

**Leszek Kolendowicz, Ewa Bednorz**

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza,  
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,  
Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,  
Zakład Klimatologii  
61–680 Poznań, ul. Dziegiełowa 27  
e-mail: leszko@amu.edu.pl, Ewa.Bednorz@amu.edu.pl

**WYBRANE ELEMENTY KLIMATU SŁOWIŃSKIEGO PARKU  
NARODOWEGO W RÓŻNYCH SKALACH PRZESTRZENNYCH**

**Chosen climatic elements of Słowiński National Park  
in various spatial scales**

**Summary.** The primary objective of the study was to recapitulate the results of current climatic research which have been carried out since 1990 by the Department of Climatology of Adam Mickiewicz University in the area of Słowiński National Park. The main result is a synthetic topoclimatic map of the entire Słowiński National Park. The spatial scopes of individual types of topoclimate were distinguished using the method proposed by Paszyński (1999). Pursuant to this method, the topoclimatic classification – and subsequently topoclimatic charting – was performed on the basis of an analysis of the exchange of energy between the atmosphere and the subsequent active surface. Furthermore, the thermal features and humidity of the selected types of the topoclimate were described. Additionally, bioclimatic conditions in different ecosystems were characterized. Supplementary research concerned the soil temperature, namely its daily course and its correlation with the solar radiation and the air temperature. Logarithmic models for the relationship between the global solar radiation and the soil surface temperature and between the soil surface temperature and the air temperature were constructed. Daily course of the wind speed and direction over chosen active surfaces close to the sea shore on the Łeba Sandbar were also analysed and it was found, that the breeze circulation is in general very weak in the area of sea-shore in Słowiński National Park.

**Słowa kluczowe:** Mierzeja Łebska, topoklimat, bioklimat, temperatura, wiatr

**Key words:** Łeba Sandbar, topoclimate, bioclimate, temperature, wind

## WSTĘP

Na obszarze Mierzei Łebskiej przeprowadzono do tej pory szereg prac badawczych o charakterze klimatologicznym. Zbadano m.in. zmienność termiczno-wilgotnościową w wybranych typach ekosystemów (Kolendowicz 2002, Rab-ski 1987, 1992), opublikowano prace dotyczące zmienności w ciągu doby prędkości i kierunku wiatru (Bogucki 1994, Bednorz, Kolendowicz 2009, Tamulewicz 2001). Zagadnieniami bioklimatycznymi na omawianym obszarze zajęła się Medzińska (1991), przedstawiając zmienność wielkości ochładzającej powietrza. Przeprowadzono również analizę uwarunkowań synoptycznych silnych opadów atmosferycznych w okresie letnim (Kolendowicz i in. 2004). W ostatnich latach zbadano mikroklimat wysokiej szaty roślinnej na przykładzie boru bażynowego oraz dokonano analizy temperatury gruntu na stanowiskach pomiarowych zlokalizowanych w różnych ekosystemach Słowińskiego Parku Narodowego (Bednorz, Kolendowicz 2010a, Kolendowicz, Bednorz 2009, 2010b). Przedstawiono również szczegółowe opracowanie topoklimatu obszaru tego Parku (Bednorz i in. 2001, Kolendowicz, Bednorz 2010a). W niniejszej pracy podsumowano dotychczasowe wyniki badań realizowanych od wielu lat na obszarze Słowińskiego Parku Narodowego przez zespół Zakładu Klimatologii UAM w Poznaniu.

## MAKROKLIMAT OBSZARU SŁOWIŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO

W podziale Polski na regiony klimatyczne, opartym na częstości występowania dni z różnymi typami pogody, obszar Słowińskiego Parku Narodowego lokuje się w regionie 3 – Nadmorskim Wschodnim (Woś 2010). Region ten obejmuje wschodnią część Pobrzeża Słowińskiego i Kaszubskiego. Cechą charakterystyczną regionu jest jedna z największych w Polsce liczba godzin usłonecznienia rzeczywistego – 1630 godzin w roku, z czego na wiosnę przypada 515 godzin, lato – 710, jesień – 280 oraz zimę – 125 godzin ze słońcem. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi tutaj 7,8°C (w styczniu 0,7°C, w lipcu 16,8°C). Średnie roczne zachmurzenie osiąga 65% (sierpień – 54%, grudzień – 78%). Średnia roczna wartość ciśnienia pary wodnej na obszarze regionu 3 wynosi 9,5 hPa (styczeń – 5,3 hPa, lipiec – 15,4 hPa). Sumy opadów atmosferycznych są największe w okresie lata, co świadczy o kontynentalnym typie przebiegu w ciągu roku. W lipcu spada średnio 79 mm, a w lutym 33 mm; suma roczna wynosi 636 mm.

Średnio w charakteryzowanym regionie pierwszy dzień z przymrozkiem pojawia się 1 listopada, a ostatni 30 kwietnia, dając liczbę 63 dni w roku. Pierw-

szy dzień z mrozem pojawia się tutaj 3 grudnia. Okres z występowaniem dni mroźnych trwa średnio do 27 lutego. Dni z pokrywą śnieżną mogą występować średnio w okresie od 2 grudnia do 24 marca, a pojawia się ich średnio 55 w roku (Woś 2010, na podstawie danych z lat 1951–2000).

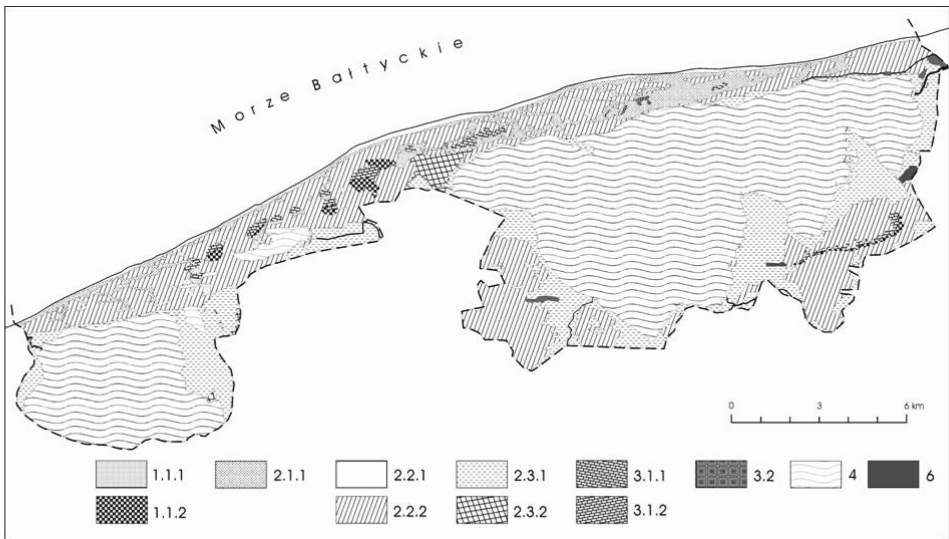
## WYBRANE ELEMENTY TOPOKLIMATU I MIKROKLIMATU SŁOWIŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO

Wśród rezultatów badań topoklimatycznych i mikroklimatycznych prowadzonych na obszarze Słowińskiego Parku Narodowego najistotniejsze wydaje się opracowanie typów topoklimatu na podstawie metody Paszyńskiego i in. (1999). W tej metodzie klasyfikacji topoklimatycznej, a dalej kartowania topoklimatycznego dokonuje się na podstawie analizy wymiany energii między atmosferą a jej podłożem. Jednym z założeń jest porównanie wartości poszczególnych strumieni energii z wartościami charakteryzującymi powierzchnię standardową (obszar płaski o niezastłoniętym horyzoncie, pokryty trawą) i rozpatrywanie ich odchyłeń od tych wartości. Porównań dokonuje się w odniesieniu do warunków pogody radiacyjnej, kiedy wartości bezwzględne strumieni energii oraz przestrzenne zróżnicowanie oddziaływania podłoża na warstwę przyziemną są największe. Ponadto brane są pod uwagę główne cechy struktury bilansu energii.

Ze względu na zasadnicze różnice w strukturze bilansu między dniem i nocą w początkowej fazie kartowania sporządza się mapy odnoszące się do pory dziennej, jak i nocnej, uzyskując dwa podziały typów wymiany energii w ciągu doby na analizowanym obszarze. Ostateczną syntetyczną klasyfikację typów topoklimatu otrzymuje się poprzez eliminację mniej istotnych wydzieleni. W rezultacie otrzymuje się podział na 6 zasadniczych typów topoklimatu.

W niniejszym opracowaniu jako podkładów roboczych użyto map topograficznych obszaru Słowińskiego Parku Narodowego w skali 1:25 000. W wyniku przeprowadzonych prac stwierdzono na obszarze SPN występowanie 12 typów i podtypów klimatu lokalnego. Załączona mapa (ryc. 1) pokazuje zróżnicowanie topoklimatyczne obszaru Parku (Kolendowicz, Bednorz 2010a).

W latach 1990–2008 w okresie lipca i sierpnia prowadzono pomiary temperatury, wilgotności i wielkości ochładzającej powietrza w punktach pomiarowych zlokalizowanych na profilu przecinającym Mierzeję Łebską od plaży nadmorskiej do brzegu Jeziora Łebsko. Punkty pomiarowe znajdowały się w różnych typach ekosystemów, począwszy od plaży, przez wydmy szarą nadmorską, bór bażynowy, do wdm ruchomych między jeziorem a borem oddzielającym je od brzegu morza.



**Ryc. 1.** Typy topoklimatu na obszarze Słowińskiego Parku Narodowego, wg następującej klasyfikacji Paszyńskiego i in. (1999): 1.Topoklimaty o dodatnich odchyleniach  $Q$  w dzień ( $Q > Q_{st.}$ ): 1.1.Topoklimaty o dodatnich odchyleniach  $H$  w nocy ( $H > H_{st.}$ ), 1.1.1.Topoklimat o przewadze  $H$  w dzień ( $H > E$ ), 1.1.2.Topoklimat o przewadze  $E$  w dzień ( $E > H$ ); 2. Topoklimaty o przeciętnych wartościach  $Q$  w dzień ( $Q = Q_{st.}$ ): 2.1.Topoklimaty o dodatnich odchyleniach  $H$  w nocy ( $H > H_{st.}$ ), 2.1.1.Topoklimat o przewadze  $H$  w dzień ( $H > E$ ), 2.2.Topoklimaty o przeciętnych wartościach  $H$  w nocy ( $H = H_{st.}$ ), 2.2.1.Topoklimat o przewadze  $H$  w dzień ( $H > E$ ), 2.2.2.Topoklimat o przewadze  $E$  w dzień ( $E > H$ ), 2.3.Topoklimaty o ujemnych odchyleniach  $H$  w nocy ( $H < H_{st.}$ ), 2.3.1.Topoklimat o przewadze  $H$  w nocy ( $H > G$ ), 2.3.2.Topoklimat o przewadze  $G$  w nocy ( $G > H$ ), 3.Topoklimaty o ujemnych odchyleniach  $Q$  w dzień ( $Q < Q_{st.}$ ): 3.1.Topoklimaty o dodatnich odchyleniach  $H$  w nocy ( $H > H_{st.}$ ), 3.1.1.Topoklimat o przewadze  $H$  w dzień ( $H > E$ ), 3.1.2.Topoklimat o przewadze  $E$  w dzień ( $E > H$ ), 3.2. Topoklimaty o ujemnych odchyleniach  $H$  w nocy ( $H < H_{st.}$ ), 4.Topoklimat o wartościach  $H$  dodatnich w dzień i ujemnych w nocy, 6.Topoklimat z występowaniem  $A$ .

Symbole:  $Q$  – bilans promieniowania krótkofalowego i długofalowego pomiędzy powierzchnią ziemi i atmosferą,  $H$  – strumień ciepła jawnego,  $E$  – strumień ciepła utajonego,  $G$  – strumień ciepła w glebie,  $A$  – strumień ciepła antropogenicznego.

**Fig. 1.** Types of topoclimate in Słowiński National Park according to following classification of Paszyński at all. (1999): 1.Topoclimates with positive  $Q$  deviations during day ( $Q > Q_{st.}$ ): 1.1.Topoclimates with positive  $H$  deviations during the night ( $H > H_{st.}$ ), 1.1.1.Topoclimate with the predominance of  $H$  during the day ( $H > E$ ), 1.1.2.Topoclimate with the predominance of  $E$  during the day ( $E > H$ ), 2.Topoclimates with average values of  $Q$  during the day ( $Q = Q_{st.}$ ): 2.1.Topoclimates with positive  $H$  deviations during the night ( $H > H_{st.}$ ), 2.1.1.Topoclimate with the predominance of  $H$  during the day ( $H > E$ ), 2.2.Topoclimates with average values of during the night ( $H = H_{st.}$ ), 2.2.1.Topoclimate with the predominance of  $H$  during the day ( $H > E$ ), 2.2.2.Topoclimate with the predominance of  $E$  during the day ( $E > H$ ), 2.3. Topoclimates with negative  $H$  deviations during the night ( $H < H_{st.}$ ), 2.3.1.Topoclimate with the predominance of  $H$  during the

night ( $H > G$ ), 2.3.2. Topoclimate with the predominance of  $G$  during the night ( $G > H$ ), 3. Topoclimates with negative  $Q$  deviations during the day ( $Q < Q_{st}$ ): 3.1. Topoclimates with positive  $H$  deviations during the night ( $H > H_{st}$ ), 3.1.1. Topoclimate with the predominance of  $H$  during the day ( $H > E$ ), 3.1.2. Topoclimate with the predominance of  $E$  during the day ( $E > H$ ), 3.2. Topoclimates with negative  $H$  deviations during the night ( $H < H_{st}$ ), 4. Topoclimate with positive  $H$  values during the day and negative  $H$  values during the night, 6. Topoclimate with the occurrence of  $A$ .

Symbols:  $Q$  – the shortwave and the long wave radiation balance between the Earth's surface and the atmosphere,  $H$  – the stream of the sensible heat,  $E$  – the stream of the latent heat,  $G$  – the stream of the heat in the soil,  $A$  – the anthropogenic stream.

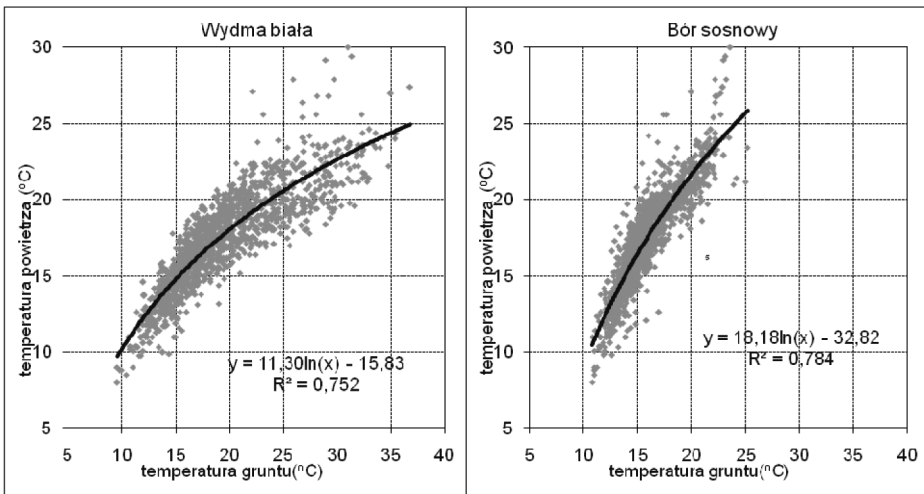
Badania temperatury i wilgotności oraz wielkości ochładzającej powietrza, prowadzone na obszarze wybranych typów topoklimatu, skłaniają do sformułowania następujących uogólnień i wniosków:

- na plaży nadmorskiej temperatura powietrza zależy głównie od temperatury powietrza nad morzem. Przejawia się to wyrównaniem wartości temperatury w ciągu doby, zwłaszcza na wysokości 150 cm n.p.g. Jest to strefa, gdzie występuje niższa temperatura w ciągu dnia niż w skali mezoklimatycznej (tzn. temperatura w klatce meteorologicznej). Obszar plaży charakteryzuje się także bardzo wyrównanym przebiegiem wilgotności względnej powietrza na wysokości 150 cm n.p.g.;
- wydma nadmorska stanowi strefę przejściową między obszarem plaży i jej południowym zapleczem. Na plaży jest chłodniej w dzień i cieplej w nocy niż na południowym zapleczu wydmy;
- jednostki topoklimatyczne charakteryzujące się stosunkowo suchym piaszczystym podłożem wykazują duże podobieństwo dobowej zmienności temperatury, szczególnie w warstwie powietrza poniżej 150 cm n.p.g. Różnice w wartościach wynikają głównie z wilgotności podłoża, zależnego od poziomu zalegania zwierciadła wody podziemnej, a także z osłonięcia przed wiatrem;
- stwierdza się brak wyraźnej stratyfikacji termiczno-wilgotnościowej na obszarach leśnych (bór bażynowy), co należy wiązać z brakiem dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego poniżej strefy koron drzew. Wzmoczone parowanie z wilgotnego gruntu i jednocześnie utrudniona ucieczka pary wodnej poza obręb podszytu powodują, że w obszarach leśnych przy gruncie występuje wyższa wilgotność niż w nadległych warstwach powietrza;
- maksymalne wartości ochładzania biologicznego występują na szczytach wędym ruchomych, zbliżone ochładzanie stwierdzono w obrębie bezleśnych form wypukłych. W obu jednostkach wyniesienie i brak roślinności wysokiej umożliwiają swobodny ruch powietrza. Najmniejsze ochładzanie występuje w borze sosnowym, gdzie pokrycie roślinnością i liczne obniżenia tere-

nu hamują przepływ powietrza. Średnie wartości ochładzania występują na plaży, nad brzegiem jeziora oraz w bezleśnych zagłębieniach. Wszystkie średnie wartości wielkości ochładzającej powietrza z pomiarów w warunkach radiacyjnych w lipcu i sierpniu mieszczą się według skali obciążeń cieplnych Conrada w dwóch przedziałach: warunki oszczędzające – komfort ( $420,1\text{--}840,0\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) i warunki lekko pobudzające ( $840,1\text{--}1260,0\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

## TEMPERATURA GRUNTU

Uzupełniające względem opracowania topoklimatycznego były badania temperatury gruntu, która w znacznym stopniu kształtuje zarówno warunki mikro, jak i topoklimatyczne. Pomiarów temperatury dokonano na stanowiskach zlokalizowanych na wydmie białej w niedużej odległości od plaży nadmorskiej oraz w borze sosnowym, w latach 2003–2005, w okresie lipca i sierpnia. Na podstawie przeprowadzonych badań ustalono, że dobowy przebieg temperatury gruntu, mierzony w wybranych ekosystemach na głębokościach 0 (powierzchnia gruntu), 5, 10, 20 i 50 cm, jest zróżnicowany i zależy od charakteru powierzchni czynnej. Rodzaj i pokrycie powierzchni, jej pojemność cieplna i przewodnictwo cieplne warunkuje ilość pochłanianej energii, co przekłada się na wartość temperatury gruntu, która z kolei wpływa na temperaturę nadległego powietrza (ryc. 2).

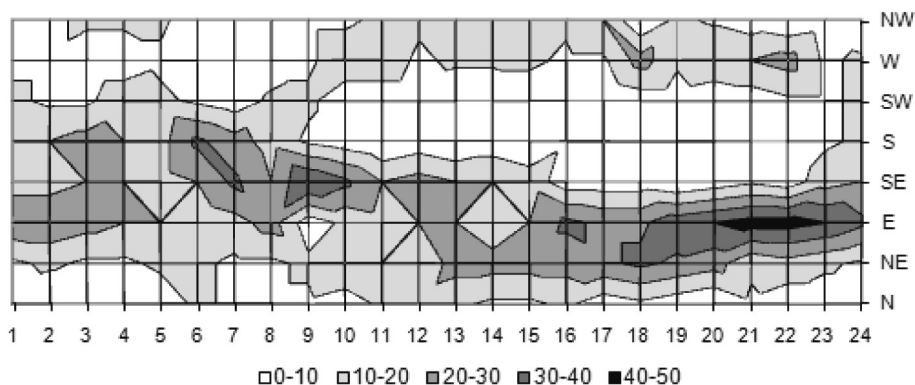


**Ryc. 2.** Zależność między temperaturą powierzchni gruntu a temperaturą powietrza na nadmorskiej wydmie białej i w borze sosnowym; podano równania logarytmiczne  
**Fig. 2.** The relationship between the soil surface temperature and the air temperature over the white dune and in the pine forest; equations for logarithmic models are given

W przebiegu dobowym notuje się istotne opóźnienie dobowego maksimum temperatury i obniżenie jego wartości na powierzchniach pokrytych roślinnością (bór sosnowy, wydma szara z roślinnością zielną). W lesie, gdzie korony drzew ograniczają dopływ energii słonecznej, temperatura powierzchniowej warstwy gruntu często spada poniżej temperatury powietrza. Najwyższe wartości temperatury gruntu występują na nadmorskiej wydmie białej, na powierzchniach całkowicie pozbawionych warstwy humusowej i szaty roślinnej (Bednorz, Kolendowicz 2010a).

### LOKALNE ZRÓŻNICOWANIE PARAMETRÓW WIATRU

W okresie lipca i sierpnia 2008 r. dokonano pomiarów prędkości i kierunku wiatru nad wybranymi powierzchniami czynnymi na Mierzei Łebskiej, w strefie przymorskiej. Pomiary prowadzono na 3 stanowiskach reprezentujących zróżnicowane obszary morfologiczno-roślinne: na wale wydmy nadmorskiej, w obniżeniu wydmy szarej i w lesie. Zaobserwowano dobowy cykl zmian prędkości wiatru, z największymi wartościami w godzinach popołudniowych i najmniejszymi w godzinach nocnych. Rytm ten jest najbardziej wyrazisty – z dużą amplitudą zmian – na stanowiskach przymorskich. Prędkość wiatru słabnie w miarę odsuwania się od morza. Kilkusetmetrowa różnica odległości od morza między stanowiskami na wydmie nadmorskiej i w lesie oraz różna konfiguracja i pokrycie terenu przekładają się na znaczny spadek dynamiki przepływu powietrza (Bednorz, Kolendowicz 2010b). W badanym okresie nie obserwowano dużego nasilenia cyrkulacji bryzowej, która objawia się jedynie odchyleniem



**Ryc. 3.** Dobowa zmienność kierunku wiatru w dniach radiacyjnych na wydmie szarej (automatyczna stacja meteorologiczna). Udział (%) poszczególnych kierunków wiatru  
**Fig. 3.** Daily changes in the wind direction at the grey dune (automatic meteorological station) for the radiation days. Share of the particular wind directions in percents

kierunków wiatru na północ w godzinach popołudniowych i wieczornych i na południe w godzinach nocnych (ryc. 3).

## PODSUMOWANIE

Słowiński Park Narodowy, obejmujący obszary unikatowe pod względem geomorfologicznym i florystycznym, jest także szczególnie pod względem zróżnicowania topoklimatycznego i mikroklimatycznego, które wyraża się zróżnicowaniem temperatury, wilgotności i wielkości ochładzającej powietrza oraz lokalną zmiennością pola wiatru. Wymienione elementy kształtują się pod dużym wpływem morfologii i charakteru podłoża, w tym pokrycia szatą roślinną. Obecność różnorodnych powierzchni czynnych, w tym rozległych unikatowych obszarów wydm ruchomych oraz sąsiedztwo dużych zbiorników wodnych, pozwala na badanie ich wpływu na strukturę bilansu cieplnego i podstawowe parametry klimatyczne.

## Literatura

- Bednorz E., Kolendowicz L., 2009, *Local differences in wind velocity and direction on Łeba Sandbar (Słowiński National Park)*. Quaestiones Geographicae, 28, 11–22.
- Bednorz E., Kolendowicz L., 2010a, *Daily course of the soil temperature in summer in chosen ecosystems of Słowiński National Park*. Quaestiones Geographicae, 29, 5–12.
- Bednorz E., Kolendowicz L., 2010b, *Lokalne zróżnicowanie parametrów wiatru na Mierzei Łebskiej*. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, 61, 119–128.
- Bednorz E., Kolendowicz L., Szyga-Pluta K., 2001, *Typy topoklimatu Słowińskiego Parku Narodowego*. Dok. Geogr., IGiPZ PAN, 23, 19–31.
- Bogucki J., 1994, *Dobowa zmienność kierunku wiatru na Mierzei Łebskiej*. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A – Geografia Fizyczna, 45, 5–23.
- Kolendowicz L., 2002, *Zróżnicowanie temperatury, wilgotności względnej oraz wielkości ochładzającej powietrza w Słowińskim Parku Narodowym*. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A – Geografia Fizyczna, 53, 83–93.
- Kolendowicz L., Bednorz E., 2009, *Microclimatic conditions within a pine forest in August 2008 on the Łeba Sandbar (Słowiński National Park)*. Quaestiones Geographicae, 28, 32–39.
- Kolendowicz L., Bednorz E. 2010a, *Topoclimatic differentiation on the area of the Słowiński National Park*. Quaestiones Geographicae, 29, 49–56.
- Kolendowicz L., Bednorz E. 2010b, *Warunki mikroklimatyczne we wnętrzu boru sosnowego na Mierzei Łebskiej*. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A – Geografia Fizyczna, 61, 157–168.
- Kolendowicz L., Bednorz E., Szyga-Pluta K., 2004, *Analysis of chosen cases of high daily rainfall at the local station of Climatology Department Adam Mickiewicz University in Poznań in Słowiński National Park*. Quaestiones Geographicae, 23, 49–54.



- Medzińska M., 1991, *Charakterystyka wielkości ochładzającej powietrza w profilu Mierzei Łebskiej w okresie letnim 1988*. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A – Geografia Fizyczna, 37, 73–89.
- Paszyński J., Miara K., Skoczek J., 1999, *Wymiana energii między atmosferą a podłożem jako podstawa kartowania topoklimatycznego*. Dok. Geogr., IGiPZ PAN, 14, ss. 127.
- Rabski K., 1987, *Wstępna charakterystyka termiczno-wilgotnościowa Mierzei Łebskiej*. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A – Geografia Fizyczna, 42, 191–205.
- Rabski K., 1992, *Mezoklimatyczne tło obszaru Słowińskiego Parku Narodowego*. Parki Narodowe i Rezerwaty Przyrody, 11/1, Białowieża.
- Tamulewicz J., 2001, *Prędkość wiatru w sezonie letnim w Słowińskim Parku Narodowym w obrębie Mierzei Łebskiej*. Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A – Geografia Fizyczna, 52, 149–159.
- Woś A., 2010, *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.