

R A P O R T

# Zmiany klimatu a zasoby wody na Żywiecczyźnie

Jak je skutecznie chronić i budować



Koalicja  
Dbamy o wodę

R A P O R T

# Zmiany klimatu a zasoby wody na Żywiecczyźnie



Jak je skutecznie chronić i budować

**AUTORZY:**

dr Małgorzata Stolarska  
dr hab. Magdalena Matysik  
dr hab. prof. UŚ Damian Absalon  
dr Bartosz Czernecki  
mgr Anna Bernadowska  
mgr Grzegorz Łukasiewicz

**POD REDAKCJĄ:**

dr Małgorzata Stolarska, Wind-Hydro

Partner  
raportu:

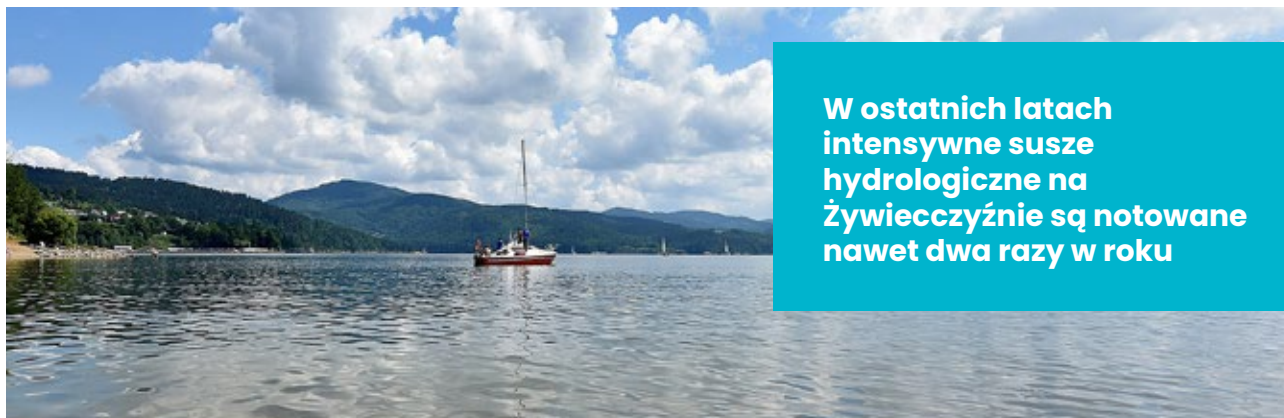


Patronat:



**GRID** | In partnership with  
WARSAWA | UN Environment  
Programme

# Podsumowanie



**W ostatnich latach  
intensywne susze  
hydrologiczne na  
Żywiecczyźnie są notowane  
nawet dwa razy w roku**



Problemy zasobów wodnych regionu Żywiecczyzny pogłębia seria zdarzeń ekstremalnych, wzajemnie przeplatających się susz i wężbrań, opadów nawalnych, bezśnieżnych zim i fal upałów. W perspektywie lat 1966–2020 średnia roczna temperatura powietrza na Żywiecczyźnie rośnie w tempie 3,55 °C/100 lat. Wzrost temperatury przekłada się m.in. na zmiany charakterystyk pokrywy śnieżnej, która z kolei wpływa na obieg wody, w tym na zasilanie i kształtowanie zasobów wodnych, dynamikę odpływu hydrologicznego (rzek i jezior) i bilans wodny.

W niniejszym raporcie szczegółowo rozpatrzono obecny stan zasobów wodnych i scenariusze zmian klimatu wraz z przedstawieniem ich możliwego wpływu na obieg wody na Żywiecczyźnie. Raport dostarcza wnioski na przyszłość oraz ustala kierunki działań, jakie należy podjąć już dzisiaj, by zabezpieczyć odpowiedniej jakości zasoby wodne dla mieszkańców oraz przyrody regionu.

## **Wyniki symulacji zmian klimatu wskazują na:**

- rosnącą temperaturę w okresie letnim,
- wzrost parowania terenowego,
- spadek lub niewielki wzrost przeciętnych sum opadu.

Zgodnie z przeprowadzoną symulacją zwiększa się więc ryzyko głębokich susz oraz spadku zwierciadła wód powierzchniowych i podziemnych. Z drugiej strony spodziewany jest nieznaczny wzrost sum opadów, szczególnie w sezonie wiosennym. Jednak ich zwiększona intensywność przekłada się na coraz większe ryzyko powodzi. Dodatkowo zwiększone sumy opadów i zmiana charakteru opadów zimą (deszcz zamiast śniegu) przyczynią się do zwiększenia spływu powierzchniowego. Już obecnie zlewnia Soły zaliczana jest przez IMGW-PIB do grupy regionów Polski najczęstszego występowania powodzi błyskawicznych (tzw. flash floods). Jednocześnie, w ostatnich latach, intensywne susze hydrologiczne są notowane nawet dwa razy w roku (na Sole w Żywcu). Na przestrzeni ostatnich 5-lat stwierdza się w regionie większą intensywność susz rol-

niczych – trend zmian minimalnych rocznych wartości klimatycznego bilansu wodnego (KBW) wyniósł -54 mm na 100 lat.

Aktualnie przeważają okresy z deficytem zasilania opadami nad okresami wilgotnymi, co w długofalowej perspektywie może utrudnić naturalną odbudowę zasobów wodnych. Jak wskazują wyniki symulacji zmian klimatu, dalsze zmiany warunków termicznych i zasilania atmosferycznego zlewni wymuszają podejmowanie działań ograniczających skutki zjawisk ekstremalnych (m.in. powodzie i susze). Jednak większy efekt odniosą proaktywne działania adaptacyjne, podejmowane z wyprzedzeniem i ukierunkowane na zmniejszenie intensywności przebiegu przyszłych zjawisk ekstremalnych. Z tego względu konieczne staje się wdrożenie kompleksowych inicjatyw mających na celu retencjonowanie wody na terenie zlewni Soły. W tym istotna jest zmiana w gospodarowaniu wodą w skali regionu, jak i w skali indywidualnych gospodarstw domowych. Ważne jest, by zaplanowane działania pozwalały retencjonować nadwyżki opadów w okresach chłodnych, co pozwoli na ograniczenie negatywnych skutków deficytów opadu zwłaszcza w okresie lata bądź po bezśnieżnych zimach, a także by działania służyły spowolnieniu odpływu wód ze zlewni i zabezpieczeniu obszaru przed skutkami powodzi.

Działania skutecznie adaptujące region Żywiecczyzny do zmian klimatu powinny mieć horyzont zarówno krótko- jak i długoterminowy, a ich zakres powinien obejmować gospodarkę wodną i planowanie przestrzenne, budowanie świadomości społecznej na temat problemów wodnych, tworzenie zachęt do wdrażania działań na szczeblu gospodarstw indywidualnych, przedsiębiorstw, a także jednostek samorządu terytorialnego. Niezależnie od tego, który scenariusz zmian klimatu (optymistyczny, pośredni czy pesymistyczny) wystąpi, działania na rzecz poprawy ilości, jakości zasobów wodnych powinny być wykonywane kompleksowo z dbałością o sferę środowiska naturalnego, społeczeństwa i zapewnienia rozwoju gospodarczego regionu.

# Zmiany klimatu a zasoby wody na Żywiecczyźnie

Jak je skutecznie chronić i budować



## Spis treści

<b>1. Wstęp</b> .....	5
<b>2. Warunki fizycznogeograficzne Żywiecczyzny:</b> .....	7
Rzeźba terenu .....	7
Budowa geologiczna .....	8
Gleby .....	9
Roślinność .....	10
Obszary chronione .....	11
Klimat: warunki termiczne, opadowe (opady deszczu, śniegu) .....	12
<b>3. Zasoby wodne Żywiecczyzny</b> .....	13
3.1 Zasoby wód powierzchniowych .....	13
3.2 Zasoby wód podziemnych .....	15
<b>4. Zjawiska ekstremalne meteorologiczne i hydrologiczne:</b> .....	16
4.1 Zmiany klimatu – obieg wody Żywiecczyzny w ujęciu scenariuszy zmian klimatu. Projekcje zmian do 2100 roku. Metodologia raportu .....	16
4.1.1 Projekcje zmian temperatury powietrza do roku 2100 .....	17
4.1.2 Projekcje zmian opadów atmosferycznych do roku 2100 .....	21
4.2 Wezbrania i powodzie .....	23
4.3 Susze .....	25
<b>5. Warianty możliwych konsekwencji zachodzących zmian klimatycznych dla zasobów wodnych na Żywiecczyźnie. Metodologia</b> .....	30
Wariant optymistyczny .....	31
Wariant pośredni .....	32
Wariant pesymistyczny .....	33
<b>6. Wnioski. Rekomendacje działań na rzecz ochrony i budowy zasobów wodnych Żywiecczyzny</b> .....	34
6.1 Rekomendacje działań na rzecz ochrony i zwiększania zasobów wodnych dla interesariuszy instytucjonalnych (w zakresie kompetencji) .....	35
6.2 Rekomendacje działań na rzecz ochrony i zwiększania zasobów wodnych dla mieszkańców Żywiecczyzny .....	39
<b>Wykaz źródeł</b> .....	40



Kliknij i czytaj



Spis treści

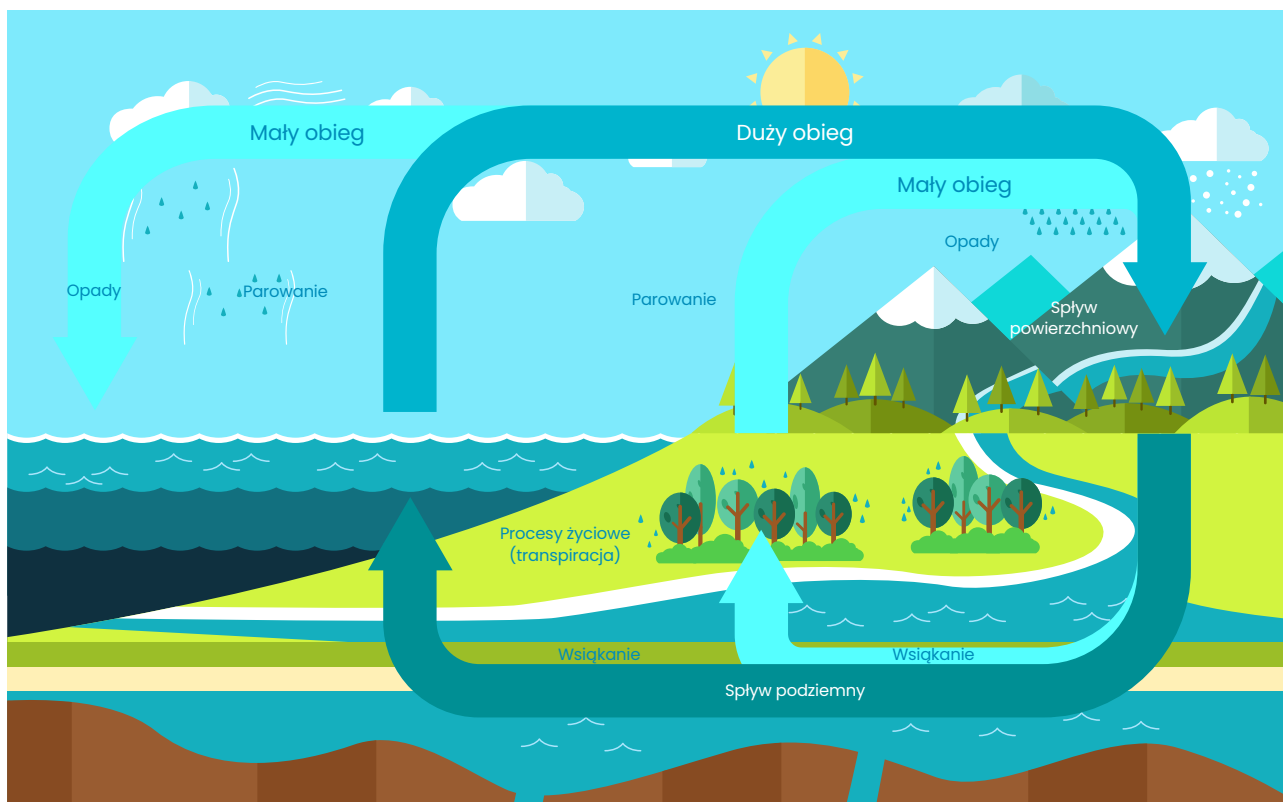


Poprzednia strona

Następna strona



# 1. Wstęp



Ryc. 1. Globalny i lokalny (mały i duży) obieg wody<sup>1</sup>

Zasoby wodne każdego obszaru ujęte są w ciągłym dynamicznym procesie obiegu wody – cyklu hydrologicznym – odbywającym się w granicach zlewni rzek.

## Na obieg wody w zlewni składają się trzy procesy:

- zasilania (opady deszczu i śniegu) oraz „wędrówka” wody na danym terenie (spływ powierzchniowy, wsiąkanie, zasilanie wód podziemnych, odpływ rzeczny),
- retencji wody (w naturalnych i sztucznych zbiornikach, w glebie i małych zagłębieniach terenu),
- straty (parowanie wody z powierzchni terenu, z rzek, jezior, zbiorników, a także oddawanie wody do atmosfery przez rośliny i glebę nazywane ewapotranspiracją).

## Obieg wody kształtują:

- warunki środowiska przyrodniczego (ukształtowanie terenu, typ roślinności, gleby, budowa geologiczna, klimat),
- przekształcenia i elementy antropogeniczne (użytkowanie terenu, działalność gospodarcza, osadnictwo

i urbanistyka, infrastruktura i budowe hydrotechniczne, w tym ujęcia wody, oczyszczalnie).

Zasoby wodne, ich wielkość i jakość, są rezultatem wzajemnych oddziaływań naturalnych i antropogenicznych uwarunkowań terenu danej zlewni.

Na przestrzeni czasu działalność człowieka wprowadziła wiele zmian w procesy obiegu wody na Ziemi. Skalę dokonanych i zachodzących zmian w środowisku potwierdzają wyniki analiz klimatycznych. Według Specjalnego Raportu (SR1.5)<sup>2</sup> Międzyrządowego Zespołu ds. Zmiany Klimatu (ang.: Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) na temat skali i skutków globalnego ocieplenia klimatu oraz przyszłych scenariuszy zmiany klimatu w kontekście m.in. planowania przeciwdziałania i wspierania zrównoważonego:<sup>3</sup>

- obserwowana średnia temperatura powierzchni Ziemi w dekadzie 2006–2015 była o 0,87°C wyższa od średniej z okresu 1850–1900. W przeliczeniu na dekadę

<sup>1</sup> Źródło: Polska Fundacja Ochrony Zasobów Wodnych, <http://www.pfozw.org.pl>; udostępnione na stronie epodreczniki.pl, Cykl hydrologiczny.

<sup>2</sup> IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C, pełna nazwa: Raport Specjalny SR1.5 dotyczący następstw globalnego ocieplenia klimatu o 1.5°C ponad poziom sprzed epoki przemysłowej oraz związanych z tym globalnych scenariuszy emisji gazów cieplarnianych w kontekście wzmacniania odpowiedzi globalnej na zagrożenie zmianą klimatu, wspierania zrównoważonego rozwoju oraz działań na rzecz wyeliminowania ubóstwa. <https://www.ipcc.ch/sr15/>

<sup>3</sup> Wnioski zostały ujęte w: Podsumowanie dla Decydentów Specjalnego Raportu IPCC dotyczącego globalnego ocieplenia klimatu o 1,5°C (według tłumaczenia: 2018, M. Popkiewicz, A. Kardaś, A. Sierpińska, Sz. Malinowski; źródło: naukaoklimacie.pl)



**Kluczem do skuteczności działań jest kształtowanie postaw społecznych poprzez edukację o ochronie i zwiększaniu zasobów wodnych**



wzrost ten oszacowano na 0,2°C; jako przyczynę ocieplenia wskazano historyczne i bieżące emisje gazów cieplarnianych przez człowieka;

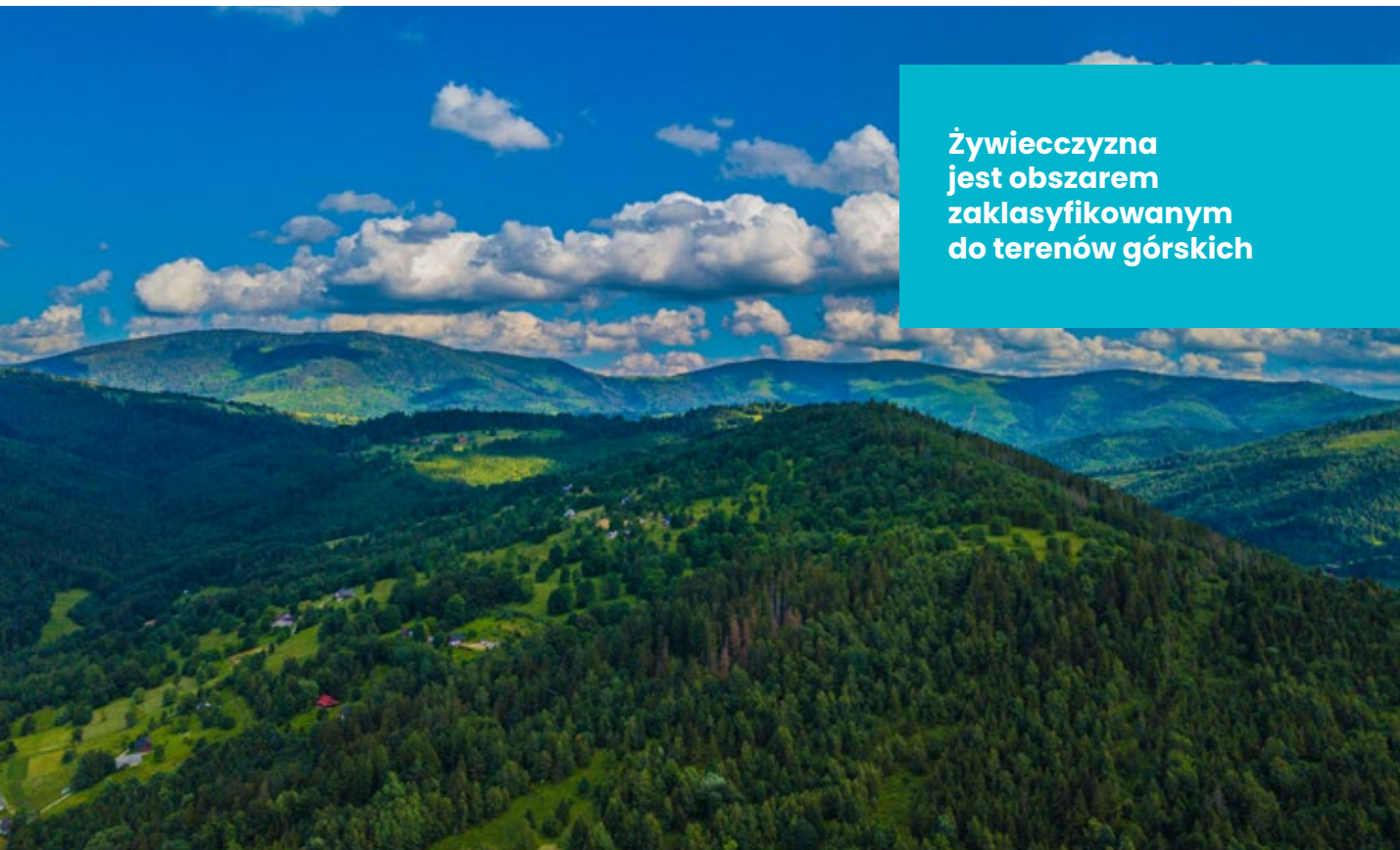
- większy poziom ocieplenia (szybszy niż globalna średnia), jest odczuwany przede wszystkim w regionach lądowych;
- dodatnie trendy intensywności i częstości niektórych ekstremów klimatycznych i pogodowych;
- ocieplenie klimatu, będące skutkiem emisji antropogenicznych, będzie trwać przez stulecia, a nawet tysiąclecia, czego skutkiem będzie m.in. podnoszenie się poziomu morza;
- wpływ globalnego ocieplenia na środowisko naturalne i systemy antropogeniczne został już zaobserwowany; z powodu globalnego ocieplenia wiele ekosystemów (wodnych i lądowych) uległo zmianie;
- przyszłe zmiany klimatu mogą wywołać długotrwałe lub nieodwracalne skutki np. trwałą degradację lub utratę niektórych ekosystemów;
- mitygacja i adaptacja do zmiany klimatu wymaga dalszego wdrażania i rozwijania takich działań w celu zmniejszenia przyszłych zagrożeń klimatycznych; działania te powinny mieć wymiar wielopoziomowy, międzysektorowy o charakterze zarówno stopniowym, jak i transformacyjnym.

Obecnie, niemal każdy raport, czy dokument strategiczny, jaki jest opracowywany na poziomie międzynarodowym, krajowym czy regionalnym podkreśla istotę adaptacji i mitygacji do zmian klimatu. Obejmuje to działania inwestycyjne, prawne, edukacyjne i naukowo-badawcze. Przewodni nurt w kształtowaniu zasobów wodnych wobec zachodzących zmian klimatu oraz bieżącego stanu zasobów wodnych stanowią wszelkie inicjatywy związane ze zwiększaniem retencji, poprzez stosowanie zarówno retencji naturalnej (tj. renaturyzacja, zalesienia, ochrona ekosystemów), jak i sztucznej (czyli wprowadzającej rozwiązania inżynierskie dla zatrzymania i regulacji przepływu oraz dystrybucji wody np. przez melioracje nawadniająco-odwadniające). Kluczem do skuteczności tych działań jest kształtowanie postaw społecznych poprzez edukację dotyczącą ochrony i zwiększania zasobów wodnych. Zadaniem na kolejne lata powinno być budowanie świadomości decydentów i społeczności lokalnych, zachęta do współpracy i budowania partnerstwa podmiotów publicznych, prywatnych oraz pozarządowych w zakresie wspólnego prowadzenia działań koncepcyjnych i edukacyjnych na rzecz ochrony zasobów wodnych w regionach. Szczególnie ważne jest zwiększenie świadomości społecznej na temat korzyści planowanych i realizowanych inwestycji z zakresu małej retencji.

## 2. Warunki fizycznogeograficzne Żywiecczyzny

Żywiecczyzna jest częścią historycznej Małopolski, administracyjnie położoną w południowej części województwa śląskiego i południowo-zachodniej części woj. małopolskiego. Region hydrograficznie znajduje się w dorzeczach górnej Soły i Ko-

szarawy, częściowo górnej Skawy. Rzeką główną regionu jest Soła, której zlewnia<sup>4</sup> ma powierzchnię 1360,93 km<sup>2</sup>. Natomiast bezpośrednio w zasięgu Żywiecczyzny, czyli do granicy z Kotliną Oświęcimską, zlewnia rzeki Soły zajmuje około 1090 km<sup>2</sup>.



Żywiecczyzna  
jest obszarem  
zaklasyfikowanym  
do terenów górskich



### Rzeźba terenu

Zgodnie z powszechnie stosowanym podziałem fizycznogeograficznym według Kondrackiego<sup>5</sup> analizowany obszar jest zaklasyfikowany do terenów górskich. A dokładnie Żywiecczyzna położona jest w obrębie 6 tzw. mezoregionów:

- w południowej części: mezoregion Beskid Żywiecki; gdzie najwyższymi wzniesieniami są: Babia Góra (1725 m n.p.m.), Pilsko (1557 m n.p.m.), Lipowska (1324 m n.p.m.) i Romanka (1366 m n.p.m.);
- w części zachodniej mezoregion Beskidu Śląskiego z najwyższym wzniesieniem Skrzyczne o wysokości 1257 m n.p.m.

Od Beskidu Żywieckiego oddziela go dolina górnej Soły;

- niewielka zachodnia część obszaru zlokalizowana jest w obrębie mezoregionu Pogórze Śląskie;
- w części wschodniej mezoregion Beskidu Makowskiego, jego najwyższy szczyt to Lubomir o wysokości 904 m. n.p.m.;
- w północnej części mezoregion Beskid Mały, który jest wschodnim przedłużeniem Beskidu Śląskiego;
- centralną część zajmuje mezoregion Kotliny Żywieckiej przeciętej z południa na północ doliną Soły.

<sup>4</sup> Zlewnia to obszar, z którego wody spływają systemem zbiorników, jezior i (dopływów) drobnych potoków i mniejszych rzek do miejsca przekroju na rzece. Zlewnia nazywana jest dorzeczem, jeżeli obejmuje cały system rzeczny, czyli rzekę główną i jej dopływy. Granice zlewni wyznacza dział wodny wyznaczany na podstawie analizy ukształtowania terenu; dział wodny rozgranicza sąsiednie zlewnie lub dorzecza.

<sup>5</sup> Kondracki J., Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011



**Duże spadki terenu odpowiedzialne są za szybkie tempo formowania się spływu powierzchniowego i podatność rzek na szybkie wezbrania**



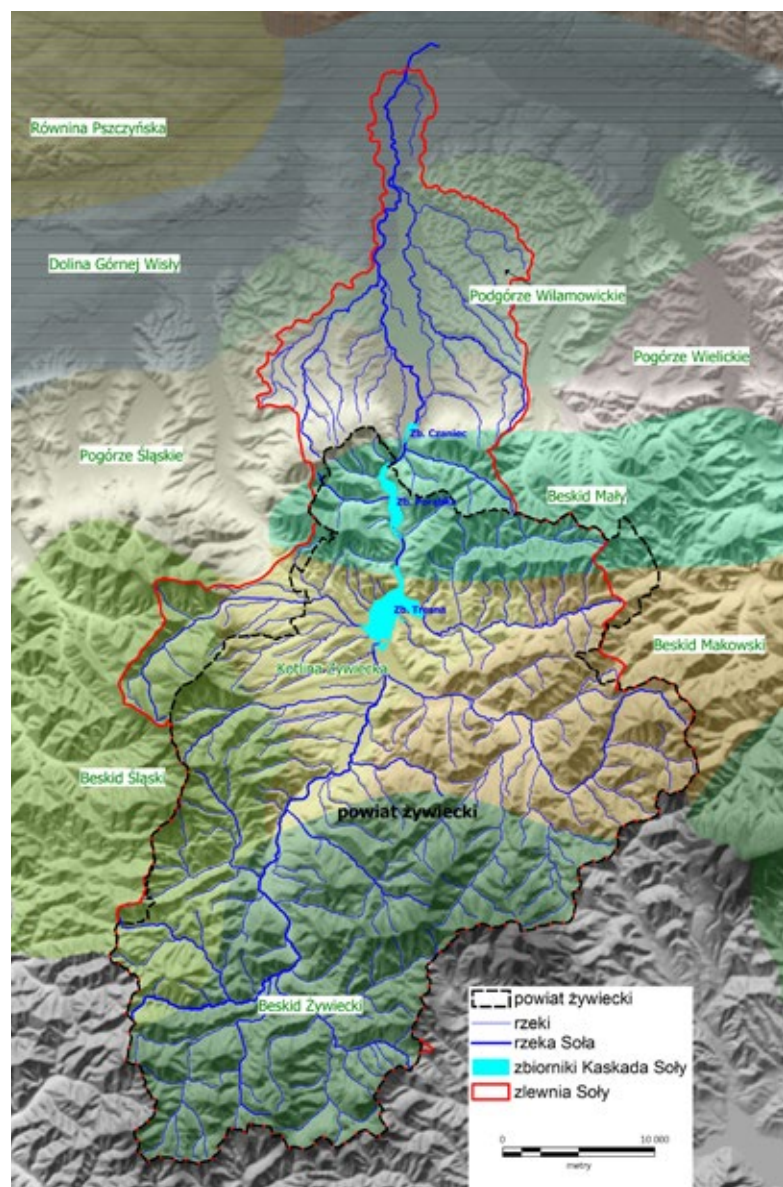
Deniwelacja terenu, czyli różnica między punktem najwyższym i najniższym położonym, wynosi ponad 1330 m. Najwyższym punktem jest szczyt Pilsko (1557 m n.p.m.), a najniższym ujście rzeki (226 m n.p.m.). Średnia wysokość terenu wynosi 590 m, przy czym najwyższe położone obszary powyżej 1000 m n.p.m. zajmują 5,5% całego dorzecza Soły, a tereny poniżej 300 m n.p.m. stanowią 11,6%. Najwyższym punktem w dorzeczu jest Pilsko (1557 m n.p.m.), a więc różnica tych wysokości wynosi 1330 m.

Średni spadek zlewni oszacowany na podstawie numerycznego modelu terenu wynosi 10,4%, max 15,9% dla odcinka górnego od źródeł do ujścia Ujsoty, min 6,1%. Tereny na północ od Kotliny Żywieckiej cechują się spadkiem 2,2%. Duże spadki terenu odpowiedzialne są za szybkie tempo formowania się spływu powierzchniowego i podatność rzek na szybkie wezbrania. Poszczególne części zlewni Soły cechują się różnymi warunkami pokrycia terenu, cechami litologicznymi i glebowymi, przez co reakcja zlewni cząstkowych na opad jest różna.

## Budowa geologiczna

Geologia obszaru Żywiecczyzny to złożoność warunków litostratygraficzno-tektonicznych, które dla tego obszaru (zlewni Soły), istotnie wpływają na stosunki wodne, głównie na charakter spływu wód.

Utwory den dolin oraz niektóre przepuszczalne utwory czwartorzędowe Kotliny Żywieckiej stwarzają pewną możliwość infiltracji, a przez to retencji wody. Utwory te to piaski – ich potencjał do gromadzenia wody (retencji) pozytywnie wpływa na obieg wody – spowalnia spływ powierzchniowy wód opadowych i roztopowych. Pozostałe utwory występujące na terenie zlewni Soły charakteryzują się niewielką przepuszczalnością bądź są trudno przepuszczalne.



Ryc. 2. Podział fizycznogeograficzny zlewni Soły





**Na Żywiecczyźnie ok. 43% gleb użytkowanych rolniczo ma słabe właściwości retencyjne – oznacza to dużą podatność na suszę rolniczą**

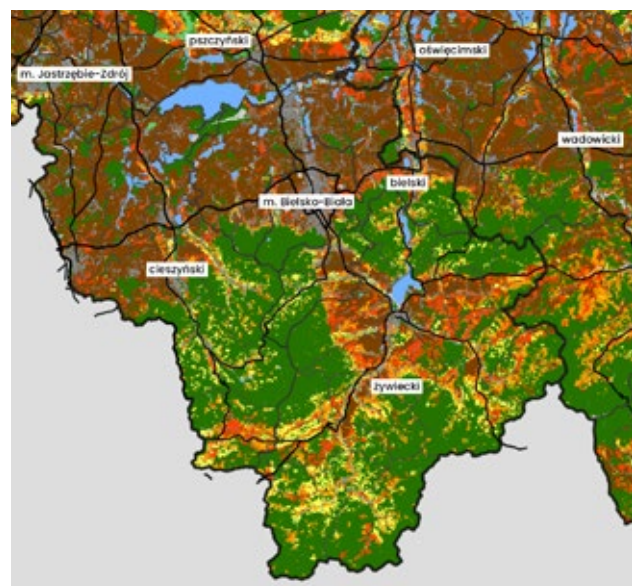


## Gleby

Wykształcone na bazie opisanych powyżej skał macierzystych, gleby zlewni Soły podlegają silnym przekształceniom antropogenicznym i erozji wodnej z uwagi na rzeźbę terenu oraz panujące warunki klimatyczne wykazujące piętno występowania.

Najważniejszym parametrem gleby wpływającym na stosunki wodne jest jej przepuszczalność. Średni ważony współczynnik przepuszczalności gleb dla Żywiecczyzny wynosi 0,5 – co pozwala zaliczyć gleby regionu do średnioprzepuszczalnych.

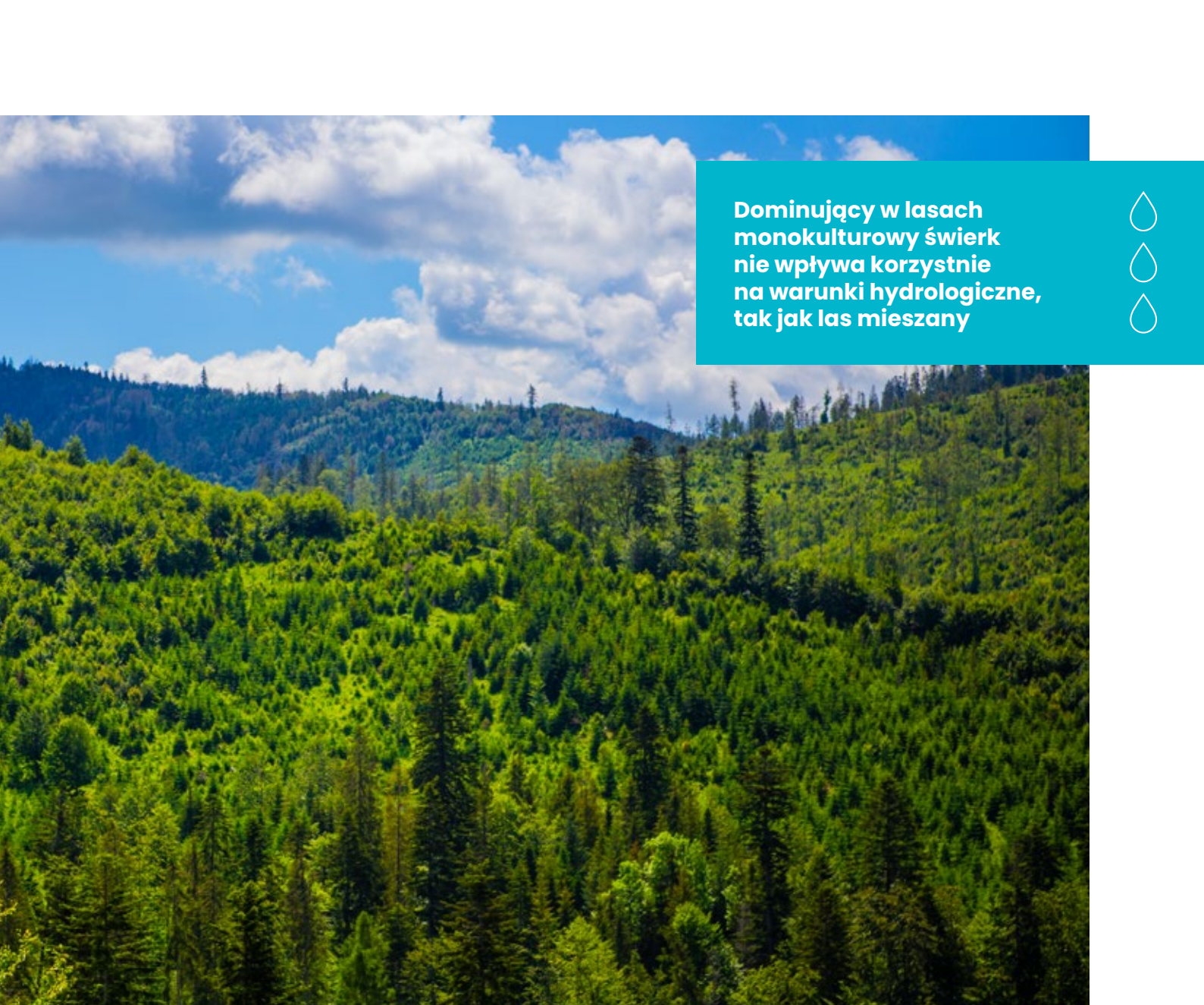
W ocenie gleb prowadzonej na potrzeby monitoringu suszy rolniczej, tj. Według klasyfikacji IUNG – PIB<sup>6</sup> na Żywiecczyźnie około 43% gleb użytkowanych rolniczo cechuje się dużą podatnością na suszę rolniczą (gleby o słabych właściwościach retencyjnych – czyli gleby piaszczyste i piaszczysto gliniaste). Gleby mało podatne na suszę (37%) występują w Kotlinie Żywieckiej oraz w bliskim sąsiedztwie dolin rzecznych – są to gleby o dobrych właściwościach retencyjnych (gleby ilaste i gliniaste).



Kategoria gleby	Obszary niesklasyfikowane
Żółty: Kategoria I – bardzo podatna	Świeżozielony: Użytki rolne na glebach organicznych i pochodzenia organicznego
Orzechowy: Kategoria II – podatna	Szary: Tereny komunikacyjne, nieużytki
Czerwony: Kategoria III – średnio podatna	Niebieski: Wody
Brown: Kategoria IV – mało podatna	ciemnozielony: Lasy, zadrzewienia
	ciemnoszary: Tereny zurbanizowane

Ryc. 3. Mapa kategorii podatności gleb na suszę rolniczą według IUNG-PIB  
Źródło: <http://www.susza.iung.pulawy.pl/mapa-kategorii/>

<sup>6</sup> Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Pulawach | <http://www.susza.iung.pulawy.pl>



**Dominujący w lasach monokulturowy świerk nie wpływa korzystnie na warunki hydrologiczne, tak jak las mieszany**



## Roślinność

Szata roślinna Żywiecczyzny składa się z naturalnych i półnaturalnych zespołów lasów liściastych oraz antropogenicznych zbiorowisk nieleśnych, które wzajemnie się przenikają i uzupełniają. Głównymi obszarami występowania zbiorowisk leśnych są wysokie szczyty górskie oraz strome stoki Beskidów. Dwa górne piętra roślinne – regla górnego, gdzie rośnie głównie karpacki bór świerkowy i regla kosodrzewiny – występujące w górnych partiach grupy Pilska i Babiej Góry, są unikatowymi formacjami roślinnymi w obrębie całych polskich Beskidów, wykazując najwyższy stopień naturalności.<sup>7</sup> Natomiast w Kotlinie Żywieckiej znajdują się ich niewielkie, rozproszone enklawy leśne. W pierwotnym reglu dolnym (600–1150 n.p.m.) porastały go głównie lasy bukowo-jodłowe, w ich miejsce wprowadzono świerka. W całym regionie około 90 % drzewostanu sta-

nowią świerki, co jest rezultatem intensywnej XIX-wiecznej gospodarki drewnem związanej z rozwojem dawnego hutnictwa żelaza. Jego monokulturowe zespoły zajęły miejsce pierwotnej puszczy karpackiej o zróżnicowanym na piętra składzie gatunkowym. Na niżej położonych terenach górskich oraz w Kotlinie Żywieckiej lasy ustąpiły miejsca uprawom rolnym, zbiorowiskom łąk i pastwisk (piętro podgórskie od 341 do ok. 450 m n.p.m.).

Monokulturowy świerk dominujący w istniejących lasach ze względu na grubą warstwę igliwia zaścieniając jego podłoże oraz skąpe posycie leśne nie wpływa tak korzystnie na warunki hydrologiczne jak las mieszany. Dodatkowo obserwowane zamieranie lasów świerkowych i prowadzony w związku z tym intensywny wyrąb lasów ma ważące skutki dla stosunków wodnych.

<sup>7</sup> Absalon D., Jankowski A. T., Leśniak M., Wika S., Komentarz do Mapy sozologicznej Polski w skali 1:50 000, ark M-34-87-B, Jeleśnia. Główny Geodeta Kraju, Gepol Poznań 1994

Na obszarze Żywiecczyny  
zlokalizowane są  
3 Parki Krajobrazowe  
i 31 rezerwatów przyrody



## Obszary chronione

Zgodnie z Centralnym Rejestrem Form Ochrony Przyrody (prowadzonym zgodnie z ustawą o ochronie przyrody<sup>8</sup>) na obszarze Żywiecczyny zlokalizowane są 3 Parki Krajobrazowe i 31 rezerwatów przyrody:

- Żywiecki Park Krajobrazowy, który objęto również ochroną w ramach europejskiej sieci Natura 2000 (PLH240006 i PLB240002); 10 rezerwatów przyrody;
- Park Krajobrazowy Beskidu Śląskiego, także w znacznej części chroniony w ramach europejskiej sieci Natura 2000 (PLH 240005); 8 rezerwatów przyrody;
- Park Krajobrazowy Beskidu Małego; część Parku objęto również ochroną w ramach europejskiej sieci Natura 2000 jako ostoja siedliskowa (PLH 240023); 13 rezerwatów przyrody;

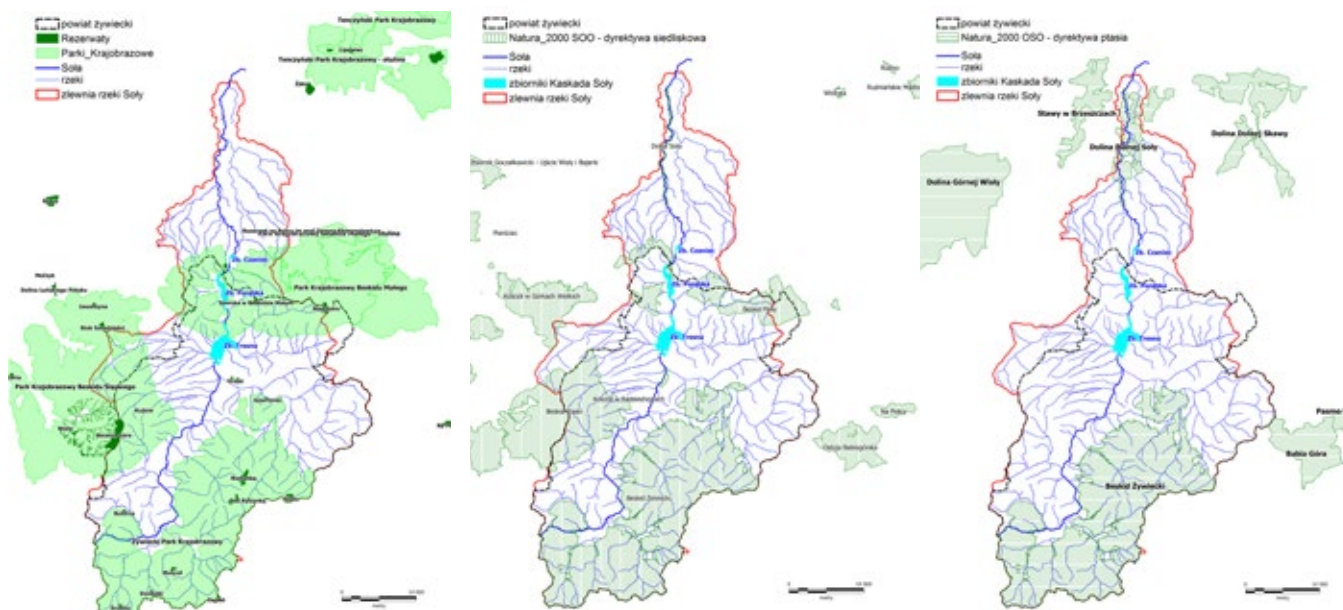
W całości, bądź częściowo w granicach regionu znajduje się 5 obszarów NATURA 2000:<sup>9</sup>

1. Obszar Natura 2000 Beskid Żywiecki PLH240006 (obszar siedliskowy),
2. Obszar Natura 2000 Beskid PLH240005 (obszar siedliskowy),
3. Obszar Natura 2000 Beskid Mały PLH240023 (obszar siedliskowy),
4. Obszar Natura 2000 Beskid Żywiecki PLB240002 (dyrektywa ptasia),
5. Obszar Natura 2000 Kościół w Radziechowach PLH240007 (obszar siedliskowy).

Rezerваты przyrody i parki krajobrazowe obszaru

Tereny objęte ochroną w ramach Natura 2000 - Dyrektywa siedliskowa

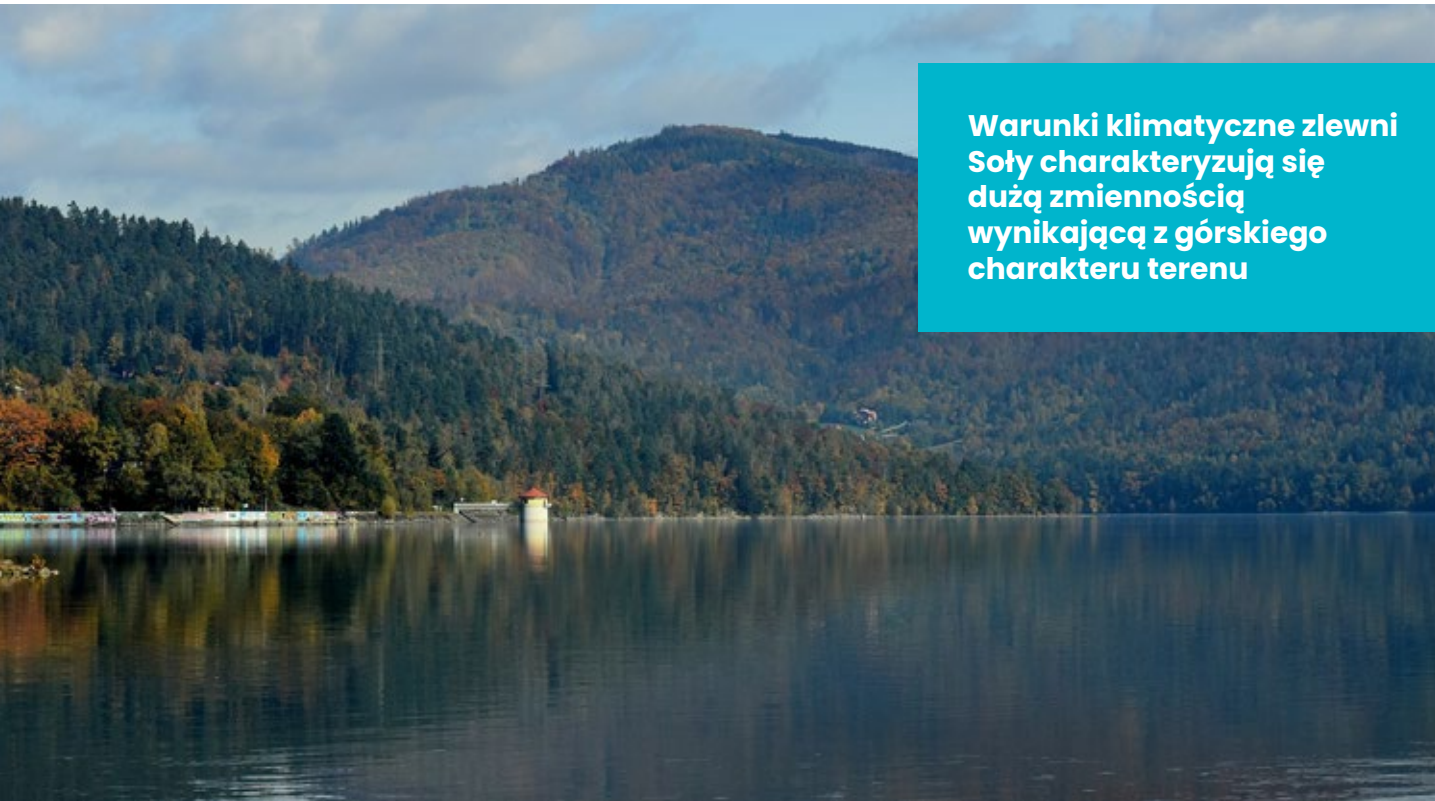
Tereny objęte ochroną w ramach Natura 2000 - Dyrektywa ptasia



Ryc. 4. Obszary chronione w zlewni Soly.

<sup>8</sup> Centralny Rejestr Form Ochrony Przyrody <http://crfop.gdos.gov.pl/CRFOP/> | Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2004 nr 92 poz. 880 z późn zm.)

<sup>9</sup> Źródło: wyszukiwarka obszarów chronionych <http://crfop.gdos.gov.pl/CRFOP/>



**Warunki klimatyczne zlewni Soły charakteryzują się dużą zmiennością wynikającą z górskiego charakteru terenu**



## **Klimat: warunki termiczne, opadowe (opady deszczu, śniegu)**

Powiat Żywiecki kwalifikuje się do Karpackiej Strefy Ekoklimatycznej: Makroregion Ekoklimatyczny – Gór Średnich Beskidu Śląskiego. Warunki klimatyczne zlewni Soły charakteryzują się dużą zmiennością wynikającą ze znacznych różnic wysokości oraz ze zróżnicowanej rzeźby terenu. Odmienne cechy klimatu północnej części zlewni wynikają z jego górskiego charakteru.

Średnia roczna temperatura powietrza w latach 1986–2020 wyniosła w Bielsku-Białej 8,8°C, natomiast w Lalikach 6,6°C. Średni gradient termiczny oznaczający tempo spadku temperatury powietrza wraz z wysokością wynosił 0,77°C/100 m. Najcieplejszym okresem w ciągu roku jest przełom lipca i sierpnia ze średnią temperaturą ponad 17°C, natomiast najchłodniejszym miesiącem jest styczeń.

Silnie zróżnicowana rzeźba terenu w połączeniu z dużymi gradientami ciśnienia sprawiają, że na obszarze Żywiecczyzny odnotowywane są relatywnie wysokie w skali kraju prędkości porywów wiatru, które zwłaszcza w okresie chłodnej połowy roku mogą osiągać prędkości przekraczające 30–35 m/s.

Duże zróżnicowanie przestrzenne dotyczy praktycznie wszystkich elementów klimatotwórczych, w tym także opadów atmosferycznych. W południowych fragmentach regionu roczna suma opadów znacznie przekracza 1000 mm, a w odcinkach źródłowych Soły nawet 1200 mm. Zdecydowanie niższe sumy opadów w północnej części zlewni sprawiają, że średnie roczne opady w całym regionie szacowane są na około 800 mm, co jest wynikiem znacznie powyżej średniej dla kraju.

Największe sumy opadów odnotowywane są zwykle w miesiącach letnich, z kulminacją w czerwcu i lipcu, w których to średnio występuje 16 dni z opadem. Najczęściej opady latem mają charakter konwekcyjny, który może być bardzo wydajny dla zasilania zasobów wodnych powierzchniowych i podziemnych. Przykładowo 24 lipca 1966 r. w Bielsku-Białej w ciągu niespełna 6 godzin odnotowano 91 mm deszczu, a rekordowa suma opadu miesięcznego to 510 mm i dobowego 162,7 mm.

W chłodnej porze roku (XII-II) średnia miesięczna liczba dni z opadem śniegu wynosi średnio ok. 10–13 dni. Łącznie w ciągu roku występuje ok. 180 dni z opadami atmosferycznymi, z czego ok. 55 dni stanowią opady śniegu. Ma to swoje przełożenie także na relatywnie długie w skali kraju utrzymywanie się pokrywy śnieżnej, która występuje w Bielsku-Białej przez ok. 60–70 dni roku, natomiast w partiach górskich może utrzymywać się nawet do 150 dni.

Występowanie pokrywy śnieżnej w ostatnich latach ulega znacznemu skróceniu. Od połowy lat 80-tych XX wieku maksymalna odnotowywana pokrywa śnieżna w danym roku obniża się w partiach szczytowych o ponad 1 cm na rok, przy czasie zalegania śniegu krótszym o 0,8 dnia/rok (dane IMGW-PIB: Lalityki 1986–2020). Kierunek omawianych zmian jest obserwowany w całym regionie.

Rocznie jest ok. 110 dni z przymrozkami. Natomiast okres wegetacyjny w regionie Żywiecczyzny trwa 150 do 170 dni. Okres ze średnią temperaturą poniżej 0°C trwa od 110 do 120 dni.

## 3. Zasoby wodne Żywiecczyzny

### 3.1 Zasoby wód powierzchniowych

Główną rzeką regionu jest Soła będąca prawobrzeżnym dopływem Wisły. Głównymi dopływami zaś: Czarna (l), Rycerka (p), Woda Ujsolska (p) i Nickulina (p)<sup>10</sup>, Salamonka (p), Bystra (l), Żabniczanka (p) i Cięcinka (p) oraz Juszczyńska (l), Leśnińska (l), Koszarawa (p). Cieki Żywiecczyzny mają górski charakter, a zatem cechują się dużą dynamiką zmian przepływu, sezonowością zasilania rzek, a co za tym idzie w ciągu roku dużymi amplitudami ilości wód prowadzonych korytami rzek. Zasoby wód powierzchniowych i podziemnych wymagają zrównoważonego podejścia w ich użytkowaniu z uwagi na specyfikę obiegu wody na terenach górskich.

Średni roczny przepływ Soły w przekroju Żywiec w latach 1956-2019 wynosił 15,61 m<sup>3</sup>/s, a średni roczny odpływ jednostkowy (SSq) to 19,90 dm<sup>3</sup>/s km<sup>2</sup>. Oznacza to, że z każdego 1 km<sup>2</sup> powierzchni zlewni odpływa w ciągu sekundy średnio 19,9 litrów wody – jest to prawie 4-krotnie więcej niż średnia wartość dla Polski. Gdyby z odpływającej w ciągu roku wody utworzyć warstwę na całej powierzchni zlewni wynosiłaby ona 627 mm. Odpływy w latach mokrych mogą być 3-krotnie większe niż odpływy w latach suchych. Przykładowo – odpływ w najbardziej mokrym 2010 roku był 3,17 razy większy niż odpływ w najbardziej suchym 1969 roku.

Łącznie zbiorniki wodne regionu (Tresna inaczej Jezioro Żywieckie; Porąbka inaczej Międzybrodzie; Czaniec) gromadzą przeciętnie około 95,5 mln m<sup>3</sup> wody. Pojemność największego zbiornika Tresna (Jeziora Żywieckiego) przy normalnym poziomie piętrzenia wynosi 70,90 mln m<sup>3</sup>, dodatkowo rezerwa powodziowa stanowi 23,14 mln m<sup>3</sup>. Czas retencji wody jest krótki, woda wymieniana jest całkowicie 5,88 razy w ciągu roku. Pojemność zbiornika Porąbka (Jeziora Międzybrodzkiego) wynosi 23,33 mln m<sup>3</sup>, rezerwa powodziowa 5,02 mln m<sup>3</sup>. A częstotliwość wymiany wody jest bardzo intensywna i w ciągu roku zachodzi średnio 20 razy.

Zbiornik Czaniec o całkowitej pojemności 1,3 mln m<sup>3</sup> stanowi rezerwar wody pitnej m.in. dla miast aglomeracji śląskiej. Ponadto woda ze zbiornika pobierana jest do zasilania stawów rybnych. Zadaniem zbiornika jest także wyrównywanie przepływu w rzece Sole poniżej zapory.



<sup>10</sup> (l) – dopływ lewobrzeżny, (p) – dopływ prawobrzeżny



## Górna część zlewni Soły charakteryzuje się niewielkimi zasobami wód powierzchniowych



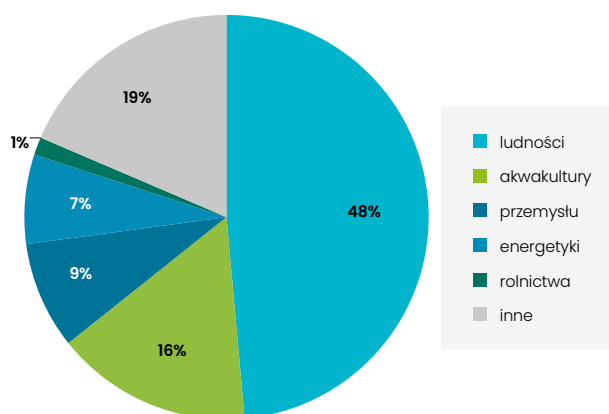
Zbiornik Czaniec jako element ujęcia wody dla potrzeb komunalnych objęty jest bezpośrednią strefą ochrony sanitarnej i na zbiorniku nie prowadzi się w żadnej formie gospodarki rybackiej oraz obowiązuje zakaz uprawiania sportów wodnych. Należy zaznaczyć, iż wody Soły są bardzo intensywnie wykorzystywane poniżej kaskady zbiorników (ujęcie w Oświęcimiu oraz przerzut wody dla zaopatrzenia aglomeracji śląskiej). Dlatego potrzebna jest poprawa stosunków wodnych w zlewni, w tym zwiększanie zasobów wodnych Soły.

Zasoby wód powierzchniowych zgromadzone w Sole, w jej dopływach oraz w zbiornikach są ważne ekologicznie i gospodarczo. Dla zapewnienia dobrego stanu ekosystemów wodnych ustalono reguły korzystania z zasobów wodnych. W analizach określających ilość wody dostępnej dla gospodarczego wykorzystania funkcjonuje pojęcie zasobów dyspozycyjnych. Jest to taka ilość wód powierzchniowych, jaka może zostać pobrana (np. przez ujęcia wód) przy zachowaniu przepływu nienaruszalnego (środowiskowego) i bez pogarszania warunków zaopatrzenia w wodę pozostałych użytkowników w zlewni, posiadających pozwolenia wodnoprawne. Ocena wielkości powierzchniowych zasobów wodnych Żywiecczyzny w dwóch przekrojach wodowskazowych na Sole (Rajcza, Żywiec) i jednym na Żabniczance (Żabnica), poza Żywcem, wskazuje na ujemne wartości zasobów dyspozycyjnych uniemożliwiające pobór wód przez nowych użytkowników (potencjalny brak możliwości zaopatrzenia nowych ujęć). Analiza wykazała, że górna część zlewni Soły charakteryzuje się niewielkimi zasobami wód powierzchniowych, a zatem małą dyspozycyjnością zasobów. Zdecydowanie lepiej wygląda sytuacja na Sole w Żywcu, gdzie jest możliwość bezzwrot-

nego wykorzystania wód w Sole w ilości 0,058 m<sup>3</sup>/s (5011,2 m<sup>3</sup>/doła). Ujemne wartości zasobów dyspozycyjnych w górnej części zlewni Soły świadczą o realnym zagrożeniu zarówno dla możliwości ujmowania wód, jak i negatywnym oddziaływaniu (presji) na zasoby wód płynących i sąsiadujące ekosystemy.

W zlewni Soły, do zapory w Porąbce, zidentyfikowano 70 użytkowników wód powierzchniowych. Realizują oni pobory na potrzeby: zaopatrzenia ludności w wodę, akwakultury (zasilanie stawów hodowlanych), zaopatrzenia w wodę przemysłu, energetyki – zasilanie MEW<sup>11</sup>, rolnictwa oraz dla istniejących budowli hydrotechnicznych.

Udział użytkowników wód powierzchniowych dla zaopatrzenia



Ryc. 5. Udział użytkowników wód powierzchniowych.  
Źródło: na podstawie danych z Systemu Informacyjnego Gospodarowania Wodami  
[https://wody.isok.gov.pl/imap\\_kzgw/?gpmmap=gpSIGW](https://wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/?gpmmap=gpSIGW)

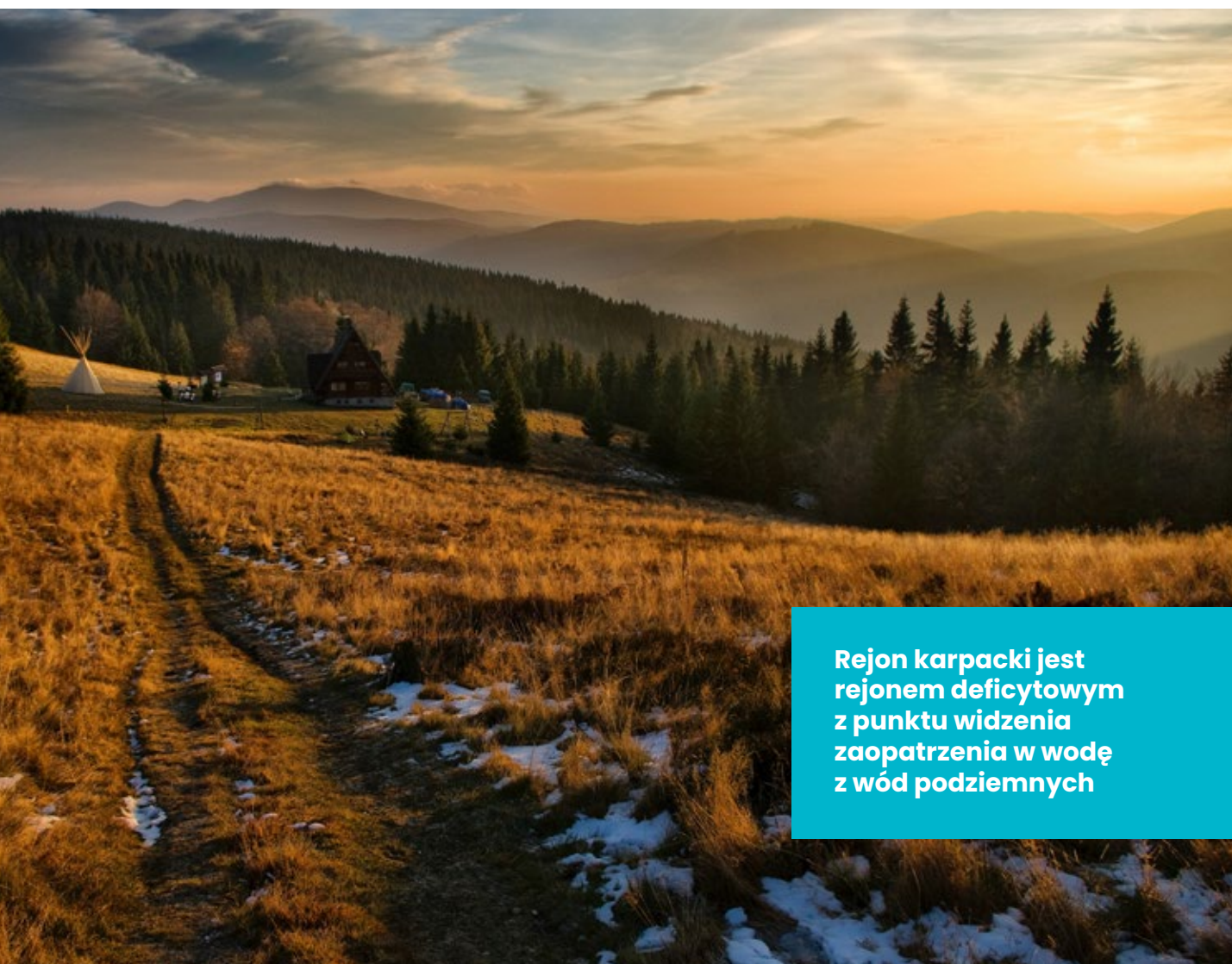
<sup>11</sup> MEW- Małe Elektrownie Wodne

## 3.2 Zasoby wód podziemnych

Pod względem hydrogeologicznym obszar Żywiecczyzny należy w południowej części do regionu karpackiego, podregionu zewnętrzno-karpackiego, który cechuje bardzo mała zasobność w wody podziemne. Wody podziemne występują tu głównie w 2 poziomach wodonośnych: czwartorzędowym oraz fliszowym (utwory paleogenu i kredy). Piętro wodonośne w utworach czwartorzędu występuje na głębokości 1 do 5 m, wykazując silny związek z wodami powierzchniowymi, a fliszowe piętro wodonośne zalega tuż pod powierzchnią terenu i maksymalnie występuje na głębokości do 50 m w rejonach wzniesień.

Zasilanie zbiorników wód podziemnych na Żywiecczyźnie następuje przede wszystkim na drodze infiltracji opadów atmosferycznych. Podatność na zanieczyszczenie z powierzchni terenu jest wysoka, w ogólności: bardzo wysoki (<5 lat) stopień podatności – w dolinach rzek oraz wysoki (5–25 lat) na pozostałym obszarze. Zbiorniki

te charakteryzują się słabą wodonośnością, co ogranicza możliwość budowy ujęć do zaopatrzenia w wodę większych grup odbiorców. Stan jakościowy wód podziemnych w większości z nich zaklasyfikowano jako bardzo dobry – wody w przedziale klas jakości I–III, przy czym w regionie dominują wody zaliczone do I klasy. Mimo dobrej jakości wód podziemnych (niska retencyjność, duża głębokość występowania wód, nieciągłość poziomów wodonośnych) nie stanowią one głównego i alternatywnego źródła zaopatrzenia w wodę. Rejon karpacki jest rejonem deficytowym z punktu widzenia zaopatrzenia w wodę z wód podziemnych. A występująca na obszarze Żywiecczyzny duża ilość źródeł o stosunkowo niewielkiej wydajności daje jedynie lokalnie możliwości zaopatrzenia w wodę pitną. W regionie występują też źródła wód mineralnych (m.in. solanki, wody siarczkowe) i wysoko zmineralizowanych (źródło „Ślanica” 40 g/dm<sup>3</sup>), które są wykorzystywane do celów balneoterapeutycznych.



**Rejon karpacki jest rejonem deficytowym z punktu widzenia zaopatrzenia w wodę z wód podziemnych**



## 4. Zjawiska ekstremalne meteorologiczne i hydrologiczne na Żywiecczyźnie

Klimat, położenie geograficzne, warunki glebowe i geologiczne, charakter rzeźby terenu wraz z unikatowymi cechami krajobrazu decydują o charakterze i dynamice zjawisk przyrodniczych, które z kolei warunkują wolumen zasobów wodnych na danym obszarze. Elementy antropogeniczne, jak przekształcenia rzeźby, użytkowania terenu (m.in. użytki rolnicze, zabudowa miejska i wiejska, tereny przemysłowe) to kulturowo i gospodarczo czynniki mogące modyfikować lokalny obieg wody na danym terenie. Region Żywiecczyzny, ujęty w granicach zlewni rzeki Soły (1090 km<sup>2</sup>), jest obszarem bardzo atrakcyjnym środowiskowo i gospodarczo. Warunki naturalne Żywiecczyzny – górski krajobraz, historycznie zasobne w wodę rzeki, dały podstawy do rozwoju gospo-

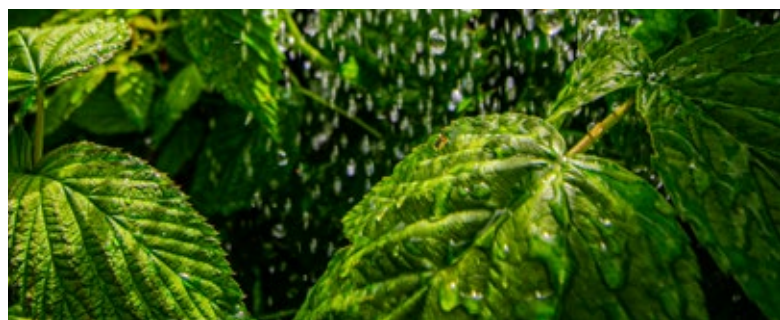
darczego (rolnictwa, turystyki, przemysłu i usług). Niestety, intensyfikacja oddziaływań antropogenicznych generuje coraz bardziej odczuwalne problemy z dynamiką obiegu wody (tj. większą podatnością na skutki suszy, gwałtowne powodzie, czy problemy z ilością, a w skrajnych przypadkach także jakością wody). Przekształcenia antropogeniczne, w połączeniu z coraz częściej notowanymi w regionie intensywnymi opadami nawałnymi, częstymi i długotrwałymi suszami, generują dotkliwe negatywne skutki społeczne, gospodarcze i środowiskowe. Na wagę wyżej wymienionych problemów składają się także wyniki scenariuszy zmian klimatu, które jednoznacznie wskazują na jego głęboką zmianę w dotychczasowym obiegu wody w zlewni Soły.

### 4.1 Zmiany klimatu – obieg wody Żywiecczyzny w ujęciu scenariuszy zmian klimatu. Metodologia raportu

Scenariusze zmian klimatycznych najczęściej wykonywane są w oparciu o symulacje modeli numerycznych opisujących zachowanie się klimatu na podstawie skomplikowanych równań mechaniki płynów oraz innych równań fizyki i chemii opisujących procesy przemian zachodzących w atmosferze. Do celów niniejszej analizy wykorzystano dane projektu EURO-CORDEX (Coordinated Downscaling Experiment – European Domain) stanowiącego część globalnej inicjatywy CORDEX.<sup>12</sup> Zgodnie z rekomendacją Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)<sup>13</sup> jest to obecnie jedno z najczęściej stosowanych źródeł w ramach badań nad regionalnymi zmianami klimatu, ich wpływem oraz planami adaptacji na różnych poziomach podejmowania decyzji. Nazwy poszczególnych scenariuszy emisyjnych RCP (ang. Representative Concentrations Pathways), np. RCP 4.5 oraz RCP 8.5 nawiązują do wartości szacowanego wymuszenia radiacyjnego przez gazy cieplarniane w roku 2100 (tj. odpowiednio: 4.5 i 8.5 W/m<sup>2</sup>). Wymuszenie radiacyjne to zaburzenie bilansu promieniowania w systemie klimatycznym, które w nowych warunkach będzie akumulować dodatkowe ilości energii. Zmiana wymuszenia radiacyjnego ma bezpośrednie przełożenie na zakładane warianty zmian klimatu, począwszy od ścieżki optymistycznej, zakładającej natychmiastowe ograniczenie emisji gazów szklarniowych (RCP 2.6), poprzez wariant pośredni zakładający stopniowe wdrażanie zmian klimatycznych (RCP 4.5), skończywszy na projekcji „business

as usual” (RCP 8.5), tj. wariacie zakładającym dalszy rozwój ludzkości bez wdrożenia polityki ograniczenia emisji gazów szklarniowych. Wariant ostatni ścieżki emisyjnej 8.5 (pesymistyczny) oraz wariant 4.5 (pośredni) zastosowano w analizach dla Żywiecczyzny.

Opracowanie przygotowano w oparciu o dostępne dane meteorologiczne, klimatyczne, geologiczne i hydrologiczne. Do przeprowadzenia analiz warunków klimatycznych regionu użyto danych pomiarowo-obszernych ze stacji IMGW-PIB w Bielsku-Białej (Aleksandrowicach), która jest stacją meteorologiczną I rzędu (tj. zawiera zarówno najlepsze jakościowo dane meteorologiczne, jak i dla najszerszego zakresu elementów meteorologicznych). Położenie stacji na granicy Żywiecczyzny pozwala na użycie dostępnych serii danych jako wartości referencyjnych do diagnozy obecnych trendów zmian klimatu, jak i oczekiwanych zmian w przyszłości (ze względu na niewielkie przestrzenne różnice w scenariuszowych projekcjach klimatu).



<sup>12</sup> Gobiet, A., Jacob D., (2011): The EURO-CORDEX-Initiative. WCRP Open Science Conference Denver, 24-28 Oct. 2011. Poster no. W108B

<sup>13</sup> <https://www.ipcc.ch/reports/>



# Projekcje zmian do 2100 roku



Średnia roczna temperatura powietrza na Żywiecczyźnie rośnie w tempie 3,55°C/100 lat

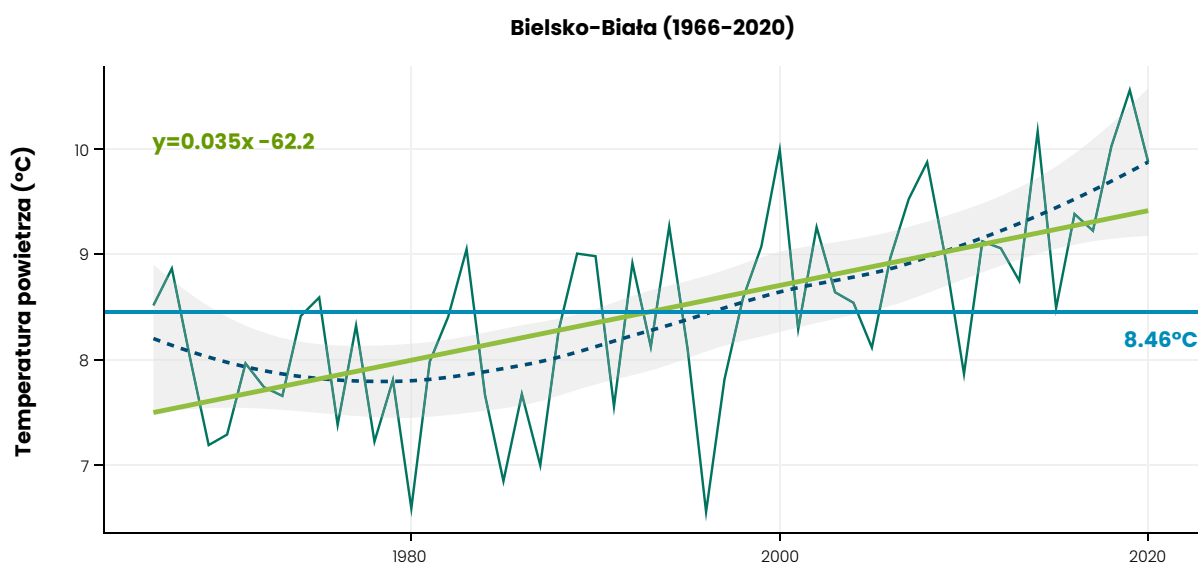


## 4.1.1 Projekcje zmian temperatury powietrza do roku 2100

Wzrost temperatury powietrza jest najbardziej jaskrawym przejawem obserwowanych i prognozowanych zmian klimatu. W perspektywie całego dostępnego okresu dla danych historycznych obejmujących lata 1966–2020 średnia roczna temperatura powietrza na Żywiecczyźnie rośnie w tempie 3,55°C/100 lat (ryc. 6), znacznie przewyższając wartości globalne dla całego XX wieku (tj. przytaczane w raportach IPCC 0,85°C w okresie 1880–2012).<sup>14</sup>

Dotychczasowy wzrost średniej rocznej temperatury powietrza w Polsce znacznie przyspieszył od końca lat 80-tych XX wieku, przekraczając lokalnie nawet 5°C/100 lat (Bielsko-Biała 1986–2020 – 5,2°C/100 lat), co w ostatnim

okresie przełożyło się na notowanie lat ekstremalnie ciepłych z średnią roczną w zlewni Soły powyżej 10°C (ryc. 6). Według znacznej części naukowców przyspieszenie trendu ocieplenia jest paradoksalnie związane z poprawą jakości powietrza w naszym kraju i osłabieniem jednej ze składowych tzw. efektu aerozolowego, które to zjawisko przeciwdziałało przedostawaniu się dużej części promieniowania słonecznego do powierzchni. Wraz z wygaszaniem przemysłu ciężkiego, emisja zanieczyszczeń atmosferycznych uległa zmniejszeniu przyczyniając się do nałożenia się globalnego trendu wzrostu temperatury powietrza i zwiększenia ilości docierającego promieniowania.



Ryc. 6. Zmiany średniej rocznej temperatury powietrza w Bielsku-Białej w latach 1966–2020 i trendy tych zmian.  
Źródło: analizy na podstawie serii danych obserwacyjnych IMGW-PIB

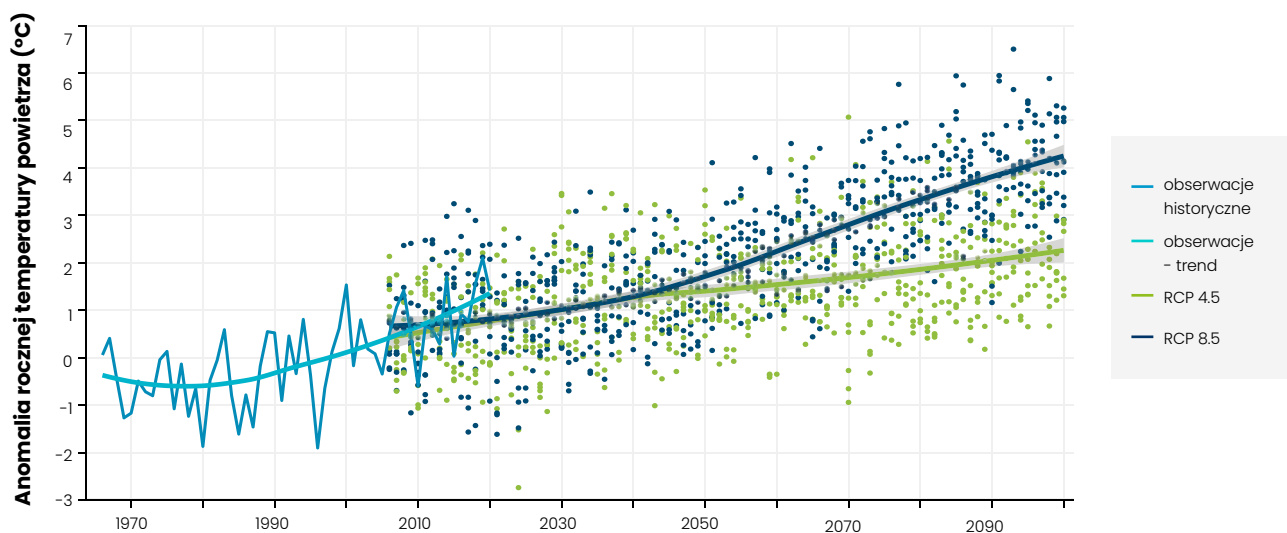
<sup>14</sup> Stocker, T. (Ed.). (2014). Climate change 2013: The physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press

Widoczne przyspieszenie ocieplenia klimatu na Żywiecczyźnie (podobnie jak w skali globalnej), spodziewane jest po roku 2040 przede wszystkim przy realizacji scenariusza (pesymistycznego) RCP 8.5. Jest to jednocześnie pierwszy okres, w którym uwidaczniają się różnice pomiędzy przyjętymi scenariuszami emisyjnymi i potencjalnymi efektami wdrażania (lub zaniechania) realizacji polityki klimatycznej. Średni zakładany na Żywiecczyźnie wzrost temperatury powietrza w latach 2041–2070 dla scenariusza RCP 4.5 wynosi 1,2°C, podczas gdy dla RCP 8.5 jest to 1,6°C. Choć różnice te mogą wydawać się niezbyt znaczące, to warto wspomnieć, że jest to zmiana uśredniona w okresie 30-letnim, która wyraźnie zaczyna narastać wraz z upływem czasu. W latach 40-tych XXI wieku różnica pomiędzy scenariuszami wynosi ok. 0,2°C, podczas gdy w latach 70-tych jest to już ponad 1°C. W wariantcie pesymistycznym prze-

kłada się ona na blisko 3°C ocieplenia klimatu względem lat 1971–2005 (przyjęty okres referencyjny).

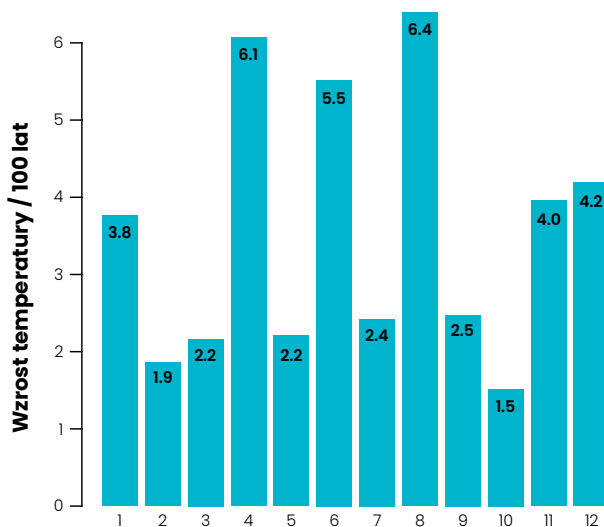
Analogicznie sytuacja przedstawia się pod koniec XXI wieku kiedy to średnia różnica pomiędzy wariantem RCP 4.5 a RCP 8.5 wynosi 1,4°C, natomiast w roku 2100 wynosi już 2,3°C, co oznacza wzrost temperatury powietrza o ponad 4°C w wariantcie scenariusza RCP 8.5. Projekcje zmian temperatury powietrza przedstawione na ryc. 7 wskazują, że po roku 2090 w wariantcie „business as usual” należy się spodziewać znacznego zwiększenia prawdopodobieństwa przekroczenia średnich rocznych anomalii temperatury powietrza o ponad 5°C a nawet 6°C. Oznacza to średnią roczną temperaturę powietrza dochodzącą w Bielsku-Białej do ok. 14–15°C. Jest to wartość typowa np. dla współczesnego klimatu północnych Włoch lub północnej Grecji (Mediolan – 13°C, Saloniki – 15,4°C).

### Projekcje zmian temperatury powietrza



Ryc. 7. Projekcje zmian EURO-CORDEX dla średniej rocznej temperatury powietrza w Bielsku-Białej w latach 1966–2100 na tle wartości historycznych.

Wraz z ocieplającym się klimatem spada prawdopodobieństwo wystąpienia lat ekstremalnie chłodnych. Jak wskazują jednak symulacje modelowe, zwłaszcza dla scenariusza RCP 4.5, w pierwszej połowie XXI w., takie sytuacje są możliwe i w skrajnych latach mogą przekraczać wartość anomalii nawet dochodzących do -3°C względem okresu historycznego (ryc. 7). Występowanie lat chłodnych obok ekstremalnie ciepłych wskazuje na dużo większą zmienność klimatu niż obserwowana jeszcze pod koniec XX wieku. W ujęciu sezonowym trudno o wyraźne wskazanie pory roku charakteryzującej się największym wzrostem temperatury. Według danych historycznych do roku 2020 największe ocieplenie występowało w sierpniu i kwietniu, kiedy to trend zmian przekraczał 6°C/100 lat. Latem średni trend zmian osiąga niespełna 5°C/100 lat, natomiast względnie stabilne wzrosty obserwowane są zimą ze średnią na poziomie 4°C/100 lat (ryc. 8).



Ryc. 8. Współczynnik trendu liniowego zmian temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach w Bielsku-Białej. Dane: IMGW-PIB (1966–2020).



**Wyrównywanie kontrastu termicznego pomiędzy zimą i latem znacznie przyspiesza od lat 40-tych XXI wieku**

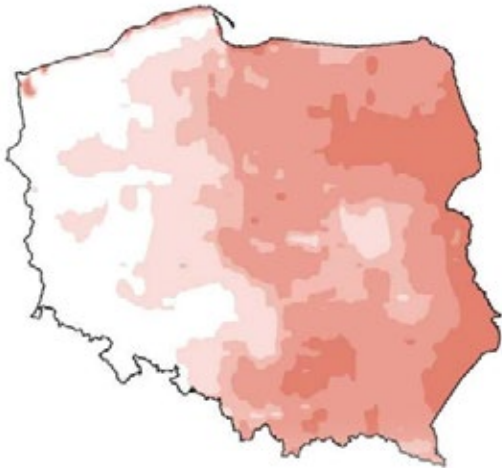


Według symulacji klimatycznych, do połowy XXI wieku zmiany będą zachodzić w miarę jednostajnie zarówno w cieplej, jak i w chłodnej porze roku. Wyrównywanie kontrastu termicznego pomiędzy zimą i latem znacznie przyspiesza od lat 40-tych XXI wieku, zwłaszcza dla scenariusza pesymistycznego (RCP 8.5). Oznacza to zatem nie tylko dalsze wydłużenie termicznego lata z falami upałów i deficytem opadów atmosferycznych, ale także krótsze i często bezśnieżne zimy, czyli w efekcie ograniczenie znaczenia

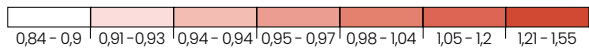
retencji pokrywy śnieżnej i szybszy spływ powierzchniowy. Uzyskane wyniki zmian dla scenariusza RCP 4.5 oraz RCP 8.5 wskazują na zgodność z wynikami opublikowanymi w ramach projektu KLIMADA 2.0. W skali kraju zakłada się, że na obszarze analiz niniejszego raportu mogą wystąpić jedne z największych różnic we wzroście temperatury powietrza pomiędzy realizacją scenariusza RCP 4.5 i RCP 8.5, które mogą wynieść w połowie XXI wieku ponad 1°C (ryc. 9).<sup>15</sup>

**RCP 4.5**

**RCP 8.5**



**temperatura [°C]**



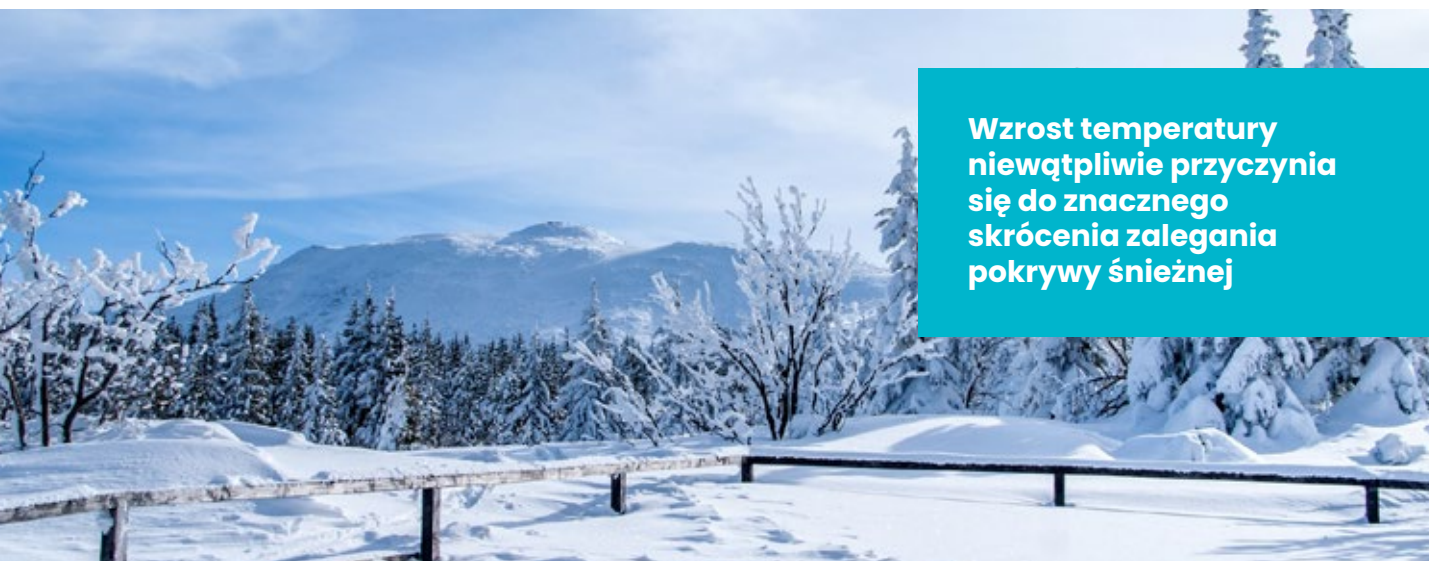
Ryc. 9. Różnica temperatury średniej rocznej na wysokości 2m, według scenariuszy RCP4.5 (lewy panel) i RCP8.5 (prawy panel) między dziesięcioleciem 2051 - 2060 a 2011-2020.

<sup>15</sup> KLIMADA 2.0 Baza wiedzy o zmianach klimatu, <https://klimada2.ios.gov.pl/>  
 Strużewska J., Jefimow M., Jagiełło P., Kleczek M., Sattari A., Gienibor A., Norowski A., Durka P., Walczak B., Drzewiecki P. (2020). Zmiany temperatury i opadu na obszarze Polski w warunkach przyszłego klimatu do roku 2100. Raport skrócony Klimada 2.0. Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy

Wspomniany wzrost temperatury ma przełożenie m.in. na zmiany charakterystyk pokrywy śnieżnej, która z kolei wpływa na obieg wody, cechy reżimu hydrologicznego czy też bilans wodny.

Wzrost temperatury niewątpliwie przyczynia się do znacznego skrócenia zalegania pokrywy śnieżnej. Potwierdzają to historyczne dane obserwacyjne z wybranych stacji (posterunków) meteorologicznych na obszarze Żywiecczyny. Od połowy lat 80-tych XX wieku maksymalna odnotowywana pokrywa śnieżna w danym roku obniża się w partiach szczytowych o ponad 1 cm na rok (ryc. 10), przy czasie zalegania śniegu krótszym o 0,8 dnia/rok.<sup>16</sup> Kieru-

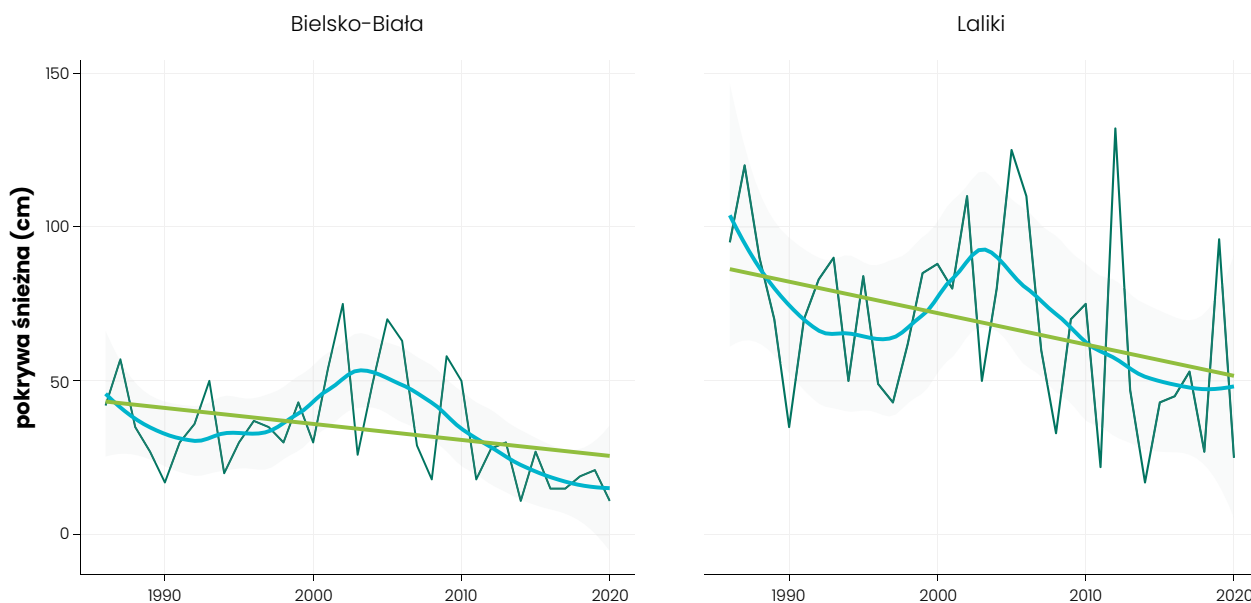
nek omawianych zmian jest jednolity na obszarze całej Żywiecczyny, choć jego dynamika może się nieznacznie różnić w zależności od wysokości obszaru. Należy przez to rozumieć przede wszystkim spadek grubości i czasu zalegania pokrywy śnieżnej, który jest zdecydowanie łatwiej zauważalny na typowo górskich obszarach Żywiecczyny (ryc. 10). Utrzymanie dotychczasowego trendu zmian temperatury powietrza może spowodować zwiększenie udziału bezśnieżnych zim, które przed 2050 rokiem będą stanowiły typowe zjawisko w niższej położonych fragmentach Żywiecczyny, natomiast stała pokrywa śnieżna będzie zalegać jedynie w typowo górskich fragmentach zlewni Soły.



**Wzrost temperatury niewątpliwie przyczynia się do znacznego skrócenia zalegania pokrywy śnieżnej**



**Maksymalna roczna miąższość pokrywy śnieżnej**



Ryc. 10. Maksymalna roczna pokrywa śnieżna w Lalikach i Bielsku-Białej w latach 1985-2020 i tendencja obserwowanych zmian.

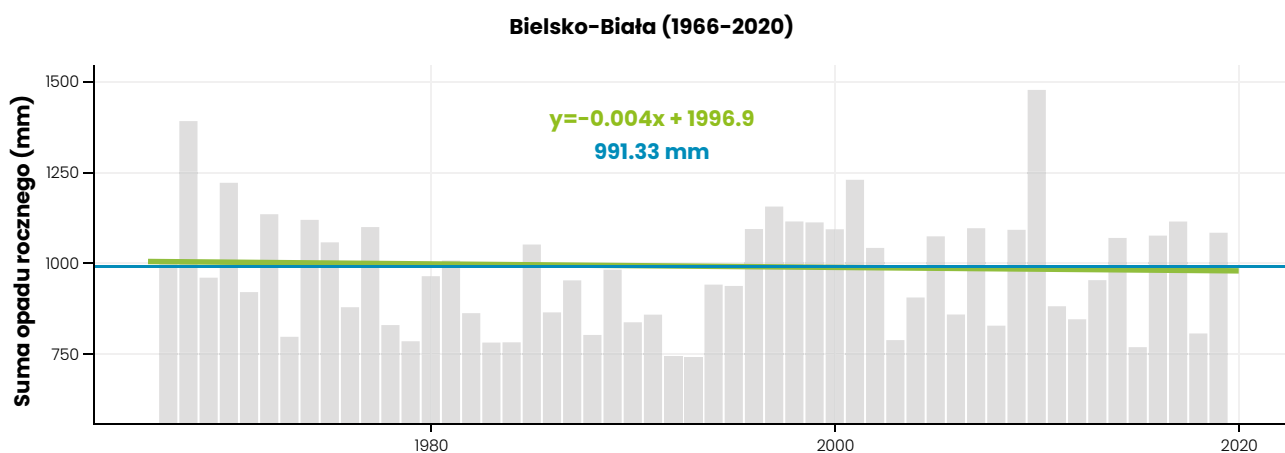
<sup>16</sup> dane IMGW-PIB dla stacji pomiarowej Laliki 1986-2020

## 4.1.2 Projekcje zmian opadów atmosferycznych do roku 2100

Poznanie wyników symulacji zmian klimatu dla opadów atmosferycznych jest kluczowe dla oceny skali i rodzaju możliwych problemów obiegu wody i ilości zasobów wodnych w zlewni Soły. Należy zaznaczyć, że opad – w przeciwieństwie do temperatury – nie występuje jednorodnie w przestrzeni. Zatem w skali regionu, podczas jednego dnia z opadem na powierzchni terenu mogą być notowane różne sumy opadu w relatywnie niewielkiej odległości. Ma to swoje przeło-

żenie na zmienność tego zjawiska nie tylko w obserwacjach historycznych, ale także wpływa na zwiększoną niepewność wyników symulacji dla projekcji klimatycznych.

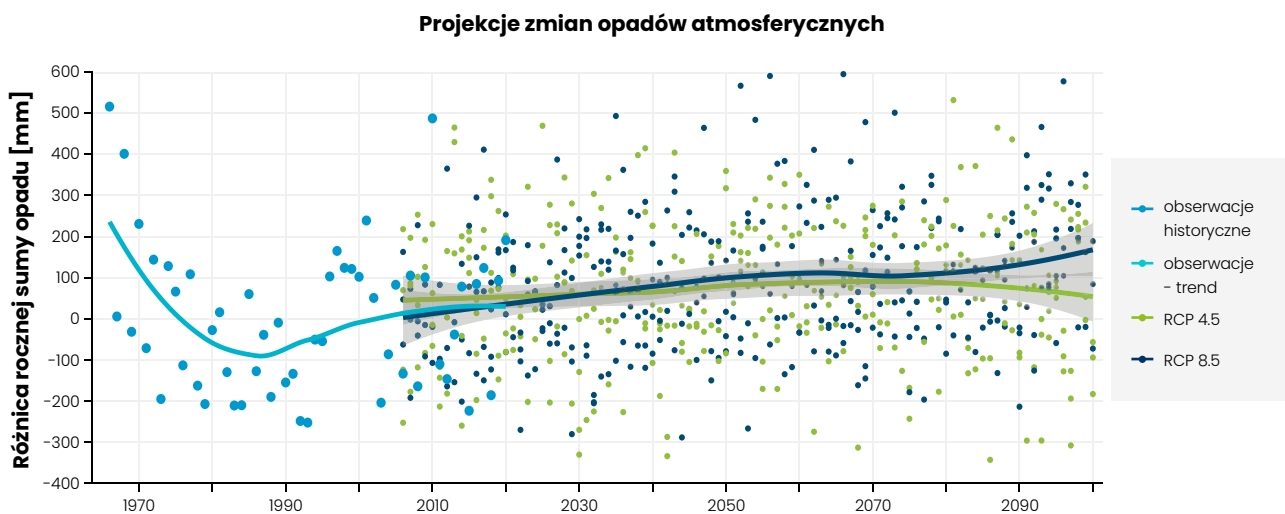
Według danych historycznych z Bielska-Białej z lat 1966–2020 nie zauważa się długofalowej zmiany sum rocznych opadów atmosferycznych na obszarze Żywiecczyny i terenach sąsiadujących pomimo bardzo dużej zmienności sum z roku na rok, czy też w ujęciu dekadowym (ryc. 11).



Ryc. 11. Zmienność rocznych sum opadów atmosferycznych w Bielsku-Białej (1966–2020). Dane: IMGW-PIB.

Przyszłe trendy zmian opadów są silnie zróżnicowane w zależności od użytego modelu i jego szczegółowych ustawień. Spośród analizowanych symulacji większość wskazuje na nieznaczne wzrosty rocznych sum opadów atmosferycznych na obszarze Żywiecczyny, które w zależności od wybranego podokresu XXI wieku mogą zachodzić w sposób nierównomierny. Oznacza to, że okresy z nadmiarem opadów atmosferycznych mogą się przeplatać z latami posuszными (ryc. 12). Większość zmian w odniesieniu do opadów atmosferycznych (bez względu na ana-

lizowany scenariusz emisyjny) zawiera się w przedziale ok. od +5% do +10% zmiany względem przyjętego okresu referencyjnego (1971–2005). Zauważalne różnice pomiędzy scenariuszami emisyjnymi pojawiają się po 2080 r. wskazując na większe opady w przypadku realizacji scenariusza RCP 8.5. Zwiększona pojemność cieplna tej samej objętości powietrza pozwoli na „przechowywanie” większej ilości pary wodnej w atmosferze, która może przełożyć się na zwiększenie opadów, średnio generując w ciągu roku nieznacznie powyżej 1100 mm.



Ryc. 12. Historyczne (1966–2020) i scenariuszowe (2006–2100) zmiany rocznych sum opadów atmosferycznych w Bielsku-Białej.



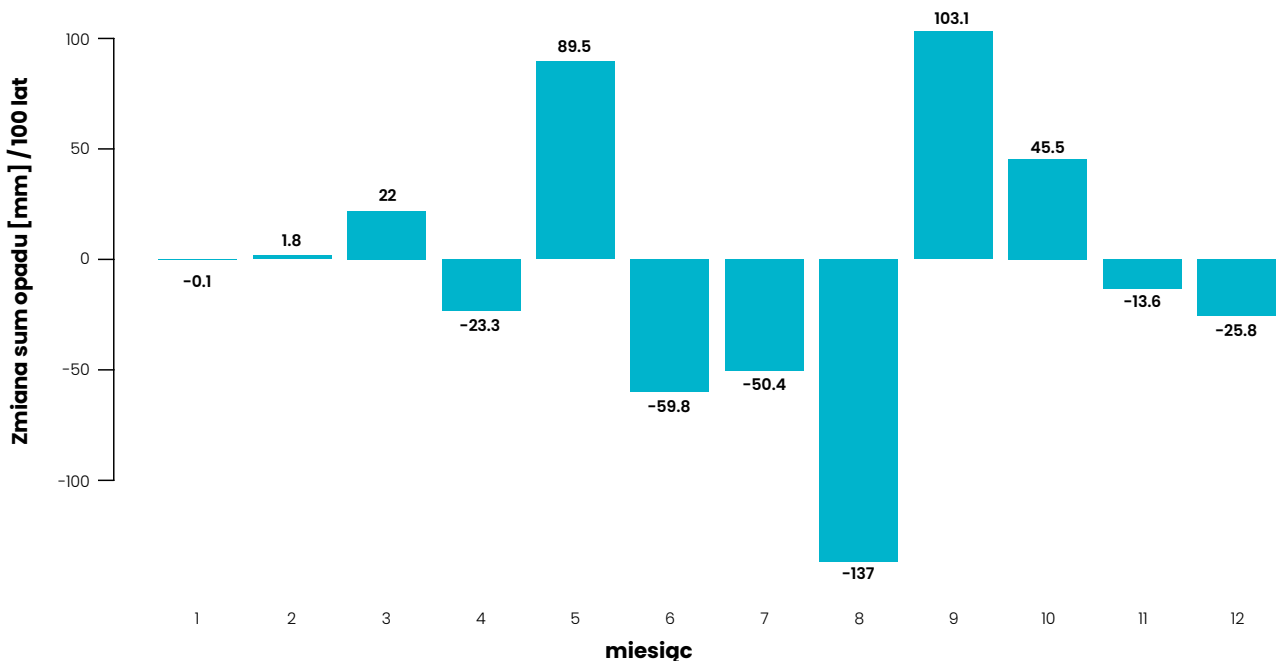
**Zwiększony udział opadów o charakterze konwekcyjnym zwiększa zagrożenie wystąpienia powodzi błyskawicznych i wymaga działań retencyjnych**



Tendencja ta może być silniej widoczna pod koniec XXI w., zwłaszcza w chłodnej połowie roku, która dotychczas charakteryzowała się głównie opadami śniegu. Dotychczasowe zmiany miesięcznych sum opadów atmosferycznych wskazują na silnie negatywną tendencję zmian zachodzącą latem (zwłaszcza w odniesieniu do sierpnia) i zwiększonych sum opadów jesienią (ryc. 13). Omawiane trendy w projekcjach klimatycznych wskazują na bardziej wyrównaną tendencję zmian zachodzącą w ujęciu rocznym. W przypadku postępującego ocieplenia wydajność częstszych opadów deszczu będzie wyższa niż występujących w przeszłości i typowych dla chłodnej pory roku opadów śniegu.

Z tego względu konieczne stanie się wdrożenie kompleksowych działań i metod retencjonowania zasobów wodnych,

by zrekompensować cechy infiltracyjne pokrywy śnieżnej. Podobnie jest w przypadku retencjonowania opadów o charakterze nawałnym w ciepłej połowie roku. Zwiększony udział opadów o charakterze konwekcyjnym zwiększa zagrożenie wystąpienia powodziami błyskawicznymi i wymaga działań retencyjnych polegających na ograniczeniu spływu powierzchniowego. Jest to szczególnie istotne w kontekście notowanego rosnącego spadku gradientu ciśnienia pomiędzy wysokimi i niskimi szerokościami geograficznymi będącego skutkiem obserwowanych zmian klimatu. Wspomniany gradient ciśnienia jest głównym motorem napędowym dla nizin atmosferycznych umiarkowanych szerokości geograficznych, których zmniejszona częstość może przełożyć się na wydłużenie okresów posusznych w ciepłej połowie roku, natomiast zimą może powodować m.in. duże wahania temperatur.



Ryc. 13. Współczynnik trendu liniowego zmian miesięcznych sum opadów atmosferycznych w Bielsku-Białej. Dane: IMGW-PIB (1966-2020).

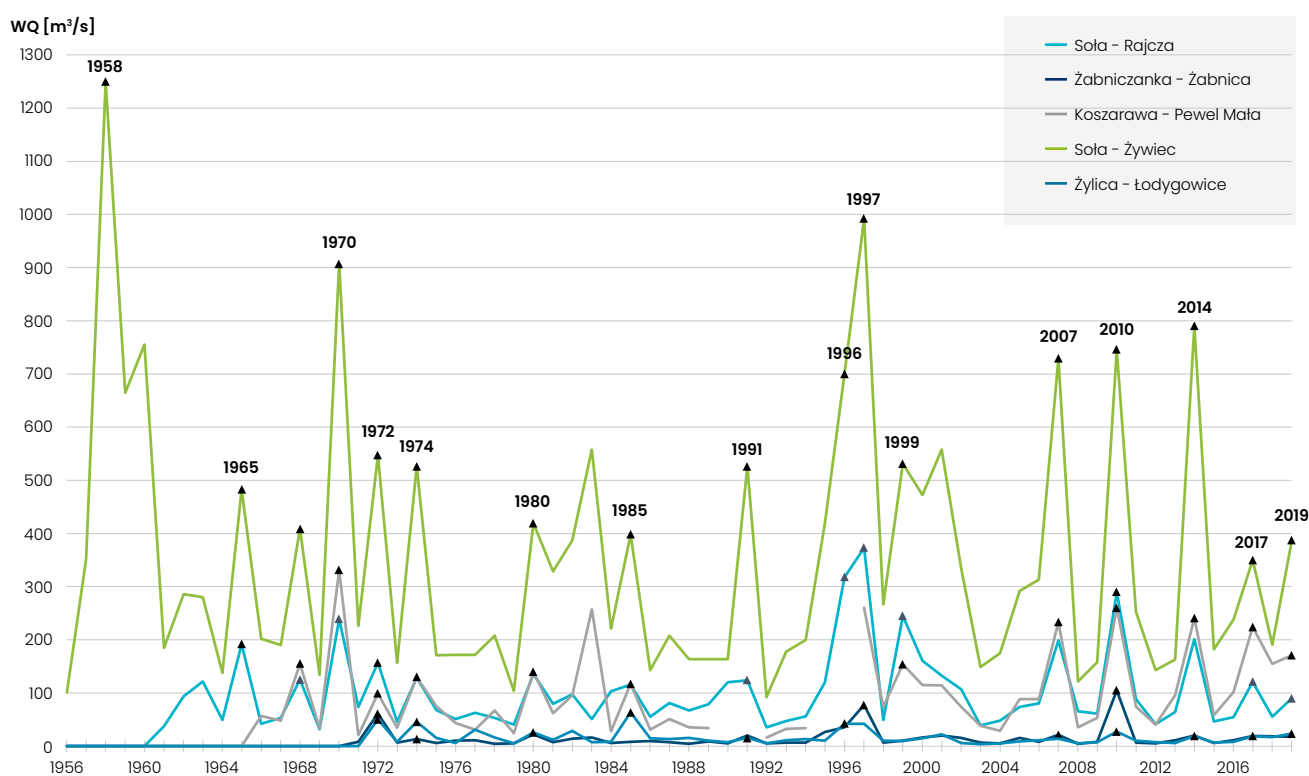
## 4.2 Wezbrania i powodzie

W przypadku, gdy suma opadu lub jego chwilowa wysoka intensywność przekroczy możliwości retencji opadu, w cie-kach danego terenu obserwuje się wzrost stanu wód. Ten wzrost przy opadach ekstremalnych szybko osiąga poziom wód wysokich, a w skrajnej sytuacji prowadzi do powodzi. Szczegółowe obserwacje stanów wody i powodzi na terenie Żywiecczyny zaczęto prowadzić dopiero z początkiem XX wieku, natomiast dane pomiarowe IMGW-PIB z przekroju w Żywcu datowane są na 1956 rok. Wezbrania powodziowe w dolinie Soły i Koszarawy występują przeważnie w półroczu letnim. Największą powódź w dorzeczu Soły zanotowano w 1958 roku – 29 czerwca w przekroju Żywiec przepływ osiągnął rekordową wartość 1250 m<sup>3</sup>/s. Przepływ ten przekroczył

wartość tzw. „wody stuletniej” o 20 m<sup>3</sup>/s. Woda stuletnia to wartość przepływu maksymalnego, którego prawdopodobieństwo wystąpienia oceniono na 1%, czyli teoretycznie może wystąpić raz na 100 lat.

W okresie 1956–2019 zanotowano jeszcze 7 powodzi, podczas których przepływ przekroczył wartość tzw. wody dziesięcioletniej, której prawdopodobieństwo wystąpienia wynosi 10%, czyli teoretycznie może wystąpić raz na 10 lat (ryc. 14). Były to powodzie w lipcu 1960, w lipcu 1970, we wrześniu 1996, w lipcu 1997, w lipcu 2007, we wrześniu 2010 i w maju 2014. Zanotowano ponadto 16 mniejszych wezbrań, podczas których wartość kulminacji przepływu przekroczyła wartość SWQ (średniego wysokiego przepływu z wielolecia).

### Soła – Żywiec



Ryc. 14. Przebieg maksymalnych przepływów rocznych w wieloleciu 1956–2019 – etykietami zaznaczono lata, w których wezbrania zanotowano w całej zlewni Soły (opracowano na podstawie danych IMGW-PIB)

### Głównymi czynnikami decydującymi o wielkości i rozmiarze wezbrań w zlewni Soły są:

1. wysokie opady w górskiej części zlewni<sup>17</sup>, których suma na Piłsku podczas katastrofalnych powodzi przekraczała ponad 200 mm przy średniej sumie rocznej na poziomie 1300 mm; podczas powodzi dorzecze Soły w większości jest objęte strefą intensywnych deszczów trwających kilka dni;
2. budowa geologiczna i rzeźba terenu – górną i środkową część zlewni Soły cechują strome stoki oraz mało przepuszczalne fliszowe podłoże. Przyczynia się to do szybkiego spływu powierzchniowego, co w konsekwencji prowadzi do tworzenia się fal wezbraniowych.

<sup>17</sup> Opady atmosferyczne rosną wraz z wysokością nad poziomem morza



**Największe zagrożenie pojawienia się nagłych powodzi lokalnych dotyczy miast Bielsko-Biała i Andrychów**



IMGW-PIB zalicza zlewnię Soły do grupy regionów Polski o najczęstszym występowaniu nagłych powodzi typu flash floods. Największe zagrożenie pojawienia się nagłych powodzi lokalnych dotyczy miast Bielsko-Biała i Andrychów.<sup>18</sup>

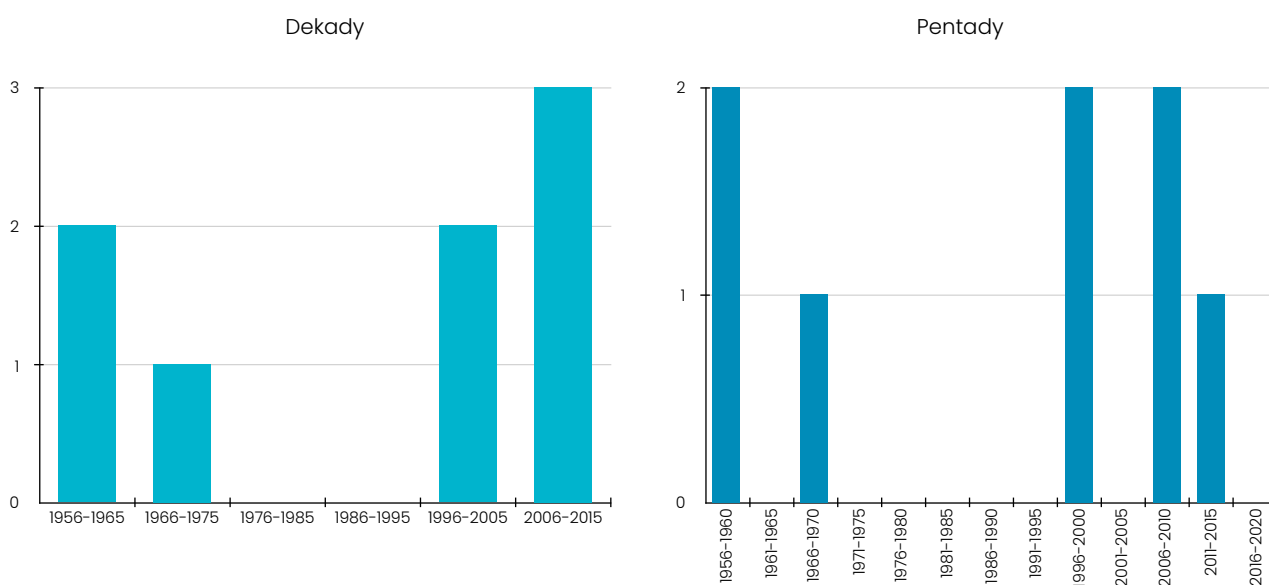
Według lokalnej prasy groźne powodzie na terenach Żywiecczyny miały miejsce w latach: 1884, 1903, 1925, 1958, 1960, 1970, 1996. Z porównania lat, w których występowały powodzie gwałtowne, z latami występowania powodzi średnich i dużych wynika, że powodzie zdarzały się często co roku np.: 1893-94, 1902-1903, 1914-15, 1924-1925, 1934, 1958-59, 1960.<sup>19</sup> Natomiast, samo miasto Żywiec zostało w drugiej połowie XX wieku doświadczone przez cztery wielkie powodzie w roku: 1958, 1970, 1996 i 1997. Najbardziej katastrofalna w skutkach była powódź z roku 1958, kiedy Soła zniszczyła centrum miasta oraz most miejski łączący Żywiec z dzielnicą Zabłocie.

Powódź z 1958 roku uznano za największą w Kotlinie Żywieckiej, a skala jej skutków stała się powodem do wybudowania zespołu zapór tzw. Kaskady Soły.

Wezbrania i powodzie w zlewni rzeki Soły mają charakter losowy. Nie zaobserwowano żadnego istotnego statystycznie trendu, jeśli chodzi o liczbę tych zjawisk. Analizując liczbę dużych powodzi jakie miały miejsce w regionie w układzie dekadowym można jedynie zauważyć, że ich liczba była większa w pierwszych i ostatnich 20 latach okresu 1956-2015. Ponadto w okresie 1976-1995 nie zanotowano żadnej większej powodzi.

Z kolei analizując liczbę powodzi w kolejnych okresach pięcioletnich można zauważyć, że po dwie duże powodzie zanotowano w okresach: 1956-1960, 1996-2000 i 2006-2010, po jednej powodzi w latach 1966-1970 i 2011-2015, w pozostałych okresach pięcioletnich powodzie duże nie wystąpiły (ryc. 15).

### Soła – Żywiec



Ryc. 15. Liczba dużych powodzi na rzece Sole (przekrój Żywiec) zanotowanych w poszczególnych pentadach i dekadach wielolecia 1956-2019 (uwzględniono przepływy maksymalne o prawdopodobieństwie wystąpienia 10%)

<sup>18</sup> Kłęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, (red) Halina Lorenc, IMGW- PINB, Warszawa 2012, s. 142-147. źródło <https://www.imgw.pl/badania-nauka/publikacje-ksiazkowe/kleski-zywiołowe-bezpieczenstwo-wewnetrzne-kraju>

<sup>19</sup> Gazeta Żywiecka Nr 10 (97), październik 1996 r., artykuł „Katastrofalne powodzie-dlaczego?“, s. 4 źródło: <https://sbc.org.pl/Content/283116/gz-1996-10-0001.pdf>



## 4.3 Susze



Zjawisko suszy jest ekstremalnym zjawiskiem naturalnym, trudnym do przewidzenia co do momentu oraz miejsca wystąpienia



Zdjęcie wyschniętego Jeziora Żywieckiego na skutek suszy 2015. Fot. Łucek Cykański/Agencja Gazeta

Susza i powódź to dwa naturalne zjawiska ekstremalne kształtowane przez opady. Niemniej jednak, zarówno zmiany zachodzące na terenie zlewni (m.in. przekształcenia użytkowania terenu), jak i zmiany w rozkładzie i charakterze opadów będące rok do roku coraz bardziej widocznymi znakami zachodzących zmian klimatu, wpływają na zwiększenie intensywności, czasu trwania i częstości występowania hydrologicznych zjawisk ekstremalnych.

Zjawisko suszy jest ekstremalnym zjawiskiem naturalnym, trudnym do przewidzenia co do momentu oraz miejsca wystąpienia. Jednocześnie susza występuje w 4 typach wzajemnie powiązanych i często następujących po sobie lub współwystępujących, tj. wyróżnia się suszę atmosferyczną, rolniczą, hydrologiczną i hydrogeologiczną.

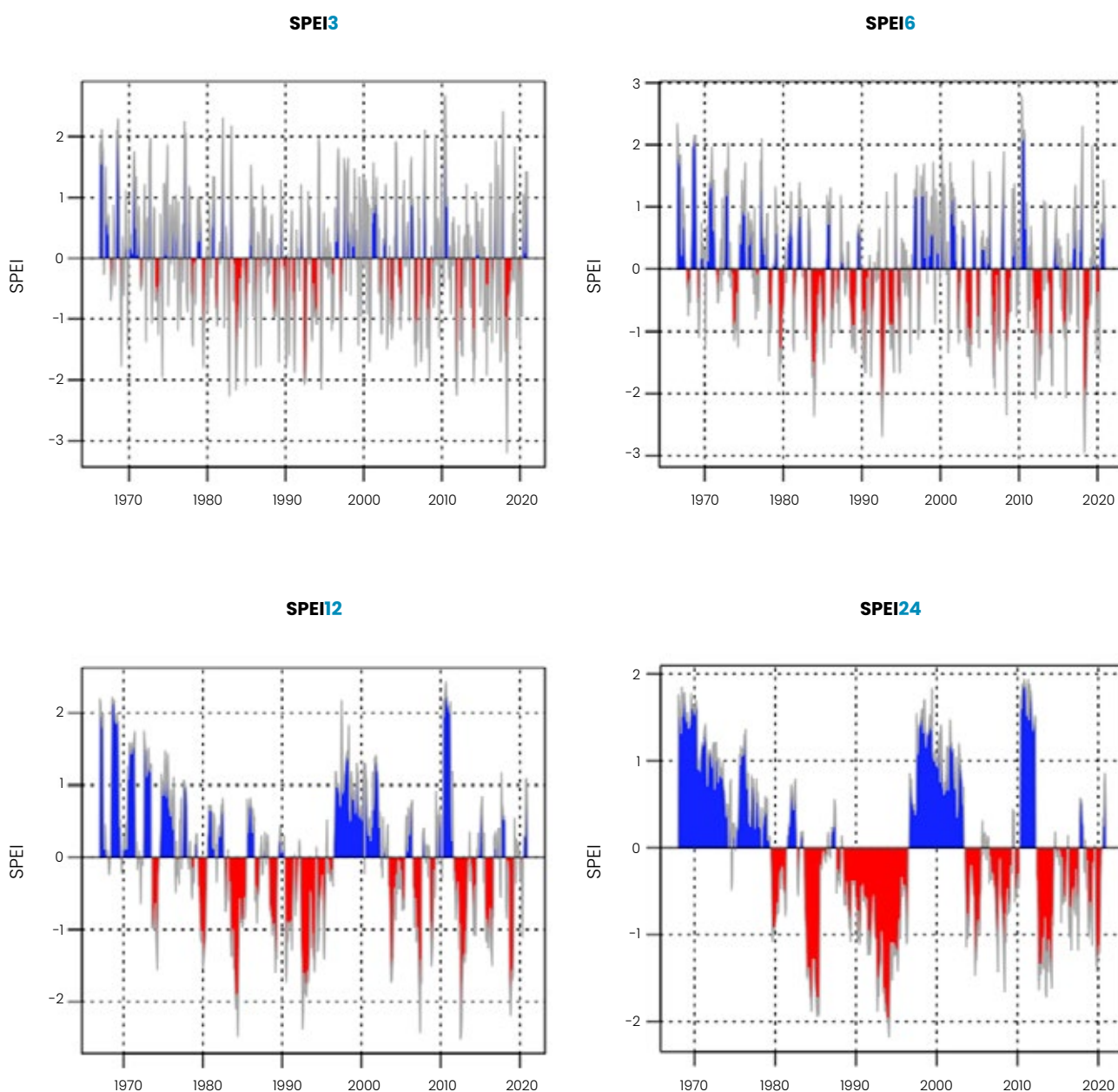
Susza atmosferyczna może być rozpatrywana z uwzględnieniem m.in. jej intensywności, czasu trwania czy skutków ekonomiczno-społecznych. Z tego powodu stworzono wiele wskaźników służących do opisu wybranych elementów suszy. SPEI (Standardized Precipitation Evaporation Index) oraz stosowany w Polsce do oceny suszy rolniczej KBW (Klimatyczny Bilans Wodny) to najbardziej popularne z nich. W obu przypadkach brana jest pod uwagę różnica pomiędzy ilością wody, która może potencjalnie wyparować z powierzchni terenu, a otrzymaną sumą opadów atmosferycznych.

Do analizy suszy atmosferycznej na Żywiecczyźnie wykorzystano archiwalne dane pomiarowe ze stacji IMGW-PIB w Bielsku-Białej za lata 1966–2020. Seria danych dla

tej stacji jako jedyna w regionie jest najdłuższa oraz kompletna. Na ich podstawie obliczono wskaźnik SPEI w ujęciu 3, 6, 12 i 24 miesięcznym (ryc. 16). Wyznaczono także 12-miesięczny bilans ewapotranspiracji (parowania terenowego) i opadu (KBW) (rys. 17). Jak widać z załączonego zestawienia deficyt opadów atmosferycznych w krótkich okresach (3-6 miesięcznych) może pojawić się praktycznie każdego roku (zakres wartości poniżej -1). Zauważalna staje się natomiast tendencja do zwiększania intensywności suszy atmosferycznej - w przypadku roku 2018 wartości indeksu SPEI spadały nawet poniżej -3. Nieznacznie tylko wyższe wartości SPEI obserwowano na początku lat 90-

tych, w szczególności w roku 1992, kiedy to susza objęła swoim zasięgiem praktycznie cały obszar kraju.

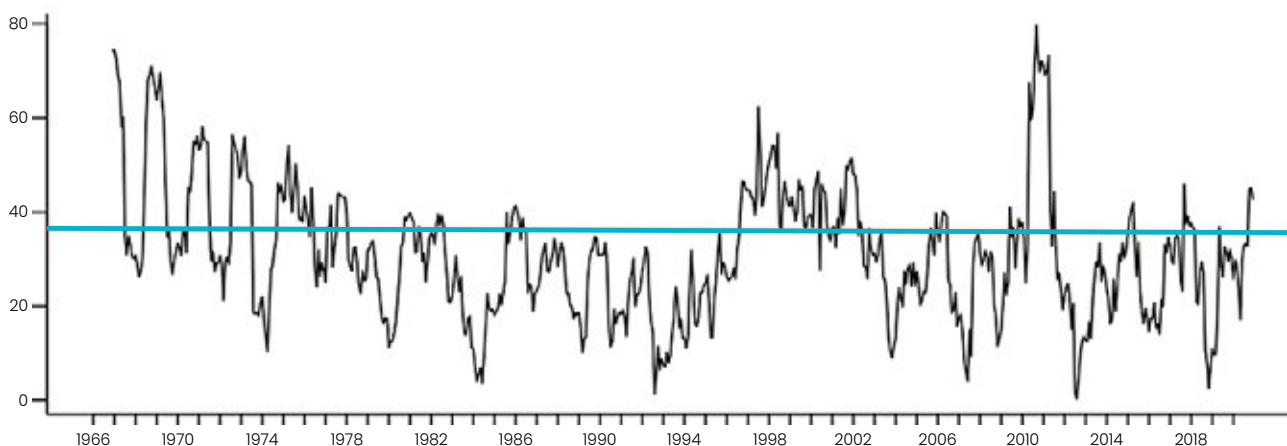
Wskaźniki SPEI-3 oraz SPEI-6 dość dobrze odzwierciedlają warunki suszy rolniczej. Z perspektywy zasobów wodnych i ich odnawiania większe znaczenie mają długofalowe zmiany deficytu zasilania opadami, widoczne na wykresach SPEI-12 i SPEI-24. Złwłaszcza SPEI-24 wyraźnie pokazuje długofalowy deficyt wody w latach 90 (1992, 1993 i 1995). Warto także zwrócić uwagę, że w ostatnich latach (tj. po roku 2005) przeważają okresy z deficytem zasilania opadami nad okresami wilgotnymi, co w długofalowej perspektywie może przekładać się na problemy z naturalną odbudową zasobów wodnych (rys. 16).



Ryc. 16. Zmienność wskaźników suszy atmosferycznej SPEI-3, SPEI-6, SPEI-12, SPEI-24 w Bielsku-Białej w latach 1966-2020

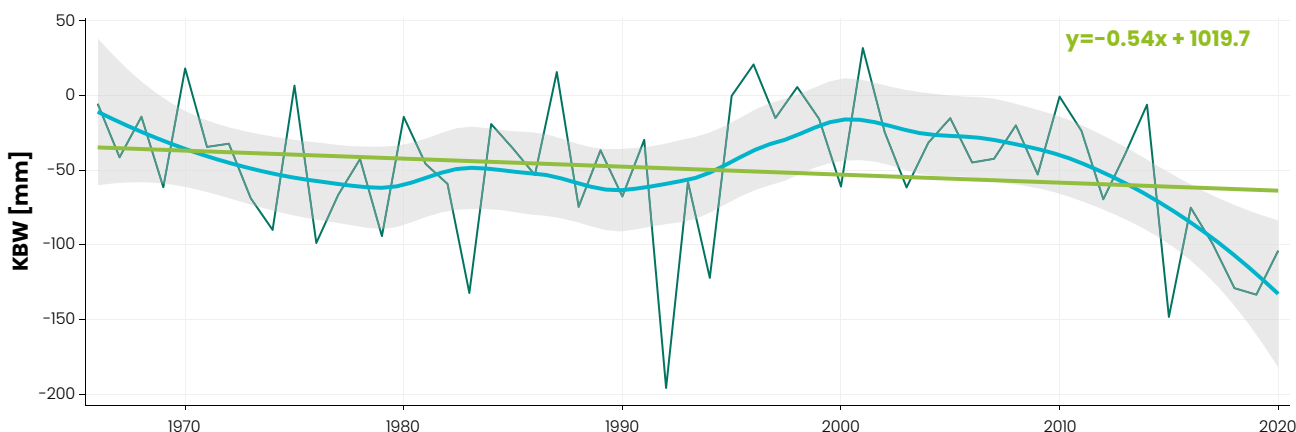
Tendencję do występowania susz rolniczych (zmniejszania się bilansu wodnego) potwierdzają tendencje zmian dla uzyskanych wartości wskaźnika KBW (rys. 17, 18). W ostatnich 55-letnich wartości KBW wskazują na dodatkową „utrata” ok. -0,2 mm opa-

du rocznie wskutek parowania, przy czym w latach 1991-2020 zmiana ta wyniosła już -0,6 mm/rok. Średnia zmiana rocznego bilansu wodnego nie zawsze musi mieć przełożenie na niekorzystne warunki, które ulegają silnym wahaniom w trakcie roku.



Ryc. 17. Zmienność rocznego (12-miesięcznego) Klimatycznego Bilansu Wodnego w Bielsku-Białej w latach 1966-2020

### Minimalne roczne wartości KBW w Bielsku-Białej



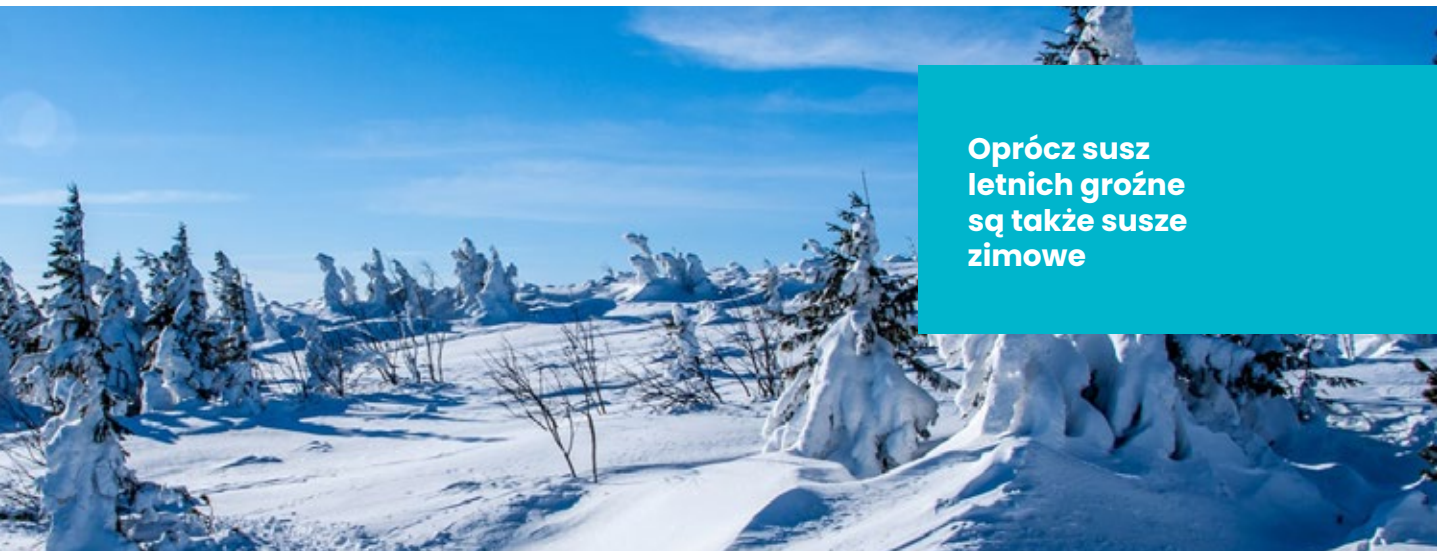
Ryc. 18. Zmienność minimalnego 2-miesięcznego Klimatycznego Bilansu Wodnego (susza rolnicza) odnotowanego w danym roku kalendarzowym w Bielsku-Białej w latach 1966-2020

Pogłębiająca się tendencja wzrostu deficytu opadów względem zwiększonego parowania będącego efektem wzrostu temperatury powietrza jest obserwowana w całym kraju. Na tym tle rejon Żywiecczyzny charakteryzuje się w dalszym ciągu relatywnie wysokim klimatycznym bilansem wodnym (mniejszą podatnością na suszę rolniczą). Jednak będzie wymagał on odpowiedniego zarządzania, zwłaszcza w kontekście ograniczenia parowania w ciepłej połowie roku i retencjonowania w okresach z dodatnim bilansem wodnym.

Susza hydrologiczna to okres obniżonych zasobów wód w stosunku do sytuacji przeciętnej w wieloleciu. Obserwowana

w obrębie wód powierzchniowych, nazywana jest także niżówką. Susza hydrologiczna jest z reguły kolejnym etapem pogłębiającej się suszy atmosferycznej i rolniczej, ale może również ujawnić się i przebiegać po zakończeniu okresu bezopadowego. Identyfikacja przepływów granicznych niżówki pozwala na wyznaczenie przepływów granicznych:

- stan ostrzegawczy (niżówka zwykła) – osiągnięcie i przekroczenie granicy przepływu Q70%,
- stan alarmowy (niżówka głęboka) – osiągnięcie i przekroczenie granicy przepływu Q90%,
- stan klęski (niżówka ekstremalna) – osiągnięcie i przekroczenie Q95%.



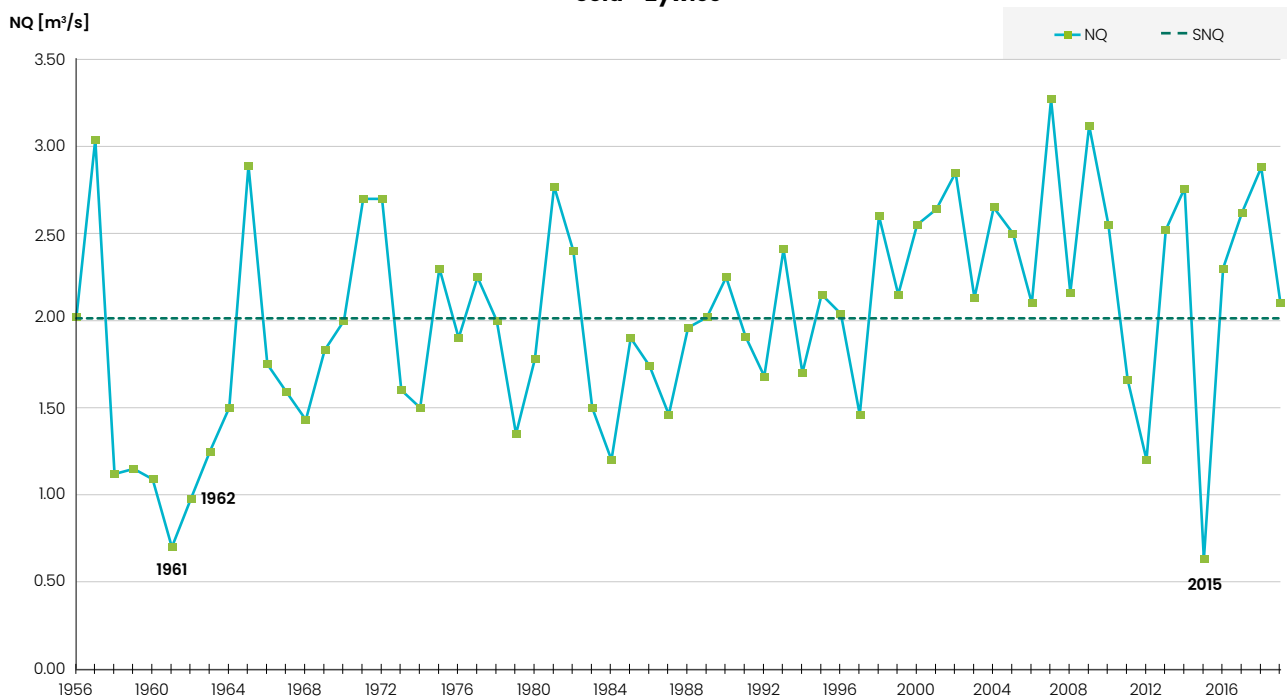
**Oprócz susz letnich groźne są także susze zimowe**



W Polsce w okresie 1997–2017 odnotowano 9 przypadków suszy hydrologicznej głębokiej (Q90%) trwającą ponad 30 dni. Zjawisko to w zlewni Soły wystąpiło w latach: 1988, 1992, 1996, 1997, 2005, 2006, 2011, 2012 i 2015. Najdłuższy okres suszy hydrologicznej obserwowano w 2011 roku, kiedy to obniżone przepływy wody w Sole trwały prawie dwa miesiące – od 22 października do 13 grudnia. Szczególnie dotkliwe są susze hydrologiczne występujące w okresie kalendarzowego lata. W ostatnich 30 latach zanotowano trzy takie przypadki. W 1992 roku zjawisko suszy hydrologicznej zanotowano w okresie od 23 lipca do 4 września (44 dni). Susza w 2012 roku trwała 41 dni – od 1 sierpnia do 12 września, a w 2015 – 49 dni – od 7 sierpnia

do 25 września. Dla ciągłości zaopatrzenia w wodę, szczególnie tego pochodzącego z ujęć wód powierzchniowych, oprócz susz letnich groźne są także susze zimowe, które dotyczą głównie zimozielonych roślin liściastych oraz iglaków. W okresie zimowym rośliny tracą wodę, a dodatkowo z powodu niskich temperatur często nie mogą jej pobrać z zamrożonej gleby. W wyniku suszy zimowej dochodzi do usychania igieł, pędów i całych roślin. Takie susze zanotowano w 1996 i 1997 roku. Susza hydrologiczna w 1996 roku wystąpiła w okresie od 29 stycznia do 15 marca. W tym samym 1996 roku, w którym dodatkowo wystąpiła letnia powódź, rozpoczęła się kolejna susza zimowa trwająca od 22 grudnia do 9 lutego 1997, w którym odnotowano kolejną powódź.

**Soła - żywiec**



Ryc. 19. Przebieg minimalnych przepływów rocznych w wieloletniu 1956–2019 – etykietami zaznaczono lata, w których minimalny przepływ był niższy niż 1 m³/s

Średnia liczba niżówek głębokich odnotowanych w przekroju Żywiec w okresie 1987–2017 wynosi 1,9, czyli prawie dwie w roku, zaś przeciętny czas trwania takiej niżówki wynosi ponad dwa tygodnie, dokładnie 16,5 dnia.

Niżówki ekstremalne występują średnio raz w roku, ich średni czas trwania jest niewiele krótszy od tego obserwowanego dla niżówek głębokich – 16 dni. Najdłuższa niżówka ekstremalna trwała 48 dni, czyli prawie siedem tygodni. Ponadto, w każdym roku występuje średnio prawie pięć niżówek zwykłych – dokładnie 4,9, a średni czas trwania takiej niżówki wynosi ponad 20 dni. Maksymalny czas trwania

niżówki zwykłej wynosił 161 dni, czyli ponad pięć miesięcy. Zjawisko występowania niżówek i susz podobnie jak w przypadku powodzi ma charakter losowy. Nie zaobserwowano dla Żywiecczyny istotnych statystycznie trendów w zakresie występowania tych zjawisk ekstremalnych.

Trudna sytuacja miała miejsce w roku 1972 i 1997, kiedy to w trakcie jednego roku hydrologicznego zaobserwowano wystąpienie zarówno zjawiska suszy i powodzi. W 1972 roku takie zdarzenie miało miejsce w zlewni rzeki Żylicy, natomiast w 1997 roku w zlewni rzeki Żabniczanki.



Zdjęcie wyschniętego Jeziora Żywieckiego na skutek suszy 2015. Fot. Lucek Cykarski/Agencja Gazeta<sup>20</sup>

Susza hydrogeologiczna – wyniki analiz suszy w wodach podziemnych opublikowane w projekcie Planu przeciwdziałania skutkom suszy<sup>21</sup>, klasyfikują region Żywiecczyny jako umiarkowanie zagrożony. Należy dodać, że pierwszy poziom wodonośny na tym terenie jest nieciągły i wysoce zależny od zasilania atmosferycznego. Problem suszy hydrogeologicznej jest intensyfikowany przez generowane antropogenicznie niedobory wód wynikające z istniejącego popytu, a miejscami silnej presji na zasoby wód podziemnych oraz specyfiki poziomów wodonośnych. Stopień wykorzystania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych oscyluje na poziomie 20–30%. Oszacowany przez PIG-PIB<sup>22</sup> moduł zasobów dyspozycyjnych jest niski i wynosi 50–100 m<sup>3</sup>/dobę z km<sup>2</sup>. Poziomy wodonośne tzw. użytkowe, są w regionie Żywiecczyny podatne na zjawiska suszy hydrogeologicznej. Stwierdzone tendencje zmian charakteru i sum opadu, temperatury oraz pokrywy

śnieżnej bezpośrednio będą negatywnie wpływać na zasoby wód podziemnych. Dlatego w planowaniu przyszłych działań dla poprawy stosunków wodnych konieczne jest wdrażanie zadań związanych ze zwiększaniem potencjału retencji terenu dla poprawy zasilania i odnawialności zasobów wód podziemnych.

W kontekście obu zjawisk ekstremalnych powodzi i suszy należy zwrócić uwagę, że przewidywane zmiany w obiegu wody na całej powierzchni kraju bezpośrednio oddziałują na różnorodność biologiczną. W konsekwencji, zmiany stosunków wodnych w zlewni Soły także wpłyną na stan ekosystemów. Z uwagi na częstsze występowanie letnich i wiosennych deficytów opadów oraz nawalnych deszczów (w tym gradu) należy liczyć się ze wzrastającą liczbą sytuacji ekstremalnych, czyli powodzi, suszy, osuwisk ziemi oraz erozji wodnej w korytach cieków.<sup>23</sup>

<sup>20</sup> Źródło: <https://bielskobiala.wyborcza.pl/bielskobiala/56,88025,18621999,jezioro-zywieckie-przez-susze-jest-wyschniete-jak-kaluza-lodzie.html>

<sup>21</sup> projekt Planu przeciwdziałania skutkom suszy, źródło: <https://stopsuszy.pl/projekt-planu-przeciwdzialania-skutkom-suszy/>

<sup>22</sup> PIG-PIB – Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

<sup>23</sup> Scenariusze Zmian Klimatu do 2030 r. i wpływ na sektory i obszary wrażliwe, Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020

## 5. Warianty możliwych konsekwencji zachodzących zmian klimatycznych dla zasobów wodnych na Żywiecczyźnie

### Analiza scenariuszy klimatycznych w podziale na warianty: optymistyczny, pośredni, pesymistyczny. Metodologia

Scenariuszowy wzrost temperatury powietrza w perspektywie całego XXI wieku odegra kluczową rolę w kształtowaniu przyszłych warunków wodnych Żywiecczyzny. Różne scenariusze wzrostu temperatury powietrza oraz powiązanych z nimi sprzężeń zwrotnych wynikają z braku możliwości wskazania jednej ścieżki rozwoju cywilizacji i związanej z nią projekcją dla emisji gazów szklarniowych. Z tego względu najczęściej przyjmowane podejście wariantowe do oceny przyszłych zmian klimatu dokonywane jest dla ścieżek emisyjnych RCP 2.6 (wariant optymistyczny), RCP 4.5 (wariant pośredni), RCP 8.5 (wariant pesymistyczny, business as usual).

Do oceny możliwych konsekwencji symulowanych zmian klimatu dla zasobów wodnych Żywiecczyzny wybrano parametr ewapotranspiracji potencjalnej – czyli miary parowania w warunkach nieograniczonego dostępu do wody. Wyniki bowiem pozwalają ocenić możliwą skalę zmian zasobów wodnych wynikającą z wpływu zmian temperatury i opadu według poszczególnych scenariuszy klimatycznych.

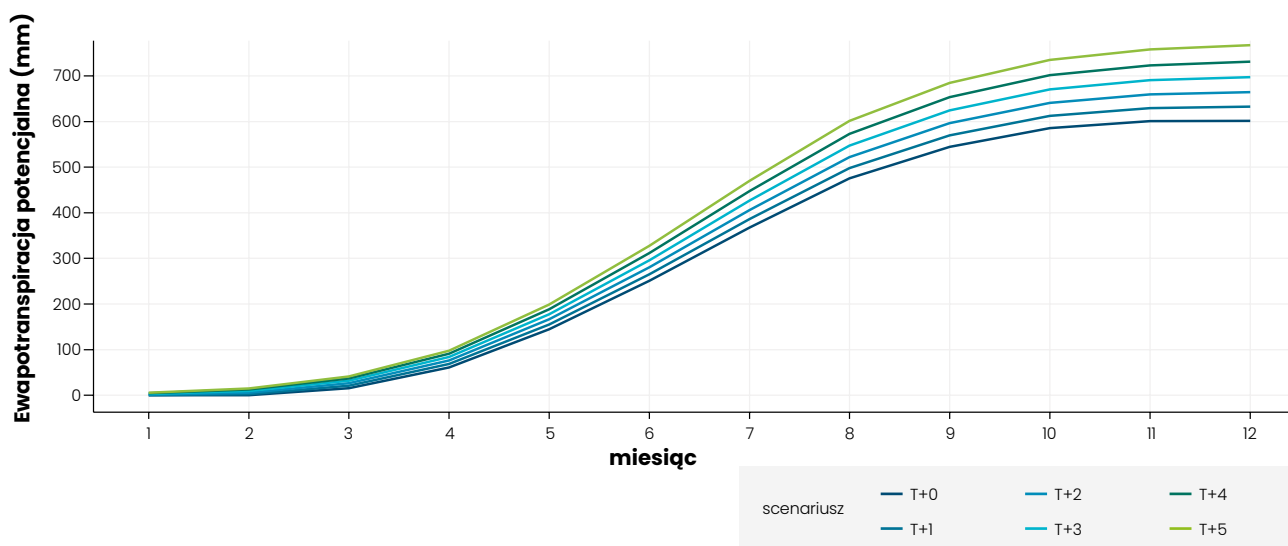
Na wykresie poniżej (ryc. 20) zamieszczono skumulowane w cyklu rocznym wartości ewapotranspiracji potencjalnej (Potential Evapotranspiration, PET), wyznaczone jedną z najprostszych dostępnych metod tzw. formułą Thornthwaite'a bazującą na średnich miesięcznych temperaturach powietrza.

Różne scenariusze wynikają z braku możliwości wskazania jednej ścieżki rozwoju cywilizacji



Wykonane obliczenia dla charakterystycznego rocznego przebiegu temperatur w Bielsku-Białej (1966–2020) wskazują na średnią roczną wartość ewapotranspiracji potencjalnej na poziomie 601 mm. Z kolei wzrost temperatury powietrza w zależności od realizowanej ścieżki emisyjnej przekłada się na zmiany w zakresie od 1°C do 5°C, co przekłada się na wzrost ewapotranspiracji potencjalnej w ujęciu rocznym od 32 mm do 166 mm. Przy założeniu częstszych opadów o charakterze nawalnym i mniejszych opadów długotrwałych o małej intensywności, kluczowe stanie się ograniczenie strat związanych z parowaniem i zwiększenie możliwości retencjonowania wody. Wskazane wcześniej trendy zmian rocznych sum opadów atmosferycznych w większości przypadków wskazują na zmiany (głównie wzrosty) nie większe niż 5% dotychczasowych sum opadów bez względu na realizowany scenariusz zmian.

Skumulowana ewapotranspiracja (PET) dla różnych zmian temperatury



Ryc. 20. Skumulowany cykl roczny ewapotranspiracji potencjalnej w Bielsku-Białej obliczonej według metody Thornthwaite'a dla klimatu obecnego (1966–2020) i przy możliwych wzrostach temperatury powietrza.



## Wariant **optymistyczny**

W scenariuszu RCP 2.6 zakłada się ograniczenie tempa wzrostu temperatury poniżej 2°C, co przełoży się na wzrost ewapotranspiracji potencjalnej o ok. 30 – 50 mm. Przy zakładanych niewielkich zmianach sum rocznych opadów atmosferycznych (wariant najbardziej optymistyczny) zmniejszenie zasobów wodnych będzie wymagało najmniejszego zakresu wdrażanych działań adaptacyjnych, choć również w tym przypadku będą one niezbędne dla utrzymania obecnego stanu.

Do działań tych należy zaliczyć edukację i podnoszenie świadomości społecznej w zakresie retencji, oszczędzania wody, znaczenia bioróżnorodności i stosowania nietechnicznych metod retencji oraz świadomego wsparcia dla działań inwestycyjnych służących poprawie stosunków wodnych w regionie. Konieczne jest zwiększenie przepuszczalności terenu w miastach, ograniczenie spływu powierzchniowego na terenach rolnych i miejskich oraz zrów-

**RCP 2.6 zakłada ograniczenie tempa wzrostu temperatury poniżej 2°C**



noważone korzystanie z zasobów wód powierzchniowych i podziemnych. Należy powyższe uzupełnić o inwestycje z zakresu błękitno-zielonej infrastruktury, m.in. korzystając z programów dofinansowania przedsięwzięć służących retencji i bioróżnorodności skierowanych do beneficjentów indywidualnych oraz samorządów. Wymienić należy także działania optymalizujące dostawy wody i ograniczające straty wody na przesyle.

Horyzont czasowy działań sięgałby od roku do dekady, zaś rezultaty mogą być widoczne niemal natychmiast.

# Wariant pośredni

W przypadku realizacji wariantu dla scenariusza emisyjnego RCP 4.5 wzrost temperatury powietrza przełoży się na znaczne zwiększenie ryzyka wystąpienia suszy atmosferycznej, która może w dużym stopniu wpływać na straty w rolnictwie (intensyfikacja suszy rolniczej). Jednym z częściej używanych wskaźników do oceny deficytu opadów z perspektywy upraw jest Klimatyczny Bilans Wodny (KBW) liczony jako bilans opadów i parowania w okresach 60-dniowych.

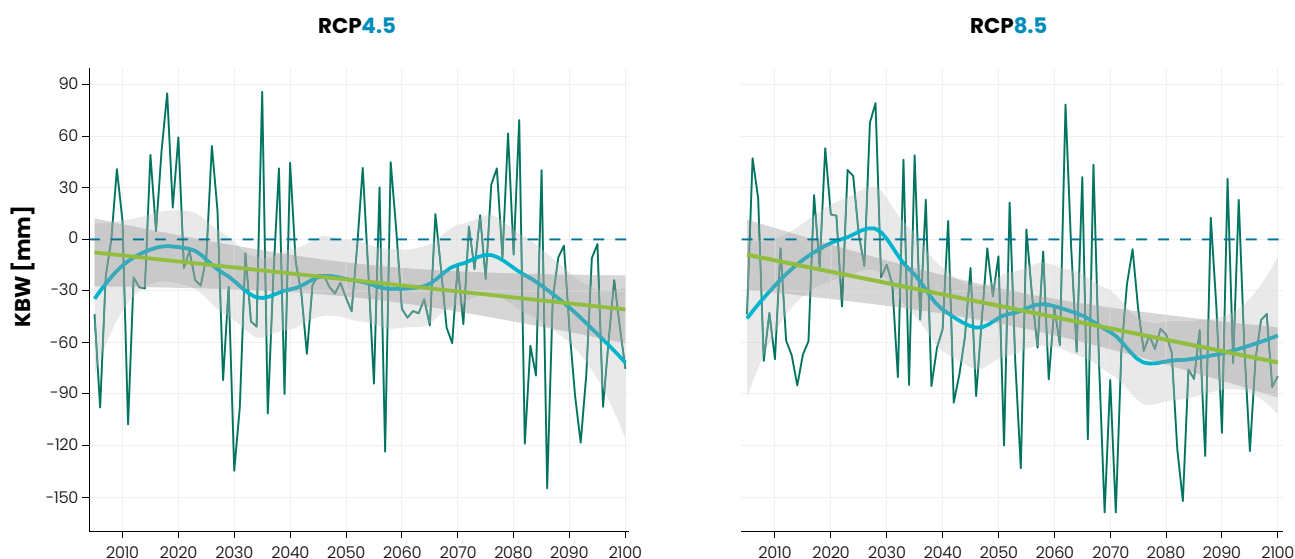
Sytuacje z niższymi od obserwowanych historycznie wartościami KBW są w tym scenariuszu zdecydowanie bardziej prawdopodobne niż w scenariuszu optymistycznym. Średni spadek minimum 60-dniowego KBW pod koniec XXI wieku może wynieść w scenariuszu RCP 4.5 ok. -40 mm. W ciągu całego roku średni wzrost ewapotranspiracji potencjalnej pod koniec XXI wieku przekracza ok. 60 - 70 mm.

## RCP 4.5 zakłada znaczne zwiększenie ryzyka wystąpienia suszy atmosferycznej



Przytoczone powyżej wartości odnoszą się do sytuacji średniej. Przy nałożeniu niekorzystnych czynników można założyć wysokie prawdopodobieństwo przekroczenia w okresie letnim wartości KBW na poziomie -250 - -300 mm. Oznaczać to będzie silne ryzyko wystąpienia głębokich susz i spadku zwierciadła wód powierzchniowych, co w konsekwencji będzie wymagało rozszerzonego zakresu implementacji działań adaptacyjnych dla przeciwdziałania skutkom suszy oraz ochrony przeciwpowodziowej, zwłaszcza dla tzw. powodzi błyskawicznych (ang. flash floods).

### Projekcje zmian min. rocznych KBW



Ryc. 21. Projekcje zmian minimalnych rocznych wartości 60-dniowego Klimatycznego Bilansu Wodnego według modelu MPI-CSC-REMO2009 i scenariuszy RCP 4.5 oraz RCP 8.5. Liniją przerywaną zaznaczono poziom odniesienia dla średnich warunków minimalnych z lat 1966- 2005.

### Odpowiedzi na zmiany klimatu wskazane w wariantcie pośrednim powinny być działania wymienione w wariantcie optymistycznym uzupełnione o:

- realizację przedsięwzięć małej i dużej retencji zbiornikowej,
- zwiększanie retencyjności terenów rolnych,
- poprawy jakości (biologizacji) gleb,
- zmiany przyzwyczajzeń i stosowania technik upraw sprzyjających infiltracji wody (ograniczenie spływu powierzchniowego, erozji wodnej gleb),

- powszechne wdrażanie rozwiązań wodooszczędnych w gospodarstwach domowych.

Należy także pamiętać o planowaniu przestrzennym (przy udziale społeczeństwa) służącym poprawie ilości i jakości zasobów wodnych przez stosowanie odpowiednich pod względem prawnym i realnych względem potrzeb lokalnych, zapisów w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego, studiach uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz strategiach dla gmin i regionu.





## Wariant pesymistyczny

Kontynuacja dotychczasowej ścieżki emisji gazów szklarniowych zakładana w scenariuszu RCP 8.5 przekłada się na najbardziej niekorzystne zmiany bilansu wodnego wynikające ze zmian ewapotranspiracji potencjalnej. Przyspieszenie negatywnych tendencji, zwłaszcza po roku 2050, będzie oznaczać możliwość spadku 60-dniowych wartości KBW nawet poniżej -300 mm, przy średnim rocznym spadku minimalnych wartości KBW na poziomie ok. -70 mm względem okresów lat 1966-2005 (rys. 21). Są to wartości znacznie poniżej odnotowywanych historycznie na Żywiecczyźnie. W przypadku realizacji tego scenariusza należy założyć zwiększone ryzyko wystąpienia intensywnych susz rolniczych, a także spadku zwierciadła wód powierzchniowych i podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego (susz hydrologiczne i hydrogeologiczne).

W tym wariantcie wzrost częstości intensywnych opadów (szczególnie latem) i wzrost sum opadów w chłodnej połowie roku oznacza konieczność retencjonowania nadwyżek opadów w okresach chłodnych, zarówno by ograniczyć ryzyko powodziowe, jak również zgromadzić zasoby wodne na okres letnich deficytów opadów. Intensywne (nawalne) opady letnie nie zabezpieczają potrzeb wodnych regionu i stanowią realne zagrożenie powodziowe.

### RCP 8.5 zakłada najbardziej niekorzystne zmiany bilansu wodnego



Retencja nadwyżek wody i zwiększania zasobów wodnych powinna objąć:

- budowę retencji zbiornikowej (małych zbiorników na dopływach Soły),
- optymalizację pracy już istniejących urządzeń hydrotechnicznych na zbiornikach wodnych,
- zwiększenie możliwości retencji terenowej, czyli zwiększenie infiltracji wód opadowych i roztopowych na terenach zurbanizowanych,
- poprawę warunków glebowych,
- konsekwencję w prowadzeniu upraw polowych w poprzek stoków na terenach rolnych oraz - gdzie możliwe - zalesianie górnych części zlewni.

Wskazane rekomendacje mają długi horyzont czasowy. Ich wdrożenie i realizacja to najczęściej perspektywa od kilku do kilkudziesięciu lat. Wobec tego, w celu wzmocnienia rezultatów i osiągnięcia pozytywnych efektów dla bilansu wodnego, powinno się stosować jednocześnie rekomendacje działań z wariantu pośredniego oraz optymistycznego.

## 6. Wnioski. Rekomendacje działań na rzecz ochrony i budowy zasobów wodnych Żywiecczyny



Na terenie Żywiecczyny w przeciągu niespełna 28 lat powierzchnia zabudowy zwiększyła się o prawie 30 km<sup>2</sup>



Zmiany klimatu zachodzące w Polsce, a w szczególności wzrost liczby i skali zjawisk ekstremalnych tj. powodzi i suszy, wymagają skutecznego zaplanowania i zarządzenia działaniami ograniczającymi ich skutki. Przegląd dokumentów strategicznych i planistycznych na poziomie krajowym, wojewódzkim i regionalnym oraz samorządowym wskazał na główne problemy zagrożenia z obszaru gospodarki wodnej występujące na Śląsku, w tym na obszarze Żywiecczyny. Dokumenty te stanowią również źródło informacji o kierunkach działań, które w sposób bezpośredni lub pośredni mogą przyczynić się do ograniczenia skutków zmian klimatu zachodzących w regionie.

Poniżej wskazano zagrożenia i oczekiwane kierunki działań, jakie należy podjąć (zarówno na szczeblu krajowym jak i lokalnym), by skutecznie zapobiegać zmniejszaniu zasobów wodnych.

Charakterystyka zasobów wodnych Żywiecczyny i ich dynamiki, cech obiegu wody oraz modelowanych zmian klimatu ujawniła skalę problemów oraz potrzeb działań adaptacyjnych w zakresie gospodarki wodnej. Należy także wskazać na istotny negatywny wpływ czynników kształtujących obieg

wody w regionie, do których należą przekształcenia użytkowania terenu, nierównomierny w skali roku popyt na wodę, zmiany lesistości. Na terenie Żywiecczyny znacząco wzrosła powierzchnia terenów uszczelnionych (zabudowy). W przeciągu niespełna 28 lat powierzchnia zabudowy zwiększyła się o prawie 30 km<sup>2</sup>. Należy spodziewać się, że ze względu na rosnącą atrakcyjność terenu, nie tylko turystyczną, będzie postępować proces urbanizacji. Intensyfikacja zabudowy jest niekorzystnym zjawiskiem wpływającym bezpośrednio na stosunki wodne terenu zlewni Soły. Stały wzrost powierzchni uszczelnionych z jednej strony ogranicza infiltrację wód opadowych potęgując zjawisko suszy. Z drugiej strony jest przyczyną zagrożenia występowania powodzi miejskich tzw. powodzi błyskawicznych. Na analizowanym obszarze najczęściej pod zabudowę przeznaczane są tereny rolnicze bądź nieużytki. Największy wzrost powierzchni zabudowy stwierdzono w gminach położonych wokół Jeziora Żywieckiego oraz w Gilowicach, Łękawicy, Milówce, Rajczy i Jeleśni.

Istotnym problemem w powiecie żywieckim, dotyczącym niektórych gmin, jest niski poziom zwodociągowania na poziomie: 0% Koszarawa, 9% gm. Rajcza, 24% Świnna, 28% Milówka i Jeleśnia. W tych gminach większość mieszkańców

korzysta z indywidualnych ujęć wody. Długotrwałe deficyty opadu i niedoborów wody będą nasilać problem ograniczonej dostępności i wręcz braku wody na potrzeby zaopatrzenia ludności tych gmin i miejscowości.

W regionie, jak wskazuje dokument Miejskiego Planu Adaptacji do zmian klimatu dla miasta Bielsko-Biała,<sup>24</sup> największe zagrożenia w sektorze zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia wiąże się z małymi zasobami wód podziemnych, czyli z ryzykiem ograniczeń w dostępie i dostawach wody z ujęć zarówno podziemnych, jak i powierzchniowych. Mała zasobność wodna regionu w okresach suszy hydrologicznej skutkuje zarówno deficytem wody, jak i spadkiem jej jakości.

Czterokrotnie większy odpływ w porównaniu do średniej wartości dla Polski sprawia, że zasoby wód powierzchniowych regionu Żywiecczyny są niewielkie. Specyfika budowy geologicznej i rzeźby terenu nie zabezpiecza regionu w wystarczające zasoby wód podziemnych. Są to kluczowe

argumenty wspierające potrzebę retencjonowania wody dla zwiększenia powierzchniowych, jak i podziemnych zasobów wodnych zlewni Soły. Postępująca urbanizacja, duży odsetek gruntów rolnych (z obserwowaną tendencją zmian na tereny zabudowane), stwierdzone zagrożenie zjawiskami suszy i powodzi, osuwiskami, a także deficyt wody na zaspokojenie potrzeb wodnych ludności, przy jednoczesnych możliwych kierunkach zmian klimatu, bezpośrednio wskazują na niezbędne rodzaje działań i rekomendacji. Do powyższych należy dodać także pilną potrzebę działań na rzecz ochrony krajobrazu kulturowego. W tym zakresie można wymienić realizowany na terenie powiatu żywieckiego Program Owca-Plus propagujący tradycyjny wypas owiec, który jest formą czynnej ochrony bioróżnorodności i krajobrazu. Do działań na rzecz ochrony bioróżnorodności zaliczają się także prowadzone na Żywiecczynie przedsięwzięcia mające na celu zmianę struktury lasów z monokultury świerka na lasy bardziej odporne na zmiany klimatu, czyli mieszane i liściaste. To również wpływa pozytywnie na zwiększenie zasobów wodnych w regionie.

## 6.1 Rekomendacje działań na rzecz ochrony i zwiększania zasobów wodnych dla interesariuszy instytucjonalnych (w zakresie kompetencji)

Zarówno postępująca urbanizacja, duży odsetek gruntów rolnych, stwierdzone zagrożenie zjawiskami suszy i powodzi, osuwiskami, a także deficyt wody pitnej dla zaopatrzenia ludności wskazują podmiotom administracji publicznej, przedsiębiorcom i służbom zarządzania kryzysowego niezbędne kierunki działań. Zakres rekomendowanych działań odpowiada kompetencjom jednostek odpowiedzialnych za planowanie przestrzenne na poziomie jednostek samorządu terytorialnego, podmiotów publicznych (m.in. Lasy Państwowe), związków branżowych np. rolniczych czy spółek wodnych.

**Rekomendowane działania kierowane do mieszkańców i interesariuszy instytucjonalnych można podzielić na 5 grup:**

- zwiększanie retencji,
- bezpieczeństwo powodziowe i przeciwdziałania skutkom suszy,
- zwiększające efektywność infrastruktury dystrybucji wody,
- ochrona jakości zasobów wodnych,
- zwiększanie świadomości społecznej w tematyce retencji i ochrony zasobów wodnych.



<sup>24</sup> Plan Adaptacji Miasta Bielska-Białej do zmian klimatu do roku 2030, Bielsko-Biała 2019

**Istotne jest zachowanie i odtwarzanie bioróżnorodności, terenów zielonych i krajobrazu**



### Działania na rzecz zwiększania retencji:

Mieszkańcy i przedsiębiorcy	Samorządy	Lasy Państwowe	Urząd Marszałkowski
Zatrzymanie wody w miejscu opadu, wdrażane od poziomu posesji (m.in. tworzenie zagłębień chłonnych, małych zbiorników retencyjnych na wody opadowe)	Zatrzymanie wody w miejscu opadu, wdrażane od poziomu posesji do poziomu gminy i regionu, poprzez tworzenie zagłębień chłonnych, małych zbiorników retencyjnych na wody opadowe	Retencyjne przysposabianie zlewni poprzez np. zalesianie nieużytków z preferencją dla nasadzeń zwiększających bioróżnorodność (tj. las liściasty, mieszany)	Kontynuacja Programu Owca-Plus – czyli prowadzenie działań na rzecz zachowania krajobrazu kulturowego Żywiecczyny
Unikanie uszczelniania („betonowania”) powierzchni, i ich rozszczelnienie tam gdzie jest to możliwe i wskazane	Zachowanie i odtwarzanie bioróżnorodności, terenów zielonych i krajobrazu	Zachowanie i odtwarzanie bioróżnorodności, terenów zielonych i krajobrazu	Realizacja zaleceń i obiektów małej retencji zawartych w Aktualizacji Programu Małej Retencji dla województwa śląskiego
	Zwiększanie powierzchni terenów zielonych oraz bioróżnorodności terenów zielonych w miastach regionu przez np. tworzenie miejskich parków leśnych, parków kieszonkowych, ogrodów deszczowych, czy tworzenie łąk kwietnych	Przeciwdziałanie erozji wodnej na terenach górskich związanej ze spływem wód opadowych – działaniami rekomendowanymi są m.in. tworzenie i odtwarzanie małej retencji w lasach (Kompleksowy Projekt adaptacji lasów i leśnictwa do zmian klimatu), spowalnianie spływu powierzchniowego na terenach rolniczych	

## Poprawa bezpieczeństwa powodziowego oraz przeciwdziałanie skutkom suszy:

Samorządy	Wody Polskie
<p>Przebudowa lub budowa nowych urządzeń melioracji wodnych nawadniająco-odwadniającego lub przebudowa istniejących urządzeń melioracyjnych z funkcji odwadniającego na nawadniająco-odwadniające – szczególnie na terenach użytkowanych rolniczo a zwłaszcza w gminach: Radziechowy-Wieprz, Łodygowice, Lipowa, Ślemień, Gilowice, Jeleśnia</p>	
<p>Przeznaczenie przestrzeni nadbrzeżnych rzek, potoków i zbiorników wodnych na cele przyrodnicze, na terenie miasta Żywiec oraz zbiorników Żywiecczyzny: Jeziora Żywieckiego oraz Jeziora Międzybrodzkiego</p>	<p>Utrzymanie potoków górskich i powiązanej infrastruktury w dobrym stanie, poprzez zastosowanie działań utrzymaniowych służących ograniczeniu ryzyka powodzi i suszy; dotyczy głównie cieków położonych w Beskidzie Żywieckim, Beskidzie Śląskim, Beskidzie Makowskim oraz Beskidzie Małym</p>
<p>Wprowadzanie wymogów lub preferencji dla wdrażania rozwiązań służących zwiększeniu retencyjności i ograniczania ryzyka powodziowego – na poziomie zapisów planistycznych oraz programów wsparcia finansowego</p>	<p>Renaturyzacja cieków stałych i okresowych – przywrócenie naturalnego stanu koryta strumieni oraz zapewnienie łączności hydrologicznej cieków okresowych ze stałą siecią rzeczna dotyczy obszarów niezurbanizowanych, po uprzednim przeprowadzeniu analiz możliwości realizacji działań renaturyzacyjnych z uwzględnieniem aspektów bezpieczeństwa na terenach zurbanizowanych</p>

## Działania poprawiające efektywność infrastruktury dystrybucji wody i jej jakość:

Samorządy	Przedsiębiorstwa wodociągowe
<p>Zagwarantowanie dostaw wody pitnej poprzez rozbudowę i modernizację istniejącej sieci wodociągowej; w pierwszej kolejności w gminie Jeleśnia, oraz w miejscowościach Pewel Wielka i Korbielów</p>	
<p>Racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi wykorzystywanymi do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia – czyli działania gmin i przedsiębiorstw wodociągowych w zakresie budowy, przebudowy, remontu i automatyzacji infrastruktury przesyłowej, w tym opomiarowanie odbiorców w celu optymalizacji dostaw wody i ograniczenia strat wody na przesyśle</p>	
<p>W celu poprawy jakości wód rozbudowa kanalizacji sanitarnej</p>	
<p>W zakresie formalnym, w warunkach przyłączenia do sieci kanalizacji deszczowej, decyzje powinny uwzględniać budowę zbiorników na wody opadowe i roztopowe</p>	

## Działania zwiększające świadomość i partycypację społeczną

Biznes (przedsiębiorcy)	NGOs
Edukacja i podnoszenie świadomości na temat retencji wody w firmach	Edukacja i podnoszenie świadomości społeczeństwa na temat retencji wody
Aktywne wsparcie działań retencyjnych (m.in. wdrażanie wodooszczędnych technologii, odpowiednie zagospodarowywanie swoich terenów, wykorzystywania zamkniętych obiegów wody, wykorzystywanie wody „szarej”)	Działania na rzecz zwiększenia partycypacji społecznej w regionie dla spraw retencji i zasobów wodnych
Misje przedsiębiorstw nastawione na cele związane z adaptacją do zmian klimatu i zrównoważone korzystanie z zasobów wodnych	Popularyzacja wiedzy nt. zasobów wodnych, adaptacji do zmian klimatu
Wspieranie działań edukacyjnych w regionie na temat wody, jej retencji i zmianach klimatu	
Realizacja projektów B+R w tematyce adaptacji do zmian klimatu i zwiększania zasobów wodnych	
Finansowanie retencyjnego przysposobienia zlewni, np. poprzez zalesianie nieużytków	
Angażowanie swoich środków w tworzenie raportów, przewodników, reportaży dla branży czy lokalnych społeczności dotyczących wpływu zmian klimatu na branżę	
Tworzenie sieci biznesowych w celu osiągnięcia neutralności dla klimatu	



**Kluczowe jest budowanie odporności danego obszaru na powstawanie skutków suszy, niedoborów wody, powodzi**



## 6.2 Rekomendacje działań na rzecz ochrony i zwiększania zasobów wodnych dla mieszkańców Żywiecczyny

Uczestnictwo społeczności lokalnych w działaniach na rzecz regionu sprzyja skutecznej ochronie zasobów wodnych Żywiecczyny oraz zwiększaniu jej ilości. Wynika to z dwóch istotnych cech: bezpośredniej odpowiedzi tych działań na realne potrzeby w skali mikro oraz oddziaływania (rozprzestrzeniania) na szeroką skalę poprzez popularyzację dobrych praktyk.

### Zagadnienia rekomendowane do uwzględnienia w edukacji i kształtowaniu postaw proretencyjnych i proekologicznych mieszkańców żywiecczyny:

- zatrzymanie wody (retencjonowanie wody) na posesji poprzez tworzenie zagłębień chłonnych, zbiorników retencyjnych na wody opadowe, zielonych dachów, a także wprowadzanie nasadzeń zwiększających bioróżnorodność (np. zmiana trawników na łąki kwietne);
- rozszczelnienie powierzchni na terenie działki – zmiana „szare na zielone”, czyli kostki, betonu na zielen przydomową;
- zwiększenie ilości i czasu retencji wód na gruntach rolnych poprzez odpowiednie zabiegi agrotechniczne (zwiększanie retencji wody glebowej), poprawiające strukturę gleby i zmniejszające jej parowanie, a także ograniczające erozję wodną. Do działań tych należy stosowanie bezorkowych systemów uprawy, utrzymanie całorocznej pokrywy roślinnej, trwałych zadarnień lub zalesień terenów o dużym nachyleniu, a na stokach mniej nachylonych prowadzenie zabiegów uprawnych w kierunku poprzecznym do nachylenia stoku;
- stosowanie się do wszystkich wymogów prawnych w zakresie odprowadzania ścieków i składowania odpadów w celu poprawy jakości wód oraz przeciwdziałaniu zanieczyszczeniu gruntu i wody;
- oszczędne korzystanie z wody – zmiana nawyków codziennego korzystania z wody;
- propagowanie dobrych praktyk w zakresie poprawy retencyjności terenu, w szczególności dzięki zabiegom z zakresu fito- i agromelioracji oraz melioracji wodnych szczegółowych;
- partycypacja społeczna dla retencji – zwiększenie aktywności mieszkańców w działania na rzecz retencji (np. akcje osiedlowe z okazji Dnia Ziemi, Dnia Wody, zachęcanie do udziału w konsultacjach społecznych w procesach planistycznych gmin);
- spędzanie czasu wolnego na łonie przyrody i przekazywanie wiedzy o środowisku dzieciom (dotyczy także miast – wykorzystanie potencjału terenów zielonych).

Główną ideą działań na rzecz zwiększania zasobów wodnych, w tym zwiększania retencji, jest budowanie odporności danego obszaru na powstawanie skutków suszy, niedoborów wody, powodzi. Wszelkie działania służące poprawie stosunków wodnych będą wpływać na zmniejszenie skali i intensywności skutków zjawisk ekstremalnych w przyszłości. Edukacja najmłodszych zwiększa szanse powodzenia rozpoczętych działań, tak samo jak zwiększanie świadomości problemów i możliwych rozwiązań do wdrożenia przez dorosłych mieszkańców Żywiecczyny. Dlatego też współpraca między podmiotami administracji, gospodarczymi oraz mieszkańcami regionu jest bardzo ważna. Co więcej, fakt, iż Żywiecczyna jest regionem atrakcyjnym turystycznie stanowi także atut dla szerszego prowadzenia działań edukacyjnych angażujących nie tylko lokalne społeczności, ale także turystów.

# Zmiany klimatu a zasoby wody na Żywiecczyźnie

Jak je skutecznie chronić i budować



## Wykaz źródeł

1. Polska Fundacja Ochrony Zasobów Wodnych, Cykl hydrologiczny, <http://www.pfozw.org.pl>
2. Raport Specjalny SR1.5 dotyczący następstw globalnego ocieplenia klimatu o 1.5°C ponad poziom sprzed epoki przemysłowej oraz związanych z tym globalnych scenariuszy emisji gazów cieplarnianych w kontekście wzmocnienia odpowiedzi globalnej na zagrożenie zmianą klimatu, wspierania zrównoważonego rozwoju oraz działań na rzecz wyeliminowania ubóstwa. (Skrót IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C), źródło <https://www.ipcc.ch/sr15/>
3. Podsumowanie dla Decydentów Specjalnego Raportu IPCC dotyczącego globalnego ocieplenia klimatu o 1,5°C; tłum. Pol. 2018, M. Popkiewicz, A. Kardaś, A. Sierpińska, Sz. Malinowski; źródło: [naukaoklimacie.pl](http://naukaoklimacie.pl)
4. Gobiet, A., Jacob D., 2011: The EURO-CORDEX-Initiative. WCRP Open Science Conference Denver, 24–28 Oct. 2011. Poster no. W108B
5. <https://www.ipcc.ch/reports/>
6. Stocker, T. (Ed.), Climate change 2013: The physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press 2014
7. Strużewska J., Jefimow M., Jagiełło P., Kłeczek M., Sattari A., Gienibor A., Norowski A., Durka P., Walczak B., Drzewiecki P., Zmiany temperatury i opadu na obszarze Polski w warunkach przyszłego klimatu do roku 2100. Raport skrócony Klimada 2.0. Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, 2020, źródło: KLIMADA 2.0 Baza wiedzy o zmianach klimatu, <https://klimada2.ios.gov.pl/>
8. Katastrofalne powodzie– dlaczego?, Gazeta Żywiecka Nr 10 (97), październik 1996 r., s. 4  
źródło: <https://sbc.org.pl/Content/283116/gz-1996-10-0001.pdf>
9. Lorenc H. (red.), Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, IMGW- PINB, Warszawa 2012, s. 142– 147,  
źródło <https://www.imgw.pl/badania-nauka/publikacje-ksiazkowe/kleski-zywiolowe-bezpieczenstwo-wewnetrzne-kraju>
10. Zdjęcia wyschniętego Jeziora Żywieckiego na skutek suszy 2015. Fot. Lucek Cykarski/Agencja Gazeta
11. Projekt Planu przeciwdziałania skutkom suszy, Warszawa 2020,  
źródło: <https://stopsuszy.pl/projekt-planu-przeciwdzialania-skutkom-suszy/>
12. Scenariusze Zmian Klimatu do 2030 r. i wpływ na sektory i obszary wrażliwe, Strategiczny plan adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020
13. Plan Adaptacji Miasta Bielska–Białej do zmian klimatu do roku 2030, Bielsko– Biała 2019
14. Kondracki J., Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011
15. Adamczyk B., Gleby [w:] Dynowska i. (red): Dorzecze Górnej Wisły. Cz. I. 1991 PWN Warszawa
16. Mapa kategorii podatności gleb na suszę rolniczą wg IUNG–PIB,  
źródło: <http://www.susza.iung.pulawy.pl/mapa-kategorii/>
17. Absalon D., Jankowski A. T. , Leśniok M., Wika S., Komentarz do Mapy sozologicznej Polski w skali 1 :50 000, ark M –34 –87-B , Jeleśnia; Główny Geodeta Kraju, Gępol Poznań 1994
18. Centralny Rejestr Form Ochrony Przyrody,  
źródło: <http://crfop.gdos.gov.pl/CRFOP/>
19. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz.U. 2004 nr 92 poz. 880 z późn zm.)
20. System Informacyjny Gospodarowania Wodami  
źródło: [https://wody.isok.gov.pl/imap\\_kzgw/?Gpmap=gpsigw](https://wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/?Gpmap=gpsigw)





*Koalicja Dbamy o wodę*