



Katedra Meteorologii i Klimatologii Uniwersytetu Łódzkiego  
Oddział Łódzki Polskiego Towarzystwa Geofizycznego



V Ogólnopolska Konferencja

## **”KLIMAT I BIOKLIMAT MIAST”**

Łódź, 21 – 23 września 2015 r.

### **Streszczenia referatów i posterów**

## **Organizatorzy Konferencji**

Katedra Meteorologii i Klimatologii UŁ  
Oddział Łódzki Polskiego Towarzystwa Geofizycznego  
90-139 Łódź, ul. Narutowicza 88  
tel. 42-665-59-50, fax 42-665-59-51  
meteo.geo.uni.lodz.pl  
e-mail: meteo@geo.uni.lodz.pl

## **Komitety Naukowy**

prof. dr hab. Krzysztof Fortuniak (UŁ)  
prof. dr hab. Bogusław M. Kaszewski (UMCS)  
prof. dr hab. Kazimierz Kłysik (UŁ)  
dr hab. Leszek Kolendowicz, prof. UAM (UAM)  
prof. dr hab. Tadeusz Niedźwiedź (UŚ)  
dr hab. Agnieszka Podstawczyńska (UŁ)  
prof. dr hab. Rajmund Przybylak (UMK)  
dr hab. Mariusz Szymanowski (UWr)  
prof. dr hab. Zbigniew Ustrnul (UJ)  
prof. dr hab. Joanna Wibig (UŁ)

## **Komitet Organizacyjny**

prof. dr hab. Joanna Wibig (przewodnicząca)  
prof. dr hab. Krzysztof Fortuniak (sekretarz naukowy, przewodniczący Oddziału Łódzkiego PTGeof)  
mgr Iwona Gajda-Pijanowska (sekretarz organizacyjny)  
dr hab. Agnieszka Podstawczyńska  
dr Joanna Jędruszkiewicz  
dr Włodzimierz Pawlak  
dr Piotr Piotrowski  
dr Mariusz Siedlecki  
dr Mariusz Zieliński  
mgr Wojciech Radziun  
mgr Szymon Wilk

Opracowanie techniczne i skład komputerowy

Iwona Gajda-Pijanowska



**21 września 2015 r. (poniedziałek)**

**12<sup>00</sup> – 12<sup>15</sup> Otwarcie konferencji**

**12<sup>15</sup> – 12<sup>45</sup> Kazimierz Kłysik – Badania klimatu i bioklimatu miast w ośrodku łódzkim.**

**14<sup>00</sup> – 16<sup>00</sup> SESJA I**

	str.
14 <sup>00</sup> – 14 <sup>20</sup> Joanna Wibig - <b>Warunki bioklimatyczne w Łodzi w okresach fal upałów.</b>	11
14 <sup>20</sup> – 14 <sup>40</sup> Włodzimierz Pawlak - <b>Porównanie dobowej i sezonowej zmienności turbulencyjnych strumieni gazów cieplarnianych (pary wodnej, dwutlenku węgla i metanu) w centrum Łodzi.</b>	12
14 <sup>40</sup> – 15 <sup>00</sup> Mariusz Siedlecki - <b>Międydobowa zmienność parowania terenowego w obszarach zurbanizowanych i różnych typach roślinności paranaturalnej.</b>	14
15 <sup>00</sup> – 15 <sup>20</sup> Agnieszka Podstawczyńska - <b>Wyniki rocznego monitoringu stężenia radonu w powietrzu w budynku mieszkalnym w Łodzi na tle warunków meteorologicznych.</b>	15
15 <sup>20</sup> – 15 <sup>40</sup> Piotr Piotrowski, Wojciech Radziun - <b>Natężenie opadów atmosferycznych na obszarze Łodzi w latach 2011-2014.</b>	18
15 <sup>40</sup> – 16 <sup>00</sup> Dyskusja	

**16<sup>20</sup> – 18<sup>00</sup> SESJA II**

	str.
16 <sup>20</sup> – 16 <sup>40</sup> Rajmund Przybylak, Joanna Uscka-Kowalkowska, Andrzej Araźny, Marek Kejna, Mieczysław Kunz, Rafał Maszewski - <b>Zmiany przestrzenne temperatury powietrza w Toruniu w 2012 r.</b>	19
16 <sup>40</sup> – 17 <sup>00</sup> Magdalena Kuchcik, Paweł Milewski, Krzysztof Błażejczyk, Jakub Szmyd - <b>Miejska wyspa ciepła w Warszawie - zmienność czasowa i przestrzenna.</b>	20
17 <sup>00</sup> – 17 <sup>20</sup> Agnieszka Majkowska, Marek Pórolniczak, Leszek Kolendowicz, Bartosz Czernecki - <b>Miejska wyspa ciepła w Poznaniu na podstawie obrazowań satelity Landsat 5 TM.</b>	21

## Program



17 <sup>20</sup> – 17 <sup>40</sup>	Agnieszka Krzyżewska, Marek Nowosad, Mateusz Dobek - <b>Silne fale termiczne w Lublinie.</b>	22
17 <sup>40</sup> – 18 <sup>00</sup>	Dyskusja	

## 22 września 2015 r. (wtorek)

<u>9<sup>00</sup> – 10<sup>40</sup></u>	<u>SESJA III</u>	str.
9 <sup>00</sup> – 9 <sup>20</sup>	Dorota Matuszko - <b>Usłonecznienie w miastach na podstawie wybranych stacji w Europie.</b>	23
9 <sup>20</sup> – 9 <sup>40</sup>	Małgorzata Kleniewska, Bogdan Chojnicki - <b>Zmienność całkowitego promieniowania słonecznego w Warszawie w latach 1964-2013.</b>	24
9 <sup>40</sup> – 10 <sup>00</sup>	Joanna Uscka-Kowalkowska - <b>Ekstynkcja bezpośredniego promieniowania słonecznego w Polsce.</b>	25
10 <sup>00</sup> – 10 <sup>20</sup>	Agnieszka Czerwińska, Janusz Krzyściń, Janusz Jarosławski - <b>Wpływ miasta na biologicznie czynne promieniowanie słoneczne UV - analiza pomiarów spektrofotometrem Brewera w Warszawie i Belsku.</b>	26
10 <sup>20</sup> – 10 <sup>40</sup>	Bartosz Czernecki - <b>Ocena potencjału energii słonecznej w Warszawie z wykorzystaniem modelu r.sun.</b>	27
10 <sup>40</sup> – 11 <sup>00</sup>	Dyskusja	

<u>11<sup>15</sup> – 13<sup>15</sup></u>	<u>SESJA IV</u>	str.
11 <sup>15</sup> – 11 <sup>35</sup>	Anita Bokwa, Petr Dobrovolny, Tamas Gal, Jan Geletic, Agnes Gulyas, Monika Hajto, Brigitta Hollosi, Rafał Kielar, Michał Lehnert, Nora Skarbit, Pavel Stastny, Marek Svec, Janos Unger, Miroslav Vysoudil, Jakub Walawender, Maja Zuvella-Aloise - <b>Wpływ globalnych zmian klimatu na warunki bioklimatyczne w miastach Europy Środkowej.</b>	28
11 <sup>35</sup> – 11 <sup>55</sup>	Krzysztof Jarzyna, Grzegorz Żarnowiecki - <b>Warunki klimatyczne i bioklimatyczne terenów rekreacyjnych Kielc na tle klimatu miasta i jego otoczenia.</b>	30
11 <sup>55</sup> – 12 <sup>15</sup>	Katarzyna Piotrowicz, Dorota Myszkowska - <b>Dobowe stężenie alergenowego pyłku traw w Krakowie w zależności od warunków meteorologicznych.</b>	31



12 <sup>15</sup> – 12 <sup>35</sup>	Magdalena Kuchcik, Wojciech Dudek, Krzysztof Błażejczyk, Anna Błażejczyk, Paweł Milewski - <b>Alergenność szaty roślinnej na osiedlach mieszkaniowych w Warszawie.</b>	32
12 <sup>35</sup> – 12 <sup>55</sup>	Alina Jasek, Mirosław Zimnoch, Zbigniew Gorczyca, Jarosław Nęcki, Łukasz Chmura, Kazimierz Różański - <b>Źródła gazów cieplarnianych na terenie miejskim. Badania CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub> w Krakowie.</b>	33
12 <sup>55</sup> – 13 <sup>15</sup>	Dyskusja	

**14<sup>00</sup> – 15<sup>00</sup> SESJA POSTEROWA**

	str.
1. Katarzyna Starosta, Andrzej Wyszogrodzki - <b>Analiza wiatru w Warszawie pod kątem wykorzystania energii wiatru w przestrzeni miejskiej.</b>	47
2. Katarzyna Kudłacz, Dorota Matuszko - <b>Zmienność sytuacji meteorotropowych w Rzeszowie.</b>	48
3. Katarzyna Rozbicka, Tomasz Rozbicki - <b>Ocena warunków bioklimatycznych na podstawie wskaźnika UTCI w południowej części Warszawy.</b>	49
4. Maciej Kryza, Mariusz Szymanowski, Hanna Ojrzyńska, Małgorzata Werner, Kinga Wałaszek - <b>Zróźnicowanie pola temperatury we Wrocławiu z zastosowaniem interpolacji przestrzennej i WRF.</b>	50
5. Marek Półrolniczak, Leszek Kolendowicz, Agnieszka Majkowska, Bartosz Czernecki - <b>Uwarunkowania synoptyczne miejskiej wyspy ciepła w Poznaniu.</b>	51
6. Marek Półrolniczak, Katarzyna Szyga-Pluta, Leszek Kolendowicz - <b>Bioklimat wybranych miast Pasa Wybrzeży Południowobałtyckich.</b>	52
7. Krystyna Bryś, Hanna Ojrzyńska - <b>Bodźcowość klimatu Wrocławia.</b>	53
8. Małgorzata Czarnecka, Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz - <b>Inwersje termiczne a zanieczyszczenie powietrza.</b>	54
9. Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz, Agnieszka Mąkosza - <b>Warunki biometeorologiczne i aerosanitarne a wezwania Pogotowia Ratunkowego w Szczecinie.</b>	55
10. Piotr Piotrowski, Szymon Wilk - <b>Uwarunkowania cyrkulacyjne miejskiej wyspy ciepła w Łodzi.</b>	56
11. Ewa Krajny, Leszek Ośródka - <b>Wykorzystanie danych sondażu akustycznego atmosfery do oceny warunków wentylacyjnych miasta na przykładzie Krakowa.</b>	57

**Program**



12. Joanna Jędruszkiewicz, Mariusz Zieliński - **Charakterystyka wysokich dobowych sum opadów w Łodzi na tle cyrkulacji atmosferycznej.** 59

**23 września 2015 r. (środa)**

<u>9<sup>00</sup> – 10<sup>40</sup></u>		<u>SESJA V</u>	str.
9 <sup>00</sup> – 9 <sup>20</sup>	Piotr Piotrowski, Joanna Jędruszkiewicz, Bartłomiej Pietras - <b>Czynniki atmosferyczne wpływające na koncentrację pyłowych zanieczyszczeń powietrza w Krakowie.</b>		35
9 <sup>20</sup> – 9 <sup>40</sup>	Małgorzata Kleniewska, Dariusz Gołaszewski, Grzegorz Majewski, Katarzyna Rozbicka, Tomasz Rozbicki - <b>Tendencje zmian warunków termicznych w aglomeracji warszawskiej w latach 1960 -2010.</b>		36
9 <sup>40</sup> – 10 <sup>00</sup>	Zenon Nieckarz - <b>Wpływ miast i terenów zurbanizowanych na jakość pomiarów naturalnych pól magnetycznych.</b>		37
10 <sup>00</sup> – 10 <sup>20</sup>	Lech Gawuć, Szymon Wilk – <b>Porównanie wybranych przypadków rozkładu przestrzennego temperatury powietrza i powierzchni Ziemi na przykładzie aglomeracji łódzkiej.</b>		38
10 <sup>20</sup> – 10 <sup>40</sup>	Dyskusja		
<u>11<sup>15</sup> – 13<sup>15</sup></u>		<u>SESJA VI</u>	str.
11 <sup>15</sup> – 11 <sup>35</sup>	Piotr Piotrowski - <b>Uwarunkowania cyrkulacyjne i wilgotnościowe ekstremalnych opadów atmosferycznych w Łodzi.</b>		39
11 <sup>35</sup> – 11 <sup>55</sup>	Joanna Jędruszkiewicz, Mariusz Zieliński, Piotr Moniewski - <b>Wpływ wielkości opadów na położenie zwierciadła wód gruntowych na przykładzie Łodzi.</b>		40
11 <sup>55</sup> – 12 <sup>15</sup>	Wojciech Radziun - <b>Analiza rozkładu przestrzennego wysokich sum opadów atmosferycznych w Łodzi w latach 2011-2013 w odniesieniu do sytuacji synoptycznych.</b>		41
12 <sup>15</sup> – 12 <sup>35</sup>	Piotr Piotrowski - <b>Opady atmosferyczne w Polsce Środkowej na tle transportu pary wodnej.</b>		42
12 <sup>35</sup> – 12 <sup>55</sup>	Mariusz Zieliński - <b>Zastosowanie scyntylogometrii w obszarach zurbanizowanych na przykładzie Łodzi.</b>		43



## *Program*

- 12<sup>55</sup> – 13<sup>15</sup> Krzysztof Fortuniak, Włodzimierz Pawlak, Mariusz Siedlecki, Mariusz Zieliński - **Wybrane charakterystyki ruchu turbulencyjnego powietrza nad obszarem zurbanizowanym na przykładzie Łodzi.** 44
- 13<sup>10</sup> – 13<sup>30</sup> **Dyskusja i zakończenie obrad**





# ***REFERATY***



## **WARUNKI BIOKLIMATYCZNE W ŁODZI W OKRESACH FAL UPALÓW**

**Joanna Wibig**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
zameteo@uni.lodz.pl

Współczesnemu ociepleniu klimatu, mimo niewielkiego tylko wzrostu średniej temperatury, towarzyszy wyraźny wzrost częstości pojawiania się upałów w Polsce (BACC, 2015). Fale upałów są szczególnie niebezpieczne dla mieszkańców miast, ponieważ na obszarze miasta bardzo wysokim temperaturom w okresie dnia towarzyszą często wysokie temperatury w nocy – pojawiają się tzw. tropikalne noce, czyli noce, podczas których temperatura jest wyższa od 20°C. Dodatkowo falom upałów często towarzyszą niekorzystne warunki wilgotnościowe. Ostatnie dwa sezony letnie w Polsce obfitowały w dni gorące i upalne. Jednocześnie na obszarze Łodzi i okolicy pracowała w tym okresie sieć 12 posterunków mierzących temperaturę i wilgotność powietrza z częstotliwością 5 minut. W oparciu o te dane przeanalizowano warunki biometeorologiczne w Łodzi i okolicy w okresach upałów, czyli okresach, w których temperatura maksymalna w mieście przekraczała 30°C.

Na podstawie temperatury i wilgotności policzono kilka wskaźników biometeorologicznych dla dni upalnych: czas występowania temperatury przekraczającej 30°C, czas występowania temperatury nocnej poniżej 20°C w dni upalne, temperatura pozorna (Steadman 1979, Kuchcik 2006), temperatura ekwiwalentna (Cena i Grzegorzczuk 1966) i indeks THI. Na podstawie tych wskaźników porównano warunki termiczne w różnych regionach miasta i na terenie otaczającym.

### **Bibliografia**

- BACC Author Team, 2015, Second Assessment of Climate Change for the Baltic Sea Basin, Springer International Publishing.
- Cena M., Grzegorzczuk M., 1966, Rozkład temperatury ekwiwalentnej na obszarze Polski. *Roczniki Nauk Rolniczych*, D, 119, 191–211.
- Kuchcik M., 2006, Fale upałów w Polsce w latach 1993–2002. *Przegląd Geograficzny*, 78 (3), 397–412.
- Steadman R.G., 1979, The assessment of sultriness. *Journal of Applied Meteorology*, 18, 861–885.
- Szcześniewska, J., Wibig J., 2008, The influence of UHI on the intensity and duration of heat waves. [w:] Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K. (red.) – *Klimat i bioklimat miast*. Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Katedra Meteorologii i Klimatologii UŁ, Łódź, 561–570.

## *Sesja I*

# **PORÓWNANIE DOBOWEJ I SEZONOWEJ ZMIENNOŚCI TURBULENCYJNYCH STRUMIENI GAZÓW CIEPLARNIANYCH (PARY WODNEJ, DWUTLENKU WĘGLA I METANU) W CENTRUM ŁODZI**

**Włodzimierz Pawlak**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
wpawlak@uni.lodz.pl

Wymiana gazów cieplarnianych pomiędzy podłożem a atmosferą jest jednym z najważniejszych procesów wpływających na klimat Ziemi. Zagadnienie to jest również istotne w związku z obserwowanymi w ostatnich latach zmianami klimatu. Wyniki prowadzonych od lat pomiarów świadczą o tym, że jednym z czynników odpowiedzialnych za globalne ocieplenie jest wzrost koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze. Precyzyjne pomiary czasowej zmienności koncentracji oraz wymiany gazów cieplarnianych między podłożem a atmosferą mają zatem kluczowe znaczenie dla zrozumienia ich roli w systemie klimatycznym. Pojawienie się na szerszą skalę około 20 lat temu odpowiednich przyrządów umożliwiło rozwój badań nad turbulencyjną wymianą gazów cieplarnianych pomiędzy podłożem a atmosferą. Efektem tych pomiarów jest dość dobrze opisana zmienność strumieni pary wodnej i dwutlenku węgla w różnych skalach czasowych oraz wyznaczenie zależności między sposobem użytkowania powierzchni a intensywnością i kierunkiem wymiany. Wyniki te dotyczą jednak głównie terenów pokrytych roślinnością, w różnym stopniu użytkowanych przez człowieka. Badania tego typu na obszarach zurbanizowanych przeprowadzono jedynie w kilkunastu miastach na świecie, co pozwoliło na uzyskanie wstępnych informacji o wpływie urbanizacji na czasową zmienność wymiany gazów cieplarnianych. Z kolei turbulencyjna wymiana metanu między podłożem a atmosferą jest procesem, który dopiero zaczyna być badany. Koncentracja tego gazu jest około 200 razy mniejsza w porównaniu z dwutlenkiem węgla, jednak ze względu na jego wysoki potencjał cieplarniany badania wymiany powinny być rozwijane równie intensywnie jak w przypadku pary wodnej i dwutlenku węgla. Dotychczasowe pomiary koncentrowały się na terenach będących największymi naturalnymi źródłami metanu dla atmosfery, czyli na terenach podmokłych oraz na polach ryżowych. Niestety do chwili obecnej przeprowadzono zaledwie kilka kampanii pomiarowych na terenach zurbanizowanych, podczas gdy miasto może być znaczącym źródłem metanu dla atmosfery (spalanie paliw kopalnych, kanalizacja, wycieki z gazociągów itd.). Liczba stacji wyposażonych w czujniki umożliwiające pomiar turbulencyjnego strumienia metanu na terenach miejskich jest, w porównaniu z liczbą stacji rejestrujących wymianę dwutlenku węgla, zdecydowanie niewystarczająca.

Celem opracowania jest porównanie wyników pomiarów turbulencyjnej wymiany pary wodnej, dwutlenku węgla i metanu w centrum Łodzi. Ciągłe pomiary strumieni tych gazów prowadzone są w Katedrze Meteorologii i Klimatologii Uniwersytetu Łódzkiego od 2000 (para wodna), 2006 (dwutlenek węgla) oraz 2013 (metan). W opracowaniu skoncentrowano się na okresie lipiec 2013 – sierpień 2015, kiedy na stacji pomiarowej zlokalizowanej przy ul. Lipowej 81 w Łodzi równocześnie mierzone były strumienie wszystkich trzech wymienionych gazów. Wartości strumieni wyznaczono za pomocą metody kowariancji wirów – najdokładniejszej i obecnie najszerzej stosowanej do ciągłych pomiarów

turbulencyjnej wymiany, masy, energii i pędu. W trakcie pomiarów zastosowano standardowy zestaw pomiarowy składający się z anemometru ultradźwiękowego oraz analizatorów gazowych pary wodnej, dwutlenku węgla i metanu. Z przeprowadzonych w latach 2013–2015 pomiarów wynika, że w sezonowej i dobowej zmienności strumieni badanych gazów można zaobserwować zarówno podobieństwa jak i różnice. Wszystkie mierzone strumienie turbulencyjne charakteryzują się wyraźnym rytmem rocznym. W przypadku strumienia pary wodnej  $F_{H_2O}$  maksimum obserwowane jest w lecie, podczas gdy maksymalne wartości strumieni dwutlenku węgla  $F_{CO_2}$  i metanu  $F_{CH_4}$  pojawiają się w zimie. Ponadto strumienie  $F_{H_2O}$ ,  $F_{CO_2}$  i  $F_{CH_4}$  charakteryzują się wyraźnym rytmem dobowym. Rytm ten w przypadku strumienia pary wodnej szczególnie wyraźny jest w lecie, z maksimum w ciągu dnia. Strumień dwutlenku węgla najwyraźniejszą zmiennością dobową charakteryzuje się w zimie. W przypadku strumienia metanu wyraźny rytm dobowy pojawia się przede wszystkim w cieplej połowie roku. Dobowa zmienność strumienia dwutlenku węgla w chłodnej połowie roku charakteryzuje się ponadto dwoma maksimumami, które nie są obserwowane w przypadku pozostałych strumieni. Ponieważ dwutlenek węgla i metan na terenach zurbanizowanych pochodzi głównie z emisji antropogenicznych, strumienie  $F_{CO_2}$  i  $F_{CH_4}$  odznaczają się również rytmem tygodniowym – wartości strumieni w weekendy są, zwłaszcza w przypadku  $F_{CO_2}$ , wyraźnie niższe. Zmienność taka nie została zaobserwowana w przypadku strumienia pary wodnej  $F_{H_2O}$ .

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki w latach 2011–2016 w ramach projektu badawczego nr. 2011/01/D/ST10/07419.

## Sesja I

# MIĘDZYDOBOWA ZMIENNOŚĆ PAROWANIA TERENOWEGO W OBSZARACH ZURBANIZOWANYCH I RÓŻNYCH TYPACH ROŚLINNOŚCI PARANATURALNEJ

**Mariusz Siedlecki**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
mariusz.siedlecki@geo.uni.lodz.pl

Parowanie terenowe w obszarach zurbanizowanych, z uwagi na znaczny odsetek powierzchni sztucznych, jest zwykle mniejsze w stosunku do obszarów naturalnych bądź rolniczych. W pracy zaprezentowano porównanie międzydobowej zmienności parowania terenowego w mieście, w obszarach rolniczych i terenach bagiennych w różnych warunkach pogodowych. W tym celu wykorzystano serie pomiarów pionowego strumienia pary wodnej netto wykonywanych w Łodzi (z wykorzystaniem metody kowariancyjnej), które porównano z wynikami oceny parowania terenowego na obszarach rolniczych (stacja Annosław położona ok. 60 km na wschód od Łodzi) oraz w obszarach podmokłych (pomiar na terenie Biebrzańskiego Parku Narodowego). Przeprowadzono porównanie przebiegów dobowych parowania terenowego na tle wybranych elementów meteorologicznych w różnych porach roku i sytuacjach synoptycznych.

W okresie zimowym w warunkach odwilży, zarówno w mieście jak na obszarach rolniczych, parowanie terenowe jest bardzo niskie, bez wyraźnego przebiegu dobowego. Wyraźne różnice w przebiegu dobowym parowania terenowego między miastem a obszarami niezurbanizowanymi pojawiają się w cieplej porze roku. Na przykład na początku wiosny (16–20.III.2012) w warunkach słonecznej i ciepłej pogody nad polem uprawnym nastąpił bardzo wyraźny wzrost parowania terenowego. W godzinach południowych parowanie terenowe było wyższe o 20–30% od tego zaobserwowanego w mieście. Jeszcze większe różnice pojawiły się między parowaniem terenowym w mieście a terenami bagiennymi. W lecie (5–10.VII.2013) w warunkach pogody wyżowej, z temperaturą maksymalną powyżej 22°C najwyższe sumy godzinne parowania terenowego były blisko 40% wyższe od tych w mieście. Również odmiennie kształtuje się przebieg dobowy parowania terenowego po wystąpieniu opadów atmosferycznych. Na przykład po krótkotrwałych opadach atmosferycznych w dniu 16 maja 2012 roku sumy godzinne parowania terenowego w mieście kształtowały się na podobnym poziomie jak przed wystąpieniem opadów. Zupełnie odmienna jest dynamika parowania terenowego na stacji zamiejskiej. W podobnych warunkach pogodowych nad polem uprawnym po okresie opadów wartości ciepła utajonego ( $Q_e$ ) znacznie wzrastają. O ile przed opadami maksymalne wartości  $Q_e$  w godzinach południowych oscylowały na poziomie do 200 Wm<sup>-2</sup> to po opadach wartości te osiągają poziom przekraczający 300 Wm<sup>-2</sup>.

## WYNIKI ROCZNEGO MONITORINGU STĘŻENIA RADONU W POWIETRZU W BUDYNKU MIESZKALNYM W ŁODZI NA TLE WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH

**Agnieszka Podstawczyńska**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
apodstaw@uni.lodz.pl

W świetle badań epidemiologicznych względnie niskie stężenie radonu (Rn-222) w powietrzu w budynkach rzędu  $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  jest istotnym statystycznie czynnikiem wzrostu ryzyka zachorowania na nowotwór płuc u osób długotrwale przebywających w takim środowisku zamieszkania, pracy itp. (WHO 2009). Dyrektywa Unii Europejskiej Euratom/2013/59/ z 5 grudnia 2013 r. definiuje przenikanie radonu z gruntu do pomieszczeń jako sytuację narażenia istniejącego podlegającego ograniczeniom i nakłada na kraje członkowskie UE obowiązek opracowania do 2018 r. tzw. narodowego planu radonowego zawierającego m.in. krajowe poziomy referencyjne stężenia Rn-222 w pomieszczeniach. Prawo Atomowe w Polsce z 2004 r. zniosło wszelkie ograniczenia w stosunku do radonu, traktując ten gaz promieniotwórczy jako naturalne narażenie nie podlegające ograniczeniom. Przygotowywany aktualnie w Polsce krajowy plan radonowy dostosowany do Dyrektywy Euratom zniesie marginalizowanie zagadnienia monitorowania Rn-222 w pomieszczeniach, zwłaszcza, że w naszej strefie klimatycznej proporcja czasu ekspozycji na Rn-222 i jego radioaktywne pochodne (bismut, polon, ołów) to 80% w budynkach i 20% na wolnym powietrzu. Radon i jego pochodne to największe źródło narażenia radiacyjnego na Ziemi. W rocznej dawce efektywnej promieniowania jonizującego, jaką statystyczny mieszkaniec Polski otrzymuje ze źródeł naturalnych, Rn-222 stanowi ok. 40% (zbliżona wartość do średniej światowej) (UNSCEAR 2000, Raport PAA 2014).

Celem pracy jest próba oceny wpływu czynnika meteorologicznego, który wśród innych czynników, tj. środowisko emisji, konstrukcja budynku czy styl życia mieszkańców, determinuje poziom stężenia Rn-222 w powietrzu w wolnostojącym budynku mieszkalnym. Niniejsze opracowanie wpisuje się w nurt niepopularnych w Polsce badań stężenia Rn-222 w budynkach z uwagi na zastosowanie precyzyjnej aparatury zapewniającej ciągły monitoring stężenia w trybie dyfuzyjnym (automatyczna komora jonizacyjna AlphaGUARD® PQ2000PRO). Bazę danych wykorzystaną w pracy tworzą 1-godz. średnie wartości stężenia Rn-222 rejestrowane na parterze w dwukondygnacyjnym domu jednorodzinnym w Łodzi w okresie 356 dni (od 20 maja 2014 r. do 10 maja 2015 r.). Powierzchnia parteru domu to  $100 \text{ m}^2$ , a jego wysokość wynosi 3 m. Tło meteorologiczne dla serii radonu stanowiły pomiary temperatury powietrza wewnątrz budynku i w warunkach zewnętrznych, wartości ciśnienia atmosferycznego, wysokość opadów atmosferycznych monitorowanych w odległej o ok. 3 km stacji meteorologicznej. W analizie wykorzystano także dzienne typy cyrkulacji atmosferycznej wyznaczone wg obiektywnej metody Piotrowskiego na podstawie kierunku wiatru geostroficznego i wirowości ścicia (Piotrowski 2009).

Średnie roczne stężenie Rn-222 w badanym budynku wynosiło  $47 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  ( $\text{Bq}$  – bekerel,  $1 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  oznacza 1 rozpad promieniotwórczy na 1 sekundę w  $1 \text{ m}^3$  powietrza;  $49 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  – średnia dla Polski) i zmieniało się w poszczególnych porach roku – najniższe zanotowano latem, przeciętnie  $22 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ , a najwyższe jesienią, przeciętnie  $56 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ .

## Sesja I

Dzienna zmienność stężenia Rn-222 w okresie bytowania mieszkańców domu (4 osoby) była bardzo wyraźna z maksimum w nocy i minimum w dzień, a zaniknęła w okresie całkowitego zamknięcia domu na okres wakacyjny. To świadczy o istotnym wpływie wentylowania pomieszczeń (otwieranie drzwi, okien) na cykl dobowy stężenia tego radionuklidu. W okresie zamknięcia (nieużytkowania) domu poziom stężenia Rn-222 wzrósł 5-krotnie w stosunku do średniego poziomu dla okresu letniego.

Porównanie zmian stężenia Rn-222 z wartościami różnicy temperatury powietrza wewnątrz budynku a temperaturą panującą na zewnątrz wykazało dodatnią korelację we wszystkich porach roku z wyjątkiem zimy. Zimą wykorzystanie przez mieszkańców domu ogrzewania kominkowego mogło intensyfikować wentylację pomieszczenia i wpłynąć na zmniejszenie koncentracji radionuklidu w powietrzu. Ten efekt był opisywany dla domów w Szwecji przez Hubbard i in. (1996). Wielu autorów np. Nazaroff i Nero (1988), Marley (2001), Rowe i in. (2002), Karpińska i in. (2004) wskazuje tzw. efekt kominowy (wywołany zmniejszaniem temperatury powietrza na zewnątrz budynku w stosunku do warunków termicznych panujących wewnątrz domu) jako kluczowy czynnik intensyfikujący przepływ radonu z gruntu do budynku. Różnica temperatury powietrza generuje ujemną różnicę ciśnienia powietrza między wnętrzem budynku a otoczeniem (rzędu kilku Pa), która wywołuje „zasysanie” Rn-222 z podłoża do budynku.

Przesłanką do analizy wpływu wartości ciśnienia atmosferycznego oraz typu cyrkulacji na poziom stężenia Rn-222 w budynku były wyniki analizy pilotażowej serii pomiarów dokonanych w Łodzi w korelacji ze zmianami ciśnienia atmosferycznego i typem cyrkulacji (Podstawczyńska, Kozak 2008). Wyniki uzyskane przez Autorkę w 2007 r. wskazywały na wyraźny wpływ tego elementu pogody na przebieg zmian stężenia Rn-222 w powietrzu w budynku. Hipoteza ta niestety nie uzyskała potwierdzenia w świetle badań w oparciu o dane z okresu maj 2014 – maj 2015 prowadzonych dla potrzeb niniejszego opracowania.

Kolejnym elementem pogody analizowanym w korelacji ze stężeniem Rn-222 były opady atmosferyczne. Wyniki badań wykazały wyraźny spadek stężenia Rn-222 po okresach opadowych. Monitorowany dom położony jest na terenie o płytkim zwierciadle wód gruntowych (0,4–0,7 m poniżej poziomu gruntu). Jak wynika z rozważań teoretycznych woda w gruncie blokuje transport Rn-222 do atmosfery i do budynków. Podobne wnioski zaprezentował Francesco i in. (2010) badając stężenie Rn-222 we Włoszech w budynkach położonych na terenie o płytko występujących wodach gruntowych.

Wnioski płynące z przedstawionych badań wymagają potwierdzenia w oparciu o dłuższą serię obserwacyjną. Prezentowana baza danych o poziomie stężenia Rn-222 w budynku na tle wybranych elementów meteorologicznych stanowi unikatowy w Polsce materiał, który może być wykorzystany do weryfikacji modelu transportu radonu do budynków, co będzie dalszym etapem prac badawczych w zakresie prezentowanej problematyki.

### Literatura

- De Francesco S., Tommasone F.P., Cuoco E., Tedesco D., 2010, Indoor radon seasonal variability at different floors of buildings. *Radiation Measurements*, 45, s. 928–934.
- Hubbard L.M., Mellander H., Swedjemark A.A., 1996, Studies on temporal variations of radon in Swedish single-family houses. *Environmental International*, Vol. 22, Suppl. 1, s. S715–S722.
- Karpińska M., Mnich Z., Kapała J., Antonowicz K., 2004, Seasonal changeability of indoor radon concentrations in one-family house. *Nukleonika*, 49, 1, s. 33–36.



- Marley F., 2001, Investigation of the influences of atmospheric conditions on the variability of radon and radon progeny in buildings. *Atmospheric Environment*, 35, 5347–5360.
- Nazaroff W.W., Nero A.V. jr., 1988, Radon and its decay products in indoor air. A Wiley-Interscience Publication, New York, 518 s.
- Piotrowski P., 2009, Obiektywna metoda klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej dla Polski. *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica*, 10, 216 s.
- Podstawczyńska A., Kozak K., 2008, Preliminary results of measurements of radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) concentration in the air in Łódź. [w:] Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K. (red.) – *Klimat i bioklimat miast*. Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Katedra Meteorologii i Klimatologii UŁ, Łódź, 467–476.
- Raport PAA, 2014, Raport Roczny Działalności Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2014 roku <http://paa.gov.pl/sites/default/files/RaportPrezesaPAA2014.pdf>
- Rowe J.E., Kelly M., Price L.E., 2002, Weather system scale variation in radon-222 concentration of indoor air. *Science of the Total Environment*, 284, 157–166.
- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) 2000, Report – Sources and effects of ionizing radiation, Annex B Exposures from natural radiation sources, s. 84–141, <http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753>.
- WHO Handbook on Indoor Radon. A Public Health Perspective, 2009, Zeeb H., Shannoun F. (eds.), World Health Organization Press, Geneva, 95 s.

## **Sesja I**

# **NATEŻENIE OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH NA OBSZARZE ŁODZI W LATACH 2011-2014**

**Piotr Piotrowski, Wojciech Radziun**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
janos33@wp.pl

Nateżenie opadów atmosferycznych zostało określone w oparciu o dane z punktów pomiarowych rozmieszczonych na obszarze aglomeracji łódzkiej oraz w jej pobliżu. Zasadniczymi celami opracowania jest sprawdzenie, jaki kierunek adwekcji sprzyja szczególnie silnym opadom atmosferycznym i jaki jest ich rozkład przestrzenny na obszarze miasta w zależności od kierunku adwekcji. Analiza rozkładu przestrzennego służy sprawdzeniu, czy obszar miejski ma wpływ na modyfikację pola opadu. Sprawdzono również długotrwałość opadów atmosferycznych w poszczególnych porach roku. W przypadkach wysokiego nateżenia opadów atmosferycznych zanalizowano sytuacje synoptyczne, które im sprzyjały.

## **SPATIAL AND TEMPORAL CHANGES OF AIR TEMPERATURE IN TORUŃ (CENTRAL POLAND) IN 2012**

**Rajmund Przybylak<sup>1</sup>, Joanna Uscka-Kowalkowska<sup>1</sup>, Andrzej Araźny<sup>1</sup>, Marek Kejna<sup>1</sup>,  
Mieczysław Kunz<sup>2</sup>, Rafał Maszewski<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Nicolaus Copernicus University, Faculty of Earth Sciences  
Department of Meteorology and Climatology, Toruń  
rp11@umk.pl

<sup>2</sup>Nicolaus Copernicus University, Faculty of Earth Sciences, Department of Geomatics and Cartography

In this article, the results of an investigation into the pattern and development of the urban heat island (UHI) in Toruń (central Poland) are presented. For the analysis, daily mean temperature ( $T_i$ ) as well as daily maximum ( $T_{max}$ ) and minimum ( $T_{min}$ ) temperatures for 2012 gathered for 20 sites, evenly distributed in the area of city, have been taken as source data. To characterise the UHI more completely, in addition, diurnal temperature range (DTR) as well as number of hot ( $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ ), very hot ( $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$ ), frosty ( $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ ), very frosty ( $T_{max} \leq -10^{\circ}\text{C}$ ) days, and days with tropical nights ( $T_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ ) were also calculated. The impact of weather conditions (cloudiness and wind speed) and atmospheric circulation on the UHI in the study area was investigated.

In Toruń, according to the present study, the average UHI intensity in 2012 was equal to  $1.0^{\circ}\text{C}$ . The number of hot and very hot as well as frosty and very frosty days slightly increased/decreased respectively in the city centre, in comparison with rural areas by no more than 2–4 days. In Toruń, the rise of cloudiness and wind speed lead to a decrease of the magnitude of the UHI, in a way similar to observed changes in other, markedly larger, Polish cities. We found, however, that the effect of cloudiness is slightly greater than wind speed. Generally, in most cases anticyclonic situations favour increased thermal contrast between rural and city areas, particularly in summer. Directions of air advections which both markedly and slightly influenced the UHI intensity were determined. The influence of atmospheric circulation on  $T_{max}$  is significantly smaller than on  $T_i$  and  $T_{min}$ , and does not exceed  $0.5^{\circ}\text{C}$ . Our investigations reveal that Toruń has a typical pattern and development to its UHI, similarly to other Polish cities.

## Sesja II

### **MIEJSKA WYSPA CIEPŁA W WARSZAWIE - - ZMIENNOŚĆ CZASOWA I PRZESTRZENNIA**

**Magdalena Kuchcik, Paweł Milewski, Krzysztof Błażejczyk, Jakub Szmyd**

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

Zakład Geoekologii i Klimatologii, Warszawa

mkuchcik@twarda.pan.pl

Podstawą badania miejskiej wyspy ciepła w Warszawie (UHI) jest sieć pomiarów termiczno-wilgotnościowych w aglomeracji warszawskiej złożona z 28 rejestratorów (18 w mieście oraz 10 na przedmieściach). Dane te są uzupełniane pomiarami z 8 stacji innych operatorów. Podstawową miarą intensywności miejskiej wyspy ciepła jest UHI index – różnica temperatury minimalnej pomiędzy daną stacją a stacją Warszawa-Okęcie. Przestrzenne zróżnicowanie MWC w Warszawie zostało zilustrowane przy wykorzystaniu oprogramowania ArcGIS w wersji 10.1. do interpolacji danych pomiarowych wykorzystano metodę krigingu.

Ogólna analiza wskazuje, że w latach 1981–2011 MWC pojawiała się w Warszawie przez blisko 87% dni. W poszczególnych porach roku częstość miejskiej wyspy ciepła wahała się od 80% zimą do 94% latem. Zasięg przestrzenny MWC w Warszawie odzwierciedla zasięg obszaru intensywnej zabudowy i jest raczej stały. Zmienia się zaś intensywność MWC. Widoczna jest jej dynamika dobową, sezonową oraz roczną. W latach 2011–2012 Warszawska miejska wyspa ciepła jest najbardziej intensywna jesienią (UHI-index  $> 2,5^{\circ}\text{C}$ ), natomiast najmniej – zimą (UHI-index  $< 1,5^{\circ}\text{C}$ ). Średnio w roku intensywność miejskiej wyspy ciepła w centralnej części miasta osiąga około  $2,0^{\circ}\text{C}$ . Intensywność miejskiej wyspy ciepła istotnie maleje wraz z odległością od centrum miasta by zaniknąć w odległości ok. 10–12 km.

Natężenie miejskiej wyspy ciepła w niewielkim stopniu zależy od masy powietrza zalegającej nad miastem. Średnio największe natężenie MWC obserwowane jest w masie powietrza polarnego kontynentalnego (PPk) (UHI-index  $\approx 3,0^{\circ}\text{C}$ ), najmniejsze zaś w masie powietrza zwrotnikowego (PZ) (UHI-index  $\approx 2,0^{\circ}\text{C}$ ).

Przebiegi dobowe temperatury powietrza wyraźnie wskazują na przesuwanie się największego natężenia UHI, w zależności od godziny zachodu i wschodu Słońca.

Maksymalne natężenie MWC w latach 2011 i 2012 wyniosło  $9,9^{\circ}\text{C}$  (12 maja 2011 r.).

## **MIEJSKA WYSPA CIEPŁA W POZNANIU NA PODSTAWIE OBRAZOWAŃ SATELITY LANDSAT 5 TM**

**Agnieszka Majkowska, Marek Pórolniczak, Leszek Kolendowicz, Bartosz Czernecki**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych  
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Klimatologii  
agma@amu.edu.pl

Głównym celem opracowania jest zbadanie intensywności miejskiej wyspy ciepła na podstawie danych (temperatura powietrza) pochodzących z 9 punktów pomiarowych zlokalizowanych w Poznaniu z okresu czerwiec 2008 – maj 2013 oraz danych satelitarnych Landsat 5 TM. Na podstawie danych pochodzących z punktów pomiarowych umiejscowionych w różnych typach użytkowania terenu za pomocą techniki krigingu wykonano średnie mapy rozkładu przestrzennego miejskiej wyspy ciepła w Poznaniu. Następnie na podstawie danych satelitarnych Landsat 5 TM – 15 scen – wykonano średnią mapę temperatury radiacyjnej (LST – Land Surface Temperature) oraz powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła (SUHI – Surface Urban Heat Island).

Dane pomiarowe jednoznacznie wskazują, iż średnia roczna intensywność miejskiej wyspy ciepła osiąga wartość około 1,0 K (większe wartości w cieplej połowie roku). Na podstawie danych satelitarnych Landsat oraz Corine Land Cover 2006 wykazano, iż największą intensywność SUHI odnotowano na obszarach zwartej zabudowy oraz na obszarach przemysłowych. Najniższą intensywnością SUHI charakteryzują się obszary zielone pokryte lasami liściastymi.

W celu przeliczenia LST z danych satelitarnych Landsat 5 TM do temperatury powietrza na 2 m nad poziomem gruntu utworzono liniowe oraz nieliniowe modele regresyjne wykazujące około 80% dopasowania. W opracowaniu do przeliczenia wykorzystano nieliniowy model regresyjny.

## Sesja II

### SILNE FALE TERMICZNE W LUBLINIE

**Agnieszka Krzyżewska, Marek Nowosad, Mateusz Dobek**

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej  
Zakład Meteorologii i Klimatologii  
agnieszka.krzyzewska@umcs.pl

Jedną z cech klimatu Polski jest pojawianie się cieplejszych i chłodniejszych dni (w odniesieniu do średniej wieloletniej temperatury powietrza) we wszystkich porach roku. Takie kilkudniowe okresy ze szczególnie wysoką lub szczególnie niską temperaturą dotyczącą określonego miejsca nazywane są w literaturze falami ciepła i falami chłodu.

Celem niniejszej pracy jest wykrycie oraz scharakteryzowanie fal termicznych w Lublinie, w czasie występowania których średnia dobową temperatura powietrza odbiegała od średniej wieloletniej o przynajmniej 2 odchylenia standardowe przez 3 kolejne dni. Fale te nazwano silnymi falami termicznymi.

Za silną falę chłodu przyjęto trzy kolejne dni, w których średnia dobową temperatura powietrza spełniała ( $t_i$ ) warunek:

$$t_i < t_{sr} - 2\sigma$$

zaś za silną falę ciepła:

$$t_i > t_{sr} + 2\sigma$$

gdzie:

$t_{sr}$  – średnia wieloletnia temperatura powietrza danego dnia w roku,

$\sigma$  – odchylenie standardowe średniej dobowej temperatury powietrza obliczone dla tego samego dnia roku.

Materiałem do niniejszego opracowania są wartości średniej dobowej temperatury powietrza z Obserwatorium Meteorologicznego UMCS w Lublinie (Plac Litewski) dotyczące wielolecia 1952–2010.

Silnych fal chłodu było ponad dwukrotnie więcej niż silnych fal ciepła. Silne fale termiczne nie pojawiały się w każdym roku. Najwięcej silnych fal chłodu (po 4) notowano w latach 1954 i 1963 oraz (po 3) 1956, 1962, 1971, 1978 i 2002, natomiast silnych fal ciepła najczęściej zanotowano w 1963 (2). Silne fale chłodu częściej pojawiały się po kilka razy w ciągu roku, podczas gdy silne fale ciepła w większości przypadków tylko raz na rok.

W badanym okresie zauważono 24 silne fale ciepła, na które składało się 17 fal trzydniowych, 5 czterodniowych oraz po 1 trwającej 5 i 8 dni. Najdłuższa – 8 dniowa fala, wystąpiła od 26.07. do 02.08.1994 r. Ponad dwukrotnie więcej – 54 przypadki – zanotowano silnych fal chłodu. Podobnie jak przy silnych falach ciepła, dominowały fale trzydniowe (25 przypadki). Dłuższe fale – czterodniowe – wystąpiły 17 razy, pięciodniowe 6 razy, sześciodniowe 5 razy. Najdłuższa, ośmiodniowa fala, miała miejsce jeden raz, w dniach 07–14.02.1956 r.

Większa liczba silnych fal chłodu charakteryzowała pierwszą połowę analizowanego okresu. Z kolei w drugiej jego części dominowały silne fale ciepła. Na przełomie lat 50-tych i 60-tych oraz w pierwszej dekadzie XXI wieku obserwowano większą liczbę silnych fal termicznych niż w pozostałych latach.

## **USŁONECZNIE W MIASTACH NA PODSTAWIE WYBRANYCH STACJI W EUROPIE**

**Dorota Matuszko**

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Klimatologii  
d.matuszko@uj.edu.pl

W literaturze klimatologicznej panuje pogląd, że obszary miejskie odznaczają się mniejszym usłoneczeniem niż tereny pozamiejskie (Kuczmarowski 1982, Morawska-Horawska 1984, Marciniak i Wójcik 1991). Straty te ocenia się na około 5–15% (Landsberg 1981, Lewińska 2000). Autorzy wielu opracowań dotyczących wieloletniej zmienności usłoneczenia w Europie (m.in. Brazdil i in. 1994, Sanchez-Lorenzo i in. 2008) zwracają uwagę na podobne tendencje – zmniejszenie liczby godzin ze słońcem w latach pięćdziesiątych do osiemdziesiątych XX wieku, a następnie wzrost w ostatnich dwóch dekadach XX wieku. W literaturze można znaleźć hipotezy (Liepert 2002, Norris i Wild 2007, Lewik i in. 2009, Matuszko 2014), że obok zmian cyrkulacyjnych duży wpływ na tendencje usłoneczenia w Europie może mieć stan zanieczyszczenia atmosfery na terenach zurbanizowanych. W połowie lat pięćdziesiątych, w wielu uprzemysłowionych miastach zaobserwowano wzrost zanieczyszczeń spowodowany intensywnym rozwojem przemysłu. Emitowane do atmosfery duże ilości aerozoli i sadzy zwiększały pochłanianie i odbijanie promieniowania słonecznego i zarazem powodowały powstawanie chmur, przyczyniając się do tzw. globalnego zaciemnienia („global dimming”). W latach 80. XX wieku na skutek załamania się gospodarki w krajach byłego bloku komunistycznego zmniejszyła się produkcja przemysłowa i obniżyła emisja zanieczyszczeń. Podjęto też skuteczne działania na rzecz poprawy czystości powietrza. Prawdopodobnie z tego powodu szczególnie w Europie Środkowej i Wschodniej wzrosła przezroczystość atmosfery i nastąpił najbardziej widoczny efekt „rozjaśnienia” („brightening”), czyli zwiększenia dopływu promieniowania do powierzchni Ziemi.

Celem niniejszego opracowania jest charakterystyka zmienności usłoneczenia w wybranych miastach Europy na podstawie danych z dostępnych baz internetowych (<http://www.ecad.eu/dailydata/customquery.php>, [http://eklima.met.no/Help/Stations/toDay/all/no\\_Stations.htm](http://eklima.met.no/Help/Stations/toDay/all/no_Stations.htm), <http://meteo.ru/english/climate/suns.php>, [http://www.knmi.nl/research/climate\\_observations/](http://www.knmi.nl/research/climate_observations/)).

### **Sesja III**

## **ZMIENNOŚĆ CAŁKOWITEGO PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO W WARSZAWIE W LATACH 1964–2013**

**Małgorzata Kleniewska<sup>1</sup>, Bogdan Chojnicki<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Zakład Meteorologii i Klimatologii  
malgorzata\_kleniewska@sggw.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska,  
Katedra Meteorologii

W pracy przedstawiono wyniki badań 50-letniej serii pomiarowej zawierającej dobowe wartości całkowitego promieniowania słonecznego w Warszawie. W latach 1964–2013 wyraźnie zaznaczają się dwa okresy, w których wartości trendów czasowych są odmienne: spadek wartości promieniowania całkowitego (ang. dimming) w latach 1964–1981 i wzrost wartości promieniowania całkowitego (ang. brightening) od 1984 roku. Spadek całkowitego promieniowania słonecznego w okresie dimming wynosił  $3,9 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  na dekadę, natomiast wzrost w okresie brightening wynosił  $4,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  na dekadę.

Uważa się, że obserwowane na świecie zmiany w ilości dopływającego do powierzchni Ziemi promieniowania słonecznego związane są ze zmianami zachmurzenia oraz ze zmianami w emisji aerozoli. Ich skutkiem są zmiany przezroczystości atmosfery. W prezentowanej pracy przeanalizowano zmienność wartości usłonecznienia względnego, zachmurzenia i emisji dwutlenku siarki oraz związki między tymi elementami a całkowitym promieniowaniem słonecznym.

Zmiany w dopływie promieniowania słonecznego w aglomeracji warszawskiej w latach 1964–2013 związane były przede wszystkim ze zmianami emisji  $\text{SO}_2$ , a zależność ta była szczególnie silna od roku 1984.



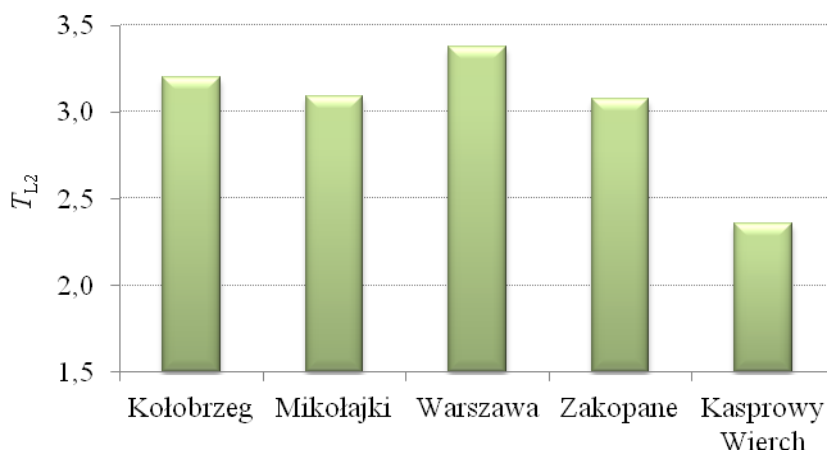
## EKSTYNKCJA BEZPOŚREDNIEGO PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO W POLSCE

Joanna Uscka-Kowalkowska

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
joannauk@umk.pl

Promieniowanie słoneczne przechodzące przez atmosferę ziemską podlega osłabieniu, czyli ekstynkcji. Jej wielkość zależy zarówno od czynników naturalnych, jak i antropogenicznych. Jedną z powszechnie stosowanych miar wielkości ekstynkcji promieniowania jest wskaźnik zmętnienia Linkego, pokazujący relację osłabienia promieniowania słonecznego w atmosferze rzeczywistej w stosunku do atmosfery czystej i suchej. Zagadnienie ekstynkcji bezpośredniego promieniowania słonecznego w Polsce zostało przedstawione w świetle wskaźnika zmętnienia Linkego dla 5 wybranych stacji aktynometrycznych działających w sieci IMGW (Kołobrzeg, Mikołajki, Warszawa, Zakopane i Kasprowy Wierch) w latach 1964–2003. Na wymienionych stacjach pomiary bezpośredniego promieniowania słonecznego były wykonywane aktynometrem Linke-Feussnera. Stacje te położone są w obszarach różniących się zarówno warunkami naturalnymi (obszary nadmorskie, pojezierne, nizinne i górskie) jak i stopniem przekształceń antropogenicznych.

W badanym okresie największym stopniem zmętnienia średnio w roku charakteryzowała się Warszawa, natomiast najmniejszym Kasprowy Wierch (rys. 1).



Rys. 1. Średnie roczne wartości wskaźnika zmętnienia Linkego ( $T_{L2}$ ) dla godzin okołopołudniowych na wybranych miejscach w Polsce w latach 1964–2003

W przebiegu rocznym okresem o największym zmętnieniu atmosfery było lato, a najmniejszym zima. W badanym 40-leciu na wszystkich badanych stacjach obserwuje się spadek stopnia zmętnienia atmosfery w czasie. Wielkość wskaźnika zmętnienia atmosfery zależy między innymi od występujących mas powietrza. Największe zmętnienie atmosfery powodują masy zwrotnikowe, a najmniejsze arktyczne.

### **Sesja III**

## **WPLYW MIASTA NA BIOLOGICZNIE CZYNNIE PROMIENIOWANIE SŁONECZNE UV – – ANALIZA POMIARÓW SPEKTROFOTOMETREM BREWERA W WARSZAWIE I BELSKU**

**Agnieszka Czerwińska, Janusz Krzyścin, Janusz Jarosławski**

Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, Zakład Fizyki Atmosfery  
aczerwinska@igf.edu.pl

Celem naszych badań jest stwierdzenie, czy zanieczyszczenie atmosferyczne w Warszawie ma znaczący wpływ na promieniowanie ultrafioletowe o skuteczności erytemalnej. Różnica promieniowania pomiędzy Warszawą a miejscowością mniej zanieczyszczoną tła regionalnego Belsk, została przeanalizowana na podstawie danych pomiarowych z lat 2013–2014 ze spektrofotometrów Brewera. Aby ocenić różnicę pomiędzy dokładnością instrumentów, porównano także dane z tych samych Brewerów pracujących jednocześnie w Belsku w latach 2010–2013.

Dla wybranych dni, dla których dysponujemy wynikami pomiarów całkowitej zawartości ozonu w atmosferze, przeprowadzono symulacje numeryczne, aby ocenić różnicę promieniowania ultrafioletowego wynikającą z położenia geograficznego i ewentualnie różnej zawartości ozonu. Różnica promieniowania ultrafioletowego o skuteczności erytemalnej dla nieba bezchmurnego pomiędzy Belskiem a Warszawą nie przekroczyła 5%, podczas gdy różnica pomiędzy instrumentami wyniosła ponad 1%, a różnica wynikająca z położenia geograficznego 2%. Można zatem stwierdzić, że wpływ aerozolu na biologicznie czynne promieniowanie ultrafioletowe jest niewielki i porównywalny do różnicy, wynikającej z położenia geograficznego. Dla pomiarów wykonanych w dowolnych warunkach atmosferycznych różnica promieniowania pomiędzy dwiema stacjami była o 1% wyższa niż dla nieba bezchmurnego, przy jednoczesnym wzroście rozrzutu wartości mierzonych, ale podobną zależność zaobserwowano dla różnicy pomiędzy instrumentami. Wydaje się więc, że miasto Warszawa nie generuje specyficznego zachmurzenia osłabiającego promieniowanie UV.

## **OCENA POTENCJAŁU ENERGII SŁONECZNEJ W WARSZAWIE Z WYKORZYSTANIEM MODELU R.SUN**

**Bartosz Czernecki**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych  
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Klimatologii  
nwp@amu.edu.pl

Ponad 70% energii elektrycznej w krajach Unii Europejskiej zużywane jest w miastach. Jednocześnie obszary te były przez lata zaniedbywane z punktu widzenia produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. Mając na uwadze powyższe przesłanki projekt „*Cities on Power*” ma na celu stworzenie interaktywnych narzędzi wspomagających proces decyzyjny inwestowania w OZE, a w konsekwencji ma on wspomóc osiągnięcie wyznaczonego przez Unię Europejską progu 20% produkcji energii ze źródeł odnawialnych do roku 2020.

W prezentacji przedstawiono najważniejsze założenia metodyczne związane z szacowaniem potencjału energii słonecznej w Warszawie. Na podstawie wykonanych obliczeń stworzono także interaktywny toolbox, który ma w zamierzeniu pozwolić mieszkańcom ocenić potencjalną produkcję energii w danej lokalizacji, oszacować stopę zwrotu inwestycji oraz przybliżyć konsekwencje ekologiczne podejmowanych działań.

Symulacje GIS wykonano w oparciu o uproszczony, trójwymiarowy model zabudowy Warszawy. Główną część obliczeń wykonano dzięki otwartoźródłowemu modułowi „r.sun” dedykowanemu dla środowiska GRASS-GIS w wersji 6.4. Po przeprowadzeniu symulacji testowych i zweryfikowaniu wyników ze zdjęciami lotniczymi przystąpiono do modyfikacji kodu programistycznego w celu zrównoleglenia obliczeń. Całą symulację przeprowadzono ostatecznie z rozdzielczością 1 m<sup>2</sup> dla obszaru miasta obejmującego ok. 517 000 000 m<sup>2</sup>, na 12 klastrach obliczeniowych uruchamianych w środowisku GNU/Linux.

W celu ograniczenia rozmiaru bazy danych MySQL (> 1 TB) rezultaty symulacji dla każdej godziny w roku zostały ograniczone do powierzchni dachów budynków, stosując binarną rekłasyfikację danych (tj. 0 – obszar zacieniony, 1 – obszar nasłoneczniony). Następnie przy zastosowaniu syntetycznych warunków atmosferycznych dla każdej godziny w roku (np. zachmurzenie, współczynnik turbulencyjności Linkego itd.) zgodnie z zaleceniami dla obliczeń inżynierskich zaproponowanych przez Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej obliczane są w trybie on-line wartości promieniowania bezpośredniego, całkowitego i rozproszonego.

## Sesja IV

### WPLYW GLOBALNYCH ZMIAN KLIMATU NA WARUNKI BIOKLIMATYCZNE W MIASTACH EUROPY ŚRODKOWEJ

Anita Bokwa<sup>1</sup>, Petr Dobrovolny<sup>2</sup>, Tamas Gal<sup>3</sup>, Jan Geletic<sup>2</sup>, Agnes Gulyas<sup>3</sup>,  
Monika J. Hajto<sup>4</sup>, Brigitta Hollosi<sup>5</sup>, Rafał Kielar<sup>4</sup>, Michal Lehnert<sup>6</sup>, Nora Skarbit<sup>3</sup>,  
Pavel Stastny<sup>7</sup>, Marek Svec<sup>7</sup>, Janos Unger<sup>3</sup>, Miroslav Vysoudil<sup>6</sup>,  
Jakub P. Walawender<sup>4,1</sup>, Maja Zuvela-Aloise<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Klimatologii  
, anita.bokwa@uj.edu.pl, jakub.walawender@uj.edu.pl

<sup>2</sup> Global Change Research Centre AS CR, Brno, Republika Czeska  
dobro@sci.muni.cz, geletic.jan@gmail.com

<sup>3</sup> University of Szeged, Węgry

tgal@geo.u-szeged.hu, agulyas@geo.u-szeged.hu, skarbitnora@gmail.com, unger@geo.u-szeged.hu

<sup>4</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Krakowie  
Monika.Hajto@imgw.pl, Rafal.Kielar@imgw.pl, Jakub.Walawender@imgw.pl

<sup>5</sup> Central Institute for Meteorology and Geodynamics, Vienna, Austria  
brigitta.hollosi@zamg.ac.at, maja.zuvela-aloise@zamg.ac.at

<sup>6</sup> Palacky University Olomouc, Olomouc, Republika Czeska  
michal.lehnert@gmail.com, vysoudil@prfnw.upol.cz

<sup>7</sup> Slovak Hydrometeorological Institute, Bratislava, Słowacja  
pavel.stastny@shmu.sk, marek.svec@shmu.sk

Jednym ze skutków prognozowanych zmian klimatycznych przejawiających się głównie wzrostem temperatury w skali globalnej i regionalnej, będzie wzrost obciążenia cieplnego w miastach (IPCC 2013). Aby opracować strategie adaptacyjne oraz strategie łagodzenia skutków tych zmian, konieczna jest ich ocena ilościowa w ujęciu przestrzennym. Niniejsze wystąpienie prezentuje wstępne wyniki badań realizowanych w ramach międzynarodowego projektu "Urban climate in Central European cities and global climate change" (<http://www.klimat.geo.uj.edu.pl/urbanclimate/>) w latach 2014–2015. Projekt ma na celu symulację wzrostu obciążenia cieplnego do końca XXI w. w czterech miastach Europy Środkowej: Kraków (Polska), Bratysława (Słowacja), Brno (Republika Czeska) i Szeged (Węgry). Do symulacji wykorzystano model MUKLIMO\_3 (Sievers, Zdunkowski 1986, Sievers 1990, 2012, 2014), opracowany i nadal rozwijany przez niemiecką służbę meteorologiczną DWD (*Deutscher Wetterdienst*) na potrzeby badań mikroskalowych klimatu miasta z uwzględnieniem wpływu rzeźby terenu. Dane dotyczące użytkowania i pokrycia terenu dla poszczególnych miast, wprowadzone do modelu, opracowano wykorzystując koncepcję *Local Climate Zones* (LCZ; Stewart, Oke 2012) oraz dane satelitarne z systemu Landsat, które przetworzono metodą Bechtela i Daneke (2012). Spodziewany wzrost obciążenia cieplnego w okresach 2021–2050 i 2071–2100 oceniono na podstawie zmiany średniej rocznej liczby dni z  $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ , wykorzystując tzw. „metodę sześcianu” (*cuboid method*; Früh i in. 2011, Zuvela-Aloise i in. 2014). Na podstawie analizy ciągu danych (1971–2010) ze stacji referencyjnej (pozamiejskiej) oraz dostępnych danych ze stacji położonych w obrębie miasta wyznaczone zostały zakresy parametrów meteorologicznych (średnia dobową temperatura, wilgotność względna, kierunek i prędkość wiatru) sprzyjających wystąpieniu tego zjawiska na terenie miasta, konieczne do wykonania symulacji z wykorzystaniem modelu MUKLIMO\_3, będących podstawą dla „metody sześcianu”. Dane

o prognozowanych zmianach klimatu w Europie pochodzą z zasobów projektu EURO-CORDEX.

#### Podziękowania

Projekt "Urban climate in Central European cities and global climate change" jest finansowany przez International Visegrad Fund, Standard Grant No. 21410222, w latach 2014–2015.

#### Literatura

- Bechtel B., Daneke C., 2012, Classification of local Climate Zones based on multiple Earth Observation Data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5(4), 1191–1202.
- Früh B., Becker P., Deutschländer T., Hessel J.-D., Koßmann M., Mieskes I., Namyslo J., Roos M., Sievers U., Steigerwald T., Turau H., Wienert U., 2011, Estimation of climate change impacts on the urban heat load using an urban climate model and regional climate projections. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(1), 167–184.
- IPCC, 2013, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Sievers U., 1990, Dreidimensionale Simulationen in Stadtgebieten. Umweltmeteorologie, Schriftenreihe Band 15: Sitzung des Hauptausschusses II am 7. und 8. Juni in Lahnstein. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN, Düsseldorf, 92–105.
- Sievers U., 2012, Das kleinskalige Strömungsmodell MUKLIMO\_3 Teil 1: Theoretische Grundlagen, PC-Basisversion und Validierung. Berichte des Deutschen Wetterdienstes, 240, Offenbach am Main, Germany.
- Sievers U., 2014, Das kleinskalige Strömungsmodell MUKLIMO\_3 Teil 2: Thermodynamische Erweiterungen. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Entwurf, Offenbach am Main, Germany.
- Sievers U., Zdunkowski W., 1986, A microscale urban climate model. *Beiträge zur Physik der Atmosphäre*, 59, 13–40.
- Stewart I.D., Oke T.R., 2012, Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93, 1879–1900.
- Zuvela-Aloise M., Koch R., Neureiter A., Böhm R., Buchholz S., 2014, Reconstructing urban climate of Vienna based on historical maps dating to the early instrumental period. *Urban Climate*, 10, 490–508.

## Sesja IV

### WARUNKI KLIMATYCZNE I BIOKLIMATYCZNE TERENÓW REKREACYJNYCH KIELC NA TLE KLIMATU MIASTA I JEGO OTOCZENIA

**Krzysztof Jarzyna, Grzegorz Żarnowiecki**

Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Instytut Geografii  
jarzynak@ujk.kielce.pl

Środowisko miejskie charakteryzuje się w porównaniu z terenami niezurbanizowanymi częstszym występowaniem warunków uciążliwych dla człowieka. Stąd kluczowa rola terenów rekreacyjnych, pozwalających na odpoczynek. W Kielcach do obiektów mogących spełniać takie funkcje należą: parki miejskie, zbiorniki wodne, nieczynne kamieniołomy oraz otaczające miasto wzniesienia. Miejsca te odznaczają się warunkami klimatycznymi odmiennymi niż w centrum miasta, chociaż charakter i stopień modyfikacji klimatu jest zróżnicowany.

W pracy zbadano zróżnicowanie klimatyczne i bioklimatyczne w granicach Kielc, ze szczególnym uwzględnieniem terenów rekreacyjnych. Wykorzystano wyniki kilku serii pomiarów topoklimatycznych prowadzonych w Kielcach od końca lat 90. XX wieku. W analizach uwzględniono temperaturę powietrza, aktualne ciśnienie pary wodnej, wilgotność względną powietrza oraz wybrane wskaźniki bioklimatyczne. Część materiałów pomiarowych była już wykorzystywana w badaniach klimatu Kielc (Żarnowiecki 2002).

W badanym dniu miesiący letnich temperatura powietrza w centrum miasta (m.in. okolice dworca PKP i Plac Katedralny) charakteryzowały się wyższą temperaturą powietrza (były cieplejsze do ok. 2°C), niższą wilgotnością powietrza niż tereny podmiejskie oraz niższym ochładzaniem bioklimatycznym suchym. Najkorzystniejsze warunki bioklimatyczne w miesiącach letnich posiada Park Miejski im. S. Staszica. Temperatura powietrza była tam podobna jak poza miastem. Nad Zalewem Kieleckim, w związku z większą prędkością wiatru niż w parku, ochładzanie bioklimatyczne suche było najwyższe wśród stacji miejskich. Często występował tam jednak stan parności. Mało korzystne warunki bioklimatyczne panowały w dniu kamieniołomu Wietrznia. W związku z mniejszym przesłonięciem horyzontu rejestrowano tam często wyższą temperaturę powietrza niż w centrum miasta. Rzadko występował tam stan parności. Na szczycie Telegraf, położonym ponad 100 m wyżej niż centrum Kielc temperatura powietrza była 0,5–2,0°C niższa niż na pozostałych stanowiskach.

#### Bibliografia

Żarnowiecki G., 2002, Zróżnicowanie bioklimatu Kielc w sezonie letnim. *Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, Nr 3, 109–116.



## DOBOWE STĘŻENIE ALERGENNEGO PYŁKU TRAW W KRAKOWIE W ZALEŻNOŚCI OD WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH

Katarzyna Piotrowicz<sup>1</sup>, Dorota Myszkowska<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Klimatologii  
k.piotrowicz@uj.edu.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Zakład Alergologii Klinicznej i Środowiskowej, Collegium Medicum

W Polsce od kilkadziesiąt lat notuje się wzrost zachorowalności na alergię pyłkową, której główną przyczyną jest występowanie w powietrzu alergenów pyłku traw (*Poaceae*), na które jest uczulonych prawie 90% pacjentów z alergią. Z uwagi na to, że różne gatunki traw kwitną w nieco innym czasie, ziarna pyłku obecne są w powietrzu przez znaczną część okresu wegetacyjnego, najczęściej od maja do października. Na podstawie wielu badań stwierdzono, że zanieczyszczenia powietrza występujące na obszarach zurbanizowanych dodatkowo przyczyniają się do zwiększenia zachorowalności na alergię wziewną, działając jako adiuwanty dla naturalnych składników powietrza. Dlatego też badania stężenia ziarn pyłku traw w miastach mają duże znaczenie aplikacyjne.

Pomimo dość znacznej liczby prac dotyczących stężenia pyłku traw w powietrzu, bardzo niewiele opracowań dotyczyło dobowej dynamiki jego występowania (godzinnych wartości stężenia). Dlatego też celem niniejszego opracowania jest określenie prawidłowości w dobowym stężeniu ziarn pyłku traw w Krakowie w zależności od warunków meteorologicznych. Do analizy wykorzystano godzinne wartości stężenia pyłku traw oraz wybranych elementów meteorologicznych (m.in. temperaturę i wilgotność powietrza, opady atmosferyczne, usłonecznienie, wiatr) pochodzące ze Stacji Klimatologicznej UJ z lat 2003–2014.

W ciągu słonecznego dnia otwierają się pylniki traw, z których wydostają się ziarna pyłku. Poszczególne gatunki traw w różnych porach dnia otwierają swoje kwiaty, z których uwalnia się pyłek. Maksymalne wartości stężeń występowały najczęściej w godzinach 9–15. W ciągu doby obserwuje się też zwykle dwukrotny wzrost stężenia, w godzinach 5–8 oraz 17–19. W dużym ośrodku miejskim ziarna pyłku są nawiewane nawet z dość znacznych odległości, dlatego też ich dobowe stężenie może znacznie odbiegać od tego przy kwitnących łąkach, jako źródłach pyłku.

Osoby uczulone na alergeny traw, mogą w sezonie pyłkowym liczyć tylko na bardzo krótkotrwałe złagodzenie objawów. Intensywny deszcz oczyszcza powietrze z ziarn pyłku. Ulga jednak nie trwa zbyt długo. Po około 30–60 minutach od zakończenia opadów pylniki traw wysychają i ponownie uwalniają się ziarna. Niestety ziarna pyłku są tylko „nośnikami” alergenu. W czasie krótkotrwałych opadów oraz przy intensywnych mgłach ziarna pyłku pęcznieją wchłaniając wilgoć, po czym pękają i uwalniają alergeny. W obszarach zurbanizowanych alergeny mogą się osadzać na cząstkach sadzy czy spalin silników Diesla. Mogą być wówczas przyczyną napadów astmy i atopowych zmian skórnych.

## Sesja IV

### ALERGENNOŚĆ SZATY ROŚLINNEJ NA OSIEDLACH MIESZKANIOWYCH W WARSZAWIE

**Magdalena Kuchcik<sup>1</sup>, Wojciech Dudek<sup>2</sup>, Krzysztof Błażejczyk<sup>1</sup>, Anna Błażejczyk<sup>3</sup>,  
Paweł Milewski<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Zakład Geoekologii i Klimatologii, Warszawa  
mkuchcik@twarda.pan.pl

<sup>2</sup> Instytut Medycyny Pracy im. prof. Nofera, Łódź

<sup>3</sup> Bioklimatologia. Pracownia Bioklimatologii i Ergonomii Środowiskowej, Warszawa

Zieleń miejska, zwłaszcza wysoka, silnie oddziałuje na warunki odczuwalne: łagodni warunki termiczne, podwyższa wilgotność, generuje lokalną cyrkulację powietrza, ułatwia oczyszczanie powietrza z zanieczyszczeń, poprawia warunki klimatu akustycznego. Strategie mające na celu poprawę warunków odczuwalnych w mieście poprzez konsekwentne zachowywanie rosnących już drzew lub nowe nasadzenia roślin, ale także zielonych dachów, zielonych fasad, czy ogólne zwiększenie udziału terenów zielonych. Strategie tego typu potrafią bardzo efektywnie łagodzić zjawisko miejskiej wyspy ciepła, lecz nieodpowiedni dobór szaty roślinnej do tego typu interwencji może spowodować drastyczny spadek jakości życia okolicznych mieszkańców cierpiących na choroby alergiczne spowodowane uczuleniem na pyłki roślin (alergiczny nieżyt nosa, alergiczny nieżyt spojówek, astma, pokrzywka).

Warunki klimatyczne charakterystyczne dla miejskiej wyspy ciepła sprzyjają wzrostowi potencjału alergizującego szaty roślinnej, a zanieczyszczenia atmosferyczne dodatkowo zwiększają potencjał alergizujący roślin, ułatwiają penetrację alergenów do dróg oddechowych i nasilają przebieg reakcji alergicznej.

W celu analizy alergenności szaty roślinnej na osiedlach mieszkaniowych wybrano 2 osiedla w Warszawie o różnym wieku, udziale i etapie rozwoju roślinności. 15-letnie osiedle Włodarzewska z udziałem terenów biologicznie czynnych równym 40,7% oraz ponad 50-letnie osiedle Koło z 54,3% terenów biologicznie czynnych. Inwentaryzacja zieleni obejmowała określenie rodzaju i gatunku drzew oraz krzewów, pomiar ich cech morfologicznych, a następnie zakwalifikowanie ich jednej z 4 klas alergenowości. Na osiedlu Włodarzewska stwierdzono 4,2% roślin o najwyższej, 3 klasie alergenowości, zaś łącznie w klasie 2 i 3, czyli gatunków roślin rzadziej i często uczulających było 5,6%. Na osiedlu Koło te wartości odpowiednio wyniosły 1,7% w najwyższej klasie i aż 13,2% łącznie w klasach 2 i 3.

Najczęściej pojawiającym się na osiedlach gatunkiem o największym stopniu alergenowości jest brzoza brodawkowata, ale też olcha czarna i leszczyna. Dodatkowym negatywnym zjawiskiem jest obsadzanie tymi drzewami placów zabaw i terenów wokół przedszkoli.

Drzewa te powinny zostać wycięte i zastąpione innymi gatunkami. Wyniki badań wskazują jednoznacznie na konieczność odpowiedniego doboru szaty roślinnej w strategiach łagodzenia zjawiska miejskiej wyspy ciepła. Rozważne nasadzenia roślin nie powodujących nasilenia alergii powietrzno pochodnych ma szczególne znaczenie, zwłaszcza w świetle rosnącej liczby alergii i zaostrzania jej przebiegu.



## ŹRÓDŁA GAZÓW CIEPLARNIANYCH NA TERENIE MIEJSKIM. BADANIA CO<sub>2</sub> I CH<sub>4</sub> W KRAKOWIE

**Alina Jasek<sup>1</sup>, Mirosław Zimnoch<sup>1</sup>, Zbigniew Gorczyca<sup>1</sup>, Jarosław Nęcki<sup>1</sup>,  
Łukasz Chmura<sup>1,2</sup>, Kazimierz Róžański<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej  
Katedra Zastosowań Fizyki Jądrowej  
alina.jasek@fis.agh.edu.pl

<sup>2</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Krakowie

Kraków jest specyficznym środowiskiem miejskim. Lokalizacja miasta w dolinie rzeki, z otaczającymi na północy, południu i zachodzie wzgórzami ogranicza możliwości przewietrzania miasta. Topologia terenu sprzyja jednocześnie powstaniu inwersji temperaturowych, co w szczególności w okresie zimowym jest przyczyną wzmożonego zanieczyszczenia powietrza i kumulacji gazów cieplarnianych w lokalnej atmosferze.

Zespół Fizyki Środowiska AGH od 30 lat prowadzi badania atmosfery Krakowa [1, 2, 3]. Prezentowany materiał stanowi przegląd wybranych zagadnień dotyczących badań prowadzonych w ostatniej dekadzie, w szczególności skupiając się na dwóch gazach czynnych w efekcie cieplarnianym: dwutlenku węgla i metanie.

Dobowa amplituda zmian stężenia dwutlenku węgla w Krakowie jest o rząd wielkości większa od zmienności dobowej regionalnego tła [4]. Powodem tego są wspomniane wyżej ograniczone możliwości przewietrzania miasta a przede wszystkim wzmożona emisja antropogeniczna CO<sub>2</sub> z lokalnych źródeł, wśród których można wyróżnić ruch kołowy, tzw. niską emisję – ogrzewanie domowymi piecami na metan, węgiel i drewno oraz tzw. wysoką emisję – dwie miejskie elektrociepłownie i przemysł. Należy również pamiętać o biogenicznych emisjach CO<sub>2</sub> – tereny zielone zajmują ponad 70% obszaru administracyjnego miasta. Dwutlenek węgla emitowany z różnych źródeł charakteryzuje się odmiennym składem izotopowym węgla i tlenu. Z wykorzystaniem technologii spektrometrycznych (spektrometrii masowej bądź spektrometrii laserowej) można ilościowo określić stosunki izotopowe dwutlenku węgla zawartego w badanym powietrzu atmosferycznym, a znając wartości stosunków izotopowych charakterystyczne dla poszczególnych źródeł, można określić źródło CO<sub>2</sub> wyemitowanego do atmosfery [1, 5, 6].

Podejściem komplementarnym do pomiarów atmosferycznych stężeń CO<sub>2</sub> są pomiary strumieni powierzchniowych tego gazu. Istnieje szereg technik pomiarowych służących temu celowi. W pracach badawczych prowadzonych w Krakowie wykorzystywane dwie z nich, mające odmienną rozdzielczość czasową i przestrzenną: metoda komorowa oraz metoda mikrometeorologiczna. Metoda komorowa, wykorzystywana do pomiarów strumienia i składu izotopowego glebowych emisji CO<sub>2</sub> pozwala na wyznaczenie strumienia bezpośrednio ze źródła. Po przykryciu komorą wybranej powierzchni gleby monitoruje się zmianę stężenia w komorze. Mierząc szybkość narostu stężenia CO<sub>2</sub> pod komorą można określić gęstość strumienia tego gazu do atmosfery. Metoda akumulacji wirów z dynamicznym zakresem martwym (ang. *relaxed eddy accumulation*, REA) jest zmodyfikowaną wersją powszechnie stosowanej metody kowariancji wirów. Metody mikrometeorologiczne wykorzystują fakt turbulencyjnego transportu CO<sub>2</sub> w atmosferze. W szczególności, w ramach metody REA mierzone są uśrednione w czasie wartości stężenia CO<sub>2</sub> w paczkach powietrza transportowanych w górę i w dół. Gęstość strumienia CO<sub>2</sub> jest proporcjonalna do mierzonej

## Sesja IV

różnicy stężeń tego gazu i fluktuacji prędkości wiatru w okresie pobierania prób. Badany tą metodą obszar jest zdecydowanie większy niż przy wykorzystaniu komór; system REA uruchomiony w Krakowie analizuje strumień netto CO<sub>2</sub> z obszaru o promieniu w przybliżeniu 500 metrów, a jego rozdzielczość czasowa wynosi pół godziny.

Drugi z badanych gazów cieplarnianych – metan – posiada silne źródła antropogeniczne na terenie południowej Polski [7]. Związane są one z przemysłem wydobywczym węgla kamiennego na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – zlokalizowane na tym terenie szyby kopalni stanowią jedno z najsilniejszych źródeł CH<sub>4</sub> w Europie. Dodatkowo, duża gęstość zaludnienia powoduje zwiększenie biogenicznej emisji metanu z tego rejonu. Zespół Fizyki Środowiska prowadzi mobilne pomiary zmienności przestrzennej stężenia i składu izotopowego CH<sub>4</sub> w regionie małopolski i Górnego Śląska, lokalizując i identyfikując źródła tego gazu.

### Podziękowania

Prezentowane badania były finansowane z funduszy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego (projekt 817.N-COST/2010/1, badania statutowe), stypendium Krakowskiego Konsorcjum Naukowego im. Mariana Smoluchowskiego "Materia-Energia-Przyszłość" oraz projektów badawczych w ramach programów ramowych UE (Methmoniteur, Carboeurope-IP, IMECC, T Torch, InGOS).

### Literatura

- [1] Zimnoch M., Jelen D., Galkowski M., Kuc T., Necki J., Chmura L., Gorczyca Z., A. Jasek A., Rozanski K., 2012, Partitioning of atmospheric carbon dioxide over central Europe: insights from combined measurements of CO<sub>2</sub> mixing ratios and their carbon isotope composition. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 48(3), 421–433.
- [2] Kuc T., Rozanski K., Zimnoch M., Necki J.M., Korus A., 2003, Anthropogenic emissions of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> in an urban environment. *Applied Energy*, 75 (3-4), 193–203.
- [3] Kuc T., Rozanski K., Zimnoch M., Necki J., Chmura L., Jelen D., 2007, Two decades of regular observations of <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> and <sup>13</sup>CO<sub>2</sub> content in atmospheric carbon dioxide in central Europe: long-term changes of regional anthropogenic fossil CO<sub>2</sub> emissions. *Radiocarbon*, 49(2), 807–816.
- [4] Rożański K., Nęcki J., Chmura L., Śliwka I., Zimnoch M., Bielewski J., Gałkowski M., Bartyzel J., Rosiek J., 2014, Anthropogenic changes of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFCl<sub>3</sub>, CF<sub>2</sub>Cl<sub>3</sub>, CCl<sub>2</sub>FCClF<sub>2</sub>, CHCl<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>CCl<sub>3</sub>, CCl<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub> and SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub> mixing ratios in the atmosphere over southern Poland. *Geological Quarterly*, 58(4), 673–684.
- [5] Zimnoch M., Florkowski T., Nęcki J.M., Neubert R.E.M., 2004, Diurnal variability of δ<sup>13</sup>C and δ<sup>18</sup>O of atmospheric CO<sub>2</sub> in the urban atmosphere of Kraków, Poland. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 40(2), 129–143.
- [6] Jasek A., Zimnoch M., Gorczyca Z., Smula E., Rozanski K., Seasonal variability of soil CO<sub>2</sub> flux and its carbon isotope composition in Krakow urban area, Southern Poland. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 50(2), 143–155.
- [7] Baza danych emisji gazów cieplarnianych: European Commission, Joint Research Centre (JRC)/Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL). Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR), release version 4.2. <http://edgar.jrc.ec.europa.eu>, 2011.

**CZYNNIKI ATMOSFERYCZNE  
WPLYWAJĄCE NA KONCENTRACJĘ  
PYŁOWYCH ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA W KRAKOWIE**

**Piotr Piotrowski<sup>1</sup>, Joanna Jędruszkiewicz<sup>2</sup>, Bartłomiej Pietras<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
janos33@wp.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Wydział Geograficzno-Biologiczny, Instytut Geografii  
joajed@up.krakow.pl, bpietras86@gmail.com

Zasadniczym celem opracowania jest sprawdzenie wpływu warunków cyrkulacyjnych oraz lokalnych, takich jak: prędkość wiatru i opad atmosferyczny na stężenia zanieczyszczeń pyłowych na terenie Krakowa. Do analizy zanieczyszczeń pyłowych wykorzystano stężenia pyłów PM 2,5 i PM 10, które pochodzą z trzech stacji pomiarowych WIOŚ: Nowa Huta, Kurdwanów i Krasieńskiego. Dane te obejmują lata 2010–2014. W opracowaniu zanalizowano zmienność dobową, sezonową i roczną stężeń zanieczyszczeń pyłowych. Ponadto określono warunki cyrkulacyjne sprzyjające wysokim stężeniom zanieczyszczeń. Bardziej szczegółowej analizie poddano maksymalne stężenia pyłów z uwzględnieniem ich sezonowej zmienności oraz zależności od prędkości wiatru i opadu atmosferycznego.

## Sesja V

### **TENDENCJE ZMIAN WARUNKÓW TERMICZNYCH W AGLOMERACJI WARSZAWSKIEJ W LATACH 1960–2010**

**Małgorzata Kleniewska<sup>1</sup>, Dariusz Gołaszewski<sup>1</sup>, Grzegorz Majewski<sup>1</sup>,  
Katarzyna Rozbicka<sup>2</sup>, Tomasz Rozbicki<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Budownictwa i Ochrony Środowiska  
Katedra Inżynierii Wodnej, Zakład Meteorologii i Klimatologii

malgorzata\_kleniewska@sggw.pl

<sup>2</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Budownictwa i Ochrony Środowiska,  
Laboratorium – Centrum Wodne

Celem pracy jest pokazanie zróżnicowania wieloletnich zmian temperatury powietrza na trzech stacjach meteorologicznych położonych na terenie Warszawy: Ursynów, Okęcie oraz Podleśna. W odróżnieniu od stacji Ursynów, której otoczenie zmieniało się w ostatnich 50 latach w sposób znaczący, wokół stacji na Okęciu i na ul. Podleśnej takich zmian nie odnotowano.

Dane źródłowe wykorzystane w pracy obejmują średnie dobowe wartości temperatury powietrza, wartości temperatury minimalnej i maksymalnej. Analizowano zmienność wartości różnicy temperatur średnich miesięcznych, średnich sezonowych i średnich rocznych w całym wieloleciu 1960–2010, w poszczególnych dekadach, a także w charakterystycznych okresach rozbudowy dzielnicy Ursynów. Stwierdzono istotny trend warunków termicznych dla stacji Ursynów dla temperatury średniej i minimalnej miesięcznej.

## WPLYW MIAST I TERENÓW ZURBANIZOWANYCH NA JAKOŚĆ POMIARÓW NATURALNYCH PÓL MAGNETYCZNYCH

**Zenon Nieckarz**

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej  
Instytut Fizyki, Zakład Doświadczalnej Fizyki Komputerowej  
zenon.nieckarz@uj.edu.pl

Wyniki pomiarów wolno zmiennych pól magnetycznych ELF (ang. Extremely Low Frequency, pasmo cz. od 3 do 3000 Hz) wykorzystywane są w badaniach klimatologicznych, geofizycznych oraz tzw. bliskiej przestrzeni kosmicznej. Pomiarów pól ELF wykonywane są m. in. w Bieszczadach przez Krakowską Grupę ELF (KG-ELF, <http://www.oa.uj.edu.pl/elf/index/about1.htm>) pracującą pod kierunkiem dr hab. A. Kułaka, którą tworzą pracownicy Uniwersytetu Jagiellońskiego, Akademii Górniczo-Hutniczej oraz Instytutu Fizyki Jądrowej PAN. Pierwsze pomiary tego typu w Bieszczadach wykonano w roku 1992, a od ponad 10 lat prowadzone są one w sposób ciągły przy wykorzystaniu automatycznej stacji pomiarowej ELF Hylaty będącej własnością Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Głównym celem referatu będzie przedstawienie wyników analizy warunków pracy stacji ELF Hylaty w ostatnich 10 latach oraz „prognoza” na najbliższe lata. Powszechne korzystanie z energii elektrycznej przez człowieka (niemal we wszystkich aspektach życia) wprowadziło, w szczególności do przestrzeni miast, duże natężenia promieniowania elektromagnetycznego (EM) m.in. o częstotliwości 50 Hz (tzw. smog elektromagnetyczny). Wartość ta jest od 4 do 6 rzędów wielkości większa niż poziom obserwowanego naturalnego promieniowania EM (kilka piko Tesli) w zakresie pasma ELF. Tak duże amplitudy sztucznie generowanych pól EM uniemożliwiają całkowicie wykonywanie wartościowych pomiarów, z punktu widzenia badań przyrodniczych.

W referacie szczególna uwaga poświęcona będzie miastom i terenom zurbanizowanym jako rozległym przestrzennie źródłom silnych zakłóceń elektromagnetycznych wpływających znacząco na jakość wyników pomiarów ELF oraz rysujące się w przyszłości ograniczenia w przestrzennej lokalizacji nowych stacji pomiarowych na obszarze Polski.

Materiały zaprezentowane w referacie zostały zgromadzone przez Obserwatorium Astronomiczne UJ w Krakowie i opracowane z wykorzystaniem Infrastruktury PL-Grid.

## Sesja V

# PORÓWNANIE WYBRANYCH PRZYPADKÓW ROZKŁADU PRZESTRZENNEGO TEMPERATURY POWIETRZA I POWIERZCHNI ZIEMI NA PRZYKŁADZIE AGLOMERACJI ŁÓDZKIEJ

**Lech Gawuc<sup>1</sup>, Szymon Wilk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska  
lech.gawuc@is.pw.edu.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
szymon.wilk@uni.lodz.pl

Zagadnienia klimatu terenów zurbanizowanych zyskują na znaczeniu wobec stale powiększającej się liczby mieszkańców miast. Istotnym zjawiskiem występującym na obszarach o gęstej zabudowie jest tzw. miejska wyspa ciepła (MWC). Zjawisko to może być analizowane za pomocą wyników pomiarów temperatury powietrza (in-situ) (Kłysik, Fortuniak 1998, Fortuniak i in. 2001, Fortuniak 2003) albo temperatury powierzchni uzyskanej technikami teledetekcji satelitarnej (Powierzchniowa Miejska Wyspa Ciepła - PMWC, Voogt i Oke, 2003). Temperatura powietrza jest parametrem najsilniej odczuwalnym przez ludzi zamieszkujących tereny zurbanizowane. Uzyskanie jej rozkładu przestrzennego jest trudne, ze względu na konieczność posiadania gęstej sieci pomiarowej. Natomiast temperatura powierzchni nie jest bezpośrednio odczuwalna przez mieszkańców miast, jednak ma istotny wpływ na modyfikację klimatu miejskiego. Dzieje się tak ze względu na wymianę ciepła między powierzchnią a atmosferą. Zaletą satelitarnych pomiarów teledetekcyjnych jest możliwość uzyskania rozkładu przestrzennego temperatury powierzchni na dużym obszarze za pomocą pojedynczego pomiaru. Jednoczesne wykorzystanie obu technik pomiarowych do badania temperatury miejskiej jest stosunkowo rzadkie (Schwarz i in. 2012).

W celu określenia intensywności PMWC oraz MWC w tym samym momencie (Schwarz i in. 2011, 2012) wykonano analizy wyników pomiarów in-situ temperatury powietrza oraz pomiarów teledetekcyjnych temperatury powierzchni Ziemi. Obszar badawczy stanowi Łódź oraz jej okolice. Zsynchronizowane czasowo dane pochodzą z sieci pomiarowej Katedry Meteorologii i Klimatologii Uniwersytetu Łódzkiego (grant NCN nr 2012/05/B/ST10/00945) oraz zebrane za pomocą instrumentu MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Zobrazowania satelitarne pochodzą z okresu bezchmurnej pogody na przełomie wiosny i lata 2014 roku. Zaprezentowano mapy przestrzennego rozkładu temperatury powietrza oraz temperatury powierzchni.

## **UWARUNKOWANIA CYRKULACYJNE I WILGOTNOŚCIOWE EKSTREMALNYCH OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W ŁODZI**

**Piotr Piotrowski**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
janos33@wp.pl

Dane do analizy warunków opadowych na obszarze aglomeracji łódzkiej z lat 2011–2013 pochodzą z 17 punktów pomiarowych. Z podanego okresu wydzielono sześć przypadków z najwyższymi opadami z sześciu godzin. Każdy przypadek był analizowany w odniesieniu do sytuacji synoptycznej ze szczególnym uwzględnieniem warunków wilgotnościowych. Podczas wysokich opadów atmosferycznych w pobliżu lub na obszarze Polski odnotowano dużą zawartość precipitable water. Najwyższe opady atmosferyczne odnotowano w miesiącach maj – sierpień. Ekstremalnym opadom sprzyjała zbieżność mas powietrza o kontrastowych właściwościach termicznych oraz dużych zasobach wodnych. Tego typu sytuacje najczęściej występowały podczas adwekcji mas powietrza z niższych szerokości geograficznych. Podczas tego typu adwekcji, znaczna ilość pary wodnej w powietrzu pochodziła nie tylko z ciepłych basenów morskich, ale także była pozyskiwana podczas przemieszczania się ich nad nagrzanymi silnie obszarami lądowymi.

## Sesja VI

### WPLYW WIELKOŚCI OPADÓW NA POŁOŻENIE ZWIERCIADŁA WÓD GRUNTOWYCH NA PRZYKŁADZIE ŁODZI

**Joanna Jędruszkiewicz<sup>1</sup>, Mariusz Zieliński<sup>2</sup>, Piotr Moniewski<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Wydział Geograficzno-Biologiczny, Instytut Geografii  
joajed@up.krakow.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
mrzielinski@uni.lodz.pl

<sup>3</sup> Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Hydrologii i Gospodarki Wodnej  
piotr.moniewski@geo.uni.lodz.pl

Położenie zwierciadła wód podziemnych uzależnione jest nie tylko od czynników hydrogeologicznych, ale przede wszystkim od rodzaju opadu, jego wielkości i natężenia. Strefa aeracji jest przy tym regulatorem infiltracji, której tempo jest wypadkową przepuszczalności i atmosferycznych uwarunkowań tego procesu. W opracowaniu dokonano analizy relacji między zasilaniem atmosferycznym a reakcją zwierciadła wody gruntowej. W tym celu zbadano serie tygodniowych pomiarów głębokości swobodnego zwierciadła wody gruntowej w dwóch studniach położonych w strefie miejskiej (Łódź) i zamiejskiej (Ciosny) oraz serie dobowych sum opadów atmosferycznych (Łódź-Lublinek, Ciosny) dla lat 1998–2013. Do charakterystyki opadów atmosferycznych wykorzystano indeksy opadowe: najdłuższy okres opadowy i bezopadowy w roku, wartości progowe tygodniowej sumy opadów. Ponadto oszacowano klimatyczny bilans wodny warstwy wodonośnej, którego wartości wskazują na półrocze chłodne jako okres alimentacji wód podziemnych.



**ANALIZA ROZKŁADU PRZESTRZENNEGO  
WYSOKICH SUM OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH  
W ŁODZI W LATACH 2011-2013  
W ODNIESIENIU DO SYTUACJI SYNOPTYCZNYCH**

**Wojciech Radziun**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
wojtekradziun@tlen.pl

Celem opracowania jest analiza rozkładu przestrzennego wysokich sum opadów atmosferycznych w Łodzi w latach 2011–2013 w odniesieniu do sytuacji synoptycznych. W opracowaniu wykorzystano dane pozyskane z czternastu deszczomierzy należących do Łódzkiej Spółki Infrastrukturalnej, rozmieszczonych na obszarze Łodzi. Sytuacje synoptyczne zostały ocenione na podstawie map synoptycznych. Z badanego okresu przeanalizowano pięć przypadków, w trakcie których zarejestrowano sumy dobowe opadu przekraczające 20 mm. Najwyższe wartości występowały w czasie dni z przechodzeniem frontów atmosferycznych, głównie chłodnych i zarejestrowane zostały w południowej, bądź południowo-zachodniej części miasta. W czterech przypadkach wystąpiła adwekcja mas powietrza z południowego zachodu podczas występowania nad Polską cyrkulacji cyklonalnej.

Słowa kluczowe: opad atmosferyczny, sytuacja synoptyczna

## *Sesja VI*

### **OPADY ATMOSFERYCZNE W POLSCE ŚRODKOWEJ NA TLE TRANSPORTU PARY WODNEJ**

**Piotr Piotrowski**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
janos33@wp.pl

Głównym celem opracowania jest sprawdzenie powiązania pomiędzy sumami opadów atmosferycznych nad obszarem środkowej części Polski a ilością transportowanej pary wodnej. W tym celu przeanalizowano dane opadowe z 14 punktów pomiarowych rozmieszczonych w centrum Polski. Do analizy warunków wilgotnościowych wykorzystano dane pochodzące z bazy danych NCEP/NCAR Reanalysis 1. W celu charakterystyki warunków cyrkulacyjnych dla centrum Polski wykorzystano automatyczną metodę klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej. Umożliwiła ona określenie kierunku napływu mas powietrza oraz charakteru cyrkulacji atmosferycznej. W oparciu o dane z lat 1957–2013 przeanalizowano zmienność wieloletnią opadów atmosferycznych oraz strumienia pary wodnej w poszczególnych porach roku.

**ZASTOSOWANIE SCYNTYLOMETRII  
W OBSZARACH ZURBANIZOWANYCH  
NA PRZYKŁADZIE ŁODZI**

**Mariusz Zieliński**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
mrzielinski@uni.lodz.pl

Współczesna meteorologia synoptyczna w dużej mierze wykorzystuje numeryczne modele prognoz pogody (NMPP). Do weryfikacji wyników NMPP niezbędne są dane cechujące się dużą rozdzielczością przestrzenną. Jedną z metod pozwalającą na uzyskanie takich danych jest metoda scyntylicyjna, która umożliwia uzyskanie szacunkowych wartości turbulencyjnych oraz intensywności turbulencji, zmierzonych wzdłuż kilkukilometrowej ścieżki pomiarowej. W pracy omówiono wyniki pomiarów scyntylicyjnych prowadzonych w Łodzi w okresie od sierpnia 2009 do listopada 2012. Duży nacisk położony został na omówienie trudności metodycznych, jakie pojawiają się w obszarach zurbanizowanych w trakcie prowadzenia pomiarów przy pomocy scyntylicymetru w związku z dużym urozmaiceniem powierzchni. W pracy dokonano analizy dobowej zmienności parametru struktury współczynnika refrakcji, będącego miarą intensywności turbulencji, jak również pośrednio powiązanego z nim turbulencyjnego strumienia ciepła jawnego.

## Sesja VI

### WYBRANE CHARAKTERYSTYKI RUCHU TURBULENCYJNEGO POWIETRZA NAD OBSZAREM ZURBANIZOWANYM NA PRZYKŁADZIE ŁODZI

**Krzysztof Fortuniak, Włodzimierz Pawlak, Mariusz Siedlecki, Mariusz Zieliński**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
kfortun@uni.lodz.pl

Przepływ powietrza nad terenem zurbanizowanym cechują intensywne ruchy turbulencyjne, będące wynikiem dużej szorstkości podłoża i złożonej geometrii. Stosunkowo niewielka liczba pomiarów na terenach miejskich powoduje, że pytanie czy uniwersalne funkcje opisujące charakterystykę ruchu turbulencyjnego w warstwie inercyjnej wypracowane dla jednorodnych powierzchni na terenach naturalnych znajdują zastosowanie w opisie turbulencji nad miastem. Weryfikacja tej hipotezy ma znaczenie nie tylko poznawcze, lecz jest istotna dla efektywnego modelowania dynamiki atmosfery nad miastem, w tym dyspersji zanieczyszczeń i indywidualnych cech klimatu miast. W pracy przedstawione zostaną wyniki pięcioletnich badań (2005–2010) prowadzonych w Łodzi na dwóch punktach pomiarowych. Wyniki porównano z pomiarami prowadzonymi na terenach naturalnych Biebrzańskiego Parku Narodowego. Podstawę analiz stanowiły pomiary wykonywane z częstotliwością 10 Hz za pomocą anemometrów akustycznych umieszczonych na wysokościach 37 i 42 m (ponad dwukrotna wysokość poziomu dachów). Przeanalizowano zmienność dobową parametru stabilności ( $\zeta$ ), unormowane odchylenia standardowe prędkości wiatru i wielkości skalarnych (temperatury, pary wodnej i dwutlenku węgla) oraz spektralne charakterystyki ruchu turbulencyjnego. Unormowane odchylenia standardowe wykazują typowe skalowanie  $1/3$  w granicy swobodnej konwekcji, a w przypadku równowagi obojętnej i lekko słabej ( $\zeta < 0,2$ ) pozostają na ustalonym poziomie, po czym wzrastają wraz ze wzrostem stabilności. Wartości skalarne podlegają skalowaniu  $-1/3$  dla chwiejnej równowagi osiągając stałą wartość w granicy równowagi stałej. Spektra i kospektrogramy składowych ruchów powietrza charakteryzuje typowy kształt z wyraźnie zaznaczonym obszarem inercyjnym podlegającym skalowaniu  $-2/3$  (spektrogramy) i  $-4/3$  (kospektrogramy). Zależność położenia obszaru inercyjnego (ko)spektrogram od stabilności pozwoliła wykazać, że bezwymiarowa funkcja stabilności dyssypacji turbulencyjnej energii kinetycznej może być wyznaczana na podstawie założenia lokalnej równowagi przy pomocy unormowanych funkcji turbulencyjnego strumienia pędu. Pokazano jednocześnie, że funkcje wypracowane dla jednorodnych terenów naturalnych dobrze opisują ruch turbulencyjny powietrza nad warstwą dachową w Łodzi. Zbliżone rezultaty dla obu posterunków pomiarowych sugerują, że otrzymane wyniki nie mają charakteru lokalnego, lecz mogą reprezentować typ powierzchni miejskiej charakterystyczny dla centralnych dzielnic Łodzi.

Część pracy dotycząca referencyjnych pomiarów zamiejskich w BPN była realizowana w ramach projektu NCN nr UMO-2011/01/B/ST10/07550.

# ***POSTERY***



## **Sesja Posterowa**

### **ANALIZA WIATRU W WARSZAWIE POD KĄTEM WYKORZYSTANIA ENERGII WIATRU W PRZESTRZENI MIEJSKIEJ**

**Katarzyna Starosta, Andrzej Wyszogrodzki**

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa  
Katarzyna.Starosta@imgw.pl

W ostatnich latach promowanie energii ze źródeł odnawialnych (20% do 2020 roku według dyrektywy Unii Europejskiej) spowodowało znaczny rozwój energetyki wiatrowej w Polsce. Wzrasta także liczba ludności mieszkającej w dużych aglomeracjach miejskich. Szczegółowa znajomość warunków meteorologicznych w przestrzeni miejskiej jest ważnym czynnikiem dla rozwijającej się branży energii odnawialnej. Przy obecnym postępie w produkcji mikro-instalacji, świadomość społeczeństwa do rozwoju odnawialnych źródeł energii w przestrzeni miejskiej staje się ważnym tematem i otwiera potencjalne kierunki nowych badań naukowych. W naszych pracach zajmiemy się możliwością wykorzystania energii wiatru dla Warszawy. Do analizy wykorzystamy dane ze stacji synoptycznej Warszawa-Okęcie i stacji klimatologicznej Warszawa-Bielany oraz porównamy je z wynikami z numerycznego modelu prognoz pogody COSMO. Mamy także dane z pięciu stacji automatycznych rozmieszczonych w Warszawie w ramach projektu KLIMAT (Międzylesie, Wilanów, Kawęczyn, Ursynów, ZOO). W modelu COSMO jest przewidziana w bieżącym roku implementacja efektu miasta TERRA-URB (wg H. Woutersa), która zawiera: klasy użytkowania gruntu według parametrów takich jak albedo, emisyjność, przewodność, pojemność cieplna; nowe współczynniki warstwy powierzchniowej i termicznej parametryzacji szorstkości; gromadzenie wody nieprzepuszczalnej i ciepło antropogeniczne. Do przedstawienia wyników wykorzystany będzie między innymi program WRPLOT. Wyliczymy też potencjalną energię wiatru w różnych lokalizacjach.

## **Sesja Posterowa**

# **ZMIENNOŚĆ SYTUACJI METEOROTROPOWYCH W RZESZOWIE**

**Katarzyna Kudlacz, Dorota Matuszko**

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Zakład Klimatologii  
d.matuszko@uj.edu.pl

W pracy określono zmienność występowania sytuacji meteorotropowych w Rzeszowie w latach 2001–2012 na podstawie danych pochodzących ze stacji synoptycznej Rzeszów-Jasionka pobranych ze strony internetowej OGIMET ([www.ogimet.com](http://www.ogimet.com)). Analizowano wybrane sytuacje pogodowe: cyklonalne, przechodzenie frontów atmosferycznych, chwiejny stan atmosfery oraz sytuacje fenowe. Bódźcowość klimatu Rzeszowa oceniono na podstawie interpretacji występowania dni charakterystycznych o określonych wartościach progowych, tj. dni mroźne ( $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ ) i upalne ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ), fale upałów, dni parne, noce gorące ( $t_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$ ), dni z dobową amplitudą powietrza  $> 12^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\max}-t_{\min} > 12^{\circ}\text{C}$ ) i ze zmianami temperatury powietrza z dnia na dzień  $> 6^{\circ}\text{C}$  ( $\Delta t_{\text{sr}} > 6^{\circ}\text{C}$ ), dni z niedoborem promieniowania słonecznego oraz ze znacznymi wahaniami ciśnienia atmosferycznego.

Stwierdzono, iż najbardziej meteorotropową porą roku w Rzeszowie jest lato, z uwagi na niekorzystne warunki termiczno-wilgotnościowe, kształtowane przez układy niżowe, często przemieszczające się fronty atmosferyczne oraz chwiejne stany atmosfery (burze).

Dodatkowo w pracy uwzględniono wyniki badań ankietowych dotyczących subiektywnych odczuć biometeorologicznych mieszkańców Rzeszowa, które potwierdziły, iż najbardziej meteorotropową porą roku jest półrocze ciepłe (czerwiec, lipiec, sierpień).



## **OCENA WARUNKÓW BIOKLIMATYCZNYCH NA PODSTAWIE WSKAŹNIKA UTCI W POŁUDNIOWEJ CZĘŚCI WARSZAWY**

**Katarzyna Rozbicka<sup>1</sup>, Tomasz Rozbicki<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Budownictwa i Ochrony Środowiska  
Laboratorium – Centrum Wodne  
katarzyna\_rozbicka@sggw.pl

<sup>2</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Budownictwa i Ochrony Środowiska  
Katedra Inżynierii Wodnej, Zakład Meteorologii i Klimatologii  
tomasz\_rozbicki@sggw.pl

Celem opracowania jest charakterystyka i ocena warunków bioklimatycznych w południowej części Warszawy w latach 1998–2013. W analizie wykorzystano dane z terminu południowego czasu UTC elementów meteorologicznych ze stacji Ursynów SGGW. Na podstawie danych stosując program BioKlima 2.6. obliczono uniwersalny wskaźnik obciążenia cieplnego człowieka (UTCI – Universal Thermal Climate Index). Wskaźnik ten pozwala na dokonanie zobiektywizowanej oceny warunków bioklimatycznych, a nie jedynie jak dotychczas większość wskaźników była stosowana do oceny odczuć cieplnych człowieka. Wartości wskaźnika UTCI są miarą obciążeń cieplnych organizmu w różnych warunkach klimatycznych. Zostały określone m.in. wartości średniej arytmetycznej wskaźnika w różnych okresach, częstość występowania obciążenia cieplnego oraz charakterystyka trendu na podstawie modelu regresji liniowej.

Słowa kluczowe: wskaźnik UTCI, obciążenia cieplne, obszar miejski

## *Sesja Posterowa*

### **ZRÓŻNICOWANIE POLA TEMPERATURY WE WROCŁAWIU Z ZASTOSOWANIEM INTERPOLACJI PRZESTRZENNEJ I WRF**

**Maciej Kryza<sup>1</sup>, Mariusz Szymanowski<sup>2</sup>, Hanna Ojrzyńska<sup>1</sup>,  
Małgorzata Werner<sup>1</sup>, Kinga Wałaszek<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska  
Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Zakład Klimatologii i Ochrony Atmosfery  
maciej.kryza@uwr.edu.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska  
Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Zakład Geoinformatyki i Kartografii  
mariusz.szymanowski@uni.wroc.pl

W pracy zastosowano model Weather Research and Forecasting (WRF) do określenia przestrzennego zróżnicowania pola temperatury i wiatru we Wrocławiu. Symulacje przeprowadzono dla okresu 15.05.2001–25.05.2001, podczas którego obserwowano wyraźny efekt miejskiej wyspy ciepła oraz dla okresu 05.01.2009–14.01.2009, dla którego wystąpiła fala chłodu i dla którego wyznaczono wskaźnik ochładzania wiatrem (WCT). Model WRF został uruchomiony w siatce 1 km x 1 km cztery razy: z domyślnym użytkowaniem terenu z bazy USGS (symulacja USGS), z użytkowaniem terenu wg bazy Corine (po reklasyfikacji do klas USGS, symulacja Corine) i z użytkowaniem wg bazy Corine, zmodyfikowanym o trzy dodatkowe klasy użytkowania terenu dla miasta wg bazy Urban Atlas (gęsta zabudowa, zabudowa niskiej gęstości, tereny przemysłowe i usługowe; CorineUA). Czwartą symulację wykonano z użytkowaniem Corine i Urban Atlas i zmodyfikowanymi, względem wielkości domyślnych, parametrami dla wysokości budynków, odchylenia standardowego dla wysokości budynków, emisji ciepła antropogenicznego oraz udziału zabudowy miejskiej w danej klasie użytkowania terenu. Wyniki z pierwszego okresu symulacji porównano z pomiarami temperatury powietrza i wiatru dla pięciu stacji oraz dla 22.05.2001 z wynikami interpolacji przestrzennej dla Wrocławia, wykonanej na podstawie pomiarów mobilnych.

Wyniki wskazują na poprawę zgodności wyników modelu WRF z obserwacjami po uszczegółowieniu informacji o użytkowaniu terenu (m.in. zmniejszenie przeszacowania dla temperatury o 0,3 K oraz prędkości wiatru o 0,5 m s<sup>-1</sup> dla stacji Biskupin). Ma to istotne przełożenie na określenie wielkości wskaźnika WCT.

## **UWARUNKOWANIA SYNOPTYCZNE MIEJSKIEJ WYSPY CIEPŁA W POZNANIU**

**Marek Pórolniczak, Leszek Kolendowicz, Agnieszka Majkowska, Bartosz Czernecki**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych  
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Klimatologii  
marekpol@amu.edu.pl

W pracy analizowano wpływ cyrkulacji atmosferycznej na miejską wyspę ciepła (MWC) i jezioro chłodu (JC) w Poznaniu. Badanie wykonano na podstawie godzinowych wartości temperatury powietrza zarejestrowanych w latach 2008–2013 na stacji meteorologicznej Ławica oraz w centrum miasta na Piekarach. Do analizy wpływu sytuacji synoptycznej wykorzystano kalendarz typów cyrkulacji Niedźwiedzia, a także dane dotyczące ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza i wysokości geopotencjalnej 500 hPa pochodzące z reanaliz NCEP/NCAR. Miejska wyspa ciepła pojawiała się w ok. 85%, a jezioro chłodu w 14% wszystkich przypadków. Średnie roczne natężenie MWC jest wyższe w czasie występowania cyrkulacji antycyklonalnej ( $1,2^{\circ}\text{C}$ ) niż w sytuacjach z cyrkulacją cyklonalną ( $0,8^{\circ}\text{C}$ ). Wystąpienie MWC jest możliwe w ciągu całego roku, w każdej porze doby, a jego największa intensywność zaznacza się w godzinach nocnych, zwłaszcza podczas panowania cyrkulacji antycyklonalnej. Z kolei zjawisko JC pojawia się niemal zawsze tylko w ciągu dnia najczęściej w chłodniejszej części roku, z największym natężeniem podczas panowania cyrkulacji cyklonalnej. Wykonane mapy średnich wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza oraz powierzchni izobarycznej 500 hPa dla przypadków z dużym natężeniem MWC (powyżej  $4$ ,  $5$  i  $6^{\circ}\text{C}$ ) wskazują, że ich nocnemu pojawieniu sprzyja cyrkulacja antycyklonalna, która w ciągu dnia odpowiedzialna jest także za występowanie zjawiska JC, które osiąga wtedy swoje maksymalne wartości.

## **Sesja Posterowa**

### **BIOKLIMAT WYBRANYCH MIAST PASA WYBRZEŻY POŁUDNIOWOBAŁTYCKICH**

**Marek Pórolniczak, Katarzyna Szyga-Pluta, Leszek Kolendowicz**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych  
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Zakład Klimatologii  
marekpol@amu.edu.pl

W pracy scharakteryzowano zróżnicowanie warunków bioklimatycznych w miastach Pasa Wybrzeży Południowobałtyckich. Wykorzystano dane z czterech miast: Świnoujścia, Kołobrzegu, Łeby i Helu z lat 1981–2012. Na podstawie pomiarów temperatury i wilgotności powietrza, zachmurzenia, ciśnienia atmosferycznego i prędkości wiatru w programie BioKlima obliczono wskaźnik UTCI (Universal Thermal Climate Index) oceniający obciążenia cieplne człowieka. W pierwszej kolejności przedstawiono podstawowe statystyki oraz scharakteryzowano roczny i dobowy przebieg wartości wskaźnika UTCI dla każdego badanego miasta. W dalszej części na podstawie danych z reanaliz meteorologicznych NCEP/NCAR analizowano sytuacje synoptyczne związane z ekstremalnymi wartościami wskaźnika UTCI. Dla zakresów tego wskaźnika charakteryzujących warunki odczuwalne jako „bardzo silny stres ciepła” (UTCI 38–46°C) i „nieznośny stres ciepła” (UTCI > 46°C) oraz „bardzo silny stres zimna” (UTCI od –27 do –40°C) i „nieznośny stres zimna” (UTCI < –40°C) powstały mapy kompozytowe średniego ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza i wysokości geopotencjalnej 500 hPa. Analiza wykazała, że za ekstremalnie zimne warunki odczuwalne odpowiedzialna jest najczęściej cyrkulacja cyklonalna i napływ zimnych mas powietrza z sektora północnego, natomiast warunki ekstremalnie gorące kształtowane są najczęściej pod wpływem cyrkulacji antycyklonalnej z napływem gorących mas powietrza z południa.

## **BODŹCOWOŚĆ KLIMATU WROCŁAWIA**

**Krystyna Bryś<sup>1</sup>, Hanna Ojrzyńska<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Inżynierii, Kształtowania Środowiska i Geodezji  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska

krystyna.brys@up.wroc.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska,  
Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, Zakład Klimatologii i Ochrony Atmosfery  
Hanna.ojrzyńska@uni.wroc.pl

Bodźcowość klimatu Wrocławia przeanalizowana została w oparciu o godzinowe i dobowe wartości wskaźnika oceny obciążeń cieplnych człowieka UTCI (Universal Thermal Climate Index). Wskaźnik UTCI, bazując na wielowęzłowym modelu termoregulacji człowieka, odzwierciedla fizjologiczną reakcję na wielowymiarowo zdefiniowane, aktualne warunki termiczne (Jendritzky i in. 2007, Błażejczyk i in. 2010). W pracy, wartości UTCI wyliczone zostały dla lat 2007–2014, przy użyciu elementów meteorologicznych: składowych bilansu radiacyjnego, temperatury powietrza, prężności pary wodnej i prędkości wiatru zmierzonych w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Analizie poddane zostały roczne i wieloletnie przebiegi wartości wskaźnika UTCI oraz częstość występowania klas wartości wskaźnika odpowiadających określonej bodźcowości (stres ciepła i zimna). Dla wybranych okresów fal ciepła i chłodu porównano przebiegi głównych meteorologicznych determinant wskaźnika UTCI, zwracając uwagę na sezonowy aspekt zmian istotności ich oddziaływania.

Słowa kluczowe: UTCI, bodźcowość, zmienność sezonowa, składowe bilansu radiacyjnego

## **Sesja Posterowa**

### **INWERSJE TERMICZNE A ZANIECZYSZCZENIE POWIETRZA**

**Małgorzata Czarnecka, Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz**

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa

Katedra Meteorologii i Kształtowania Terenów Zieleni

malgorzata.czarnecka@zut.edu.pl

W pracy wykorzystano godzinne wyniki automatycznych pomiarów stężeń głównych zanieczyszczeń powietrza, rejestrowanych na obszarze aglomeracji Trójmiasta w stacjach funkcjonujących w sieci pomiarowej Agencji Regionalnego Monitoringu Atmosfery Aglomeracji Gdańskiej (ARMAAG). Opracowaniem objęto dziesięcioletnią serię od 2005 do 2014 roku z okresów kalendarzowej zimy (grudzień – luty) i lata (czerwiec – sierpień). Do charakterystyki występowania inwersji temperatury wykorzystano wyniki pomiarów aerologicznych z terminów 00 UTC i 12 UTC ze Stacji Aerologicznej w Łebie, położonej w odległości około 90 km na północny zachód od aglomeracji trójmiejskiej, dostępne w internecie. Na ich podstawie określono miąższość przygruntowych (dolnych) warstw inwersyjnych, a także wysokość podstawy oraz miąższość pierwszej (najniższej położonej) warstwy w swobodnej atmosferze (górnej), w porze nocnej (00 UTC) i dziennej (12 UTC).

Wykazano, że o warunkach dyspersji pyłu PM<sub>10</sub> i ditlenku siarki w okresie zimowym decydowały prawie wszystkie uwzględnione cechy inwersji, za wyjątkiem dziennych inwersji dolnych, występujących jedynie w około 10% dni. Jednak najsilniejszy, negatywny wpływ na zmienność imisji obu zanieczyszczeń miała miąższość nocnych inwersji przygruntowych, natomiast pozytywny – wysokie położenie podstawy dziennej inwersji wzniesionej. Te same cechy inwersji termicznych statystycznie istotnie kształtowały nie tylko stężenia pyłu PM<sub>10</sub> i ditlenku siarki, ale także ditlenku azotu, tlenku węgla oraz ozonu w okresie letnim, ale ich rola była wyraźnie mniejsza w porównaniu zimą. W obu porach roku największy wpływ inwersji temperatury udowodniono w odniesieniu do pyłu zawieszono PM<sub>10</sub>.

Niekorzystny wpływ inwersji temperatury szczególnie silnie uwidocznił się w ekstremalnie chłodnych i ciepłych sezonach ocenianego dziesięciolecia, najbardziej zimą w 2005/06 r. oraz latem w 2006 r.

## **WARUNKI BIOMETEOROLOGICZNE I AEROSANITARNE A WEZWANIA POGOTOWIA RATUNKOWEGO W SZCZECINIE**

**Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz, Agnieszka Mąkosza**

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wydział Kształowania Środowiska i Rolnictwa

Katedra Meteorologii i Kształowania Terenów Zieleni

jnidzgorska@zut.edu.pl

Scenariusze zmian klimatu wskazują, że w najbliższej przyszłości należy spodziewać się wzrostu intensywności oraz częstości występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych, co w połączeniu z prognozowanym wzrostem poziomu stężeń zanieczyszczeń, stanowić będzie o znacznym pogorszeniu komfortu życia i zdrowia mieszkańców, przede wszystkim dużych miast. Powyższe przesłanki były inspiracją do podjęcia próby określenia związku oraz współwystępowania warunków biometeorologicznych z poziomem zanieczyszczenia powietrza notowanym w obrębie miasta, z uwzględnieniem dostępnych statystyk dotyczących liczby pomocy medycznej udzielonej przez zespoły ratownictwa medycznego. Podstawę opracowania stanowiły godzinne dane meteorologiczne oraz imisyjne z dwóch stacji automatycznych WIOŚ oraz dzienne raporty Pogotowia Ratunkowego ze Szczecina z lat 2012–2014.

Warunki biometeorologiczne oceniono na podstawie zmienności wskaźnika Heat Load - HL, obrazującego obciążenie układu termoregulacyjnego człowieka. Wskaźnik uwzględnia wpływ salda wymiany ciepła, ilość pochłoniętego promieniowania słonecznego oraz ewaporacyjne straty ciepła na występujące obciążenie cieplne organizmu związane ze stresem gorąca lub zimna.

Oceny jakości powietrza dokonano posługując się indeksem CAQI (Common Air Quality Index). Formuła indeksu została opracowana w ramach projektu CITEAIR, stosownie do obowiązujących w krajach Unii Europejskiej standardów jakości powietrza, na potrzeby porównywania jakości powietrza w różnych miastach Europy.

## ***Sesja Posterowa***

### **UWARUNKOWANIA CYRKULACYJNE MIEJSKIEJ WYSPY CIEPŁA W ŁODZI**

**Piotr Piotrowski, Szymon Wilk**

Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
janos33@wp.pl

Celem opracowania jest określenie zróżnicowania natężenia miejskiej wyspy ciepła na obszarze Łodzi w ujęciu przestrzennym oraz w cyklu dobowym w okresie od stycznia 2014 do sierpnia 2015. Ponadto sprawdzono, jakie typy cyrkulacji atmosferycznej występują najczęściej podczas miejskiej wyspy ciepła. Warunki cyrkulacyjne zostały opracowane w oparciu o automatyczną metodę klasyfikacji cyrkulacji atmosferycznej. Typy cyrkulacji atmosferycznej zostały wyznaczone dla okresów sześciogodzinnych w celu dokładniejszej analizy kierunku adwekcji i charakteru cyrkulacji atmosferycznej.



## **WYKORZYSTANIE DANYCH SONDAŻU AKUSTYCZNEGO DO OCENY WARUNKÓW WENTYLACYJNYCH MIASTA NA PRZYKŁADZIE KRAKOWA**

**Ewa Krajny, Leszek Ośródka**

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Krakowie  
Zakład Monitoringu i Modelowania Zanieczyszczeń Powietrza z/s w Katowicach  
ewa.krajny@imgw.pl, leszek.osrodka@imgw.pl

Położenie geograficzne Krakowa w terenie o silnie zróżnicowanej rzeźbie terenu, z dominującym równoleżnikowym przebiegiem głębokiej doliny Wisły, powoduje, że wykształcają się tu specyficzne warunki klimatu lokalnego. Prawie wszystkie elementy meteorologiczne podlegają tu znacznej modyfikacji w wyniku wzajemnego oddziaływania warunków topograficznych i urbanizacji. Dodatkowo znaczna emisja komunalna, komunikacyjna, a także po części przemysłowa powodują, że miasto narażone jest szczególnie często na występowanie epizodów wysokich stężeń zanieczyszczeń powietrza. Głównymi czynnikami meteorologicznymi, które odpowiadają za taki stan rzeczy jest temperatura powietrza (ze szczególnym uwzględnieniem pionowego jej rozkładu) i wiatr. Dotychczasowe wyniki badań warunków anemologicznych Krakowa pochodzących głównie ze stacji naziemnych, ale także z prowadzonych na przełomie XX i XXI wieku badaniach sodarowych na stacji w Czyżynach, i wskazują, że przepływ powietrza w przyziemnej warstwie atmosfery na obszarze miasta Krakowa, warunkowany jest przede wszystkim przez ogólną cyrkulację atmosfery. Położenie Krakowa w dolinie Wisły o przebiegu W – E (zachód – wschód), otoczonej od strony północnej i południowej wzniesieniami, determinuje kształt róży wiatru. Na obszarze obejmującym Kraków dominuje wiatr z kierunków zachodnich, ale i wiatr z kierunków wschodnich występuje także z dużą częstością.

Cechą charakterystyczną warunków anemologicznych Krakowa jest znaczna częstość występowania cisz w ciągu roku (około 20–30%), a także przeważający udział (około 40%) wiatru o prędkości mniejszej niż 2 m/s, czyli bardzo słabego. Prowadzone w latach ubiegłych eksperymenty pomiarowe z zastosowaniem sodarów różnej klasy udowodniły użyteczność tego typu urządzeń do oceny warunków anemologicznych miasta, jednak stosowane technologie pomiarowe utrudniały wykorzystanie wyników do celów modelowania. Stąd po latach przy innych możliwościach technologicznych wykorzystano do badań pionowej struktury warunków anemologicznych nad miastem sodar PCS.2000-24 produkcji METEK®, zakupiony w ramach projektu MONIT-AIR pt. „Zintegrowany system monitorowania danych przestrzennych dla poprawy jakości powietrza w Krakowie”, koordynowanego przez Urząd Miasta Krakowa, a realizowanego w partnerstwie z IMGW-PIB w ramach tzw. funduszy norweskich. Pomiaru sodarowe wykonywane w ramach projektu służą przede wszystkim badaniu warunków wentylacyjnych miasta i dostarczaniu specjalistycznych danych empirycznych do kalibracji i weryfikacji modelu pola wiatru nad miastem. W związku z tym wymagają one odpowiedniego opracowania i przygotowania danych do modelowania. Niektóre jednak dane pomiarowe uzyskiwane bezpośrednio z pomiarów mogą być użyteczne bez wcześniejszego przetworzenia. Należą do nich: wyznaczenie wektora wiatru do 500 m n.p.g. z rozdzielczością pionową kilkudziesięciu m, wyznaczenie właściwości termodynamicznych atmosfery poprzez jej parametryzację do tzw. klas stabilności atmosfery, szacowanie wysokości zalegania warstw inwersyjnych.

## ***Sesja Posterowa***

W Krakowie pomiary pionowych właściwości fizycznych atmosfery z wykorzystaniem tego typu urządzenia rozpoczęto w grudniu 2014 r. Od tego czasu wykonywane są kampanie pomiarowe w wybranych punktach na terenie miasta. W prezentacji przedstawione będą wyniki badań nad właściwościami fizycznymi przyziemnej warstwy atmosfery z wykorzystaniem sodaru w miejscach jego dotychczasowej lokalizacji. Zostały one odniesione do warunków meteorologicznych panujących zarówno na stacjach naziemnych, jak też i w swobodnej atmosferze, wskazując na istotne znaczenie napływu mas powietrza na kształtowanie się profilu wiatru w warstwie przyziemnej atmosfery i w różnych warunkach topograficznych.

## **CHARAKTERYSTYKA WYSOKICH DOBOWYCH SUM OPADÓW W ŁODZI NA TLE CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ**

**Joanna Jędruszkiewicz<sup>1</sup>, Mariusz Zieliński<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Wydział Geograficzno-Biologiczny, Instytut Geografii  
joajed@up.krakow.pl

<sup>2</sup> Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Meteorologii i Klimatologii  
mrzielinski@uni.lodz.pl

Głównym celem pracy było dokonanie charakterystyki wysokich dobowych sum opadów na obszarze Łodzi w latach 2009–2013. Wykorzystano dane z trzech posterunków opadowych zlokalizowanych na obszarach: miejskim, podmiejskim i zamiejskim. Wysokie dobowe sumy opadów zostały scharakteryzowane za pomocą szeregu indeksów opadowych zaproponowanych przez Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI) m.in.: liczby dni z opadem większym niż 10 i 20 mm, maksymalnego 5-dniowego opadu w poszczególnych miesiącach, sumy opadów z dni, w których zarejestrowano opad przekraczający wartości 95. i 99. percentyla. Ponadto za pomocą modelu HYSPLIT wyznaczono obszary, z których najczęściej napływały masy powietrza podczas dni z opadem większym, bądź równym 10 mm.



**Indeks Autorów**

Nazwisko, imię	Adres mailowy	Strona
Arażny, Andrzej	-	19
Błażejczyk, Anna	-	32
Błażejczyk, Krzysztof	-	20, 32
Bokwa, Anita	anita.bokwa@uj.edu.pl	28
Bryś, Krystyna	krystyna.brys@up.wroc.pl	53
Chmura, Łukasz	-	33
Chojnicki, Bogdan	-	24
Czarnecka, Małgorzata	malgorzata.czarnecka@zut.edu.pl	54
Czernecki, Bartosz	nwp@amu.edu.pl	21, 27, 51
Czerwińska, Agnieszka	aczerwinska@igf.edu.pl	26
Dobek, Mateusz	mateusz.dobek@umcs.pl	22
Dobrowolny, Petr	dobro@sci.muni.cz	28
Dudek, Wojciech	-	32
Fortuniak, Krzysztof	kfortun@uni.lodz.pl	44
Gal, Tamas	tgal@geo.u-szeged.hu	28
Gawuć, Lech	lech.gawuc@is.pw.edu.pl	38
Geletic, Jan	geletic.jan@gmail.com	28
Gołaszewski, Dariusz	-	36
Gorczyca, Zbigniew	-	33
Gulyas, Agnes	agulyas@geo.u-szeged.hu	28
Hajto, Monika	Monika.Hajto@imgw.pl	28
Holloosi, Brigitta	brigitta.holloosi@zamg.ac.at	28
Jarosławski, Janusz	-	26
Jarzyna, Krzysztof	jarzynak@ujk.kielce.pl	30
Jasek, Alina	alina.jasek@fis.agh.edu.pl	33
Jędruszkiewicz, Joanna	joajed@up.krakow.pl	35, 40, 59
Kejna, Marek	-	19
Kielar, Rafał	Rafal.Kielar@imgw.pl	28
Kleniewska, Małgorzata	malgorzata_kleniewska@sggw.pl	24, 36
Kłysik, Kazimierz	klysik@uni.lodz.pl	-
Kolendowicz, Leszek	-	21, 51, 52
Krajny, Ewa	ewa.krajny@imgw.pl	57
Kryza, Maciej	maciej.kryza@uwr.edu.pl	50
Krzyścin, Janusz	-	26
Krzyżewska, Agnieszka	agnieszka.krzyzewska@umcs.pl	22
Kuchcik, Magdalena	mkuchcik@twarda.pan.pl	20, 32
Kudłacz, Katarzyna	-	48
Kunz, Mieczysław	-	19
Lehnert, Michał	michal.lehnert@gmail.com	28
Majewski, Grzegorz	-	36
Majkowska, Agnieszka	agma@amu.edu.pl	21, 51
Maszewski, Rafał	-	19
Matuszko, Dorota	d.matuszko@uj.edu.pl	23, 48
Mąkosza, Agnieszka	-	55
Milewski, Paweł	-	20, 32
Moniewski, Piotr	piotr.moniewski@geo.uni.lodz.pl	40
Myszkowska, Dorota	-	31
Nęcki, Jarosław	-	33

## Indeks Autorów

Nazwisko, imię	Adres mailowy	Strona
Nidzgorska-Lencewicz, Jadwiga	jnidzgorska@zut.edu.pl Jadwiga.Nidzgorska-Lencewicz@zut.edu.pl	54, 55
Nieckarz, Zenon	zenon.nieckarz@uj.edu.pl	37
Nowosad, Marek	marek.nowosad@poczta.umcs.lublin.pl	22
Ojrzyńska, Hanna	Hanna.ojrzyńska@uni.wroc.pl	50, 53
Ośródka, Leszek	leszek.osrodka@imgw.pl	57
Pawlak, Włodzimierz	wpawlak@uni.lodz.pl	12, 44
Pietras, Bartłomiej	bpietras86@gmail.com	35
Piotrowicz, Katarzyna	k.piotrowicz@uj.edu.pl	31
Piotrowski, Piotr	janos33@wp.pl	18, 35, 39, 42, 56
Półrolniczak, Marek	marekpol@amu.edu.pl	21, 51, 52
Przybylak, Rajmund	rp11@umk.pl	19
Podstawczyńska, Agnieszka	apodstaw@uni.lodz.pl	15
Radziun, Wojciech	wojtekradziun@tlen.pl	18, 41
Rozbicka, Katarzyna	katarzyna_rozbicka@sggw.pl	36, 49
Rozbicki, Tomasz	tomasz_rozbicki@sggw.pl	36, 49
Róžański, Kazimierz	-	33
Siedlecki, Mariusz	mariusz.siedlecki@geo.uni.lodz.pl	14, 44
Skarbit, Nora	skarbitnora@gmail.com	28
Starosta, Katarzyna	Katarzyna.Starosta@imgw.pl	47
Strastny, Pavel	pavel.stastny@shmu.sk	28
Svec, Marek	marek.svec@shmu.sk	28
Szmyd, Jakub	-	20
Szyga-Pluta, Katarzyna	-	52
Szymanowski, Mariusz	mariusz.szymanowski@uni.wroc.pl	50
Unger, Janos	unger@geo.u-szeged.hu	28
Uscka-Kowalkowska, Joanna	joannauk@umk.pl	19, 25
Vysoudil, Miroslav	vysoudil@prfnw.upol.cz	28
Walawender, Jakub	Jakub.Walawender@imgw.pl	28
Wałaszek, Kinga	-	50
Werner, Małgorzata	-	50
Wibig, Joanna	zameteo@uni.lodz.pl	11
Wilk, Szymon	szymon.wilk@uni.lodz.pl	38, 56
Wyszogrodzki, Andrzej	andrzej.wyszogrodzki@imgw.pl	47
Zieliński, Mariusz	mrzielinski@uni.lodz.pl	40, 43, 44, 59
Zimnoch, Mirosław	-	33
Zuvela-Aloise, Maja	maja.zuvela-aloise@zamg.ac.at	28
Żarnowiecki, Grzegorz	-	30