



*Wczujmy się  
w klimat!*

[www.44mpa.pl](http://www.44mpa.pl)

# Plan adaptacji do zmian klimatu dla miasta Szczecin

## Załącznik 2

Opis głównych zagrożeń  
klimatycznych i ich pochodnych  
dla miasta

## DEFINICJE

**EURO-CORDEX (Euro Coordinated Regional Climate)** - projekt przedstawiający symulacje klimatyczne przy zastosowaniu najnowszych dostępnych projekcji klimatycznych wg 5. Raportu Oceny Międzyrządowego Panelu ds. Zmian Klimatu (AR5 IPCC) z roku 2013.

**RCP (Representative Concentration Pathways)** - raport uwzględniający 4 grupy scenariuszy emisyjnych (RCP2.6; RCP4.5; RCP6.0 oraz RCP8.5), które zakładają skalę dalszego wzrostu emisji CO<sub>2</sub>, oraz osiągnięcie wymuszenia radiacyjnego na określonym przez dany scenariusz poziomie.

**Istotność statystyczna** - prawdopodobieństwo, z jakim można przyjąć, że zależności pomiędzy wartościami zmiennych w próbie badanej mogą być jedynie wynikiem błędu losowego. Próg istotności przyjęto na poziomie 0,05. Im istotność jest mniejsza niż 0,05 tym jest mniejsze niż 5% prawdopodobieństwo błędu losowego (Sobczyk M., 2017, Statystyka, PWN, Warszawa).

## METODYKA

Zjawiska klimatyczne i ich pochodne przeanalizowane zostały w kontekście tendencji zmian w okresie historycznym oraz spodziewanych przyszłych zmian, tak by w rezultacie dokonać analizy wrażliwości poszczególnych sektorów miasta na poszczególne czynniki klimatyczne i ich pochodne. Celem nie była zatem szczegółowa analiza klimatologiczna każdego zjawiska, lecz zwrócenie uwagi na główne zagrożenia wynikające ze zmian klimatu.

Analiza danych historycznych dotyczyła wielolecia 1981-2015.

Charakterystyka wskaźników klimatycznych dla miasta Szczecina została oparta na danych z najbliższej reprezentatywnej dla miasta stacji synoptycznej IMGW PIB w Szczecinie (kod 205).

Zagrożenia hydrologiczne określono w oparciu o stany wody dla wodowskazu Szczecin – Most Długi.

Podstawę przeprowadzenia analizy poziomów stężeń zanieczyszczenia powietrza stanowiły wyniki pomiarów jakości powietrza prowadzone w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska GIOŚ. Dla Szczecina dysponowano wynikami dla 3 stacji pomiarowych (ul. Andrzejewskiego, ul. Łączna i ul. Piłsudskiego) z lat 2006-2015.

Warunki przyszłego klimatu odtworzono w oparciu o wyniki symulacji klimatycznych obliczonych w ramach projektu EURO-CORDEX. Wykorzystano wyniki dostępnych realizacji symulacji regionalnych modeli klimatu (RCM - ang. Regional Climate Model) dla obszaru obejmującego całą Europę na siatce regularnej w rozdzielczości  $0,11^\circ$  (ok. 12,5 km).

Celem uchwycenia niepewności wyników modelowania, wynikającego z różnych możliwych ścieżek rozwoju gospodarczego i związanego z nim tempa wzrostu zawartości gazów cieplarnianych w atmosferze, analizy przeprowadzono dla dwóch scenariuszy opisanych akronimami RCP4.5 oraz RCP8.5. Umiarkowany scenariusz RCP4.5 zakłada dalszy wzrost stężeń  $\text{CO}_2$ , odpowiednio do 540 ppm w roku 2100 oraz osiągnięcie wymuszenia radiacyjnego na poziomie  $4,5 \text{ W/m}^2$ , zaś scenariusz ekstrapolacyjny RCP8.5 odpowiada wzrostowi stężeń  $\text{CO}_2$  do 940 ppm w roku 2100 i ciągły wzrost wymuszenia radiacyjnego do poziomu  $8.5 \text{ W/m}^2$ .

Jako dane referencyjne dla klimatu bieżącego wykorzystane zostały obserwacje ze stacji IMGW PIB w Szczecinie.

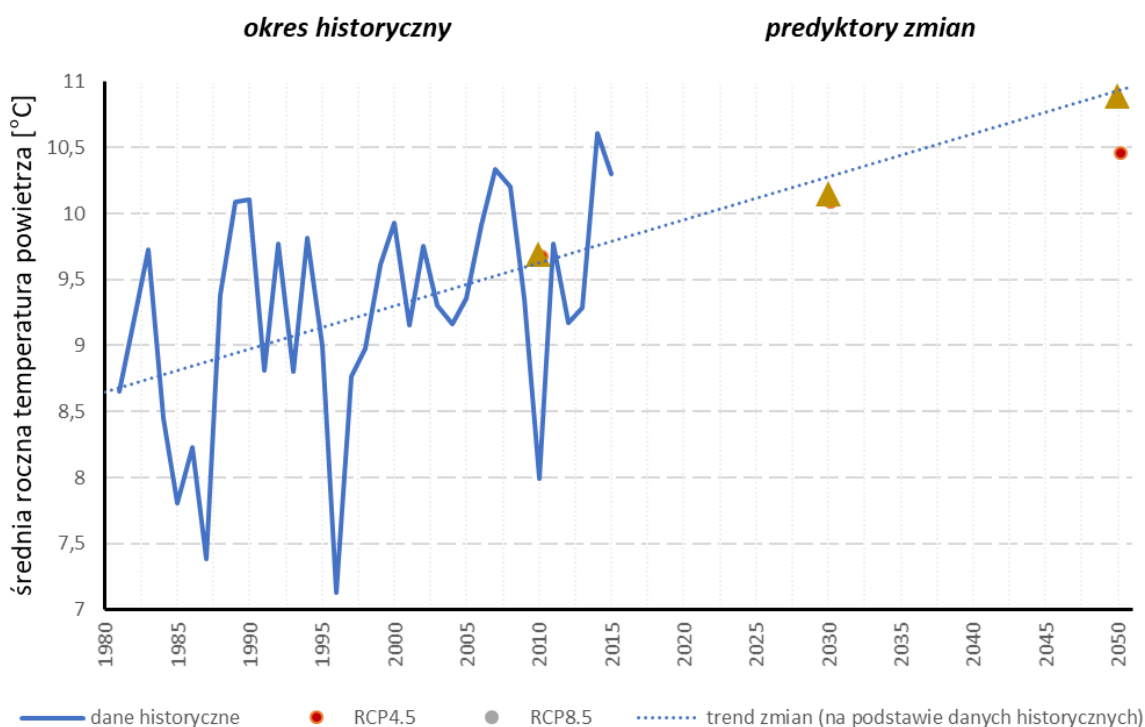
## GŁÓWNE ZAGROŻENIA KLIMATYCZNE I ICH POCHODNE

### 1. ŚREDNIE WARUNKI TERMICZNE

Średnia roczna temperatura powietrza w Szczecinie w wieloleciu 1981-2015 wahała się od 7,1 do 10,6°C. Obserwuje się tendencję rosnącą – temperatura systematycznie rośnie w tempie ok. 0,06°C/r, dodatkowo prognozowany jest wzrost temperatury średniorocznej powietrza oraz wzrost temperatur średnich powietrza praktycznie we wszystkich miesiącach (rysunek 1).

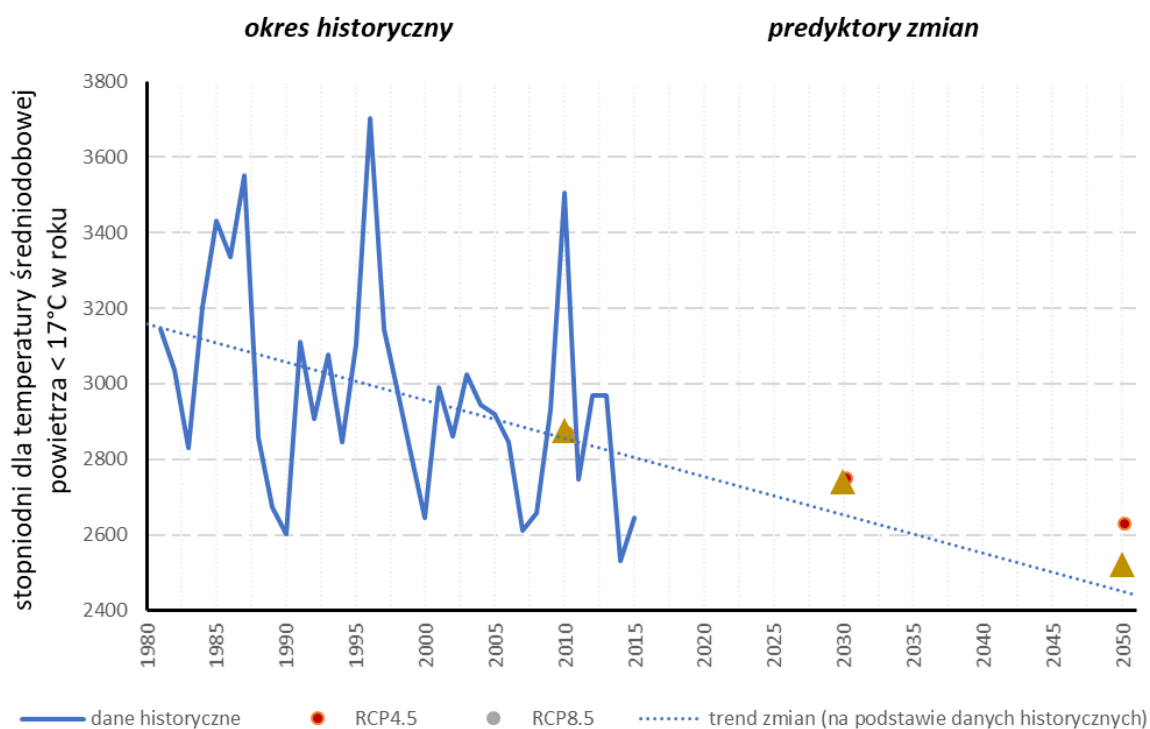
Wskaźnik stopniodni dla temperatury średniodobowej powietrza poniżej 17°C w roku określa liczbę dni grzewczych – w Szczecinie występują one przez cały rok, głównie w okresie od października do maja; prognozuje się dla nich tendencję malejącą (rysunek 2).

Każdego roku notuje się w Szczecinie średnio ok. 108 dni z międzydobową zmianą temperatury powietrza powyżej 10°C (tj. zmiana temperatury powietrza z dnia na dzień wynosząca ponad 10°C), w latach 1981-2015 ilość ta wahała się od 85 do 145 dni. Przypadki takie występują najczęściej w maju. Obserwuje się dla nich tendencję rosnącą (rysunek 3).

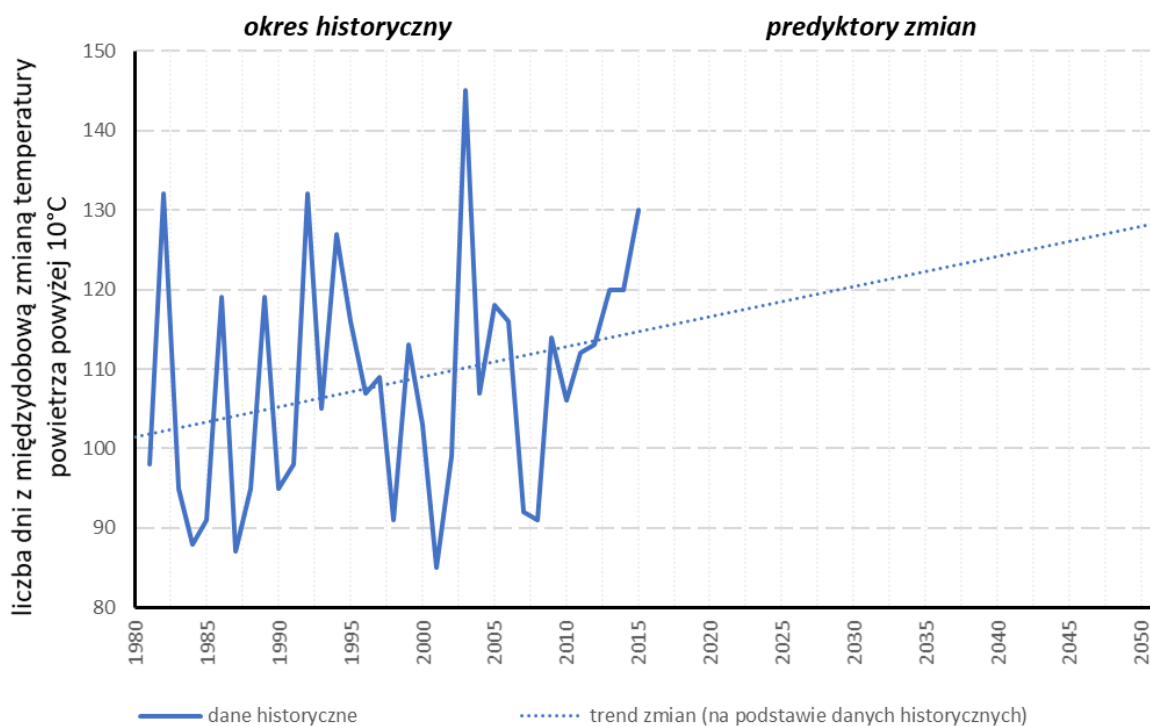


Rys. 1. Średnia roczna temperatura powietrza w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW



Rys. 2. Stopniodni dla temperatury średniodobowej powietrza poniżej 17°C w roku w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym



Rys. 3. Liczba dni z międzydobową zmianą temperatury powietrza powyżej 10°C w roku w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

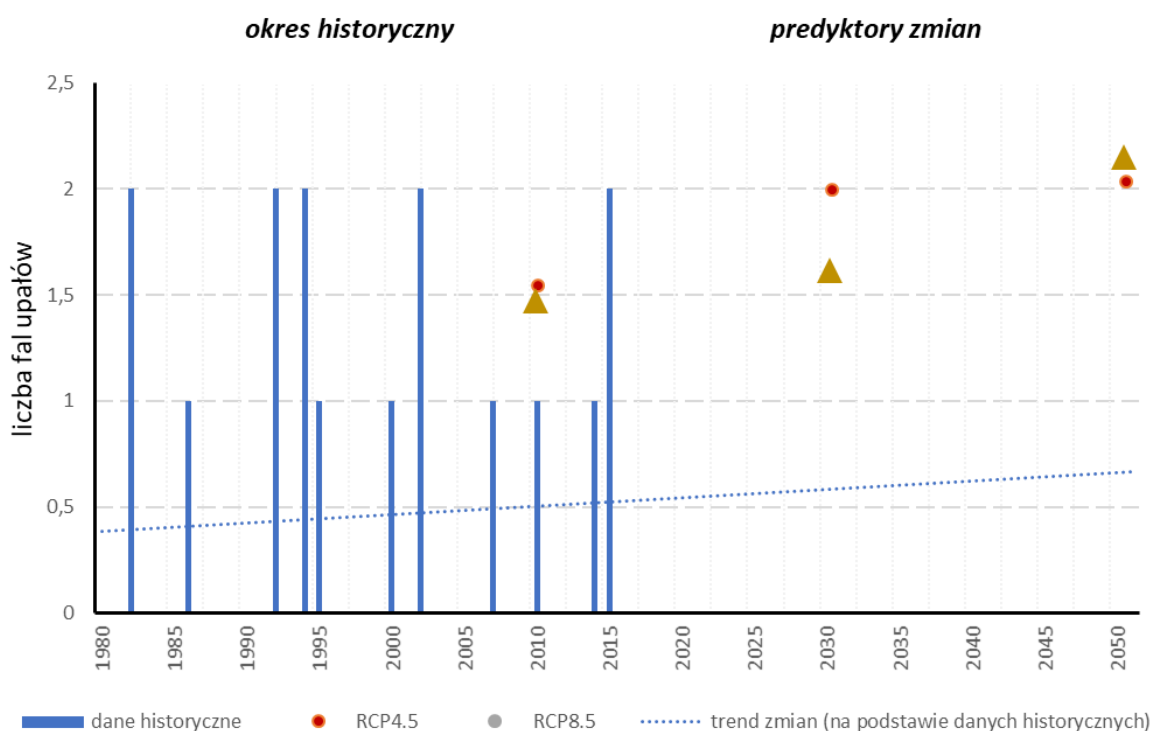
## 2. FALE UPAŁÓW

Fale upałów definiowane są jako okresy przynajmniej trzech dni z temperaturą maksymalną powietrza powyżej 30°C.

W Szczecinie w wieloleciu 1981-2015 zanotowano 16 fal upałów, trwających po 3-6 dni, najdłuższa trwała 13 dni, najczęściej przypadków fal upałów wystąpiło w lipcu. Prognozy EURO-CORDEX dla dwóch scenariuszy RCP4.5 i RCP8.5 wskazują niewielki trend rosnący w obu przypadkach (rysunek 4).

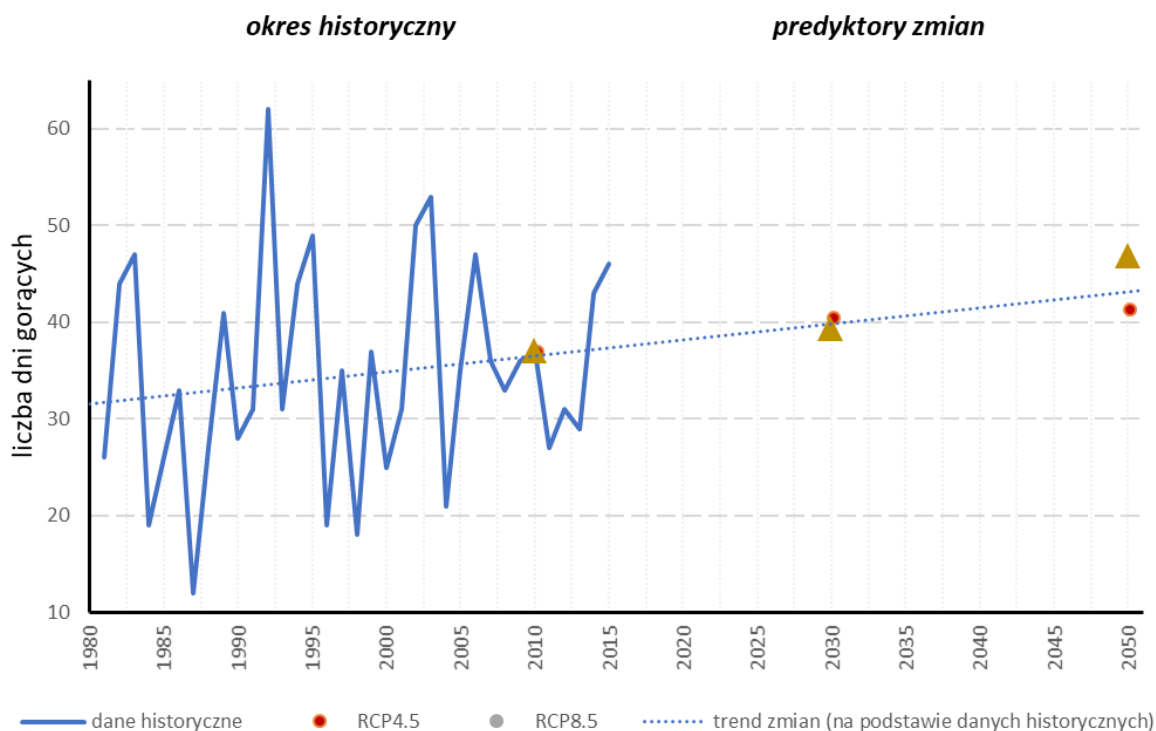
Temperatura maksymalna powietrza w Szczecinie również wykazuje tendencję rosnącą. Percentyl 98 temperatury maksymalnej powietrza (tj. wielkość, powyżej której znajduje się 2% wartości temperatury maksymalnej powietrza w badanym przedziale czasu) dla wielolecia 1981-2015 wyniósł 29,5°C, prognozuje się dla niego tendencję rosnącą.

W konsekwencji w Szczecinie można się spodziewać wzrostu liczby dni gorących (tj. dni z temperaturą maksymalną powietrza powyżej 25°C). Dni gorące występują od maja do września, ich liczba w roku kształtuje się na poziomie od 12 do ok. 50 rocznie i się zwiększa (rysunek 5).



Rys. 4. Liczba fal upałów w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW



Rys. 5. Liczba dni gorących w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

### 3. FALE ZIMNA

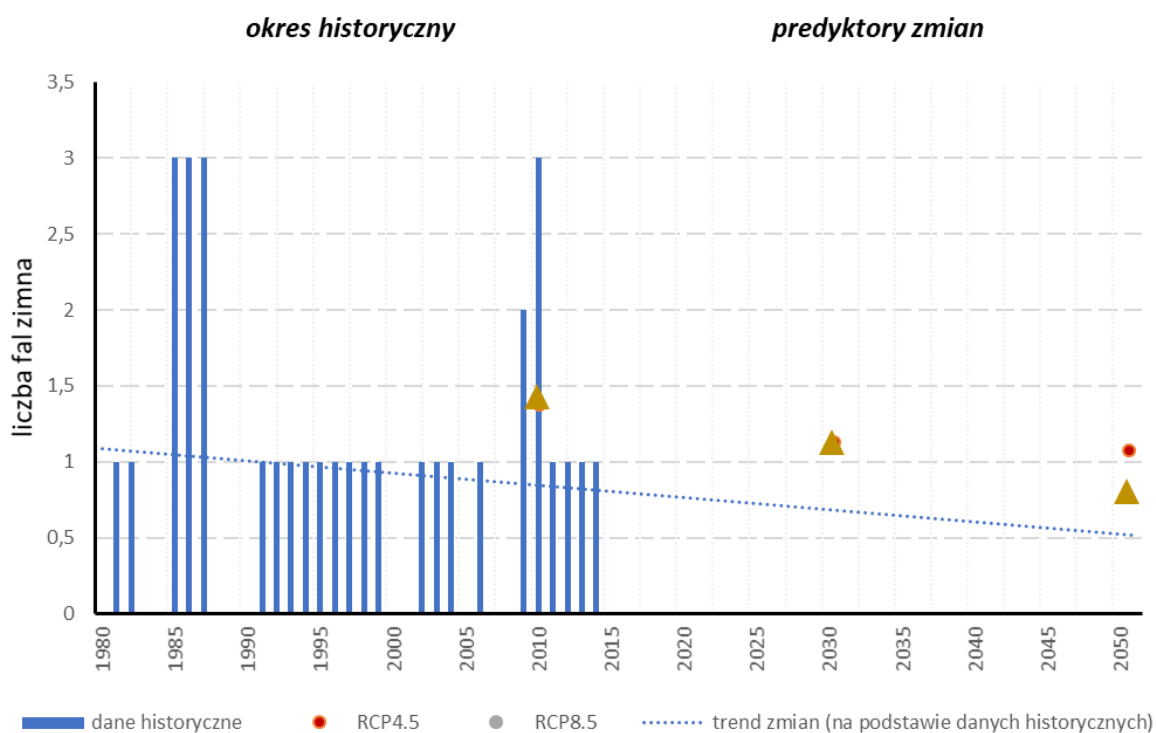
Fale zimna definiowane są jako okresy przynajmniej trzech dni z temperaturą minimalną powietrza poniżej 10°C.

W Szczecinie w wieloleciu 1981-2015 zanotowano 35 fal zimna, trwających średnio ok. 6 dni, najdłuższa trwała 15 dni, najwięcej przypadków fal zimna wystąpiło w styczniu. Prognozy EURO-CORDEX dla dwóch scenariuszy RCP4.5 i RCP8.5 wskazują niewielki trend malejący w obu przypadkach (rysunek 6).

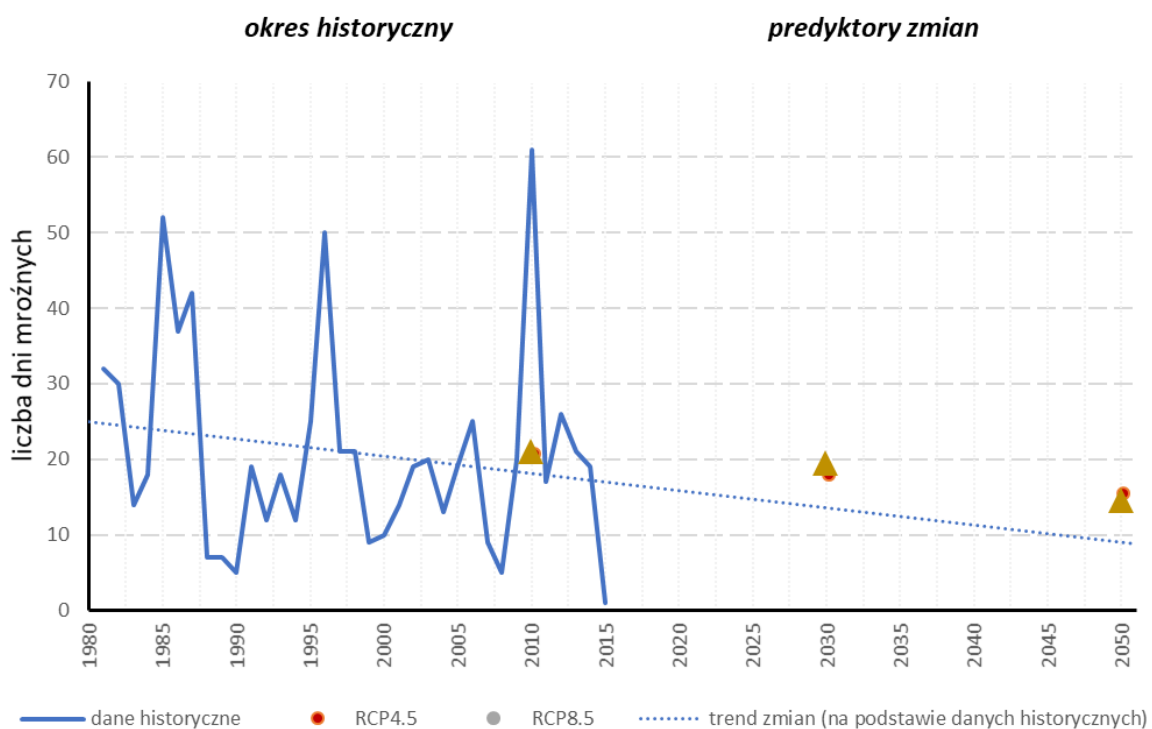
Temperatura minimalna powietrza w Szczecinie wykazuje tendencję rosnącą. Percentyl 2 dla minimalnej temperatury powietrza (tj. wielkość, poniżej której występuje 2% wartości temperatury minimalnej powietrza w badanym przedziale czasu) dla wielolecia 1981-2015 wyniósł -10,7°C, prognozuje się dla niego tendencję rosnącą.

Dni mroźnych (tj. dni z temperaturą maksymalną powietrza poniżej 0°C) notuje się w Szczecinie średnio ok. 21 w roku, występują od listopada do marca ze znacznymi zmianami z roku na rok (od kilku w ciepłym roku do ok. 60 dni w latach najchłodniejszych). Prognozuje się dla nich tendencję malejącą (rysunek 7).

OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW



Rys. 6. Liczba fal zimna w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym



Rys. 7. Liczba dni mroźnych w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

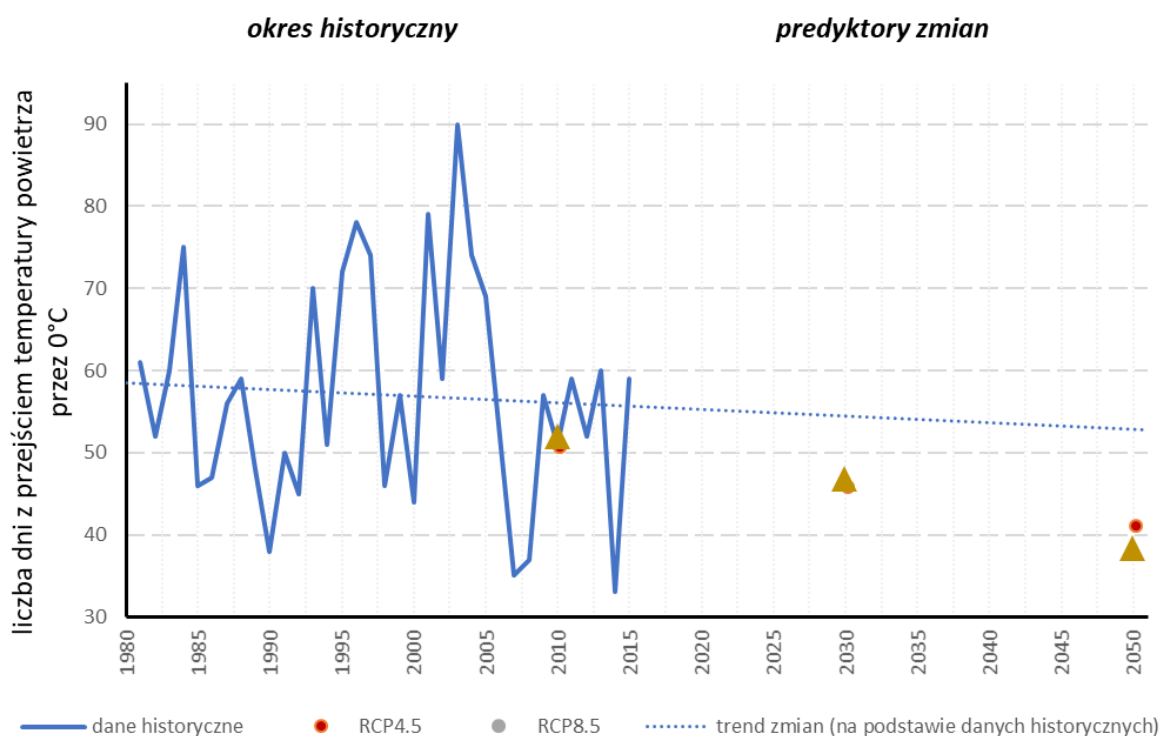


## 4. PRZYMROZKI

W wieloletnim okresie 1981-2015 zanotowano w Szczecinie ok. 57 dni z przejściem temperatury powietrza przez 0°C (tj. dni z temperaturą minimalną powietrza poniżej 0°C oraz temperaturą maksymalną powietrza powyżej 0°C): minimalnie od 33 do maksymalnie 90 dni w roku. Prognozuje się dla nich tendencję malejącą (rysunek 8).

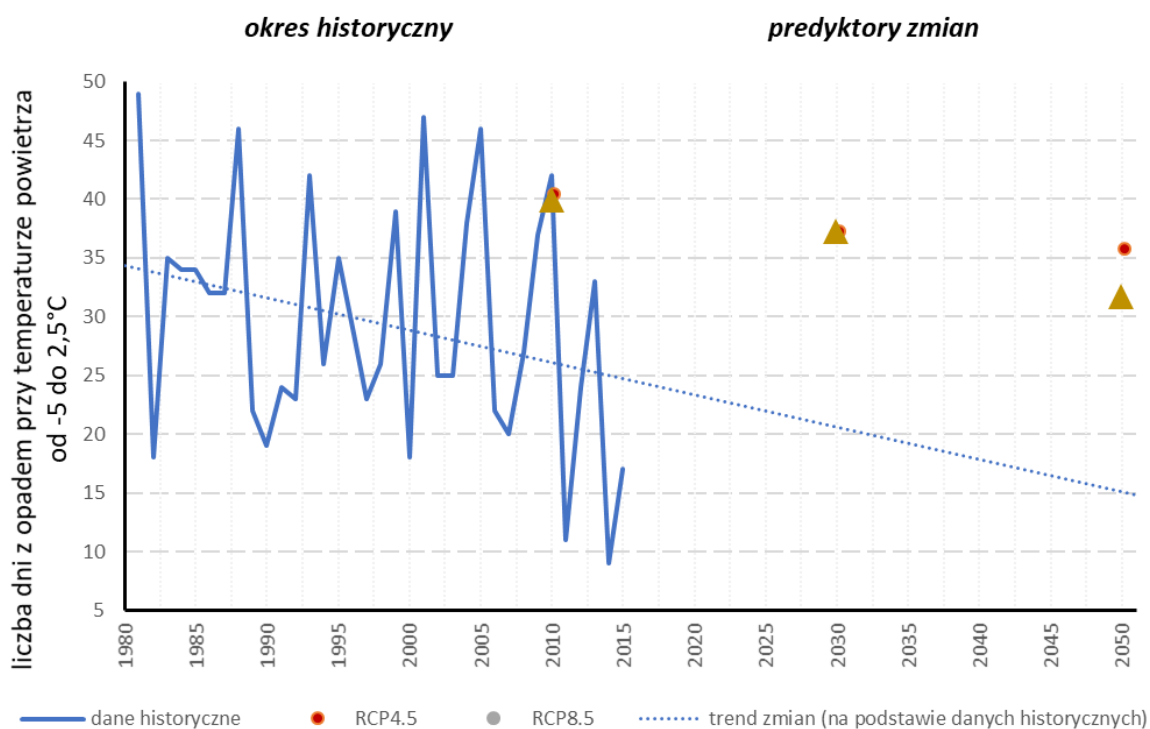
Liczba dni z temperaturą powietrza w przedziale od -5°C do +2,5°C i jednoczesnym wystąpieniem opadów atmosferycznych wynosiła w analizowanym okresie od 9 do 49 przypadków, prognozuje się dla nich tendencję malejącą (rysunek 9).

W Szczecinie przymrozki (tj. dni z temperaturą minimalną powietrza poniżej 0°C) mogą występować od września do maja. W latach 1981-2015 w roku występowało średnio 78 dni z przymrozkami, wartość ta wahała się od 43 do 133 dni. Dla dni z przymrozkami obserwuje się tendencję malejącą (rysunek 10).

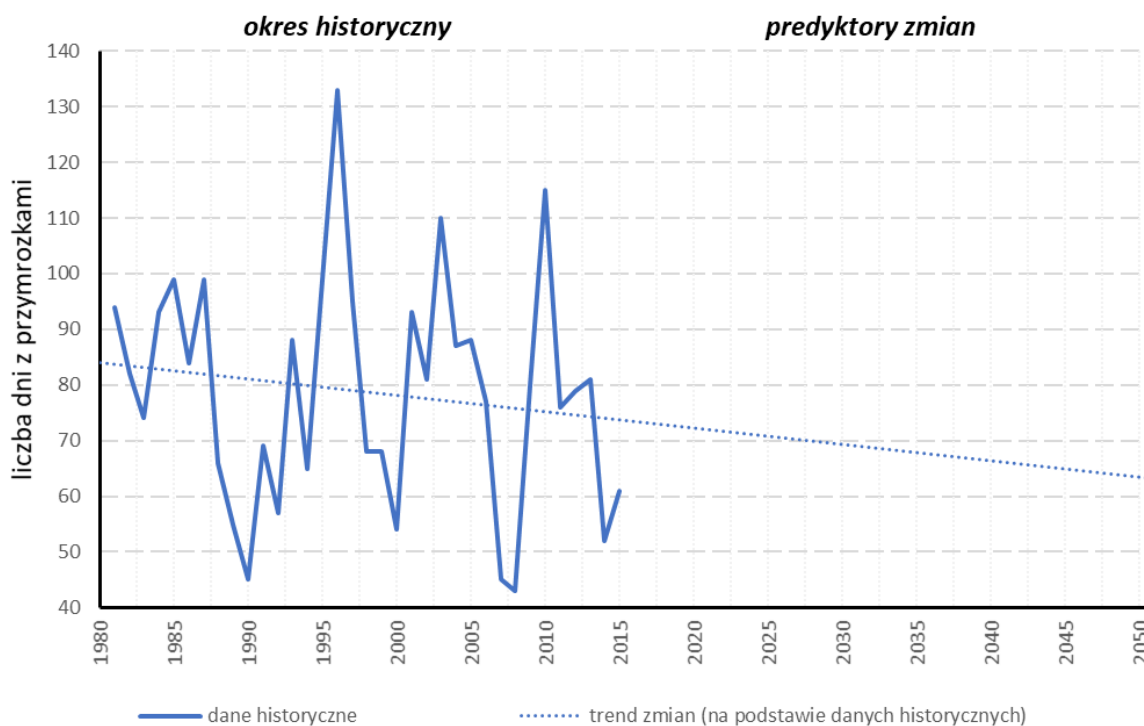


Rys. 8. Liczba dni z przejściem temperatury powietrza przez 0°C w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW



Rys. 9. Liczba dni z temperaturą powietrza w przedziale od -5°C do +2,5°C i jednoczesnym wystąpieniem opadów atmosferycznych w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym



Rys. 10. Liczba dni z przymrozkami w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

## 5. DNI Z OPADEM

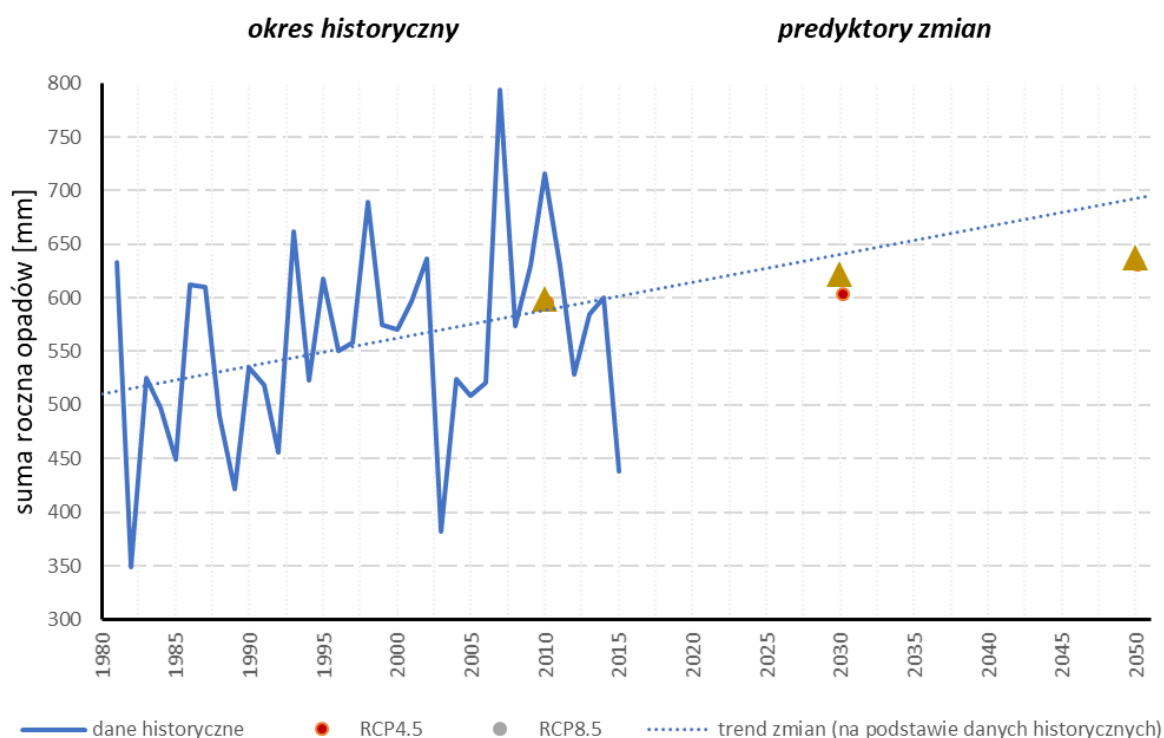
Roczna suma opadów w okresie 1981-2015 w Szczecinie wahała się od 349 mm do 795 mm, średnia roczna suma opadów wynosiła w tym okresie 557 mm, zaobserwowano przy tym dla niej lekko rosnący trend, podobnie tendencja rosnąca prognozowana jest w przyszłości (rysunek 11). W przypadku miesięcznej sumy opadu prognozuje się wzrost opadu w miesiącach styczeń, luty, marzec, kwiecień, czerwiec i październik. W przypadku lipca, sierpnia, listopada i grudnia nie prognozuje się znaczących zmian, natomiast w pozostałych miesiącach (maj i wrzesień) prognozowane zmiany mają odmienny przebieg w zależności od przyjętego scenariusza (wzrost lub spadek sumy opadów).

Ilość dni z opadem co najmniej 10 mm (opad umiarkowany) w wieloleciu 1981-2015 wyniosła w Szczecinie średnio 12 dni w roku, wahała się od 5 do 22 dni, zaobserwowano przy tym nieznaczny trend rosnący. W przyszłości prognozuje się dalszy wzrost liczby dni z opadem powyżej 10 mm (rysunek 12).

Podobnie sytuacja wygląda w przypadku ilości dni z opadem co najmniej 20 mm (opad umiarkowanie silny) – w analizowanym okresie wyniosła ona średnio 3 dni w roku, wahała się od 1 do 7 dni w roku, zaobserwowano przy tym trend rosnący. W przyszłości prognozuje się dalszy wzrost liczby dni z opadem powyżej 20 mm (rysunek 13).

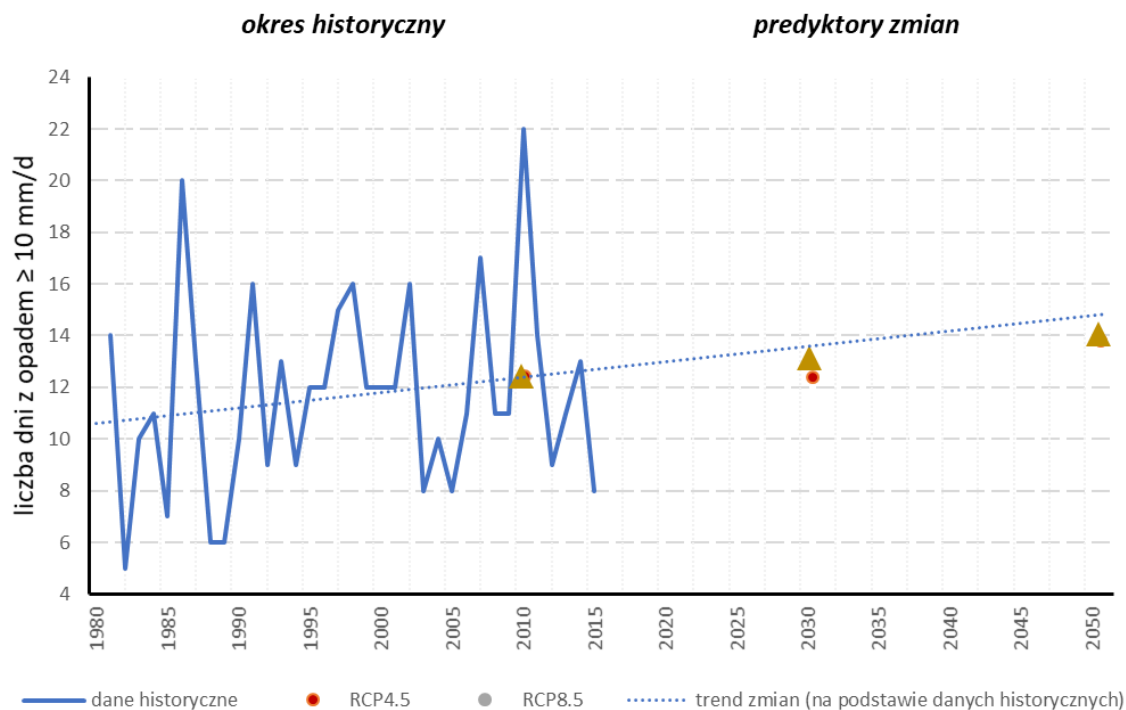
Średnia roczna liczba dni z pokrywą śnieżną w okresie 1981-2015 wynosiła w Szczecinie ok. 29 dni, wahała się od 5 do 89 dni. Nie zaobserwowano w tym czasie istotnej zmiany liczby dni z pokrywą śnieżną (rysunek 14).

Najwięcej dni ze śniegiem występuje w styczniu i lutym (czasem przez prawie cały miesiąc), choć w poszczególnych latach zdarzało się, że i w tych miesiącach pokrywa nie wystąpiła. Pokrywa śnieżna pojawiała się najwcześniej w październiku, natomiast zanikała najpóźniej w kwietniu. Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej może przekroczyć 30 cm.

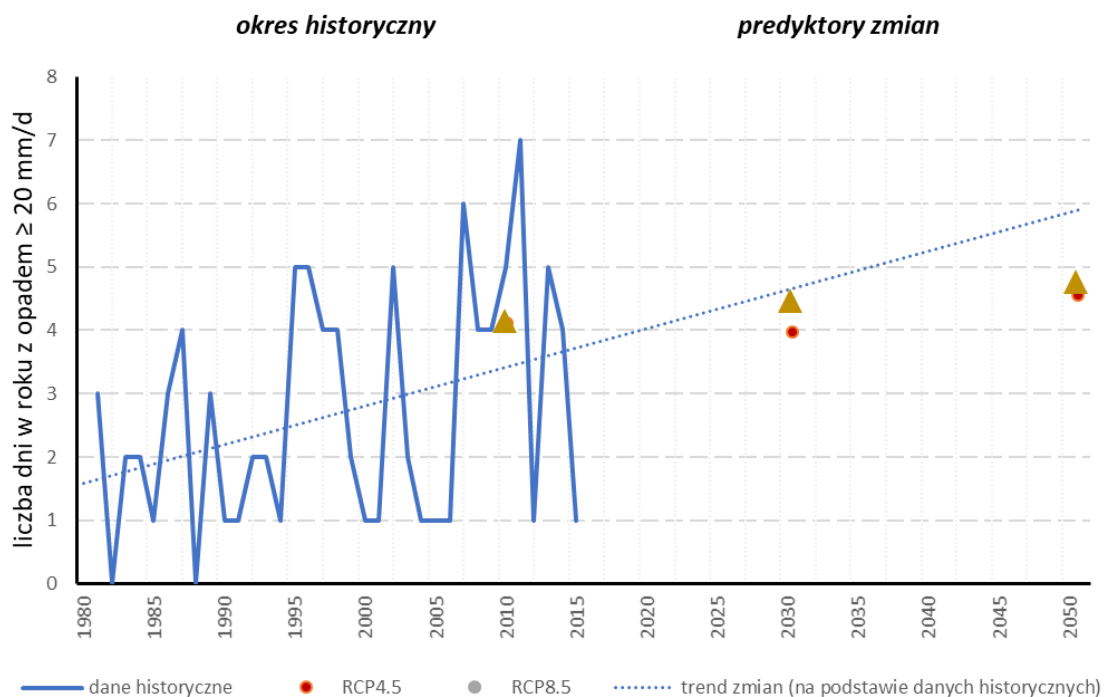


OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW

Rys. 11. Suma roczna opadów w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

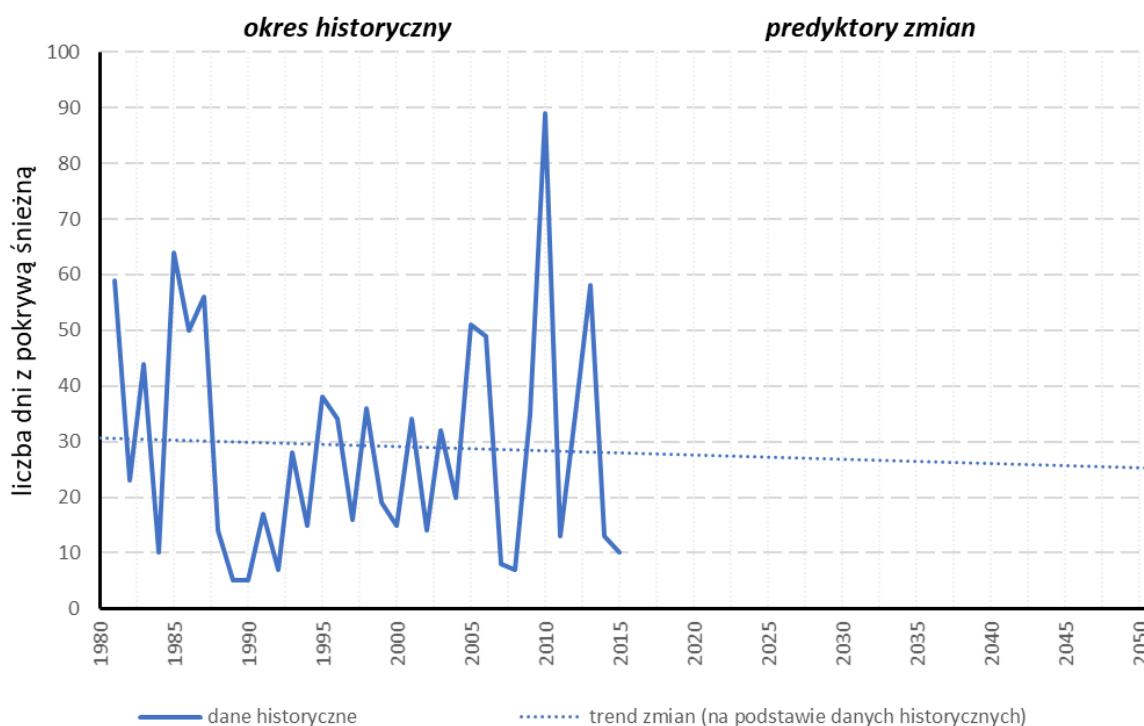


Rys. 12. Liczba dni z opadem co najmniej 10 mm w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym



Rys. 13. Liczba dni z opadem co najmniej 20 mm w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW



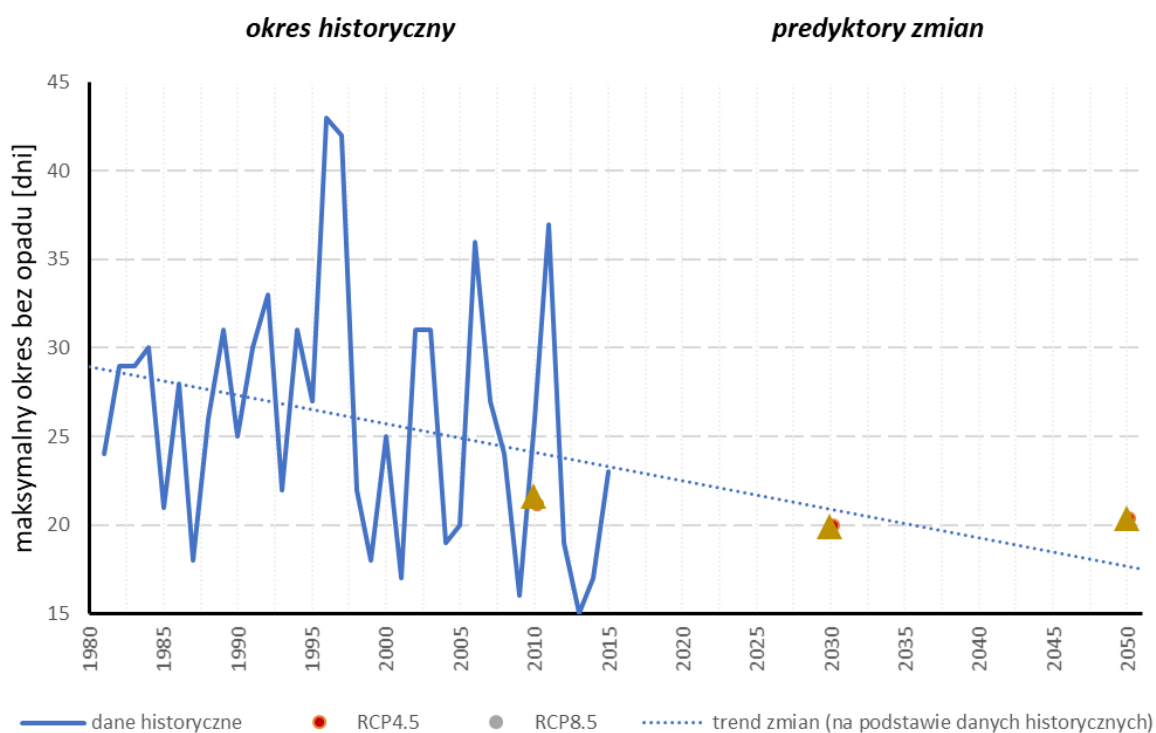
Rys. 14. Liczba dni z pokrywą śnieżną w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

## 6. DNI BEZ OPADÓW

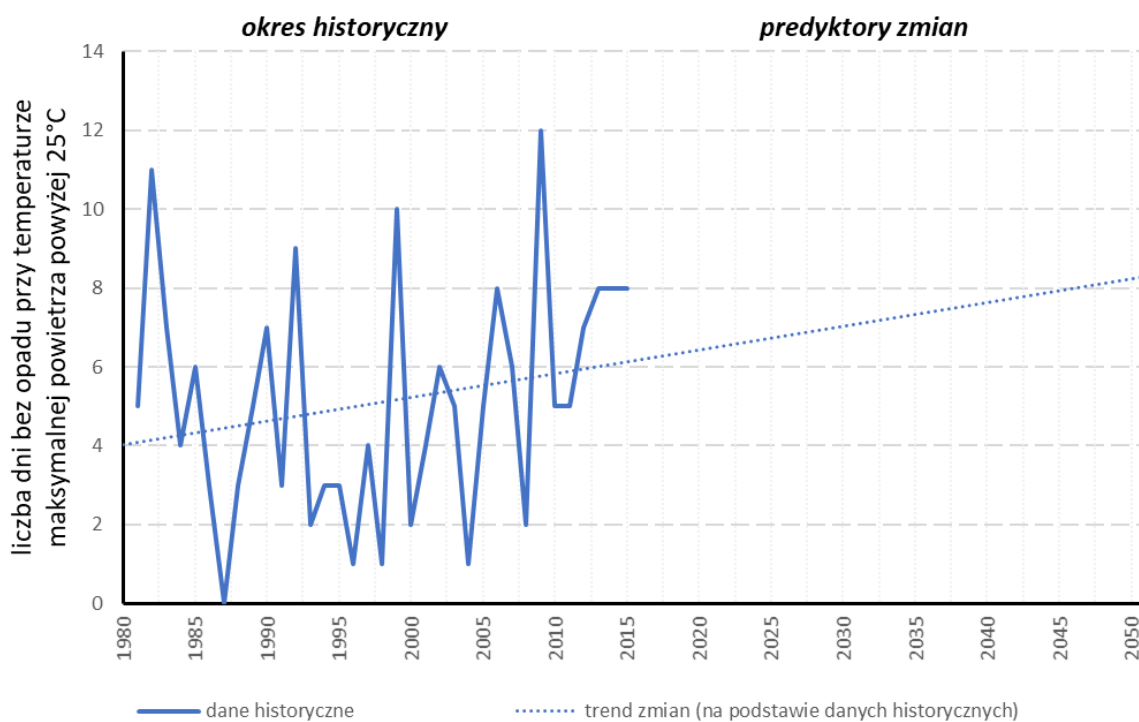
Jako długotrwały okres bezopadowy przyjęto okres co najmniej 21 dni występujących kolejno po sobie, w których opad nie przekroczył 1 mm. W Szczecinie w wieloleciu 1981-2015 okresy takie występowały każdego roku – średni czas trwania wyniósł 26 dni, najdłuższy okres bezopadowy trwał 43 dni. Prognozuje się spadek długości okresów bezopadowych (rysunek 15).

Najdłuższy okres bezopadowy z temperaturą maksymalną powietrza powyżej 25°C w wieloleciu 1981-2015 wyniósł 12 dni, średnio 5 dni. Dla okresów takich obserwuje się tendencję rosnącą (rysunek 16).

OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW



Rys. 15. Maksymalna długość okresu bezopadowego w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym



Rys. 16. Liczba dni bez opadu przy temperaturze maksymalnej powietrza powyżej 25°C w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

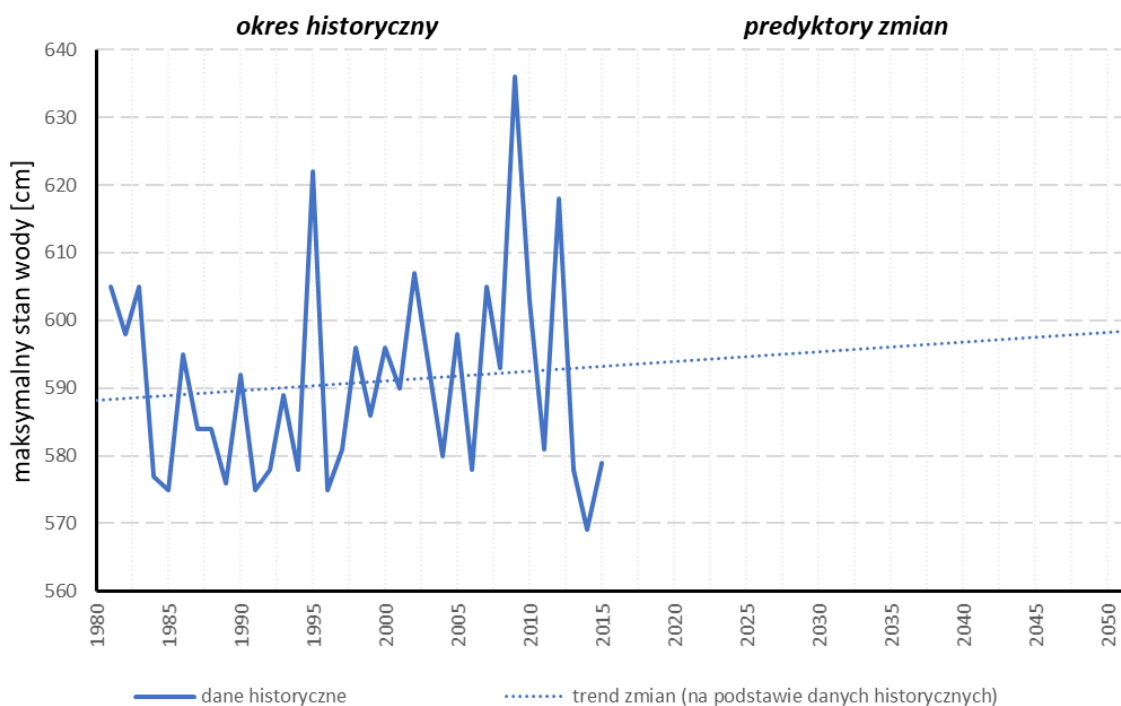
## 7. POWODZIE

Szczecin zagrożony jest przede wszystkim powodzią sztormowymi. W latach 1981-2015 wystąpiło łącznie 29 powodzi sztormowych o sumarycznym czasie trwania 482 godziny. Obserwuje się niewielki wzrost zarówno maksymalnego stanu wody jak i czasu trwania oddziaływania powodzi sztormowych (rysunki 17 i 18).

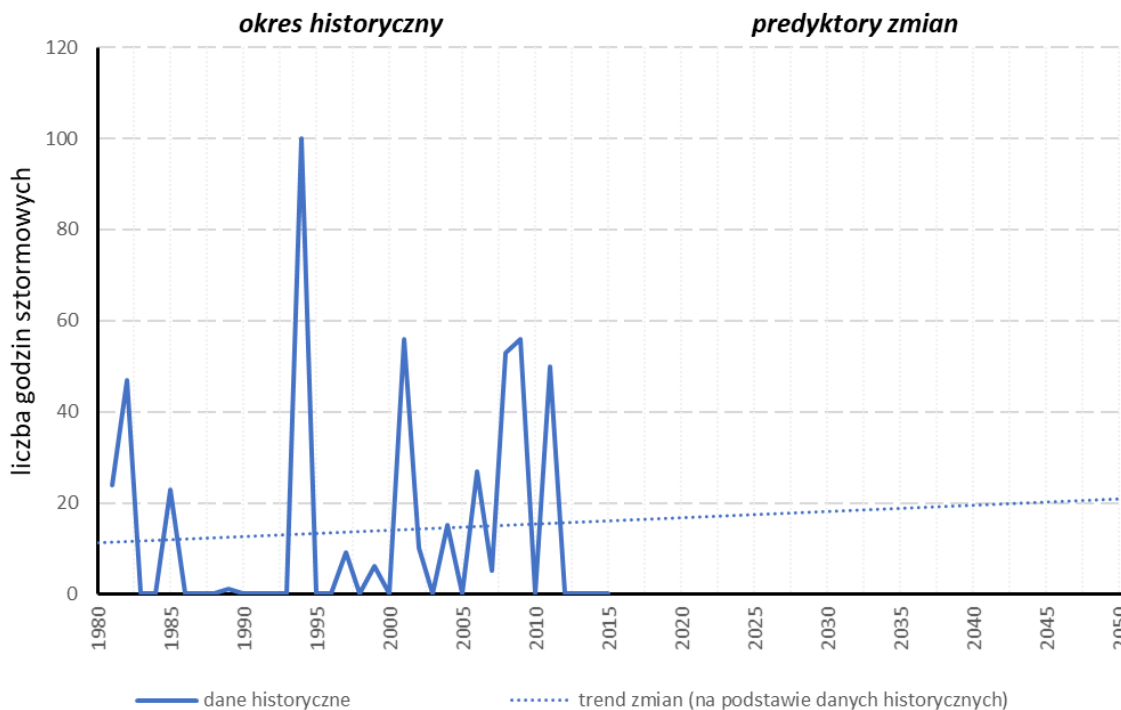
Zgodnie z mapami zagrożenia powodziowego dla Szczecina w mieście jest łącznie 99,27 km<sup>2</sup> obszarów zagrożenia powodzią – przy uwzględnieniu zagrożenia powodzią od strony morza o prawdopodobieństwie wystąpienia 1%, wariant z inwestycjami przeciwpowodziowymi wg stanu na 2014 r. (rysunek 19).

W Szczecinie powódzie miejskie spowodowane deszczami nawalnymi występują stosunkowo rzadko, w latach 1970-2010 stwierdzono jedynie kilka takich sytuacji.

OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW



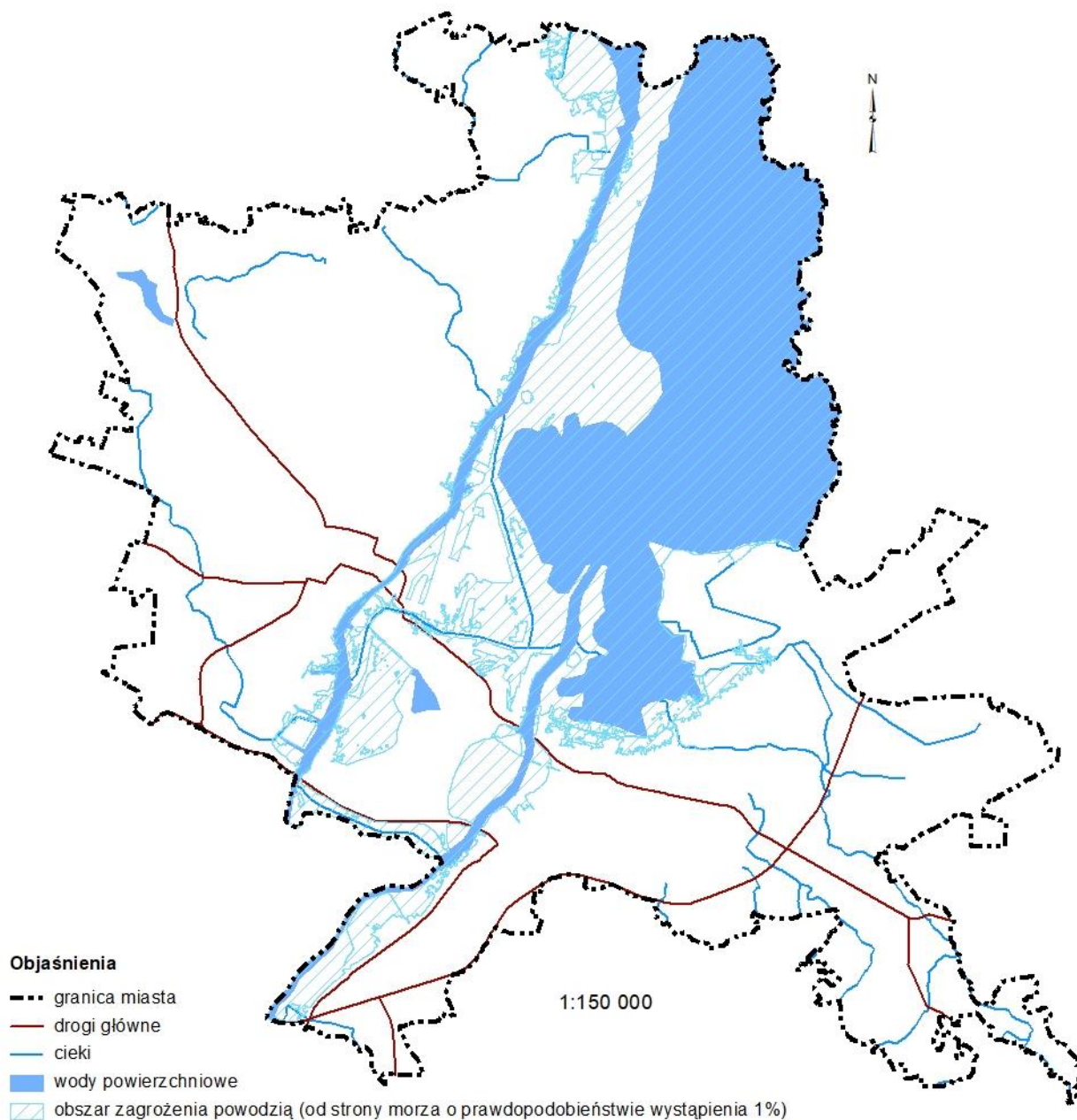
Rys. 17. Maksymalny stan wody w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym



Rys. 18. Liczba godzin powodzi sztormowych w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym



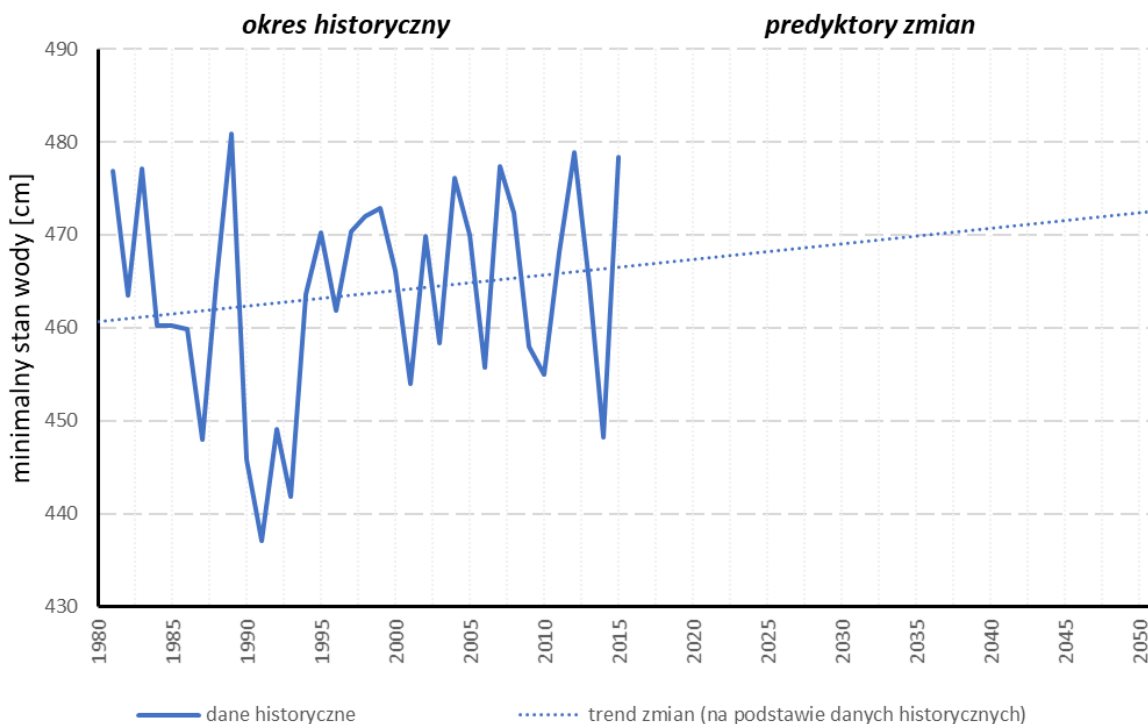
OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW



Rys. 19. Obszary zagrożenia powodziowego w Szczecinie (na podstawie map zagrożenia powodziowego, zagrożenie powodzią od strony morza o prawdopodobieństwie wystąpienia 1%, wariant z inwestycjami przeciwpowodziowymi wg stanu na 2014 r.)

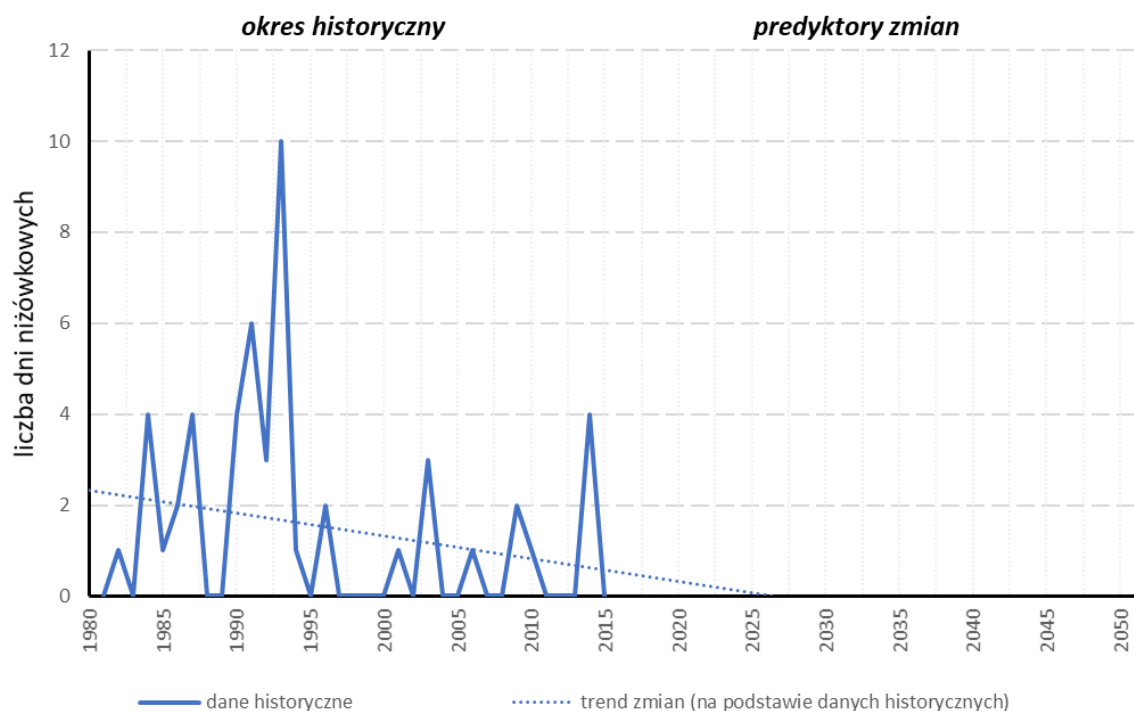
## 8. SUSZE

Niskie stany wody na Odrze w Szczecinie (tj. stany poniżej poziomu średniego niskiego, tzw. dni niżówkowe) występują stosunkowo rzadko (w latach 1981-2015 wystąpiło łącznie tylko 50 takich dni). Dla minimalnego stanu wody obserwuje się tendencję rosnącą co skutkuje tendencją malejącą dla liczby dni niżówkowych (rysunki 20 i 21).



Rys. 20. Minimalny stan wody w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW



Rys. 21. Liczba dni niżówkowych w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

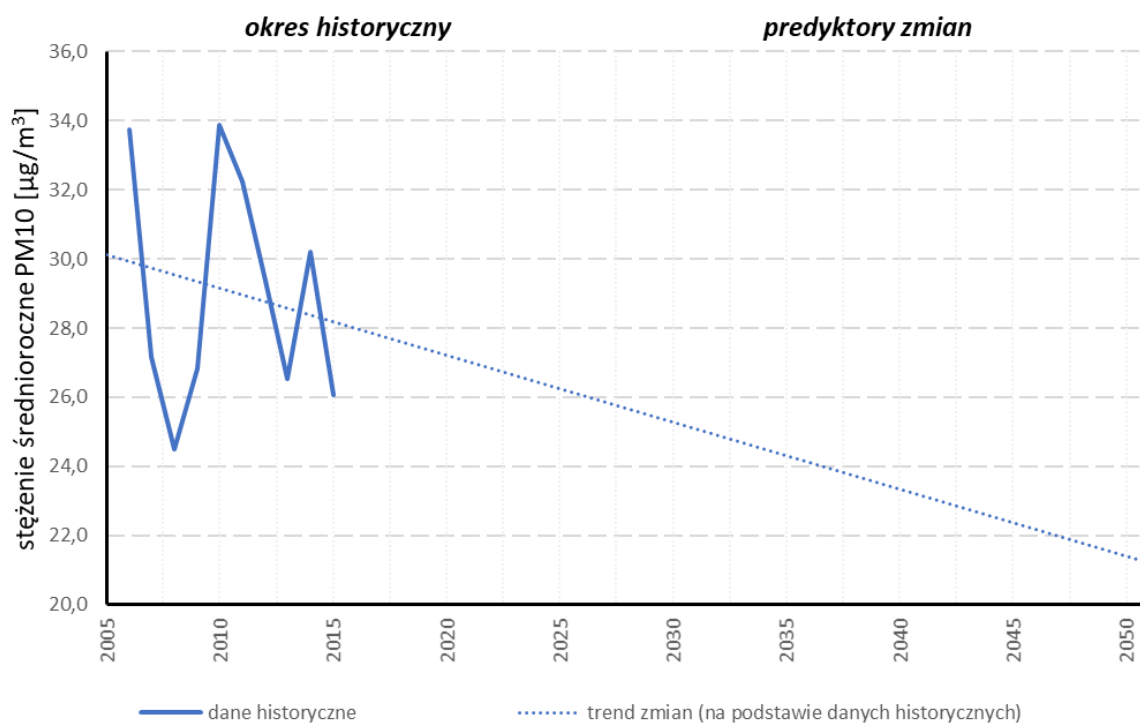
## 9. ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA

Na podstawie analizy wskaźników zanieczyszczeń dla 3 stacji monitoringowych stwierdzono tendencję poprawy stanu jakości powietrza atmosferycznego w Szczecinie (rysunki 22 i 23).

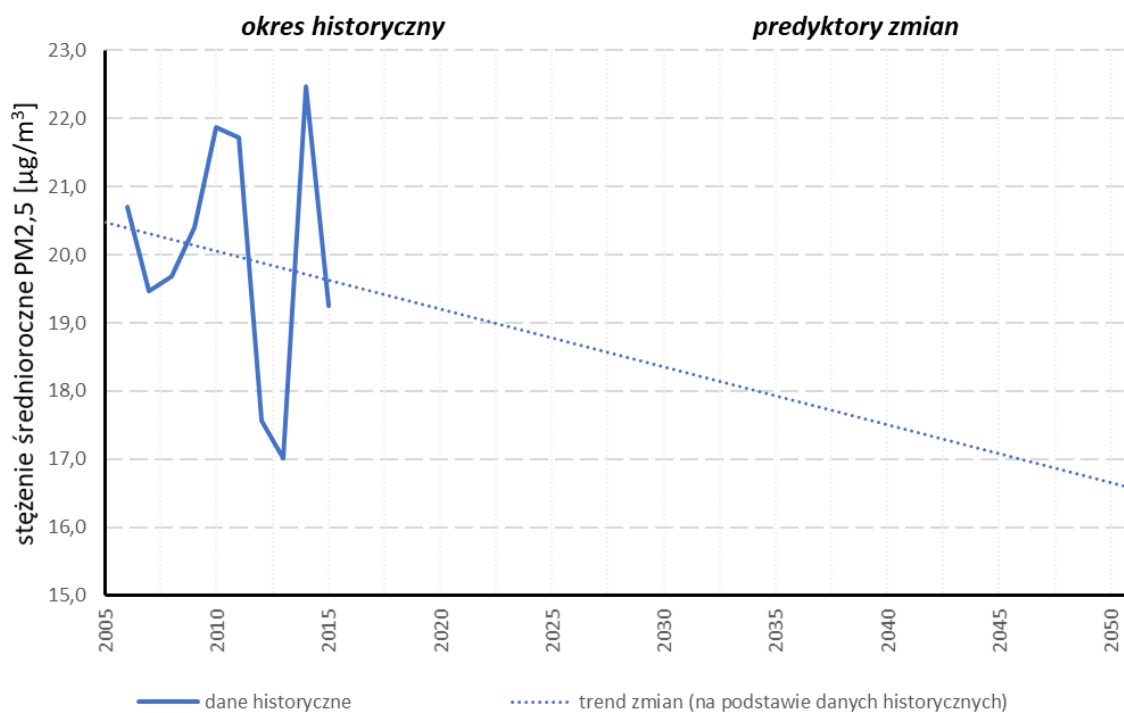
Na żadnej stacji pomiarowej w latach 2006-2015 nie zaobserwowano przekroczeń poziomu dopuszczalnego wskaźników PM10 i PM2,5.

W przypadku smogu zaobserwowano jedynie pojedyncze przypadki przekroczeń dla stanu złego (PM10, ozon troposferyczny) lub bardzo złego (PM10).

OPRACOWANIE PLANÓW ADAPTACJI DO ZMIAN KLIMATU W MIASTACH POWYŻEJ 100 TYS. MIESZKAŃCÓW



Rys. 22. Stężenie średnioroczne PM10 w Szczecinie (stacja na ul. Piłsudskiego) w okresie historycznym i prognozowanym



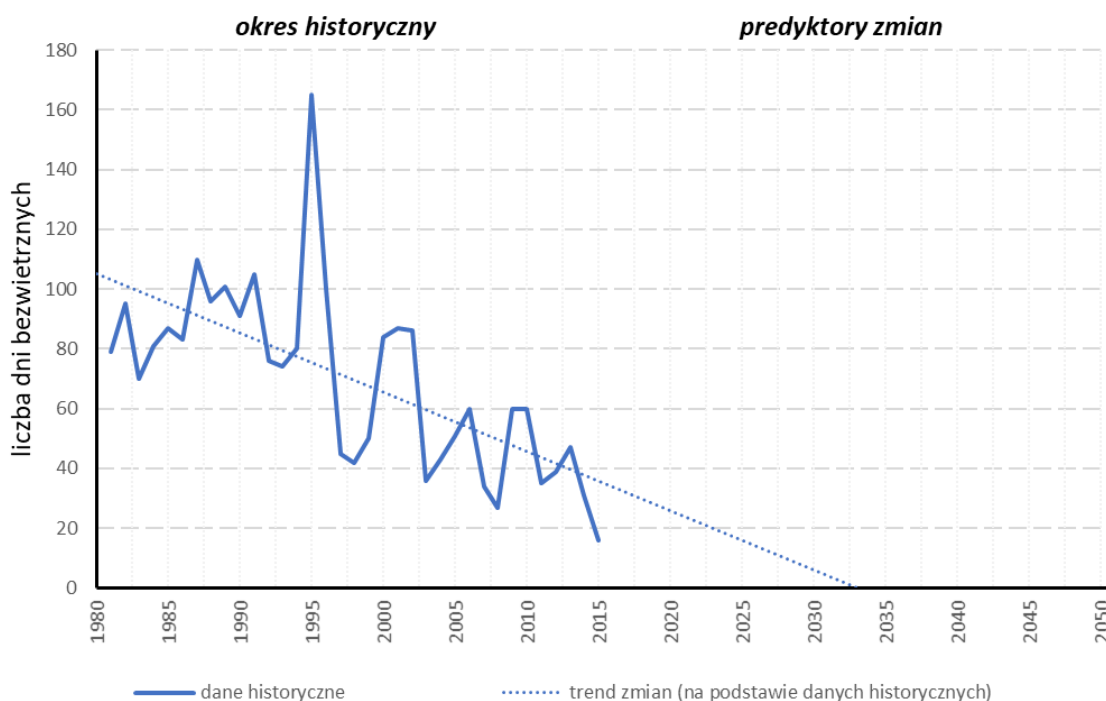
Rys. 23. Stężenie średnioroczne PM2,5 w Szczecinie (stacja na ul. Piłsudskiego) w okresie historycznym i prognozowanym

## 10. WIATR

Średnia roczna liczba dni z wiatrem silnym, tj. o prędkości powyżej 11 m/s, w wieloleciu 1981-2015 wyniosła w Szczecinie 13 dni. Najwięcej takich dni miało miejsce od listopada do marca, najrzadziej silny wiatr występował w okresie od czerwca do października.

Wiatr o średniej prędkości powyżej 17 m/s (sztorm) występuje w Szczecinie sporadycznie (w latach 1981-2015 nie zaobserwowano takich przypadków). Obserwuje się niewielki wzrost średniej rocznej prędkości wiatru.

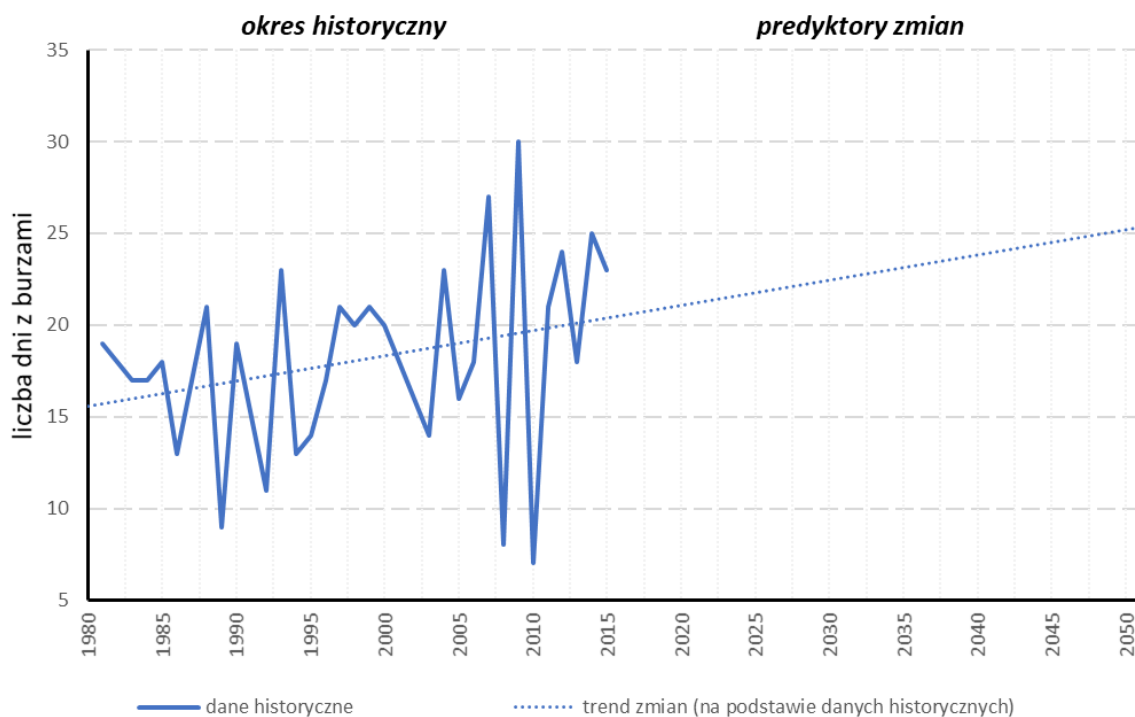
W ciągu roku notuje się też średnio 69 przypadków ciszy, tj. dni bezwietrznych, obserwuje się dla nich jednak tendencję malejącą (rysunek 24).



Rys. 24. Liczba dni bezwietrznych w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

## 11. BURZE

Średnia roczna liczba dni z burzą w Szczecinie dla wielolecia 1981-2015 wynosi 18 dni, wahała się od 7 do 30 dni z burzą (rysunek 25). Burze mogą występować przez cały rok, przede wszystkim od maja do sierpnia (średnio powyżej 3 dni), z maksimum w lipcu (ok. 4 dni); od listopada do marca zjawisko jest incydentalne.



Rys. 25. Liczba dni z burzą w Szczecinie w okresie historycznym i prognozowanym

## 12. OSUWISKA

Na obszarze Szczecina występują cztery czynne osuwiska: Skolwińskie, Glinki, Doliny Żółtinki i Jeziora Szmaragdowego. W ostatnich latach procesy geodynamiczne zachodzą w nich mało intensywnie.