

Podsumowanie Analizy Zagrożenia Agrofagiem (Ekspres PRA) dla ‘*Brenneria salicis*’ (Day 1924) Hauben i wsp. 1999

Obszar PRA: Rzeczpospolita Polska

Opis obszaru zagrożenia: łągi wierzbowe, dziko rosnące drzewa i krzewy z rodzaju *Salix*, obszar uprawy wierzby energetycznej.

Główne wnioski

Dotąd nie odnotowano występowania *Brenneria salicis* i nie obserwowano objawów bakteriozy na wierzbach w Polsce. Ze względu na endofityczne występowanie bakterii, można uznać, że nie stwarza ona poważnego zagrożenia, nawet w przypadku wejścia i zasiedlenia przez nowe szczepy, choć warunki klimatyczne i obecność roślin gospodarzy na terenie Polski sprzyjają zdomowieniu.

Jednoczesne wystąpienie wysokiej koncentracji bakterii *Brenneria salicis* w tkance drzew i nieznanymi dotąd czynnikami środowiskowymi sprzyjających chorobie spowoduje wystąpienie objawów i tym samym straty głównie w starszych drzewostanach, z mniejszym prawdopodobieństwem w uprawach szkółkarskich i plantacjach wierzby energetycznej.

Środki fitosanitarne powinny być podjęte tylko dla objawowo porażonych drzew. Jeżeli na obszarze PRA stwierdzona zostanie porażona objawowo roślina, powinna ona zostać jak najszybciej usunięta w miarę możliwości razem z korzeniami i zutylizowana np. poprzez spalanie. Jeżeli drzewo lub krzew rośnie w skupisku, sąsiadujące bezpośrednio z porażoną rośliną inne okazy wierzb również powinny być usunięte ze względu na możliwość przeniesienia bakterii przez dotykające się liście. Powinno się unikać nowych nasadzeń w miejscach gdzie rosły objawowo porażone rośliny.

W pozostałych krajach EPPO, gdzie wykrywano *B. salicis* choroba nie stanowi obecnie poważnego zagrożenia.

Ryzyko fitosanitarne dla zagrożonego obszaru (indywidualna ranga prawdopodobieństwa wejścia, zdomowienia, rozprzestrzenienia oraz wpływu w tekście dokumentu)	Wysokie	<input type="checkbox"/>	Średnie	<input type="checkbox"/>	<u>Niskie</u>	<input checked="" type="checkbox"/>
Poziom niepewności oceny: (uzasadnienie rangi w punkcie 18. Indywidualne rangi niepewności dla prawdopodobieństwa wejścia, zdomowienia, rozprzestrzenienia oraz wpływu w tekście)	Wysoka	<input type="checkbox"/>	<u>Średnia</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	Niska	<input type="checkbox"/>

Inne rekomendacje:

Przygotowana przez: dr Joanna Kamasa, dr Krzysztof Krawczyk, mgr Magdalena Gawlak, mgr Daria Rzepecka, mgr Agata Pruciak, dr Tomasz Kałuski
Data: 15.10.2020

Etap 1 Wstęp

Powód wykonania PRA: Obecność *Brenneria salicis* stwierdzono w kilku europejskich krajach (Belgia, Austria, Holandia, Włochy, Wielka Brytania), a w Polsce powszechnie występują główne rośliny żywicielskie – na terenie Polski rośnie około 30 gatunków należących do rodzaju *Salix*. Do tej pory nie stwierdzono na terenie Polski bakteryjnego wędnięcia wierzby, nie prowadzono także badań pod kątem obecności bakterii *B. salicis*, które często występują w formie endofitycznej nie powodując choroby. Przejście w stan patogena może powodować wystąpienie objawów chorobowych.

Obszar PRA: Rzeczpospolita Polska

Etap 2 Ocena zagrożenia agrofagiem

1. Taksonomia:

Królestwo	Bacteria (1BACTK)
Typ	Proteobacteria (1PROBP)
Klasa	Gammaproteobacteria (1GAMBC)
Rząd	Enterobacterales (1ENTE0)
Rodzina	Pectobacteriaceae (1PECTF)
Rodzaj	Brenneria (1BRNNG)
Gatunek	<i>Brenneria salicis</i> (ERWISA)

Nazwa powszechna: *Brenneria salicis* (Day, 1924) Hauben i wsp., 1999

Inne nazwy patogena:

Bacterium saliciperda (Lindeijer) Burgvits, 1935
Bacterium salicis Day, 1924
Chromobacterium salicis (Day) Krasil'nikov, 1949
Erwinia amylovora var. *salicis* (Day) Martinec i Kocur, 1963
Erwinia salicis (Day) Chester
Phytobacterium saliciperda (Lindeijer) Magrou i Prévot, 1948
Phytomonas saliciperda (Lindeijer) Magrou, 1937
Phytomonas salicis (Day) Magrou, 1937
Pseudobacterium salicis (Day) Krasil'nikov, 1949
Pseudomonas saliciperda Lindeijer, 1932

Inne nazwy choroby:

angielski: vascular: willow wilt; watermark disease of willow; willow vascular wilt; willow watermark disease
francuski: coloration bactérienne du saule
niemiecki: Wasserzeichenkrankheit: Weide

2. Informacje ogólne o agrofagu:

Bakteryjne więdnienie wierzby jest najpoważniejszą chorobą jaka może porażać ten rodzaj obejmujący zarówno drzewa, krzewy jak i krzewinki. W Wielkiej Brytanii choroba obserwowana jest od roku 1924 (Metcalf, 1937; Patrick, 1991).

Brenneria salicis jest Gram-ujemną, fakultatywnie beztlenową, nieprzetrwalnikującą ruchliwą pałeczką z perytrychalnie umieszczoną wicią. Kolonie po 4 dniach inkubacji w 20°C, na pożywce agarowej mają średnicę 1–2 mm, barwę od przezroczystej do białej, są okrągłe, wypukłe i błyszczące. Bakterie *B. salicis* nie fluoryzują na podłożu Kinga B i nie wywołują reakcji nadwrażliwości na tytoniu (Grosso i wsp., 2011). Wiele izolatów, poza tymi pochodzącymi z Holandii, wytwarza żółty barwnik na pożywce z ziemniaków. Optimum temperaturowe dla *B. salicis* określa się od 23 do 30°C (Schaad i wsp., 2001).

Jak wiele innych patogenów porażających rośliny drzewiaste, *B. salicis* wykazuje szereg przystosowań do specyficznego środowiska jakie zasiedla, gdzie często występuje jako endofit. Koncentracja bakterii w tkance rośliny jest zsynchronizowana z aktywnością sezonową drzewa. Zatrzymanie wody w tkankach zimą, wiąże się z wysoką koncentracją *B. salicis*, podczas gdy wiosną aktywny strumień soków rozprowadza *B. salicis* z naczyń ksylemu w kierunku liści. Choroba znaku wodnego dotyczy głównie drzewa starsze niż dziesięcioletnie (<https://plantenplagen.nl/plantenplagen/watermerkziekte/>).

Objawy chorobowe

Wiosną pojedyncze pędy w koronie więdną, a zwiędnięte liście przyjmują barwę jaskrawo czerwonobrunatną (później brunatną).

Z pęknięć kory wydobywa się biały śluz bakteryjny (Sakamoto i wsp., 1999), który z czasem brunatnieje. Po zamarceniu liści pojawiają się pędy przybyszowe, które przeważnie też są porażone. Na przekroju poprzecznym część zasiedlona przez bakterie jest jaśniejsza i przypomina znak wodny na papierach wartościowych (stąd synonim choroba znaku wodnego - watermark disease WMD), później staje się ciemnobrunatna.

Rozprzestrzenianie choroby

Wg Mańka (Mańka, 2005) wektorami bakterii są owady (nie podano które), ale informacja ta nie została potwierdzona w nowszych publikacjach. Podejrzewano, że wektorem może być krytoryjek olchowiec, (*Cryptorrhynchus lapthi*), ale w Wielkiej Brytanii nigdy nie powiązano występowania tego owada z porażeniem roślin przez *B. salicis* (Sakamoto i wsp., 1999).

Więdzące (porażone objawowo) wierzby uznawane są za główne źródło patogena w środowisku, gdzie bakteria przenosi się w trakcie eksudacji z deszczem i wiatrem, poprzez dotykające się liście, na rosnące w pobliżu drzewa (Van der Zweep i Kam, 1982). Stwierdzono, że bakterie nie przenoszą się przy udziale człowieka w trakcie przycinania pędów. Roczne pędy rosnące na porażonych drzewach prawie zawsze są wolne od bakterii (Kam, 1983).

W badaniach przeprowadzonych w Holandii obejmujących serie eksperymentów wykazano, że sztuczna inokulacja przez uszkodzone tkanki skutkowałą rozwojem objawów chorobowych tylko w około 10%. Objawy choroby nigdy nie wystąpiły po opryskaniu blizn po liściach zawieszoną bakteryjną jesienią lub na pąkach i baziach wiosną (Gremmen i De Kam, 1981).

Patogen czy endofit?

Patogeniczność *B. salicis* i jej interakcja z rośliną gospodarza jest nadal nie wyjaśniona. W warunkach gdy bakteria występuje w charakterze patogena jej koncentracja w roślinie jest bardzo wysoka. Dzięki technikom molekularnym można wykryć *B. salicis* nawet w małych koncentracjach, gdy bakteria jest endofitem.

Bakterie wykrywano w różnych odmianach i klonach wierzby niewykazujących objawów chorobowych, pochodzących z różnych krajów, co sugeruje brak preferencji w stosunku do rośliny gospodarza. Badania potwierdziły częste występowanie *B. salicis* w szkółkach, gdzie nie obserwowano żadnych objawów chorobowych, m.in. na terenie Flandrii w wierzbie, topoli i olszy. Stwierdzono, że bakterie posiadały gen reduktazy nitrogenazy - NifH, (często obecny u bakterii zaliczanych do PGPB) wspomagały wzrost i produkcję chlorofilu w roślinach wierzby.

Stwierdzono, że obecność i rozprzestrzenianie się *B. salicis* w roślinie nie jest wystarczające do wywołania choroby, ale istnieją nieznanne czynniki odgrywają rolę w przejściu z pozycji endofita do patogena (Maes i wsp., 2017; Maes i wsp., 2009). Wykazano, że z występowaniem choroby znaku wodnego u wierzby białej skorelowane są zaburzenia równowagi składników pokarmowych spowodowane nadmiarem azotu w glebie (De Vos i wsp., 2007).

Ochrona

Ochrona ogranicza się do usuwania porażonych drzew (Mańka, 2005), unikaniu nowych nasadzeń w miejscu wystąpienia objawowo porażonych wierzb, autorzy opracowań z Holandii zalecają usuwanie tylko porażonych objawowo części roślin (<https://www.bomenbieb.nl/boomziekte/watermerkziekte/>).

Metody identyfikacji:

- analiza kwasów tłuszczowych,
- reakcja PCR ze starterami zaprojektowanymi na 16S RNA Es1A (5'-GCGGCGGACGGGTGA, GTAAA-3'), Es4B (5'-CTAGCCTGTCAGTTTTGAATGCT-3') (Hauben i wsp., 1998),
- profil biochemiczny - system BIOLOG GEN III.

Inne PRA

Opracowanie UK Risk Register Details for *Brenneria salicis*
<https://planthealthportal.defra.gov.uk/data/pests/11553>

3. Czy agrofag jest wektorem?	Tak	<u>Nie X</u>
-------------------------------	-----	--------------

4. Czy do rozprzestrzenienia lub wejścia agrofaga potrzebny jest wektor?	Tak	<u>Nie X</u>
--	-----	--------------

5. Status regulacji agrofaga

	Kraj	Lista	Rok umieszczenia na liście
Afryka			
	Afryka Południowa	A1	2001
Ameryka			

	Argentyna	A1	2019
	Brazylia	A1	2018
	Kanada	Organizm kwarantannowy	2019
	Chile	A1	1995
	USA	Organizm kwarantannowy	1989
	Urugwaj	A1	1995
UE			
	COSAVE	A2	2018
	IAPSC	A1	1989

6. Rozmieszczenie

Kontynent	Rozmieszczenie (<i>lista krajów lub ogólne wskazanie – np. Zachodnia Afryka</i>)	Komentarz na temat statusu na obszarze występowania (<i>np. szeroko rozpowszechniony, natywny etc.</i>)	Źródła
Azja			
	Japonia Hokkaido	Obecny	EPPO, 2014; Bradbury, 1986; Sakamoto i wsp., 1999
Europa			
UE	Austria	Nieobecny, niepełne dane	EPPO, 2014; Bradbury, 1986
	Belgia	Obecny, zlokalizowany	Rijckaert C. i wsp., 1984
	Niderlandy	Obecny, rozpowszechniony	Gremmen i wsp., 1970; Bradbury, 1986; EPPO, 2014
	Węgry	Obecny	Németh i wsp., 1999; CABI i EPPO, 2006
	Wielka Brytania	Obecny, zlokalizowany	EPPO, 2014
	Włochy	Obecny	Grosso i wsp., 2011
Oceania			
	Nowa Zelandia	Obecny	Hauben i wsp., 1998

7. Rośliny żywicielskie i ich rozmieszczenie na obszarze PRA

Nazwa naukowa rośliny żywicielskiej (nazwa potoczna)	Występowanie na obszarze PRA (<i>Tak/Nie</i>)	Komentarz (np. główne/poboczne siedliska)	Źródła (dotyczy występowania agrofaga na roślinie)
<i>Salix alba</i> (wierzba biała)	Tak	Drzewo rosnące naturalnie na niżu i w niższych położeniach górskich na obszarze PRA, ważny składnik zbiorowisk leśnych, w tym łągów nad brzegami rzek. Także roślina nasadzana w wielu odmianach jako ozdobna.	https://www.cabi.org/isc/datasheet/21936#toHostsOrSpeciesAffected
<i>Salix bakko</i>	Tak	Roślina pochodząca z Japonii, uprawiana, choć raczej rzadko jako ozdobna na obszarze PRA.	
<i>Salix caprea</i> (wierzba iwa)	Tak	Krzew rosnący naturalnie na obszarze PRA, a także roślina nasadzana jako ozdobna.	
<i>Salix cinerea</i> (wierzba szara)	Tak	Krzew rosnący naturalnie na obszarze PRA, a także roślina nasadzana jako ozdobna. Występuje na siedliskach wilgotnych.	
<i>Salix fragilis</i> (wierzba krucha)	Tak	Drzewo rosnące naturalnie na niżu i w niższych położeniach górskich na obszarze PRA, ważny składnik zbiorowisk leśnych, w tym łągów nadrzecznych.	
<i>Salix purpurea</i> (wierzba purpurowa, wiklina)	Tak	Krzew pospolity na niżu i w niższych położeniach górskich na obszarze PRA na siedliskach wilgotnych i podmokłych. Tak że	

		uprawiana jako roślina ozdobna oraz użytkowa (wiklina).
<i>Salix sachalinensis</i> (wierzba sachalińska)	Tak	Roślina uprawiana jako ozdobna na obszarze PRA.
<i>Salix triandra</i> (wierzba trójpręcikowa, w. migdałowa)	Tak	Krzew lub niewielkie drzewo rosnące naturalnie na niżu i w niższych położeniach górskich na obszarze PRA, składnik zbiorowisk leśnych, w tym łągów wierzbowych nad brzegami rzek. Także roślina nasadzana jako ozdobna.
<i>Salix viminalis</i> (wierzba wiciowa, wierzba energetyczna)	Tak	Krzew lub niewielkie drzewo rosnące naturalnie na niżu i w niższych położeniach górskich na obszarze PRA. Także roślina nasadzana jako ozdobna, oraz produkująca biomasę (energetyczna).

8. Drogi przenikania

Możliwa droga przenikania	Droga przenikania: rośliny do sadzenia
Krótki opis, dlaczego jest rozważana jako droga przenikania	bakteria może przenosić się z sadzonkami wierzby
Czy droga przenikania jest zamknięta na obszarze PRA?	Tak (Rozp. KE 2018/2019, Zał. I, poz. 1.)
Czy agrofag był już przechwycony tą drogą przenikania?	Nie
Jakie stadium jest najbardziej prawdopodobnie związane z tą drogą przenikania?	Żywe komórki bakteryjne
Jakie są ważne czynniki do powiązania z tą drogą przenikania?	Sprowadzanie sadzonek z obszarów, na których B. salicis objawowo poraża wierzbę
Czy agrofag może przeżyć transport i składowanie w tej drodze przenikania?	Tak

Czy agrofag może zostać przeniesiony z tej drogi przenikania na odpowiednie siedlisko?	Tak		
Czy wielkość przemieszczana tą drogą przenikania sprzyja wejściu agrofaga?	Nie. Brak jest danych na temat skali importu sadzonek wierzby do Polski		
Czy częstotliwość przemieszczania tą drogą przenikania sprzyja wejściu agrofaga?	Nie		
Ocena prawdopodobieństwa wejścia	<u>Niskie X</u>	Średnie	Wysokie
Ocena niepewności	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka

9. Prawdopodobieństwo zasiedlenia w warunkach zewnętrznych (środowisko naturalne i zarządzane oraz uprawy) na obszarze PRA

Bakteria *Brenneria salicis* w tkankach wierzby może występować jako endofit, nie powodując objawów chorobowych. W Polsce nie badano występowania tej bakterii, nie obserwowano też objawów chorobowych na wierzbach, nie mamy w związku z tym danych czy *B.salicis* występuje w kraju i w jakiej skali. Warunki klimatyczne oraz dostępność roślin żywicielskich sprzyja zasiedleniu i występowaniu *B. salicis*.

Ocena prawdopodobieństwa zadomowienia w warunkach zewnętrznych	Niskie	<u>Średnie X</u>	Wysokie
Ocena niepewności	Niska	Średnia	<u>Wysoka X</u>

10. Prawdopodobieństwo zasiedlenia w uprawach pod osłonami na obszarze PRA

Roślina żywicielska nie jest uprawiana pod osłonami.

Ocena prawdopodobieństwa zasiedlenia w uprawach chronionych	Niskie	Średnie	Wysokie
Ocena niepewności	Niska	Średnia	Wysoka

11. Rozprzestrzenienie na obszarze PRA

Bakteria *B. salicis* była wykryta w kilku krajach europejskich (tabela 6), w Holandii i w Anglii spowodowała w przeszłości pewne straty. Obecnie nie prowadzi się monitoringu występowania tej bakterii, nie ma też nowych doniesień o chorobach wierzby, które można by powiązać z infekcją bakteryjną, dlatego ocena w tym punkcie obciążona jest wysoką niepewnością.

Ocena wielkości rozprzestrzenienia na obszarze PRA	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka
Ocena niepewności	Niska	Średnia	<u>Wysoka X</u>

12. Wpływ na obecnym obszarze zasięgu

12.01 Wpływ na bioróżnorodność

B. salicis powodowała w przeszłości straty ekonomiczne w Wielkiej Brytanii (<http://www.redtapechallenge.cabinetoffice.gov.uk/home/index/>), występowała miejscowo we Włoszech - w Turynie Alessandri, Vercelli (Grosso i wsp., 2011), w Belgii (M., 2005) powszechnie w Holandii (Tol i wsp., 1988; Gremmen i wsp., 1970), a także w naturalnych lasach wokół górzystego obszaru góry Taisetsu na wyspie Hokkaido w Japonii (Sakamoto i wsp., 1999).

W cytowanej literaturze autorzy nie kładli nacisku na wpływ bakterii na bioróżnorodność, ale ze względu na skalę wystąpienia choroby należy przyjąć, że największy wpływ na bioróżnorodność bakteria wywarła w Japonii gdzie wystąpiła w naturalnym lesie i na terenie Holandii gdzie drzewa porażonych objawowo wierzb zostały zastąpione nasadzeniami topoli.

Ocena wielkości wpływu na bioróżnorodność na obecnym obszarze zasięgu	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka
Ocena niepewności	Niska	Średnia	<u>Wysoka X</u>

12.02 Wpływ na usługi ekosystemowe

Usługa ekosystemowa	Czy szkodnik ma wpływ na tę usługę? <i>Tak/nie</i>	Krótki opis wpływu	Źródła
Zabezpieczająca	Tak	-Wierzba ma wysoką wartość opałową i jest najpopularniejszą rośliną energetyczną; -Surowiec do produkcji wyrobów wiklinowych, sklejek, płyt pilśniowych, wyrobów papierniczych.	Artyszak, 2015 http://www.tpriig.pl/dzialania/117-rola-wierzb-w-ekosystemach-rzecznych
Regulująca	Tak	-Może służyć do rekultywacji terenów zdegradowanych (korzenie wierzb wychwytyją ponad 80% zanieczyszczeń), umacniania brzegów i skarp (jako faszyna) oraz biologicznego oczyszczania ścieków.	
Wspomagająca	Tak	-Porasta tereny podmokłe, na których często nie występują inne drzewa, stanowi siedlisko dla zwierząt.	

Kulturowa	Tak	-Jest ważnym elementem tradycyjnego krajobrazu Polski; -Nadal często sadzona w przydomowych ogrodach i na terenach zielonych.	
-----------	-----	--	--

Ocena wielkości wpływu na usługi ekosystemowe na obecnym obszarze zasięgu	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka
Ocena niepewności	<u>Niska X</u>	Średnia	Wysoka

12.03 Wpływ socjoekonomiczny

Na przestrzeni ostatnich kilku lat brak jest jakichkolwiek doniesień o szkodach powodowanych przez *B. salicis* na obecnym obszarze zasięgu, uznano zatem że bakteria ta nie ma wpływu socjoekonomicznego.

Ocena wielkości wpływu socjoekonomicznego na obecnym obszarze zasięgu	<u>Niska X</u>	Średnia	Wysoka
Ocena niepewności	<u>Niska X</u>	Średnia	Wysoka

13. Potencjalny wpływ na obszarze PRA

Jeżeli *B. salicis* zacznie wywoływać objawy chorobowe na wierzbie, będzie to miało negatywny wpływ na obszarze PRA.

13.01 Potencjalny wpływ na bioróżnorodność na obszarze PRA

Kwitnąca wczesną wiosną wierzba jest źródłem pokarmu dla pszczoł (Gremmen, De Kam, 1970), drzewa porastające brzegi rzek stanowią schronienie dla wielu zwierząt. W przypadku braku danych na temat obecności *B. salicis* w Polsce oraz braku doniesień o występowaniu objawowo porażonych drzew, można stwierdzić że patogen nie ma obecnie wpływu na bioróżnorodność. Jeżeli na obszarze PRA pojawią się objawowo porażone rośliny, wpływ na bioróżnorodność będzie zależał od tego czy objawy wystąpią tylko na plantacjach wierzby energetycznej, czy również na łęgach i nieużytkach – jeżeli tak wpływ na bioróżnorodność będzie co najmniej średni.

Ocena wielkości wpływu na bioróżnorodność na potencjalnym obszarze zasiedlenia	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka
Ocena niepewności	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka

13.02 Potencjalny wpływ na usługi ekosystemowe na obszarze PRA

Wystąpienie choroby wywoływanej przez *B. salicis* będzie miało znaczący wpływ na usługi ekosystemowe ze względu na powszechne występowanie roślin żywicielskich (wierzby) na brzegach rzek. Patogen stanowi też zagrożenie dla upraw wierzby energetycznej.

Ocena wielkości wpływu na usługi ekosystemowe na potencjalnym obszarze zasiedlenia	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka
Ocena niepewności	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka

13.03 Potencjalny wpływ socjoekonomiczny na obszarze PRA

Na przestrzeni ostatnich kilku lat brak jest jakichkolwiek doniesień o szkodach powodowanych przez *B. salicis* na obecnym obszarze zasięgu, uznano zatem że bakteria ta nie ma wpływu socjoekonomicznego.

Ocena wielkości wpływu socjoekonomiczny na potencjalnym obszarze zasiedlenia	<u>Niska X</u>	Średnia	Wysoka
Ocena niepewności	Niska	<u>Średnia X</u>	Wysoka

14. Identyfikacja zagrożonego obszaru

Obszar, który można określić jako najbardziej narażony to poza łągami wierzbowymi i dziko rosnącymi drzewami, obszar uprawy wierzby energetycznej. Szacuje się, że powierzchnia upraw wierzby energetycznej w Polsce wynosi około 2 tys. ha (<http://odr.pl/ekologia-i-srodowisko/energia-odnawialna/za-i-przeciw-uprawie-wierzby-energetycznej/>).

15. Zmiana klimatu

Każdy ze scenariuszy zmian klimatu (Załącznik 1) zakłada wzrost temperatury w stosunku do wartości z okresu referencyjnego 1986–2015. Najbardziej optymistyczny scenariusz RCP 2.6 prognozuje zmiany o około 1,3°C w perspektywie każdej pory roku. Według optymistycznego RCP 4.5 nastąpi ocieplenie o 1,6/1,7°C w przedziale 2036–2065 i o około 2,3°C dla lat 2071–2100 w okresach zimowym oraz letnim. Natomiast realny scenariusz RCP 6.0 zakłada wzrost temperatury latem (marzec-sierpień) oraz zimą (wrzesień-luty) o 1,7°C dla 2036–2065 i 2,7°C dla 2071–2100. Pesymistyczna, ale prawdopodobna prognoza – RCP 8.5, spowoduje podwyższenie temperatury w okresie zimowym o około 2,3°C w latach 2036–2065 i o około 4,3°C dla 2071–2100. W porze letniej wzrost ten będzie zbliżony.

Największe wzrosty opadów prognozowane są w zimie (2036–2065 od 13,8% do 18,4%, 2071–2100 od 18% do 33,9%), natomiast najmniejsze w lecie (2036–2065 od -1,3% do 2,1%, 2071–2100 od -7,8% do 0,1%). Równie istotne są duże różnice pomiędzy 9 i 95 percentylem projekcji (w niektórych przypadkach sięgające nawet 100mm), utrudniające oszacowanie zmian opadów w przyszłości.

Wg aktualnej wiedzy optimum temperaturowe dla *B. salicis* określa się od 23 do 30°C (Schaad i wsp., 2001). Jest to szeroki przedział i wzrost obecnych średnich temperatur w czasie wegetacji nie wpłynie znacząco na zadomowienie lub rozprzestrzenianie się patogena. Dla bakterii patogenicznych zasiedlających tkanki rośliny żywicielskiej, w tym przypadku wierzby, warunki klimatyczne (temperatura, wilgotność, długość okresu wegetacyjnego) będą na tyle sprzyjające na ile są sprzyjające dla rośliny gospodarza.

15.01 Który scenariusz zmiany klimatu jest uwzględniony na lata 2050 do 2100*

Scenariusz zmiany klimatu: RCP 4.5, 6.0, 8.5 (patrz Załącznik 1) (IPPC, 2014).

15.02 Rozważyć wpływ projektowanej zmiany klimatu na agrofaga. W szczególności rozważyć wpływ zmiany klimatu na wejście, zasiedlenie, rozprzestrzenienie oraz wpływ na obszarze PRA. W szczególności rozważyć poniższe aspekty:

Czy jest prawdopodobne, że drogi przenikania mogą się zmienić na skutek zmian klimatu? (Jeśli tak, podać nową ocenę prawdopodobieństwa i niepewności.)	Źródła
Nie.	Ocena ekspercka
Czy prawdopodobieństwo zasiedlenia może się zmienić wraz ze zmianą klimatu? (Jeśli tak, podać nową ocenę prawdopodobieństwa i niepewności.)	Źródła
Nie.	Ocena ekspercka
Czy wielkość rozprzestrzenienia może się zmienić wraz ze zmianą klimatu? (Jeśli tak, podać nową ocenę wielkości rozprzestrzenienia i niepewności.)	Źródła
Nie.	Ocena ekspercka
Czy wpływ na obszarze PRA może się zmienić wraz ze zmianą klimatu? (Jeśli tak, podać nową ocenę wpływu i niepewności.)	Źródła
Nie.	Ocena ekspercka

16. Ogólna ocena ryzyka

Dotąd brak danych, czy bakteria *Brenneria salicis* występuje w Polsce, gdyż nie prowadzono badań w tym kierunku i nie obserwowano objawów bakteriozy na wierzbach w naszym kraju.

Ze względu na endofityczne występowanie bakterii, można uznać, że nie stwarza ona poważnego zagrożenia, nawet w przypadku wejścia i zasiedlenia przez nowe szczepy, choć warunki klimatyczne i obecność roślin gospodarzy na terenie Polski sprzyjają zadomowieniu.

Środki fitosanitarne powinny być podjęte tylko dla objawowo porażonych drzew i krzewów. Jeżeli na obszarze PRA stwierdzona zostanie porażona objawowo roślina, powinna ona zostać jak najszybciej usunięta w miarę możliwości razem z korzeniami i zutylizowana np. poprzez spalanie. Jeżeli drzewo lub krzew rośnie w skupisku, sąsiadujące bezpośrednio z porażoną rośliną okazy wierzby również powinny być usunięte ze względu na możliwość przeniesienia bakterii przez dotykające się liście.

W pozostałych krajach EPPO, gdzie wykrywano *B. salicis* choroba nie stanowi obecnie zagrożenia.

Poza krajami EPPO występowanie choroby obserwowano w Japonii w latach 1993-1998 (Sakamoto i wsp., 1999). Na drzewach obserwowano pełne spektrum objawów chorobowych. Identyfikację patogena potwierdzono w testach biochemicznych i w testach patogeniczności na dwuletnich sadzonkach wierzby, gdzie 70% zainokulowanych roślin dało wynik pozytywny.

Jednoczesne wystąpienie wysokiej koncentracji bakterii *Brenneria salicis* w tkance drzew i nieznanymi dotąd czynnikami środowiskowymi sprzyjającymi chorobie spowoduje wystąpienie objawów i tym samym straty głównie w starszych drzewostanach, z mniejszym prawdopodobieństwem w uprawach szkółkarskich i plantacjach wierzby energetycznej.

Etap 3. Zarządzanie ryzykiem zagrożenia agrofagiem

17. Środki fitosanitarne

Porażona objawowo roślina powinna zostać jak najszybciej usunięta w miarę możliwości razem z korzeniami i zutylicowana np. poprzez spalanie. Jeżeli drzewo lub krzew rośnie w skupisku innych wierzby, sąsiadujące bezpośrednio z porażoną rośliną inne wierzby również powinny być usunięte ze względu na możliwość przeniesienia bakterii przez dotykające się liście. Powinno się unikać nowych nasadzeń w miejscach gdzie rosły objawowo porażone rośliny.

17.01 Środki zarządzania eradykacją, powstrzymywaniem i kontrolą

Etap oceny zagrożenia:			Przeniknięcie	Zadomowienie	Rozprzestrzenienie	Wpływ
Środki kontroli						
1.01	Uprawa roślin w izolacji	Opis możliwych warunków wykluczających, które mogłyby zostać wdrożone w celu odizolowania uprawy od szkodników i, w stosownych przypadkach, odpowiednich wektorów. Np. specjalna konstrukcja, taka jak szklarnie szklane lub plastikowe.	x	-	-	
1.02	Czas sadzenia i zbiorów	Celem jest wytworzenie fenologicznej niezgodności w interakcji szkodnik/uprawa poprzez oddziaływanie lub korzystanie z określonych czynników uprawowych, takich jak: odmiany, warunki klimatyczne, czas siewu lub sadzenia oraz poziom dojrzałości/wieku roślin, sezonowy czas sadzenia i zbioru.	-	-	-	
1.03	Obróbka chemiczna upraw, w tym materiału rozmnożeniowego		-	-	-	

1.04	Obróbka chemiczna przesyłek lub podczas przetwarzania	Stosowanie związków chemicznych, które mogą być użyte do roślin lub produktów roślinnych po zbiorach, podczas przetwarzania lub pakowania i przechowywania. Środki, o których mowa, są następujące: a) fumigacja; b) pestycydy do opryskiwania/namaczania; c) środki do dezynfekcji powierzchni; d) dodatki do procesu; e) związki ochronne.	-	-	-	
1.05	Czyszczenie i dezynfekcja urządzeń, narzędzi i maszyn	Fizyczne i chemiczne czyszczenie oraz dezynfekcja obiektów, narzędzi, maszyn, środków transportu, urządzeń i innych akcesoriów (np. skrzynek, garnków, palet, wsporników, narzędzi ręcznych). Środki mające tutaj zastosowanie to: mycie, zamiatanie i fumigacja.	-	-	-	
1.06	Zabiegi na glebę	Kontrola organizmów glebowych za pomocą wymienionych poniżej metod chemicznych i fizycznych: a) Fumigacja; b) Ogrzewanie; c) Solaryzacja; d) Zalewanie; e) Wałowanie/ugniatanie gleby; f) Biologiczna kontrola augmentacyjna; g) Biofumigacja.	-	-	-	
1.07	Korzystanie z niezanieczyszczonej wody	Chemiczne i fizyczne uzdatnianie wody w celu wyeliminowania mikroorganizmów przenoszonych przez wodę. Środki, o których to: obróbka chemiczna (np. chlor, dwutlenek chloru, ozon); obróbka fizyczna (np. filtry membranowe, promieniowanie ultrafioletowe, ciepło); obróbka ekologiczna (np. powolna filtracja piaskowa).	-	-	-	
1.08	Obróbka fizyczna przesyłek lub podczas przetwarzania	Dotyczy następujących kategorii obróbki fizycznej: napromieniowanie/ionizacja; czyszczenie mechaniczne (szczotkowanie, mycie); sortowanie i klasyfikowanie oraz usuwanie części roślin (np. korowanie drewna). Środki te nie obejmują: obróbki na ciepło i zimno (pkt. 1.14); szarpania i przycinania (pkt. 1.12).	-	-	-	
1.09	Kontrolowana atmosfera	Obróbka roślin poprzez magazynowanie w atmosferze modyfikowanej (w tym modyfikowanej wilgotności, O ₂ , CO ₂ , temperatury, ciśnienia).	-	-	-	

1.10	Gospodarka odpadami	Przetwarzanie odpadów (głębokie zakopywanie, kompostowanie, spalanie, rozdrabnianie, produkcja bioenergii ...) w autoryzowanych obiektach oraz urzędowe ograniczenie przemieszczania odpadów.	x	x	x Porażone drzewa mogą być użyte w produkcji bioenergii, nie można ich kompostować, zakopywać, pozostawiać pniaków po wycince.	
1.11	Stosowanie odpornych i tolerancyjnych gatunków/odmian roślin	Rośliny odporne stosuje się w celu ograniczenia wzrostu i rozwoju określonego szkodnika i/lub szkód, które powodują w porównaniu z odmianami roślin wrażliwych w podobnych warunkach środowiskowych i pod presją szkodników. Ważne jest, aby odróżnić rośliny odporne od tolerancyjnych gatunków/odmian.	-	-	-	
1.12	Cięcie i Przcinywanie	Cięcie definiuje się jako usuwanie porażonych roślin i/lub nie porażonych roślin żywicielskich na wyznaczonym obszarze, natomiast przycinanie definiuje się jako usuwanie tylko porażonych części roślin bez wpływu na żywotność rośliny.	-	-	x	
1.13	Płodozmian, łączenie i zagęszczenie upraw, zwalczanie chwastów/samosiewów	Płodozmian, łączenie i zagęszczenie upraw, zwalczanie chwastów/samosiewów są stosowane w celu zapobiegania problemom związanym ze szkodnikami i są zazwyczaj stosowane w różnych kombinacjach, aby uczynić siedlisko mniej korzystnym dla szkodników. Środki te dotyczą (1) przydziału upraw do pól (w czasie i przestrzeni) (uprawy wielogatunkowe, uprawy zróżnicowane) oraz (2) zwalczania chwastów i samosiewów jako żywicieli szkodników/wektorów.	-	-	-	
1.14	Obróbka cieplna i zimna	Zabiegi w kontrolowanej temperaturze mające na celu zabicie lub unieszkodliwienie szkodników bez powodowania jakiegokolwiek niedopuszczalnego uszczerbku dla samego poddanego obróbce materiału. Środki, o których mowa to: autoklawowanie; para wodna; gorąca woda; gorące powietrze; obróbka w niskiej temperaturze.	-	-	-	

1.15	Warunki transportu	Szczególne wymogi dotyczące sposobu i czasu transportu towarów w celu zapobieżenia ucieczce szkodników i/lub skażenia: a) fizyczna ochrona przesyłki, b) czas trwania transportu..	-	-	-	
1.16	Kontrola biologiczna i manipulacje behawioralne	Inne techniki zwalczania szkodników nieobjęte w pkt 1.03 i 1.13: a) Kontrola biologiczna; b) Technika SIT (Sterile Insect Technique); c) Zakłócenie rozrodczości; d) Pułapki.	-	-	-	
1.17	Kwarantanna po wejściu i inne ograniczenia dotyczące przemieszczania się w kraju importującym	Obejmuje kwarantannę po wejściu (PEQ) odpowiednich towarów; ograniczenia czasowe, przestrzenne i dotyczące końcowego wykorzystania w państwie importującym odpowiednich towarów; zakaz przywozu odpowiednich towarów do państwa rodzimego. Odpowiednie towary to rośliny, części roślin i inne materiały, które mogą być nosicielami szkodników, w postaci zarażenia, porażenia lub zakażenia.	-	-	-	
Środki pomocnicze						
2.01	Kontrola i odławianie	Kontrolę definiuje się jako urzędowe wizualne badanie roślin, produktów roślinnych lub innych regulowanych artykułów w celu stwierdzenia obecności szkodników lub stwierdzenia zgodności z przepisami fitosanitarnymi (ISPM 5). Skuteczność pobierania próbek i późniejszej inspekcji w celu wykrycia szkodników może zostać zwiększona poprzez włączenie technik odłowu i wabienia.	x	x	x	
2.02	Testy laboratoryjne	Badanie, inne niż wizualne, w celu ustalenia, czy istnieją szkodniki, przy użyciu urzędowych protokołów diagnostycznych. Protokoły diagnostyczne opisują minimalne wymogi dotyczące wiarygodnej diagnozy organizmów szkodliwych podlegających regulacjom prawnym.	-	-	-	

2.03	Pobieranie próbek	Zgodnie z normą ISPM 31 kontrola całych przesyłek jest zazwyczaj niewykonalna, dlatego też kontrolę fitosanitarną przeprowadza się głównie na próbkach uzyskanych z danej przesyłki. Należy zauważyć, że koncepcje pobierania próbek przedstawione w tym standardzie mogą mieć zastosowanie również do innych procedur fitosanitarnych, zwłaszcza doboru jednostek do badań. Do celów kontroli, testowania i/lub nadzoru próbka może być pobierana zgodnie z statystycznymi lub niestatystycznymi metodologiami pobierania próbek.	-	-	-	
2.04	Świadectwa fitosanitarne i paszport roślin	Oficjalny dokument papierowy lub jego elektroniczny odpowiednik, zgodny ze wzorem świadectwa IPPC, potwierdzający, że przesyłka spełnia fitosanitarne wymogi przywozowe (ISPM 5): a) świadectwo fitosanitarne (przywóz), b) paszport roślin (handel wewnątrz UE).	-	-	-	
2.05	Certyfikowane i zatwierdzone pomieszczenia	Obowiązkowa/dobrowolna certyfikacja/zatwierdzenie pomieszczeń jest procesem obejmującym zbiór procedur i działań wdrażanych przez producentów, podmioty zajmujące się kondycjonowaniem i handlowców przyczyniających się do zapewnienia zgodności fitosanitarnej przesyłek. Może być częścią większego systemu utrzymywanego przez NPPO w celu zagwarantowania spełnienia wymogów fitosanitarnych roślin i produktów roślinnych przeznaczonych do handlu. Kluczową właściwością certyfikowanych lub zatwierdzonych pomieszczeń jest możliwość śledzenia działań i zadań (oraz ich składników) związanych z realizowanym celem fitosanitarnym. Identyfikowalność ma na celu zapewnienie dostępu do wszystkich wiarygodnych informacji, które mogą pomóc w udowodnieniu zgodności przesyłek z wymogami fitosanitarnymi krajów importujących.	-	-	-	
2.06	Certyfikacja materiału rozmnożeniowego (dobrowolna /oficjalna)		-	-	-	

2.07	Wyznaczanie stref buforowych	Norma ISPM 5 definiuje strefę buforową jako "obszar otaczający lub przylegający do obszaru urzędowo wyznaczonego do celów fitosanitarnych, w celu zminimalizowania prawdopodobieństwa rozprzestrzenienia się szkodnika docelowego na wyznaczony obszar lub z niego, oraz podlegający środkom fitosanitarnym lub innym środkom zwalczania, jeśli właściwe" (norma ISPM 5). Celem wytyczenia strefy buforowej może być zapobieganie rozprzestrzenianiu się z obszaru występowania szkodników oraz utrzymanie miejsca produkcji wolnego od szkodników (PFPP), miejsca (PFPS) lub obszaru (PFA).	-	-	-	Wpływ na usługi ekosystemowe zabezpieczające: wyznaczenie strefy buforowej może powstrzymać zakładanie nowych plantacji wierzby energetycznej.
2.08	Monitoring		-	-	x	

17.02 Wymienić potencjalne środki dla odpowiednich dróg przenikania.

Możliwe drogi przenikania (w kolejności od najważniejszej)	Możliwe środki
sadzonki roślin	2.01

18. Niepewność

Źródłem niepewności jest brak wystarczającej wiedzy na temat mechanizmu przechodzenia *B.salicis* z pozycji endofita do patogena. Samo stwierdzenie obecności bakterii w roślinie nie przesądza o wystąpieniu choroby i nie może być powodem usuwania drzew.

19. Uwagi

Brak.

20. Źródła

Artyszak, D. (2015) 'Rośliny energetyczne - charakterystyka podstawowych gatunków i ich wykorzystanie w polskiej energetyce', *Nowoczesna Energetyka Europy Środkowo-Wschodniej*.

Background and initial investigation paper on the red tape challenge proposal to scrap The Watermark Disease (Local Authorities) Order 1974 (SI 1974 No. 768)' (1999), 1974(768).

Bradbury J F, 1986. Guide to plant pathogenic bacteria. Farnham Royal, Slough, UK: CAB International.

CABI, EPPO, 2006. *Brenneria salicis*. [Distribution map]. In: Distribution Maps of Plant Diseases, Wallingford, UK: CABI. Map 555 (Edition 2).

Day W R, 1924. The watermark disease of cricket bat willow (*Salix caerulea*). Oxford, UK: Oxford University Press. 3 pp.

De Vos, B. *et al.* (2007) 'Nutritional imbalance caused by nitrogen excess is correlated with the occurrence of watermark disease in white willow', *Plant and Soil*, 301(1–2), pp. 215–232. doi: 10.1007/s11104-007-9439-6.

EPPO, 2020. EPPO Global database. In: EPPO Global database, Paris, France: EPPO.

Gremmen J, Kam Mde, 1970. *Erwinia salicis* as the cause of dieback in *Salix alba* in the Netherlands and its identity with *Pseudomonas saliciperda*. *Netherlands Journal of Plant Pathology*. 76 (4), 249-252. DOI:10.1007/BF01976583

Gremmen J; Kam Mde, 1981. New developments in research into the watermark disease of white willow (*Salix alba*) in the Netherlands. *European Journal of Forest Pathology*, 11(5/6):334-339

Gremmen, J. and De Kam, M. (1970) 'Erwinia salicis as the cause of dieback in Salix alba in the Netherlands and its identity with Pseudomonas saliciperda', *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 76(4), pp. 249–252. doi: 10.1007/BF01976583.

Grosso S, Mason G, Ortalda E, Scortichini M, 2011. Brenneria salicis associated with watermark disease symptoms on Salix alba in Italy. *Plant Disease*. 95 (6), 772-773. <http://apsjournals.apsnet.org/loi/pdis> DOI:10.1094/PDIS-11-10-0781

Grosso, S. *et al.* (2011) 'Brenneria salicis Associated with Watermark Disease Symptoms on Salix alba in Italy', *Plant Disease*. Scientific Societies, 95(6), p. 772. doi: 10.1094/PDIS-11-10-0781.

Hauben, L., Steenackers, M. and Swings, J. (1998) 'PCR-based detection of the causal agent of watermark disease in willows (Salix spp.)', *Applied and Environmental Microbiology*, 64(10), pp. 3966–3971. doi: 10.1128/aem.64.10.3966-3971.1998.

Huvenne H; Messens E; Maes M.. (2005) 'Watermark disease in willow and its relation to Brenneria salicis dominance in the wood', *Journal of Chemical Information and Modeling*, 12 Suppl 1(9), pp. 1–29. doi: 10.1007/978-1-4614-7990-1.

<https://www.bomenbieb.nl/boomziekte/watermerkziekte/>

<https://www.cabi.org/isc/datasheet/21936#tohostsOrSpeciesAffected>

<https://plantenplagen.nl/plantenplagen/watermerkziekte/>

<http://www.tpriig.pl/dzialania/117-rola-wierzb-w-ekosystemach-rzecznych>

Kam, Mde (1983) 'The Watermark disease is not transmitted with one year old cuttings of Salix alba', *European Journal of Forest Pathology*, 13(4), pp. 212–215. doi: 10.1111/j.1439-0329.1983.tb00120.x.

M. de Kam en G. van Tol (1988) Watermerkziekte en de toekomst van de wilg in Nederland. <https://edepot.wur.nl/266846>

Maes, M., Huvenne, H. and Messens, E. (2009) 'Brenneria salicis, the bacterium causing watermark disease in willow, resides as an endophyte in wood', *Environmental microbiology*, 11, pp. 1453–1462. doi: 10.1111/j.1462-2920.2009.01873.x.

Mańka K. (2005) 'Fitopatologia Leśna. Wydanie VI zmienione i poprawione. PWRiL Warszawa.', p. 2005.

Metcalf, B. Y. G. (1937) 'The watermark disease of willows I host-parasite relationships by george metcalfe'.

Németh J, Csonka I, Szabó L, 1999. (Erwinia salicis okozta fapusztulás fehérköz állományban). In: 45. Növényvédelmi Tudományos Napok, 45th Plant Protection Days, Budapest 1999. február 23-24, [ed. by Sáringer Gy, Balázs K, Szemessy A]. 119 pp.

P. van der Zweep, M. de Kam (1982) 'The occurrence of Erwinia Salicis, the cause of Watermark disease, in the phyllosphere of Salix alba', *European Journal of Forest Pathology*, 12(4–5), pp. 257–261. doi: 10.1111/j.1439-0329.1982.tb01477.x.

Patrick, K. N. (1991) 'Watermark disease of cricket bat willow.pdf'.

Rijckaert C, van Tomme R, Steenackers V, Deley J, 1984. The occurrence of watermark disease of willows (*Salix*) in Belgium. In: Meded Faculty Landbouwnwetensch Rijksuniversit Gent, 49 (26) 509-515.

Sakamoto, Y., Takikawa, Y. and Sasaki, K. (1999) 'Occurrence of watermark disease of willows in Japan', *Plant Pathology*, 48(5), pp. 613–619. doi: 10.1046/j.1365-3059.1999.00368.x.

Schaad, N. W. (2001) 'Laboratory guide for the identification of plant pathogenic bacteria'

Załącznik 1

Tabela 1. Modele zmiany temperatury w okresie zimowym wg scenariuszy RCP 2.6, 4.5, 6.0 i 8.5. Wartości 5% i 95% oznaczają odpowiedni percentyl.

RCP 2.6	2036-2065	2071-2100	2036-2065	2071-2100
	IX-XI	IX-XI	XII-II	XII-II
CanESM2	9,85	9,80	0,54	0,65
CNRM-CM5	9,69	9,82	1,03	0,93
GISS-E2-H	8,95	8,67	1,04	0,30
GISS-E2-R	8,71	8,54	-0,26	-0,88
HadGEM2- AO	10,28	10,01	0,92	0,54
HadGEM2-ES	10,58	10,49	0,58	1,06
IPSL-CM5A- LR	10,24	10,08	2,24	1,73
IPSL-CM5A- MR	9,99	9,71	0,52	-0,08
MIROC5	10,38	10,52	0,69	1,28
MIROC-ESM	10,58	10,83	1,39	1,76
MPI-ESM-LR	9,08	8,75	-0,49	-0,14
MPI-ESM-MR	8,89	9,12	0,37	0,43
MRI-CGCM3	8,79	9,06	-0,63	0,20
NorESM1-M	9,69	9,84	0,65	0,31
NorESM1-ME	9,75	10,10	0,24	0,62
ŚREDNIA:	9,70	9,69	0,59	0,58
5,00%	8,77	8,63	-0,53	-0,36
95,00%	10,58	10,61	1,65	1,74
RCP4.5	2036-2065	2071-2100	2036-2065	2071-2100
	IX-XI	IX-XI	XII-II	XII-II
ACCESS1-0	10,11	11,01	0,08	1,43
ACCESS1-3	10,52	11,14	1,31	1,79
CanESM2	9,84	10,44	1,04	1,59
CCSM4	9,65	10,20	0,17	-0,15
CMCC-CM	10,79	11,92	3,07	4,43
CMCC-CMS	10,14	11,27	2,72	2,99
CNRM-CM5	9,85	10,53	1,15	2,68
GISS-E2-H	9,38	10,22	1,31	2,70
GISS-E2-H- CC	9,41	9,64	0,73	0,79
GISS-E2-R	9,49	9,77	0,65	0,67
GISS-E2-R- CC	9,34	9,62	0,30	0,69
HadGEM2- AO	10,60	11,65	1,48	2,55
HadGEM2-CC	10,26	11,40	1,70	3,28
HadGEM2-ES	10,93	11,86	2,00	2,19
inmcm4	8,64	9,00	-0,12	1,07
IPSL-CM5A- LR	10,54	11,15	2,74	3,11
IPSL-CM5A- MR	10,38	11,10	1,25	1,91

IPSL-CM5B-LR	10,29	10,47	0,55	2,74
MIROC5	11,00	11,54	1,34	2,52
MIROC-ESM	10,89	11,44	1,58	2,24
MPI-ESM-LR	9,22	9,52	-0,40	0,18
MPI-ESM-MR	9,52	9,56	1,12	1,04
MRI-CGCM3	9,19	9,90	-0,67	0,78
NorESM1-M	9,90	10,45	1,02	1,43
NorESM1-ME	9,61	10,21	0,43	1,52
ŚREDNIA:	9,98	10,60	1,06	1,85
5,00%	9,20	9,53	-0,34	0,28
95,00%	10,92	11,82	2,74	3,25
RCP6.0	2036-2065	2071-2100	2036-2065	2071-2100
	IX-XI	IX-XI	XII-II	XII-II
CCSM4	9,65	10,27	0,28	0,57
GISS-E2-H	9,79	10,41	1,54	1,66
GISS-E2-R	9,48	9,87	0,99	0,96
HadGEM2-AO	10,13	11,52	0,99	1,54
HadGEM2-ES	10,40	12,95	1,66	2,32
IPSL-CM5A-LR	10,47	11,55	2,42	3,20
IPSL-CM5A-MR	10,29	11,83	0,55	1,94
MIROC5	10,65	11,84	0,71	2,74
MIROC-ESM	10,76	12,26	1,55	2,80
MRI-CGCM3	9,25	10,05	-0,14	1,01
NorESM1-M	9,57	10,92	0,78	2,01
NorESM1-ME	9,59	11,22	0,12	1,88
ŚREDNIA:	10,00	11,22	0,95	1,89
5,00%	9,38	9,97	0,00	0,78
95,00%	10,70	12,57	2,00	2,98
RCP 8.5	2036-2065	2071-2100	2036-2065	2071-2100
	IX-XI	IX-XI	XII-II	XII-II
ACCESS1-0	10,38	13,39	1,93	4,04
ACCESS1-3	10,85	13,19	1,61	3,66
CanESM2	10,62	13,05	1,39	2,99
CCSM4	9,91	11,83	0,40	1,96
CMCC-CESM	11,06	12,78	3,55	6,50
CMCC-CM	11,33	14,06	3,45	6,83
CMCC-CMS	10,82	13,73	2,69	5,96
CNRM-CM5	10,58	11,79	2,21	4,41
GISS-E2-H	10,02	11,82	1,40	3,63
GISS-E2-H-CC	10,15	11,38	1,23	2,91
GISS-E2-R	9,80	11,33	1,32	3,17
GISS-E2-R-CC	10,27	11,23	1,90	2,42
HadGEM2-AO	10,92	13,59	1,87	4,34
HadGEM2-CC	11,51	14,29	3,76	5,87

HadGEM2-ES	11,89	14,48	2,13	4,54
inmcm4	9,00	10,12	0,70	2,19
IPSL-CM5A-LR	11,25	13,83	3,29	5,85
IPSL-CM5A-MR	11,25	13,12	1,13	3,52
IPSL-CM5B-LR	10,93	13,00	3,23	5,84
MIROC5	11,47	13,48	1,99	4,46
MIROC-ESM	11,67	13,97	2,36	4,55
MPI-ESM-LR	9,99	11,95	0,33	2,47
MPI-ESM-MR	10,02	11,69	1,02	2,80
MRI-CGCM3	10,12	11,28	0,48	2,34
MRI-ESM1	9,85	11,61	0,63	2,83
NorESM1-M	10,40	12,00	1,11	2,63
NorESM1-ME	10,25	11,77	1,55	2,96
ŚREDNIA:	10,60	12,58	1,80	3,91
5,00%	9,82	11,25	0,42	2,24
95,00%	11,62	14,22	3,52	6,34

Tabela 2. Modele zmiany temperatury w okresie letnim wg scenariuszy RCP 2.6, 4.5, 6.0 i 8.5. Wartości 5% i 95% oznaczają odpowiedni percentyl.

RCP 2.6	2036-2065 III-V	2071-2100 III-V	2036-2065 VI- VIII	2071-2100 VI- VIII
CanESM2	9,11	9,20	18,69	18,77
CNRM-CM5	9,26	9,14	18,05	18,35
GISS-E2-H	9,12	8,08	18,12	17,88
GISS-E2-R	8,95	7,80	17,90	17,28
HadGEM2-AO	9,61	9,74	20,84	20,41
HadGEM2-ES	10,00	9,87	20,38	20,66
IPSL-CM5A-LR	10,00	9,51	19,34	19,17
IPSL-CM5A-MR	9,31	8,89	19,13	18,63
MIROC5	10,91	11,14	19,71	19,53
MIROC-ESM	10,27	9,98	19,65	20,22
MPI-ESM-LR	8,52	8,61	17,82	17,99
MPI-ESM-MR	8,24	8,40	18,12	18,07
MRI-CGCM3	8,25	8,91	17,65	17,57
NorESM1-M	9,63	9,81	18,85	18,97
NorESM1-ME	9,26	9,72	18,85	19,00
ŚREDNIA:	9,36	9,25	18,87	18,83
5,00%	8,25	8,00	17,78	17,50
95,00%	10,46	10,33	20,50	20,47
RCP4.5	2036-2065 III-V	2071-2100 III-V	2036-2065 VI- VIII	2071-2100 VI- VIII
ACCESS1-0	9,34	10,14	19,96	20,91
ACCESS1-3	9,37	10,64	20,53	21,36

CanESM2	9,44	9,75	19,30	19,68
CCSM4	9,35	9,79	19,63	20,25
CMCC-CM	10,18	11,18	18,87	19,48
CMCC-CMS	9,42	9,89	18,99	19,68
CNRM-CM5	9,36	10,48	18,24	19,43
GISS-E2-H	9,27	10,01	18,63	19,48
GISS-E2-H- CC	10,47	10,95	19,00	19,32
GISS-E2-R	8,81	9,38	18,29	18,52
GISS-E2-R- CC	9,09	9,43	18,45	18,46
HadGEM2- AO	9,85	10,50	21,97	22,00
HadGEM2-CC	9,84	10,73	20,26	20,64
HadGEM2-ES	10,58	10,97	21,20	21,93
inmcm4	8,38	8,80	17,94	18,26
IPSL-CM5A- LR	9,96	10,85	19,56	20,00
IPSL-CM5A- MR	9,63	9,93	19,58	20,39
IPSL-CM5B- LR	9,77	10,19	19,03	19,97
MIROC5	11,59	11,88	19,54	20,30
MIROC-ESM	10,50	10,66	20,23	21,24
MPI-ESM-LR	8,79	9,17	18,58	18,90
MPI-ESM-MR	9,09	9,33	18,88	19,17
MRI-CGCM3	8,46	9,00	17,89	18,07
NorESM1-M	10,02	10,29	19,49	19,96
NorESM1-ME	9,43	10,46	18,79	19,89
ŚREDNIA: 5,00%	9,60	10,18	19,31	19,89
95,00%	8,53	9,03	18,00	18,30
	10,56	11,14	21,07	21,82
RCP6.0	2036-2065 III-V	2071-2100 III-V	2036-2065 VI- VIII	2071-2100 VI- VIII
CCSM4	9,06	9,59	19,21	20,03
GISS-E2-H	9,41	10,07	18,84	19,61
GISS-E2-R	8,86	9,53	18,41	19,02
HadGEM2- AO	9,30	10,54	20,61	22,90
HadGEM2-ES	10,05	11,25	20,62	22,83
IPSL-CM5A- LR	10,11	11,10	19,41	20,46
IPSL-CM5A- MR	9,37	10,58	19,15	20,67
MIROC5	10,99	12,75	19,58	20,42
MIROC-ESM	10,11	11,39	19,83	21,80
MRI-CGCM3	8,57	8,96	17,64	18,49
NorESM1-M	9,43	10,78	18,80	20,31
NorESM1-ME	9,19	10,47	18,73	20,21
ŚREDNIA: 5,00%	9,54	10,58	19,24	20,56
	8,73	9,27	18,06	18,78

	10,51	12,00	20,61	22,86
<i>95,00%</i>	2036-2065	2071-2100	2036-2065 VI-	2071-2100 VI-
RCP 8.5	III-V	III-V	VIII	VIII
ACCESS1-0	10,25	12,42	21,62	24,39
ACCESS1-3	10,26	11,55	21,48	23,92
CanESM2	9,43	11,26	20,12	23,17
CCSM4	9,96	10,77	20,02	21,56
CMCC-CESM	10,34	11,89	18,76	20,17
CMCC-CM	10,24	13,20	18,89	21,40
CMCC-CMS	9,48	11,44	19,25	21,66
CNRM-CM5	9,79	10,99	19,07	20,76
GISS-E2-H	9,63	11,51	19,30	20,88
GISS-E2-H- CC	10,62	12,43	19,27	21,05
GISS-E2-R	10,23	11,11	18,97	19,88
GISS-E2-R- CC	9,86	11,39	18,87	20,35
HadGEM2- AO	10,49	12,31	22,44	25,87
HadGEM2-CC	11,36	12,65	21,41	24,62
HadGEM2-ES	10,80	12,63	22,08	25,74
inmcm4	8,52	9,71	18,23	19,96
IPSL-CM5A- LR	10,70	13,23	20,11	22,81
IPSL-CM5A- MR	9,97	11,78	20,10	22,71
IPSL-CM5B- LR	10,45	11,98	19,87	22,07
MIROC5	11,76	14,07	20,43	22,37
MIROC-ESM	10,84	12,46	21,01	23,90
MPI-ESM-LR	9,32	10,66	18,86	20,85
MPI-ESM-MR	8,63	10,11	19,15	20,94
MRI-CGCM3	9,09	10,20	18,49	19,77
MRI-ESM1	8,53	10,39	18,47	20,39
NorESM1-M	9,97	11,62	19,65	22,23
NorESM1-ME	9,75	11,32	19,36	21,54
ŚREDNIA:	10,01	11,67	19,83	22,04
<i>5,00%</i>	8,56	10,14	18,48	19,90
<i>95,00%</i>	11,20	13,22	21,94	25,40

Tabela 3. Modele zmiany opadu w okresie zimowym wg scenariuszy RCP 2.6, 4.5, 6.0 i 8.5. Wartości 5% i 95% oznaczają odpowiedni percentyl.

	2036-2065 IX-	2071-2100 IX-	2036-2065	2071-2100
RCP 2.6	XI	XI	XII-II	XII-II
CNRM-CM5	149,2	142,3	116,2	112,6
GISS-E2-H	137,9	137,1	119,5	108,2
GISS-E2-R	149,5	140,8	110,6	98,0
HadGEM2- AO	122,7	121,7	101,7	89,7
HadGEM2-ES	133,7	123,3	107,1	98,9

IPSL-CM5A-LR	140,7	148,7	109,5	119,3
IPSL-CM5A-MR	128,2	143,3	105,0	116,2
MIROC5	147,7	154,2	103,7	111,2
MIROC-ESM	166,9	180,7	146,0	166,7
MPI-ESM-LR	128,3	142,1	101,9	100,3
MPI-ESM-MR	125,6	145,3	96,6	109,0
MRI-CGCM3	111,4	122,3	90,8	107,4
NorESM1-M	144,4	139,6	110,7	109,1
NorESM1-ME	135,0	136,1	120,8	103,4
ŚREDNIA:	137,2	141,2	110,0	110,7
ZMIANA (%):	2,4	5,4	11,0	11,7
5,00%	118,745	122,09	113,62	114,675
95,00%	155,59	163,475	153,01	158,885
RCP 4.5	2036-2065 IX-XI	2071-2100 IX-XI	2036-2065 XII-II	2071-2100 XII-II
ACCESS1-0	140,9	127,2	111,3	119,0
ACCESS1-3	137,9	135,9	116,3	122,9
CCSM4	158,0	155,3	101,7	107,1
CMCC-CM	128,2	121,1	124,7	128,3
CMCC-CMS	131,5	152,1	119,0	127,5
CNRM-CM5	157,2	157,1	110,5	121,3
GISS-E2-H	148,5	146,4	113,4	114,8
GISS-E2-H-CC	134,4	145,4	106,7	116,9
GISS-E2-R	138,8	142,9	107,2	95,4
GISS-E2-R-CC	143,3	140,2	110,7	99,8
HadGEM2-AO	120,3	117,4	103,2	113,3
HadGEM2-CC	129,8	125,0	130,1	129,4
HadGEM2-ES	119,1	138,2	115,4	116,4
inmcm4	157,3	146,3	99,4	114,5
IPSL-CM5A-LR	133,5	152,0	107,6	111,6
IPSL-CM5A-MR	136,7	121,8	113,6	115,7
IPSL-CM5B-LR	153,2	159,1	108,4	118,1
MIROC5	160,6	156,6	102,8	120,5
MIROC-ESM	165,4	175,6	159,6	174,0
MPI-ESM-LR	148,7	136,2	101,6	96,9
MPI-ESM-MR	146,7	153,7	102,1	101,3
MRI-CGCM3	120,0	136,2	109,4	100,6
NorESM1-M	140,0	144,5	113,4	114,4
NorESM1-ME	144,5	140,6	119,0	125,3
ŚREDNIA:	141,4	142,8	112,8	116,9
ZMIANA (%):	5,5	6,6	13,8	18,0
5,00%	120,045	121,205	101,615	97,335
95,00%	160,21	158,8	129,29	129,235

RCP 6.0	2036-2065 IX- XI	2071-2100 IX- XI	2036-2065 XII-II	2071-2100 XII-II
CCSM4	145,2	151,7	106,2	110,2
GISS-E2-H	138,5	145,2	100,3	121,2
GISS-E2-R	161,1	147,1	116,7	102,5
HadGEM2- AO	120,0	130,4	104,8	100,0
HadGEM2-ES	138,9	119,8	119,5	115,4
IPSL-CM5A- LR	141,3	135,4	113,6	123,3
IPSL-CM5A- MR	123,2	133,0	113,0	124,6
MIROC5	160,6	181,9	109,0	119,4
MIROC-ESM	158,3	170,6	162,3	170,0
MRI-CGCM3	126,8	131,7	113,7	113,4
NorESM1-M	135,6	129,3	113,9	131,4
NorESM1-ME	137,3	127,1	119,5	121,4
ŚREDNIA:	140,6	141,9	116,0	121,1
ZMIANA (%):	4,9	5,9	17,1	22,2
5,00%	121,76	123,815	102,775	101,375
95,00%	160,825	175,685	138,76	148,77
RCP 8.5	2036-2065 IX- XI	2071-2100 IX- XI	2036-2065 XII-II	2071-2100 XII-II
ACCESS1-0	132,2	125,1	111,9	129,5
ACCESS1-3	139,5	137,1	129,6	142,1
CCSM4	170,6	150,0	115,4	130,5
CMCC-CESM	145,8	185,1	148,7	185,7
CMCC-CM	133,9	133,6	123,2	136,4
CMCC-CMS	140,6	145,6	114,2	142,9
CNRM-CM5	169,3	171,9	120,0	131,9
GISS-E2-H	154,4	158,5	99,6	119,0
GISS-E2-H- CC	133,8	144,9	107,8	112,2
GISS-E2-R	148,5	140,0	111,6	106,2
GISS-E2-R- CC	147,9	136,4	107,8	109,4
HadGEM2- AO	114,6	125,8	106,0	117,9
HadGEM2-CC	125,9	117,6	121,0	144,0
HadGEM2-ES	121,4	121,6	120,2	141,6
inmcm4	146,0	153,5	99,6	130,9
IPSL-CM5A- LR	150,4	144,3	108,8	118,4
IPSL-CM5A- MR	119,4	145,3	130,7	134,5
IPSL-CM5B- LR	150,0	162,1	114,1	130,9
MIROC5	157,1	173,5	119,5	129,7
MIROC-ESM	167,7	182,5	163,9	195,1
MPI-ESM-LR	129,8	123,4	107,0	118,0
MPI-ESM-MR	125,8	150,6	129,2	133,1

MRI-CGCM3	133,9	128,8	102,7	135,0
MRI-ESM1	142,7	146,8	97,0	111,7
NorESM1-M	140,5	151,3	114,8	128,9
NorESM1-ME	136,2	150,1	126,1	135,6
ŚREDNIA:	141,5	146,4	117,3	132,7
ZMIANA (%):	5,6	9,3	18,4	33,9
5,00%	119,9	122,05	99,6	109,975
95,00%	168,9	180,25	144,2	175,275

Tabela 4. Modele zmiany opadu w okresie letnim wg scenariuszy RCP 2.6, 4.5, 6.0 i 8.5. Wartości 5% i 95% oznaczają odpowiedni percentyl.

RCP 2.6	2036-2065 III- V	2071-2100 III- V	2036-2065 VI- VIII	2071-2100 VI- VIII
CNRM-CM5	148,0	143,2	245,0	239,9
GISS-E2-H	111,5	102,8	219,1	224,3
GISS-E2-R	140,1	127,8	248,3	244,2
HadGEM2-AO	118,2	118,4	140,0	173,4
HadGEM2-ES	125,3	141,0	186,6	172,8
IPSL-CM5A- LR	129,3	126,9	238,0	243,0
IPSL-CM5A- MR	122,4	132,0	212,0	229,4
MIROC5	135,8	134,1	218,7	216,9
MIROC-ESM	142,6	145,4	242,0	257,1
MPI-ESM-LR	144,3	141,4	201,4	191,9
MPI-ESM-MR	127,8	130,1	199,5	181,1
MRI-CGCM3	112,4	117,4	214,6	227,8
NorESM1-M	118,8	120,2	214,0	227,7
NorESM1-ME	131,7	135,0	206,2	195,2
ŚREDNIA:	129,2	129,7	213,2	216,1
ZMIANA (%):	7,3	7,7	2,7	4,1
5,00%	112,085	112,29	170,29	173,19
95,00%	145,595	143,97	246,155	248,715
RCP 4.5	2036-2065 III- V	2071-2100 III- V	2036-2065 VI- VIII	2071-2100 VI- VIII
ACCESS1-0	146,2	152,3	186,7	159,9
ACCESS1-3	154,0	157,1	172,1	174,4
CCSM4	116,9	127,8	193,9	187,7
CMCC-CM	127,9	127,2	199,1	195,3
CMCC-CMS	135,7	159,2	214,3	216
CNRM-CM5	141,7	160,1	239,4	235,2
GISS-E2-H	113,5	113,1	225,9	212,3
GISS-E2-H-CC	130,5	146,8	223,7	202,3
GISS-E2-R	141,2	134,1	234,1	222,2
GISS-E2-R-CC	125,7	132,3	209,3	241,1
HadGEM2-AO	122,9	135,2	141	140,5
HadGEM2-CC	159,1	147,0	158,3	173
HadGEM2-ES	135,9	146,2	160,9	162,6
inmcm4	100,4	109,8	204	184,1

IPSL-CM5A-LR	129,9	131,9	247,4	237
IPSL-CM5A-MR	126,2	127,6	208,2	206,6
IPSL-CM5B-LR	114,3	129,0	232,5	226
MIROC5	134,8	150,5	237,8	225,8
MIROC-ESM	147,4	154,1	256,5	236,9
MPI-ESM-LR	145,9	140,0	182,8	171,3
MPI-ESM-MR	120,8	128,4	172,8	181,1
MRI-CGCM3	116,0	123,6	223,2	231,3
NorESM1-M	120,9	127,8	195,4	190,7
NorESM1-ME	140,1	135,2	208,7	188,4
ŚREDNIA:	131,2	137,3	205,3	200,1
ZMIANA (%):	9,0	14,0	-1,1	-3,6
5,00%	113,62	114,675	158,69	160,305
95,00%	153,01	158,885	246,2	236,985
RCP 6.0	2036-2065 III-V	2071-2100 III-V	2036-2065 VI-VIII	2071-2100 VI-VIII
CCSM4	135,1	126,9	199,1	210,6
GISS-E2-H	101,7	105,9	208,5	208,6
GISS-E2-R	136,1	143,2	212,3	224,0
HadGEM2-AO	134,6	124,3	158,1	124,0
HadGEM2-ES	132,3	135,7	177,9	159,7
IPSL-CM5A-LR	132,3	129,9	231,4	239,7
IPSL-CM5A-MR	120,2	116,9	230,0	191,5
MIROC5	141,4	145,4	217,8	236,3
MIROC-ESM	154,5	159,9	264,9	265,0
MRI-CGCM3	107,8	122,4	237,3	240,3
NorESM1-M	129,6	125,3	202,5	201,5
NorESM1-ME	128,7	126,1	204,4	193,4
ŚREDNIA:	129,5	130,2	212,0	207,9
ZMIANA (%):	7,6	8,1	2,1	0,1
5,00%	105,055	111,95	168,99	143,635
95,00%	147,295	151,925	249,72	251,415
RCP 8.5	2036-2065 III-V	2071-2100 III-V	2036-2065 VI-VIII	2071-2100 VI-VIII
ACCESS1-0	152,4	139,4	152,2	133,6
ACCESS1-3	145,4	176,8	160,9	151,8
CCSM4	123,2	133,4	197,0	176,6
CMCC-CESM	165,4	169,6	230,6	228,9
CMCC-CM	148,0	130,3	208,4	181,8
CMCC-CMS	150,3	161,7	211,2	188,4
CNRM-CM5	158,5	171,7	241,1	246,8
GISS-E2-H	124,4	117,7	203,8	206,6
GISS-E2-H-CC	145,9	133,5	250,2	215,3
GISS-E2-R	146,0	138,4	253,7	220,3
GISS-E2-R-CC	128,6	132,0	226,1	216,9
HadGEM2-AO	122,0	128,3	134,0	93,9

HadGEM2-CC	144,6	175,4	158,0	133,5
HadGEM2-ES	137,4	142,3	156,1	132,4
inmcm4	119,9	117,3	177,2	163,0
IPSL-CM5A-LR	121,4	120,4	233,1	213,0
IPSL-CM5A-MR	126,8	136,3	194,8	175,2
IPSL-CM5B-LR	130,3	142,0	220,0	220,0
MIROC5	154,4	145,0	214,3	232,2
MIROC-ESM	148,2	178,3	263,4	264,2
MPI-ESM-LR	139,0	147,4	182,5	152,4
MPI-ESM-MR	150,1	151,0	182,2	151,0
MRI-CGCM3	125,9	152,5	229,5	246,9
MRI-ESM1	140,5	160,7	224,5	235,6
NorESM1-M	127,6	129,7	205,6	192,8
NorESM1-ME	131,7	147,7	213,4	204,5
ŚREDNIA:	138,8	145,3	204,8	191,4
ZMIANA (%):	15,3	20,7	-1,3	-7,8
5,00%	121,55	118,375	153,175	132,675
95,00%	157,475	176,45	252,825	246,875

Tabela 5 Wartości referencyjne (okres 1986-2015) i zmiany w stosunku do przewidywanej wartości temperatury wg scenariuszy RCP 2.6, 4.5, 6.0, 8.5

		IX-XI	XII-II	III-VI	VII-X
1986-2015 à		8,5	-0,7	8,1	17,6
RCP 2.6	2036-2065	1,2	1,29	1,26	1,27
	2071-2100	1,19	1,28	1,15	1,23
RCP 4.5	2036-2065	1,48	1,76	1,5	1,71
	2071-2100	2,1	2,55	2,08	2,29
RCP 6.0	2036-2065	1,5	1,65	1,44	1,64
	2071-2100	2,72	2,59	2,48	2,96
RCP 8.5	2036-2065	2,1	2,5	1,91	2,23
	2071-2100	4,08	4,61	3,57	4,44