



**WYDZIAŁ NAUK
GEOGRAFICZNYCH**
Uniwersytet Łódzki

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych
Katedra Meteorologii i Klimatologii

Polskie Towarzystwo Geofizyczne, Oddział Łódzki



**Konferencja Jubileuszowa
z okazji 70-lecia Polskiego Towarzystwa Geofizycznego
pt.**

**„NADZWYCZAJNE ZDARZENIA
METEOROLOGICZNE I HYDROLOGICZNE
NA ZIEMIACH POLSKICH”**

Łódź, 25 – 26 września 2017 r.

Streszczenia referatów i posterów

Organizatorzy Konferencji

Polskie Towarzystwo Geofizyczne, Oddział Łódzki
Katedra Meteorologii i Klimatologii UŁ
90-139 Łódź, ul. Narutowicza 88
tel. 42-665-59-50
meteo.geo.uni.lodz.pl
e-mail: meteo@geo.uni.lodz.pl

Patronat honorowy nad Konferencją objęli:

Jego Magnificencja Rektor Uniwersytetu Łódzkiego
prof. dr hab. Antoni Różalski
Prezydent Miasta Łodzi Hanna Zdanowska
Wiceprezes Polskiej Akademii Nauk prof. dr hab. Paweł Rowiński
Dyrektor Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej
– Państwowego Instytutu Badawczego dr inż. Przemysław Łagodzki



**UNIWERSYTET
ŁÓDZKI**



**PREZYDENT MIASTA ŁODZI
HANNA ZDANOWSKA**



Komitet Naukowy

doc. dr Alfred Dubicki (em. doc. IMGW)
prof. dr hab. Bogusław M. Kaszewski (UMCS)
dr hab. Jacek Leśny (UP Poznań)
dr hab. Halina Lorenc (em. prof. IMGW)
prof. dr hab. Mirosław Miętus (UG)
prof. dr hab. Rajmund Przybylak (UMK)
prof. dr hab. Zbigniew Ustrnul (UJ)
prof. dr hab. Joanna Wibig (UŁ)

Komitet Organizacyjny

prof. dr hab. Joanna Wibig
prof. dr hab. Krzysztof Fortuniak
dr hab. Agnieszka Podstawczyńska
dr Włodzimierz Pawlak
dr Piotr Piotrowski
dr Mariusz Siedlecki
mgr Iwona Gajda-Pijanowska
mgr Luiza Wieczorek
mgr Wojciech Radziun
mgr Adam Skomorowski

Opracowanie techniczne i skład komputerowy

Iwona Gajda-Pijanowska

Program

25 września 2017 r. (poniedziałek)

10⁰⁰ – 11³⁰ Otwarcie konferencji i Sesja Jubileuszowa

Alfred Dubicki – 70 lat Polskiego Towarzystwa Geofizycznego

12⁰⁰ – 13³⁰ SESJA I: Rekonstrukcje klimatu w okresie historycznym, cz. 1

(przewodniczący sesji – prof. dr hab. Kazimierz Kłysik)

		str.
12 ⁰⁰ – 12 ²⁰	Halina Lorenc – Jak powstała kronika pt. „Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI” autorstwa Ryszarda Girgusia i Witolda Strupczewskiego	11
12 ²⁰ – 13 ⁰⁰	Rajmund Przybylak – Zmiany klimatu Polski i Europy w ostatnim tysiącleciu	12
13 ⁰⁰ – 13 ¹⁵	Piotr Oliński, Rajmund Przybylak, Marcin Koprowski, Henryk P. Dąbrowski, Wojciech Tylmann – Wybuch wulkanu Kuwae a warunki pogodowe w Europie Środkowej około połowy XV w.	13
13 ¹⁵ – 13 ³⁰	Janusz Filipiak, Rajmund Przybylak, Piotr Oliński – Najdłuższa w świecie kronika pogodowa (1721 do 1786) Gottfrieda Reygera dla Gdańska jako źródło lepszego zrozumienia zmienności klimatu	14

15⁰⁰ – 16³⁰ SESJA II: Rekonstrukcje klimatu w okresie historycznym, cz. 2

(przewodniczący sesji – prof. dr hab. Rajmund Przybylak)

		str.
15 ⁰⁰ – 15 ¹⁵	Wiesław Nowosad, Piotr Oliński – Ekstremalny rok 1540 i jego konsekwencje z perspektywy źródeł historycznych z obszarów polskich i nadbałtyckich	15
15 ¹⁵ – 15 ³⁰	Bożena Pius, Andrzej Araźny, Rajmund Przybylak, Włodzimierz Marszelewski – Relacje między temperaturą powietrza i wody w jeziorach Polski Północnej w ekstremalnie ciepłych i chłodnych okresach	16
15 ³⁰ – 15 ⁴⁵	Longina Chojnacka-Ożga, Wojciech Ożga – Przyrosty roczne drzew jako źródło informacji o ekstremalnych zjawiskach meteorologicznych	17
15 ⁴⁵ – 16 ⁰⁰	Urszula Kossowska-Cezak, Robert Twardosz – Współczesne anomalie termiczne na historycznych ziemiach polskich	18
16 ⁰⁰ – 16 ¹⁵	Janusz Filipiak – Rekonstrukcja serii opadów atmosferycznych w Gdańsku w okresie pomiarów instrumentalnych	19
16 ¹⁵ – 16 ³⁰	Waldemar Chorążyczewski – Andrzej Mirowski i jego Theoria ventorum	20

Program

17⁰⁰ – 18³⁰	<u>SESJA III: Zmiany i zmienność ekstremalnych zdarzeń klimatycznych oraz hydrologicznych i ich przyczyny, cz. 1</u> (przewodniczący sesji – dr hab. Ewa Bednorz)	str.
17 ⁰⁰ – 17 ¹⁵	Longina Chojnacka-Ożga, Wojciech Ożga – Anomalie termiczno-opadowe w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Rogowie w latach 1923–2015	21
17 ¹⁵ – 17 ³⁰	Agnieszka Wypych, Agnieszka Sulikowska, Zbigniew Ustrnul, Danuta Czekierda – Wieloletnia zmienność letnich ekstremów termicznych w Polsce	22
17 ³⁰ – 17 ⁴⁵	Marek Półrolniczak, Arkadiusz M. Tomczyk, Leszek Kolendowicz – Przestrzenne zróżnicowanie temperatury powietrza w Poznaniu podczas wybranych fal upałów	23
17 ⁴⁵ – 18 ⁰⁰	Agnieszka Krzyżewska, Sylwester Wereski – Warunki biometeorologiczne podczas wyjątkowo silnej fali upałów w Polsce w sierpniu 2015 roku	24
18 ⁰⁰ – 18 ¹⁵	Magdalena Kuchcik – Umieralność podczas warunków skrajnego obciążenia ciepłego w wybranych miastach w Polsce w okresie 1975–2014	25
18 ¹⁵ – 18 ³⁰	Krystyna Bryś, Tadeusz Bryś – Ekstremalne wartości zmienności z dnia na dzień temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1850–2016	27

26 września 2017 r. (wtorek)

9⁰⁰ – 10³⁰	<u>SESJA IV: Zmiany i zmienność ekstremalnych zdarzeń klimatycznych oraz hydrologicznych i ich przyczyny, cz. 2</u> (przewodniczący sesji – dr hab. Ewa Łupikasza)	str.
9 ⁰⁰ – 9 ¹⁵	Mirosław Miętus – Istota zjawisk ekstremalnych – metody analizy, występowanie	28
9 ¹⁵ – 9 ³⁰	Monika Panfil – Analiza okresu wegetacyjnego oraz dni charakterystycznych na początku XXI wieku w Polsce Północno-Wschodniej	29
9 ³⁰ – 9 ⁴⁵	Zuzanna Bielec-Bąkowska, Katarzyna Piotrowicz – Krótkoterminowe zmiany ciśnienia atmosferycznego w Polsce (1951–2015)	30
9 ⁴⁵ – 10 ⁰⁰	Wojciech Radziun – Warstwy opadu podczas wybranych incydentów opadowych na obszarze aglomeracji łódzkiej	31

Program

10 ⁰⁰ – 10 ¹⁵	Marek Błaś, Mieczysław Sobik, Witold Rohm, Hugues Brenot, Estera Trzcina, Maciej Kryza, Hanna Ojrzyńska – Znaczenie kolumnowej zawartości pary wodnej w kształtowaniu rozkładu przestrzennego rozlewnych opadów atmosferycznych w Polsce	32
10 ¹⁵ – 10 ³⁰	Hanna Ojrzyńska, Marek Błaś, Maciej Kryza, Mieczysław Sobik – Typy cyrkulacji atmosferycznej sprzyjające dużej zawartości pary wodnej w słupie powietrza (PW) w południowo-zachodniej Polsce	33

10³⁰ – 11³⁰ SESJA POSTEROWA

	str.
1. Bartosz Czernecki, Mariusz Ptak – Historyczne i scenariuszowe zmiany przypowierzchniowej temperatury wody jezior w Polsce	51
2. Magdalena Opała-Owczarek – Dendroklimatyczna rekonstrukcja lat ekstremalnych na podstawie drewna historycznego w transekcji Sudety Wschodnie – Wyżyna Śląsko-Krakowska	52
3. Agnieszka Krzyżewska, Sylwester Wereski, Marek Nowosad, Piotr Demczuk – Zróźnicowanie termiczne Lubelszczyzny podczas wyjątkowo silnej fali upałów w sierpniu 2015 roku	53
4. Arkadiusz M. Tomczyk, Marek Półrolniczak, Ewa Bednorz, Leszek Kolendowicz – Cyrkulacyjne uwarunkowania fal mrozów w Polsce	54
5. Małgorzata Pajewska – Fale upałów w Polsce i ich uwarunkowania cyrkulacyjne	55
6. Michał Marosz – Występowanie ekstremalnie wysokich wartości temperatury powietrza w sezonie letnim w Polsce – rola cyrkulacji atmosferycznej 1971–2010	56
7. Joanna Wibig – Fale upału w Polsce w latach 1951–2015 – trendy i cyrkulacyjne uwarunkowania	57
8. Katarzyna Szyga-Pluta – Zmienność występowania suszy w Polsce w latach 1966–2015	58
9. Justyna Kubicz, Radosław Stodolak, Krzysztof Wolski – Wykorzystanie standaryzowanych wskaźników suszy do oceny zależności między różnymi typami susz	60
10. Mariusz Siedlecki, Włodzimierz Pawlak, Krzysztof Fortuniak – Zastosowania wskaźnika powierzchni ulistowienia LAI w ocenie ewapotranspiracji – wstępne wyniki pomiarów na terenach bagiennych i obszarach rolniczych	61

Program

- | | | |
|-----|--|----|
| 11. | Piotr Piotrowski, Wojciech Radziun – Wpływ kierunku adwekcji na rozkład opadów atmosferycznych na obszarze aglomeracji łódzkiej | 62 |
| 12. | Piotr Piotrowski, Adam Skomorowski – Warunki termiczno-wilgotnościowe wpływające na powstawanie mgieł na wybranych stacjach meteorologicznych w Polsce | 63 |
| 13. | Piotr Piotrowski, Joanna Jędruszkiewicz, Mariusz Zieliński – Ekstremalne warunki opadowe nad polskim wybrzeżem w powiązaniu z cyrkulacją atmosferyczną | 64 |
| 14. | Luiza Wieczorek, Agnieszka Podstawczyńska – Uwarunkowania synoptyczne występowania trąb powietrznych w Polsce w latach 1998–2013 | 65 |
| 15. | Dawid Biernacik, Beata Kowalska, Ewa Jakusik – Główne zagrożenia wynikające ze zmian klimatu w Szczecinie | 66 |
| 16. | Marek Nowosad – Maksymalna prędkość wiatru geostroficznego nad Polską według wskaźników Lityńskiego | 67 |
| 17. | Małgorzata Owczarek, Mirosław Miętus – Ekstremalne zjawiska meteorologiczne w Gdyni do 1950 roku | 69 |
| 18. | Sylwester Wereski, Krzysztof Bartoszek, Anna Bilik – Ekstremalne typy pogody w Lublinie w latach 1951–2015 | 70 |
| 19. | Bogusław M. Kaszewski, Krzysztof Bartoszek, Andrzej Gluza – Synoptyczne uwarunkowania napływu mas powietrza arktycznego i zwrotnikowego nad Lubelszczyznę | 71 |
| 20. | Jan Degirmendzić, Krzysztof Kożuchowski – Epoki cyrkulacyjne w okresie 1891–2010 na podstawie klasyfikacji Vangengeima – Girsza | 72 |
| 21. | Dorota Matuszko, Katarzyna Piotrowicz – Związek usłonecznienia i temperatury powietrza na podstawie wieloletniej serii klimatologicznej w Krakowie (1884–2016) | 74 |
| 22. | Włodzimierz Pawlak, Krzysztof Fortuniak, Mariusz Siedlecki – Ekstremalne wartości strumieni gazów cieplarnianych w Łodzi – częstość i geneza wybranych przypadków | 75 |

11³⁰ – 13⁰⁰ SESJA V: Zmiany i zmienność ekstremalnych zdarzeń klimatycznych oraz hydrologicznych i ich przyczyny, cz. 3

(przewodniczący sesji – prof. dr hab. Mirosław Miętus)

str.

- | | | |
|-------------------------------------|--|----|
| 11 ³⁰ – 11 ⁴⁵ | Leszek Starkel, Elżbieta Cebulak, Piotr Gębica, Danuta Limanówka, Robert Pyrc – Znaczenie barier górskich w występowaniu opadów w Karpatach | 34 |
|-------------------------------------|--|----|

Program

11 ⁴⁵ – 12 ⁰⁰	Radosław Stodolak, Justyna Kubicz, Krzysztof Wolski – Zjawisko niżówki jako wyznacznik okresu suszy hydrologicznej w zlewni dolnej Odry i rzek Przymorza Zachodniego	35
12 ⁰⁰ – 12 ¹⁵	Piotr Piotrowski – Opady atmosferyczne w Łodzi na tle poziomych gradientów termicznych	36
12 ¹⁵ – 12 ³⁰	Ewa Bednorz, Bartosz Czernecki, Arkadiusz Tomczyk, Marek Półrolniczak – Jeżeli nie NAO, to co? – Wpływ regionalnych typów cyrkulacji na temperaturę powietrza w Polsce w sezonie letnim	37
12 ³⁰ – 12 ⁴⁵	Ewa Łupikasza, Tadeusz Niedźwiedz – Ekstremalne inwersje temperatury minimalnej w przygruntowej warstwie powietrza w profilach 5-200 cm i 2-100 m w Sosnowcu	38
12 ⁴⁵ – 13 ⁰⁰	Andrzej A. Marsz – Strumienie ciepła jawnego z powierzchni Atlantyku Północnego a zmienność temperatury powietrza w Polsce (1951–2015)	39
14³⁰ – 16⁰⁰	SESJA VI: Bilans gazów cieplarnianych i projekcje zmian klimatu (przewodniczący sesji – prof. dr hab. Bogusław M. Kaszewski)	str.
14 ³⁰ – 14 ⁴⁵	Krzysztof Fortuniak, Włodzimierz Pawlak, Mariusz Siedlecki – Emisja gazów cieplarnianych z mokradel Biebrzańskiego Parku Narodowego w sytuacji ekstremalnie niskich poziomów wody gruntowej – wyniki pomiarów w Kopytkowie w latach 2013–2016	41
14 ⁴⁵ – 15 ⁰⁰	Jacek Leśny, Marek Urbaniak, Bogdan H. Chojnicki, Radosław Juszcak, Janusz Olejnik, Marcin Stróżecki, Mateusz Samson, Mariusz Lamentowicz, Anna Basińska, Maciej Gąbka, Dominika Łuców, Hanna Silvennoinen – Analiza występowania ekstremalnych wartości strumienia CO₂ wymienianego między podłożem a atmosferą na torfowisku w Rzecinie	42
15 ⁰⁰ – 15 ¹⁵	Klaudia Ziemblińska, Marek Urbaniak, Janusz Olejnik – Wybór metody odnowienia powierzchni leśnych po wiatrolomach a ich długofalowy wpływ na bilans węgla	44
15 ¹⁵ – 15 ³⁰	Mariusz Siedlecki, Włodzimierz Pawlak, Krzysztof Fortuniak, Piotr Piotrowski – Charakterystyka warunków atmosferycznych w dniach z wysoką ewapotranspiracją w obszarach zurbanizowanych oraz terenach rolniczych i bagiennych	46
15 ³⁰ – 15 ⁴⁵	Maciej Krystian Jefimow, Joanna Strużewska, Jacek W. Kamiński – Porównanie zmian temperatury do roku 2055 z wykorzystaniem bazy CORDEX dla 5 miast w Polsce	47
15 ⁴⁵ – 16 ⁰⁰	Dyskusja i zakończenie obrad	

REFERATY

**JAK POWSTAŁA KRONIKA PT.
„WYJĄTKI ZE ŹRÓDEŁ HISTORYCZNYCH O NADZWYCZAJNYCH
ZJAWISKACH HYDROLOGICZNO-METEOROLOGICZNYCH
NA ZIEMIACH POLSKICH W WIEKACH OD X DO XVI”
AUTORSTWA RYSZARDA GIRGUSIA I WITOLDA
STRUPCZEWSKIEGO**

Halina Lorenc

Polskie Towarzystwo Geofizyczne
e-mail: hlorenc@interia.pl

W opracowaniu przybliżono zarówno samą „kronikę” jak i sylwetkę jednego z Autorów, kontynuatora tworzonego dalszego ciągu tego unikalnego dzieła, dla okresu od XVII do XIX wieku. Starano się udokumentować, że zainteresowania R. Girgusia starożytną filozofią grecką oraz znajomość języka łacińskiego, greckiego i niemieckiego były prekursorem podjętych prac kronikarskich opisujących nadzwyczajne zjawiska meteorologiczne i hydrologiczne na historycznych ziemiach polskich. Wiedzę na ten temat pozyskiwał i chronologicznie uporządkował na podstawie między innymi znajdujących opisów groźnych zjawisk przyrodniczych w almanachach klasztornych, kalendarzach astrologicznych, efemerydach Ojców Dominikanów na marginesach lub między wierszami tekstu swych pięknie ilustrowanych ręcznie dzieł religijnych. Wykorzystywał również opisy zjawisk w poważnych historycznych źródłach, takich jak np.: Jana Długosza – *Historiae Polonicae*, *Monumenta Poloniae Histotica*, *Monumenta Germaniae Historica*, kronik pogody np. Marcina Biema z Olkusza i innych źródeł. Prezentowany I tom „kroniki” powstał we współautorstwie z Prof. Witoldem Strupczewskim, który odszedł od nas 3 września 2017 roku. Do wydania I tomu przyczynił się ówczesny dyrektor PIHM prof. Julian Lambor i Ananiasz Rojecki – ceniony geofizyk. Gdyby nie wiadomości zawarte w tym unikalnym dziele, nie wiedzielibyśmy, jak w okresie pierwszych 700 latach na naszych historycznie ziemiach kształtowały się warunki pogodowe i czy obecnie obserwowane groźne zjawiska pogodowe są porównywalne do tych z poprzednich wieków. Stąd wszakże wiemy np. o najmroźniejszej zimie w roku 1322/ 1323 lub największej suszy w roku 1473. Tak groźnych zjawisk w XX i XXI wieku nie obserwowaliśmy.

Pan Ryszard Girguś kontynuuje swoje dzieło. Jest w trakcie pisania II tomu. Planuje jego ukończenie w pierwszym kwartale 2018 r. Kronika ta będzie obejmowała lata 1601–1900. Później bowiem dysponujemy już obserwacjami instrumentalnymi. Czy jednak obecnie obserwowane groźne zjawiska pogodowe są aż tak dokładnie opisywane, jak w dawnych wiekach??? Donoszą o nich raczej media.

Sesja I

CLIMATE CHANGES IN POLAND AND EUROPE IN THE LAST MILLENNIUM

Rajmund Przybylak

Nicolaus Copernicus University, Faculty of Earth Sciences,
Department of Meteorology and Climatology, Toruń
ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń
e-mail: rp11@umk.pl

This paper presents a short synthesis of recent studies in climate reconstruction in Poland and Europe, mainly during the last millennium. The two key meteorological variables which have been analysed – air temperature and precipitation – are those for which the most complete details about changes in recent centuries are available. In the last millennium the warmest 100-year periods were the 11th century in eastern Europe, and probably the 20th century in western Europe. For the last 500 years correspondence between temperature runs in these two European regions is significantly better. In both areas the warmest century was the 20th century, while the coldest were the 17th century in eastern Europe and the 19th century in western Europe. However the temperature differences between these centuries in both areas were very small ($< 0.03^{\circ}\text{C}$). From 1100 to 1900 negative temperature anomalies prevailed in comparison with the present, while in the 20th century a significant upward trend was observed. The new results confirm the correctness of Lamb's schematic division of the last millennium into a Medieval Warm Period, a Little Ice Age and a Period of Modern Warming. Precipitation does not reveal any trend during the last millennium in eastern Europe, or during the last 500 years throughout almost the whole of Europe. On the other hand, variability over the last half of the millennium shows both large interannual and decadal fluctuations.

In Polish climatic history a Medieval Warm Period can be distinguished, which probably lasted from the 11th century until the 14th or early 15th century. Air temperature in this period was probably higher on average by about $0.5\text{--}1.0^{\circ}\text{C}$ in comparison with modern conditions and the climate was characterised by the greatest degree of oceanism throughout the whole millennium. A Little Ice Age can be also distinguished in Poland's climate history. Data show that it clearly began around the mid-16th century and probably ended in the second half of the 19th century. In this period winters were observed which were colder by about 1.5 to 3.0°C in comparison with modern conditions, while summers tended to be warmer than present by about 0.5°C . Mean annual air temperature was probably lower than the modern temperature by about $0.9\text{--}1.5^{\circ}\text{C}$. The reconstruction of precipitation is much more uncertain than is the reconstruction of air temperature. There was probably considerably higher average precipitation in the 12th century (and particularly in the second half of this century), in the first half of the 16th century and also in the first half of the 18th century. The second half of 13th century and the first half of 19th century were drier than average. In other periods precipitation conditions were close to average.

WYBUCH WULKANU KUWAE A WARUNKI POGODOWE W EUROPIE ŚRODKOWEJ OKOŁO POŁOWY XV W.

**Piotr Oliński¹, Rajmund Przybylak², Marcin Koprowski³,
Henryk P. Dąbrowski⁴, Wojciech Tylmann⁵**

¹ Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk Historycznych,
Instytut Historii i Archiwistyki, ul. Bojarskiego 1, 87-100 Toruń
e-mail: olinskip@umk.pl

² Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii

³ Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska,
Katedra Ekologii i Biogeografii

⁴ Muzeum Archeologiczne w Biskupinie

⁵ Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii,
Katedra Meteorologii i Klimatologii

Według opinii części badaczy w Europie około połowy XV wieku doszło do dużych zmian pogody, czy wręcz zmian klimatu. Wskazywać na to mają różnego rodzaju dane, w tym również dane historyczne. W świetle źródeł historycznych z ziem polskich można zauważyć, że w latach 50. i 60. zachowała się większa liczba wzmianek dotyczących ekstremalnych, czy odbiegających od normy zjawisk pogodowych. Jedną z tez próbujących wyjaśnić to zjawisko jest powiązanie różnych zjawisk pogodowych na świecie z wybuchem wulkanu Kuwae. Wybuch ten jest zaliczany do kilku największych w ostatnich tysiącach lat. Problematyczne jest jednak jego datowanie. Często spotykana jest data 1452/1453 r. Inni twierdzą, że wybuch ten nastąpił w 1458 r. Ostatnio na podstawie analizy źródeł pisanych z różnych regionów Europy i źródeł z Bliskiego Wschodu pojawiła się nawet propozycja datowania wybuchu na wczesne lato 1464 roku. W tym referacie zostanie podjęta próba oceny warunków pogodowych w połowie XV w. na podstawie źródeł historycznych polskich i z regionów sąsiednich, zarówno publikowanych i dobrze znanych, jak i tych pozostających dotychczas w archiwach. Wykorzystane zostaną również dane dendrochronologiczne i paleohydrologiczne. Mają one przynieść odpowiedź na pytanie czy w badanym okresie warunki pogodowe znacząco odbiegały od XV-wiecznej normy oraz czy można je powiązać z konsekwencjami wybuchu wulkanu Kuwae.

Sesja I

NAJDŁUŻSZA W ŚWIECIE KRONIKA POGODOWA (1721 DO 1786) GOTTFRIEDA REYGERA DLA GDAŃSKA JAKO ŹRÓDŁO LEPSZEGO ZROZUMIENIA ZMIENNOŚCI KLIMATU

Janusz Filipiak¹, Rajmund Przybylak², Piotr Oliński³

¹Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Bażyńskiego 4, 80-309 Gdańsk
e-mail: filipiak@ug.edu.pl

²Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii

³Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk Historycznych, Instytut Historii i Archiwistyki

Rolą kronikarzy od zawsze był faktograficzny opis wydarzeń, chronologicznie uporządkowanych. Zapiski te często przedstawiały opis warunków pogodowych w skali lokalnej oraz dostarczały informacji o ich wpływie na rozwój życia społecznego i ekonomicznego miasta. Do rekonstrukcji warunków termicznych i opadowych w Gdańsku wykorzystano informacje o pogodzie zawartych w kronice z lat 1721–1786 autorstwa Gottfrieda Reygera. Reyger - botanik i meteorolog, prowadząc sumiennie swoje obserwacje od wczesnej młodości niemal po kres długiego życia, stał się twórcą najdłuższej w świecie kroniki pogodowej.

Informacje zawarte w kronice pozwoliły na rekonstrukcję przebiegu temperatury i opadów atmosferycznych w poszczególnych miesiącach, sezonach i latach badanego okresu. Wykonano ją stosując metodę 3-stopniowej indeksacji danych termicznych i opadowych miesięcy (poniżej normy (-1), w normie (0) i powyżej normy (+1)), przeprowadzonej w odniesieniu do warunków współczesnych. Oceny warunków pogodowych sezonów i lat dokonano natomiast w skali 7-stopniowej wg propozycji Pfistera i in. (1994).

Klimat w XVIII wieku w Gdańsku był bardziej surowy niż obecnie. Wiosny były o wiele chłodniejsze, podobnie jak lata, podczas gdy jesienią i zimą było porównywalnie ciepło. Zidentyfikowano kilka stosunkowo zimnych okresów i kilka ciepłych okresów. Pierwsza połowa badanego okresu była bardzo wilgotna, podczas gdy druga była dość sucha. Zrekonstruowane serie danych indeksowanych porównano z rocznymi i sezonowymi średnimi wartościami temperatury i opadów atmosferycznych, uzyskanymi z regularnych obserwacji instrumentalnych przeprowadzonych w Gdańsku od 1739 roku. Zastosowano metodę regresji liniowej do kalibrowania zrekonstruowanych serii indeksów przeciw anomaliami ze średniej z lat 1961–1990. Do diagnozowania jakości kalibracji i weryfikacji zastosowano współczynnik korelacji, standardowy błąd estymacji oraz statystykę kwadratowego błędu podstawowego. Najwyższą korelację między indeksami temperatury a seriami pomiarowymi stwierdzono dla zimy. Odtworzoną serię opadową cechuje mniejsza wariancja niż w rzeczywistości. Zrekonstruowane wartości dla lat poprzedzających 1739 rok wskazują na wystąpienie chłodnych lat 1725–1732 oraz znacznych opadów w dekadzie lat 30. XVIII wieku.

**EKSTREMALNY ROK 1540 I JEGO KONSEKWENCJE
Z PERSPEKTYWY ŹRÓDEŁ HISTORYCZNYCH
Z OBSZARÓW POLSKICH I NADBAŁTYCKICH**

Wiesław Nowosad, Piotr Oliński

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk Historycznych,
Instytut Historii i Archiwistyki, ul. Bojarskiego 1, 87-100 Toruń
e-mail: wnowosad@umk.pl

W ostatnim okresie pojawiło się kilka opracowań dotyczących ekstremalnie ciepłego i suchego okresu od wiosny do jesieni 1540 r. Dowodzone, że w Europie Zachodniej i Środkowej ilość opadów w tym roku była zdecydowanie niższa aniżeli dobrze znane minima z okresu pomiarów instrumentalnych. Korzystano przy tym w głównej mierze z historycznych źródeł pisanych, w tym również kilku z ziem polskich i nadbałtyckich. W referacie tym wskazane zostaną wszystkie możliwe źródła historyczne pochodzące z obszarów polskich i nadbałtyckich, a także wybrane źródła z regionów sąsiednich, dotyczące zjawisk atmosferycznych w tym roku. Zostanie również podjęta próba rekonstrukcji warunków życia na obszarach polskich i nadbałtyckich około 1540 r. jako konsekwencji warunków pogodowych tego roku.

Sesja II

RELACJE MIĘDZY TEMPERATURĄ POWIETRZA I WODY W JEZIORACH POLSKI PÓŁNOCNEJ W EKSTREMALNIE CIEPŁYCH I CHŁODNYCH OKRESACH

**Bożena Pius¹, Andrzej Araźny², Rajmund Przybylak²,
Włodzimierz Marszelewski¹**

¹ Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi,
Katedra Hydrologii i Gospodarki Wodnej, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń
e-mail: bpius@umk.pl

² Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Lwowska 1, 87-100 Toruń
e-mail: andy@umk.pl

Do najważniejszych efektów zmian klimatu w jeziorach umiarkowanej strefy klimatycznej należy wzrost temperatury wody. Powoduje to przyspieszenie tempa przebiegu procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, a w rezultacie końcowym wzrost produktywności i trofii jezior. Obserwowany wzrost częstości ekstremalnych wartości temperatury powietrza na przełomie XX i XXI wieku koreluje z temperaturą wody.

Celem niniejszego opracowania jest wydzielenie ekstremalnych wartości temperatury powietrza i wody. W analizie wyróżniono skrajne wartości ww. elementów według kryterium 10. i 90. percentyla. W opracowaniu wykorzystano materiał źródłowy z okresu 1961–2015. Do analizy użyto średnich dobowych wartości temperatury wody oraz powietrza. Do badań wybrano trzy jeziora: Sławskie, Charzykowskie oraz Hańczę, które są różnicowane pod względem położenia, powierzchni i głębokości. Do charakterystyki związków między warunkami klimatycznymi a temperaturą wody ww. jezior użyto danych meteorologicznych ze stacji w Sławie, Chojnicach oraz Suwałkach.

Tempo wszystkich analizowanych zmian znacznie wzrosło od lat 1986–1987 i nadal utrzymuje się. W przypadku temperatury wody stwierdzono m.in. znacznie szybszy wzrost średniej rocznej wartości temperatury wody w płytszym jeziorze Sławskim w porównaniu do Jeziora Charzykowskiego i Jeziora Hańczy. Wzrost temperatury wody, podobnie jak i temperatury powietrza, nastąpił prawie we wszystkich miesiącach. Najwyższe wartości trendów ($0,05^{\circ}\text{C}\cdot\text{rok}^{-1}$) stwierdzono w miesiącach wiosennych oraz letnich. Ujemna tendencja zmian temperatury wody wystąpiła w jeziorach jedynie jesienią w listopadzie.

Praca finansowana z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu ERALECC (ERA.Net RUS Plus; ID 226).

PRZYROSTY ROCZNE DRZEW JAKO ŹRÓDŁO INFORMACJI O EKSTREMALNYCH ZJAWISKACH METEOROLOGICZNYCH

Longina Chojnacka-Ozga, Wojciech Ozga

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny,
Katedra Hodowli Lasu, ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa
e-mail: longina_chojnacka_ozga@sggw.pl

Analiza przyrostów rocznych drzew jest jedną z najdokładniejszych metod rekonstrukcji środowiska, w tym zmian klimatu. Drzewa są bardzo dobrym materiałem badawczym ze względu na długowieczność, powszechność występowania oraz roczną, wynikającą ze słoistości, rozdzielczość czasową badań. W słojach drewna, ich szerokości i strukturze zawarta jest informacja o warunkach środowiska, jakie panowały w poszczególnych latach życia drzewa, w tym wahaniami klimatu. Analizy dendrochronologiczne pozwalają zarówno na rekonstrukcję jak i prognozowanie zmienności środowiska związanej ze zmianami klimatu. Projekcje na przyszłość wskazują, że w wyniku zmian klimatycznych, częstotliwość i intensywność ekstremalnych zjawisk pogodowych w Europie Środkowej w najbliższej przyszłości wzrośnie. Rozpoznanie i monitorowanie zarówno zjawisk ekstremalnych jak i reakcji drzew na te zjawiska jest niezbędne w celu adaptacji lasów do zmian klimatycznych. Zastosowanie analiz dendrochronologicznych umożliwi pozyskanie takich informacji, w długim oknie czasowym. Niektóre ekstremalne zdarzenia klimatyczne przejawiają się poprzez cechy charakterystyczne widoczne w przyrostach drzew, takie jak słoje mroźne, słoje jasne, fałszywe lub drewno reakcyjne. Susze lub silne wichury są uwidocznione poprzez gwałtowne zmniejszenie się przyrostu, które może nawet być widoczne przez kilka lat. Prezentujemy wstępne wyniki badań dotyczących zapisu ekstremalnych zjawisk pogodowych: suszy, przymrozków oraz fal długotrwałych silnych mrozów, w przyrostach buka zwyczajnego rosnącego w różnych regionach Polski. Buk zwyczajny jest uważany za bardzo dobry sensor dendroekologiczny, odzwierciedlający w swoich przyrostach ekstrema pogodowe.

W badaniach wykorzystano długookresowe (ponad 150 letnie) chronologie przyrostowe, reprezentujące 15 drzewostanów bukowych. Wykonano czasowo-przestrzenną analizę reakcji przyrostowej buków na ekstremalne susze letnie, późne przymrozki oraz bardzo mroźne zimy. Wszystkie chronologie cechują się czytelnym zapisem analizowanych ekstremalnych zdarzeń pogodowych. W seriach przyrostowych buków rosnących na obszarach nizinnych i wyżynnych najbardziej czytelnie zapisały się ekstremalne susze letnie, skutkujące znacznym zmniejszeniem przyrostu, widocznym przede wszystkim w roku wystąpienia suszy. Większość drzew cechowała się szybką regeneracją, wpływ suszy w przyrostach w roku następnym był widoczny tylko u 15% drzew. Zapis ekstremalnych późnych przymrozków wiosennych był najbardziej widoczny na obszarach górskich (powyżej 700 m n.p.m.), co wiązać można przede wszystkim z większą częstotliwością występowania tam tego zjawiska. Na obszarach nizinnych i wyżynnych zjawiska te wystąpiły zaledwie kilkakrotnie w ciągu ubiegłego stulecia, należy jednak podkreślić, że w każdym roku z intensywnym późnym przymrozkiem, występującym po rozwoju liści, wystąpiła negatywna reakcja przyrostowa. Zdecydowana większość drzew (> 90%) cechowała się szybką regeneracją przyrostu w roku następnym. Zapis ekstremalnie mroźnych długich zim był widoczny we wszystkich chronologiach przyrostowych, przy czym nie wszystkie tego typu zdarzenia były odnotowane.

Sesja II

WSPÓLCZESNE ANOMALIE TERMICZNE NA HISTORYCZNYCH ZIEMIACH POLSKICH

Urszula Kossowska-Cezak¹, Robert Twardosz²

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Klimatologii

² Uniwersytet Jagielloński, Wydział Geografii i Geologii, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
Zakład Klimatologii, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: r.twardosz@uj.edu.pl

W literaturze klimatologicznej znajdujemy wiele publikacji, w których podejmowano odtwarzanie skrajnych warunków termicznych na podstawie źródeł historycznych. Inspiracją do podjęcia badań współczesnych anomalii termicznych na historycznych ziemiach polskich było opracowanie *Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI*, zestawione przez Ryszarda Girgusia i Witolda Strupczewskiego, a do którego nawiązuje bezpośrednio temat konferencji jubileuszowej z okazji 70-lecia Polskiego Towarzystwa Geofizycznego. W wymienionej publikacji można znaleźć wiele wzmianek o bardzo silnych mrozach czy niezwykle upałach, ale też o łagodnych zimach czy bardzo chłodnych latach. Upamiętnienie takich zjawisk na kartach kronik jest dowodem, że występujące wówczas warunki termiczne i ich skutki musiały być wyjątkowe. Interesujące zatem wydaje się dokonanie porównania częstości i rodzaju anomalii termicznych na historycznych ziemiach polskich na podstawie źródła historycznego (X–XVI wiek) i danych pomiarowych (1951–2015).

Jest oczywiste, żeby takie porównanie miało sens to wymaga przyjęcia pewnych założeń, a mianowicie że opisy zawarte w źródłach historycznych dotyczą anomalii wyjątkowo dużych i długo się utrzymujących, a przy tym prawdopodobnie obejmujących znaczne obszary. Wymaga to zatem dokonania także selekcji spośród wyłonionych współczesnych anomalii na podstawie metody statystycznej ($\pm 2\sigma$ od średniej wieloletniej miesięcznej/sezonowej temperatury powietrza), czyli wyboru takich anomalii, które również spełniają te warunki – wielkości, długości i/albo zasięgu przestrzennego. Do celów porównawczych wybrano te anomalnie zimne i ciepłe miesiące, które wystąpiły na przynajmniej 30% stacji, tzn. na co najmniej 10 stacjach spośród 34, i zarazem na co najmniej 2 stacjach na współczesnym terytorium Polski, zbliżonym do tego z czasów piastowskich.

Anomalnie ciepłe i zimne miesiące, a nawet całe pory roku, chociaż są naturalną cechą klimatu, zwłaszcza środkowej części Europy, to jednak takie zjawiska pojawiają się rzadko. Stwierdzono, że do najczęstszych kategorii anomalii należą te o cechach przeciwnych – niezwykle mroźne miesiące zimowe i upalne miesiące letnie. Ich wystąpienie jest możliwe nawet w okresach ogólnie odznaczających się odmiennymi cechami klimatu: niezwykle gorących lat podczas chłodnego okresu małej epoki lodowej, jak i niezwykle mroźnych zim w czasie współczesnego ocieplenia.

Dokonane porównanie częstości okresów (miesiące, pór roku) anomalnie zimnych i ciepłych tak upamiętnionych w zapiskach historycznych (X–XVI wiek), jak i określonych na podstawie danych pomiarowych (XX–XXI wiek) na historycznych ziemiach polskich wykazało, że trafnie one odzwierciedlają zachodzące na tym obszarze wiekowe zmiany klimatu rozpoznane na podstawie innych źródeł.

REKONSTRUKCJA SERII OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W GDAŃSKU W OKRESIE POMIARÓW INSTRUMENTALNYCH

Janusz Filipiak

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Bażyńskiego 4, 80-309 Gdańsk
e-mail: filipiak@ug.edu.pl

Gdańsk jest jednym z miast, które mogą poszczycić się niezwykle wczesnym rozpoczęciem instrumentalnych pomiarów opadów atmosferycznych. Pierwsza, ponad 30-letnia, izolowana seria pomiarowa pochodzi z okresu 1739–1772 i była dziełem wybitnego gdańskiego fizyka i matematyka Michaela C. Hanowa. W drugiej dekadzie XIX wieku pomiary sum opadów prowadził gdański lekarz Johann G. Kleefeld. Kolejny z okresów prowadzenia pomiarów opadów, trwający nieprzerwanie do czasów współczesnych, rozpoczął się w 1851 roku z chwilą uruchomienia przez dyrektora gdańskiej szkoły gimnazjalnej Św. Piotra i Pawła, Fryderyka Strehlke, instrumentalnych pomiarów meteorologicznych na zlecenie Pruskiego Instytutu Meteorologicznego.

Wskutek zaginięcia, najprawdopodobniej nieodwracalnego, oryginalnych zapisków Strehlkego, niemożliwe stało się odtworzenie dobowych sum opadu atmosferycznego z początkowego okresu pomiarów. Jest to możliwe w odniesieniu do czasu od 1876 roku, od momentu uruchomienia w dzielnicy Nowy Port stacji meteorologicznej Deutsche Seewarte.

Zrekonstruowana seria opadowa z Gdańska posłużyła jako podstawa do obliczenia podstawowych charakterystyk statystyczno-klimatologicznych określających warunki opadowe Gdańska w okresie 1851–2012. Średnia roczna suma opadu atmosferycznego w Gdańsku w analizowanym okresie wyniosła 562 mm. Najwilgotniejszymi miesiącami są odpowiednio lipiec i sierpień, w ich trakcie pada w Gdańsku przeciętnie ponad 70 mm opadu, najbardziej suche są luty i marzec (niespełna 30 mm opadu). Sumy opadów jesiennych wyraźnie dominują nad wiosennymi. Stwierdzono brak statystycznie istotnych zmian sum opadów w Gdańsku w okresie 1851–2012, wyjątkiem jest jedynie systematycznie coraz bardziej suchy marzec. Na obszarze Gdańska występuje średnio 171 dni z opadem równym co najmniej 0,1 mm w roku. Około pięciokrotnie w roku spada w ciągu doby więcej niż 20 mm, natomiast raz na niespełna cztery lata występuje opad przekraczający 50 mm. Największy zarejestrowany w Gdańsku opad dobowy osiągnął 127 mm.

Dokonano również rekonstrukcji zmienności dobowych sum opadów atmosferycznych w odniesieniu do najwcześniejszej z gdańskich serii pomiarowych, tj. pomiarów Hanowa. Wykorzystano w tym przypadku informację o rodzaju zjawisk hydrometeorologicznych, obserwowanych przez badacza. Jedną z najbardziej charakterystycznych cech, jakie zaobserwowano w odniesieniu do klimatu pluwialnego osiemnastowiecznego Gdańska jest znaczna dominacja jesiennych sum opadów nad sumami wiosennymi, dowodząca umocnienia oceanicznych cech ówczesnego klimatu miasta.

Sesja II

ANDRZEJ MIROWSKI I JEGO THEORIA VENTORUM

Waldemar Chorążyczewski

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk Historycznych,
Instytut Historii i Archiwistyki, ul. Bojarskiego 1, 87-100 Toruń
e-mail: wch@umk.pl

W połowie XVI wieku kończy się rozkwit polskiej geografii doby renesansu. Coraz mniej ukazuje się prac zwiększających zasób wiedzy. Niemniej jednak to właśnie wtedy w Akademii Krakowskiej kształtuje się nowa w Polsce subdyscyplina geograficzna – meteorologia. Dzieje się tak za sprawą Andrzeja Mirowskiego, który w roku 1596 opublikował w Wuerzburgu traktat zatytułowany „Theoria ventorum”. O autorze wiemy niewiele, tyle że był zarówno meteorologiem, jak i prawnikiem. Dzieło swe oparł na pracach Hipokratesa i Arystotelesa. Mirowski zamieścił w dziele systematykę wiatrów, próbował wyjaśnić ich przyczyny i skutki. Traktat nie doczekał się dogłębnej analizy, a jest też rzadkością bibliofilską. Przybliżenie postaci autora, jak i samej treści dzieła, wydaje się istotnym przyczynkiem do poznania rozwoju początków polskich badań meteorologicznych.

ANOMALIE TERMICZNO-OPADOWE W LEŚNYM ZAKŁADZIE DOŚWIADCZALNYM SGGW W ROGOWIE W LATACH 1923–2015

Longina Chojnacka-Ozga, Wojciech Ozga

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny,
Katedra Hodowli Lasu, ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa
e-mail: wojciech_ozga@sggw.pl

W 1923 roku utworzono w Lasach Doświadczalnych SGGW w Rogowie stację meteorologiczną (51°40'N, 19°55'E, h = 194 m n.p.m.). W roku 1923 wykonywano pomiary opadów atmosferycznych i stopniowo wprowadzano pomiary i obserwacje pozostałych elementów meteorologicznych. Po II wojnie światowej (do 1993 r.) pomiary prowadzono również na leśnej (podkapowej) stacji meteorologicznej.

Średnia roczna temperatura powietrza z lat 1924–2015 wynosiła 7,5°C i zmieniała się od 5,3°C (1940) do 9,6°C (2015). W miesiącach zimowych (XII–II) dodatnia anomalia termiczna (przyjmując kryterium $\pm 2SD$) wystąpiła jedynie w grudniu 2015 roku. Ujemne anomalie występowały częściej: w grudniu 1933 i 1969, w styczniu 1940, 1963 i 1987 oraz w lutym 1929, 1940, 1947 i 1956. Na szczególną uwagę zasługuje luty 1929 roku, kiedy to 3-krotnie temperatura minimalna spadła poniżej $-30,0^{\circ}C$, a w dniu 9.02.1929 amplituda dobową wynosiła $23,0^{\circ}C$. W miesiącach wiosennych, w marcu wystąpiła jedynie anomalia ujemna (1942), w pozostałych miesiącach zarówno anomalie ujemne jak i dodatnie (ujemne w kwietniu 1929 i 1953 oraz w maju 1941, 1965, 1980, natomiast dodatnie w kwietniu 1934, 1948, 1962, 2000, 2009, 2011, 2014 i w maju 1931, 1937, 1993, 2002). Latem brak było anomalii ujemnych, natomiast anomalie dodatnie wystąpiły 4-krotnie w czerwcu (1940, 1954, 1964, 1979), 9 razy w lipcu (1932, 1959, 1994, 1999, 2002, 2006, 2010, 2012, 2014) i 13 razy w sierpniu (1932, 1939, 1942, 1951, 1955, 1971, 1992, 1997, 2002, 2004, 2010, 2011, 2012). W okresie IX–XI zauważyć można stopniowy spadek miesięcy charakteryzujących się anomaliami dodatnimi, a wzrost ujemnymi. We wrześniu wystąpiły tylko anomalie dodatnie (1942, 1947, 1967, 1999, 2006), w październiku dodatnie (1967, 2000, 2001) i ujemne (1936, 1946), a w listopadzie anomalii dodatnich (1926, 1946) było mniej niż ujemnych (1941, 1956, 1965, 1993, 1998).

Średnia roczna suma opadów atmosferycznych z lat 1923–2015 wynosiła 582,6 mm i zmieniała się od 312,5 mm (2012) do 890,6 mm (1970). Przyjmując granice normy opadu wg Mrugały stwierdzono, że w miesiącach zimowych opady poniżej normy wystąpiły w grudniu w dekadzie 1941–1950 oraz 2001–2010, w styczniu w okresie 1991–2000, a w lutym w latach 1971–1990. Wiosną zauważyć można obniżenie sum opadu w marcu i kwietniu w latach 1981–90, natomiast w maju trwające jeszcze w kolejnej dekadzie. W miesiącach lata zaznaczyły się opady powyżej normy w latach 60. (VI, VIII) i 70. (VII, VIII), natomiast opady poniżej normy częściej występowały po roku 1981. Tendencja ta widoczna była także we wrześniu. Opady poniżej normy w październiku występowały najczęściej w latach 1951–1960, natomiast w listopadzie również w latach 1981–1990. W okresie 1961–1970, w listopadzie stosunkowo często występowały sumy opadów powyżej normy.

Sesja III

WIELOLETNIA ZMIENNOŚĆ LETNICH EKSTREMÓW TERMICZNYCH W POLSCE

**Agnieszka Wypych^{1,2}, Agnieszka Sulikowska¹,
Zbigniew Ustrnul^{1,2}, Danuta Czekierda²**

¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Geografii i Geologii, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
Zakład Klimatologii, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: agnieszka.wypych@uj.edu.pl

² Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Krakowie

Wzrost temperatury powietrza, obserwowany w ostatnich dekadach zwłaszcza na obszarze półkuli północnej, a potwierdzony wynikami badań prowadzonych w różnych skalach przestrzennych i czasowych, jest zjawiskiem niepodważalnym, zarówno w ujęciu rocznym, jak i sezonowym. Miesiące letnie, coraz częściej określane mianem niezwykle upalnych, odznaczają się zwiększeniem częstości, intensywności oraz czasu trwania ekstremalnych zdarzeń termicznych.

Celem pracy jest ocena tendencji ekstremalnie wysokich wartości temperatury powietrza w Polsce latem. Wykorzystano dane dobowe z sezonu letniego, tj. czerwiec – sierpień, pochodzące z ponad 100 stacji meteorologicznych (sieć IMGW–PIB) z okresu 1951–2016. Analizie poddano zmienność wieloletnią i wielkość anomalii termicznych, sum temperatur efektywnych dla prognozy wyznaczonego wartością 95. percentyla temperatury maksymalnej lata (tzw. nadwyżki ciepła) oraz zmienność zasięgu oddziaływania ekstremów termicznych. Połączenie informacji o intensywności ekstremum termicznego oraz o wielkości obszaru objętego występowaniem ekstremalnie wysokiej temperatury powietrza (wyrażone wskaźnikiem ekstremalności) przedstawia kompleksową charakterystykę obciążenia termicznego regionu.

Uzyskane wyniki potwierdzają wzrost maksymalnej temperatury lata o około 0,4°C na 10 lat oraz zwiększenie ekstremalności warunków termicznych. Przejawia się ono we wzroście liczby dni ekstremalnie ciepłych średnio o 1,2 dnia na 10 lat, zwiększeniu wartości 95. percentyla temperatury maksymalnej lata o 0,5°C na 10 lat, wzroście nadwyżek ciepła, czy też zasięgu występowania ekstremów termicznych. Anomalie dodatnie temperatury maksymalnej notowane są nieprzerwanie od roku 1990, z najwyższymi wartościami w latach 1992, 1994, 2010 oraz w 2015, który był najbardziej ekstremalnym pod względem termicznym w analizowanym okresie.

Opisane tendencje, czyli zwiększenie intensywności ekstremalnych zdarzeń termicznych oraz ich oddziaływania, mają istotne znaczenie dla środowiska przyrodniczego, powodując zwiększenie stresu cieplnego oraz modyfikując tempo cyklu hydrologicznego.

PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE TEMPERATURY POWIETRZA W POZNANIU PODCZAS WYBRANYCH FAL UPAŁÓW

Marek Pórolniczak, Arkadiusz M. Tomczyk, Leszek Kolendowicz

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Klimatologii,
ul. Bogumiła Krygowskiego 10, 61-680 Poznań
e-mail: marekpol@amu.edu.pl

Głównym celem pracy była charakterystyka warunków termicznych w mieście podczas wybranych fal upałów w latach 2008–2015. Realizacja powyższego celu była poprzedzona analizą występowania dni upalnych i fal upałów w Poznaniu w latach 1966–2015. Dzień upalny zdefiniowano jako dzień z temperaturą maksymalną $> 95.$ rocznego percentyla temperatury maksymalnej (tj. $> 27,8^{\circ}\text{C}$), a za falę upałów uznano ciąg przynajmniej 5 dni upalnych. W pracy wykorzystano dane dla stacji Poznań–Ławica z okresu 1966–2015, które pozyskano z baz danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego. Ponadto wykorzystano dane dotyczące dobowej temperatury powietrza z lat 2008–2015 dla 8 punktów pomiarowych zlokalizowanych na obszarze Poznania w różnych typach użytkowania terenu. Dodatkowo w pracy wykorzystano dwa obrazy satelitarne, tj. obraz zarejestrowany przez satelitę LANDSAT-5 TM w dniu 12 lipca 2010 roku o godz. 9.34 UTC oraz LANDSAT-8 OLI/TRIS w dniu 11 sierpnia 2015 roku

o godz. 9.34 UTC. W celu przeliczenia temperatury powierzchni (LST) do temperatury powietrza na wysokości 2 m nad poziomem terenu wykorzystano liniowy model regresji.

Przeprowadzone badania wykazały, że najwyższa temperatura powietrza w analizowanych dniach była na obszarach silnie przekształconych, a więc zabudowane centrum miasta, obszary przemysłowe oraz handlowe.

Praca realizowana w ramach projektu NCN nr UMO-2014/15/N/ST10/00717.

Sesja III

WARUNKI BIOMETEOROLOGICZNE PODCZAS WYJĄTKOWO SILNEJ FALI UPALÓW W POLSCE W SIERPNIU 2015 ROKU

Agnieszka Krzyżewska, Sylwester Wereski

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Zakład Meteorologii i Klimatologii, Al. Kraśnicka 2D, 20-718 Lublin
e-mail: agnieszka.krzyzewska@umcs.pl

Fale upałów według IPCC zaliczane są do zjawisk ekstremalnych (IPCC 2014). Szczególnie długie i uciążliwe fale upałów w literaturze naukowej określane są jako *mega-heatwaves* (Barriopedro i in. 2011) Do tej kategorii można zaliczyć zjawisko, które wystąpiło w Polsce w pierwszej połowie sierpnia 2015 r.

Celem opracowania jest analiza warunków biometeorologicznych określonych za pomocą wskaźnika UTCI (Błażejczyk i in. 2010) jakie wystąpiły w dniach 5–12 sierpnia 2015 roku w wybranych miastach Polski. W pracy wykorzystano dane godzinowe z 37 stacji meteorologicznych, rozmieszczonych równomiernie na terenie kraju. Dane meteorologiczne pochodziły z depesz SYNOP (www.ogimet.com).

W analizowanym okresie warunki silnego stresu ciepła (32–38°C według wskaźnika UTCI) utrzymywały się w większości miast przeważnie w godzinach 8–17 UTC, zaś podczas maksymalnego natężenia fali (7–8 sierpnia 2015) – od 7 do 19 UTC.

Warunki bardzo silnego stresu ciepła obserwowano w dniach 5–12 sierpnia 2015 r. Najdłużej utrzymywały się one we Wrocławiu w dniu 8 sierpnia – podczas 8 kolejnych godzin (9–16 UTC) wartości wskaźnika UTCI w tym mieście były wyższe niż 38°C według wskaźnika UTCI. Wtedy też we Wrocławiu zanotowano najwyższą wartość wskaźnika UTCI (42,1°C o godz. 14.00 UTC).

Najkrócej obciążające warunki biometeorologiczne utrzymywały się w miastach położonych nad morzem (m. in. Koszalin, Łeba). Na stacjach górskich (Kasprowy Wierch, Śnieżka) nie zanotowano obciążeń termicznych związanych ze stresem ciepła.

Literatura

- Barriopedro D., Fischer E.M., Luterbacher J., Trigo R.M., García-Herrera R., 2011, The Hot Summer of 2010: Map of Europe. *Science* (80), Vol. 332(6026), 220–224.
- Błażejczyk K., Bröde P., Fiala D., Havenith D., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., 2010, UTCI – nowy wskaźnik oceny obciążeń cieplnych człowieka. *Przegląd Geograficzny*, 82, 1, 49–71.
- IPCC, 2014, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.

UMIERALNOŚĆ PODCZAS WARUNKÓW SKRAJNEGO OBCIĄŻENIA CIEPLNEGO W WYBRANYCH MIASTACH W POLSCE W OKRESIE 1975–2014

Magdalena Kuchcik

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN,
Zakład Geoekologii i Klimatologii, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
e-mail: mkuchcik@twarda.pan.pl

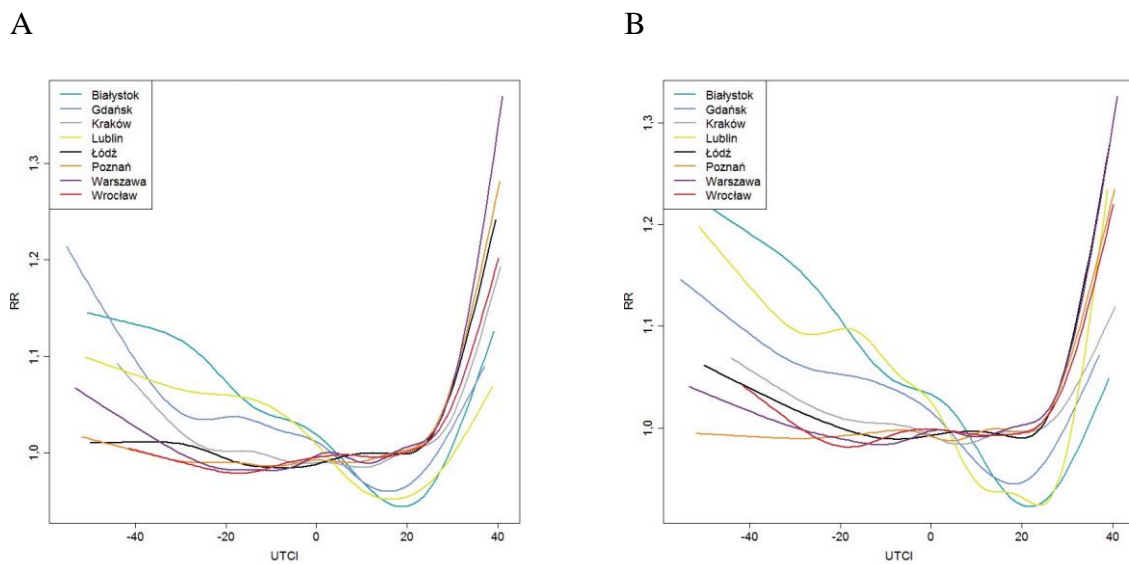
Zarówno środowisko gorące, jak i skrajnie zimne znacząco obarcza pracę układu krążenia, zwłaszcza wtedy, gdy warunki te utrzymują się przez kilka-kilkanaście dni. W organizmie uaktywnia się wtedy szereg mechanizmów, zadaniem których jest utrzymanie homeostazy, a gdy to się nie udaje, dochodzi do zaostrzenia chorób, a nawet zgonu.

Warunki termicznie skrajne zostały opisane przy pomocy uniwersalnego wskaźnika obciążeń cieplnych UTCI. W latach 1975–2014 liczba dni z silnym stresem ciepła średnio w Polsce rosła od ok. 3 dni w 1975 r. do 7 w 2014 r., choć największy ich przyrost nastąpił do 1992–1994 r. Notowano też spadek liczby dni z silnym stresem zimna od 55 w 1975 r. do 38 w 2014 r. W większości miast to właśnie spadki liczby dni ze stresem zimna, które notowano od początku badanego okresu do lat 1989–2000 w zależności od miasta lub do 2014 r. (w Lublinie i Warszawie) były statystycznie istotne.

W warunkach silnego stresu ciepła (Sc, UTCI 32,1–38,0°C) w większości miast, z wyjątkiem Gdańska i Lublina, wzrost ryzyka zgonu ogółem wynosi 10–20%, przy bardzo silnym stresie ciepła (Bc, UTCI powyżej 38,0°C) wzrost ryzyka zgonu rośnie powyżej 20%, a w Warszawie nawet powyżej 30%. We Wrocławiu, Poznaniu i Łodzi w warunkach obciążenia silnym stresem zimna (Sz, UTCI od –27,0°C do –13,1°C) wzrost umieralności ogólnej się nie zaznacza. W Warszawie, Krakowie i Lublinie wzrost ryzyka zgonu nie przekracza 10% w warunkach bardzo silnego stresu zimna (Bz, UTCI od –40°C do –27,1°C), a nawet nieznosnego stresu zimna (Nz, UTCI poniżej –40,0°C) (ryc. 1A).

Wśród zgonów z przyczyn układu krążenia w warunkach silnego stresu ciepła dochodzi do 10% wzrostu w Łodzi, Warszawie, Lublinie, Poznaniu i Wrocławiu, w warunkach bardzo silnego stresu ciepła – notowany jest tam 20% wzrost ryzyka zgonu. Pod wpływem silnego i bardzo silnego stresu zimna wzrost ryzyka zgonu z powodu chorób układu krążenia osiąga i przewyższa 10% jedynie w Białymstoku, Lublinie i Gdańsku, a w pozostałych miastach, jeśli występuje, nie jest większy niż 8% (ryc. 1B)

Sesja III



Ryc. 1. Ryzyko względne zgonu (RR) ogółem (A) oraz z powodu chorób układu krążenia (B) a wartość UTCI (°C)

EKSTREMALNE WARTOŚCI ZMIENNOŚCI Z DNIA NA DZIEŃ TEMPERATURY POWIETRZA WE WROCŁAWIU W LATACH 1850–2016

Krystyna Bryś¹, Tadeusz Bryś²

¹ Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji,
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Zakład Agro- i Hydrometeorologii,
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
e-mail: krystyna.brys@upwr.edu.pl

² Polskie Towarzystwo Geofizyczne, Oddział Wrocławski

Przeanalizowano zmienność z dnia na dzień średniej temperatury powietrza (T_p) we Wrocławiu w latach 1850–2016. Uchwycono ekstremalne wartości tej zmienności dla kolejnych miesięcy, klimatycznych pór roku oraz całego roku. Pod uwagę wzięto nie tylko skrajne wartości wzrostu (+) lub spadku (–) T_p z dnia na dzień, ale również trendy zmian wartości ekstremalnych tej zmienności dla poszczególnych miesięcy w badanym wieloleciu. Uwzględniono również tendencje zmian średnich miesięcznych wartości analizowanej zmienności (+) i (–) oraz miesięcznych współczynników zmienności ich wartości bezwzględnych. Analiza przebiegów tych parametrów zmienności przeprowadzona została również dla różnych cząstkowych wieloleci (1850–1920, 1921–1945, 1946–2016) związanych z kolejnymi zmianami lokalizacyjnymi stacji pomiarowych T_p we Wrocławiu. Najczęściej ekstremalne wartości badanej zmienności (+) i (–) występowały w grudniu i styczniu, ale w miesiącach tych notuje się brak wyraźnych trendów tej zmienności, zarówno dla średnich wartości miesięcznych (+) i (–), jak i dla analizowanych współczynników zmienności. Różne istotne trendy badanej zmienności pojawiają się natomiast od marca do sierpnia.

Sesja IV

ISTOTA ZJAWISK EKSTREMALNYCH - METODY ANALIZY, WYSTĘPOWANIE

Mirosław Miętus

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Bażyńskiego 4, 80-309 Gdańsk
e-mail: mietus@ug.edu.pl

Prezentacja stara się odpowiedzieć m.in. na pytania:

- Co to jest zjawisko ekstremalne i czy zjawisko anomalne albo rzadkie należy zaliczyć do grupy zjawisk ekstremalnych?
- Jak należy patrzeć na występowanie określonych wartości elementów opisujących procesy meteorologiczne i hydrologiczne z punktu widzenia teorii wartości ekstremalnych funkcji/zbioru oraz z punktu widzenia statystyki?
- Co to jest katastrofa naturalna i jaki jest podział z punktu widzenia procesu?
- Jak zmieniają się statystyki dotyczące występowania ekstremalnych zdarzeń i jakie są ich wieloaspektowe konsekwencje?
- Co możemy powiedzieć na temat ekstremalnych zjawisk w wybranych regionach świata?
- Które zjawiska ekstremalne lub grupa zjawisk są najniebezpieczniejsze w Polsce i dlaczego?

A ponadto przedstawia przykłady występowania zjawisk ekstremalnych na obszarze Polski.

**ANALIZA OKRESU WEGETACYJNEGO ORAZ DNI
CHARAKTERYSTYCZNYCH NA POCZĄTKU XXI WIEKU
W POLSCE PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ**

Monika Panfil

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa,
Katedra Gospodarki Wodnej, Klimatologii i Kształtowania Środowiska,
pl. Łódzki 2, 10-718 Olsztyn
e-mail: monika.panfil@uwm.edu.pl

Słowa kluczowe: okres wegetacyjny, temperatura powietrza, dni charakterystyczne, ekstrema termiczne

Na podstawie dobowych wartości temperatury średniej, maksymalnej i minimalnej w wieloleciu 2001–2015 oraz 1951–2000 scharakteryzowano warunki termiczne Olsztyna i okolic. Zajęto się okresem wegetacyjnym, dniami charakterystycznymi oraz temperaturami ekstremalnymi, występującymi w Polsce Północno-Wschodniej.

Literatura

- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2013, Temperatury ekstremalne w Polsce w latach 1951–2006. Prace Geograficzne UJ, z. 132, s. 59–98.
- Kossowska-Cezak U., 2014, Zmiany wieloletnie liczby termicznych dni charakterystycznych w Warszawie (1951–2010). Prace Geograficzne UJ, z. 136, s. 9–30.
- Matuszko D., Piotrowicz K., 2012, Wieloletnia zmienność sytuacji meteorotropowych w Krakowie. Przegląd Geograficzny, T. 84, z. 3, s. 413–422.

Sesja IV

KRÓTKOTERMINOWE ZMIANY CIŚNIENIA ATMOSFERYCZNEGO W POLSCE (1951–2015)

Zuzanna Bielec-Bąkowska¹, Katarzyna Piotrowicz²

¹ Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii,
ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec
e-mail: zuzanna.bielec-bakowska@us.edu.pl

² Uniwersytet Jagielloński, Wydział Geografii i Geologii, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
Zakład Klimatologii, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: k.piotrowicz@uj.edu.pl

Zmiany klimatyczne zachodzące na danym obszarze najczęściej charakteryzowane są przez zmiany średnich lub ekstremalnych wartości elementów meteorologicznych. Znacznie rzadziej zwraca się uwagę na krótkoterminowe zmiany wartości badanych elementów, które również mogą być ważnym wyznacznikiem zmian klimatu w rozpatrywanym regionie, dynamiki występujących zdarzeń klimatycznych czy też w znaczący sposób oddziaływać na organizmy żywe.

W niniejszym opracowaniu zaprezentowano wieloletnią zmienność ciśnienia atmosferycznego z dnia na dzień oraz w ciągu kilku kolejnych dni (1–4 dni) w Polsce w latach 1951–2015. Podstawą przeprowadzonych badań były średnie dobowe wartości ciśnienia na poziomie morza pochodzące z reanaliz NCEP/NCAR i określone dla 12 punktów gridowych rozmieszczonych równomiernie, w siatce $2.5^\circ \times 2.5^\circ$, na obszarze Polski lub tuż poza jego granicami. Dodatkowo w badaniach rozpatrywano sezonowe zróżnicowanie wahań ciśnienia, rozróżniono również zmiany uwzględniające wzrost i spadek ciśnienia. Wszystkie zmiany analizowano biorąc pod uwagę ich wpływ na organizm człowieka. Z tego powodu w badaniach wyróżniono słabe (< 4 hPa), umiarkowane (4–8 hPa), silne (8–12 hPa) oraz bardzo silne (> 12 hPa) zmiany ciśnienia.

Szczególną uwagę zwrócono na występowanie zmian największych (> 12 hPa). Na tej podstawie stwierdzono, że największe zmiany ciśnienia z dnia na dzień wahały się w zależności od położenia punktu gridowego od 26,0 do 39,2 hPa. Rozkład przestrzenny analizowanych zmian wskazuje, że częstość dobowych zmian ciśnienia > 12 hPa, maleje wraz z przesuwaniem się z północnego zachodu na południowy wschód. Średnio w ciągu roku notuje się około 11–12 przypadków tak dużych zmian na północnym zachodzie Polski i jedynie 5–6 przypadków w jej południowo-wschodniej części. Najwięcej takich zmian występuje w zimie (około 1–2 przypadków miesięcznie), najmniej w sezonie letnim (średnio 0,0–0,1 w miesiącu). We wszystkich rozpatrywanych punktach gridowych nieco częściej notowano tak znaczny wzrost niż spadek ciśnienia. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że różnica ta była niewielka na północnym wschodzie Polski i wyraźnie wzrastała ku południowemu zachodowi. Wieloletnie zmiany badanego wskaźnika wskazują, iż są one największe w północnej części badanego obszaru i bardzo nieznaczne na południu. Zauważa się także wyraźny spadek liczby zmian ciśnienia > 12 hPa w ostatnich kilku latach badanego okresu.

**WARSTWY OPADU
PODCZAS WYBRANYCH INCYDENTÓW OPADOWYCH
NA OBSZARZE AGLOMERACJI ŁÓDZKIEJ**

Wojciech Radziun

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: wojtekradziun@tlen.pl

Słowa kluczowe: warstwa opadu, incydent opadowy, aglomeracja łódzka

Opracowanie ma na celu określenie znormalizowanych warstw opadów w czasie jego trwania na obszarze aglomeracji łódzkiej. Dane pochodzą z siedmiu posterunków opadowych, które rejestrują opad w sposób ciągły z częstotliwością co 5 minut. Pięć stacji znajduje się na terenie Łodzi przy ulicach: Centralnej, Garnizonowej, Granicznej, Politechniki, Pomorskiej oraz dwa punkty pozałódzkie położone w Rzgowie i w Dobra Nowiny. Analizie poddano 184 zdarzeń opadowych zarejestrowanych na wybranych stajkach. Polegała ona na obliczeniu skumulowanych wartości warstw opadów w stosunku do skumulowanych czasów jego trwania. Warstwy opadów analizowanych deszczy wyniosły od 1,0 do 47,1 mm, a czas ich trwania - od 25 do 1060 min.

Praca zrealizowana ze środków finansowych Narodowego Centrum Nauki przyznanych na realizację projektu 2012/05/B/ST10/00945.

Sesja IV

ZNACZENIE KOLUMNOWEJ ZAWARTOŚCI PARY WODNEJ W KSZTAŁTOWANIU ROZKŁADU PRZESTRZENNEGO ROZLEWNYCH OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W POLSCE

**Marek Błaś¹, Mieczysław Sobik¹, Witold Rohm², Hugues Brenot³, Estera Trzcina²,
Maciej Kryza¹, Hanna Ojrzyńska¹**

¹ Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Zakład Klimatologii i Ochrony Atmosfery, ul. Kosiby 8, 51-621 Wrocław

e-mail: marek.blas@uwr.edu.pl

² Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Zakład Geodezji Satelitarnej

³ Royal Belgian Institute for Space Aeronomy (BIRA), Atmospheric composition, Brussels, Belgium

Przedmiotem analizy jest geneza, mechanizm oraz prawidłowości rozkładu przestrzennego opadów rozlewnych, które obejmują znaczny obszar i charakteryzują się dużymi sumami dobowymi. Podczas pojedynczego zdarzenia sumy te mogą nawet parokrotnie przekraczać miesięczne normy klimatyczne. W literaturze wielokrotnie podejmowano problem synoptycznej genezy takich opadów oraz zwracano uwagę na szereg istotnych czynników: adwekcję powietrza zasobnego w parę wodną i jego ruch wstępujący w strefie konwergencji, ekstremalnie wysokie wartości wirowości w dolnej i górnej troposferze, a także dużą asymetrię termiczną układu niżowego najczęściej pomiędzy jego S–E i W–N sektorami. Charakter powierzchni frontalnej w czasie opadów rozlewnych odpowiada na ogół stagnującemu, anabatycznemu frontowi chłodnemu.

Zasadniczym celem prowadzonych analiz jest poszukiwanie koncepcji objaśniającej w spójny sposób mechanizm opadów rozlewnych. Podjęto zatem próbę wykorzystania nowych źródeł informacji o kolumnowej zawartości pary wodnej nad terytorium Polski, cechujących się bardzo wysoką rozdzielczością czasową i przestrzenną. Pierwszym z nich jest sygnał GNSS (Globalnych Systemów Nawigacji Satelitarnej), który poddany obróbce, umożliwia wyznaczenie opóźnienia atmosferycznego w propagacji sygnału, skorelowanego z kolumnową zawartością pary wodnej. Drugim źródłem informacji jest mezoskalowy numeryczny model WRF (Weather Research and Forecasting) z bazą ERA-Interim. Ponadto zintegrowanie obserwacji GNSS, przy użyciu modelu tomografii TOMO2, umożliwiło wyznaczenie trójwymiarowego rozkładu pary wodnej w troposferze. Szczegółowej analizie poddano dwa przypadki z opadami rozlewnymi (maj i wrzesień 2014 roku).

Głównym osiągnięciem niniejszego opracowania jest uzyskanie przestrzennej informacji o kolumnowej zawartości pary wodnej w słupie powietrza w znacznie lepszej rozdzielczości przestrzennej i czasowej, w skali całej Polski, dla sytuacji z opadem rozlewnym. To stworzyło nowe możliwości interpretacyjne. Uwypuklił się w ten sposób aspekt termodynamiczny związany z ciepłem utajonym, uwalnianym podczas kondensacji pary wodnej w porcjach powietrza poddanych ruchowi wstępującemu w strefach frontalnych. Ilość wyzwolonego tą drogą ciepła ma kluczowy wpływ na zasięg pionowy ruchu wznoszącego oraz transport znacznych ilości pary wodnej do górnych partii troposfery. To z kolei ma wpływ na intensywność procesów opadotwórczych, a w konsekwencji na skalę obserwowanych opadów i ich skutki hydrologiczne.

TYPY CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ SPRZYJAJĄCE DUŻEJ ZAWARTOŚCI PARY WODNEJ W SŁUPIE POWIETRZA (PW) W POŁUDNIOWO-ZACHODNIEJ POLSCE

Hanna Ojrzyńska, Marek Błaś, Maciej Kryza, Mieczysław Sobik

Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Zakład Klimatologii i Ochrony Atmosfery, ul. Kosiby 8, 51-621 Wrocław
e-mail: hanna.ojrzyńska@uwr.edu.pl

Analizie poddano przestrzenne i czasowe zróżnicowanie wysokich zawartości pary wodnej (PW) w troposferze w południowo-zachodniej Polsce w określonych typach cyrkulacji atmosferycznej. Dobowe wartości PW z lat 1981–2010 obliczone zostały przy pomocy modelu Weather Research and Forecasting (WRF), uruchomionego w trybie reanaliz. Model pracował w oparciu o 3 zagnieżdżone domeny o rozdzielczości przestrzennej 45 km x 45 km, 15 km x 15 km i 5 km x 5 km. Do obliczeń wartości PW użyto danych meteorologicznych z domeny wewnętrznej, podczas gdy dane z domeny środkowej posłużyły do automatycznej klasyfikacji typów cyrkulacji. W analizach uwzględniono 20 typów cyrkulacji opisujących różne kierunki adwekcji (SW, NW, NE, NW, XX- niezdefiniowany) oraz górną i dolną wirowość (AA, AC, CC, CA, gdzie A – wirowość ujemna, C – wirowość dodatnia).

W analizowanym okresie obszarowa średnia wieloletnia zawartość pary wodnej w słupie powietrza nad południowo-zachodnią Polską wyniosła $15,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, a średnie miesięczne mieściły się w przedziale od około $9 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ w miesiącach zimowych do $23,8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ w lipcu. Najwyższe terminowe wartości PW notowane w zimie przekraczały $20 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ i odpowiednio $40 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ w okresie lata.

Dla każdego miesiąca wyznaczono typy oraz grupy typów cyrkulacji o tym samym kierunku adwekcji lub typie wirowości, sprzyjające występowaniu wysokich i ekstremalnie wysokich wartości PW. Były one najczęściej obserwowane w dniach z adwekcją mas powietrznych z kierunków południowych (SW i SE), ale w miesiącach zimowych także z sektora NW. Typem wirowości sprzyjającym wysokim i ekstremalnie wysokim wartościom PW był w szczególności typ CA – z dolnym cyklonem i górnym antycyklonem. W lecie wysokie PW notowano także w typach z wirowością CC (dolny i górny cyklon), podczas gdy w pozostałych porach roku – w typach AA (dolny i górny antycyklon). W pracy zaprezentowano rozkłady przestrzenne PW dla wybranych typów cyrkulacji (SECA, SWCA, SWAA, SWCC), sprzyjających występowaniu wysokich wartości tego parametru w południowo-zachodniej Polsce. Pozwoliło to na wskazanie obszarów potencjalnie narażonych na częstsze występowanie ekstremalnych zjawisk meteorologicznych.

Sesja V

ZNACZENIE BARIER GÓRSKICH W WYSTĘPOWANIU OPADÓW W KARPATACH

Leszek Starkel¹, Elżbieta Cebulak², Piotr Gębica³, Danuta Limanówka², Robert Pyrc²

¹ Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Kraków, ul. Św. Jana 22, 31-018 Kraków
e-mail: starkel@zg.pan.krakow.pl

² Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Krakowie

³ Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania, Rzeszów

Krawędzie gór i wyżyn stanowią istotne bariery dla przepływu mas powietrza wędrujących znad oceanów. Mogą one przy znacznej wysokości i szerokości pasm górskich stanowić zaporę trudną do przebycia, albo być strefą podwyższonych opadów zwłaszcza dla wędrujących cyklonów. Ale nawet niewysokie progi stanowią barierę, która objawia się w postaci prądów konwekcyjnych.

Autorzy omawiają przykłady z różnych części polskich Karpat. Zwarte krawędzie Beskidu Śląskiego Małego i Żywieckiego do 1 km wysokości wystawione są na opady ośrodków niżowych z kierunków W–NW. Ku wschodowi krawędź rozbita jest na mniejsze grupy górskie Beskidu Wyspowego, co ułatwia wnikanie w głąb gór wysokich opadów. Niekiedy chmura burzowa wędruje wzdłuż wysokiego progu np. krawędzi Zachodnich Bieszczadów. Także próg Pogórza wysoki tylko do 200 m sprzyja lokalnym opadom konwekcyjnym.

Mała gęstość stacji pomiarowych przy konstrukcji map opadowych w górach poprzez interpolacje prowadzi do zniekształcania obrazu przestrzennego opadów (przy pominięciu roli na przykład ekspozycji stoków).

ZJAWISKO NIŻÓWKI JAKO WYZNACZNIK OKRESU SUSZY HYDROLOGICZNEJ W ZLEWNI DOLNEJ ODRY I RZEK PRZYMORZA ZACHODNIEGO

Radosław Stodolak, Justyna Kubicz, Krzysztof Wolski

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji,
Instytut Inżynierii Środowiska, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
e-mail: radoslaw.stodolak@upwr.edu.pl

Podjęta w artykule tematyka dotyczy jednego z ekstremalnych zjawisk hydrologicznych, jaki stanowi niżówka. W pracy zaprezentowano wyniki analizy okresów niżówkowych notowanych na trzech przekrojach wodowskazowych Dolnej Odry oraz trzydziestu dziewięciu wodowskazach zlokalizowanych na rzekach Przymorza Zachodniego. Analizie poddano codzienne obserwacje przepływów dla okresu obejmującego 40 lat (1974–2013), identyfikując niżówki na podstawie krzywej sum czasów trwania przepływów oraz przy zastosowaniu metody przepływu granicznego (*ThLM*), wykorzystując kryterium separacji POT (*Peak Over Threshold*) – Ekstremum Ponad Przepływem Granicznym.

Dla każdego epizodu niżówkowego określono parametry ilościowe, tj. czas trwania, minimalny i średni przepływ niżówki, wielkość deficytu odpływu, rozumianego jako objętość odpływu poniżej założonego przepływu granicznego, wskaźnik niedoborów dynamicznych oraz intensywność niżówki, obliczaną ze stosunku objętości deficytu do czasu jej trwania.

Zaprezentowano charakterystykę niżówek dla wielolecia w ujęciu rocznym, z podziałem na poszczególne miesiące, ukazując przestrzenny rozkład badanych parametrów w odniesieniu do analizowanych zlewni regionu.

Pracę wieńczą wnioski płynące z obliczeń zmodyfikowanego wskaźnika zagrożenia niżówką, który pozwala zaklasyfikować poszczególne profile wodowskazowe do jednej z czterech klas zagrożenia, przy uwzględnieniu sumarycznego czasu trwania niżówek w przekroju, procentowego udziału niżówek dla danego wodowskazu w wieloleciu, średniej wartości wskaźnika niedoborów dynamicznych oraz intensywności niżówki dla przekroju proporcjonalnie do wymienionych wielkości obliczonych dla wszystkich przekrojów.

Sesja V

OPADY ATMOSFERYCZNE W ŁODZI NA TLE POZIOMYCH GRADIENTÓW TERMICZNYCH

Piotr Piotrowski

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: piotr.piotrowski@geo.uni.lodz.pl

Słowa kluczowe: opad atmosferyczny, poziomy gradient temperatury powietrza, adwekcja

W opracowaniu postanowiono sprawdzić, w jakim stopniu wartości poziomych gradientów termicznych mają wpływ na sumy opadów atmosferycznych w Łodzi. W celu obliczenia poziomych gradientów termicznych konieczne było określenie kierunku izoterm. W tym celu wykorzystano metodę Jenkinsona i Collisona służącą do określania kierunku adwekcji. Znając kierunek izoterm możliwe było obliczenie poziomych gradientów termicznych pomiędzy dwoma punktami położonymi w odległości 75 km od izotermi obliczonej dla współrzędnych geograficznych odpowiadających położeniu centrum Łodzi. Do bardziej szczegółowej analizy wykorzystano dane gridowe temperatury powietrza z terminów co 6 godzin, podczas których stwierdzono wystąpienie opadu atmosferycznego. Analiza wymienionych danych uwzględnia także kierunek adwekcji.

Praca zrealizowana ze środków finansowych Narodowego Centrum Nauki przyznanych na realizację projektu 2012/05/B/ST10/00945.

JEŻELI NIE NAO, TO CO? – WPLYW REGIONALNYCH TYPÓW CYRKULACJI NA TEMPERATURĘ POWIETRZA W POLSCE W SEZONIE LETNIM

Ewa Bednorz, Bartosz Czernecki, Arkadiusz Tomczyk, Marek Pórolniczak
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Klimatologii,
ul. Bogumiła Krygowskiego 10, 61-680 Poznań
e-mail: ewabedno@amu.edu.pl

Teza, że cyrkulacja atmosferyczna w bardzo dużym stopniu kształtuje pogodę i klimat Europy jest szczególnie prawdziwa w zimie, kiedy Oscylacja Północnoatlantycka (NAO) w dużym stopniu wyjaśnia zmienność temperatury w Europie. Jednak w lecie wpływ NAO jest słabszy i nie obejmuje zasięgiem środkowej Europy, w tym Polski. Dlatego celem badań było ustalenie powiązań pomiędzy dobowymi wartościami temperatury w Polsce i polem ciśnienia nad sektorem euroatlantyckim, i w konsekwencji wyznaczenie regionalnych typów cyrkulacji determinujących zmienność temperatury powietrza w Polsce w sezonie letnim, a następnie sparametryzowanie tego związku.

Przeanalizowano korelacje dobowych anomalii temperatury z polem ciśnienia na wybranych poziomach izobarycznych i na tej podstawie na poziomie 500 hPa, który istotnie koreluje z wartościami temperatury powietrza przy powierzchni ziemi, wyłoniono regionalne dobowe typy cyrkulacji z zastosowaniem metody analizy składowych głównych. Wybrano 12 typów cyrkulacji, które łącznie wyjaśniają ponad 95% całkowitej zmienności pola ciśnienia nad wybranym sektorem Europy i za pomocą modelu regresji oszacowano ich wpływ na dobowe wartości temperatury. Współczynnik regresji dla większości z 44 stacji uwzględnionych w opracowaniu przekraczał 0,7, co oznacza, że wybrane typy cyrkulacji wyjaśniają ponad 50% zmienności temperatury. Cztery spośród 12 dobowych typów cyrkulacji istotnie kształtują wartości anomalii średniej, maksymalnej i minimalnej temperatury dobowej; wartości współczynników korelacji są zróżnicowane przestrzennie i przekraczają $0,55/|-0,45|$. Dodatkowo ustalono, które typy cyrkulacji warunkują wystąpienie ekstremalnych wartości temperatury w Polsce.

Na koniec sprawdzono 50-letnie (1966–2015) trendy zmian indeksów wyznaczonych typów i ustalono, że cyrkulacja atmosferyczna w pewnym stopniu moderuje wzrost temperatury powietrza w Polsce – wzrasta intensywność regionalnych typów cyrkulacji, które są ujemnie skorelowane z anomaliami temperatury.

Sesja V

EKSTREMALNE INWERSJE TEMPERATURY MINIMALNEJ W PRZYGRUNTOWEJ WARSTWIE POWIETRZA W PROFILACH 5–200 CM I 2–100 M W SOSNOWCU

Ewa Łupikasa, Tadeusz Niedźwiedź

Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii,
ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec
e-mail: ewa.lupikasa@us.edu.pl

Inwersje temperatury w przygruntowej warstwie atmosfery prowadzą do stagnacji powietrza i w rezultacie koncentracji zanieczyszczeń, stąd ich badania w obszarach miejskich są konieczne. Występują one głównie w godzinach nocnych, przy pogodzie wyżowej o małym zachmurzeniu i słabych wiatrach. Celem niniejszego opracowania jest: (i) określenie częstości występowania inwersji temperatury minimalnej powietrza w Sosnowcu, zarówno w warstwie 100 m, jak i w warstwie przygruntowej sięgającej 2 m nad gruntem oraz (ii) określenie związku występowania tych inwersji z zachmurzeniem i cyrkulacją atmosfery.

W badaniach wykorzystano 10-minutowe wartości temperatury minimalnej obejmujące okres od 2000 do końca wiosny 2017, rejestrowane na wysokości 5 cm nad powierzchnią trawiastą, na wysokości 2 m w standardowej klatce meteorologicznej oraz na wysokości 100 m nad gruntem (5 m nad dachem budynku WNoZ). Inwersje temperatury powietrza wyselekcjonowano na podstawie różnic obliczonych pomiędzy temperaturą minimalną na poziomach 200 cm i 5 cm oraz 100 m i 2 m. Dodatkowo różnice wskazują na występowanie struktury inwersyjnej powietrza. Rozpatrywano inwersje $\geq 1^{\circ}\text{C}$ oraz $\geq 5^{\circ}\text{C}$, które uznano za silne.

Średnia różnica temperatury minimalnej powietrza wynosząca $+3^{\circ}\text{C}$ pomiędzy 200 cm i 5 cm oraz $+0,8^{\circ}\text{C}$ pomiędzy 100 m i 2 m wskazuje na inwersyjną strukturę atmosfery w rozpatrywanych warstwach. Maksymalna różnica wyznaczająca tym samym największe natężenie inwersji we wstępnie analizowanym okresie 2013–2017 wynosiła $+8^{\circ}\text{C}$ w warstwie przygruntowej (200–5 cm) i przekraczała $+6^{\circ}\text{C}$ w warstwie 100 m. Inwersje $\geq 1^{\circ}\text{C}$ w ciągu roku występowały dwukrotnie częściej w warstwie 2 m niż w warstwie 100 m. Na przykład we wspomnianym okresie 2013–2016 częstość inwersji $\geq 1^{\circ}\text{C}$ osiągnęła 307 dni w warstwie 2 m i 140 dni w warstwie 100 m. Jeszcze większe zróżnicowanie stwierdzono w przypadku inwersji silnych, przekraczających 5°C , które w warstwie 2 m wystąpiły podczas 29 dni, zaś w warstwie 100 m podczas 7 dni w roku.

Pionowe gradienty temperatury minimalnej powietrza w obu warstwach wykazują istotne związki korelacyjne ze średnim dobowym zachmurzeniem. Siła tej zależności w warstwie 100 m jest większa ($-0,61$) niż w warstwie 2 m ($-0,54$). Największe częstości inwersji $\geq 1^{\circ}\text{C}$ w warstwie 200–5 cm zdarzały się w dniach z typem Bc, zaś w warstwie 100–2 m w dniach z Ka. Częstość silnych inwersji była wyraźnie wyższa w dniach z klinem wyżowym (Ka) oraz w dniach w napływie powietrza z południowego zachodu (SWc, SWa i Wa). Inwersje w warstwie 100–2 m wykazywały większą zależność od cyrkulacji atmosfery niż w warstwie nad gruntem.

STRUMIENIE CIEPŁA JAWNEGO Z POWIERZCHNI ATLANTYKU PÓŁNOCNEGO A ZMIENNOŚĆ TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE (1951–2015)

Andrzej A. Marsz

Polskie Towarzystwo Geofizyczne

e-mail: aamarsz127@gmail.com

Zmienność temperatury powietrza nad Polską w zasadniczej części determinowana jest przez cyrkulację atmosferyczną. Dominują nad Polską przepływy z sektora zachodniego, wnoszące mniej lub bardziej przetransformowane powietrze morskie znad Atlantyku Północnego. Można postawić tezę, że zmienność natężenia strumieni ciepła jawnego (dalej SCJ) z powierzchni oceanu, warunkująca temperaturę powietrza formującego się nad Atlantykiem Północnym, powinna wywierać wpływ na zmienność temperatury powietrza (dalej T_p) nad Polską.

Przeprowadzona analiza związków między wartościami oszacowanych miesięcznych i rocznych SCJ z powierzchni wschodniej części Atlantyku Północnego w szerokościach umiarkowanych (39–61°N, 31–09°W) a roczną i miesięczną temperaturą powietrza nad Polską dała następujące, najważniejsze wyniki:

1. Zmienność rocznych sum SCJ objaśnia około 1/3 wariancji rocznej obszarowej temperatury nad Polską. Zróznicowanie przestrzenne wpływu SCJ jest nieznaczne, najslabszy wpływ zmienność rocznych sum SCJ na temperaturę zaznacza się nad NE i E Polską.
2. Ciągłe w funkcji czasu związki między miesięcznymi sumami SCJ a miesięczną T_p nad Polską występują w okresie od lipca do maja. Istotnych związków w czerwcu brak. Na stacjach nadmorskich (Kołobrzeg, Ustka, Hel) związki są nieistotne również w sierpniu, w tym samym miesiącu na stacjach oddalonych od linii brzegowej związki są statystycznie istotne.
3. Nieco silniejsze od pozostałych miesięcy związki między SCJ a T_p występują w styczniu i październiku, kiedy objaśniają ~25% wariancji T_p . W pozostałych miesiącach, za wyjątkiem czerwca, zmienność miesięcznych SCJ objaśnia od ~20 do kilkunastu % wariancji T_p . Zróznicowanie regionalne rozkładu siły związków na obszarze Polski jest minimalne.
4. Najsilniejsza reakcja T_p na zmiany SCJ następuje w sierpniu i lipcu, jednak ze względu na niewielkie wartości SCJ w tych miesiącach realny wpływ zmienności SCJ na T_p jest niewielki ($\pm 1,3^\circ\text{C}$). Zmiany natężenia SCJ w styczniu regulują „obszarową” T_p w granicach $\pm 3,2$, w kwietniu $\pm 2,0$, październiku $\pm 1,6$, a we wrześniu $\pm 1,3^\circ\text{C}$. W pozostałych miesiącach zmienność miesięcznych sum SCJ reguluje T_p w granicach $\pm 0,8$ – $1,0^\circ\text{C}$.

Rezultaty analiz są pod pewnymi względami zaskakujące – może dziwić stosunkowo słabe skorelowanie SCJ z T_p nad Polską. Dalsza analiza pozwala wyjaśnić ten pozorny paradoks – najsilniejsze SCJ z oceanu występują w przypadku napływów powietrza znacznie (> 3 deg) chłodniejszego od wody. Takie sytuacje mają miejsce w przypadku cyrkulacji południkowej (napływy nad ocean z NW–NE oraz E). W takich sytuacjach synoptycznych ogrzane nad

Sesja V

oceanem powietrze nie jest przenoszone nad Polskę i nie daje efektów w postaci odpowiednich zmian T_p . Innym czynnikiem jest prędkość przemieszczania powietrza atlantyckiego nad Polskę. Wraz ze spadkiem prędkości napływu rosną straty ciepła z masy atmosferycznej (wypromieniowanie) i korelacja między T_p a SCJ spada. Optymalne dla termicznego wpływu SCJ na T_p w Polsce jest wystąpienie silnego przemieszczania zachodniego (np. silna dodatnia faza NAO). Rośnie wtedy SCJ (znaczna różnica między temperaturą powierzchni oceanu a temperaturą powietrza, duża prędkość wiatru), a wygrzane powietrze szybko trafia nad Polskę. W rezultacie wpływ SCJ na T_p nad Polską jest faktycznie rezultatem koincydencji natężenia SCJ i przemieszczania zachodniego, a związki między np. NAO czy składowymi strefowymi wiatru geostroficznego a T_p , w postaci niejawniej uwzględniają również wpływ zmienności SCJ.

EMISJA GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z MOKRADEŁ BIEBRZAŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO W SYTUACJI EKSTREMALNIE NISKICH POZIOMÓW WODY GRUNTOWEJ – WYNIKI POMIARÓW W KOPYTKOWIE W LATACH 2013–2016

Krzysztof Fortuniak, Włodzimierz Pawlak, Mariusz Siedlecki

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: kfortun@uni.lodz.pl

Pomiary turbulencyjnych strumieni głównych gazów cieplarnianych prowadzone są przez Katedrę Meteorologii i Klimatologii WNG UŁ w Kopytkowie (53°35'31"N, 22°53'32"E) w środkowym basenie Biebrzy od końca 2012 roku. Motywacją dla podjęcia badań wymiany gazowej Ziemia–atmosfera na mokradłach Biebrzańskiego Parku Narodowego była potrzeba ilościowej oceny strumieni netto wybranych gazów cieplarnianych dla obszarów bagiennych. Ekosystemy te mogą w znaczący sposób wpływać na bilans węgla poprzez emisję metanu i pochłanianie/emisję dwutlenku węgla. Są one głównym lądowym źródłem CH₄. Z drugiej strony węgiel wiązany z atmosferycznego CO₂ w procesie fotosyntezy może być przez stulecia gromadzony w pokładach torfowych. W celu określenia intensywności tych procesów niezbędne są długoterminowe pomiary strumieni netto uwzględniające zmienność warunków klimatycznych. W badanym czteroleciu rok 2013 można uznać za dosyć wilgotny, rok 2014 to rok nieco suchszy od przeciętnej, natomiast rok 2015 był rokiem wyjątkowo suchym, w którym poziom wody na badanym mokradle w lecie spadł do ponad 0,8 m pod powierzchnią gruntu. Suchy był również kolejny rok 2016, choć nie aż tak ekstremalnie. Wyniki pomiarów prowadzonych metodą kowariancji wirów wskazują, że w latach wilgotnych i średnio suchych badany ekosystem silnie pochłania CO₂ do prawie 1000 gCO₂ m⁻² rok⁻¹, w roku 2013. W suchszym roku 2014 było to około 560 gCO₂ m⁻² rok⁻¹, a w roku 2016 zaledwie 40 gCO₂ m⁻² rok⁻¹. Wyjątkowo silne przesuszenie jakie wystąpiło w roku 2015 spowodowało, że badany obszar bagienny stał się źródłem CO₂ do atmosfery o emisji mogącej przekraczać 600 gCO₂ m⁻² rok⁻¹. Odwrotne tendencje obserwuje się w przypadku emisji metanu. W latach mokrych może być ona rzędu 30 gCH₄ m⁻² rok⁻¹, natomiast w latach suchych spada do wartości zaledwie rzędu 2–5 gCH₄ m⁻² rok⁻¹.

Praca zrealizowana ze środków finansowych Narodowego Centrum Nauki przyznanych na realizację projektów: DEC-2011/01/B/ST10/07550, DEC-2015/17/B/ST10/02187. Autorzy dziękują Dyrekcji Biebrzańskiego Parku Narodowego za umożliwienie prowadzenia badań na terenie Parku.

Sesja VI

ANALIZA WYSTĘPOWANIA EKSTREMALNYCH WARTOŚCI STRUMIENIA CO₂ WYMIENIANEGO MIĘDZY PODŁOŻEM A ATMOSFERĄ NA TORFOWISKU W RZECINIE

Jacek Leśny¹, Marek Urbaniak¹, Bogdan H. Chojnicki¹, Radosław Juszcak¹, Janusz Olejnik¹, Marcin Stróżecki¹, Mateusz Samson¹, Mariusz Lamentowicz², Anna Basińska², Maciej Gąbka³, Dominika Łuców², Hanna Silvennoinen⁴

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Meteorologii, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań
e-mail: jacek.lesny@up.poznan.pl

² Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Instytut Geoekologii i Geoinformacji, Zakład Biogeografii i Paleoekologii, Pracownia Ekologii i Monitoringu Mokradel

³ Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Biologii, Instytut Biologii Środowiska, Zakład Hydrobiologii

⁴ Norwegian Institute of Bioeconomy Research, Norway

Słowa kluczowe: strumienie dwutlenku węgla, metoda kowariancji wirów, wartości ekstremalne

Powierzchnia ziemi niezależnie od jej rodzaju nieustannie wymienia masę z atmosferą. Są to strumienie pary wodnej, dwutlenku węgla, metanu i wielu innych substancji. Jedną z kilku metod ich pomiarów jest metoda kowariancji wirów, którą od kilkunastu lat wykorzystuje się do pomiarów wspomnianych strumieni na torfowisku w Rzecinie, znajdującym się w północno-zachodniej Polsce w Puszczy Noteckiej. Należy tu zaznaczyć, iż tereny podmokłe mimo stosunkowo małej powierzchni (ok. 2,6% łądów) zawierają ok. 30% globalnego węgla glebowego (The Biology... 2013) i są też jego pochłaniaczem, stąd też istotne jest monitorowanie procesów wymiany CO₂ z atmosferą zachodzących na tych ekosystemach.

Od 2014 roku w ramach Polsko-Norweskiego projektu WETMAN, prowadzony jest eksperyment manipulacyjny na wspomnianym torfowisku. Eksperyment ma odpowiedzieć na pytanie, jak prognozowane zmiany klimatu wpłyną na funkcjonowanie torfowiska (Juszcak i in. 2017). Jednak w wynikach prezentowanych w niniejszej pracy nie zajmowano się efektami manipulacji, a skupiono się na analizie ekstremalnych wartości strumienia CO₂ wymienianego między podłożem a atmosferą na torfowisku w Rzecinie w roku 2016.

Jak wiadomo metoda kowariancji wirów z definicji pozwala mierzyć strumienie masy i energii obszarowo, czyli z terenu tzw. footprint'u, co należy uznać za jej pozytywną cechę. Metoda ta wymaga jednak, aby ruch powietrza w atmosferze odbywał się w sposób turbulencyjny, co powoduje, że otrzymany zbiór wyników nie jest ciągły i należy uzupełniać braki w seriach danych (Urbaniak i in. 2016). W niniejszej pracy analizowano dane już po przeprowadzeniu tego procesu. Maksymalne wartości strumienia netto CO₂ w ciągu doby, czyli zasymilowany dwutlenek węgla po odjęciu oddychania ekosystemu, osiągały kilkakrotnie 18 g/m², tylko raz wartość ta była bliska 25 g/m² – oczywiście wszystkie te wartości zmierzono w cieplej połowie roku. Z kolei minimalne strumienie netto osiągały –5 g/m², przy czym notowano je głównie jesienią, gdy torf ma jeszcze stosunkowo wysoką temperaturę oraz optymalną wilgotność – to sprawia, iż procesy oddychania są dość intensywne, a mała ilość energii promienistej, niskie temperatury powietrza i zamieranie

Sesja VI

roślin ograniczają proces fotosyntezy. Warto dodać, że nawet latem przy pełnym stopniu rozwoju szaty roślinnej zdarzają się dni o ujemnych wartościach strumieni netto CO₂.

Literatura

- Juszczak R., Basinska A., Chojnicki B., Gąbka M., Hoffmann M., Józefczyk D., Lamentowicz M., Leśny L., Łuców D., Moni Ch., Reczuga M., Samson M., Silvennoinen H., Stróżecki M., Urbaniak M., Zielińska M., Olejnik J., 2017, Towards better understanding of the response of Sphagnum peatland to increased temperature and reduced precipitation in Central Europe. Geophysical Research Abstracts, Vol. 19, EGU2017-18838-1, 2017.
- The Biology of Peatlands, 2nd edition by H. Rydin and J. K. Jeglum. Oxford University Press, Oxford, 2013, 382 pp.
- Urbaniak M., Chojnicki B.H., Juszczak R., Augustin J., Leśny J., Ziemblińska K., Kowalska N., Sakowska K., Siedlecki P., Danielewska A., Olejnik J., 2016, Measuring Major Components of the Terrestrial Carbon Balance. W: Lothar Mueller, Askhad K. Sheudshen, i Frank Eulenstein (red.). Novel methods for monitoring and managing land and water resources in Siberia. Cham, Springer International Publishing. s. 401–423.

Sesja VI

WYBÓR METODY ODNOWIENIA POWIERZCHNI LEŚNYCH PO WIATROŁOMACH A ICH DŁUGOFALOWY WPŁYW NA BILANS WĘGLA

Klaudia Ziemblińska, Marek Urbaniak, Janusz Olejnik

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej,
Katedra Meteorologii, ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań
e-mail: klaudia.ziemblińska@up.poznan.pl

Skutkiem obserwowanych zmian klimatu, poza wzrostem temperatury, są zmiany w intensywności i częstotliwości występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych. Wyniki badań wskazują, że liczba silnych wichur w północno-zachodniej i środkowej Europie w przyszłości jeszcze wzrośnie. Wraz ze wzrostem liczby burz, zwiększeniu ulegnie również prędkość wiatru (w pasie od Wielkiej Brytanii do Polski; Leckebusch 2006).

Efektom wystąpienia ekstremalnych zjawisk pogodowych są nie tylko znaczące straty ekonomiczne (w Europie od lat 80. XX wieku wzrosły aż o ok. 60%), ale również zaburzenia bilansu węgla różnych ekosystemów, a przede wszystkim lasów. Przewiduje się, że wśród wszystkich typów ekosystemów lądowych, to właśnie lasy doświadczą największych, najbardziej różnorodnych i najdłużej trwających skutków ekstremalnych zjawisk pogodowych, w odniesieniu do obiegu węgla. Stwierdzono również, że jednym z głównych źródeł zaburzeń występujących w lasach na świecie są zniszczenia wywołane działaniem wiatru.

Głównym celem badań, prowadzonych od 2013 roku w Nadleśnictwie Trzebciny (woj. kujawsko-pomorskie) przez zespół naukowy z Katedry Meteorologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, było określenie poziomu i zmienności emisji netto CO₂ obszarów leśnych zniszczonych przez tornado. Pomiary wymiany CO₂ prowadzono tu w sposób ciągły, z wykorzystaniem techniki kowariancji wirów (EC). Na potrzeby eksperymentu, zróżnicowano wybrane powierzchnie badawcze pod względem sposobu odnowienia powierzchni leśnej. Celem tego zabiegu była ocena, która z metod odnowienia pozwala w długim dystansie czasowym zgromadzić/utrzymać w ekosystemie więcej węgla, czyli usunąć więcej CO₂ z atmosfery, lub mniej go wyemitować. Tam, gdzie zastosowano zabiegi najbardziej zbliżone do tradycyjnie stosowanych w praktyce leśnej (zebranie grubizny, drobnicy i karpin, wykonanie orki przed wprowadzeniem sadzonek sosny) powierzchnię oznaczono jako Tlen I. Na obszarze, na którym do celów eksperymentalnych biomasę w postaci karpin pozostawiono na powierzchni oraz wykonano nasadzenia bez uprzedniego przygotowania gleby pod odnowienie, nazwano Tlen II.

Wyniki czteroletnich badań wskazują, że z punktu widzenia bilansu węgla w układzie ekosystem–atmosfera, w pierwszych latach rozwoju uprawy sosny, metoda tradycyjna (Tlen I) jest znacznie korzystniejsza dla zmniejszenia ilości CO₂ emitowanego z powierzchni odnowień po wiatrołomach niż metoda niestandardowa (Tlen II). W rok po zakończeniu całego procesu odnowień, wartość salda bilansu ditlenku węgla na powierzchni Tlen I wyniosła bowiem ok. -9,2 t CO₂/ha i tym samym była aż o połowę mniejsza niż na powierzchni Tlen II (-17,7 t CO₂/ha). Warto tu również wspomnieć, że przedstawione badania stanowią pierwszą w Polsce próbę określenia w czasie rzeczywistym wpływu zniszczeń spowodowanych przez tornado na wymianę CO₂ netto zdewastowanego

Sesja VI

drzewostanu sosnowego w warunkach klimatycznych naszego kraju oraz wpływu różnych technik odnowienia powierzchni leśnych na ten proces.

Literatura

Leckebusch G.C., Koffi B., Ulbrich U., Pinto J.G., Spanghel T., Zacharias S., 2006, Analysis of frequency and intensity of European winter storm events from a multi-model perspective, at synoptic and regional scales. *Climate Research*, 31, 59–74.

Sesja VI

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW ATMOSFERYCZNYCH W DNIACH Z WYSOKĄ EWAPOTRANSPIRACJĄ W OBSZARACH ZURBANIZOWANYCH ORAZ TERENACH ROLNICZYCH I BAGIENNYCH

Mariusz Siedlecki, Włodzimierz Pawlak, Krzysztof Fortuniak, Piotr Piotrowski

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,

Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź

e-mail: mariusz.siedlecki@geo.uni.lodz.pl

W pracy zaprezentowano charakterystykę warunków pogodowych w dniach z wysokimi wartościami parowania terenowego powierzchni zurbanizowanych, obszarów bagiennych i rolniczych. Analizie poddano wybrane dni, kiedy sumy dobowe przekraczały 3 mm na dobę. W tym celu wykorzystano wieloletnie pomiary kowariancyjne strumienia ciepła utajonego przeprowadzone: na dwóch stacjach miejskich zlokalizowanych w centralnej części Łodzi, na stacji zlokalizowanej w obszarze rolniczym w miejscowości Annosław (ok. 65 km na wschód od Łodzi) oraz na stacji zlokalizowanej na terenie Biebrzańskiego Parku Narodowego (miejscowość Kopytkowo). Do charakterystyki warunków pogodowych wybrano standardowe dane meteorologiczne (tj. temperaturę powietrza, niedosyt wilgotności, prędkości wiatru, opad atmosferyczny) mierzone na stacjach pomiarowych, a także dokonano analizy ogólnych warunków synoptycznych uwzględniając typ cyrkulacji atmosfery i rodzaje mas powietrza.

Najwyższe wartości sum dobowych ewapotranspiracji (na wszystkich trzech stacjach) notowane zazwyczaj na przełomie wiosny i lata związane są z kilkoma czynnikami. Ewapotranspiracja na poziomie przekraczającym 3 mm/d występuje zwykle w warunkach wystąpienia opadów – zwykle burzowych lub w ciągu najbliższych dnia po intensywnych opadach. Szczególnie jest to zauważalne w warunkach obszarów zurbanizowanych, gdzie w takich przypadkach dość znacznie zmienia się wartość współczynnika Bowena.

PORÓWNANIE ZMIAN TEMPERATURY DO ROKU 2055 Z WYKORZYSTANIEM BAZY CORDEX DLA 5 MIAST W POLSCE

Maciej Krystian Jefimow^{1,2}, Joanna Strużewska², Jacek W. Kamiński³

¹ Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy,
ul. Krucza 5/11d, 00-548 Warszawa
e-mail: maciej_jefimow@is.pw.edu.pl

² Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska,
Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska

³ Instytut Geofizyki PAN, Zakład Fizyki Atmosfery, Warszawa

W prezentacji przedstawione zostaną wyniki badań zmiany temperatury w perspektywie od 2006 do 2055 roku, dla dwóch scenariuszy klimatycznych RCP 4.5 oraz RCP 8.5 obliczonych dla projektu CORDEX w domenie EUR11.

Badania przeprowadzono dla 5 średnich (liczba mieszkańców od 50 do 99 tys.) miast w Polsce: Bełchatowa, Ostrowa, Tomaszowa Mazowieckiego, Nowego Sącza oraz Siedlec. W celu zmniejszenia błędów modeli zastosowano metodę postprocessingu z wykorzystaniem danych pomiarowych pochodzących z serwisu ECA&D (od 2006 do 2015 roku). Z wiązki modeli odrzucono te, które charakteryzowały się największymi błędami.

Analizy przeprowadzono dla parametrów: średniej dobowej temperatury powietrza, temperatury dobowej minimalnej oraz maksymalnej, dla wartości miesięcznych i średniorocznych.

POSTERY

HISTORYCZNE I SCENARIUSZOWE ZMIANY PRZYPOWIERZCHNIOWEJ TEMPERATURY WODY JEZIOR W POLSCE

Bartosz Czernecki¹, Mariusz Ptak²

¹ Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Klimatologii, ul. Bogumiła Krygowskiego 10, 61-680 Poznań
e-mail: nwp@amu.edu.pl

² Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej, ul. Bogumiła Krygowskiego 10, 61-680 Poznań
e-mail: marpl14@wp.pl

W pracy przedstawiono zmiany przypowierzchniowej temperatury wód 9 jezior znajdujących się w północnej części Polski. Na podstawie danych z lat 1971–2015 zdiagnozowano tendencje zmian temperatury wody w poszczególnych miesiącach i w ujęciu rocznym. W oparciu o historyczne serie danych obserwacyjnych oraz wykorzystując niskorozdzielcze symulacje projektu CMIP-5 utworzono modele downscalingu, które wykorzystano do rekonstrukcji historycznych i projekcji scenariuszowych zmian temperatury przypowierzchniowej jezior do roku 2100.

Analiza historyczna wykazała, że w każdym z analizowanych przypadków średnia roczna temperatura wody w okresie ostatnich 45 lat cechowała się tendencją wzrostową o 3,7°C/100 lat i była wyższa o 0,2°C/100 lat od obliczonego trendu temperatury powietrza w analogicznym okresie. Największy wzrost temperatury wody odnotowano w miesiącach wiosennych (kwiecień, maj) oraz latem. Stworzone modele downscalingowe wykorzystujące techniki uczenia maszynowego oparto o wielkoskalowe pole temperatury powietrza oraz zredukowanego ciśnienia atmosferycznego. Stworzone modele w bardzo dobrym stopniu pozwalają na rekonstrukcję zmienności warunków historycznych poprawnie odzwierciedlając historyczne tendencje zmian.

Scenariuszowe zmiany przypowierzchniowej temperatury wód wskazują na kontynuację wzrostowych trendów w przyszłości. Ich wielkość w dużym stopniu zależy od przyjętej ścieżki emisyjnej (RCP) i w skrajnych przypadkach może oznaczać wzrost przypowierzchniowej temperatury wody jezior do ok. 6–7°C w roku 2100.

Sesja Posterowa

DENDROKLIMATYCZNA REKONSTRUKCJA LAT EKSTREMALNYCH NA PODSTAWIE DREWNA HISTORYCZNEGO W TRANSEKCIE SUDETY WSCHODNIE – WYŻYNA ŚLĄSKO- KRAKOWSKA

Magdalena Opala-Owczarek

Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk o Ziemi,
Katedra Klimatologii, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec
e-mail: magdalena.opala@us.edu.pl

Badania dendroklimatyczne pozwalają na rekonstrukcję warunków klimatycznych w okresach, dla których nie prowadzono instrumentalnych pomiarów meteorologicznych. Szczególnie dokładnie, wykorzystując sekwencje szerokości rocznych przyrostów drzew, można odtworzyć warunki panujące w latach ekstremalnych pod względem termicznym. Prowadzone badania dendrochronologiczne wykazały, że drzewa rosnące na obszarze Polski pozwalają sięgnąć wstecz średnio o ostatnie 100–150 lat. Niezwykle cenna jest zatem możliwość przedłużenia skal dendrochronologicznych wykorzystując drewno historyczne z budowli zabytkowych. Celem przeprowadzonych badań była rekonstrukcja lat ekstremalnych pod względem termicznym na wybranych stanowiskach położonych wzdłuż transektu Sudety Wschodnie – Nizina Śląska – Wyżyna Krakowsko-Częstochowska oraz zbadanie istniejących telekoneksji.

Do analiz wykorzystano próby pochodzące z drzew rosnących (*Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Abies alba*) oraz materiał z drewnianych zabudowań. Badania terenowe przeprowadzono na obszarze Masywu Śnieżnika, Równiny Opolskiej oraz Wyżyny Olkuskiej. Na podstawie 150 wywiertów i krążków drewna utworzono chronologie regionalne obejmujące okres ostatnich 200–300 lat. Przeprowadzone analizy dendroklimatyczne wykazały wpływ temperatury przełomu wiosny i lata na szerokość słoików rocznych w Sudetach Wschodnich, natomiast temperatury okresu zimowego na przyrost drzew rosnących na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej. Wspólne dla badanych regionów były m.in. lata negatywne: 1811, 1816, 1834, 1858, 1885, 1900, 1904/1905, 1942, 1956 oraz lata pozytywne: 1855, 1884, 1939, 1945/1946, 1959. Na podstawie zgromadzonego materiału dendrochronologicznego wykonano rekonstrukcje zmienności warunków termicznych Polski Południowej w okresie ostatnich trzech stuleci, ze szczególnym uwzględnieniem lat ekstremalnych.

Prace były prowadzone w ramach projektu badawczego dla młodych naukowców ze środków WNoZ Uniwersytetu Śląskiego pt. „Drewno historyczne w Sudetach i jego potencjał w analizie zmian środowiska przyrodniczego” oraz projektów MNiSW Nr N306 044 32/3178 i Nr N N306 139638.

ZRÓŻNICOWANIE TERMICZNE LUBELSZCZYNY PODCZAS WYJĄTKOWO SILNEJ FALI UPAŁÓW W SIERPNIU 2015 ROKU

Agnieszka Krzyżewska, Sylwester Wereski, Marek Nowosad, Piotr Demczuk

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Zakład Meteorologii i Klimatologii, Al. Kraśnicka 2D, 20-718 Lublin
e-mail: agnieszka.krzyzewska@umcs.pl

Fale upałów są definiowane jako co najmniej 3 kolejne dni z temperaturą maksymalną $> 30^{\circ}\text{C}$ (Krzyżewska, Wereski 2011). Ich przebieg jest uzależniony przede wszystkim od warunków cyrkulacyjnych, jednak dużą rolę odgrywają również warunki lokalne związane z położeniem geograficznym oraz otoczeniem stacji.

Fale upałów wg Międzyrządowego Panelu ds. Zmian Klimatu są traktowane jako zjawiska ekstremalne (IPCC 2014), które w przyszłości będą dłuższe i bardziej intensywne (Meehl, Tebaldi 2004). W pierwszej połowie sierpnia 2015 roku w Europie Środkowo-Wschodniej wystąpiła jedna z najdłuższych i najbardziej intensywnych fal upałów. Na Lubelszczyźnie rozpoczęła się w dniu 3 sierpnia 2015 roku i trwała nieprzerwanie przez prawie dwa tygodnie.

Celem niniejszej pracy jest analiza zróżnicowania warunków termicznych na Lubelszczyźnie, w regionie charakteryzującym się urozmaiconą rzeźbą terenu. Zgodnie z dotychczasowym stanem wiedzy obszar ten, pomimo niewielkiej rozciągłości równoleżnikowej, odznacza się dużym zróżnicowaniem termicznym (Kaszewski 2008).

Dane wykorzystane do opracowania pochodzą z 6 stacji IMGW oraz 7 stacji terenowych UMCS.

Literatura

- IPCC, 2014, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 s.
- Krzyżewska A., Wereski S., 2011, Fale upałów i mrozów w wybranych stacjach Polski na tle regionów bioklimatycznych (2000–2010). Przegląd Geofizyczny. Rocznik LVI, zeszyt 1–2, Warszawa, s. 99–109.
- Meehl G.A., Tebaldi C., 2004, More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century. Science 13 August 2004: 305 (5686), s. 994–997.
- Kaszewski B.M., 2008, Warunki klimatyczne Lubelszczyzny. Wyd. UMCS, Lublin, 60 s.

Sesja Posterowa

CYRKULACYJNE UWARUNKOWANIA FAL MROZÓW W POLSCE

Arkadiusz M. Tomczyk, Marek Pórolniczak, Ewa Bednorz, Leszek Kolendowicz

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Klimatologii
ul. Bogumiła Krygowskiego 10, 61-680 Poznań
e-mail: atomczyk@amu.edu.pl

Celem pracy było określenie warunków barycznych powodujących występowanie wybranych fal mrozów w Polsce. Dzień mroźny zdefiniowano jako dzień z temperaturą maksymalną $< -10^{\circ}\text{C}$, a za falę mrozów uznano ciąg przynajmniej 3 dni mroźnych. W pracy wykorzystano dane dla 16 stacji pozyskane z baz danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego z lat 1966–2015. Dla ustalenia okoliczności sprzyjających występowaniu fal mrozów wykonano kompozytowe mapy ciśnienia na poziomie morza, wysokości powierzchni izobarycznych 500 hPa oraz mapy anomalii. Ponadto przygotowano pionowe przekroje warunków termicznych i barycznych w troposferze. Występowanie fal mrozów związane było głównie z dodatnimi anomaliami ciśnienia na poziomie morza oraz ujemnymi anomaliami powierzchni izobarycznej 500 hPa i temperatury powietrza na powierzchni izobarycznej 850 hPa.

Praca realizowana w ramach projektu NCN nr UMO-2014/15/N/ST10/00717.

FALE UPAŁÓW W POLSCE I ICH UWARUNKOWANIA CYRKULACYJNE

Małgorzata Pajewska

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Instytut Geografii Fizycznej,
Zakład Klimatologii, ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa
e-mail: m.pajewska@uw.edu.pl

Celem wystąpienia jest określenie wpływu cyrkulacji atmosferycznej na występowanie fal upałów w Polsce. W pracy wykorzystane zostały dane dotyczące maksymalnej, minimalnej oraz średniej dobowej temperatury powietrza na wybranych stacjach w Polsce (lata 1981–2016). Dane pochodzą z IMGW oraz z ogólnodostępnych baz danych NOAA.

Określono podstawowe charakterystyki klimatologiczne dotyczące temperatury powietrza. Następnie wydzielono fale upałów. W tym celu wykorzystano dwie metody. W pierwszej metodzie za dzień upalny przyjmuje się dzień z temperaturą maksymalną powyżej 30°C. Drugi sposób polega na wydzieleniu dni upalnych na podstawie wartości progowej 99. percentyla, czyli 1% najwyższych wyników spośród wszystkich wartości maksymalnej temperatury powietrza. Za falę upałów w obu przypadkach przyjęto ciąg co najmniej trzech kolejno następujących po sobie dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C lub powyżej wartości progowej 99. percentyla. Następnie porównano wyniki obu analiz. Na podstawie obliczonych charakterystyk określono zmienność w wieloleciu, a także zbadano istotność statystyczną na poziomie $p < 0,05$.

Do analizy cyrkulacji atmosferycznej nad Polską wykorzystano kalendarz typów cyrkulacji wg Lityńskiego opracowany przez Stępniewską-Podrażkę (1991) oraz Pianko-Kluczyńską (2006). Posłużono się również wartościami ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (SLP) oraz na wysokości powierzchni izobarycznej 500 hPa (dane pochodzą z bazy NCEP/NCAR Reanalysis). Obliczono m.in. wartości wskaźnika wirowości pola ciśnienia atmosferycznego, co posłużyło do określenia prawidłowości zmian czasowych cyrkulacji atmosferycznej. Do analizy cyrkulacji atmosferycznej wykorzystano te dni, w których temperatura maksymalna spełnia kryterium dnia upalnego. Dokonano również analizy warunków wilgotnościowych w tych dniach.

W celu określenia wpływu cyrkulacji atmosferycznej na występowanie fal upałów oraz dni upalnych w Warszawie dokonano również korelacji liniowej (Pearsona) liczby dni z danym typem cyrkulacji wg Lityńskiego ze średnimi wartościami temperatury powietrza w cieplej porze roku (IV–IX).

Sesja Posterowa

WYSTĘPOWANIE EKSTREMALNIE WYSOKICH WARTOŚCI TEMPERATURY POWIETRZA W SEZONIE LETNIM W POLSCE – ROLA CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ 1971–2010

Michał Marosz

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Bażyńskiego 4, 80-309 Gdańsk
e-mail: m.marosz@ug.edu.pl

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, ekstrema, GWL, sieci neuronowe

Występowanie ekstremalnych wartości temperatury powietrza staje się coraz poważniejszym problemem, z którym zmierzyć się muszą mieszkańcy krajów Europy Środkowej. Przeprowadzona analiza dotyczyła możliwości identyfikacji i kwantyfikacji powiązań między faktem wystąpienia ekstremalnie wysokich wartości temperatury powietrza w sezonie letnim w Polsce a poprzedzającą sekwencją typów cyrkulacji GWL/GWT. Analiza opiera się na danych dotyczących wartości maksymalnej dobowej temperatury powietrza w sezonie letnim na ponad 20 stacjach synoptycznych w Polsce. Czynniki wymuszający/makroskalowy zdefiniowany został przez sekwencję GWL/GWT (Grosswetterlagen/Grossettertypen). Zakres czasowy analizy to wielolecie 1961–2011. W toku prac przeprowadzono analizę prawdopodobieństwa wystąpienia ekstremalnych wartości temperatury uwarunkowanego sekwencją typów cyrkulacji z wyprzedzeniem: 0, 3, 5 oraz 10 dni. Zastosowana metoda to Sztuczne Sieci Neuronowe (SSN) jako narzędzie umożliwiające analizę związków w nieliniowych układach wielowymiarowych. Uzyskane rezultaty pozwoliły na ilościowe powiązanie poprzedzającej sekwencji typów cyrkulacji GWL/GWT z prawdopodobieństwem wystąpienia ekstremalnych wartości temperatury powietrza w sezonie letnim.

FALE UPAŁU W POLSCE W LATACH 1951–2015 – TRENDY I CYRKULACYJNE UWARUNKOWANIA

Joanna Wibig

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: zameteo@uni.lodz.pl

W krajach rozwiniętych fale upału są jedną z głównych przyczyn zgonów wywołanych ekstremalnymi sytuacjami pogodowymi (Changnon i in. 1996; Vandentorren i in. 2004). Według ostatniego raportu (IPCC 2013) *“istnieje prawdopodobieństwo, że częstość fal upałów wzrosła na znacznym obszarze Europy, Azji i Australii”*. Od początku XX wieku temperatura wzrasta, a w przypadku Europy, w której można zrekonstruować zmiany klimatu w okresie ubiegłych kilkuset lat, istnieją przesłanki sądzić, że na znacznych obszarach obserwuje się obecnie znacznie intensywniejsze i częstsze fale upałów niż w przeszłości. Celem opracowania jest przedstawienie długoletniej zmienności fal upałów w Polsce i próba znalezienia czynników odpowiedzialnych za te zmiany.

Fale upałów analizowano wykorzystując maksymalne dobowe wartości temperatury powietrza z 24 stacji meteorologicznych w Polsce z lat 1951–2015. Dane pochodziły z IMGW–PIB. Jako definicję fali upału przyjęto najdłuższy ciągły okres, w którym temperatura maksymalna (Tmax) była równa lub wyższa od 30°C przez co najmniej trzy dni, średnia Tmax w całym okresie trwania fali upału nie spadła poniżej 30°C i w żadnym dniu Tmax nie była mniejsza niż 25°C. Fale upału obserwowano w Polsce od kwietnia do września z maksimum w lipcu i sierpniu. Najczęściej występowały fale czterodniowe, a najdłuższa trwała 31 dni. Najdłuższe fale zanotowano w latach 1994 i 2015. Zaobserwowano trend wzrostowy częstości i intensywności fal upału, lecz był on statystycznie istotny tylko na około 60% analizowanych stacji. Wyróżniono cztery typy sytuacji synoptycznych sprzyjających występowaniu fal upału. W każdym z nich obserwowano dobrze rozwinięty układ wysokiego ciśnienia w okolicy Azorów i nieco podwyższone ciśnienie w środkowej Europie, co powodowało w Polsce pogodę słoneczną i bezwietrzną lub z niewielkim wiatrem. Silny układ blokujący był obecny nad północnym Atlantykiem dowodząc, że obecność fal upału w Polsce jest związana z cyrkulacją makroskalową, a nie lokalnym układem podwyższonego ciśnienia.

Literatura

- Changnon S.A., Kunkel K.E., Reinke B.C., 1996, Impacts and responses to the 1995 heat wave: A call to action. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 1497–1506.
IPCC, 2013: Summary for Policymakers.
Vandentorren S. i in., 2004, Mortality in 13 French cities during the August 2003 heat wave. American Journal of Public Health 94, 1518–1520.

Sesja Posterowa

ZMIENNOŚĆ WYSTĘPOWANIA SUSZY W POLSCE W LATACH 1966–2015

Katarzyna Szyga-Pluta

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Klimatologii
ul. Bogumiła Krygowskiego 10, 61-680 Poznań
e-mail: pluta@amu.edu.pl

Zmienność warunków klimatycznych Polski powoduje częste występowanie zjawisk meteorologicznych odbiegających od warunków przeciętnych. Niedostatek opadów atmosferycznych i jednocześnie wysoka temperatura powietrza powodują wystąpienie suszy o zróżnicowanym stopniu nasilenia. Czynniki klimatyczne w połączeniu z nasilającą się antropopresją zostają uznane za istotne elementy oddziałujące na zaistnienie powyższego zjawiska. Długie okresy bezopadowe przyczyniają się do wyczerpania zapasów wody łatwo dostępnej w glebie, powodując wędnięcie lub słaby rozwój roślin uprawnych, a w następstwie spadek plonu (Bąk i Łabędzki 2008). Próby opisanie występowania i nasilenia zjawiska suszy podejmowano najczęściej, określając niedobór opadów w danym czasie, analizując częstość pojawiania się i czas trwania okresów bezopadowych (Koźmiński, Kalbarczyk 2004) oraz stosując wskaźniki opisujące stopień suchości atmosfery przez uwzględnienie opadów, temperatury powietrza lub parowania (Quiring, Papakryiakou 2003; Łabędzki, Bąk 2004; Kalbarczyk, Kalbarczyk 2005; Hutorowicz i in. 2008; Gąsiorek, Musiał 2011; Łabędzki, Bąk 2004; Ziernicka-Wojtaszek 2012). Wyznaczenie okresów suszy atmosferycznej zostało uznane jako istotne w kwestii rozpoznania nasilenia zjawiska w przeszłości, stąd praca ma na celu wyznaczenie okresów posusznych o różnym nasileniu w okresie wegetacyjnym w Polsce przy zastosowaniu wybranych wskaźników suszy atmosferycznej, porównanie rezultatów uzyskanych wybranymi metodami oraz określenie zmienności tego zjawiska. W opracowaniu wykorzystano dane dotyczące średniej dobowej temperatury powietrza oraz dobowej sumy opadów atmosferycznych dla 30 stacji z lat 1966–2015, które pozyskano ze zbiorów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego. Pozwala to na ukazanie przebiegu zmian wielkości opadu w badanym okresie, przedstawienie miesięcy charakteryzujących się suszą o różnym stopniu nasilenia, ich udziału w ciągu roku oraz zróżnicowania przestrzennego na badanym obszarze.

Literatura

- Bąk B., Łabędzki L., 2008, Zależność między suszą meteorologiczną a rolniczą w uprawie buraka cukrowego w okresie wiosennym na glebach o różnej retencji użytecznej. *Acta Agrophys.* 11 (2), 335–344.
- Gąsiorek E., Musiał E., 2011, Porównanie i klasyfikacja warunków opadowych na podstawie wskaźnika standaryzowanego opadu i wskaźnika względnego opadu. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 11, 4 (36), 107–119.
- Hutorowicz H., Grabowski J., Olba-Ziety E., 2008, Częstotliwość występowania okresów posusznych i suchych w dwóch mezoregionach Pojezierza Mazurskiego. *Acta Agrophys.* 12 (3), 663–673.
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R., 2005, Identyfikacja okresów suszy atmosferycznej w okolicy Szczecina w latach 1963–2002. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 5 (14), 171–183.

Sesja Posterowa

- Koźmiński Cz., Kalbarczyk R., 2004, Okresy bezopadowe. W: Cz. Koźmiński, B. Michalska (red.), Atlas zasobów i zagrożeń klimatycznych Pomorza. Wydaw. AR., Szczecin.
- Quirling S.M., Papakryiakou T.N., 2003, An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies. *Agricult. Forest Meteor.* 118, 49–62.
- Łabędzki L., Bak B., 2004, Standaryzowany klimatyczny bilans wodny jako wskaźnik suszy. *Acta Agrophys.* 3 (1), 117–124.
- Ziernicka-Wojtaszek A., 2012, Porównanie wybranych wskaźników oceny suszy atmosferycznej na obszarze województwa podkarpackiego (1901–2000). *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 12 (2), 365–376.

Sesja Posterowa

WYKORZYSTANIE STANDARYZOWANYCH WSKAŹNIKÓW SUSZY DO OCENY ZALEŻNOŚCI MIĘDZY RÓŻNYMI TYPAMI SUSZ

Justyna Kubicz, Radosław Stodolak, Krzysztof Wolski

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii Kształowania Środowiska i Geodezji,
Instytut Inżynierii Środowiska, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
e-mail: justyna.kubicz@upwr.edu.pl

W artykule przedstawiono wpływ suszy meteorologicznej na suszę hydrologiczną i wód gruntowych. W analizach wykorzystano dane dotyczące opadów ze stacji pomiarowej w Grzybnicy, dane na temat położenia zwierciadła wody w rzece Grabowa z posterunku opadowego Polanów oraz dane dotyczące położenia zwierciadła wód gruntowych w tej samej miejscowości.

Do oceny stopnia zagrożenia suszą hydrologiczną i wód gruntowych w wyniku wystąpienia wielomiesięcznej suszy meteorologicznej wykorzystano metodę wskaźnikową. Na podstawie obliczonych wartości wskaźnika SPI (ang. *standardized precipitation index*), SWI (ang. *standardized water level index*) i SGI (ang. *standardized groundwater level index*) oraz wyznaczonych współczynników korelacji oceniono zależność pomiędzy suszami.

ZASTOSOWANIA WSKAŹNIKA POWIERZCHNI ULISTOWIENIA LAI W OCENIE EWAPOTRANSPIRACJI – WSTĘPNE WYNIKI POMIARÓW NA TERENACH BAGIENNYCH I OBSZARACH ROLNICZYCH

Mariusz Siedlecki, Włodzimierz Pawlak, Krzysztof Fortuniak

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: mariusz.siedlecki@geo.uni.lodz.pl

Jednym z czynników mających bezpośredni wpływ na ewapotranspirację ma stan roślinności charakteryzowany przez jej wysokość oraz stan ulistowienia. Wielkość liści decyduje o powierzchni transpirującej, a tym samym bezpośrednio wpływa na charakterystykę tzw. oporu powierzchni, istotnego elementu (jednocześnie trudnego do zmierzenia) stosowanego w procedurze wyznaczania ewapotranspiracji metodą Penmana-Monteitha. Jednym ze sposobów określenia stanu roślinności i oporu powierzchniowego powierzchni parującej jest pomiar ulistowienia określany wskaźnikiem LAI.

W pracy zaprezentowano wyniki pomiaru ulistowienia (LAI) w roku 2016 i 2017 w obszarze rolniczym (w miejscowości Annosław) i na terenach bagiennych (Biebrzański Park Narodowy) oraz wstępne wyniki współzależności wskaźnika LAI i wielkości ewapotranspiracji z ww. typów roślinności. Do pomiarów wskaźnika LAI zastosowano metodę optyczną z wykorzystaniem przyrządu LAI-2200 (LI-COR, USA). Pomiary ewapotranspiracji wykonano z zastosowaniem metody kowariancji wirów, a także z wykorzystaniem formuły Penmana-Monteitha.

Wstępne wyniki wskazują bezpośredni związek pomierzonych wartości wskaźnika LAI i wielkości ewapotranspiracji. Na przykład w obszarze rolniczym najwyższe wartości ewapotranspiracji notowane są w czerwcu i pierwszej dekadzie lipca w okresie najwyższej temperatury, wysokich opadów atmosferycznych i w okresie maksymalnego rozwoju upraw rolnych. W tym okresie notowane są wartości LAI powyżej 5 (w przypadku upraw zbożowych). W drugiej połowie lipca tempo ewapotranspiracji maleje, co jest związane z dojrzywaniem zbóż i zniwami. W tym okresie wartości LAI ulegają znacznym zmianom.

Sesja Posterowa

WPLYW KIERUNKU ADWEKCJI NA ROZKŁAD OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH NA OBSZARZE AGLOMERACJI ŁÓDZKIEJ

Piotr Piotrowski, Wojciech Radziun

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: piotr.piotrowski@geo.uni.lodz.pl

Słowa kluczowe: opad atmosferyczny w mieście, kierunek adwekcji

Zasadniczym celem opracowania jest określenie wpływu cyrkulacji atmosferycznej na pole opadów atmosferycznych na obszarze aglomeracji łódzkiej w określonych krokach czasowych oraz w formie wartości uśrednionych. Do bardziej szczegółowej analizy wybrano określone kierunki adwekcji pojawiające się najczęściej podczas incydentów opadowych. Zmienność pola opadów podczas wybranych kierunków adwekcji została oddzielnie zanalizowana dla półrocza ciepłego i chłodnego. Zmienność pola opadów na obszarze aglomeracji łódzkiej określono w oparciu o przestrzenny rozkład: sumy opadu atmosferycznego, udziału opadu oraz częstości wystąpień opadu w kolejnych krokach czasowych od momentu pojawienia się opadu atmosferycznego w którymkolwiek z punktów pomiarowych rozmieszczonych na terenie aglomeracji łódzkiej.

Praca zrealizowana ze środków finansowych Narodowego Centrum Nauki przyznanych na realizację projektu 2012/05/B/ST10/00945.

**WARUNKI TERMICZNO-WILGOTNOŚCIOWE
WPLÝWAJĄCE NA POWSTAWANIE MGIEŁ
NA WYBRANYCH STACJACH METEOROLOGICZNYCH W POLSCE**

Piotr Piotrowski, Adam Skomorowski

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: piotr.piotrowski@geo.uni.lodz.pl

Słowa kluczowe: mgła temperatura powietrza, wilgotność powietrza, prognozowanie mgły

Analizę warunków termiczno-wilgotnościowych warunkujących powstanie mgieł oparto o dane pochodzące z trzech przylotniskowych stacji meteorologicznych w: Warszawie, Szczecinie i Krakowie. Wybór wymienionych stacji meteorologicznych był efektem znacznego zróżnicowania danych uzyskanych ze wstępnej analizy częstości mgieł, długości ich trwania, czasu ich powstawania oraz warunków lokalnych mogących mieć potencjalny wpływ na tworzenie się mgieł. Zmiany warunków termiczno-wilgotnościowych sprawdzono dla okresu 12 godzin przed powstaniem mgły. W opracowaniu wykorzystano również dwie metody prognozowania mgieł radiacyjnych. Pierwsza z nich oparta jest na porównaniu wartości wilgotności względnej i temperatury powietrza w chwili formowania się mgły z wartościami wzorcowymi, natomiast druga z metod – to metoda Bierlanda.

Sesja Posterowa

EKSTREMALNE WARUNKI OPADOWE NAD POLSKIM WYBRZEŻEM W POWIĄZANIU Z CYRKULACJĄ ATMOSFERYCZNĄ

Piotr Piotrowski¹, Joanna Jędruskiewicz², Mariusz Zieliński²

¹ Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: piotr.piotrowski@geo.uni.lodz.pl

¹ Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Wydział Geograficzno-Biologiczny,
Instytut Geografii, ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków
e-mail: joajed@up.krakow.pl

W ostatnich dekadach na terenie Europy Północnej zanotowano coraz większe dobowe sumy opadów. Co więcej, na obszarze prawie całego kontynentu wysokie opady deszczu występują coraz częściej i są bardziej intensywne. Głównymi celami pracy było zbadanie jak ekstremalne opady kształtują się nad polskim wybrzeżem i jakie są powiązania tych opadów z cyrkulacją atmosferyczną w zależności od pory roku.

W badaniu wykorzystano dobowe sumy opadów z wybranych stacji (Świnoujście, Ustka, Łeba, Koszalin, Lębork, Elbląg i Hel) z lat 1971–2000, udostępnione przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy. Ponadto, do określenia charakteru cyrkulacji i kierunku adwekcji mas powietrza, pozyskano dane ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza z reanaliz NCEP/NCAR (<http://www.esrl.noaa.gov/>) oraz wykorzystano model HYSPLIT.

Wzrost dobowych sum opadów odnotowano jedynie na stacjach Elbląg (zimą i wiosną) i Hel (zimą). Z kolei, nie odnotowano statystycznie istotnych zmian ekstremalnych opadów (opadów > 95. percentyla) a jedynie niewielki wzrost częstości ich występowania. Intensywne opady deszczu w dużej mierze towarzyszą cyrkulacji o charakterze cyklonalnym. Od jesieni do wiosny, masy powietrza przynoszące najobfitsze opady deszczu nad centralną częścią polskiego wybrzeża (Łeba-Ustka) w przeważającej części napływają z Atlantyku przez obszar Wielkiej Brytanii i Danii lub Francji i Niemiec łącząc się nad południowo-zachodnią częścią Bałtyku. Latem obszar napływu mas powietrza dający opad powyżej 95. percentyla jest znacznie węższy i głównie koncentruje się nad Morzem Północnym i terenem Danii. Ponadto, intensywne opady deszczu wiosną towarzyszą również masom powietrza napływającym z sektora wschodniego, zaś latem i jesienią z sektora północnego i północno-wschodniego.

Praca zrealizowana ze środków finansowych Narodowego Centrum Nauki przyznanych na realizację projektu 2012/05/B/ST10/00945.

UWARUNKOWANIA SYNOPTYCZNE WYSTĘPOWANIA TRĄB POWIETRZNYCH W POLSCE W LATACH 1998–2013

Luiza Wieczorek, Agnieszka Podstawczyńska

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
email: wieczorek-luiza@o2.pl

W pracy przedstawiono wyniki analizy warunków synoptycznych towarzyszących zjawisku trąby powietrznej w Polsce. Dane na temat trąb powietrznych w latach 1998–2013 pozyskano z raportów zamieszczonych w Europejskiej Bazie Danych o Gwałtownych Zjawiskach Atmosferycznych (European Severe Weather Database, wersja 4.2.2; <http://essl.org/>). Ponadto materiał źródłowy stanowiły dolne mapy synoptyczne, diagramy aerologiczne ze szczególnym uwzględnieniem wskaźników chwiejności atmosfery, trajektorie wsteczne mas powietrza dla trzech poziomów 500 m, 2500 m i 5000 m wyznaczone przy użyciu modelu NOAA HYSPLIT. Do określenia siły trąb powietrznych wykorzystano skale Fujity i Torro. W badanym okresie zarejestrowano w Europie 1772 przypadki wystąpienia trąby powietrznej, z czego 102 przypadki na terenie Polski. Najczęściej zjawisko to obserwowano w Polsce w 2008 r. (21 przypadków), a żaden raport z terenu naszego kraju dotyczący lądowej trąby powietrznej nie wpłynął do bazy ESWD w 2004 i 2005 r. W przebiegu dobowym największą frekwencją tego zjawiska cechowały się godziny z przedziału 15.00–18.00 (43 przypadki). Szerokość pasów zniszczeń dokonanych przez trąby powietrzne w Polsce w badanym okresie wynosiła ok. 300 m, podczas gdy na innych terenach Europy przeciętna szerokość dewastacji terenu wynosiła ok. 100 m. Największym prawdopodobieństwem występowania trąb powietrznych w Polsce w latach 1998–2013 cechował się pas południkowy – od zachodniej części Podkarpacia, przez Wyżynę Śląsko-Krakowską, Wyżynę Małopolską, centralną część Nizin Środkowopolskich, po wschodnią część Pojezierza Południowobałtyckiego. Trąby powietrzne w Polsce najczęściej były związane z frontami chłodnymi i formowały się w wilgotnych masach powietrza zwrotnikowego morskiego (dolna masa powietrza) oraz górnych masach polarnomorskich. Analiza pionowego profilu wiatru wykazała, że zjawisku towarzyszyły uskoki prędkości i kierunku wiatru. W świetle wskaźnika CAPE większości trąb powietrznych wystąpiła w warunkach słabo chwiejnej atmosfery (energia chwiejności < 1000 J/kg).

Sesja Posterowa

GLÓWNE ZAGROŻENIA WYNIKAJĄCE ZE ZMIAN KLIMATU W SZCZECINIE

Dawid Biernacik, Beata Kowalska, Ewa Jakusik

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy,
Oddział Morski w Gdyni, ul. Waszyngtona 42, 81-342 Gdynia
e-mail: Dawid.Biernacik@imgw.pl

Obserwowany w ostatnich kilku dekadach wzrost częstości występowania zjawisk ekstremalnych powoduje wzrost społecznego zainteresowania tym problemem. Występowanie zjawisk o charakterze anomalnym coraz częściej w sposób katastrofalny rzutuje na działalność człowieka.

W miastach szczególnie niebezpieczny staje się wzrost wartości temperatury powietrza wraz ze wszystkimi jego konsekwencjami (znaczący negatywny wpływ na świat przyrody i człowieka oraz infrastrukturę gospodarczą i komunikacyjną), a także występowanie lokalnych, nagłych powodzi miejskich powodujących zalanie lub podtopienie terenu w wyniku wystąpienia silnego, krótkotrwałego opadu deszczu o dużej wydajności. Analizy historyczne wykazują ponadto wzrost częstości silnych burz połączonych z porywistym wiatrem i opadami, które mogą powodować znaczne straty i zagrożenia w postaci pożarów, uszkodzonych drzew, budynków, utrudnienia komunikacyjne itp.

W pracy dokonano analizy zmian i zmienności częstości i intensywności wybranych, ekstremalnych zdarzeń meteorologicznych w Szczecinie. Zwrócono uwagę na główne zagrożenia wynikające ze zmian klimatu w mieście, takie jak: systematyczny wzrost temperatury powietrza, zwiększającą się liczbę fal upałów, dni gorących i upalnych, wzrost częstości intensywnych burz oraz powodzi miejskich. Opisano także możliwe negatywne skutki oraz wpływ tych zdarzeń meteorologicznych na różne sektory miasta. Charakterystyka wskaźników klimatycznych została opracowana w oparciu o dane pochodzące ze stacji pomiarowej IMGW–PIB w Szczecinie. Analizy dokonano w oparciu o zweryfikowane dane dobowe za okres 35 lat od 1981 do 2015 roku. Praca powstała w ramach Miejskich Planów Adaptacji do zmian klimatu.

MAKSYMALNA PRĘDKOŚĆ WIATRU GEOSTROFICZNEGO NAD POLSKĄ WEDŁUG WSKAŹNIKÓW LITYŃSKIEGO

Marek Nowosad

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Zakład Meteorologii i Klimatologii, Al. Kraśnicka 2D, 20-718 Lublin
e-mail: marek.nowosad@umcs.pl

Celem pracy jest określenie największych prędkości wiatru geostroficznego oraz dat ich występowania, przy wykorzystaniu dobowych wartości wskaźników cyrkulacji strefowej i południkowej w odniesieniu do obszaru zaproponowanego przez J. Lityńskiego (1969). Materiałem do niniejszego opracowania są dobowe wartości ciśnienia atmosferycznego (SLP) z lat 1948–2016 pochodzące z reanalizy NCEP/NCAR. Brano pod uwagę ciśnienie dotyczące gridów z krokiem co $2,5^\circ$ między węzłami 40°N , 0°E ; 65°N , 0°E ; 65°N , 35°E oraz 40°N , 35°E . Nie uwzględniano gridów wewnątrz tak utworzonego obszaru, a jedynie na jego liniach zewnętrznych.

Średnia roczna prędkość obliczonej w ten sposób prędkości wiatru geostroficznego wyniosła 3,9 m/s, zaś średnie miesięczne wykazały wyraźną zmienność sezonową – od 2,3 m/s w sierpniu do 5,6 m/s w styczniu. Są to wartości zdecydowanie mniejsze niż prezentowane w literaturze (np. Marosz, Miętus 2012). Wydaje się, że wynika to z przyjętej metody – wskaźniki według koncepcji Lityńskiego obliczane są na podstawie średnich różnic ciśnienia dotyczących znacznej części Europy. Stąd prędkość wiatru obliczona z ich wykorzystaniem jest pewnego rodzaju średnią obszarową.

Maksymalna prędkość wiatru geostroficznego wyniosła 16,7 m/s (11 stycznia 1993 r.), zaś 99 percentyl to 11,2 m/s. Względnie mała była częstość przekroczenia tego percentyla w latach 1948–1974 (średnio 1,8 dnia w roku), natomiast znaczna w okresie 1989–1993 (średnio 9,6 dnia w roku). Zwraca uwagę stosunkowo duża liczba przekroczeń 99. percentyla w latach 2011–2016 (średnio 6,3 dnia w roku).

Prędkość wiatru geostroficznego przekraczająca 99 percentyl wystąpiła praktycznie tylko w półroczu chłodnym. Dni takie zanotowano od 7 października do 21 marca oraz w 1949 roku – 4 kwietnia. W miesiącach zimowych wystąpiło 85,4% tych dni. W czasie 21 dni prędkość wiatru była większa od 14 m/s (11 dni w styczniu, 8 w grudniu i 2 w lutym).

Trzy największe wartości prędkości wiatru geostroficznego (ponad 15,5 m/s) dotyczą stycznia 1993 roku. W tym miesiącu dominowała adwekcja powietrza z zachodu, a średnia prędkość tak obliczanej prędkości wiatru w odniesieniu do okresu 10–23 stycznia 1993 r. wyniosła 12,7 m/s. Był to czas, gdy nad Bałtykiem występował silny sztorm, w czasie którego zatonął prom „Jan Heweliusz”.

W pierwszej „szóstce” największych prędkości (ponad 15,2 m/s) znajdują się też te, które wystąpiły w okresie Bożego Narodzenia 2013 r. Kierunek wiatru geostroficznego określono jako SW. W tym czasie wiatr wyrządził znaczne szkody materialne w południowej części Polski (m.in. zerwane dachy, zniszczenia samochodów przez konary drzew). W Zakopanem i jego okolicy energia elektryczna nie docierała do około 15 tys. odbiorców.

Największe prędkości wiatru geostroficznego, mimo że określone metodą bazującą na uśrednianiu ciśnienia (SLP) ze znacznego obszaru, dotyczą dni, w czasie których w Polsce

Sesja Posterowa

wiatr spowodował sytuacje niebezpieczne dla życia i zdrowia ludzi oraz doprowadził do znacznych strat materialnych.

Literatura

Lityński J., 1969, Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski. Prace PIHM, 97, 3–14.

Marosz M., Miętus M., 2012, Opis lokalnych aspektów cyrkulacji atmosferycznej za pomocą wektora wiatru geostroficznego. Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, 74, 89–100.

**EKSTREMALNE ZJAWISKA METEOROLOGICZNE
W GDYNI DO 1950 ROKU**

Małgorzata Owczarek, Mirosław Miętus

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii, Instytut Geografii,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Bażyńskiego 4, 80-309 Gdańsk
e-mail: m.owczarek@ug.edu.pl

Historia pomiarów meteorologicznych w Gdyni sięga początków istnienia miasta. Na podstawie danych z lat 1923–1950 wyznaczono wartości temperatury powietrza, sumy opadów atmosferycznych i prędkości wiatru, które można uznać za ekstremalne w tym wieloleciu i wskazano daty ich wystąpienia. Wartości te oceniono również w odniesieniu do lat późniejszych.

Sesja Posterowa

EKSTREMALNE TYPY POGODY W LUBLINIE W LATACH 1951–2015

Sylwester Wereski, Krzysztof Bartoszek, Anna Bilik

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Zakład Meteorologii i Klimatologii, Al. Kraśnicka 2D, 20-718 Lublin
e-mail: sylwester.wereski@umcs.pl

W klimatologii jedną z metod pozwalających na opis warunków pogodowych jest klasyfikacja typów pogody. Pierwsze typologie, których autorami byli m.in. Fiedorow, (Zinkiewicz 1953, Piotrowicz 2010), Howe (1925), Nichols (1925), Switzer (1925), uwzględniały podstawowe charakterystyki elementów meteorologicznych, takie jak temperatura i wilgotność powietrza, prędkość wiatru czy zachmurzenie. Jako pierwszy o kompleksach pogodowych w Lublinie pisał Zinkiewicz (1953). Na podstawie zaproponowanej przez siebie metody badań on związek między zmiennością kompleksów pogodowych z dnia na dzień a zapyleniem powietrza w tym mieście.

Celem niniejszej pracy jest analiza ekstremalnych typów pogody w Lublinie w latach 1951–2015 i ich powiązanie z typami cyrkulacji. Autorzy do wyznaczenia ekstremalnych typów pogody wykorzystali najczęściej stosowaną w Polsce typologię opracowaną przez A. Wosia (1999). Podstawę wydzielenia poszczególnych typów pogody stanowią tu dobowe wartości charakterystyk termicznych (średnia dobową, maksymalna i minimalna temperatura powietrza) oraz średnia dobową wartość zachmurzenia i suma dobową opadów atmosferycznych. Uwarunkowania cyrkulacyjne ekstremalnych typów pogody określono na podstawie klasyfikacji typów cyrkulacji dla obszaru Europy Środkowo-Wschodniej z okresu 1951–2015 (Bartoszek 2017).

Dane meteorologiczne wykorzystane w opracowaniu pochodzą z Obserwatorium Meteorologicznego należącego do Zakładu Meteorologii i Klimatologii UMCS w Lublinie, znajdującego się w centrum miasta.

Literatura

- Bartoszek K., 2017, Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej dla obszaru Lubelszczyzny. Zbiór komputerowy. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Zakład Meteorologii i Klimatologii, Lublin. <http://serwisy.umcs.lublin.pl/k.bartoszek/wyniki.html>.
- Howe G.F., 1925, The summer and winter weather of selected cities in North America. *Monthly Weather Review*, 10, 427–429.
- Nichols E.S., 1925, A classification of weather types. *Monthly Weather Review*, 10, 431–434.
- Piotrowicz K., 2010, Sezonowa i wieloletnia zmienność typów pogody w Krakowie. IGiGP UJ, Kraków.
- Switzer J.E., 1925, Weather types in the climate of Mexico, The Canal Zone and Cuba. *Monthly Weather Review*, 10, 434–437.
- Woś A., 1999, *Klimat Polski*. PWN, Warszawa, 301 s.
- Zinkiewicz W., 1953, Zagadnienia kompleksów pogodowych. *Annales UMCS, sec. B*, 8, 6, 312–341.

SYNOPTYCZNE UWARUNKOWANIA NAPŁYWU MAS POWIETRZA ARKTYCZNEGO I ZWROTNIKOWEGO NAD LUBELSZCZYZNĘ

Bogusław M. Kaszewski, Krzysztof Bartoszek, Andrzej Gluza

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Zakład Meteorologii i Klimatologii, Al. Kraśnicka 2D, 20-718 Lublin
e-mail: boguslaw.kaszewski@umcs.lublin.pl

Cyrkulacja atmosferyczna jest procesem klimatotwórczym, który w znacznym stopniu determinuje zmienność czasowo-przestrzenną elementów meteorologicznych w Europie Środkowej. Wiąże się to głównie z napływem, z obszarów o odmiennych cechach fizycznych powierzchni czynnej (Ocean Atlantycki, wnętrze kontynentu euroazjatyckiego, Arktyka, Afryka Północna), mas powietrza różniących się pod względem stosunków termiczno-wilgotnościowych. Spośród występujących nad obszarem Polski rodzajów mas powietrza największe odchylenia temperatury i wilgotności od normy występują przede wszystkim podczas adwekcji powietrza arktycznego i zwrotnikowego (Kaszewski 1977). Stąd, mimo dość niewielkiej częstości napływu tych mas w ciągu roku, istotne jest określenie warunków synoptycznych ich napływu.

Celem opracowania jest charakterystyka częstości napływu mas powietrza arktycznego i zwrotnikowego nad obszar Lubelszczyzny oraz ich zestawienie z typami cyrkulacji określonymi dla tego obszaru. Występowanie mas powietrza w ujęciu regionalnym określono dla godz. 12 UTC na podstawie dolnych map synoptycznych PIHM/IMGW z okresu 1951–2000. Wśród mas arktycznych wydzielono: powietrze arktyczne świeże (PA) i powietrze arktyczne stare (PAs), a wśród mas zwrotnikowych: powietrze zwrotnikowe morskie (PZm), powietrze zwrotnikowe kontynentalne (PZk) i powietrze zwrotnikowe stare (PZs). Do oceny uwarunkowań synoptycznych napływu tych mas wykorzystano kalendarz typów cyrkulacji dla Lubelszczyzny zaproponowany przez K. Bartoszkę (2017). W zastosowanej klasyfikacji typów cyrkulacji wyróżniono po 8 typów kierunkowych cyklonalnych, pośrednich i antycyklonalnych oraz po jednym typie bezadwekcyjnym cyklonalnym, antycyklonalnym i nieokreślonym.

Literatura

- Bartoszek K., 2017, Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej dla obszaru Lubelszczyzny. Zbiór komputerowy. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Zakład Meteorologii i Klimatologii, Lublin. <http://serwisy.umcs.lublin.pl/k.bartoszek/wyniki.html>.
- Kaszewski B.M., 1977, Warunki synoptyczne napływu powietrza arktycznego i zwrotnikowego nad środkowo-wschodni makroregion Polski (1961–1970). *Przegląd Geofizyczny*, t. XXII (XXX), z. 1, 49–54.

Sesja Posterowa

EPOKI CYRKULACYJNE W OKRESIE 1891–2010 NA PODSTAWIE KLASYFIKACJI VANGENGEIMA – GIRSA

Jan Degirmendžić¹, Krzysztof Kożuchowski²

¹ Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Geografii Fizycznej, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: jandegir@uni.lodz.pl

² Filia Uniwersytetu Łódzkiego w Tomaszowie Mazowieckim, Instytut Nauk Leśnych

Opracowanie zawiera wyniki analizy zmian frekwencji makroform cyrkulacyjnych Vangengeima-Girsa (V-G) w okresie 1891–2010, przygotowane na podstawie danych z publikacji Bolotinskaya i Ryzhakov (1964), Dimitriev i Balyazo (2006) oraz kalendarza makroform V-G, które otrzymano z Instytutu Arktyki i Antarktyki w St. Petersburgu dzięki uprzejmej pomocy prof. A.A. Marsza.

Kumulowane odchylenia rocznych częstości makroform cyrkulacji (Σf) przyjęto za podstawę wyróżnienia epok cyrkulacyjnych w analizowanym wieloleciu, podobnie jak czyniono to w innych opracowaniach, prezentujących epoki cyrkulacyjne (Girs 1977, Sidorenkov i Svirenko 1983, Sepp 2011 i in.). Przy delimitacji trwania epok, poza kumulowanymi odchyleniami, w kilku niejednoznacznych przypadkach (np. lata 1938, 1949 i 1991) posłużono się dodatkowo wzajemnymi relacjami częstości makroform cyrkulacyjnych, wyrażonymi przez tzw. indeksy cyrkulacyjne. Indeksy te określono na podstawie wzajemnych relacji między częstościami makroform W i E, W i C oraz E i C. Rozpatrując ilorazy $fW:fE$, $fW:fC$ i $fE:fC$ dla każdego roku przypisano stosowny indeks, wskazujący na względną nadwyżkę (niedobór) częstości makroformy W(E), W(C) i E(C). Na przykład, indeks WWE oznacza, że ilorazy częstości $fW:fE$, $fW:fC$ i $fE:fC$ są większe od średniej tych ilorazów, indeks ECE oznacza, że ilorazy częstości $fW:fE$ i $fW:fC$ są mniejsze od średnich, a iloraz $fE:fC$ jest większy od średniego ilorazu $fE:fC$ itd.

W analizowanym okresie 1891–2010 wydzielono 7 epok cyrkulacyjnych; czas ich trwania wynosi od 6 do 30 lat. Różnice między średnimi częstościami fW , fE i fC w epokach są prawie dwukrotnie większe od średnich zmian częstości z roku na rok. W 5 epokach występują średnie częstości roczne istotnie różne od średniej wieloletniej częstości z całego okresu 1891–2010.

W pierwszej epoce (W+C), trwającej do 1902 roku, dominują makroformy W i C, których częstości istotnie różnią się od częstości średnich wieloletnich ($p < 0,01$).

W epoce W, trwającej od 1903 do 1932 r., panuje makroforma cyrkulacji strefowej W; jej częstość jest istotnie wyższa od średniej ($p < 0,01$).

W latach 1933–1938 (epoka E) ponadprzeciętną częstością odznacza się makroforma E, jednakże anomalia fE okazuje się mało istotna ($p = 0,08$).

Istotne anomalie pojawiają się w okresie 1939–1949, w którym znacząco wzrasta częstość makroformy C. Jest to epoka cyrkulacji południkowej C.

W latach 1950–1969 utrzymują się wysokie częstości fC , znacząco wzrasta natomiast częstość makroformy E, której pozytywna anomalia w tym okresie wykazuje statystyczną istotność ($p < 0,05$). Jest to epoka E+C.

Sesja Posterowa

Od 1970 do 1991 roku rozwija się dominacja makroformy E. Anomalia (ΔfE) jest wysoce istotna ($p < 0,01$). W roku 1981 częstość fE osiąga wieloletnie maksimum (71,8% dni w roku). Jest to trwająca 22 lata epoka cyrkulacji południkowej E.

Od 1992 roku zwiększa się częstość makroformy cyrkulacji strefowej W, natomiast częstość fE zmniejsza się znacząco. Pozytywna anomalia ΔfW nie jest jednak istotna ($p = 0,16$), a pozostałe częstości – nieznacznie różnią się od średniej wieloletniej. Rosnąca częstość fW oraz jej relacje względem częstości fE i fC (indeks: WWC) pozwalają określić ten okres jako epokę umiarkowanego rozwoju cyrkulacji strefowej (W). Można dodać, że ponadprzeciętne częstości makroformy cyrkulacji strefowej utrzymują się także po 2010 roku.

Sekwencja wyróżnionych epok ukazuje wiekowy quasi-cykl wahań makroform cyrkulacyjnych w środkowej troposferze w strefie pozazwrotnikowej w sektorze od Grenlandii do Wschodniej Syberii: – od końca XIX wieku miały miejsce kolejno epoki dominacji form cyrkulacji strefowej, południkowej i – od lat 90. – trwa ponownie epoka cyrkulacji strefowej.

Literatura

- Bolotinskaja M.S., Ryzhakov L.J., 1964, Katalog makrosinoptических процессов по классификации G.J.Vangengejma 1891–1962. Catalogue of macro-synoptic processes according to the G.J.Vangengeim's classification 1891–1962. (in Russ.) AANII Leningrad, 158 pp.
- Dimitriev A.A., Belyazov V.A., 2006, Kalendarnyj katalog atmosferykh processov po cirkumpolarnoj zonie severnogo polusharija i ikh kharakteristiki za period s 1949 po 2005 g. [w:] Kosmos, planetarnaya klimaticheskaya izmenchivost' i atmosfera polarnykh regionov. Gidrometeoizdat, St.Petersburg, ss. 358.
- Girs A.A., 1977, Mnogoletnye preobrazovaniya form atmosferynoy curkulacii i kolebaniya klimatov razlichnykh rayonov severnogo poluscharyia. (in) Klimatologia I sverhdolgosrochnyj prognoz. Gidrometeoizdat., Leningrad, 39–46.
- Sidorenkov N.S., Svirentko P.I., 1983, K voprosu o mnogoletnikh kolebanyakh atmosferynoy cirkulacii. Problems of many-years variations of the atmospheric circulation (in Russ.). Meteorologia i Gidrologia, 11, 20–25.
- Sepp M., 2011, Režiimihkest Läänemere regiooni atmosfääri tsirkulatsioonis. Regime shift in atmospheric circulation in the Baltic Sea region (in Eston.). Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis, 109, 72–89.

Sesja Posterowa

ZWIĄZEK USŁONECZNIENIA I TEMPERATURY POWIETRZA NA PODSTAWIE WIELOLETNIEJ SERII KLIMATOLOGICZNEJ W KRAKOWIE (1884–2016)

Dorota Matuszko, Katarzyna Piotrowicz

Uniwersytet Jagielloński, Wydział Geografii i Geologii, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,
Zakład Klimatologii, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: d.matuszko@uj.edu.pl

Kraków należy do nielicznych miast w Europie, w którym pomiary usłonecznienia i temperatury powietrza wykonywane są w tym samym miejscu w całym okresie pomiarowym. Celem niniejszego opracowania jest charakterystyka zmienności usłonecznienia i temperatury powietrza oraz określenie związku między nimi. Analiza wieloletniego i rocznego przebiegu tych dwóch elementów klimatu na podstawie jednej z najdłuższych w Europie serii klimatologicznych może pomóc w zrozumieniu mechanizmu współczesnego ocieplenia. W opracowaniu wykorzystano średnie dobowe wartości temperatury powietrza i sumy dzienne usłonecznienia z lat 1884–2016 pochodzące z pomiarów wykonywanych na Stacji Naukowej Zakładu Klimatologii Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w Krakowie współczesnemu ociepleniu klimatu nie towarzyszy wzrost sum usłonecznienia, a nawet w przebiegu wieloletnim występuje ich spadek. Można zatem sądzić, że przyczyną wzrostu temperatury powietrza, szczególnie silnego od lat 80. XX wieku nie jest wzrost dopływu promieniowania słonecznego, lecz zatrzymanie w przyziemnych warstwach atmosfery ciepła z wypromieniowania Ziemi lub emisja sztucznego ciepła ze źródeł antropogenicznych. Największy przyrost temperatury powietrza występuje w chłodnym półroczu, czyli wtedy gdy główną rolę w kształtowaniu temperatury odgrywa cyrkulacja atmosferyczna.

Prawdopodobnie zmiany w wielkości i strukturze zachmurzenia wywołane głównie przez zmienność cyrkulacji powodują akumulację ciepła w dolnej troposferze. W chłodnej części roku dodatkowe ilości ciepła dostarczane są do atmosfery z powodu ogrzewania domów. Przy tej okazji emitowane są zanieczyszczenia pyłowe i gazowe, które również pochłaniają promieniowanie długofalowe ziemi i podnoszą temperaturę powietrza.

EKSTREMALNE WARTOŚCI STRUMIENI GAZÓW CIEPLARNIANYCH W ŁODZI – CZĘSTOŚĆ I GENEZA WYBRANYCH PRZYPADKÓW

Włodzimierz Pawlak, Krzysztof Fortuniak, Mariusz Siedlecki

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Nauk o Ziemi,
Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź
e-mail: wpawlak@uni.lodz.pl

Miasta, mimo, iż zajmują jedynie około 3% powierzchni lądów stanowią miejsce zamieszkania połowy ludzkości. Tereny zurbanizowane, jako jedne z najintensywniej przekształconych przez człowieka obszarów na Ziemi, wyróżniają się wieloma specyficznymi cechami, również z punktu widzenia klimatologicznego. Jednym z procesów obserwowanych na terenach miejskich jest podwyższona wymiana gazów cieplarnianych, związana z antropogenicznymi emisjami dwutlenku węgla czy metanu, które są rezultatem spalania paliw kopalnych (CO_2 i CH_4), wycieków z gazociągów, emisji z kanalizacji czy procesów gnilnych zachodzących na wysypiskach śmieci (CH_4). Badania nad wymianą gazów cieplarnianych między terenem miejskim a atmosferą prowadzone są, w porównaniu z terenami naturalnymi czy rolniczymi, w ograniczonym zakresie. Pomiaru pionowych turbulencyjnych strumieni dwutlenku węgla realizowane są w zaledwie kilkunastu miastach na świecie, a strumieni metanu w jedynie kilku.

Badania nad turbulencyjną wymianą gazów cieplarnianych między podłożem a atmosferą prowadzone są w Łodzi od 2006 (dwutlenek węgla) i 2013 (metan) roku. Do pomiarów strumieni tych gazów wykorzystywana jest technika zwana metodą kowariancji wirów, która pozwala na wyznaczenie zarówno intensywności jak również zwrotu wymiany, zatem umożliwia określenie czy badana powierzchnia pochłania, czy emituje badany gaz cieplarniany. Wieloletnie pomiary pozwoliły na wyznaczenie średnich wartości strumieni FCO_2 i FCH_4 w centrum Łodzi na poziomie, odpowiednio, $7,4 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz $33,8 \text{ nmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Celem opracowania jest analiza częstości strumieni o zdecydowanie większych wartościach, rzędu $40\text{--}60 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (FCO_2) czy 100 i więcej $\text{nmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (FCH_4) oraz analiza wybranych przypadków z punktu widzenia determinujących je czynników (warunki meteorologiczne, emisje antropogeniczne, obszar źródłowy).

Praca finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2007–2017 w ramach projektów badawczych Komitetu Badań Naukowych oraz Narodowego Centrum Nauki nr N N306 276935, N N306 519638 oraz 2011/01/D/ST10/07419. Autorzy pragną podziękować Komendantowi Miejskiemu Państwowej Straży Pożarnej w Łodzi oraz Komendantowi Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej nr 10 w Łodzi za umożliwienie prowadzenia pomiarów.

Indeks Autorów

Nazwisko, imię	Adres mailowy	Strona
Arażny, Andrzej	andy@umk.pl	16
Bartoszek, Krzysztof	k.bartoszek@umcs.pl	70, 71
Basińska, Anna	-	42
Bednorz, Ewa	ewabedno@amu.edu.pl	37, 54
Bielec-Bąkowska, Zuzanna	zuzanna.bielec-bakowska@us.edu.pl	30
Biernacik, Dawid	Dawid.Biernacik@imgw.pl	66
Bilik, Anna	-	70
Błaś, Marek	marek.blas@uwr.edu.pl	32, 33
Brenot, Hugues	-	32
Bryś, Krystyna	krystyna.brys@upwr.edu.pl	27
Bryś, Tadeusz	-	27
Cebulak, Elżbieta	Elzbieta.Cebulak@imgw.pl	34
Chojnacka-Oźga, Longina	longina_chojnacka_ozga@sggw.pl	17, 21
Chojnicki, Bogdan H.	chojnick@up.poznan.pl	42
Chorążyczewski, Waldemar	wch@umk.pl	20
Czekierda, Danuta	danuta.czekierda@imgw.pl	22
Czernecki, Bartosz	nwp@amu.edu.pl	37, 51
Dąbrowski, Henryk P.	-	13
Degirmendźić, Jan	jandegir@uni.lodz.pl	72
Demczuk, Piotr	-	53
Filipiak, Janusz	filipiak@ug.edu.pl	14, 19
Fortuniak, Krzysztof	kfortun@uni.lodz.pl	41, 46, 61, 75
Gąbka, Maciej	gmaciej@amu.edu.pl	42
Gębica, Piotr	pgebica@wsiz.rzeszow.pl	34
Gluza, Andrzej	-	71
Jakusik, Ewa	ewa.jakusik@imgw.pl	66
Jefimow, Maciej Krystian	maciej_jefimow@is.pw.edu.pl	47
Jędruszkiewicz, Joanna	joajed@up.krakow.pl	64
Juszczak, Radosław	radjusz@wp.pl	42
Kamiński, Jacek W.	jkaminski@igf.edu.pl	47
Kaszewski, Bogusław M.	boguslaw.kaszewski@umcs.lublin.pl	71
Kolendowicz, Leszek	leszko@amu.edu.pl	23, 54
Koprowski, Marcin	koper@umk.pl	13
Kossowska-Cezak, Urszula	-	18
Kowalska, Beata	beata.kowalska@imgw.pl	66
Kożuchowski, Krzysztof	kkozuchowski1@wp.pl	72
Kryza, Maciej	maciej.kryza@uwr.edu.pl	32, 33
Krzyżewska, Agnieszka	agnieszka.krzyzewska@umcs.pl	24, 53
Kubicz, Justyna	justyna.kubicz@upwr.edu.pl	60
Kuchcik, Magdalena	mkuchcik@twarda.pan.pl	25
Lamentowicz, Mariusz	mariuszl@amu.edu.pl	42
Leśny, Jacek	jacek.lesny@up.poznan.pl	42
Limanówka, Danuta	Danuta.Limanowka@imgw.pl	34
Lorenc, Halina	hlorenc@interia.pl	11
Łuców, Dominika	dominika.lucow@amu.edu.pl	42
Łupikasa, Ewa	ewa.lupikasa@us.edu.pl	38
Marosz, Michał	m.marosz@ug.edu.pl	56
Marsz, Andrzej A.	aamarsz127@gmail.com	39
Marszelewski, Włodzimierz	marszel@umk.pl	16

Indeks Autorów

Nazwisko, imię	Adres mailowy	Strona
Matuszko, Dorota	d.matuszko@uj.edu.pl	74
Miętus, Mirosław	mietus@ug.edu.pl	28, 69
Niedźwiedz, Tadeusz	tadeusz.niedzwiedz@us.edu.pl	38
Nowosad, Marek	marek.nowosad@umcs.pl	53, 67
Nowosad, Wiesław	wnowosad@umk.pl	15
Ojrzyńska, Hanna	hanna.ojrzyńska@uwr.edu.pl	32, 33
Olejniak, Janusz	janusz.olejniak@up.poznan.pl	42, 44
Oliński, Piotr	olinski@umk.pl	13, 14, 15
Opala-Owczarek, Magdalena	magdalena.opala@us.edu.pl	52
Owczarek, Małgorzata	m.owczarek@ug.edu.pl	69
Ozga, Wojciech	wojciech_ozga@sggw.pl	17, 21
Pajewska, Małgorzata	m.pajewska@uw.edu.pl	55
Panfil, Monika	monika.panfil@uwm.edu.pl	29
Pawlak, Włodzimierz	wpawlak@uni.lodz.pl	41, 46, 61, 75
Piotrowicz, Katarzyna	k.piotrowicz@uj.edu.pl	30, 74
Piotrowski, Piotr	piotr.piotrowski@geo.uni.lodz.pl	36, 46, 62, 63, 64
Pius, Bożena	bpius@umk.pl	16
Podstawczyńska, Agnieszka	apodstaw@uni.lodz.pl	65
Półrolniczak, Marek	marekpol@amu.edu.pl	23, 37, 54
Przybylak, Rajmund	rp11@umk.pl	12, 13, 14, 16
Ptak, Mariusz	marpl14@wp.pl	51
Pyrc, Robert	-	34
Radziun, Wojciech	wojtekradziun@tlen.pl	31, 62
Rohm, Witold	witold.rohm@upwr.edu.pl	32
Samson, Mateusz	-	42
Siedlecki, Mariusz	mariusz.siedlecki@geo.uni.lodz.pl	41, 46, 61, 75
Silvennoinen, Hanna	Hanna.Silvennoinen@nibio.no	42
Skomorowski, Adam	adam.skomorowski@gmail.com	63
Sobik, Mieczysław	mieczyslaw.sobik@uwr.edu.pl	32, 33
Starkel, Leszek	starkel@zg.pan.krakow.pl	34
Stodolak, Radosław	radoslaw.stodolak@upwr.edu.pl	35, 60
Stróżecki, Marcin	marcin.strozecki@gmail.com	42
Strużewska, Joanna	joanna.struzewska@is.pw.edu.pl	47
Sulikowska, Agnieszka	-	22
Szyga-Pluta, Katarzyna	pluta@amu.edu.pl	58
Tomczyk, Arkadiusz M.	atomczyk@amu.edu.pl	23, 37, 54
Trzcina, Estera	-	32
Twardosz, Robert	r.twardosz@uj.edu.pl	18
Tylmann, Wojciech	wojciech.tylmann@ug.edu.pl	13
Urbaniak, Marek	murbaniak@up.poznan.pl	42, 44
Ustrnul, Zbigniew	zbigniew.ustrnul@imgw.pl	22
Wereski, Sylwester	sylwester.wereski@umcs.pl	24, 53, 70
Wibig, Joanna	zameteo@uni.lodz.pl	57
Wieczorek, Luiza	wieczorek-luiza@o2.pl	65
Wolski, Krzysztof	-	60
Wypych, Agnieszka	agnieszka.wypych@uj.edu.pl	22
Zieliński, Mariusz	mrzielinski@up.krakow.pl	64
Ziemblinska, Klaudia	klaudia.ziemblinska@up.poznan.pl	44

Notatki

Notatki

Notatki

Notatki

Notatki