

Działania monitoringowe podjęte w ramach projektu obejmowały następujące zakresy:

1. *Monitoring warunków klimatycznych i sływu powierzchniowego.* Celem tego działania było zebranie i przeanalizowanie istniejących i nowych danych meteorologicznych w terenie oraz wygenerowanie i przeanalizowanie scenariuszy klimatycznych dla Radomia, które zostaną następnie wykorzystane na potrzeby projektu. W pierwszym etapie projektu Spółka Wodociągi Miejskie w Radomiu we współpracy z Uniwersytetem Łódzkim i FPPEnviro zebrał dane klimatyczne z instytucji zewnętrznych, w tym IMGW PIB, VEPI, Portu Lotniczego Radom, Wojskowego Portu Lotniczego Radom, EPA oraz z prywatnych stacji meteorologicznych. Dane obejmowały: opady deszczu, pokrywę śnieżną, temperaturę powietrza, ciśnienie powietrza, potencjalną ewapotranspirację i wilgotność. Analiza scenariuszy klimatycznych dla obszaru Radomia została oparta na dwóch scenariuszach przyszłych emisji wykorzystanych w V raporcie IPCC (IPCC AR5 2013), rekomendowanych przez SPA 2020 w projekcie KIMADA: RCP 4,5 (scenariusz średnich zmian) oraz RCP 8,5 (scenariusz pesymistyczny). Do analizy ekspozycji termicznej i hydrologicznej w Analizie Wrażliwości miasta Radomia na zmiany klimatu wykorzystano wyniki najnowszych symulacji modeli klimatycznych z inicjatywy CORDEX, sponsorowanej przez World Climate Research Program (WRCP). Przeanalizowaliśmy zmieniającą się pogodę (obecne, 2050 i 2010 perspektywy) dla 29 wskaźników klimatycznych, w tym wskaźników termicznych, opadów deszczu, śniegu, wiatru i suszy. W 2018 r. Spółka Wodociągi Miejskie w Radomiu zakupiła i zainstalowała na obszarze Radomia trzy stacje meteorologiczne. Od tego czasu stacje nieprzerwanie prowadzą pomiary prędkości wiatru, ciśnienia, opadów, temperatury i wilgotności powietrza w czasie rzeczywistym. Opracowano raport końcowy warunków klimatycznych w projekcie.

2. Ocena hydrologicznych skutków działań adaptacyjnych. Celem tego działania było przeprowadzenie pomiarów hydrologicznych i modelowania potrzebnych do zaprojektowania i wdrożenia działań adaptacyjnych, a także zaplanowanie i przeprowadzenie monitoringu parametrów hydrologicznych przed i po wdrożeniu działań adaptacyjnych, w celu oceny efektu ekologicznego projektu. Zadanie zostało podzielone na dwie fazy: wstępną - przed i końcową - po wdrożeniu działań adaptacyjnych. W początkowej fazie realizacji projektu UŁ współpracował z partnerem zewnętrznym, który w latach 2016-2017 prowadził monitoring i modelowanie hydrologiczne zlewni rzeki Mlecznej. Kampania pomiarowa prowadzona była w wybranych punktach kanalizacji deszczowej oraz wybranych przekrojach cieków powierzchniowych i obejmowała przepływ rzeczny oraz napełnienie koryta.

Model został skalibrowany w oparciu o dane meteorologiczne zebrane w tej akcji oraz akcji D1. W efekcie uzyskano wysoką zbieżność parametrów symulowanych przez model (np. wysokość napełnienia koryta) z danymi rzeczywistymi.

Prace rozpoczęto w pierwszym kwartale 2016 roku. Zadanie zostało zrealizowane w ciągu 6 kwartałów.

Po wdrożeniu działań adaptacyjnych (działania C1-C6), w 2022 r. przeprowadzono monitoring hydrologiczny, a w ostatnim roku projektu zweryfikowano i zoptymalizowano model hydrologiczny. Opracowano raport i różne załączniki. W celu zwiększenia zdolności retencji wód opadowych przebudowano infrastrukturę techniczną zbiornika Borki. Przyczyniło się to do zwiększenia pojemności retencyjnej wód opadowych w zbiorniku do prawie 30 000 m³. Oznaczało to, że w przypadku ekstremalnego przepływu w rzece po intensywnych opadach deszczu (tzw. woda stuletnia), trwającego do 45 minut, woda w całości mieściła się w zbiorniku. W efekcie wykonane prace poprawiły bezpieczeństwo przeciwpowodziowe terenów położonych w zlewni rzeki Mlecznej, poniżej zbiornika (centrum miasta). Z kolei w celu przeciwdziałania niedoborom wody w okresach suszy wdrożono rozwiązanie polegające na przejściu wody z podziemnego kanału A0, biegnącego wzdłuż zbiornika Borki. Przeprowadzono optymalizację funkcjonowania przepompowni oraz przebudowano drenaż rozsączający, dzięki czemu zbiornik pozyskuje dodatkowe ilości wody wstępnie uzdatnionej.

Budowa polderów zalewowych na rzece Cerekwianka i Potoku Północnym przyczyniła się do zatrzymania kolejnych 27 tys. m³ wód opadowych. Po przejściu fali opadowej woda zatrzymana w polderze może zostać odprowadzona, przygotowując system do przejścia kolejnej fali, lub może zostać zatrzymana i wykorzystana na rzecz środowiska (poprawa mikroklimatu, zwiększenie retencji krajobrazowej) w okresach bezdeszczowych. Tym samym wdrożone rozwiązania bezpośrednio chronią rzekę Mleczną, a pośrednio centralną część miasta przed powodzią i podtopieniami.

3. Monitoring społeczno-ekonomicznych efektów projektu. Celem tego działania było zebranie opinii dorosłych mieszkańców Radomia na temat obaw i doświadczeń związanych ze skutkami zmian klimatu. Zadanie podzielono na dwa etapy: przed i po wdrożeniu działań adaptacyjnych. Pierwsze badanie świadomości społecznej zostało przeprowadzone w okresie od sierpnia do października 2016 roku. Głównym celem badania w edycji 2016 było zebranie opinii dorosłych mieszkańców Radomia na temat ich wiedzy i stosunku do skutków zmian klimatu i było ono podstawą do dalszych badań na zakończenie projektu we wrześniu - październiku 2022 roku. Pierwsze badanie zostało przeprowadzone w okresie od sierpnia do października 2016 roku, a opracowany raport stanowił podsumowanie i zestawienie najważniejszych wyników uzyskanych w trakcie badania oraz przeprowadzonych analiz. Informacje na temat założonego zakresu badawczego uzyskano dzięki wykorzystaniu kwestionariusza ankiety. Kwestionariusz składał się łącznie z 14 pytań. Kwestionariusz zawierał głównie pytania związane z tematem badania, a także pytania metryczkowe. Badanie zostało przeprowadzone na próbie 500 dorosłych mieszkańców Radomia dobranych w sposób warstwowo-losowy, gdzie: 400 respondentów stanowili mieszkańcy obszarów miasta szczególnie narażonych na zmiany klimatu; 100 respondentów stanowili mieszkańcy obszarów miasta nienarażonych na zmiany klimatu. Obszary szczególnie narażone na zmiany klimatu zdefiniowano jako zabudowę mieszkaniową zlokalizowaną w promieniu 1 km od: rzeki Mlecznej (okolice Bulwaru nad Mleczną), zbiornika Borki, potoku Cerekwianka (Potok Halinowski), Potoku Północnego i Potoku Południowego.

Głównym celem badania edycji 2022 było ustalenie, czy mieszkańcy miasta odczuli poprawę jakości życia w swoim mieście, czy wzrosła ich wiedza i świadomość na temat postępującej zmiany klimatu i jej negatywnych skutków oraz czy projekt LIFE14 CCA/PL/000101 spełnia ich oczekiwania w zakresie jego wpływu na zwiększenie odporności miasta na zmiany klimatu. Odpowiedź na powyższe cele wymagała porównania wyników tego badania z wynikami edycji z 2016 roku. Badanie przeprowadzono na próbie 522 dorosłych mieszkańców Radomia w bezpośrednim kontakcie z respondentami. Podstawowym kryterium podziału respondentów było miejsce zamieszkania, stąd w próbie ogólnej znalazło się 400 mieszkańców obszarów miasta szczególnie narażonych na skutki zmian klimatu oraz 122 mieszkańców z grupy kontrolnej reprezentowanej przez osoby zamieszkujące Śródmieście (centralną część miasta).

Drużga edycja badania została przeprowadzona w okresie od września do października 2022 roku. Informacje na temat założonego zakresu badawczego uzyskano za pomocą kwestionariusza ankiety. Kwestionariusz składał się łącznie z 18 pytań. W celu zachowania możliwości dokonywania porównań z wynikami badania z 2016 r. ograniczono liczbę zmian w treści kwestionariusza. W swojej głównej części kwestionariusz zmienił się nieznacznie w obu edycjach badania. Kwestionariusz zawierał głównie pytania związane z tematem badania, a także pytania metryczkowe. Zostały one zaakceptowane przez Zamawiającego na etapie konsultacji projektowych.

Zgodnie z wynikami badania mieszkańcy Radomia nie kwestionują istnienia zmiany klimatu. Zdecydowana większość z nich uważa ją za poważny problem, który powinien stać się podstawą polityki miasta. Blisko 2/3 mieszkańców jest zaniepokojonych stanem środowiska naturalnego w mieście. W ciągu ostatnich sześciu lat znacząco wzrósł odsetek mieszkańców Radomia deklarujących omawiane obawy. Obawy najczęściej dotyczą złej jakości powietrza, a także skutków długotrwałych upałów (np. susze, niedobory wody), zmian temperatury i powstawania miejskiej wyspy ciepła czy zanieczyszczenia rzek i zbiorników wodnych. Hierarchia podstawowych obaw nie zmieniła się znacząco w ostatnich latach. Zmieniły się natomiast odsetki mieszkańców deklarujących poszczególne z nich. Szczególnie zauważalny jest wzrost odsetka mieszkańców Radomia obawiających się złej jakości powietrza i chorób układu oddechowego. Można uznać, że ma to związek z prowadzoną w ostatnich latach intensywną edukacją społeczeństwa na temat skutków niskiej emisji. Wzrosła wiedza i świadomość mieszkańców miasta na temat postępujących zmian klimatu i ich konsekwencji. W hierarchii obaw radomian ważne miejsce zajmuje brak zieleni w granicach miasta oraz wycinka drzew i degradacja naturalnych siedlisk zwierząt. Prawie 80% mieszkańców deklaruje, że Radom przegrzewa się w czasie upałów, 61% odczuwa w tym czasie pogorszenie samopoczucia, a 46% obawia się o własne zdrowie. Mieszkańcy Radomia szukają ulgi w miejscach, gdzie mogą schronić się przed wysokimi temperaturami. Jednak zdaniem 70 proc. badanych, w Radomiu jest ich wciąż zbyt mało. Na przestrzeni ostatnich kilku lat odsetek mieszkańców odczuwających dyskomfort związany z brakiem pożywienia znacznie zwiększyły miejsca zielonej rekreacji. Symptomatyczne jest również to, że 73% radomian oczekuje większej liczby nasadzeń drzew i krzewów w granicach miasta. Na podstawie analizy wyników ankiety nie ulega wątpliwości, że ewentualna poprawa jakości życia w mieście będzie silnie związana z efektami ogrzewania miasta w okresie fali upałów. Ma to szczególne znaczenie dla osób starszych, których odsetek w populacji w najbliższych latach będzie wzrastał. Z drugiej strony mieszkańcy odczuli poprawę jakości życia w mieście w zakresie gospodarowania wodami opadowymi. Obecnie odsetek mieszkańców obawiających się skutków wzmożonych opadów, burz, podtopień i powodzi jest niższy niż w 2016 roku. Na szczególną uwagę zasługują opinie osób zamieszkujących tereny bezpośrednio dotknięte skutkami zmian klimatu. Osoby z tej grupy znacznie rzadziej niż pozostali respondenci obawiają się, że w przyszłości mogą doświadczyć lokalnych podtopień (np. zalania piwnic). Poprawa nastąpiła również w aspektach zamieniania ulic i chodników w rwące potoki podczas intensywnych opadów deszczu, przepełnienia/przepełnienia kanalizacji, czy zanieczyszczonych/zablokowanych wlotów tychże. W ostatnich latach wzrósł odsetek mieszkańców, którzy nie doświadczają tych zjawisk. 80% mieszkańców doceniło również celowość zwiększenia pojemności zbiornika miejskiego Borki oraz budowy nowego zbiornika na Potoku Północnym.

4. Ocena skuteczności działań adaptacyjnych na rzecz poprawy jakości wód. Celem tego działania było monitorowanie jakości wód powierzchniowych w Radomiu na początku projektu, przed wdrożeniem działań adaptacyjnych C1-C6, oraz na końcu projektu, po wdrożeniu działań adaptacyjnych. Dane wygenerowane na początku projektu zostały również wykorzystane do opracowania założeń koncepcyjnych dla działań adaptacyjnych. Na początku projektu program monitorowania obejmował 12 stacji poboru próbek, z których pobierano próbki pod kątem - parametry fizyczne (temperatura, pH, przewodność, tlen, ChZT, zawiesina), - parametry chemiczne (TP, TN, P-PO₄, N-NO₃, N-NH₄, Fe, Cl), - metale ciężkie (kadm, chrom ogólny, nikiel, ołów, cynk, miedź, rtęć). Parametry biologiczne na różnych stacjach obejmowały analizę dla: - stanu hydromorfologicznego wg metody River Habitat Survey; - makrobezkręgowców bentosowych wg metodyki Inspekcji Ochrony Środowiska; - fitobentosu okrzemkowego; - dynamiki fitoplanktonu i zooplanktonu; - makrofitów; - jakości mikrobiologicznej wody, bakterii chorobotwórczych i bezpieczeństwa kąpielii; - stężenia toksyn sinicowych; - składu chemicznego

osadów dennych na zawartość substancji biogenych, dioksan i PCB; - stanu / potencjału ekologicznego. Jakość wód powierzchniowych na wszystkich stanowiskach badawczych, zgodnie z normami określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. (Dz. U. z 2016 r. poz. 1187), określono jako zły stan wód, ze względu na przekroczenia licznych parametrów fizykochemicznych. Parametry biologiczne wskazywały na zły stan wód głównie w rzekach Mleczna i Potok Północny. Analiza zespołu ryb wykazała, że w wyniku planowanej renaturyzacji rzeki Mlecznej stan siedlisk ryb, a także stan ochrony wszystkich gatunków ryb na obszarze objętym pracami badawczymi powinien ulec poprawie. Pierwszy etap projektu został zakończony w drugim kwartale 2017 roku. Końcowy raport monitoringowy porównujący pierwsze dane z wynikami badań przeprowadzonych w ostatnim roku projektu po zakończeniu prac inwestycyjnych został opracowany w 10/2022 roku.

Końcowy raport z monitoringu składa się z 4 raportów dotyczących parametrów mikrobiologicznych i toksykologicznych wykazujących, że wdrożone w projekcie rozwiązania ekosystemowe poprawiły chemiczną i fizyczną jakość wody.

1. Raport fizykochemiczny dotyczy oceny wpływu inwestycji zrealizowanych w ramach projektu na stan fizykochemiczny wód zlewni rzeki Mlecznej na terenie miasta Radomia w celu oceny efektywności i optymalizacji realizowanych przedsięwzięć. Monitoring parametrów fizykochemicznych prowadzony był w okresie od czerwca 2021 r. do października 2022 r., w 12 punktach podstawowych w celu oceny stanu wód w okresie porealizacyjnym w projekcie i porównania go ze stanem wód w tych samych punktach w okresie przedrealizacyjnym, a w 14 punktach badania uzupełniające w celu oceny skuteczności poszczególnych rozwiązań. Wybór punktów monitoringowych podyktowany był lokalizacją terenów inwestycyjnych projektu i potrzebą oceny skuteczności ich funkcjonowania.

2. Raport elementów biologicznych. Obejmuje ocenę stanu/potencjału ekologicznego cieków Mleczna, Kosówka i Cerekwianka oraz zbiornika Borki, a także ocenę stanu hydromorfologicznego odcinka rzeki Mlecznej po pracach hydrotechnicznych wykonanych metodą River Habitat Survey (RHS).

3. Raport z oceny mikrobiologicznej i analizy występowania sinic. W raporcie tym wyniki monitoringu wskazały, że przebudowa stawów kolmatacyjnych spełniła zamierzoną funkcję i zapobiegła przedostawaniu się potencjalnie chorobotwórczych bakterii do pozostałych wód, w tym kilku basenów.

4. Raport z funkcjonowania systemu oczyszczania wód z kanału A0. Raport przedstawia skuteczność rozwiązania, jakim jest system przepuszczalnych barier reaktywnych do wstępnego oczyszczania wód z kanału A0, które są wykorzystywane do zwiększenia przepływu w rzece Mlecznej, zasilając tym samym zbiornik Borki. Układ tych barier jest częścią Sekwencyjnego Systemu Sedymentacji i Biofiltracji, który został dostosowany do lokalnych warunków.

5. Monitorowanie różnorodności biologicznej. Celem tego działania było monitorowanie różnorodności biologicznej na obszarach C1-C6, przed i po wdrożeniu działań adaptacyjnych. Dane dotyczące różnorodności biologicznej wygenerowane na początku projektu zostały również wykorzystane do opracowania wytycznych koncepcyjnych dla działań adaptacyjnych, a także stanowiły część przetargów na opracowanie koncepcji technicznych i projektów technicznych dla działań adaptacyjnych. Zadanie zostało podzielone na dwa etapy: przed i po wdrożeniu działań adaptacyjnych. Pomimo miejskiego otoczenia, wybrane miejsca realizacji projektu przedstawiają znaczące wartości dla środowiska naturalnego Radomia, szczególnie w przypadku dzikiej fauny i flory.

Projekt, poprzez zwiększenie ilości i jakości siedlisk związanych z wodą, miał bardzo korzystny wpływ na różnorodność biologiczną Radomia. Na większości analizowanych obszarów znacznie wzrosła różnorodność gatunkowa. Zgodnie z założeniami projektu, każda z lokalizacji została skolonizowana przez "jakiś" nowy gatunek. Jednak ze względu na fakt, że efekty przyrodnicze są odroczone w czasie - gatunki potrzebują czasu, aby w pełni skolonizować nowe tereny i zwiększyć swoją liczebność, na obiektach powstałych w ostatnim roku projektu (np. Potok Północny) pozytywne efekty będą widoczne w kolejnym sezonie.

Po wdrożeniu monitoring wykazał występowanie 124 gatunków ptaków na badanym obszarze, przy czym w porównaniu z wynikami inwentaryzacji z 2016 r. liczba odnotowanych gatunków ptaków wzrosła. Lista gatunków lęgowych powiększyła się o słowika *Luscinia luscinia* i prawdopodobnie perkoza dwuczubego *Tachybaptus ruficollis* oraz kłaskawkę *Saxicola rubicola* lęgącą się na powierzchni zbiornika Borki. Rozszerzono również listę gatunków z Załącznika I Dyrektywy Ptasiej z 11 do 16, o bociana czarnego *Ciconia nigra*, nurka czarnoszyjowego *Gavia arctica*, rybitwę białowąsą *Chlidonias hybrida*, rybitwę czarną *Chlidonias niger* i sokoła wędrownego *Falco peregrinus*, które jednak wykorzystywały ten obszar głównie do odpoczynku i żerowania.

Łącznie w ostatnim roku realizacji projektu stwierdzono 7 gatunków płazów, w tym 4 gatunki wymienione w załączniku IV Dyrektywy Siedliskowej - żaba moczarowa *Rana arvalis*, żaba jeziorkowa *Rana lessonae*, ropucha zielona *Bufo viridis*, grzebiuszka ziemna *Pelobates fuscus*.

Nastąpił wzrost liczby gatunków ryb z 17 w 2016 r. do 22 w 2022 r., w tym 4 gatunków z załączników II i/lub IV dyrektywy siedliskowej: *Misgurnus fossilis* (wzrost liczby stanowisk w 2022 r.), *Cobitis taenia* (stwierdzenie nowego gatunku) oraz *Anguilla anguilla* i *Aspius aspius*, przy czym obecność 2 ostatnich gatunków jest całkowicie uzależniona od zarybień prowadzonych przez użytkownika rybackiego akwenu.

Obszar projektu zasiedla kilka cennych gatunków owadów, m.in. potwierdzono występowanie gatunków. II i IV Dyrektywy Siedliskowej: zgniotka cynobrowego (*Cucujus cinnaberinus*) i miedzika dużego (*Lycaena dispar*), ponadto 23 gatunki związanych z siedliskami wodnymi ważek - najwięcej gatunków zaobserwowano nad zbiornikiem Borki - 22 i nad rzeką Cerekwianka - 21 gatunków. Po raz pierwszy zaobserwowano rzadką ważkę *Ischnura pumilio* - ważkę nie występującą dotychczas na zbiornikach radomskich.

Wzrost bioróżnorodności flory związany był zarówno ze spontanicznym pojawianiem się nowych gatunków i zbiorowisk, jak i celowym wprowadzaniem nowych gatunków lub dosadzaniem istniejących w celu wzmocnienia istniejących populacji lub odtworzenia zagrożonych zbiorowisk. W latach 2021-2022, inaczej niż w 2016 r., stwierdzono obecność dwóch chronionych gatunków roślin naczyniowych i jednego gatunku grzyba makroskopowego wpisanego na czerwoną listę: grzybieńczyka białego *Nymphaea alba*, salwinii pływającej *Salvinia natans*, grzybienia klawarioidalnego *Macrotyphula fistulosa*, choć nie można jednoznacznie stwierdzić, że ich pojawienie się ma związek z inwestycją. Wdrożenie instalacji projektu nie spowodowało zmniejszenia liczby zbiorowisk notowanych w poprzednich latach, ale wykazano obecność czterech kolejnych, wcześniej nienotowanych: fitocenozy z *Charetales vulgaris* (siedlisko chronione prawem europejskim 3140), *Typheta angustifoliae*, *Potamogeton lucentis* i *Ranunculeta circinatis*. W kolejnych latach, w dłuższej perspektywie czasowej, pozytywny wpływ na bogactwo przyrodnicze może mieć zmiana warunków siedliskowych (wzrost wilgotności, podniesienie poziomu wód gruntowych) wynikająca z renaturyzacji koryt rzecznych i zwiększonej retencji.

Dzięki monitoringowi EDNA udało się potwierdzić obecność traszki grzebieniastej na badanym obszarze, którą wykryto w 2016 r., a nie udało się jej wykryć metodą tradycyjną w 2021 i 2022 r., a także potwierdzono obecność cietrzewia.

Wszystkie monitorowane małe obiekty BGI miały pozytywny wpływ na zwiększenie bioróżnorodności. Najbogatszą bioróżnorodnością gatunkową wyróżniały się obiekty ze stawami w Przedszkolu nr 16 i Szkole Podstawowej nr 11.

Bardziej szczegółowe raporty na temat różnorodności biologicznej w danej lokalizacji znajdują się w raportach:

- Podsumowanie raportu końcowego dotyczącego wpływu projektu na różnorodność biologiczną
- Raport z monitoringu ornitologicznego po wdrożeniu 2021-2022
- Raport dotyczący batrachofauny po wdrożeniu monitoringu 2021-2022
- Raport ichtiologiczny po monitoringu wdrożeniowym 2021-2022
- Raport entomologiczny po wdrożeniu monitoringu 2021-2022
- Raport dotyczący siedlisk flory po monitoringu wdrożeniowym 2021-2022
- Raport z monitoringu EDNA 2016 - 2022

