powierzchni czynnej. Zadrzewienia o charakterze rozproszonym towarzyszą zabudowie jednorodzinnej i zagrodowej na obrzeżach miasta, zapewniając umiarkowane, lecz pozbawione ciągłości przestrzennej zagęszczenie.

Zasadniczym wnioskiem wynikającym z analizy jest niedobór zadrzewienia w zwartej tkance śródmiejskiej – w obrębie rynku i ulic Starego Miasta, na parkingach przy obiektach publicznych oraz wzdłuż drogi krajowej nr 16. Obszary te pokrywają się z miejscami, w których badania termowizyjne odnotowały maksima temperatury powierzchni (parkingi i place w rejonie Urzędu Miejskiego i remizy OSP)[21]. Zestawienie gęstości zadrzewienia z wynikami termowizji wskazuje na wyraźną odwrotną zależność między zagęszczeniem drzew a intensywnością nagrzewania przestrzeni. Wprowadzanie zieleni wysokiej w śródmieściu, w szczególności na parkingach, w ciągach ulicznych i na placach, należy zatem uznać za najskuteczniejsze narzędzie adaptacyjne, przy równoczesnej ochronie istniejących skupisk zadrzewienia i zapewnieniu ciągłości powiązań między nimi a jeziorem i doliną Gardęgi.

2.3 Ocena stanu aktualnego elementów błękitno-zielonej infrastruktury

Kisielice dysponują potencjałem błękitno-zielonej infrastruktury wynikającym z naturalnych i historycznych uwarunkowań miasta – położenia na wzniesieniu nad jeziorem, w rejonie źródłowym Gardęgi, oraz zachowanego średniowiecznego układu urbanistycznego. Najważniejszym elementem struktury przyrodniczej miasta pozostaje jezioro miejskie wraz ze strefą brzegową i promenadą, uzupełnione przez zadrzewienia wzgórza kościelnego i cmentarza oraz otwarte tereny rolnicze i łąkowe w dolinie Gardęgi na obrzeżach miasta.

Najistotniejszym pojedynczym elementem BZI miasta jest **jezioro miejskie wraz z promenadą widokową**. Zagospodarowanie brzegów zrealizowane w 2011 r. należy uznać za udane – promenada udostępniła jezioro mieszkańcom i stała się najchętniej odwiedzaną przestrzenią publiczną miasta. Po kilkunastu latach eksploatacji obiekt wymaga jednak przeglądu stanu technicznego nawierzchni i małej architektury, a przede wszystkim uzupełnienia o komponent przyrodniczy: zacienienie ciągów pieszych, uporządkowanie i ochronę strefy szuwarowej, wprowadzenie pasów buforowych ograniczających spływ biogenów z terenów przyległych oraz nasadzenia drzew rodzimych na skarpach. Strategia Rozwoju Gminy przewiduje modernizację plaż i pomostów[22], co stwarza okazję do kompleksowego podejścia.

[21] Załącznik V do MPA – Analiza zjawiska miejskiej wyspy ciepła dla miasta Kisielice, op. cit.
[22] Strategia Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040, op. cit.

Zieleń wzgórza kościelnego i Starego Miasta zachowana jest w stanie średnim – starodrzew przy kościele wymaga przeglądu dendrologicznego i cięć pielęgnacyjnych, a przestrzeń rynku i ulic śródmiejskich jest w znacznej mierze utwardzona, z niewielkim udziałem zieleni. Planowana odbudowa ratusza i rewaloryzacja Starówki powinny zostać powiązane z wprowadzeniem zieleni wysokiej i rozszczelnieniem nawierzchni.

W **dobrym stanie** pozostają tereny sportowo-rekreacyjne (stadion, Orlik, boiska szkolne) oraz cmentarz, choć pierwsze z nich cechuje niski stopień zadrzewienia. Na **średnią ocenę** zasługuje zieleń przy obiektach publicznych i zieleń przyuliczna – utrzymywana poprawnie, lecz pozbawiona świadomej kompozycji, ciągłości szpalerów i rozwiązań retencyjnych. Jako obszary w **stanie niezadowalającym** wskazać należy przede wszystkim śródmiejskie parkingi i place (w tym otoczenie Urzędu Miejskiego i remizy OSP), które w badaniach termowizyjnych osiągały temperatury powierzchni powyżej 50°C[23], a także niezagospodarowane fragmenty doliny Gardęgi i rowy melioracyjne na obrzeżach miasta, które mimo potencjału przyrodniczego i retencyjnego pozostają poza systemem przestrzeni publicznych.

Wyzwaniem o charakterze ciągłym pozostaje kondycja starszego drzewostanu – susza i obniżanie się poziomu wód gruntowych, sygnalizowane w analizach hydrologicznych (Załącznik I), wymuszają usuwanie egzemplarzy zagrażających bezpieczeństwu oraz konsekwentne uzupełnianie nasadzeń. Ocenę poszczególnych elementów systemu zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Ocena stanu elementów błękitno-zielonej infrastruktury miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

Element systemu BZI	Charakterystyka	Ocena stanu	Główne potrzeby
Jezioro miejskie (Jezioro Kisielickie) z promenadą i kąpieliskiem	rdzeń systemu; komponent błękitny, główna przestrzeń rekreacji, największa powierzchnia chłodząca miasta	dobry / średni	zacienienie promenady, ochrona szuwaru, pasy buforowe, przegląd nawierzchni i małej architektury
Ciek Gardęgi z łąkami i rowami melioracyjnymi	odcinek źródłowy na obrzeżach miasta; łąki wilgotne, zadrzewienia nadwodne	niezadowalający	udrożnienie korytarza, strefy buforowe, mała retencja, udostępnienie (ścieżka)
Wzgórze kościelne i zieleń Starego Miasta	starodrzew przy kościele parafialnym, skarpy, niewielkie zieleńce rynku	średni	przegląd dendrologiczny, nasadzenia uzupełniające, rozszczelnienie placów
Cmentarz (ul. Cmentarna)	dojrzały drzewostan, enklawa zieleni wysokiej	dobry	pielęgnacja starodrzewu, nasadzenia zastępcze, zieleń izolacyjna
Tereny sportowo-rekreacyjne (stadion, Orlik, boiska, place zabaw)	duże powierzchnie trawiaste, niski stopień zadrzewienia	dobry	zacienienie trybun i placów zabaw, retencja wód z boisk i dachów, łąki kwietne na obrzeżach
Zieleń przy obiektach publicznych (Urząd Miejski, Zespół Szkół, przedszkole, OSP, ciepłownia)	trawniki i pojedyncze nasadzenia, utwardzone parkingi	średni	ogrody deszczowe, drzewa na parkingach, rozwiązania demonstracyjne

[23] Załącznik V do MPA – Analiza zjawiska miejskiej wyspy ciepła dla miasta Kisielice, op. cit.

Element systemu BZI	Charakterystyka	Ocena stanu	Główne potrzeby
Zieleń przyuliczna (DK 16, ulice gminne)	nieciągłe szpalery, brak komponentu zieleni w przebudowach ulic	średni	inwentaryzacja, standard „ulica z drzewami", nasadzenia przy przebudowach
Zieleń przydomowa i osiedlowa	największy łączny zasób zieleni; dominacja zabudowy jednorodzinnej	średni	program wsparcia retencji przydomowej, edukacja, ochrona wskaźnika PBC w planach

Z przeprowadzonej analizy wynika, że system błękitno-zielonej infrastruktury Kisielic opiera się na czytelnym rdzeniu, który tworzy jezioro miejskie z promenadą, oraz na historycznym biegunie wzgórza kościelnego. Kluczowe obiekty są utrzymywane w stanie dobrym lub średnim, natomiast najważniejsze rezerwy rozwojowe wiążą się z zazielenieniem utwardzonej tkanki śródmiejskiej, włączeniem doliny Gardęgi do systemu przestrzeni publicznych oraz z domknięciem powiązań przestrzennych pomiędzy jeziorem, Starym Miastem, cmentarzem i terenami sportowymi.

3. Kluczowe zagrożenia adaptacyjne wynikające ze specyfiki miasta Kisielice

Zmiany klimatu stanowią dla współczesnych miast jedno z największych wyzwań, zagrażając nie tylko infrastrukturze miejskiej, ale przede wszystkim zdrowiu i życiu mieszkańców. Choć zjawiska te kojarzone są głównie z dużymi aglomeracjami, małe miasta o zwartym, utwardzonym centrum – takie jak Kisielice – doświadczają ich w skali lokalnej równie wyraźnie. Głównymi zagrożeniami na terenie miasta są:

- fale upałów i lokalne przegrzewanie przestrzeni śródmiejskiej (parkingi, place, dachy),
- susza glebowa i hydrologiczna oraz obniżanie się poziomu wód gruntowych i stanu wody w jeziorze,
- podtopienia po opadach nawalnych w obniżeniach terenu i wzdłuż rowów melioracyjnych,
- pogarszanie się jakości wód jeziora miejskiego (eutrofizacja, zakwity) w warunkach wyższych temperatur,
- zagrożenia biologiczne i zdrowotne (alergeny, gatunki inwazyjne, zamieranie drzew),
- zagrożenia dla infrastruktury (silny wiatr, szadź, pożary traw i nieużytków).

Zdecydowaną większość zagrożeń można skutecznie ograniczać poprzez przemyślany, systemowy rozwój zieleni. Drzewa blokują promieniowanie słoneczne i – pobierając wodę z gleby oraz uwalniając ją przez liście – aktywnie obniżają temperaturę powietrza. Obszary biologicznie czynne zatrzymują wodę deszczową, zmniejszając obciążenie kanalizacji podczas ulew i zapobiegając podtopieniom, a jednocześnie zasilają wody gruntowe w okresach suszy.

3.1 Konsekwencje zmian klimatu

Zmiany klimatu są dziś jednym z najważniejszych czynników decydujących o kierunkach rozwoju miast, a błękitno-zielona infrastruktura stała się jednym z podstawowych narzędzi adaptacji. Szczegółowa analiza zmian klimatycznych dla Kisielic została ujęta w Załączniku I – Wyniki analiz klimatycznych i hydrologicznych[24]. Z analizy danych IMGW-PIB dla reprezentatywnej stacji Olsztyn z lat 1993–2025 wynika, że średnia roczna temperatura powietrza w regionie wynosi ok. 8,3°C i rośnie w tempie ok. 0,7°C na dekadę; systematycznie przybywa dni upalnych (o ponad 1 dzień na dekadę), a wyraźnie ubywa dni mroźnych (o ok. 8 dni na dekadę). Scenariusze RCP 4.5 i RCP 8.5 do 2070 r. wskazują na kontynuację tych trendów, przy jednoczesnej zmianie charakteru opadów – z częstszymi okresami bezopadowymi i większym udziałem opadów nawalnych.

Pojezierze Iławskie i Dolne Powiśle, choć zasobniejsze w wody powierzchniowe niż środkowa Polska, coraz częściej doświadczają deficytów wody. Zmiany klimatu nasilają zjawiska susz – zarówno glebowych, jak i hydrologicznych – co w Kisielicach może przejawiać się obniżaniem poziomu wód gruntowych, spadkiem stanu wody w jeziorze miejskim oraz okresowym zanikiem przepływu w źródłowym odcinku Gardęgi. Sytuacji nie poprawiają opady o charakterze nawalnym, które w niewielkim stopniu uzupełniają zasoby wód podziemnych: duże ilości wody trafiające w krótkim czasie na przesuszony grunt spływają po powierzchni, zamiast infiltrować w głąb. W strefie śródmiejskiej zjawisko to potęguje znaczny udział powierzchni nieprzepuszczalnych. Ochrona zasobów wodnych ma w Kisielicach wymiar szczególny – miasto leży w zasięgu Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 210 „Iława”[25], a lokalne ujęcia wody są jedynym źródłem zaopatrzenia mieszkańców.

Specyfiką Kisielic jest również wyraźny kontrast termiczny pomiędzy chłodzącym rdzeniem (jezioro, zadrzewienia) a nagrzewającym się, utwardzonym śródmieściem. W badaniach termowizyjnych wykonanych na potrzeby Załącznika V najwyższe temperatury powierzchni – sięgające 55°C – zarejestrowano w rejonie remizy OSP oraz na parkingach i placach w centrum, podczas gdy tafla jeziora pozostawała o ponad 30°C chłodniejsza[26]. Tak duże różnice w mieście o powierzchni zaledwie 3,4 km^2 dowodzą, że miejska wyspa ciepła jest zjawiskiem mikroskalowym, występującym punktowo nawet w bardzo małych ośrodkach – i że można je skutecznie ograniczać punktowymi interwencjami: zacienieniem, rozszczelnieniem nawierzchni i wprowadzeniem wody w przestrzeń publiczną.

[24] Załącznik I do MPA – Wyniki analiz klimatycznych i hydrologicznych dla miasta Kisielice (dane IMGW-PIB, stacja Olsztyn, lata 1993–2025; posterunek wodowskazowy Dziarny na Iławce).
[25] Projekt miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla części terenów miasta Kisielice, op. cit.
[26] Załącznik V do MPA – Analiza zjawiska miejskiej wyspy ciepła dla miasta Kisielice, op. cit.

3.2 Jezioro miejskie i dolina Gardęgi – wrażliwe elementy systemu wodnego

Cechą definiującą przestrzeń przyrodniczą Kisielic jest niewielkie jezioro położone bezpośrednio przy historycznym centrum oraz źródłowy odcinek Gardęgi z rowami melioracyjnymi odwadniającymi otaczające miasto tereny rolnicze. Są to najcenniejsze zasoby przyrodnicze miasta, a zarazem elementy najbardziej wrażliwe na skutki zmian klimatu i presję antropogeniczną. Odpowiednikiem wyzwania, jakim dla miast nadrzecznych jest zagospodarowanie dolin dużych rzek, jest w Kisielicach ochrona niewielkiego, płytkiego zbiornika o ograniczonej zlewni.

Charakterystyka komponentu błękitnego Kisielic:

- jezioro miejskie (Jezioro Kisielickie) – zbiornik o powierzchni kilku hektarów, w części komunalnej 5,3 ha, o niewielkiej głębokości, z brzegami częściowo zagospodarowanymi (promenada, kąpielisko), a częściowo zachowanymi w stanie naturalnym z pasem szuwarów; zbiornik zasilany w znacznej mierze wodami opadowymi i spływem powierzchniowym, przez co silnie reaguje na susze i na dopływ biogenów,
- ciek Gardęgi – w rejonie miasta niewielki ciek źródłowy, lewy dopływ Osy, którego dolina na obrzeżach miasta ma charakter łąkowo-rolniczy; w zlewni Gardęgi wyznaczono obszary szczególnego zagrożenia powodzią (mapy ISOK dla prawdopodobieństwa 10%, 1% i 0,2%), których zasięg należy uwzględniać w planowaniu przestrzennym[27],
- rowy melioracyjne i lokalne obniżenia terenu – system odwadniający, który przy odpowiednim przekształceniu (zastawki, poszerzenia, roślinność) może pełnić funkcje małej retencji.

Główne wyzwania związane z zielenią w strefie jeziora i doliny Gardęgi:

- **Eutrofizacja i spadek jakości wody** – spływ biogenów z terenów rolniczych, ogrodów i ulic, w połączeniu z wyższymi temperaturami wody, sprzyja zakwitom glonów i ogranicza funkcję rekreacyjną (kąpielisko); strefa brzegowa bez pasów buforowych nie pełni funkcji filtracyjnej.
- **Wahania stanu wody i susza** – obniżanie się lustra wody odsłania brzegi, pogarsza warunki siedliskowe szuwaru i obniża walory krajobrazowe; brak retencji w zlewni ogranicza zasilanie jeziora.

[27] Strategia Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040, op. cit.

- **Presja rekreacyjna i urządzeniowa** – nadmierne utwardzanie brzegów, wykaszanie szuwarów „dla porządku” i oświetlenie strefy brzegowej ograniczają funkcje siedliskowe zbiornika.
- **Rozprzestrzenianie się gatunków inwazyjnych** – na zaniedbanych terenach nadwodnych i wzdłuż rowów pojawiają się nawłoć kanadyjska, niecierpek gruczołowaty i klon jesionolistny, wypierające rodzimą roślinność.

Jednocześnie tereny te dysponują potencjałem, który może stać się osią rozwoju BZI miasta: domknięcie „zielonego pierścienia” wokół jeziora, powiązanie promenady z doliną Gardęgi ścieżką pieszo-rowerową oraz wykorzystanie rowów i obniżeń terenu jako elementów małej retencji pozwoliłyby połączyć funkcje przyrodnicze, rekreacyjne i przeciwpowodziowe w jednym, spójnym systemie.



Rysunek 6. Jezioro miejskie i promenada widokowa w Kisielicach (źródło: materiały własne)

3.3 Struktura przestrzenna miasta i presja na tereny otwarte

Struktura przestrzenna Kisielic jest typowa dla małych miast Powiśla: zwarte, historyczne centrum o gęstej zabudowie i utwardzonych placach, otoczone strefą zabudowy jednorodzinnej z ogrodami, a dalej – zabudową zagrodową i terenami rolniczymi. Droga krajowa nr 16,

przebiegająca przez miasto, generuje ruch tranzytowy, hałas i zanieczyszczenia, a jej otoczenie koncentruje usługi, parkingi i place manewrowe o dużym udziale powierzchni nieprzepuszczalnych. Jednocześnie – inaczej niż w większych ośrodkach – w Kisielicach nie występuje zjawisko intensywnego „rozlewania się" zabudowy; obserwowana presja dotyczy raczej punktowego uszczelniania działek w centrum, zabudowy obrzeży miasta na terenach dotąd otwartych oraz stopniowego ubytku zadrzewień przydrożnych i śródpolnych w otoczeniu.

Istotnym uwarunkowaniem jest niemal pełne (ponad 99%) pokrycie miasta miejscowymi planami zagospodarowania przestrzennego, uchwalony w sierpniu 2026 r. plan ogólny Miasta i Gminy Kisielice, dzielący obszar gminy na strefy planistyczne[28], oraz trwająca zmiana planu miejscowego dla dziesięciu fragmentów miasta (konsultowana w 2026 r.)[29]. Dokumenty te – w szczególności plany miejscowe sporządzane na podstawie nowego planu ogólnego – stanowią właściwe narzędzie do utrwalenia ustaleń niniejszej koncepcji: wyznaczenia stref zieleni urządzonej i naturalnej wokół jeziora i wzdłuż Gardęgi, określenia minimalnych wskaźników powierzchni biologicznie czynnej oraz zasad zagospodarowania wód opadowych na działkach. Strategia Rozwoju Gminy wprost zakłada powstrzymanie rozpraszania zabudowy na tereny cenne przyrodniczo i zagrożone powodzią (kierunek 2.1.12)[30], co jest w pełni spójne z celami koncepcji.

Ubytek ludności (spadek liczby mieszkańców gminy o ok. 7,7% w latach 2019–2023[31]) i starzenie się społeczeństwa wzmacniają znaczenie jakości przestrzeni publicznej i dostępności zieleni jako czynników decydujących o atrakcyjności osiedleńczej małego miasta. Zieleń i woda – obok oferty usług i energii ze źródeł odnawialnych – stają się w tym kontekście realnym argumentem w konkurencji o mieszkańców.

4. Analiza SWOT

4.1 Analiza mocnych stron miasta w zakresie obszarów zielonych

Do głównych mocnych stron zieleni miejskiej w Kisielicach należą:

- **Jezioro miejskie w bezpośrednim sąsiedztwie centrum** – zbiornik wodny z promenadą widokową i kąpieliskiem stanowi naturalny rdzeń systemu BZI, największą powierzchnię chłodzącą miasta i najważniejszą przestrzeń rekreacji mieszkańców.

[28] Uchwała nr XXXIII/184/2026 Rady Miejskiej w Kisielicach z dnia 26 sierpnia 2026 r. w sprawie uchwalenia planu ogólnego Miasta i Gminy Kisielice.
[29] Raport o stanie Gminy Kisielice za rok 2024, op. cit.
[30] Strategia Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040, op. cit.
[31] Strategia Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040, op. cit.

- **Czytelny, historyczny układ urbanistyczny** – średniowieczne założenie z trójkątnym rynkiem i wzgórzem kościelnym tworzy zwarty, kompaktowy ośrodek, w którym wszystkie tereny zieleni są dostępne pieszo.
- **Krótkie dystanse i mała skala** – niewielka powierzchnia miasta (ok. 3,4 km^2) sprawia, że nawet pojedyncze interwencje (szpaler drzew, ogród deszczowy, zacienienie placu) mają odczuwalny wpływ na całość systemu.
- **Marka „gminy samowystarczalnej energetycznie" i członkostwo w Cittaslow** – rozpoznawalność Kisielic jako lidera energetyki odnawialnej oraz przynależność do sieci miast dobrego życia ułatwiają pozyskiwanie partnerów i środków na projekty środowiskowe.
- **Zdolność do pozyskiwania środków zewnętrznych** – gmina skutecznie realizuje inwestycje finansowane z Rządowego Programu Inwestycji Strategicznych, RFRD, PROW i EFRR, wielokrotnie przekraczające możliwości budżetu własnego.
- **Własna spółka komunalna i ciepłownia na biomasę** – PUK Sp. z o.o. zapewnia stałe zaplecze organizacyjne dla utrzymania zieleni, a lokalny obieg biomasy (słoma, popiół) stwarza możliwości synergii z gospodarką zielenią.
- **Otoczenie przyrodnicze** – krajobraz rolniczy z zadrzewieniami śródpolnymi, jeziora gminy, Obszar Chronionego Krajobrazu Jeziora Goryńskiego i korytarz ekologiczny GKPn-14A zapewniają powiązania ponadlokalne i zaplecze rekreacyjne.

4.2 Analiza słabych stron miasta w zakresie obszarów zielonych

Do głównych słabych stron zieleni miejskiej w Kisielicach należą:

- **Uszczelnienie strefy śródmiejskiej** – rynek, place i parkingi przy obiektach publicznych oraz otoczenie drogi krajowej nr 16 są w znacznej mierze utwardzone i pozbawione zieleni wysokiej; to właśnie tu badania termowizyjne wykazały najwyższe temperatury powierzchni.
- **Brak parku i zieleni urządzonej o charakterze kompozycyjnym** – poza promenadą nad jeziorem miasto nie dysponuje terenem zieleni urządzonej o powierzchni parkowej; zieleń publiczna ma charakter rozproszony i utrzymaniowy, a nie projektowy.
- **Brak standardów utrzymania i rozwoju zieleni** – brak formalnych, spójnych standardów pielęgnacji (cięcia, ochrona stref korzeniowych, koszenie, nasadzenia zastępcze) oraz brak komponentu zieleni w inwestycjach drogowych prowadzą do stopniowego ubytku drzew i nieefektywnego wykorzystania środków.

- **Słaba łączność systemu zieleni** – jezioro, wzgórze kościelne, cmentarz, tereny sportowe i dolina Gardęgi funkcjonują jako odizolowane ogniwa bez ciągłych powiązań zielenią przyuliczną.
- **Wrażliwość jeziora miejskiego** – płytki zbiornik o niewielkiej zlewni jest podatny na eutrofizację, spadek stanu wody i presję rekreacyjną; strefa brzegowa nie posiada pasów buforowych.
- **Ograniczone zasoby kadrowe i finansowe małej gminy** – brak etatu architekta krajobrazu lub ogrodnika miejskiego oraz ograniczony budżet na zieleń utrudniają planowanie i profesjonalne utrzymanie nasadzeń.
- **Brak inwentaryzacji i cyfrowej bazy danych o zieleni** – decyzje dotyczące drzew podejmowane są bez pełnej wiedzy o zasobie, jego wieku, stanie zdrowotnym i wartości.

4.3 Analiza szans w rozbudowie obszarów zielonych

Do głównych szans rozwoju zieleni miejskiej w Kisielicach należą:

- **Dostępność zewnętrznych źródeł finansowania** – programy krajowe i unijne perspektywy 2021–2027 (FEnIKS, Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur, NFOŚiGW i WFOŚiGW w Olsztynie, program „Moja Woda") przewidują nabory na przedsięwzięcia z zakresu BZI, retencji i zwiększania powierzchni biologicznie czynnej; miasta sieci Cittaslow korzystają dodatkowo z dedykowanych instrumentów wsparcia przestrzeni publicznych.
- **Trwające i planowane inwestycje gminne** – przebudowa Zespołu Szkół z zagospodarowaniem terenu, modernizacja plaż i pomostów, odbudowa ratusza i rewaloryzacja Starówki, ścieżki rowerowe na terenach pokolejowych oraz kolejne przebudowy ulic mogą – przy niewielkim koszcie dodatkowym – stać się nośnikami rozwiązań BZI.
- **Nowy plan ogólny i zmiany planów miejscowych** – uchwalony w 2026 r. plan ogólny oraz trwające zmiany planów miejscowych pozwalają wprowadzić ustalenia chroniące zieleń i wody oraz standardy retencji na działkach do dokumentów prawa miejscowego.
- **Zaostrzająca się polityka klimatyczna UE i kraju** – unijne rozporządzenie w sprawie odbudowy zasobów przyrodniczych i krajowe wymogi dotyczące powstrzymania ubytku terenów zieleni miejskiej wzmacniają pozycję samorządów ubiegających się o środki na zieleń.
- **Upowszechnienie sprawdzonych rozwiązań technicznych** – dostępność standardów projektowych (ogrody deszczowe, nawierzchnie przepuszczalne, łąki kwietne, nasadzenia w systemach antykompresyjnych) obniża koszty i ryzyko wdrożeniowe także w małych miastach.

- **Aktywność mieszkańców i lokalnych organizacji** – ochotnicza straż pożarna, kluby sportowe, koła gospodyń wiejskich i szkoły stanowią naturalnych partnerów akcji sadzenia drzew, tworzenia łąk kwietnych i opieki nad zielenią sąsiedzką.

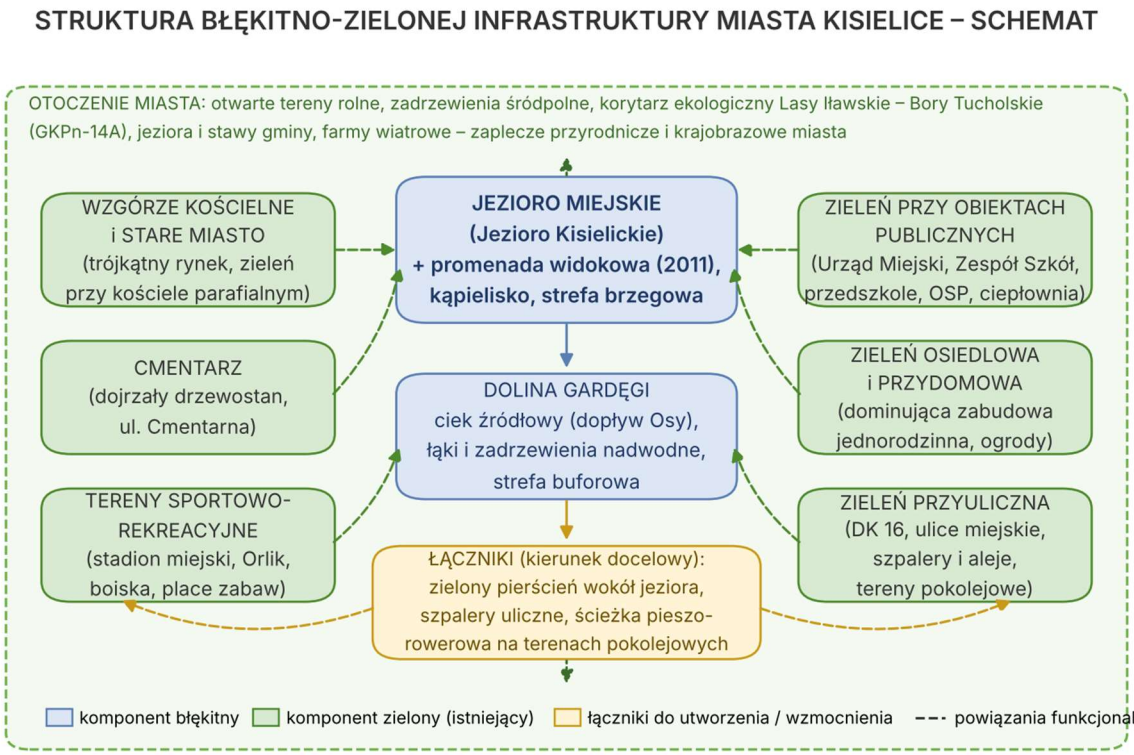
4.4 Analiza zagrożeń rozwoju obszarów zielonych

Do głównych zagrożeń rozwoju zieleni miejskiej w Kisielicach należą:

- **Zmiany klimatyczne i ekstrema pogodowe** – fale upałów i susze pogarszają kondycję roślinności, zwiększają zapotrzebowanie na nawadnianie nowych nasadzeń i mogą prowadzić do zamierania drzew, zwłaszcza na siedliskach przyulicznych.
- **Degradacja jeziora miejskiego** – postępująca eutrofizacja, zakwity sinic i spadek stanu wody mogą pozbawić miasto jego najważniejszego zasobu przyrodniczego i rekreacyjnego.
- **Dalsze uszczelnianie gruntu („betonoza")** – modernizacje placów, parkingów i ulic prowadzone bez komponentu zieleni utrwalają niekorzystne warunki termiczne i ograniczają retencję.
- **Presja inwestycyjna na obrzeża miasta** – zabudowa terenów otwartych w dolinie Gardęgi i na obrzeżach miasta grozi utratą ciągłości powiązań przyrodniczych.
- **Niewystarczająca bioróżnorodność i choroby drzew** – dominacja pojedynczych gatunków w szpalerach (np. lip, klonów, kasztanowców) zwiększa podatność na szkodniki i patogeny; w regionie postępuje zamieranie jesionów.
- **Ograniczenia finansowe i kadrowe** – spadek liczby mieszkańców i dochodów gminy oraz konkurencja innych zadań (infrastruktura wodno-kanalizacyjna, drogi, oświata) mogą odsuwać inwestycje w zieleń na dalszy plan.

5. Wybrane kierunki działań

Po przeanalizowaniu mocnych i słabych stron miasta Kisielice oraz szans i zagrożeń przedstawiono wybrane kierunki działań, które w perspektywie najbliższych lat powinny być realizowane w ramach Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu. Kierunki te zostały dostosowane do skali małego miasta: zamiast kilku dużych inwestycji proponuje się sieć niewielkich, powiązanych ze sobą interwencji, realizowanych w pierwszej kolejności na gruntach gminnych i przy okazji już planowanych zadań inwestycyjnych. Schemat docelowej struktury BZI miasta przedstawiono na rys. 6.



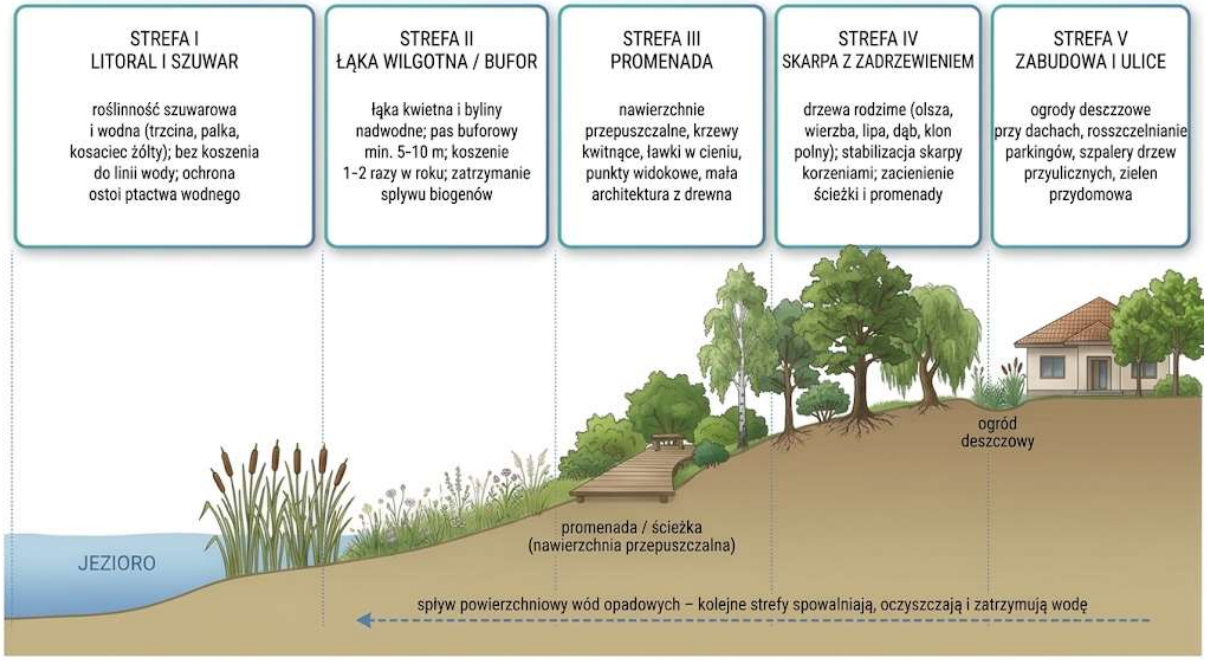
Rysunek 7. Schemat struktury błękitno-zielonej infrastruktury miasta Kisielice – stan istniejący i łączniki do utworzenia (źródło: opracowanie własne)

5.1 Zielony pierścień wokół jeziora miejskiego

Kluczowym, wyróżniającym Kisielice kierunkiem działań jest kompleksowe zagospodarowanie strefy jeziora miejskiego – z poszanowaniem jego funkcji przyrodniczych, retencyjnych i rekreacyjnych. Promenada widokowa z 2011 r. stanowi dobry punkt wyjścia, jednak docelowo strefa brzegowa powinna zostać ukształtowana jako ciągły „zielony pierścień", w którym poszczególne pasy roślinności pełnią określone funkcje (rys. 7). Zaleca się:

- **Ochronę i odtworzenie strefy szuwarowej** – rezygnację z koszenia roślinności do linii wody na odcinkach poza kąpieliskiem i pomostami, pozostawienie pasa trzcin i pałki jako ostoi ptactwa oraz naturalnego filtra biogenów.
- **Wprowadzenie pasów buforowych** – łąk wilgotnych i nasadzeń bylin nadwodnych o szerokości co najmniej 5–10 m pomiędzy terenami użytkowanymi (ogrody, ulice, pola) a lustrem wody, koszonych nie częściej niż 1–2 razy w roku.
- **Zacienienie promenady** – nasadzenia drzew rodzimych (olsza czarna, wierzba biała, lipa drobnolistna, dąb szypułkowy, klon polny) na skarpach i wzdłuż ciągu pieszego, tak aby w perspektywie 10–15 lat co najmniej połowa długości promenady znajdowała się w cieniu.

- **Modernizację kąpieliska, plaży i pomostów** (kierunek 2.3.3 Strategii) z zastosowaniem nawierzchni przepuszczalnych, małej architektury z drewna i zacienionych miejsc wypoczynku.
- **Domknięcie pętli wokół jeziora** ścieżką o nawierzchni przepuszczalnej, powiązaną z rynkiem, terenami sportowymi i planowaną ścieżką rowerową na terenach pokolejowych.
- **Monitoring jakości wody** – coroczne badania stanu troficznego zbiornika i ocenę skuteczności pasów buforowych.



Rysunek 8. Schemat strefowania roślinności i rozwiązań retencyjnych w strefie brzegowej jeziora miejskiego w Kisielicach (źródło: opracowanie własne)

5.2 Zielone Stare Miasto – rewaloryzacja zieleni w historycznym centrum

Historyczne centrum Kisielic – rynek, wzgórze kościelne i ulice Starego Miasta – jest zarazem najcenniejszą kulturowo i najbardziej przegrzewającą się częścią miasta. Planowana przez gminę ochrona założenia urbanistycznego i etapowa odbudowa Starówki, w tym ratusza[32], powinna zostać wykorzystana do wprowadzenia zieleni jako integralnego elementu kompozycji przestrzeni publicznej. Zaleca się:

- **Przegląd dendrologiczny i pielęgnację starodrzewu** wzgórza kościelnego oraz objęcie najcenniejszych drzew ochroną pomnikową (w gminie ustanowiono dotąd 24 pomniki

[32] Strategia Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040, op. cit.

przyrody, w tym aleję 24 dębów szypułkowych[33]; wskazane jest zweryfikowanie, które drzewa w granicach miasta spełniają kryteria pomnikowe).

- **Wprowadzenie drzew na rynek i place** w systemach antykompresyjnych umożliwiających rozwój korzeni pod nawierzchnią, z zachowaniem osi widokowych na kościół i historycznych linii zabudowy.
- **Rozszczelnienie nawierzchni** parkingów i placów manewrowych (w tym otoczenia Urzędu Miejskiego i remizy OSP), zastąpienie części kostki i asfaltu nawierzchniami przepuszczalnymi i zielenią.
- **Ogrody deszczowe i elementy wodne** w przestrzeni rynku (np. przy odbudowywanym ratuszu), zasilane wodą z dachów budynków publicznych.
- **Zieleń wertykalną i pnącza** na ścianach szczytowych i ogrodzeniach, tam gdzie brak miejsca na drzewa.

5.3 Rozwój zieleni w obrębie ciągów komunikacyjnych

Ulice są najdłuższą i najbardziej rozgałęzioną siecią przestrzeni publicznej w mieście – dlatego ich zazielenienie daje efekt skali nieosiągalny w żadnej innej formie. W Kisielicach kierunek ten ma szczególne znaczenie z dwóch powodów: wzdłuż drogi krajowej nr 16 drzewa ograniczają hałas i zanieczyszczenia z ruchu tranzytowego, a w ulicach gminnych szpalery stanowią jedyny sposób połączenia rozproszonych terenów zieleni w spójny system. Zaleca się:

- **Inwentaryzację zieleni przyulicznej** – prostą bazę danych o drzewach, krzewach i szpalerach (gatunek, wiek, stan zdrowotny, kolizje z infrastrukturą), prowadzoną w gminnym systemie informacji przestrzennej.
- **Standard „ulica z drzewami”** – zasadę, zgodnie z którą każda przebudowa ulicy gminnej (po doświadczeniach ul. Zagrodowej i Cmentarnej – planowane ul. Prusa i Kołłątaja) obejmuje komponent nasadzeń drzew i zieleni retencyjnej w pasie drogowym.
- **Nasadzenia wzdłuż drogi krajowej nr 16** w uzgodnieniu z zarządcą drogi – gatunki odporne na zasolenie i suszę (klon polny, jesion wyniosły z zastrzeżeniem dotyczącym chorób, wiąz, lipa srebrzysta), z zachowaniem skrajni i widoczności.
- **Nowoczesne technologie nasadzeń** – większe misy, podłoża strukturalne, nawadnianie w pierwszych latach, ochrona pni.
- **Tworzenie korytarzy zieleni** – połączenie jeziora, Starego Miasta, cmentarza, stadionu i doliny Gardęgi ciągłymi szpalerami oraz ścieżką pieszo-rowerową na terenach pokolejowych (kierunek 2.3.2 Strategii).

[33] Strategia Rozwoju Gminy Kisielice na lata 2025–2040, op. cit.

5.4 Zieleń osiedlowa i przydomowa – program dla zabudowy jednorodzinnej

W mieście, w którym dominuje zabudowa jednorodzinna, to ogrody przydomowe stanowią największy zasób zieleni i największy potencjał retencji wód opadowych. Działania publiczne powinny zatem koncentrować się na tworzeniu zachęt i wzorców dla mieszkańców, a w niewielkich zespołach zabudowy wielorodzinnej – na modernizacji przestrzeni między budynkami. Zaleca się:

Działania w skali mikro (działka, podwórko):

- **Retencja przydomowa** – promocję zbiorników na deszczówkę, ogrodów deszczowych i nawierzchni przepuszczalnych na podjazdach, w tym gminny program dopłat uzupełniający program „Moja Woda" oraz pomoc w przygotowaniu wniosków.
- **Ogrody przyjazne klimatowi** – coroczny konkurs na najbardziej „zielony" ogród z nagrodami w postaci sadzonek drzew rodzimych i owocowych.
- **Zieleń wertykalna i pergole** – obsadzanie elewacji i ogrodzeń pnączami, co poprawia estetykę i obniża temperaturę.

Działania w skali mezo (zespół zabudowy, kwartał):

- **Tworzenie łąk kwietnych** – zamiana monotonnych trawników w zespołach zabudowy wielorodzinnej i na obrzeżach terenów sportowych na łąki kwietne, tańsze w utrzymaniu i przyjazne zapylaczom.
- **Wprowadzanie zieleni wysokiej** – nasadzenia drzew dających cień przy miejscach postojowych, placach zabaw i ciągach pieszych.
- **Ogrodnictwo sąsiedzkie** – przekształcanie nieużytków gminnych w ogólnodostępne ogródki warzywne lub kwietne prowadzone przez mieszkańców, szkoły i organizacje lokalne.
- **Utrzymanie wskaźnika powierzchni biologicznie czynnej** na poziomie co najmniej 60% dla zabudowy jednorodzinnej w planach miejscowych sporządzanych zgodnie z planem ogólnym.

5.5 Inwestycje w rozwój zieleni o charakterze retencyjnym

Zielona infrastruktura retencyjna stanowi odpowiedź na intensyfikację opadów nawalnych związanych ze zmianami klimatu. Poprzez retencję wody opadowej w miejscu jej opadu system zmniejsza obciążenie kanalizacji, ogranicza zagrożenie podtopieniami oraz wspomaga naturalną regenerację zasobów wodnych – co w Kisielicach, zaopatrywanych w wodę wyłącznie z lokalnych ujęć w obrębie GZWP nr 210, ma znaczenie strategiczne. Zaleca się:

- **Ogrody deszczowe przy obiektach publicznych** – w pierwszej kolejności przy Zespole Szkół (w ramach trwającego zagospodarowania terenu), Urzędzie Miejskim, Przedszkolu Miejskim i remizie OSP, zasilane wodą z dachów; obiekty te pełniłyby jednocześnie funkcję demonstracyjną i edukacyjną.
- **Rozszczelnianie powierzchni** – systematyczne zastępowanie betonu i asfaltu nawierzchniami przepuszczalnymi tam, gdzie nie są wymagane twarde nawierzchnie (parkingi, place manewrowe, chodniki o niskim natężeniu ruchu).
- **Małą retencję w dolinie Gardęgi i na rowach melioracyjnych** – zastawki, poszerzenia i obsadzenia rowów roślinnością, niecki retencyjne w obniżeniach terenu, odtworzenie oczek wodnych.
- **Retencję na terenach sportowych** – zagospodarowanie wód z boisk i dachów hali sportowej w nieckach infiltracyjnych i zbiornikach do podlewania murawy.
- **Zasadę zagospodarowania wód opadowych na działce** – konsekwentne stosowanie w planach miejscowych ustaleń o odprowadzaniu wód z dachów do gruntu lub zagospodarowaniu ich w granicach nieruchomości[34].

5.6 Dolina Gardęgi i tereny otwarte – korytarz ekologiczny i strefa buforowa miasta

Dolina Gardęgi wraz z rowami melioracyjnymi i terenami rolniczymi na obrzeżach miasta stanowi naturalne powiązanie systemu zieleni Kisielic z otaczającym krajobrazem i regionalnym korytarzem ekologicznym GKPn-14A. Zieleń pełni tu ważną funkcję hydrologiczną, a w strefach zagrożenia powodziowego wpływa na opory przepływu; dlatego projektowanie i pielęgnacja zieleni w tych obszarach powinny uwzględniać następujące zasady:

- **strefa bezpośredniego sąsiedztwa cieku i obszarów zagrożenia powodzią o prawdopodobieństwie 10%** – wyłącznie roślinność zielna, szuwarowa i pojedyncze krzewy wierzbowe; brak zabudowy i ogrodzeń poprzecznych do nurtu;
- **strefa zalewu o prawdopodobieństwie 1%** – łąki wilgotne i kępy drzew łęgowych (olsza, wierzba) ustawione wzdłuż nurtu; dopuszczalne ścieżki o nawierzchni przepuszczalnej;
- **strefa zalewu o prawdopodobieństwie 0,2% i tereny przyległe** – możliwe pełniejsze nasadzenia o charakterze parkowym i zadrzewienia śródpolne z gatunków znoszących okresowe podtopienie;

[34] Projekt miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla części terenów miasta Kisielice, op. cit.

- **pasy buforowe** o szerokości co najmniej 10 m wzdłuż cieku i rowów, wyłączone z nawożenia i intensywnego koszenia, ograniczające spływ biogenów do jeziora;
- **zadrzewienia śródpolne i przydrożne** na obrzeżach miasta jako elementy wiatrochronne, siedliskowe i krajobrazowe, powiązane z istniejącymi alejami i pomnikami przyrody w gminie.

5.7 Wsparcie rozwoju bioróżnorodności

Bioróżnorodność jest fundamentem odporności ekosystemów w mieście. Wzmocnienie naturalnych procesów poprzez ochronę gatunków, tworzenie korytarzy ekologicznych i zwiększanie różnorodności siedlisk przyczynia się do budowy miasta odpornego na wyzwania klimatyczne. Zaleca się:

- **Różnorodność gatunkową nasadzeń** – odchodzenie od monokultur na rzecz różnogatunkowych kompozycji, z preferencją gatunków rodzimych, miododajnych i owocowych (w tym tradycyjnych odmian drzew owocowych Powiśla w zadrzewieniach przydrożnych).
- **Tworzenie siedlisk dla zapylaczy** – „hotele dla owadów", pasy roślin miododajnych, łąki kwietne przy obiektach publicznych, szkole i przedszkolu.
- **Ochronę ostoi ptactwa wodnego** w strefie szuwarowej jeziora oraz montaż budek lęgowych dla ptaków i nietoperzy w starodrzewie wzgórza kościelnego i cmentarza.
- **Ochronę starodrzewu** – szczególnie przy kościele parafialnym, na cmentarzu i w strefie brzegowej jeziora; stare drzewa to ostoja bioróżnorodności, a ich utrata jest trudna do odtworzenia.
- **Walkę z gatunkami inwazyjnymi** – systematyczne usuwanie nawłoci kanadyjskiej, niecierpka gruczołowatego i klonu jesionolistnego, zwłaszcza w strefie brzegowej jeziora i wzdłuż rowów.

5.8 Intensyfikacja działań edukacyjnych i partycypacyjnych

Dla skutecznej realizacji założeń MPA kluczowe jest zaangażowanie i świadomość mieszkańców. Edukacja klimatyczna i przyrodnicza nie jest dodatkiem do działań inwestycyjnych – to warunek ich trwałości i społecznej akceptacji. W małym mieście, gdzie większość zieleni znajduje się w rękach prywatnych, a społeczność jest silnie zintegrowana wokół szkoły, parafii, OSP i klubu sportowego, działania edukacyjne mają szczególnie wysoką skuteczność. Zaleca się:

- **Program edukacji klimatycznej w Zespole Szkół i Przedszkolu Miejskim** – integrację tematyki zmian klimatu i roli zieleni z zajęciami, z wykorzystaniem ogrodu deszczowego i łąki kwietnej przy szkole jako „zielonej klasy".

- **Ścieżkę edukacyjną wokół jeziora** – tablice prezentujące rolę szuwarów, pasów buforowych i drzew w ochronie wód, powiązane z marką Kisielic jako gminy energii odnawialnej („od zielonej energii do zielonego miasta").
- **Kampanie informacyjne dla mieszkańców** – dotyczące retencji przydomowej, łąk kwietnych, ochrony drzew i gatunków inwazyjnych, prowadzone przez stronę gminy, media społecznościowe i spotkania sołecko-osiedlowe.
- **Wydarzenia tematyczne** – coroczne sadzenie drzew z udziałem mieszkańców (np. „drzewo dla każdego nowo narodzonego mieszkańca"), sprzątanie brzegów jeziora, warsztaty budowy budek lęgowych, wpisane w kalendarz wydarzeń Cittaslow.

5.9 Usystematyzowane podjęcie problematyki BZI w polityce rozwoju gminy

Najważniejszym warunkiem sukcesu wszystkich poprzednich działań jest wbudowanie błękitno-zielonej infrastruktury w system planowania i zarządzania gminą – tak, aby stała się elementem każdego dokumentu strategicznego, każdej decyzji inwestycyjnej i każdego projektu w przestrzeni publicznej. Zaleca się:

- **Stworzenie standardów utrzymania i rozwoju zieleni** – krótkiego, praktycznego dokumentu określającego zasady cięć pielęgnacyjnych, ochrony stref korzeniowych, koszenia (w tym stref niekoszonych), nasadzeń zastępczych i doboru gatunków, stosowanego przez Urząd Miejski i PUK Sp. z o.o. oraz w umowach z wykonawcami.
- **Włączenie BZI do dokumentów planistycznych** – zmian miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego sporządzanych na podstawie planu ogólnego z 2026 r. (strefy zieleni wokół jeziora i wzdłuż Gardęgi, wskaźniki powierzchni biologicznie czynnej, zasady retencji), przyszłych aktualizacji planu ogólnego oraz programu rewaloryzacji Starego Miasta.
- **Stworzenie prostej bazy danych o BZI** – warstwy zieleni w gminnym systemie informacji przestrzennej (inwentaryzacja drzew, tereny zieleni, elementy retencji).
- **Wyznaczenie koordynatora ds. zieleni i adaptacji** w strukturze Urzędu Miejskiego lub PUK Sp. z o.o., odpowiedzialnego za wdrażanie koncepcji, pozyskiwanie środków i monitoring.
- **Powiązanie z polityką energetyczną gminy** – wykorzystanie marki „gminy samowystarczalnej energetycznie" i planowanej spółdzielni energetycznej do promocji projektów BZI; analizę możliwości wykorzystania popiołu ze słomy z ciepłowni do poprawy gleb na terenach zieleni (po zbadaniu składu).
- **Cykliczną aktualizację koncepcji** – co 4–5 lat, w powiązaniu z aktualizacją MPA i Strategii Rozwoju Gminy.

6. Monitoring i system zarządzania

Podczas realizacji zadań kluczowa jest ocena rzeczywistych efektów podejmowanych działań. System monitoringu, ewaluacji i zarządzania został opisany szerzej w głównej części dokumentu MPA. Z punktu widzenia koncepcji zazieleniania miasta kluczowe będzie monitorowanie i porównanie wartości docelowych z osiągniętymi m.in. w zakresie:

- wskaźników stanu BZI (powierzchnia, jakość, dostępność, liczba drzew),
- oceny efektów klimatycznych (temperatura powierzchni, retencja wód, jakość wody w jeziorze),
- oceny efektów społecznych (dostępność zieleni, satysfakcja mieszkańców, udział w wydarzeniach),
- oceny efektów ekologicznych (bioróżnorodność, stan ekosystemów, stan szuwarów).

Z uwagi na ograniczone zasoby kadrowe małej gminy zestaw wskaźników powinien być możliwie prosty, oparty na danych już gromadzonych (ewidencja mienia, sprawozdania PUK Sp. z o.o., raport o stanie gminy) oraz na cyklicznych, tanich pomiarach terenowych. Proponowany zestaw wskaźników przedstawiono w tabeli 3; wartości bazowe powinny zostać ustalone w pierwszym roku wdrażania MPA.

Tabela 2. Proponowane wskaźniki monitoringu koncepcji zazieleniania miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne)

Wskaźnik	Jednostka	Źródło danych	Częstotliwość
Liczba drzew posadzonych na terenach gminnych (saldo: nasadzenia – usunięcia)	szt./rok	ewidencja Urzędu Miejskiego / PUK	rocznie
Powierzchnia terenów zieleni urządzonej i łąk kwietnych na gruntach gminnych	ha	ewidencja mienia, GIS gminy	rocznie
Udział powierzchni przepuszczalnych na parkingach i placach gminnych	%	inwentaryzacja, projekty przebudów	co 2 lata
Liczba i pojemność obiektów małej retencji (ogrody deszczowe, niecki, zbiorniki)	szt., m^3	ewidencja inwestycji, wnioski „Moja Woda”	rocznie
Udział długości promenady i ciągów pieszych w cieniu drzew	%	pomiar terenowy / ortofotomapa	co 3 lata
Maksymalna temperatura powierzchni w punktach kontrolnych (rynek, parkingi, jezioro)	°C	pomiar termowizyjny wg metodyki Załącznika V	co 2–3 lata (lato)
Stan troficzny jeziora miejskiego (przezroczystość, chlorofil a, fosfor ogólny)	m, µg/l, mg/l	badania zlecone / WIOŚ	rocznie
Liczba mieszkańców korzystających z programów retencji przydomowej i konkursów ogrodowych	osoby/rok	sprawozdania Urzędu Miejskiego	rocznie
Liczba wydarzeń edukacyjnych i uczestników	szt., osoby	szkoła, przedszkole, Urząd Miejski	rocznie

7. Katalog dobrych praktyk

Wspólnym mianownikiem działań rekomendowanych do realizacji w ramach Miejskiego Planu Adaptacji miasta Kisielice jest rozwój błękitno-zielonej infrastruktury w przestrzeni miejskiej, w ścisłym powiązaniu z tożsamością miasta jako historycznego ośrodka nad jeziorem i lidera lokalnej energetyki odnawialnej.

Aby podejmowane działania przyniosły oczekiwany efekt, należy unikać sytuacji, w której z jednej strony realizowane są inwestycje adaptacyjne (nowe nasadzenia, ogrody deszczowe, zagospodarowanie strefy jeziora), a z drugiej kontynuowane są inwestycje prowadzące do dalszego uszczelniania przestrzeni miejskiej (nowe betonowe parkingi, poszerzanie jezdni kosztem zieleni, usuwanie drzew przy przebudowach ulic). Poniższy katalog dobrych praktyk nie ma charakteru samodzielnych działań inwestycyjnych, lecz stanowi zbiór wytycznych do uwzględniania na każdym etapie planowania i projektowania inwestycji gminnych.

7.1 Przydrożne pasaże roślinne

Roślinność towarzysząca ciągom komunikacyjnym pełni w mieście funkcje wykraczające daleko poza walory estetyczne. Do najważniejszych korzyści płynących z jej stosowania należą: oczyszczanie powietrza poprzez redukcję dwutlenku węgla i wychwytywanie pyłów zawieszonych, ograniczanie hałasu komunikacyjnego oraz poprawa mikroklimatu poprzez zacienienie i transpirację. W upalne dni temperatura odczuwalna w cieniu drzew może być niższa nawet o kilkanaście stopni w porównaniu do nasłonecznionego chodnika – co ma kluczowe znaczenie dla komfortu i zdrowia mieszkańców, zwłaszcza w utwardzonym centrum Kisielic i wzdłuż drogi krajowej nr 16.

Rośliny rosnące w pasach drogowych funkcjonują w wyjątkowo trudnych warunkach siedliskowych. Gatunki dobierane do nasadzeń przyulicznych muszą charakteryzować się wysoką odpornością na zanieczyszczenia powietrza, mróz, suszę, zasolenie gleby oraz zanieczyszczenia związkami chemicznymi pochodzącymi z ruchu samochodowego. Szczególnym problemem jest zasolenie gleby spowodowane zimowym posypywaniem jezdni solą drogową – w warunkach Warmii i Powiśla, gdzie zimy są dłuższe niż w centralnej Polsce, problem ten jest szczególnie istotny – a także bryza solna unoszona przez przejeżdżające samochody i osiadająca bezpośrednio na liściach i pniach drzew.

7.2 Nawierzchnie utwardzone

Istotnym i stosunkowo łatwym do wdrożenia kierunkiem adaptacji klimatycznej miast jest rezygnacja z całkowicie szczelnych nawierzchni wszędzie tam, gdzie nie są one technicznie konieczne. Skuteczność takiego działania zależy jednak w decydującym stopniu od sposobu

zagospodarowania uwalnianej powierzchni – największe efekty przynosi wprowadzenie zieleni wysokiej, zapewniającej zacienienie i intensywną ewapotranspirację, natomiast zastąpienie nawierzchni szczelnej wyłącznie pokrywą trawiastą poprawia przede wszystkim warunki retencyjne, w mniejszym zaś stopniu odczuwalne warunki termiczne. Zastosowanie nawierzchni przepuszczalnych przynosi szereg korzyści:

- ogranicza spływ powierzchniowy i zmniejsza ryzyko podtopień,
- odciąża kanalizację deszczową i rowy melioracyjne,
- zasila wody gruntowe i wspiera retencję w okresach suszy – co w obrębie GZWP nr 210 ma znaczenie dla lokalnych ujęć wody,
- naturalnie filtruje zanieczyszczenia spływające z powierzchni, chroniąc jezioro miejskie,
- obniża temperaturę powierzchni w upalne dni.

W warunkach Kisielic nawierzchnie przepuszczalne (kostka ażurowa, kruszywo stabilizowane, nawierzchnie mineralne) powinny być stosowane w pierwszej kolejności na parkingach przy obiektach publicznych, na placu przy remizie OSP, na ciągach pieszych wokół jeziora oraz na drogach wewnętrznych o niskim natężeniu ruchu.

7.3 Łąki kwietne

Na terenach rekreacyjnych, w pasach drogowych oraz na nieużytkach miejskich należy dążyć do stopniowego zastępowania intensywnie koszonych trawników łąkami kwietnymi, a w mniejszej skali – wprowadzania pasów kwietnych wzdłuż ciągów pieszych i rowerowych.

Łąki kwietne mają nad klasycznymi trawnikami szereg przewag:

- Bioróżnorodność – na jednej łące może rosnąć nawet do 60 gatunków roślin, co stanowi siedlisko dla pszczół samotnic, trzmieli, motyli, ptaków i drobnych ssaków. Wsparcie zapylaczy ma znaczenie nie tylko ekologiczne, ale i ekonomiczne – w gminie o rolniczym charakterze zapylacze są warunkiem produkcji rolnej i sadowniczej.
- Odporność na suszę – dzięki głębszemu systemowi korzeniowemu oraz ochronie liści (włoski, wosk) rośliny łąkowe lepiej znoszą letnie okresy suszy i nie wymagają intensywnego podlewania.
- Niższe koszty utrzymania – łąki kwietne kosi się jedynie 2–3 razy w roku, w przeciwieństwie do trawników wymagających kilkunastokrotnego koszenia w sezonie, co w małej gminie o ograniczonych zasobach PUK ma wymierne znaczenie.
- Korzyści zdrowotne – dzikie rośliny kwitnące jonizują powietrze i wydzielają fitoncydy o działaniu antybakteryjnym i grzybobójczym.

- Mniejsza uciążliwość dla alergików – kwiaty łąkowe są zazwyczaj owadopylne, a ich pyłek jest zbyt ciężki, by przemieszczać się z wiatrem (w przeciwieństwie do pyłków traw, które są jednym z najczęstszych alergenów).

W warunkach Kisielic łąki kwietne mogą znaleźć zastosowanie w wielu lokalizacjach: w strefie buforowej jeziora miejskiego, na obrzeżach stadionu i boisk, wzdłuż ścieżki na terenach pokolejowych, w pasach drogowych ulic gminnych, przy ciepłowni oraz na niezagospodarowanych gruntach gminnych na obrzeżach miasta.

7.4 Dobór materiału roślinnego

Do nasadzeń przyulicznych i parkowych w warunkach Kisielic rekomendowane są przede wszystkim rodzime gatunki liściaste odporne na okresowe susze, zasolenie gleby oraz surowsze zimy Warmii i Powiśla, m.in. lipa drobnolistna, klon polny, grab pospolity i dąb szypułkowy, a w strefie brzegowej jeziora, w dolinie Gardęgi i na terenach okresowo podtapianych – wierzba biała, olsza czarna i topola czarna, dobrze znoszące zmienne warunki wilgotnościowe. W przestrzeniach o ograniczonej przestrzeni korzeniowej (chodniki, parkingi, rynek) rekomendowane są gatunki o mniejszych wymaganiach, odporne na zasolenie, takie jak klon polny czy jarząb pospolity. Przy wykorzystaniu gatunków obcych należy zwrócić uwagę na wykluczenie z doboru gatunków inwazyjnych. Ostateczny dobór gatunkowy powinien każdorazowo uwzględniać warunki siedliskowe konkretnej lokalizacji oraz zalecenia projektanta zieleni.

W przestrzeni miejskiej poleca się szczególnie gatunki:

- Brzoza – *Betula*
- Buk – *Fagus sylvatica*
- Dąb – *Quercus*
- Grab – *Carpinus*
- Jabłoń – *Malus*
- Grusza – *Pyrus*
- Jarząb – *Sorbus*
- Jesion – *Fraxinus*
- Kasztanowiec – *Aesculus*
- Klon – *Acer*
- Lipa – *Tilia*
- Olsza – *Alnus*
- Platan – *Platanus*
- Surmia – *Catalpa*

- Topola – *Populus*
- Wiąz – *Ulmus*
- Wierzba – *Salix*
- Wiśnia – *Prunus cerasus*
- Czeremcha – *Prunus padus*
- Czereśnia – *Prunus avium*

Zgodnie z najnowszymi wytycznymi powinno się w planowanych nasadzeniach uwzględniać przede wszystkim gatunki rodzime.

Przy planowaniu nowych nasadzeń przed podjęciem decyzji o doborze gatunku zaleca się przeanalizowanie zastosowania, lokalizacji i presji środowiskowej, jakiej będzie poddane drzewo. W przypadku drzew ulokowanych wzdłuż ciągów ulicznych należy dobierać gatunki odporne na zasolenie z błota pośniegowego (np. jesion wyniosły *Fraxinus excelsior*). Warto zauważyć, że klasyczne polskie drzewa miejskie, czyli lipa drobnolistna, klon zwyczajny, kasztanowiec, brzoza, są bardzo wrażliwe na zasolenie. To znaczy, że choć są atrakcyjnymi gatunkami parkowymi, nie nadają się do sadzenia w pasach chodnikowych ani w nieckach z utwardzoną nawierzchnią – co potwierdza obserwowane masowe usychanie tych drzew w polskich miastach.

W związku ze specyfiką miasta konieczne jest uwzględnienie odporności danego gatunku na suszę i występowanie powierzchni utwardzonej. Na ten parametr najbardziej odporne są np. platany klonolistne (*Platanus × hispanica* 'Acerifolia') oraz jesion wyniosły. W poniższej tabeli zestawiono parametry przydatne przy analizie podatności gatunków na presję środowiska.

Tabela 3. Tabela doboru gatunków drzew przy planowaniu nasadzeń w mieście (źródło: Drzewa w miastach – dobór gatunków, poradnik architekta krajobrazu, dr inż. Adam Marosz)

Gatunek	Odporność na zasolenie	Odporność na suszę	Odporność na wiatr	Znosi utwardzoną nawierzchnię	Zastosowanie						
					Drogi ekspresowe i autostrady	Drogi krajowe	Drogi lokalne	Ulice główne	Pasy rozdzielające drogi	Ulice osiedlowe	Parki, zieleńce, ogrody…
Dąb szypułkowy *Quercus robur*	2	2	3	2	3	1	3	1	0	1	3
Lipa drobnolistna *Tilia cordata*	1	3	2	2	2	3	3	1	1	3	3
Klon pospolity *Acer platanoides*	1	2	3	1	3	3	2	1	0	1	3
Grab pospolity *Carpinus betulus*	0	2	3	0	3	3	2	1	0	3	3
Buk pospolity *Fagus sylvatica*	1	2	3	1	3	2	3	1	0	3	3
Brzoza brodawkowata *Betula pendula*	1	3	3	0	2	1	1	0	0	3	3
Jarząb pospolity *Sorbus aucuparia*	1	2	3	0	2	1	3	1	0	3	3
Czereśnia ptasia *Prunus avium*	1	2	2	2	1	1	2	1	0	3	3
Wiąz górski *Ulmus glabra*	2	2	3	0	1	2	2	1	0	3	3

Gatunek	Odporność na zasolenie	Odporność na suszę	Odporność na wiatr	Znosi utwardzoną nawierzchnię	Zastosowanie						
					Drogi ekspresowe i autostrady	Drogi krajowe	Drogi lokalne	Ulice główne	Pasy rozdzielające drogi	Ulice osiedlowe	Parki, zieleńce, ogrody…
Olsza czarna *Alnus glutinosa*	0	1	3	0	2	3	3	1	0	1	3
Wierzba biała *Salix alba*	2	2	2	2	1	0	1	0	0	2	3
Wierzba iwa *Salix caprea*	2	2	2	1	2	2	3	1	0	3	3
Klon polny *Acer campestre*	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3	3
Jesion wyniosły *Fraxinus excelsior*	3	3	3	2	2	2	3	3	2	1	3
Topola biała *Populus alba*	2	3	3	0	2	3	3	1	0	2	3
Skala przydatności: 0 - Nieprzydatna, 1 - słaba, 2 - dobra, 3 - bardzo dobra											

W analizie odporności drzew na główne czynniki miejskie (zasolenie, susza, wiatr) jesion wyniosły wypada wręcz wzorcowo. Niestety, w ostatnich trzech dekadach masowe zamieranie poważnie podważyło jego użyteczność jako drzewa miejskiego. Główną przyczyną kryzysu jest patogeniczny grzyb workowy *Hymenoscyphus fraxineus* (synonim stadium bezpłciowego: *Chalara fraxinea*), nazywany po polsku pucharkiem jesionowym[35]. Z podobnym problemem mierzą się populacje kasztanowców w polskich miastach, od ćwierć wieku znajdujące się w stanie chronicznego osłabienia spowodowanego inwazją obcego szkodnika – szrotówka kasztanowcowiaczka (*Cameraria ohridella*).

[35] https://zzm.krakow.pl/aktualnosci/1545-zamieranie-jesionow-i-rola-martwego-drewna.html

Biorąc pod uwagę ryzyko występowania stanów chorobowych, konieczne jest stosowanie różnicowania nasadzeń w celu zachowania bioróżnorodności i unikania monokultur podatnych na masowe zamieranie. W przypadku historycznych alej i szpalerów wskazane jest różnicowanie genetyczne w obrębie gatunku – wykorzystanie różnych odmian i pochodzeń, nie tylko jednej odmiany.

W miejscach, gdzie sadzenie drzew jest niemożliwe lub niewskazane (np. z uwagi na ograniczoną widoczność, kolizję z sieciami podziemnymi czy niewystarczającą szerokość pasa drogowego), warto zastosować nasadzenia krzewiaste. Podobnie jak w przypadku drzew istotne będzie przeanalizowanie presji, jakiej poddane będą krzewy.

Do gatunków dobrze sprawdzających się w warunkach miejskich należą[36]:

- hortensja ogrodowa (*Hydrangea macrophylla*),
- śliwa tarnina (*Prunus spinosa*),
- szakłak pospolity (*Rhamnus cathartica*),
- lilak pospolity (*Syringa vulgaris*),
- perukowiec podolski (*Cotinus coggygria*),
- dereń świdwa (*Cornus sanguinea*),
- dereń jadalny (*Cornus mas*),
- berberys pospolity (*Berberis vulgaris*),
- leszczyna pospolita (*Corylus avellana*),
- róża dzika (*Rosa canina*).

8. Konkluzje

Niniejsza Koncepcja zazieleniania miasta Kisielice, opracowana jako załącznik do Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu, stanowi diagnozę aktualnego stanu błękitno-zielonej infrastruktury oraz wskazuje kierunki jej dalszego rozwoju. Przeprowadzone analizy – obejmujące stan zasobów BZI, kluczowe zagrożenia adaptacyjne, analizę SWOT, kierunki działań, system monitoringu oraz katalog dobrych praktyk – pozwalają sformułować kilka zasadniczych wniosków.

Kisielice są małym miastem o czytelnej strukturze przyrodniczej: jezioro miejskie z promenadą, położone bezpośrednio przy historycznym centrum, stanowi naturalny rdzeń systemu BZI i największą powierzchnię chłodzącą miasta, a wzgórze kościelne ze starodrzewem, cmentarz, tereny sportowe i źródłowy odcinek Gardęgi tworzą pozostałe ogniwa systemu. Wszystkie tereny

[36] Krzewy liściaste na suche czasy, Andrzej Kujawa, ISBN 978-83-964478-5-2

zieleni znajdują się w zasięgu pieszego dojścia, co jest istotnym atutem w porównaniu z większymi ośrodkami.

Diagnoza wskazała jednocześnie kilka strukturalnych słabości, których nie da się rozwiązać pojedynczymi inwestycjami:

- uszczelnienie i przegrzewanie się strefy śródmiejskiej – rynku, placów i parkingów przy obiektach publicznych oraz otoczenia drogi krajowej nr 16, potwierdzone badaniami termowizyjnymi;
- brak zieleni urządzonej o charakterze kompozycyjnym i brak komponentu zieleni w inwestycjach drogowych;
- słaba łączność przestrzenna pomiędzy jeziorem, Starym Miastem, cmentarzem, terenami sportowymi i doliną Gardęgi;
- wrażliwość płytkiego jeziora miejskiego na eutrofizację i suszę przy braku pasów buforowych;
- ograniczone zasoby kadrowe i finansowe małej gminy oraz brak standardów i inwentaryzacji zieleni.

Mimo tych wyzwań Kisielice dysponują wyjątkowym kapitałem: rozpoznawalną w Polsce i Europie marką gminy samowystarczalnej energetycznie, członkostwem w sieci Cittaslow, udokumentowaną zdolnością do pozyskiwania środków zewnętrznych oraz zintegrowaną społecznością lokalną. Zaproponowane kierunki działań – zielony pierścień wokół jeziora, zielone Stare Miasto, standard „ulica z drzewami", program retencji przydomowej, ogrody deszczowe przy obiektach publicznych, włączenie doliny Gardęgi do systemu oraz wbudowanie BZI w politykę planistyczną gminy – zostały dostosowane do skali miasta i w większości mogą być realizowane przy okazji już zaplanowanych zadań inwestycyjnych.

Najlepiej zaprojektowane działania nie przyniosą efektu bez prostego, lecz konsekwentnie prowadzonego systemu monitoringu i zarządzania. Uwzględnienie rozwoju BZI w planach miejscowych i przyszłych aktualizacjach planu ogólnego, opracowanie standardów utrzymania zieleni, stworzenie warstwy zieleni w gminnym systemie informacji przestrzennej, wyznaczenie koordynatora oraz cykliczna aktualizacja koncepcji to elementy, bez których trudno mówić o trwałości polityki adaptacyjnej. Kisielice – miasto, które jako pierwsze w Polsce oparło swoje zaopatrzenie w energię na źródłach odnawialnych – mają wszelkie podstawy, by w podobny sposób stać się wzorem małego miasta odpornego na zmiany klimatu, w którym zielona energia idzie w parze z zieloną, błękitną i chłodną przestrzenią do życia.

Spis ilustracji

Rysunek 1. Efekt synergii we wdrażaniu błękitno-zielonej infrastruktury (źródło: Zeszyty naukowe Politechniki Poznańskiej, Błękitno-zielona infrastruktura jako narzędzie adaptacji miast do zmian klimatu i zagospodarowania wód opadowych, Anna Januchta-Szostak) 9
Rysunek 2. Lokalizacja terenów zieleni na terenie miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 14
Rysunek 3. Jezioro miejskie na terenie miasta Kisielice (fot. Ksenia Zielińska) 15
Rysunek 4. Wzgórze Kościelne w Kisielicach (fot. Ksenia Zielińska) 16
Rysunek 5. Gęstość zadrzewienia na terenie miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne na podstawie modeli 3D drzew LOD1 GUGiK) 18
Rysunek 6. Jezioro miejskie i promenada widokowa w Kisielicach (źródło: materiały własne) ... 24
Rysunek 7. Schemat struktury błękitno-zielonej infrastruktury miasta Kisielice – stan istniejący i łączniki do utworzenia (źródło: opracowanie własne) 29
Rysunek 8. Schemat strefowania roślinności i rozwiązań retencyjnych w strefie brzegowej jeziora miejskiego w Kisielicach (źródło: opracowanie własne) 30

Spis tabel

Tabela 1. Ocena stanu elementów błękitno-zielonej infrastruktury miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 20
Tabela 3. Proponowane wskaźniki monitoringu koncepcji zazieleniania miasta Kisielice (źródło: opracowanie własne) 36
Tabela 4. Tabela doboru gatunków drzew przy planowaniu nasadzeń w mieście (źródło: Drzewa w miastach – dobór gatunków, poradnik architekta krajobrazu, dr inż. Adam Marosz) 41

Fundusze Europejskie dla Warmii i Mazur

Rzeczpospolita Polska

Dofinansowane przez Unię Europejską

Załącznik IV

Koncepcja zagospodarowania na terenie miasta wód opadowych i roztopowych



Spis treści

1. Wstęp 3

1.1. Gospodarowanie wodami opadowymi w Prawie wodnym 4

2. Gospodarowanie wodami opadowymi a zmiany klimatu 6

3. Uwarunkowania przestrzenne i diagnoza stanu istniejącego 9

3.1. Uwarunkowania topograficzne i hydrologiczne 9

3.2. Powierzchnie biologicznie czynne 15

3.3. Zdolność retencyjna gruntów i tereny uszczelnione 17

3.4. Obszary ryzyka podtopień i powodzi 20

3.5. Stan istniejącej infrastruktury odwodnieniowej 24

4. Główne zagrożenia 26

5. Kierunki działań i rekomendowane rozwiązania 29

5.1. Propozycje działań 30

Spis rysunków 33

Spis tabel 33

1. Wstęp

Następstwem zmian klimatu są m.in. opady nawalne czy wydłużające się okresy bezdeszczowe. Wysoki udział powierzchni utwardzonych w strukturze przestrzennej miast sprzyja pogłębianiu się tych zjawisk, co powoduje konieczność zmiany podejścia do gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi. Tradycyjny model polegający przede wszystkim na szybkim odprowadzaniu wód deszczowych do kanalizacji, rowów lub odbiorników naturalnych staje się niewystarczający wobec rosnących wyzwań związanych z przeciążeniem systemów odwodnienia, lokalnymi podtopieniami, suszą miejską oraz pogarszaniem się warunków wodnych i mikroklimatycznych.

Miasto Kisielice nie dysponuje ono zorganizowanym systemem kanalizacji deszczowej: odwodnienie opiera się wyłącznie na rozwiązaniach lokalnych, rowach i naturalnej infiltracji. Równocześnie miasto leży na łagodnie ukształtowanej wysoczyźnie morenowej, zachowuje bardzo wysoki udział powierzchni przepuszczalnych, a rzeka Gardzięga omija zwartą zabudowę, przebiegając wzdłuż południowej granicy. Oznacza to, że koncepcja gospodarowania wodami opadowymi nie polega tu na naprawie istniejącego systemu, lecz na zbudowaniu go od podstaw – i że można go zbudować w logice retencji, a nie odprowadzania.

Drugą cechą wyróżniającą Kisielice jest charakter zagrożenia wodnego. Zlewnia Gardzięgi zaliczona została do obszarów silnie zagrożonych suszą, a w odniesieniu do suszy atmosferycznej i rolniczej – do ekstremalnie zagrożonych. Zagrożenie powodziowe ma natomiast charakter marginalny: w zasięgu wody pięćsetletniej znajdują się dwa budynki, z których żaden nie jest budynkiem mieszkalnym. Problemem miasta nie jest zatem nadmiar wody w skali całego obszaru, lecz jej utrata – przy jednoczesnym występowaniu lokalnych podtopień po opadach nawalnych.

Koncepcja zagospodarowania wód opadowych i roztopowych z terenu miasta Kisielice ma na celu wskazanie kierunków działań, które pozwolą na bardziej racjonalne, bezpieczne i zrównoważone gospodarowanie wodą w przestrzeni miejskiej. Istotnym założeniem koncepcji jest odejście od traktowania wód opadowych wyłącznie jako problemu eksploatacyjnego. Wody deszczowe powinny być postrzegane jako zasób, który może wspierać funkcjonowanie zieleni miejskiej, poprawiać bilans wodny, ograniczać skutki suszy, łagodzić zjawisko miejskiej wyspy ciepła oraz zwiększać odporność miasta na ekstremalne zjawiska pogodowe. Takie podejście wpisuje się w aktualne kierunki adaptacji miast do zmian klimatu oraz zasadę zagospodarowywania wód możliwie najbliżej miejsca ich powstania.

W poniższej analizie zwrócono szczególną uwagę na obszary, które są narażone na podtopienia, szybki odpływ wód z powierzchni utwardzonych, niedostateczną retencję oraz ograniczoną

dostępność terenów biologicznie czynnych. Wzięto pod uwagę istniejące cieki, rowy, zbiorniki, tereny zieleni, układ komunikacyjny oraz obiekty użyteczności publicznej, które mogą pełnić funkcję elementów wspierających miejski system retencji i odwodnienia. Przeprowadzona analiza pozwala przede wszystkim określić, gdzie w mieście występują największe problemy związane z odpływem, zatrzymywaniem i zagospodarowaniem wód opadowych, a także wskazać obszary, które powinny zostać objęte priorytetowymi działaniami adaptacyjnymi.

Opracowanie koncepcji zagospodarowania wód opadowych i roztopowych dla Kisielic powinno służyć nie tylko poprawie bezpieczeństwa w zakresie ochrony przed podtopieniami, lecz również podniesieniu jakości przestrzeni miejskiej. Właściwie zaprojektowane rozwiązania służące poprawie retencji, w tym zwiększeniu infiltracji czy spowolnieniu spływu powierzchniowego, zapewniają jednocześnie kilka usług ekosystemowych, to jest ograniczanie ryzyka zalewania ulic i posesji, poprawę estetyki przestrzeni publicznych, wspieranie bioróżnorodności oraz zwiększanie komfortu życia mieszkańców.

Niniejsza koncepcja stanowi zatem narzędzie wspierające długofalowe planowanie rozwoju miasta w sposób odporny na skutki zmian klimatu. Jej wdrożenie powinno umożliwić budowę systemu zatrzymywania, oczyszczania, rozsączania i ponownego wykorzystywania wód opadowych, przy jednoczesnym zachowaniu bezpieczeństwa infrastruktury oraz ochronie środowiska gruntowo-wodnego, w tym zasobów Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 210 Iława, w którego granicach leży całe miasto.

1.1. Gospodarowanie wodami opadowymi w Prawie wodnym

Usługi wodne obejmują m.in. odprowadzanie do wód lub do urządzeń wodnych wód opadowych lub roztopowych ujętych w:

- otwarte systemy kanalizacji deszczowej służące do odprowadzania opadów atmosferycznych;
- systemy urządzeń niekształtujących zasobów wodnych mogące skierować wodę do rowu, do ziemi, do wód lub do zamkniętego systemu kanalizacji deszczowej (np. korytka odwadniające, rynny, rowy, systemy odwodnień i profili dróg, chodników oraz innych powierzchni utwardzonych);
- zamknięte systemy kanalizacji deszczowej służące do odprowadzania opadów atmosferycznych;
- rurociągi oraz zamknięte kanały ściekowe wraz ze studzienkami;
- systemy kanalizacji zbiorczej w granicach administracyjnych miast;

- przewody wodociągowe lub kanalizacyjne wraz z uzbrojeniem i urządzeniami, którymi dostarczana jest woda lub którymi odprowadzane są ścieki, będące w posiadaniu przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjnego (art. 2 pkt 7 ustawy z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków).

Zakazane jest wprowadzanie wód opadowych lub roztopowych, ujętych w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacji deszczowej służące do odprowadzania opadów atmosferycznych:

- bezpośrednio do wód podziemnych;
- do urządzeń wodnych, o ile wody te zawierają substancje szczególnie szkodliwe dla środowiska wodnego.

Dopuszcza się wprowadzanie do wód lub do ziemi wód opadowych lub roztopowych z przelewów kanalizacji deszczowej lub ścieków z przelewów burzowych komunalnej kanalizacji ogólnospławnej na warunkach określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 99 ust. 1 pkt 2, o ile właściwy organ Wód Polskich ustali, w drodze decyzji, że takie dopuszczenie nie koliduje z celami środowiskowymi dla wód lub wymaganiami jakościowymi dla wód.

Opłata za usługi wodne za odprowadzanie do wód – wód opadowych lub roztopowych ujętych w otwarte lub zamknięte systemy kanalizacji deszczowej, służące do odprowadzania opadów atmosferycznych albo systemy kanalizacji zbiorczej w granicach administracyjnych miast – składa się z opłaty stałej oraz opłaty zmiennej zależnej od istnienia urządzeń do retencjonowania wody z terenów uszczelnionych.

Zakaz wprowadzania wód opadowych bezpośrednio do wód podziemnych ma w Kisielicach znaczenie szczególne. Całe miasto położone jest w granicach Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 210 Iława, a zaopatrzenie mieszkańców opiera się na ujęciach wód podziemnych. Rozwiązania rozsączające są tu z przyrodniczego punktu widzenia najwłaściwsze, muszą jednak być poprzedzone podczyszczeniem wód spływających z powierzchni narażonych na zanieczyszczenie, tak aby infiltracja nie stała się drogą przenoszenia zanieczyszczeń do warstwy wodonośnej.

2. Gospodarowanie wodami opadowymi a zmiany klimatu

Zmiany klimatu bezpośrednio wpływają na funkcjonowanie miejskich systemów gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi. Nasilenie opadów o dużym natężeniu przy jednoczesnym wydłużaniu okresów bezopadowych i wzroście temperatury sprawia, że model oparty wyłącznie na szybkim odprowadzaniu wód do odbiorników staje się niewystarczający. W przypadku Kisielic szczególne znaczenie mają cztery czynniki: wzrost temperatury i parowania, koncentracja opadów w mniejszej liczbie dni, zanikanie pokrywy śnieżnej oraz bardzo wysokie zagrożenie suszą atmosferyczną i rolniczą.

Szczegółową analizę przedstawiono w Załączniku I. Opiera się ona na danych IMGW-PIB ze stacji synoptycznej Olsztyn z lat 1993–2025, uznanej za reprezentatywną dla powiatu iławskiego, na danych hydrologicznych ze stacji Dziarny na rzece Iławce z lat hydrologicznych 1990–2022 oraz na scenariuszach zmian klimatu opracowanych przez IOŚ-PIB dla powiatu iławskiego w wariantach RCP 4.5 i RCP 8.5, w perspektywie do 2070 r.

Wzrost temperatury i parowania. Średnia roczna temperatura powietrza w latach 1993–2025 wyniosła 8,3 °C, przy wartościach od 6,1 °C w 1996 r. do 10,6 °C w 2024 r. Liczba dni gorących, czyli z temperaturą maksymalną co najmniej 25 °C, wahała się od 15 dni w 1998 i 2004 r. do 63 dni w 2024 r., przy średniej 32,5 dnia, i wykazuje silnie rosnący trend. Scenariusze przewidują dalszy wzrost średniej rocznej temperatury o 0,76 °C w wariancie RCP 4.5 i o 1,50 °C w wariancie RCP 8.5 w latach 2061–2070 względem okresu 2025–2034, a liczba dni gorących ma wzrosnąć z około 35 do 40–44 w roku. Dla gospodarowania wodami oznacza to wzrost parowania i zapotrzebowania zieleni na wodę, przesuszanie gleb oraz nasilenie miejskiej wyspy ciepła na terenach uszczelnionych.

Koncentracja opadów. Średnia roczna suma opadu wynosi 640,9 mm, przy dużej zmienności międzyrocznej: od 412,8 mm w 1996 r. do 972,6 mm w 2017 r.; wskaźnik nie wykazuje jednoznacznego trendu kierunkowego. Maleje natomiast liczba dni z opadem co najmniej 1 mm, która zawierała się w przedziale od 87 dni w 1996 r. do 134 dni w 1998 r., przy średniej 108,8 dnia. Przy zbliżonej sumie rocznej opady koncentrują się zatem w mniejszej liczbie dni. Scenariusze potwierdzają ten kierunek: w obu wariantach rośnie liczba dni z opadem co najmniej 10 mm oraz co najmniej 20 mm, przy czym w wariancie wysokoemisyjnym liczba dni z opadem co najmniej 20 mm zwiększa się z 2,51 do 2,86 w roku, a roczna suma opadu rośnie o 32,6 mm. To właśnie takie zdarzenia generują spływ przekraczający możliwości lokalnego odwodnienia, dlatego system musi być projektowany na zdarzenia ekstremalne, a nie na warunki przeciętne.

Okresy bezopadowe i susza. Najdłuższy okres bez opadu w analizowanym wieloleciu trwał 37 dni i wystąpił w 2022 r., przy średniej 17,2 dnia. W wariancie RCP 4.5 prognozowany jest wzrost liczby dni bez opadu z 227,9 do 230,3 w roku oraz spadek liczby dni z opadem co najmniej 1 mm ze 137,3 do 134,9. Czynnik ten ma w Kisielicach znaczenie pierwszoplanowe: zgodnie z danymi ISOK miasto zaliczone zostało do obszarów ekstremalnie zagrożonych suszą atmosferyczną i rolniczą, umiarkowanie zagrożonych suszą hydrologiczną i hydrogeologiczną, a w ocenie łącznej – do silnie zagrożonych. Wzmacnia to potrzebę traktowania wód opadowych jako zasobu, zatrzymywanego i wykorzystywanego lokalnie w okresach suchych.

Zanikanie pokrywy śnieżnej. Liczba dni mroźnych, czyli z temperaturą maksymalną poniżej 0 °C, zawierała się w przedziale od 4 dni w 2020 r. do 84 dni w 2010 r., przy średniej 37,3 dnia, i wykazuje silnie malejący trend. Liczba dni z pokrywą śnieżną zmniejszy się z 85 do 69 w wariancie RCP 4.5 oraz z 87 do 60 w wariancie RCP 8.5, czyli odpowiednio o 16 i 27 dni, a jej średnia grubość spadnie do 0,9 cm w scenariuszu wysokoemisyjnym. Oznacza to, że coraz większa część opadu zimowego będzie spływać na bieżąco, zamiast być czasowo magazynowana w pokrywie śnieżnej i uwalniana podczas roztopów. Zanik retencji śnieżnej ograniczy wiosenne zasilanie gleb i wód gruntowych – co w mieście ekstremalnie zagrożonym suszą rolniczą jest stratą szczególnie dotkliwą.

Zmienność przepływów cieków. Kisielice nie posiadają własnej stacji wodowskazowej, dlatego warunki hydrologiczne scharakteryzowano na podstawie pomiarów na Iławce w Dziarnach. Średni roczny przepływ wyniósł tam 1,7 m^3/s, a średni roczny przepływ maksymalny 4,0 m^3/s, osiągając 23,0 m^3/s w 2011 r. i zaledwie 0,5 m^3/s w 2015 r. Wszystkie wskaźniki wykazują słabe trendy malejące przy bardzo niskich współczynnikach determinacji, co oznacza brak statystycznie istotnej zmiany kierunkowej. Uwagę zwraca natomiast skala zmienności: różnica między rokiem wezbraniowym a niżówkowym jest ponad czterdziestokrotna, co wskazuje na dużą wrażliwość niewielkich cieków regionu na warunki opadowe. Dotyczy to również Gardzięgi, płynącej po glinach zwałowych utrudniających jej zasilanie wodami podziemnymi.

Czynnikiem drugorzędnym pozostaje wiatr. Średnia prędkość wiatru wyniosła 2,9 m/s i nie wykazuje trendu kierunkowego, a projekcje nie przewidują istotnych zmian. Zagrożenie to ma znaczenie głównie w kontekście uszkodzeń drzew oraz napowietrznej infrastruktury elektroenergetycznej.

Z analizy wynika, że system gospodarowania wodami opadowymi w Kisielicach powinien być projektowany z uwzględnieniem dwóch przeciwstawnych, lecz współwystępujących wyzwań: nadmiaru wody podczas pojedynczych opadów o dużej wysokości oraz jej niedoboru w wydłużających się okresach bezopadowych. Przy ekstremalnym zagrożeniu suszą

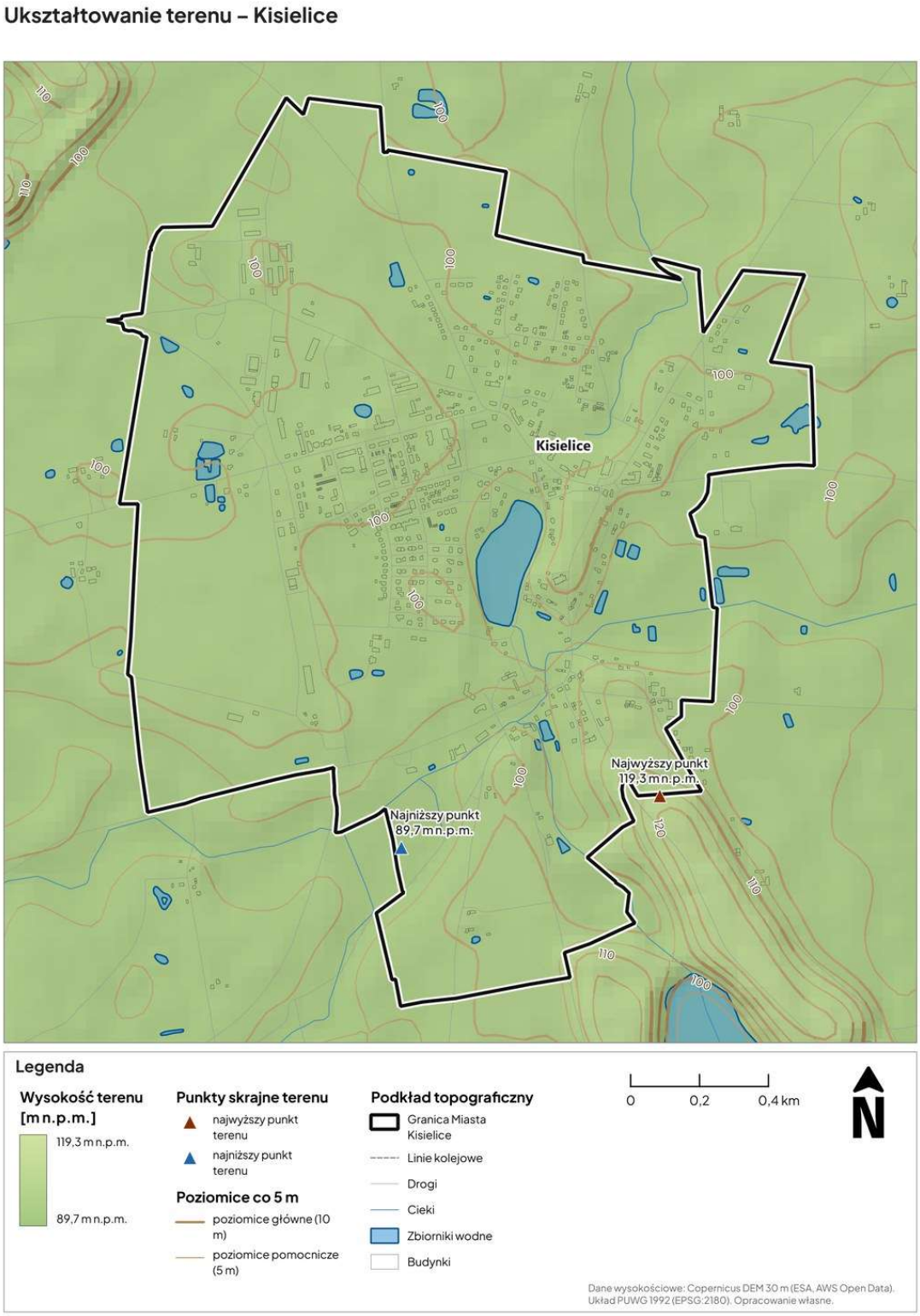
atmosferyczną i rolniczą to drugie wyzwanie ma znaczenie rozstrzygające dla doboru rozwiązań: każdy metr sześcienny wody opadowej odprowadzony poza teren miasta jest stratą zasobu, którego w okresie wegetacyjnym brakuje.

3. Uwarunkowania przestrzenne i diagnoza stanu istniejącego

3.1. Uwarunkowania topograficzne i hydrologiczne

Miasto Kisielice położone jest w całości w mezoregionie Pojezierze Łasińskie, wchodzącym w skład makroregionu Pojezierza Chełmińsko-Dobrzyńskiego. Obszar ten znajduje się w strefie zasięgu lądolodu zlodowaceń północnopolskich, które ukształtowały współczesną rzeźbę terenu i strukturę podłoża geologicznego. Teren leży na wysoczyźnie morenowej falistej, poprzecinanej formami lodowcowymi, obszarami sandrowymi, rozległymi obniżeniami po martwych lodach oraz rynnami subglacjalnymi.

Rzędne terenu w granicach miasta zawierają się w przedziale od 89,7 m n.p.m. w najniższym punkcie, położonym w południowo-zachodniej części miasta, do 119,3 m n.p.m. w punkcie najwyższym, zlokalizowanym w części południowo-wschodniej. Deniwelacja wynosi zatem 29,6 m i rozkłada się na całą szerokość miasta, bez wyraźnych progów morfologicznych. Zabudowa rozwinęła się w środkowej partii tego układu, w sąsiedztwie Jeziora Miejskiego, a teren opada łagodnie ku południowi i południowemu wschodowi, w kierunku doliny Gardzięgi.



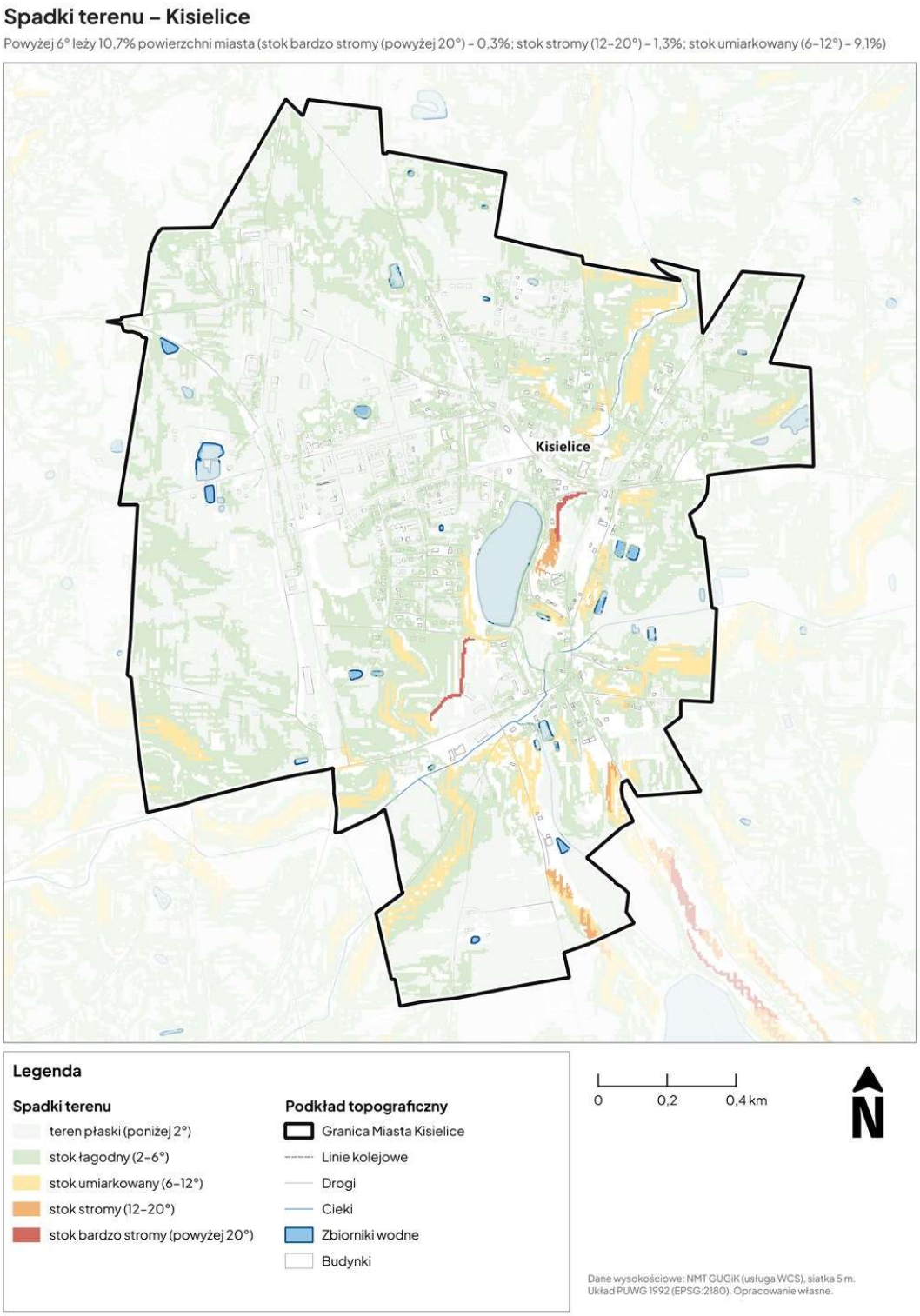
Rysunek 1. Ukształtowanie terenu Kisielic (źródło: opracowanie własne)

Nachylenie terenu wyznaczono na podstawie numerycznego modelu terenu GUGiK w siatce 5 m. Stoki o nachyleniu przekraczającym 6°, co odpowiada spadkowi około 10,5%, zajmują 10,7% powierzchni Kisielic. Składają się na nie stoki umiarkowane o nachyleniu 6–12°, obejmujące 9,1% powierzchni miasta, stoki strome o nachyleniu 12–20°, obejmujące 1,3%, oraz stoki bardzo

strome, o nachyleniu przekraczającym 20°, obejmujące zaledwie 0,3%. Pozostałą, przeważającą część miasta tworzą tereny płaskie o nachyleniu poniżej 2° oraz stoki łagodne o nachyleniu 2–6°.

Rozkład przestrzenny nachyleń jest nierównomierny. Zachodnia i północna część miasta, w której koncentruje się zabudowa mieszkaniowa, jest niemal płaska. Większe nachylenia występują punktowo: wzdłuż brzegów Jeziora Miejskiego, w otoczeniu oczek wodnych i zagłębień wytopiskowych, a przede wszystkim w dolinie Gardzięgi w południowo-wschodniej części miasta, gdzie rzeka płynie wąską, głęboko wciętą doliną. Tam też występują jedyne w granicach miasta stoki bardzo strome. Oznacza to, że spływ powierzchniowy w Kisielicach ma charakter powolny i rozproszony, a nie skoncentrowany i gwałtowny – jest to zasadnicza różnica w stosunku do miast położonych na terenach silnie urzeźbionych.

Na obszarze gminy nie występują tereny zagrożone osuwiskami ani tereny predysponowane do wystąpienia ruchów masowych ziemi. Usuwa to jedno z typowych ograniczeń lokalizowania obiektów retencyjnych i rozsączających w strefach krawędziowych.



Rysunek 2. Spadki terenu w Kisielicach (źródło: opracowanie własne)

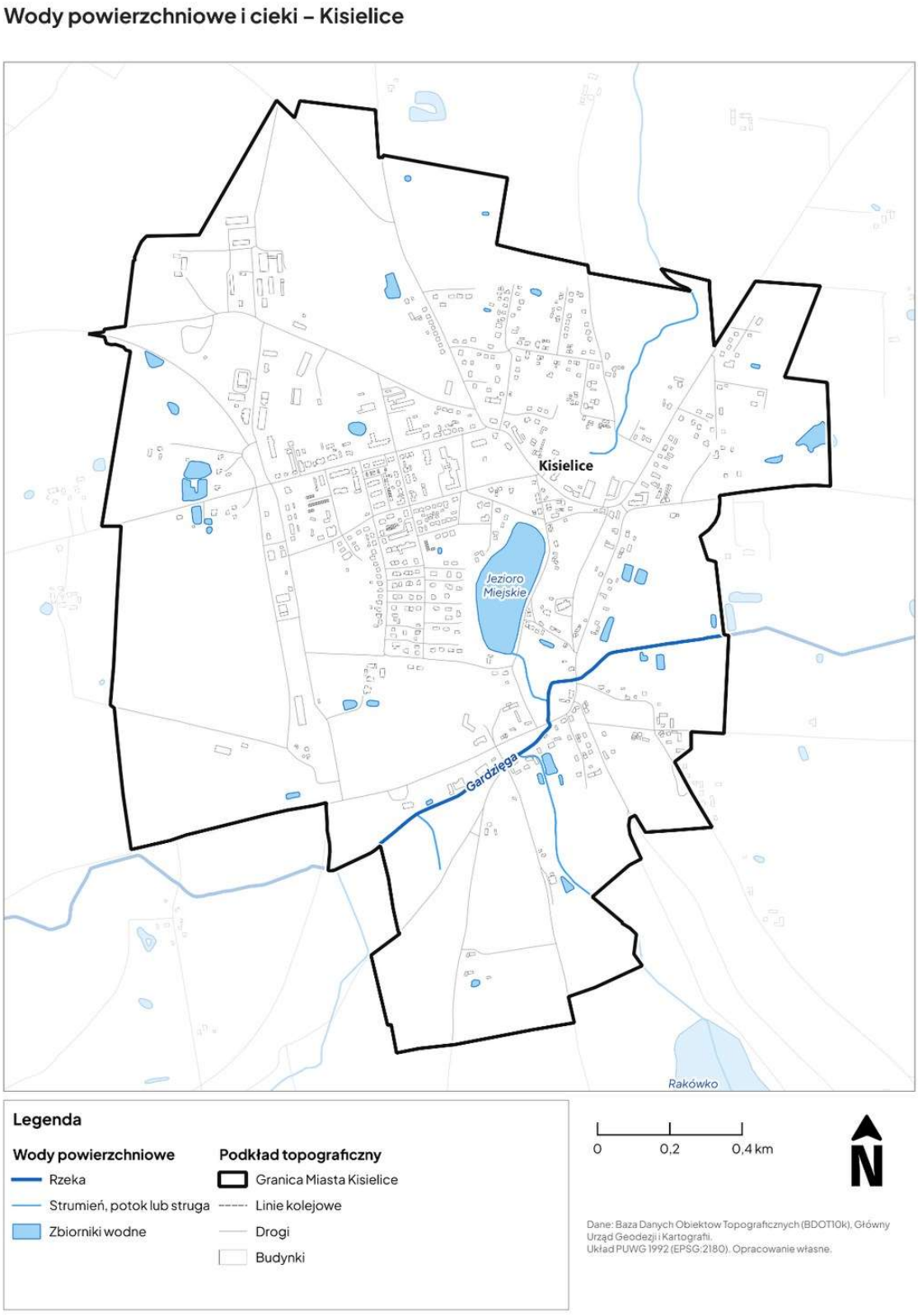
Układ hydrograficzny miasta wyznaczają trzy elementy: rzeka Gardzięga, Jezioro Miejskie oraz rozproszony zespół oczek wodnych i niewielkich stawów. Gardzięga, zwana również Gardęgą, ma długość około 51 km, z czego 19 km przebiega przez teren gminy, i odwadnia około 60% jej powierzchni. Rzeka płynie wąską, głęboko wciętą doliną po powierzchni glin zwałowych, które utrudniają jej zasilanie wodami podziemnymi. Na odcinku do dopływu z jeziora Klasztornego

stanowi jednolitą część wód RW200010296839 o umiarkowanym stanie ekologicznym i złym stanie ogólnym, zaliczaną do cieków silnie przekształconych i zagrożoną nieosiągnięciem celu środowiskowego.

Dla gospodarowania wodami opadowymi kluczowe znaczenie ma przebieg rzeki. Gardzięga nie przepływa przez centrum miasta – biegnie z zachodu na wschód wzdłuż południowej granicy, miejscami ją wyznaczając, a w części południowo-wschodniej wchodzi w granice i skręca ku północnemu wschodowi. Zwarta zabudowa śródmieścia leży poza jej doliną. W odróżnieniu od miast rozwiniętych wzdłuż cieku, Kisielice nie mają zatem naturalnego odbiornika wód opadowych przebiegającego przez obszar zabudowany, a odprowadzenie wody ze śródmieścia do rzeki wymagałoby pokonania znacznej odległości.

Funkcję odbiornika pełni w praktyce Jezioro Miejskie, położone w środkowo-południowej części miasta i przylegające bezpośrednio do zwartej zabudowy od zachodu. Jego położenie w obniżeniu, do którego grawitacyjnie kierowany jest spływ z otoczenia, czyni z niego naturalny odbiornik wód opadowych ze śródmieścia. Jest to zarazem jedyny większy akwen w granicach miasta, a od południa otaczają go tereny podmokłe. Z punktu widzenia niniejszej koncepcji oznacza to, że jakość wód jeziora zależy bezpośrednio od jakości spływu z centrum miasta, a jego ochrona wymaga podczyszczania wód przed wprowadzeniem.

Trzecim elementem układu są liczne oczka wodne i małe stawy, widoczne zarówno w zachodniej, jak i wschodniej części miasta, także wewnątrz terenów zabudowanych. To ślad polodowcowych zagłębień wytopiskowych i jednocześnie realny, choć rozproszony zasób retencyjny. W warunkach Kisielic jest to zasób o znaczeniu podstawowym: zastępuje infrastrukturę, której miasto nie posiada.



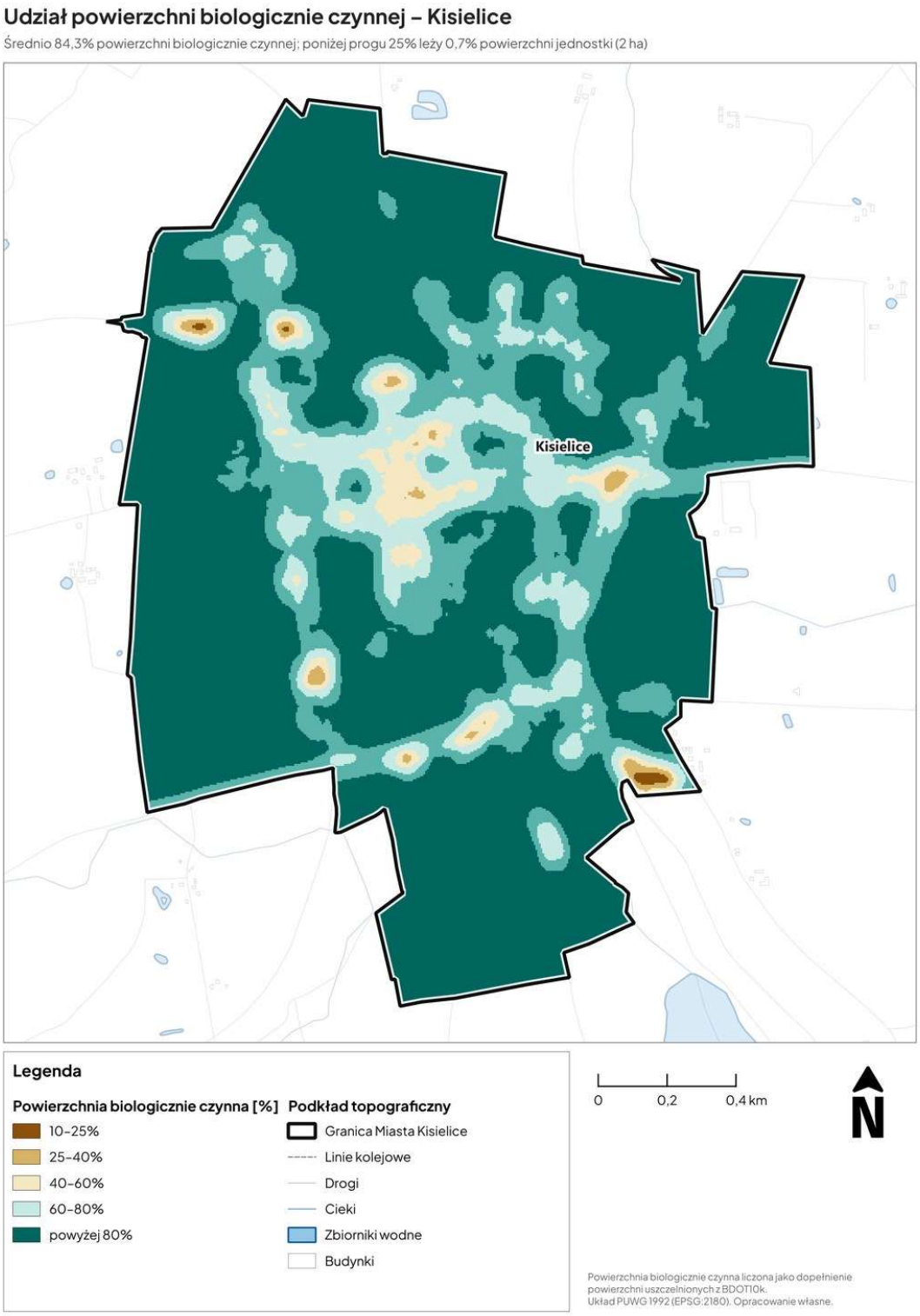
Rysunek 3. Wody powierzchniowe i cieki na terenie Kisielic (źródło: opracowanie własne)

3.2. Powierzchnie biologicznie czynne

Udział powierzchni biologicznie czynnej decyduje o tym, jaka część opadu może wsiąknąć w grunt i wyparować, a jaka spłynie po powierzchni do rowów, zagłębień i cieków. Tereny nieuszczelnione pełnią funkcję naturalnej retencji, ograniczają szczytowe natężenie odpływu, łagodzą skutki upałów dzięki parowaniu i zacienieniu oraz chronią glebę przed erozją. W mieście pozbawionym kanalizacji deszczowej funkcja ta ma znaczenie rozstrzygające – powierzchnia przepuszczalna jest tu jedynym systemem odwodnienia, jakim miasto faktycznie dysponuje.

Zgodnie z mapą pokrycia terenu opracowaną na podstawie zobrazowań satelitarnych za 2025 r. powierzchnie niezabudowane zajmują w granicach miasta około 85% obszaru. Tereny rolne i roślinność trawiasta mają niemal równe udziały, wynoszące odpowiednio 38,2% i 38,0%, natomiast tereny antropogeniczne, obejmujące zabudowę, drogi i place, stanowią 14,8%. Lasy zajmują łącznie 7,3%, a tereny podmokłe i obszary wodne po 0,8%.

Rozkład powierzchni biologicznie czynnych odpowiada koncentrycznej strukturze miasta. Najmniejszy ich udział występuje w zwartej zabudowie centrum, w rejonie historycznego układu i głównych ulic, a także punktowo na terenach przemysłowych i składowych w części północno-zachodniej, przy zachodnim wlocie do miasta oraz w rejonie południowo-wschodnim. Uprawy na gruntach ornych zajmują cały zewnętrzny pierścień, a roślinność trawiasta wypełnia przestrzenie pomiędzy pasmami zabudowy, wnikając klinami aż do centrum.



Rysunek 4. Udział powierzchni biologicznie czynnej w Kisielicach (źródło: opracowanie własne)

Przestrzenna analiza udziału powierzchni biologicznie czynnej potwierdza powyższy obraz i wskazuje na wyjątkowo korzystne parametry wyjściowe. Średni udział w granicach miasta wynosi 84,3%. Tereny o udziale poniżej 25% zajmują zaledwie 2 ha, czyli 0,7% powierzchni miasta, i tworzą kilka drobnych, odizolowanych płatów w obrębie najgęściej zabudowanej części

centrum oraz przy obiektach produkcyjnych. Dla porównania, w miastach o zwartej zabudowie śródmiejskiej obszary tej kategorii obejmują zwykle kilka procent powierzchni.

Z wysokiego udziału powierzchni przepuszczalnych wynikają dwa wnioski o przeciwnym znaczeniu. Pierwszy jest korzystny: miasto zachowuje naturalną zdolność przyjmowania opadu niemal na całym obszarze, a problem spływu powierzchniowego ma charakter wyraźnie punktowy. Drugi jest ostrzeżeniem: to właśnie ten zasób, a nie infrastruktura techniczna, stanowi obecnie system odwodnienia miasta, więc każde uszczelnienie powierzchni odbiera miastu zdolność, której nie ma czym zastąpić. Dogęszczanie zabudowy, utwardzanie podwórek, dojazdów i miejsc postojowych oraz zabudowa terenów otwartych działają w Kisielicach silniej niż w miastach dysponujących siecią deszczową.

Odrębnym zagadnieniem jest struktura zieleni. Przy wysokim udziale terenów otwartych pokrycie koronami drzew wynosi zaledwie 6,9% powierzchni miasta, a lesistość samego miasta – 0,8%. Tereny zieleni nie tworzą spójnego systemu, lecz mają charakter rozproszonych płatów: strefy rekreacyjnej przy Al. Wojska Polskiego, promenady wokół Jeziora Miejskiego, terenu zadrzewionego przy ul. Dolnej, parku i terenów zielonych Zespołu Szkół Rolniczych oraz parku przy ul. Parkowej. Dla gospodarowania wodami opadowymi ma to znaczenie praktyczne: roślinność trawiasta przechwytuje i transpiruje znacznie mniej wody niż drzewa, a ich korzenie nie rozluźniają gleby w stopniu poprawiającym infiltrację. Zwiększanie pokrycia koronami drzew jest zatem w Kisielicach działaniem jednocześnie retencyjnym i przeciwupałowym.

3.3. Zdolność retencyjna gruntów i tereny uszczelnione

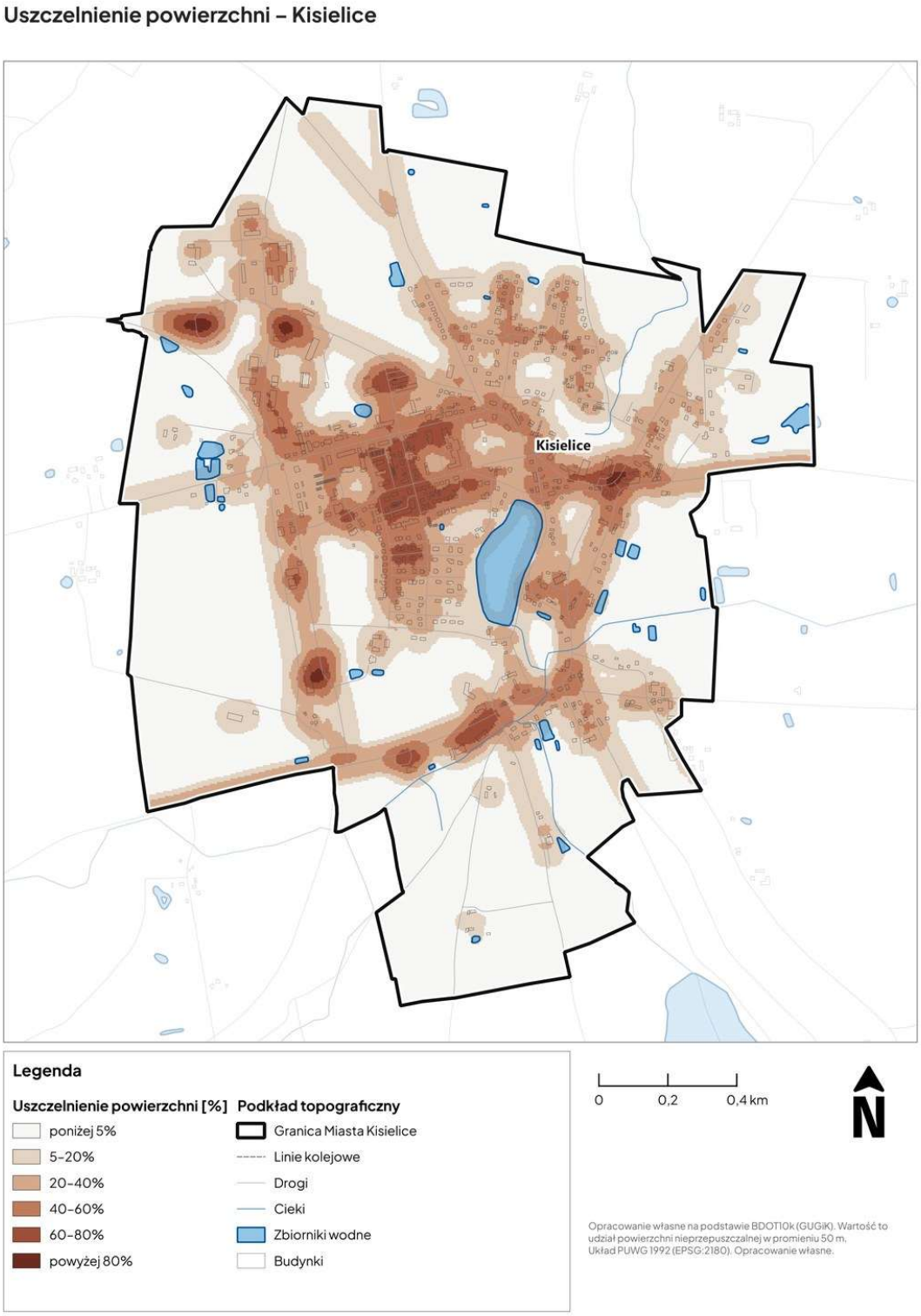
O tym, jaka część opadu może zostać zatrzymana w miejscu, w którym spadła, decydują dwa czynniki: właściwości podłoża gruntowego wraz z głębokością zalegania wód gruntowych oraz stopień uszczelnienia powierzchni. Pierwszy wyznacza naturalną granicę możliwości rozsączania wód opadowych, drugi określa, jaka część terenu została tej możliwości pozbawiona w wyniku zagospodarowania.

Powierzchniową warstwę podłoża budują osady czwartorzędowe o miąższości rzędu 120–240 m, złożone głównie z glin, piasków i żwirów pochodzenia lodowcowego oraz wodnolodowcowego. Na obszarze gminy dominują utwory gliniaste, w szczególności gliny zwałowe. Są to grunty o ograniczonej przepuszczalności: zapewniają stabilne podłoże o dobrej nośności, lecz utrudniają infiltrację i wymagają zapewnienia właściwego odwodnienia terenu. To one przesądzają o przeciętnych warunkach rozsączania na przeważającej części miasta.

Układ ten urozmaicają jednak dwie grupy utworów o odmiennych właściwościach. Piaski i żwiry związane z formami kemowymi cechują się dobrą nośnością, równomiernym osiadaniem i dobrą przepuszczalnością, co zapobiega gromadzeniu się wody i podmakaniu; są przy tym ubogie w próchnicę i mało retencyjne. To właśnie takie tereny należy w pierwszej kolejności rozpatrywać przy planowaniu rozwiązań rozsączających. Przeciwnie zachowują się grunty organiczne – torfy i namuły występujące w obniżeniach terenu i dolinach – które ze względu na niską wytrzymałość mechaniczną, podatność na osiadanie oraz zagrożenie podtopieniami są niekorzystne dla budownictwa, lecz pełnią cenną funkcję retencyjną i powinny być chronione przed odwadnianiem i zasypywaniem.

Zasadniczo korzystne są natomiast warunki hydrogeologiczne. Wody podziemne występują przede wszystkim w utworach czwartorzędowych, w piaskach i żwirach fluwioglacjalnych o dobrych parametrach filtracyjnych i wydajności. Całe miasto leży w granicach Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 210 Iława o powierzchni 1 159 km^2, którego przewodnictwo wodne przekracza 250 m^2/dobę w północnej części gminy i wynosi 100–250 m^2/dobę na pozostałym obszarze. Wykorzystanie zasobów eksploatacyjnych ocenia się jako niskie, nieprzekraczające 5%.

Z położenia w granicach zbiornika wynika jednak obowiązek szczególnej staranności. Obowiązuje tam zakaz prowadzenia działalności mogącej stanowić zagrożenie dla warstw wodonośnych, a lokalne poziomy wodonośne należy traktować jako wrażliwe na antropopresję. Oznacza to, że w Kisielicach rozsączanie wód opadowych jest rozwiązaniem właściwym i pożądanym – zasila bowiem zbiornik wykorzystywany w niewielkim stopniu i stanowiący podstawę zaopatrzenia miasta w wodę – lecz wyłącznie pod warunkiem wcześniejszego podczyszczenia wód spływających z jezdni, parkingów, placów manewrowych i terenów produkcyjnych. Jest to sytuacja odwrotna niż w miastach, w których ograniczeniem dla infiltracji jest nieprzepuszczalność podłoża: tutaj ograniczeniem jest jakość wody, a nie zdolność gruntu do jej przyjęcia.



Rysunek 5. Uszczelnienie powierzchni w Kisielicach (źródło: opracowanie własne)

Stopień uszczelnienia powierzchni, wyznaczony jako udział powierzchni nieprzepuszczalnej w promieniu 50 m, wynosi średnio 15,7% powierzchni miasta; wartość ta stanowi dopełnienie średniego udziału powierzchni biologicznie czynnej omówionego w podrozdziale 3.2. Tereny najsilniej uszczelnione tworzą trzy wyraźne skupiska: zwartą zabudowę historycznego centrum wraz z ciągami głównych ulic, pasmo zabudowy produkcyjnej i składowej w części północno-

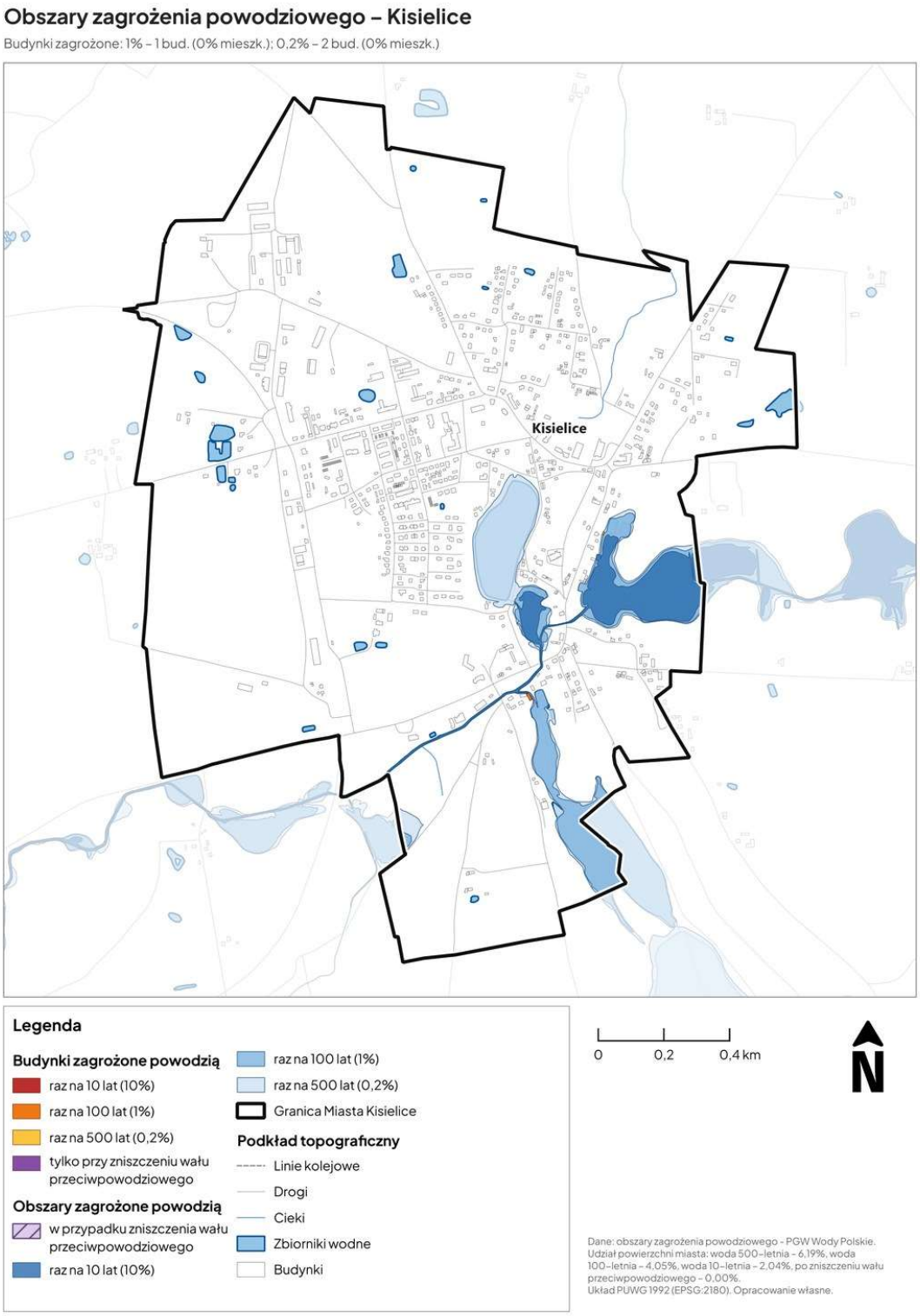
zachodniej oraz zespół obiektów przy zachodnim wlocie do miasta. Czwarte, mniejsze skupisko znajduje się w rejonie południowo-wschodnim, w sąsiedztwie doliny Gardzięgi. Poza nimi uszczelnienie ma charakter liniowy i towarzyszy drogom wylotowym.

Rozmieszczenie terenów uszczelnionych pokrywa się z rozmieszczeniem obszarów o najniższym udziale powierzchni biologicznie czynnej, co potwierdza spójność obu analiz. Z punktu widzenia gospodarowania wodami opadowymi istotne jest, że skupiska te są niewielkie i odizolowane, otoczone rozległymi terenami przepuszczalnymi. Oznacza to, że spływ z każdego z nich może zostać zagospodarowany w jego bezpośrednim sąsiedztwie, bez budowy sieci transportującej wodę na większe odległości – co ma zasadnicze znaczenie dla kosztów proponowanych rozwiązań.

Dostępne dane nie pozwalają na podanie powierzchni terenów o uszczelnieniu przekraczającym 60%. Jej ustalenie, wraz z wyznaczeniem obszarów szybkiego spływu, czyli terenów łączących spadek przekraczający 5% z udziałem powierzchni uszczelnionych powyżej 40%, zaleca się przeprowadzić na etapie inwentaryzacji przewidzianej w rozdziale 5. Przy udziale stoków o nachyleniu przekraczającym 6° wynoszącym 10,7% i średnim uszczelnieniu na poziomie 15,7% należy się spodziewać, że obszary takie będą w Kisielicach nieliczne i ograniczone do otoczenia centrum oraz do krawędzi doliny Gardzięgi.

3.4. Obszary ryzyka podtopień i powodzi

Zagrożenie powodziowe w Kisielicach ma charakter marginalny, co wyraźnie odróżnia miasto od ośrodków położonych w dolinach dużych rzek. Woda dziesięcioletnia obejmuje 2,04% powierzchni miasta, stuletnia 4,05%, a pięćsetletnia 6,19%. Scenariusz zniszczenia wału przeciwpowodziowego daje 0,00%, co oznacza, że wały nie oddziałują na obszar miasta.



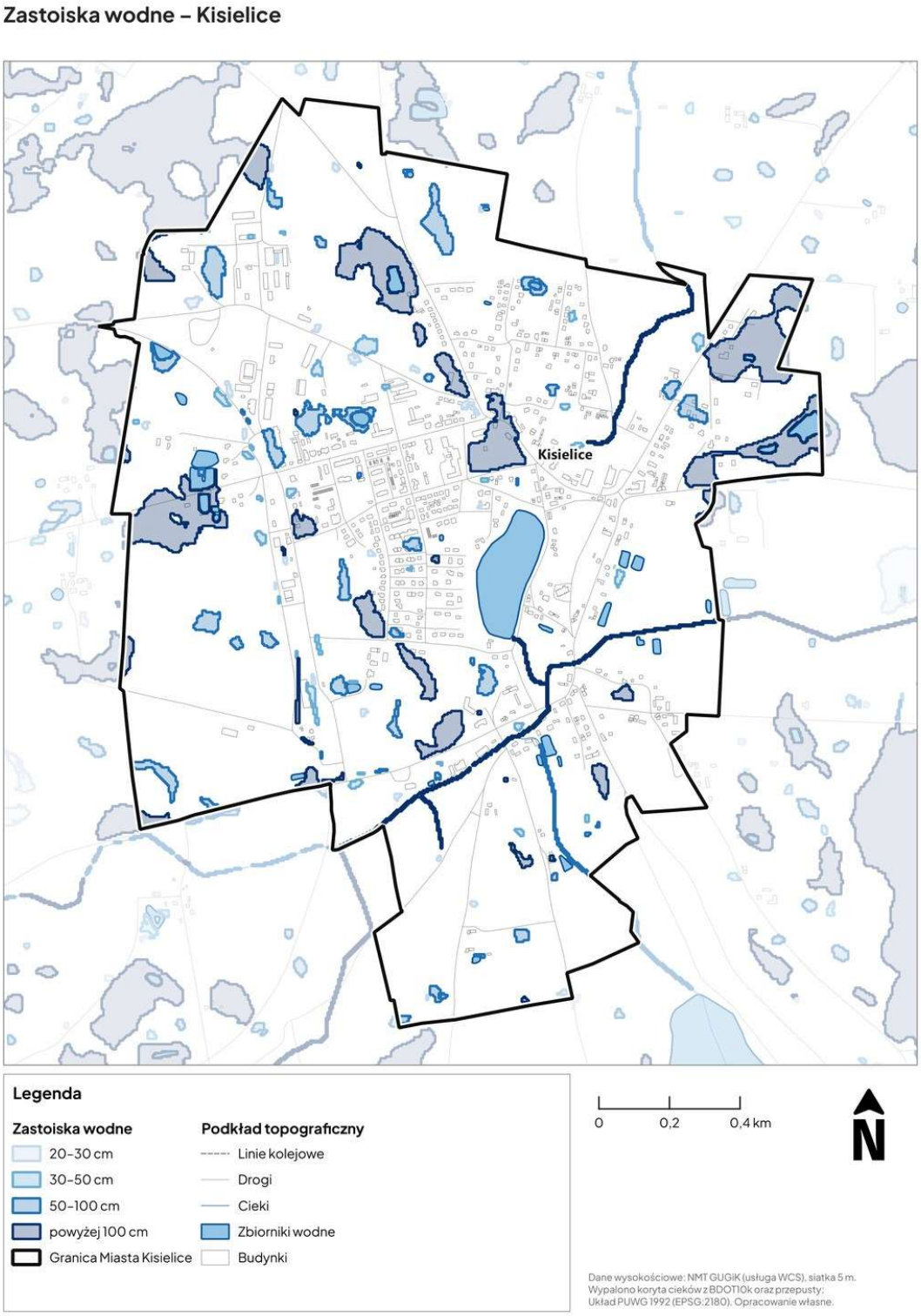
Rysunek 6. Obszary zagrożenia powodziowego w Kisielicach (źródło: opracowanie własne)

Decydujące znaczenie ma jednak nie zasięg powierzchniowy, lecz to, co się w nim znajduje. W zasięgu wody stuletniej położony jest jeden budynek, a pięćsetletniej dwa, przy czym żaden z nich nie jest budynkiem mieszkalnym. Dla wody dziesięcioletniej nie wskazano żadnego obiektu. Zalew obejmuje dolinę Gardzięgi w południowo-wschodniej części miasta oraz rozlewisko po wschodniej stronie granicy. Woda dziesięcioletnia pokrywa się niemal dokładnie z lustrem

zbiorników, co jest typowe dla dolin z ciągiem stawów i jezior. Śródmieście, Jezioro Miejskie i cała zachodnia część miasta leżą poza wszystkimi zasięgami.

Powódź rzeczna nie jest zatem w Kisielicach zagrożeniem istotnym dla zabudowy, a ochrona przeciwpowodziowa sprowadza się do utrzymania doliny Gardzięgi wolnej od zabudowy i zachowania jej zdolności do przyjmowania wezbrań. Realne ryzyko wodne wiąże się na tym terenie z czym innym – z suszą oraz z lokalnymi podtopieniami po opadach nawalnych.

Obraz podtopień przedstawia analiza zastoisk wodnych, czyli obniżeń terenu, w których woda gromadzi się i utrzymuje. Jest to wizualizacja miejsc, w których woda zbiera się najintensywniej podczas ulew, a zarazem – w warunkach Kisielic – wskazanie naturalnych lokalizacji dla obiektów retencyjnych.



Rysunek 7. Zastoiska wodne w Kisielicach (źródło: opracowanie własne)

Płaty klasy powyżej 100 cm występują w północnej części miasta, w rejonie zachodniej granicy przy terenach z oczkami wodnymi oraz po wschodniej stronie, przy granicy w kierunku doliny. W wielu przypadkach pokrywają się one z istniejącymi zbiornikami i podmokłościami, są więc formami trwałymi, a nie powstającymi wyłącznie po ulewach. Wzdłuż koryta w południowo-wschodniej części widać ciągły pas drobnych zastoisk, a większe formy skupiają się w obniżeniach

po obu stronach rzeki. Jezioro Miejskie pozostaje poza warstwą zastoisk, ponieważ jest trwałym akwenem, lecz jego otoczenie od południa ma charakter obniżenia.

W śródmieściu widoczne są pojedyncze, niewielkie formy klasy 20–50 cm, układające się wzdłuż ulic i w lokalnych obniżeniach. Jedno większe zastoisko klasy powyżej 100 cm znajduje się tuż na północ od centrum, przy zabudowie. To właśnie te formy – płytkie, lecz położone tam, gdzie mieszkają i poruszają się ludzie – generują najwięcej uciążliwości i wymagają rozwiązań technicznych. Formy większe, położone poza zabudową, należy natomiast traktować jako zasób.

W Kisielicach zastoiska stanowią bowiem znaczny zasób retencyjny. Przy podłożu zbudowanym z glin o słabej przepuszczalności, zlewni Gardzięgi silnie zagrożonej suszą i braku kanalizacji deszczowej te naturalne obniżenia pełnią funkcję, którą w innych miastach pełnią zbiorniki i sieć. Ich ochrona przed zasypywaniem i odwadnianiem jest najtańszym dostępnym działaniem z zakresu gospodarowania wodami opadowymi.

3.5. Stan istniejącej infrastruktury odwodnieniowej

Brak zorganizowanego systemu. Podstawową cechą stanu istniejącego jest brak zorganizowanej kanalizacji deszczowej na terenie miasta. Odwodnienie opiera się wyłącznie na rozwiązaniach lokalnych, rowach i naturalnej infiltracji. Oznacza to, że miasto nie dysponuje systemem, który można by przeciążyć, lecz również nie dysponuje narzędziem pozwalającym kierować spływem w sposób kontrolowany. Woda opadowa trafia do zagłębień terenu, rowów przydrożnych, oczek wodnych i – w części centralnej – do Jeziora Miejskiego, bez podczyszczania i bez możliwości regulowania natężenia odpływu.

Sieć wodociągowa i kanalizacja sanitarna. Zaopatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków realizowane są w ramach systemów gminnych, obsługiwanych przez Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych w Kisielicach. Długość sieci wodociągowej na terenie miasta wynosi 11,2 km i od 2020 r. pozostaje niezmieniona, a liczba przyłączy wzrosła z 300 do 312. Z sieci korzysta 1 963 mieszkańców, czyli 99,9% ludności miasta. Sieć kanalizacji sanitarnej ma długość 10,9 km, wzrosła w ostatnich pięciu latach o 0,4 km i obsługuje 1 830 osób, czyli 93,1% mieszkańców. Jest to zatem system rozdzielczy, w którym ścieki sanitarne odprowadzane są odrębnie, lecz druga część systemu – deszczowa – po prostu nie istnieje.

Tabela 1. Gospodarka wodno-ściekowa Miasta Kisielice w latach 2020–2025

Wyszczególnienie	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Długość sieci wodociągowej [km]	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
Przyłącza wodociągowe [szt.]	300	309	309	310	311	312
Woda dostarczona gospodarstwom domowym [dam^3]	52,0	58,1	69,9	66,5	72,0	75,0
Ludność korzystająca z wodociągu [os.]	2 096	2 061	2 033	2 003	1 981	1 963
Jednostkowe zużycie wody [m^3/os./rok]*	24,8	28,2	34,4	33,2	36,3	38,2
Długość sieci kanalizacyjnej [km]	10,5	10,5	10,9	10,9	10,9	10,9
Ścieki oczyszczane odprowadzone [dam^3]	57,0	59,0	59,0	57,0	53,0	51,0
Relacja ścieki / woda [%]*	110	102	84	86	74	68

** Wiersze obliczone na podstawie pozostałych danych. Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS – Bank Danych Lokalnych*

Rosnące zużycie wody przy malejącym odpływie ścieków. Zestawienie danych z lat 2020–2025 ujawnia zjawisko istotne dla niniejszej koncepcji. Ilość wody dostarczonej gospodarstwom domowym wzrosła w tym okresie z 52,0 do 75,0 dam^3, czyli o 44%, mimo spadku liczby korzystających z sieci o 133 osoby. W przeliczeniu na jednego mieszkańca oznacza to wzrost z 24,8 do 38,2 m^3 rocznie, a więc o 54% w ciągu pięciu lat. Równocześnie ilość odprowadzonych ścieków zmalała z 57,0 do 51,0 dam^3, przez co relacja ścieków do wody dostarczonej spadła ze 110% do 68%.

Oznacza to, że woda pobierana z sieci w coraz większym stopniu nie wraca do kanalizacji. Rozbieżności tej nie tłumaczy zmiana stopnia skanalizowania, który pozostaje niezmienny i wynosi 93,1%. Najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem jest rosnące wykorzystanie wody wodociągowej do celów zewnętrznych – podlewania ogrodów, trawników i upraw przydomowych – w mieście zaliczonym do ekstremalnie zagrożonych suszą rolniczą, o wysokim udziale zabudowy jednorodzinnej z ogrodami. Niezależnie od pełnego wyjaśnienia przyczyn, zjawisko to stanowi najmocniejszy dostępny argument za wprowadzeniem systemu zatrzymywania i wykorzystywania wód opadowych: miasto zużywa coraz więcej uzdatnionej wody podziemnej na cele, do których wystarczyłaby zgromadzona deszczówka.

Oczyszczalnia ścieków. Centralnym elementem systemu jest mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków w Kisielicach przy ul. Leśnej 5, o średniej przepustowości 320 m^3/d i maksymalnej sięgającej 600 m^3/d. Przy średnim dopływie dobowym wynoszącym około 227,4 m^3/d oczyszczalnia dysponuje rezerwą przepustowości. Oczyszczone ścieki odprowadzane są do rowu melioracyjnego na podstawie pozwolenia wodnoprawnego obowiązującego do 17 stycznia 2029 r. Odprowadzanie do rowu, a nie do cieku naturalnego, oznacza, że odbiornik ma

ograniczoną zdolność rozcieńczania, co należy uwzględnić przy planowaniu ewentualnego wprowadzania do niego wód opadowych.

Rowy i urządzenia melioracyjne. Przy braku kanalizacji deszczowej rowy i urządzenia melioracyjne pełnią w Kisielicach funkcję podstawowego systemu odwadniającego, a nie uzupełniającego. Ich stan techniczny, drożność i ciągłość decydują bezpośrednio o tym, czy woda opadowa zostanie odprowadzona z terenów zabudowanych. Równocześnie urządzenia te nie są objęte systematyczną ewidencją w zakresie odpowiadającym ich rzeczywistej roli, a ich likwidacja lub przekształcenie przy okazji inwestycji budowlanych następuje często bez zapewnienia alternatywnego odprowadzenia wody. Rozpoznanie i ewidencja tego zasobu stanowią pierwsze i najpilniejsze zadanie wskazane w rozdziale 5.

4. Główne zagrożenia

Diagnoza przedstawiona w rozdziałach 2 i 3 pozwala wskazać zagrożenia, które w warunkach Kisielic decydują o sposobie gospodarowania wodami opadowymi i roztopowymi. Wynikają one z nakładania się trzech grup uwarunkowań. Pierwszą stanowią uwarunkowania klimatyczne: koncentracja opadów w mniejszej liczbie dni, wydłużające się okresy bezopadowe oraz wzrost temperatury i parowania. Drugą tworzą uwarunkowania przyrodnicze: podłoże zbudowane w przewadze z glin zwałowych o ograniczonej przepuszczalności, położenie całego miasta w granicach Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 210 oraz zaliczenie zlewni Gardzięgi do obszarów ekstremalnie zagrożonych suszą atmosferyczną i rolniczą. Trzecia grupa ma charakter techniczny i organizacyjny i sprowadza się do jednego faktu: miasto nie dysponuje zorganizowanym systemem kanalizacji deszczowej.

Hierarchia zagrożeń w Kisielicach jest odmienna niż w większości miast. Na pierwszym miejscu znajduje się nie nadmiar wody, lecz jej utrata.

Susza i utrata wód opadowych jako zasobu. Zgodnie z danymi ISOK Kisielice zaliczone zostały do obszarów ekstremalnie zagrożonych suszą atmosferyczną i rolniczą oraz umiarkowanie zagrożonych suszą hydrologiczną i hydrogeologiczną, a w ocenie łącznej – do silnie zagrożonych. Najdłuższy zarejestrowany okres bez opadu trwał 37 dni, a scenariusze przewidują dalszy wzrost liczby dni bez opadu. W połączeniu ze wzrostem temperatury i parowania pogłębia to deficyt wody w glebie, pogarsza kondycję zieleni miejskiej i zwiększa koszty jej utrzymania. Skalę zjawiska dokumentuje wzrost jednostkowego zużycia wody wodociągowej z 24,8 do 38,2 m^3 na mieszkańca rocznie w latach 2020–2025, przy równoczesnym spadku ilości odprowadzanych ścieków. Oznacza to, że miasto zużywa coraz więcej uzdatnionej wody podziemnej na cele, do

których wystarczyłaby woda opadowa – odprowadzana obecnie poza teren zabudowany bez jakiejkolwiek próby jej zatrzymania.

Brak zorganizowanego systemu odwodnienia. Odwodnienie miasta opiera się wyłącznie na rozwiązaniach lokalnych, rowach i naturalnej infiltracji. Nie istnieje system pozwalający kierować spływem w sposób kontrolowany, opóźniać odpływ, podczyszczać wodę przed wprowadzeniem do odbiornika ani gromadzić jej na potrzeby okresów suchych. W warunkach rosnącej wydajności pojedynczych opadów oznacza to, że miasto nie dysponuje narzędziem reagowania na zdarzenia ekstremalne. Równocześnie jest to zagrożenie o nietypowym charakterze: brak systemu oznacza również brak obciążeń odziedziczonych, a zatem możliwość zbudowania rozwiązania od podstaw w logice retencji.

Podtopienia i zaleganie wody w obniżeniach terenu. Analiza numerycznego modelu terenu wykazała występowanie licznych zastoisk wodnych. Największe i najgłębsze, klasy powyżej 100 cm, występują w północnej części miasta, w rejonie zachodniej granicy oraz po stronie wschodniej, i w wielu przypadkach pokrywają się z istniejącymi zbiornikami i podmokłościami. W śródmieściu zastoiska są nieliczne i płytkie, klasy 20–50 cm, układają się wzdłuż ulic i w lokalnych obniżeniach, lecz to właśnie one generują uciążliwości, ponieważ występują tam, gdzie mieszkają i poruszają się ludzie. Jedno większe zastoisko klasy powyżej 100 cm znajduje się tuż na północ od centrum, przy zabudowie.

Postępujące uszczelnianie i utrata powierzchni biologicznie czynnych. Średni udział powierzchni biologicznie czynnej wynosi 84,3%, a obszary o udziale poniżej 25% obejmują zaledwie 2 ha, czyli 0,7% powierzchni miasta. Wartości te są wyjątkowo korzystne, lecz stanowią zarazem źródło zagrożenia: to właśnie powierzchnia przepuszczalna, a nie infrastruktura techniczna, pełni obecnie funkcję systemu odwodnienia Kisielic. Każde uszczelnienie odbiera miastu zdolność, której nie ma czym zastąpić. Dotyczy to zarówno nowej zabudowy na terenach otwartych, jak i procesu rozproszonego i trudnego do uchwycenia w statystyce: utwardzania podwórek, dojazdów i miejsc postojowych w zabudowie istniejącej.

Zanikanie i przekształcanie rowów oraz urządzeń melioracyjnych. Rowy i urządzenia melioracyjne pełnią w Kisielicach funkcję podstawowego systemu odwadniającego. Ich drożność i ciągłość decydują bezpośrednio o tym, czy woda opadowa zostanie odprowadzona z terenów zabudowanych. Urządzenia te nie są jednak objęte ewidencją odpowiadającą ich rzeczywistej roli, a ich likwidacja lub przekształcenie przy okazji inwestycji budowlanych następuje często bez zapewnienia alternatywnego odprowadzenia wody. Zagrożenie to jest tym poważniejsze, że w mieście pozbawionym kanalizacji deszczowej utrata rowu nie ma żadnego zamiennika.

Zagrożenie zanieczyszczeniem wód podziemnych. Całe miasto leży w granicach Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 210 Iława, stanowiącego podstawę zaopatrzenia mieszkańców w wodę. W granicach zbiornika obowiązuje zakaz prowadzenia działalności mogącej stanowić zagrożenie dla warstw wodonośnych, a lokalne poziomy wodonośne należy traktować jako wrażliwe na antropopresję. Obecny model odwodnienia, oparty na niekontrolowanej infiltracji wód spływających również z jezdni, parkingów i terenów produkcyjnych, oznacza, że zanieczyszczenia trafiają do gruntu bez podczyszczania. Jest to zagrożenie dotychczas nierozpoznane, a w warunkach Kisielic potencjalnie najpoważniejsze w skutkach, ponieważ dotyczy zasobu, z którego miasto czerpie wodę pitną.

Obciążenie Jeziora Miejskiego ładunkiem zanieczyszczeń. Jezioro Miejskie położone jest w obniżeniu bezpośrednio przy zwartej zabudowie i pełni funkcję naturalnego odbiornika spływu ze śródmieścia. Wody opadowe trafiają do niego bez podczyszczania, wraz z pierwszą falą spływu niosącą największy ładunek zanieczyszczeń z powierzchni utwardzonych. Akwen ten jest zarazem głównym elementem przestrzeni rekreacyjnej miasta, otoczonym promenadą spacerową, co nadaje jego stanowi znaczenie wykraczające poza kwestie przyrodnicze.

Zły stan jednolitej części wód. Gardzięga na odcinku obejmującym teren miasta stanowi jednolitą część wód RW200010296839 o umiarkowanym stanie ekologicznym i złym stanie ogólnym, zaliczaną do cieków silnie przekształconych i zagrożoną nieosiągnięciem celu środowiskowego. Rzeka płynie po glinach zwałowych utrudniających jej zasilanie wodami podziemnymi, a pomiary na cieku porównywalnej wielkości wskazują na ponad czterdziestokrotną różnicę przepływu między rokiem wezbraniowym a niżówkowym. W okresach niżówek zdolność odbiornika do rozcieńczania zanieczyszczeń jest zatem minimalna.

Deficyt zadrzewień. Przy udziale terenów otwartych sięgającym 85% powierzchni miasta pokrycie koronami drzew wynosi zaledwie 6,9%, a lesistość samego miasta 0,8%. Tereny zieleni nie tworzą spójnego systemu, lecz mają charakter rozproszonych płatów. Dla gospodarowania wodami oznacza to, że miasto nie wykorzystuje potencjału retencyjnego, jaki daje zieleń wysoka: drzewa przechwytują część opadu w koronach, transpirują znacznie więcej wody niż roślinność trawiasta, a ich systemy korzeniowe poprawiają infiltrację. Jest to zarazem jedyny element diagnozy, w którym Kisielice wypadają wyraźnie gorzej od przeciętnej.

Zanik retencji śnieżnej. Liczba dni mroźnych wykazuje silnie malejący trend, a liczba dni z pokrywą śnieżną zmniejszy się według scenariuszy o 16 do 27 dni, przy spadku średniej grubości pokrywy do około 0,9 cm. Coraz większa część opadu zimowego będzie spływać na bieżąco, zamiast być magazynowana i uwalniana podczas roztopów. Ogranicza to wiosenne

zasilanie gleb i wód gruntowych, co w mieście ekstremalnie zagrożonym suszą rolniczą stanowi stratę szczególnie dotkliwą.

Osobnego komentarza wymaga zagrożenie powodziowe, które w Kisielicach ma charakter marginalny. W zasięgu wody pięćsetletniej znajdują się dwa budynki, z których żaden nie jest budynkiem mieszkalnym, a śródmieście, Jezioro Miejskie i cała zachodnia część miasta leżą poza wszystkimi zasięgami. Nie wymaga ono zatem działań inwestycyjnych, lecz jedynie konsekwentnego utrzymania doliny Gardzięgi wolnej od zabudowy.

5. Kierunki działań i rekomendowane rozwiązania

Przedstawione w niniejszym rozdziale kierunki działań stanowią odpowiedź na zagrożenia zdiagnozowane w rozdziałach 3 i 4: utratę wód opadowych jako zasobu w mieście ekstremalnie zagrożonym suszą, brak zorganizowanego systemu odwodnienia, lokalne podtopienia w obniżeniach terenu, postępujące uszczelnianie powierzchni, zanikanie rowów i urządzeń melioracyjnych, zagrożenie zanieczyszczeniem wód podziemnych i Jeziora Miejskiego, deficyt zadrzewień oraz deficyt danych o systemie odwodnienia.

Proponowane rozwiązania oparto na zasadzie zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi, w której pierwszeństwo ma zatrzymanie, zagospodarowanie i opóźnienie odpływu wód w miejscu powstawania opadu, przed ich odprowadzeniem do odbiornika.

W warunkach Kisielic zasada ta znajduje zastosowanie w stopniu pełniejszym niż w większości miast, a sprzyjają temu cztery okoliczności. Po pierwsze, miasto nie dysponuje kanalizacją deszczową, nie istnieje zatem system, do którego nowe rozwiązania musiałyby się dostosowywać. Po drugie, teren jest łagodnie ukształtowany – stoki o nachyleniu przekraczającym 6° zajmują 10,7% powierzchni – a na obszarze gminy nie występują osuwiska ani tereny predysponowane do ruchów masowych, co usuwa typowe ograniczenia lokalizowania obiektów retencyjnych. Po trzecie, skupiska terenów uszczelnionych są niewielkie i otoczone rozległymi terenami przepuszczalnymi, więc spływ z każdego z nich może zostać zagospodarowany w bezpośrednim sąsiedztwie, bez budowy sieci transportującej wodę. Po czwarte, miasto dysponuje gotowym zasobem w postaci licznych zagłębień wytopiskowych, oczek wodnych i zastoisk, które pełnią funkcję retencyjną bez konieczności budowy nowych obiektów.

Zasadnicze zastrzeżenie dotyczy jakości wody, a nie zdolności gruntu do jej przyjęcia. Całe miasto leży w granicach Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 210 Iława, stanowiącego podstawę zaopatrzenia mieszkańców. Rozwiązania rozsączające są tu z przyrodniczego punktu widzenia najwłaściwsze – zasilają zbiornik wykorzystywany w stopniu nieprzekraczającym 5% zasobów

eksploatacyjnych – lecz wyłącznie pod warunkiem wcześniejszego podczyszczenia wód spływających z jezdni, parkingów, placów manewrowych i terenów produkcyjnych. Na terenach o podłożu zbudowanym z glin zwałowych, dominujących w granicach miasta, rozsączanie wymaga ponadto rozpoznania warunków gruntowo-wodnych, a podstawą pozostaje retencja powierzchniowa i opóźnianie odpływu.

Rozwiązania mają charakter kierunkowy: wskazują pożądane typy działań i ich zakres rzeczowy, natomiast dobór konkretnych rozwiązań w poszczególnych lokalizacjach wymaga każdorazowego uwzględnienia miejscowych warunków gruntowo-wodnych oraz przepustowości odbiorników.

5.1. Propozycje działań

W poniższej tabeli zestawiono rekomendowane kierunki działań wraz z proponowanymi rozwiązaniami oraz podstawowym zakresem rzeczowym ich realizacji.

Tabela 2. Kierunki działań oraz proponowane rozwiązania

Nr	Kierunek działania	Proponowane działanie	Zakres rzeczowy
1	Rozpoznanie systemu odwodnienia	Inwentaryzacja rowów, przepustów i wylotów	Inwentaryzacja rowów i urządzeń melioracyjnych wraz z określeniem ich roli w odprowadzaniu wód opadowych; zestawienie wylotów wraz z odbiornikami i pozwoleniami wodnoprawnymi; wyznaczenie obszarów szybkiego spływu oraz powierzchni terenów o uszczelnieniu przekraczającym 60%
2	Ochrona naturalnych zagłębień i oczek wodnych	Zachowanie istniejącego zasobu retencyjnego	Inwentaryzacja i waloryzacja zagłębień wytopiskowych, oczek wodnych, stawów i zastoisk; ustalenie zasad ich ochrony przed zasypywaniem, odwadnianiem i zabudową; wprowadzenie odpowiednich zapisów do planów miejscowych
3	Retencja rozproszona	Budowa ogrodów deszczowych, niecek chłonnych i muld retencyjnych	Tworzenie niewielkich form retencji przy ulicach, budynkach publicznych, podwórkach i terenach osiedlowych, z wykorzystaniem roślinności rodzimej; rozwiązania infiltracyjne po rozpoznaniu warunków gruntowo-wodnych, z podczyszczeniem wód spływających z powierzchni komunikacyjnych
4	Retencja przy obiektach publicznych	Zagospodarowanie wód opadowych z dachów budynków miejskich	Montaż zbiorników na deszczówkę, systemów podlewania zieleni, skrzynek rozsączających i retencji podziemnej; wykorzystanie zgromadzonej wody do utrzymania zieleni w okresach bezopadowych; obiekty wzorcowe przy szkołach i budynkach użyteczności publicznej

Nr	Kierunek działania	Proponowane działanie	Zakres rzeczowy
5	Adaptacja terenów mieszkaniowych	Program małej retencji dla mieszkańców	Wsparcie dla zbiorników na deszczówkę, ogrodów deszczowych, przepuszczalnych podjazdów i rozszczelniania podwórek; działanie o priorytetowym znaczeniu wobec wzrostu jednostkowego zużycia wody wodociągowej z 24,8 do 38,2 m^3 na mieszkańca rocznie w latach 2020–2025
6	Rozszczelnianie powierzchni	Stopniowe ograniczanie powierzchni nieprzepuszczalnych	Wymiana nawierzchni asfaltowych i betonowych na przepuszczalne, likwidacja zbędnych utwardzeń, tworzenie pasów zieleni i powierzchni chłonnych; priorytetowo w zwartej zabudowie centrum oraz na terenach produkcyjnych i składowych
7	Ochrona wód podziemnych przy rozsączaniu	Podczyszczanie wód przed wprowadzeniem do gruntu	Budowa osadników, separatorów substancji ropopochodnych i stref filtracyjnych na wylotach odbierających spływ z jezdni, parkingów, placów manewrowych i terenów produkcyjnych; obowiązkowe dla całego obszaru miasta ze względu na położenie w granicach GZWP nr 210 Iława
8	Ochrona Jeziora Miejskiego	Podczyszczanie spływu ze śródmieścia przed wprowadzeniem do akwenu	Budowa komór sedymentacyjnych, stref filtracyjnych i rowów bioretencyjnych na drogach spływu do jeziora; ograniczenie dopływu pierwszej fali spływu; zagospodarowanie strefy brzegowej w sposób sprzyjający zatrzymywaniu zanieczyszczeń
9	Utrzymanie rowów i urządzeń melioracyjnych	Poprawa drożności i zachowanie funkcji odwadniającej	Oczyszczanie i odmulanie rowów, kontrola i udrażnianie przepustów, selektywne koszenie, stabilizacja skarp; zakaz likwidacji urządzeń bez zapewnienia alternatywnego odprowadzenia wody
10	Zwiększenie pokrycia koronami drzew	Nasadzenia zieleni wysokiej jako element retencji	Zwiększanie pokrycia koronami drzew, wynoszącego obecnie 6,9% powierzchni miasta, poprzez nasadzenia w pasach drogowych, przy obiektach publicznych i w przestrzeniach osiedlowych; łączenie rozproszonych płatów zieleni w ciągi; dobór gatunków odpornych na okresy suszy
11	Ochrona doliny Gardzięgi	Zachowanie terenów zalewowych i strefy buforowej cieku	Utrzymanie doliny wolnej od zabudowy, ochrona i odtwarzanie terenów zalewowych, wprowadzenie pasów buforowych wzdłuż koryta ograniczających dopływ zanieczyszczeń obszarowych, informowanie mieszkańców i przedsiębiorców o zasięgach zalewu
12	Edukacja i partycypacja	Program edukacyjny dotyczący retencji i deszczówki	Kampanie informacyjne, warsztaty dla mieszkańców, działania w szkołach, poradniki dla wspólnot i właścicieli domów, rozwiązania demonstracyjne w przestrzeniach publicznych; nacisk na wykorzystanie deszczówki zamiast wody wodociągowej do podlewania

Źródło: opracowanie własne

Realizacja przedstawionych kierunków powinna przebiegać etapowo. W pierwszej kolejności zaleca się działania porządkujące i diagnostyczne, czyli inwentaryzację rowów, przepustów i wylotów, waloryzację zagłębień i oczek wodnych oraz wyznaczenie obszarów szybkiego spływu i terenów o najwyższym uszczelnieniu. W mieście pozbawionym kanalizacji deszczowej

rozpoznanie zasobu, który faktycznie pełni funkcję systemu odwodnienia, jest warunkiem jakichkolwiek działań dalszych.

W drugim etapie realizowane powinny być zadania inwestycyjne o największym efekcie retencyjnym i ochronnym: podczyszczanie wód przed wprowadzeniem do gruntu i do Jeziora Miejskiego, retencja przy obiektach publicznych oraz program małej retencji dla mieszkańców. Dwa ostatnie działania mają w Kisielicach znaczenie szczególne, ponieważ odpowiadają bezpośrednio na udokumentowany wzrost zużycia wody wodociągowej do celów, do których wystarczyłaby deszczówka.

Działania rozproszone, obejmujące rozszczelnianie powierzchni, retencję przy ulicach i w przestrzeniach osiedlowych, utrzymanie rowów oraz nasadzenia zieleni wysokiej, powinny być prowadzone w sposób ciągły oraz wiązane z bieżącymi remontami i przebudowami, co pozwala rozłożyć koszty w czasie.

Warunki wdrożeniowe w Kisielicach należy ocenić jako korzystne. Gmina dysponuje spółką komunalną odpowiadającą jednocześnie za zaopatrzenie w wodę, odprowadzanie ścieków oraz ciepłownictwo, co pozwala wdrażać działania we własnych strukturach, bez konieczności uzgodnień z wieloma podmiotami zewnętrznymi. Miasto ma ponadto udokumentowane doświadczenie w prowadzeniu długofalowej polityki inwestycyjnej: jako pierwsza gmina w Polsce osiągnęło samowystarczalność energetyczną, realizując kolejno ciepłownię na biomasę, farmy wiatrowe, biogazownię rolniczą oraz instalację fotowoltaiczną. Ten sam model – konsekwentne, etapowe wdrażanie rozwiązań we współpracy z mieszkańcami – może zostać zastosowany w gospodarowaniu wodami opadowymi.

Skuteczność działań zależy również od instrumentów planistycznych. Gmina dysponuje uchwalonym planem ogólnym wraz z prognozą oddziaływania na środowisko, zawierającą aktualną diagnozę środowiskową. Konsekwentne stosowanie ustalonych w nim minimalnych udziałów powierzchni biologicznie czynnej, uzupełnione o wymóg zagospodarowania wód opadowych w granicach działki oraz o ochronę zagłębień terenu, oczek wodnych i doliny Gardzięgi przed zabudową, stanowi najtańsze dostępne narzędzie utrzymania obecnej, wyjątkowo korzystnej zdolności retencyjnej miasta.

Spis rysunków

Rysunek 1. Ukształtowanie terenu Kisielic (źródło: opracowanie własne) 10

Rysunek 2. Spadki terenu w Kisielicach (źródło: opracowanie własne) 12

Rysunek 3. Wody powierzchniowe i cieki na terenie Kisielic (źródło: opracowanie własne) 14

Rysunek 4. Udział powierzchni biologicznie czynnej w Kisielicach (źródło: opracowanie własne) 16

Rysunek 5. Uszczelnienie powierzchni w Kisielicach (źródło: opracowanie własne) 19

Rysunek 6. Obszary zagrożenia powodziowego w Kisielicach (źródło: opracowanie własne) 21

Rysunek 7. Zastoiska wodne w Kisielicach (źródło: opracowanie własne) 23

Spis tabel

Tabela 1. Gospodarka wodno-ściekowa Miasta Kisielice w latach 2020–2025 25

Tabela 2. Kierunki działań oraz proponowane rozwiązania 30