

STRATYFIKACJA WARUNKÓW HIGROTHERMICZNYCH
NAD EKOSYSTEMEM TRAWIASTYM W TERENIE OTWARTYM
I NA GRANICY LASU

Monika Panfil¹, Jacek Leśny², Jacek Alberski³

¹Katedra Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Pl. Łódzki 1, 10-719 Olsztyn
e-mail: monika.panfil@uwm.edu.pl

²Katedra Meteorologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Piątkowska 95, 60-649 Poznań

³Katedra Łąkarstwa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Pl. Łódzki 1, 10-719 Olsztyn

Streszczenie. Praca jest analizą mikroklimatu obszaru łąkowego, w obrębie Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Bałdach, zlokalizowanej na Pojezierzu Olsztyńskim. Badania zrealizowano w oparciu o zasoby użytków zielonych stacji, przeznaczone przede wszystkim na wypas bydła w okresie od pierwszej dekady maja do końca października. W celu sprawdzenia wskaźników termicznych i wilgotnościowych wykonano obserwacje temperatury powietrza i wilgotności względnej na 6-ciu wysokościach: 0,05 m; 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m; 3,0 m; 4,0 m w dwóch wybranych punktach. Zostały one zlokalizowane nad ekosystemem trawiastym w terenie otwartym i na granicy z lasem. Dane o temperaturze powietrza były zapisywane z częstotliwością 5-cio minutową w dwóch seriach pomiarowych: wiosną i jesienią, każdorazowo przez pięć dni. W wyniku pomiarów otrzymano unikalne rozkłady dobowe i godzinowe na poszczególnych wysokościach, które świadczą o znacznym zróżnicowaniu mikroklimatycznym poszczególnych punktów.

Słowa kluczowe: czujnik iButton, temperatura powietrza, badania środowiskowe

WSTĘP

Produkcja roślinna, jak i produkcja zwierzęca są bardzo ważnym działem gospodarki rolnej. Tym samym, zarówno łąki jak i pastwiska należą do bardzo charakterystycznych elementów przestrzeni geograficznej. Pierwsze zajmują niemal 15% powierzchni Polski, drugie niemal 5% (GUS 2014). Spotykamy je w bardzo różnych układach środowiskowych (Rogulski i in. 2004), które często składają się

także z innych, poza łąkowych ekosystemów. Bardzo często są nimi ekosystemy leśne (ok. 30% powierzchni Polski), które sąsiadują m.in. z otwartymi przestrzeniami trawiastymi, a sąsiedztwo tego typu determinuje swoiste warunki mikroklimatyczne i ma swoje konsekwencje w rozkładzie poszczególnych elementów meteorologicznych (Rogulski i in. 2005). Dlatego w poznaniu właściwości mikroklimatu nieodzowne są badania na różnych wysokościach nad poziomem gruntu (Bokwa 2001). Pozwalają one na prześledzenie profilu stratygraficznego w przyziemnej warstwie atmosfery, w której toczy się większość procesów życiowych, a standardowe pomiary temperatury powietrza wykonuje się tylko na wysokości 2 m n.p.g. Dlatego podobnych pomiarów, przeprowadzonych w zbliżonym zakresie, nie spotkano w literaturze przedmiotu.

MATERIAŁY I METODY

Zaprezentowane w pracy obliczenia zostały wygenerowane na podstawie danych zebranych w czasie terenowych pomiarów temperatury powietrza i wilgotności względnej. Przeprowadzono je na początku i na końcu okresu wypasania zwierząt gospodarskich w obrębie Stacji Dydaktyczno-Badawczej w Bałdach, zlokalizowanej na Pojezierzu Olsztyńskim (20 km na pd.-wsch. od Olsztyna) (rys. 1). W czasie wykonywania pomiarów zwierzęta przebywały w innych kwartałach, odległych od miejsc objętych eksperymentem, tak by ich obecność nie wpływała na obserwowane warunki higrotermiczne.



Źr. opracowanie własne na podstawie Google Earth – own work, be on the basis of Google Earth

Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań i położenie punktów pomiarowych

Fig. 1. Location of the research area and situation of measurement points

Wybrane terminy pokrywają się ze swoistym stanem rozwojowym drzew – albo jeszcze nie ma zbyt dużo liści, albo są one już w stadium intensywnego opadania, a co za tym idzie, nie stanowią bariery dla promieniowania słonecznego

i nie zaburzają przepływu powietrza. Pomiarów dokonano w dwóch okresach, z których wybrano pełne, 5-dniowe obserwacje: 1-5 maja 2012 i 22-26 października 2012 roku, konstruując dwa identyczne układy stratygraficzne: 0,05 m, 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m, 3,0 m, 4,0 m. Jeden z nich zainstalowano nad ekosystemem trawiastym na przestrzeni otwartej, drugi bezpośrednio na granicy z lasem (fot. 1 i 2).



Źr. fotografie własne M. Panfil – photographs of their own M. Panfil

Fot. 2. Układ pomiarowy zainstalowany w przestrzeni otwartej i na granicy lasu

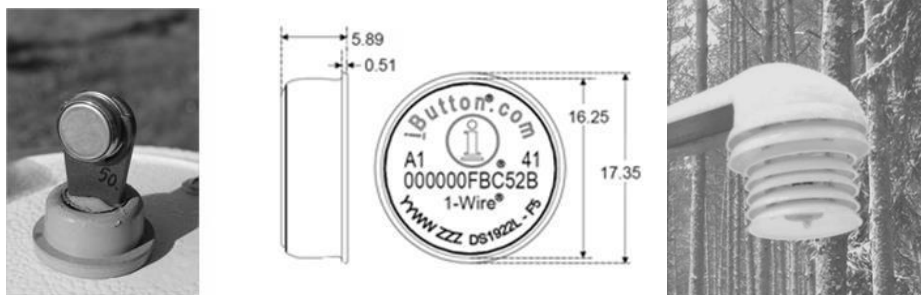
Phot.2. Measuring system installed in open space and on the edge of the forest

Specyfika badań, na którą składała się przede wszystkim ilość potrzebnej aparatury pomiarowej oraz brak zasilania, wymusiła niejako zastosowanie innych rozwiązań, które doskonale spełniły autonomicznie energetycznie czujniki iButton[®]Dallas (fot. 3). Posiadają one możliwość zapisu 4096 8-bitowych odczytów lub 2048 16-bitowych odczytów, z częstotliwością w zakresie 1 s-273 h. Czujnik jest bardzo odporny na szkodliwe działanie czynników atmosferycznych, co zaowocowało trwałą obudową ze stali nierdzewnej.

Dodatkowe akcesoria pozwalają na wszechstronne wykorzystanie i montaż urządzenia, które znajduje tym samym bardzo szerokie zastosowanie w badaniach środowiskowych (Awtrwy 1997, Davidson i in. 2003, Willis i in. 2009). W tym wypadku czujniki zostały odpowiednio skalibrowane (Panfil i Leśny 2013), zaprogramowane i zabezpieczone specjalną osłoną antyradiacyjną (fot. 3).

Częstotliwość, z jaką były wykonywane pomiary, została ustalona jako 5-minutowe przedziały czasowe. Tym samym dla każdego poziomu stratygraficznego zebrano niemal 6000 danych (12 pomiarów * 24 godziny * 5 dni * 2 parametry * 2 systemy). Tak bogaty materiał liczbowy wykorzystano w celu ustalenia warun-

ków mikroklimatycznych dla zaproponowanych układów stratygraficznych. Informacje o całokształcie warunków pogodowych w wybranych okresach uzyskano ze stacji meteorologicznej IMGW Olsztyn.



Źr. opracowanie i fotografie własne M. Panfil – own work and their own photos M. Panfil

Fot. 3. Czujnik iButton®Dallas gotowy do pracy, jego wymiary (w mm) oraz zastosowana w badaniach osłona antyradiacyjna

Photo. 3. iButton® sensor ready to go, its dimensions (mm) and special radiation shield used in the research

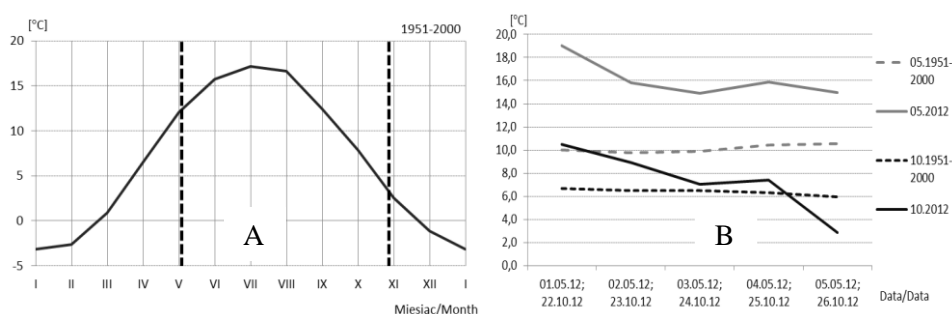
Z punktu widzenia statystyki interesujące było wykazanie, że wyznaczane na podstawie pomiarów średnie wartości temperatury i wilgotności względnej w terenie otwartym i na granicy lasu, na różnych wysokościach nad poziomem gruntu, różniły się w sposób istotny pomiędzy sobą. Aby to wykazać, dla wybranej pary średnich wartości należało odrzucić hipotezę zerową $H_0: (\mu_1 - \mu_2) = 0$ i przyjąć hipotezę $H_A: (\mu_1 - \mu_2) \neq 0$. W tym celu wyznaczano statystykę:

$$z = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

o rozkładzie t Studenta, obszar odrzucenia hipotezy H_0 ma postać $|z| > z_{\alpha/2}$, gdzie $z_{\alpha/2} = t_{\alpha/2}$ dla $n_1, n_2 \geq 30$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnie wieloletnie dobowe wartości temperatury powietrza dla zrealizowanych okresów pomiarowych wskazują, że momenty pojawiania się pokrywy liściastej oraz faza jej zanikania charakteryzują się odmiennymi warunkami termicznymi (rys. 2A).



Rys. 2. Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza w Olsztynie w okresie 1951-2000 (przerywane linie oznaczają daty wykonanych pomiarów) (A) oraz rozkład średnich dobowych wartości temperatury powietrza na wysokości 2 m n.p.g w trakcie okresów 5-dniowych w maju (05) i październiku (10) w Bałdach, na tle dobowych wartości z wielolecia 1951-2000 w Olsztynie (B)
Fig. 2. Average monthly air temperatures in Olsztyn in the period 1951-2000 (the dotted lines indicate the dates of measurements) (A) and the distribution of mean daily air temperature values at 2 m above the ground during periods of 5 days in May (05) and October (10) at Bałdy against the background of the daily values of several years 1951-2000 in Olsztyn (B)

Na początku maja średnie dobowe wartości powinny oscylować w granicach 10°C, pod koniec października są z reguły < 5°C. Pomiary wykonane w roku 2012 pokazały, że średnia temperatura dobowa może być zarówno zdecydowanie wyższa (01.05.-19,0°C), jak też i dużo niższa (26.10. – 2,9°C) (rys. 2B).

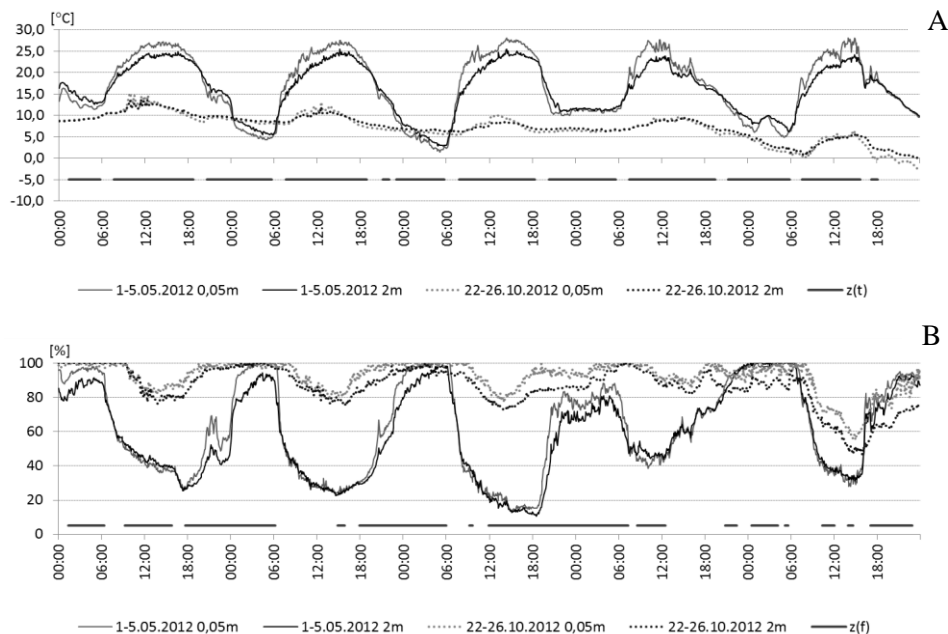
Rozkład temperatury powietrza w dniach 1-5.05.2012 roku wskazuje bardzo wyraźnie, że był to okres bardzo ciepły, a maksymalne wartości występujące w godzinach okołopołudniowych były porównywalne z warunkami, jakie panują w pełni lata. Z kolei rozkład temperatury powietrza podczas drugiego okresu obserwacyjnego 22-26.10.2012 roku nie miał jednoznacznie tylko wyższych, bądź niższych wskazań, w stosunku do wartości wieloletnich. Przez pierwsze 2 dni temperatura była wyższy o około 3°C od średniej wieloletniej, kolejne 2 dni były porównywalne termicznie, a ostatni dzień wykazał wartości niższe o 3°C.

Porównanie rozkładu temperatury powietrza i wilgotności względnej na wysokości 2 m i 0,05 m n.p.g. w dwóch badanych okresach czasu wskazuje, że w okresie maja zróżnicowanie to w przestrzeni otwartej było zdecydowanie większe, niż w październiku (rys. 3). Warto dodać, że wykonane testy statystyczne pokazują że w maju średnia temperatura powietrza na terenie otwartym mierzona na wysokości 2 m i 0,05 m n.p.g różniła się na poziomie istotności 1%, analogicznie wilgotność względna. Natomiast na granicy lasu nie można było odrzucić hipotezy H0 o równej wartości średnich.

W maju temperatura powietrza na wysokości 0,05 m codziennie w godzinach okołopołudniowych przekraczała próg 25°C, na dwóch metrach zdarzyło się to

tylko zaledwie 3 razy (2 i 3 maja). Tak wysokim wartościom sprzyjała bardzo słoneczna pogoda i niemal bezchmurne niebo, które przyczyniło się jednocześnie do znacznych spadków temperatury w godzinach porannych przed wschodem słońca (szczególnie 3.05).

Dla okresu tego sprawdzono też, czy będą się pomiędzy sobą w istotny sposób (5% próg testu) różnić średnie wartości z każdego kolejnych 30 pomiarów na wysokości 0,05 m i 2 m. Widać (rys. 3), że zarówno dla temperatury jak i wilgotności względnej, przez większość czasu średnie te istotnie się różniły, przy czym dla temperatury występowała większa regularność – braki różnic występowały krótko, w okresach wschodów i zachodów słońca, gdy zmieniała się pionowa stratyfikacja temperatury.



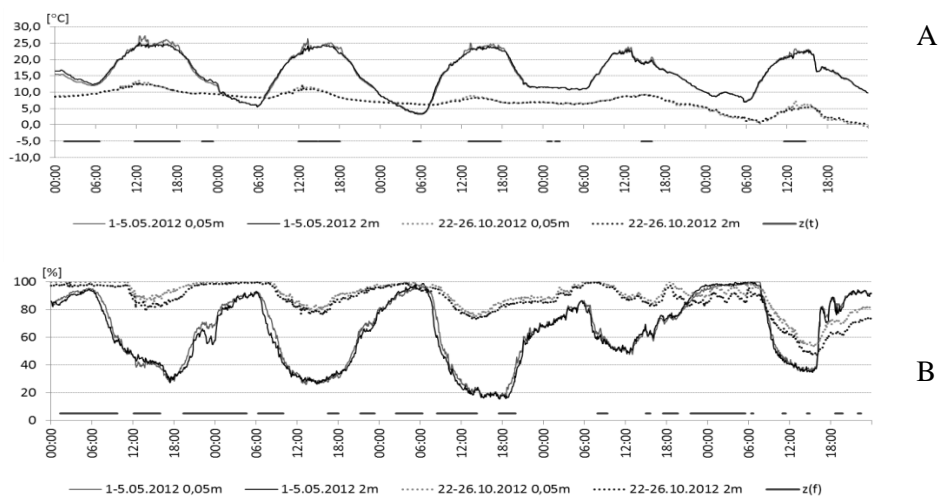
Rys. 3. Rozkład temperatury powietrza (A) i wilgotności względnej (B) nad ekosystemem trawiastym w przestrzeni otwartej w Bałdach w okresie 1-5.05.2012 i 22-26.10.2012, gdzie $z(t)$ i $z(f)$ oznaczają okresy, gdy średnie wartości z 30 kolejnych pomiarów na wysokości 0,05 m i 2 m różnią się istotnie między sobą (5% próg istotności)

Fig. 3. Distribution of air temperature (A) and relative humidity (B) on the grassland ecosystem in the open area in Bałdy during 1-5.05.2012 and 22-26.10.2012, where $z(t)$ and $z(f)$ denote periods when the mean value of 30 consecutive measurements at a height of 0.05 m and 2 m differ significantly between each other (5% materiality threshold)

W związku z powyższym dobowe wahania wilgotności względnej były tożsame, a ich rozpiętość przekraczała niekiedy 70%. Najwyższa była ona oczywiście nocą, najniższa w godzinach około południowych. W październiku z kolei temperatura powietrza na wysokości 0,05 m tylko nieznacznie różniła się od tej zanotowanej na wysokości 2 m. W dzień była nieco wyższa, a nocą nieco niższa, nad ranem wartości zrównywały się. Największa różnica, która wystąpiła 26 października po godz. 16:00, była wynikiem spadku zachmurzenia, co sprzyjało bardzo silnemu wypromieniowaniu ciepła z podłoża i zaowocowało nawet temperaturą ujemną na poziomie $-3,1^{\circ}\text{C}$.

W tym samym dniu wartości wilgotności względnej odnotowały swój najniższy pułap (ok. 50%) w stosunku do dni poprzednich, kiedy permanentnie wilgotność była na bardzo wysokim poziomie. Sprzyjało temu znaczne zachmurzenie, z niewielkimi przejaśnieniami.

W przypadku pomiarów przeprowadzonych na granicy lasu, różnice między czujnikami znajdującymi się na 2 m i 0,05 m n.p.g były zdecydowanie mniejsze, wartości skrajne dla poszczególnych parametrów nie były tak wyraźne, a sam rozkład dobowy był dużo bardziej łagodny (rys. 4).

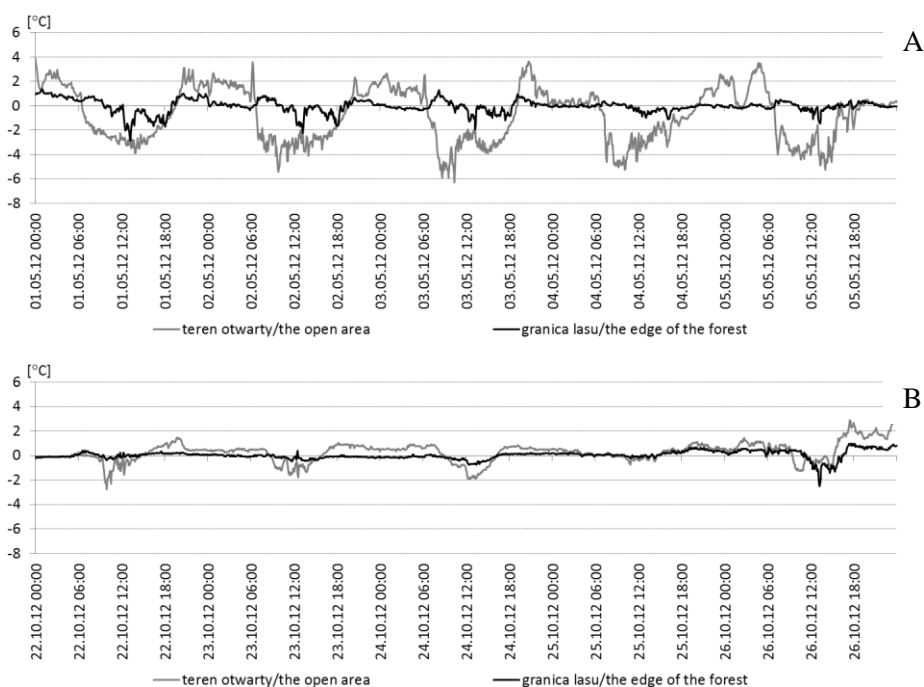


Rys. 4. Rozkład temperatury powietrza (A) i wilgotności względnej (B) nad ekosystemem trawiastym na granicy lasu w Bałdach w okresie 1-5.05.2012 i 22-26.10.2012, gdzie $z(t)$ i $z(f)$ oznaczają okresy, gdy średnie wartości z 30 kolejnych pomiarów na wysokości 0,05 m i 2 m różnią się istotnie między sobą (5% próg istotności)

Fig. 4. Distribution of the temperature (A) and relative humidity (B) on the grassland ecosystem on the edge of the forest in Bałdy during 1-5.05.2012 and 22-26.10.2012, where $z(t)$ and $z(f)$ denote periods when the mean value of 30 consecutive measurements at a height of 0.05 m and 2 m differ significantly between each other (5% materiality threshold)

Analogicznie, jak dla przestrzeni otwartej, sprawdzono różnice średnich wartości z każdego kolejnych 30 pomiarów na wysokości 0,05 m i 2 m (rys. 4). W przeciwieństwie do otwartego pola dla temperatury przez większość czasu średnie te nie różniły się istotnie pomiędzy sobą, tylko dla kilku okresów w czasie najintensywniejszego ogrzewania lub ochładzania się atmosfery od podłoża różnice były istotne na poziomie 5% prog. W przypadku wilgotności względnej średnie różniły się w sposób istotny częściej, jednak brakowało tak wyraźnie widocznej regularności jak w przypadku otwartego pola.

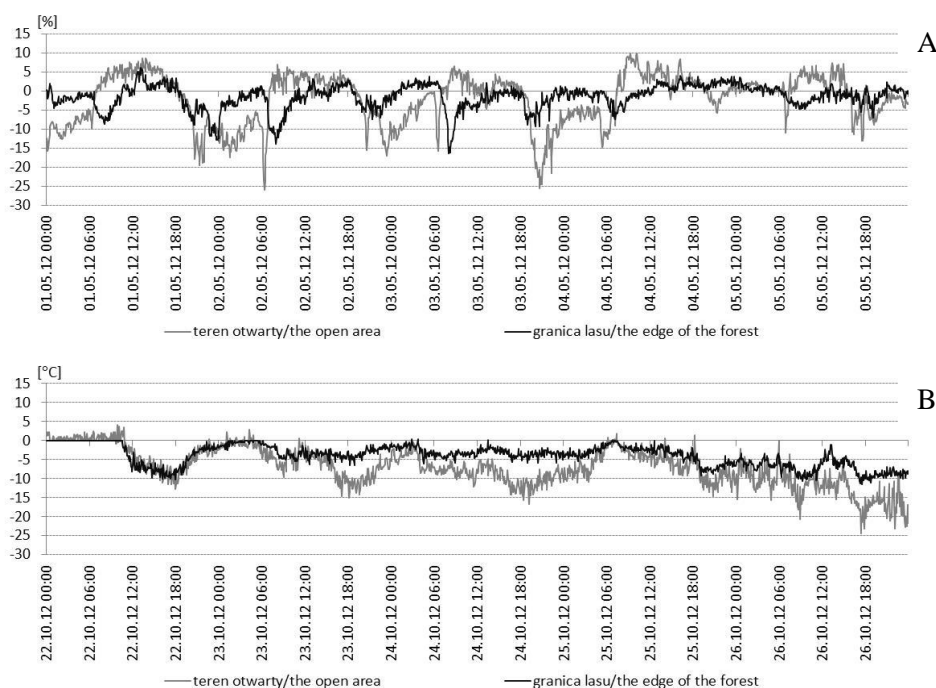
Zważywszy na zdecydowanie odmienne wartości analizowanych parametrów w dwóch wybranych okresach pomiarowych, zróżnicowanie ich na skrajnych wysokościach 0,05 m i 4,0 m n.p.g. nie było już tak jednoznaczne. Największe było w maju w terenie otwartym ($t \in < -6,3; 3,9 >$; $f \in < -26; 10 >$), najmniejsze w październiku na granicy lasu ($t \in < -2,5; 1,0 >$; $f \in < -11; 0 >$) (rys. 5 i 6).



Rys. 5. Różnice temperatury powietrza z wysokości 4 m (A) i 0,05 m (B) n.p.g. nad ekosystemem trawiastym w terenie otwartym i na granicy lasu w Białym Balcach w okresie 1-5.05.2012 i 22-26.10.2012

Fig. 5. Air temperature differences at the height of 4 m (A) and 0.05 m (B) above the ground over the grassland ecosystem in the open area and on the edge of the forest in Białe Balczy during the periods of 1-5.05.2012 and 22-26.10.2012

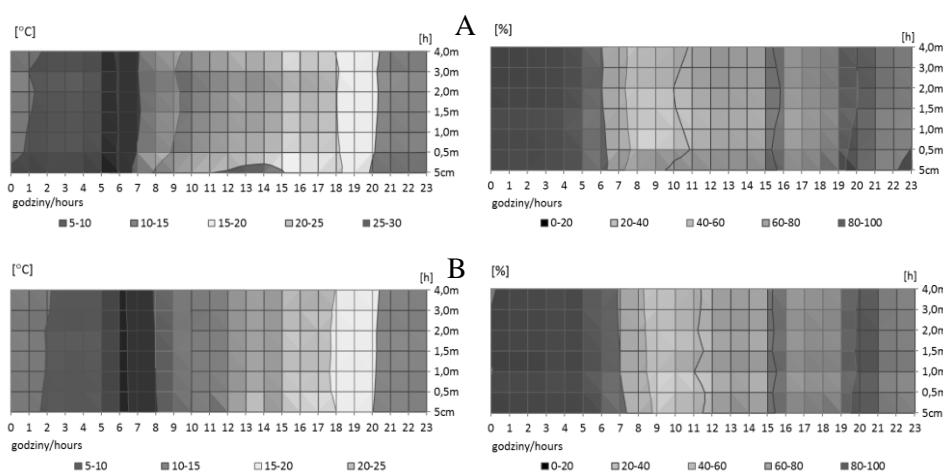
Temperatura powietrza na otwartej przestrzeni w maju przez większą część doby była wyższa w przypowierzchniowej warstwie powietrza, a różnice dochodziły nawet do 6°C. Od godz. 18:00 do 6:00 dnia następnego temperatura była wyższa na 4 m n.p.g., średnio o ok. 1°C. W październiku różnice były już zdecydowanie mniejsze i temperatura bardzo często była na zbliżonym poziomie, ale w stosunku do maja wydłużył się czas, kiedy jej wartości na 4 m n.p.g. były wyższe niż przy gruncie. Zdecydowanie mniejsze amplitudy temperatury powietrza, zarówno w maju jak i w październiku, miały miejsce nad ekosystemem trawiastym na granicy lasu. I co charakterystyczne, w październiku to właśnie w dzień bardzo często było cieplej na wysokości 4 m n.p.g. (rys. 5). W tym samym układzie jak wyżej, wartości wilgotności względnej podążały za trendem rozkładu temperatury powietrza. Największą amplitudę wahań miały w maju w terenie otwartym (>30%), najmniejszą w październiku na granicy lasu, kiedy najwięcej wilgoci niemal stale było przy gruncie (rys. 6).



Rys. 6. Różnice wilgotności względnej z wysokości 4 m (A) i 0,05 (B) n.p.g. nad ekosystemem trawiastym w terenie otwartym i na granicy lasu w Bałdach w okresie 1-5.05.2012 i 22-26.10.2012

Fig. 6. Differences of relative humidity at the height of 4 m (A) and 0.05 m (B) above the ground over the grassland ecosystem in the open area and on the edge of the forest in Bałdy during the periods of 1-5.05.2012 and 22-26.10.2012

Analiza pełnego, średniego dobowego z 5-ciu dni w dwóch okresach obserwacyjnych, pionowego rozkładu wybranych parametrów meteorologicznych, dostarcza następujących informacji. Dla temperatury powietrza w maju 2012 roku wyodrębniono pięć 5-cio stopniowych klas termicznych w terenie otwartym (rys. 7A) i cztery na granicy lasu (rys. 7B). Różnica była wynikiem występowania wartości $t > 25^{\circ}\text{C}$ tylko w terenie otwartym, jednak ograniczona do wysokości 0,5 m. W terenie otwartym przed południem temperatura szybciej osiągała wartości wyższych przedziałów, jednak po południu czas przejścia do niższych wartości był już zbliżony. Na granicy lasu temperatura była zdecydowanie wyrównana w pionie, jednak najcieplej było w środkowej warstwie pomiarowej (1-2m). Największe różnice wilgotności względnej powietrzaw terenie otwartym między poszczególnymi poziomami były osiąganegłównie przy najwyższych (klasa 80-100%) i najniższych jej wartościach (klasa 20-40%) w ciągu doby. Pierwsza występowała średnio między godziną 22:00 a 23:00 tylko do 0,5 m wysokości, druga między godz. 9:00 a 10:00 w warstwie przygruntowej. Na granicy z lasem różnice wilgotności względnej w układzie pionowym były praktycznie symboliczne.

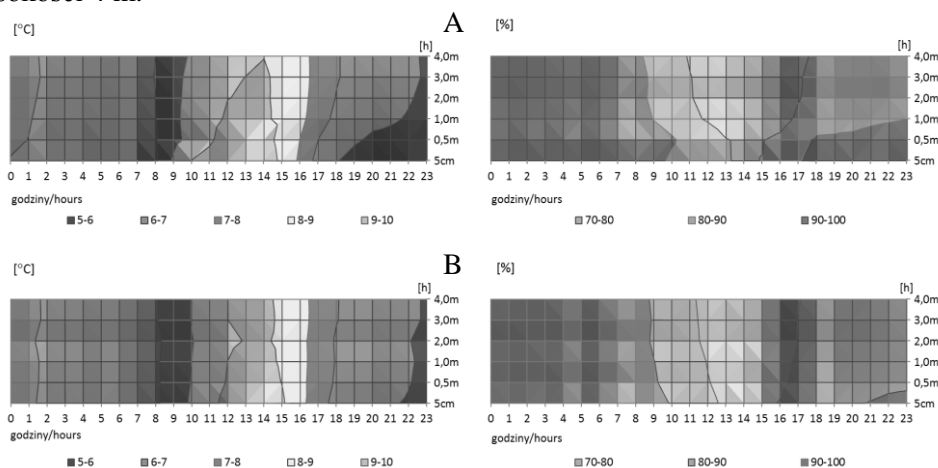


Rys. 7. Średnie 5-ciodniowe wartości temperatury powietrza i wilgotności względnej na poszczególnych wysokościach nad ekosystemem trawiastym w terenie otwartym (A) i na granicy z lasem (B) w okresie 1-5.05.2012 w Bałdach

Rys. 7. Average 5-day air temperature values and relative humidity at various heights above the grassland ecosystem in the open area (A) and at the border of the forest (B) during the period of 1-5.05.2012 in Bałdy

W drugim okresie pomiarowym, w październiku 2012 roku, zanotowane niższe wartości temperatury powietrza miały wpływ na zdecydowany spadek wartości poszczególnych przedziałów klasowych do 1°C . Średnia 5-ciodniowa wilgotność względna nie spadła $< 70\%$, co także skutkowało mniejszą liczbą klas, w prze-

działach co 10%. Zarówno w terenie otwartym (rys. 8A), jak i na granicy lasu (rys. 8B) temperatura powietrza występowała we wszystkich wydzielonych klasach termicznych. Największa różnica w rozkładzie pionowym tego parametru dotyczyła klas skrajnych. Temperatura w zakresie 9-10°C na dużych wysokościach występowała rzadziej niż na niższych, podobnie jak temperatura w zakresie 5-6°C. W związku z tym przesunięciu ulegał czas występowania głównie klas sąsiadujących. Za rozkładem warunków termicznych nad ekosystemami trawiastymi podążały warunki wilgotnościowe. Przez niemal 9 godzin na dobę, w całym profilu pionowym, wilgotność względna sięgała >90%, a na wysokości do 1 m trwało to nawet o pięć godzin dłużej – w terenie otwartym lub dwie godziny dłużej do wysokości 0,5 m – na granicy lasu. Poza tym dłużej wilgotność względna w najniższym przedziale klasowym utrzymywała się w obu przypadkach na wysokości 4 m.



Rys. 8. Średnie 5-ciodniowe wartości temperatury powietrza i wilgotności względnej na poszczególnych wysokościach nad ekosystemem trawiastym w terenie otwartym (A) i na granicy z lasem (B) w okresie 22-26.10.2012 w Białdach

Fig. 8. Average 5-day air temperature values and relative humidity at various heights above the grassland ecosystem in the open area (A) and at the border of the forest (B) in the period of 22-26.10.2012 in Białdy

WNIOSKI

1. Warunki mikroklimatyczne nad ekosystemem trawiastym w przestrzeni otwartej charakteryzują się dużo większą zmiennością i rozpiętością osiągniętych wartości temperatury powietrza, niż nad ekosystemem na granicy z lasem, niezależnie od pory roku.

2. Rozkład wilgotności względnej jest bardziej stonowany, a różnice w wartościach osiągniętych parametrów widoczne są głównie w okresie jesiennym. Różnice zaobserwowane na poszczególnych wysokościach to wynik całokształtu warunków pogodowych.

3. Nadzwyczaj ciepły początek maja, który miał związek z napływem ciepłych mas powietrza pochodzenia zwrotnikowego, pozwolił zaobserwować rozkład wybranych elementów meteorologicznych w układzie zbliżonym do pełnego okresu ciepłego (z wyłączeniem znacznych spadków temperatury w godzinach porannych).

4. Z kolei stosunkowo jednolite termicznie ostatnie dni października, z udziałem głównie mas powietrza polarnego morskiego (ostatniego dnia nastąpiło chwilowe rozpozogodzenie za sprawą mas kontynentalnych), ukazała na ogół niewielką zmienność poszczególnych parametrów, co też potwierdziła niewielka liczba i rozpiętość przedziałów klasowych.

PIŚMIENICTWO

- Awtrey, D., 1997. Transmitting data and power over a One-Wire Bus. *Sensors. The Journal of Applied Sensing Technology*, 14, 2, 48-51.
- Bokwa A., 2001. Ekstremalne gradienty temperatury w przygruntowej warstwie powietrza. *Przegląd Naukowy WliKŚ SGGW*, 21, 153-159
- Davidson A.J., Aujard F., London B., Menaker M., Block G.D., 2003. ThermoChroniButtons: An inexpensive method for long-term recording of core body temperature in untethered animals. *Journal of Biological Rhythms*, 18, 5, 430-432.
- Główny Urząd Statystyczny, 2014. (www.stat.gov.pl).
- Panfil M., Leśny J., 2013. Analysis of the quality of the functioning of the sensors iButton® for their suitability for environmental studies. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, PAN Kraków*, 1, IV, 225-240.
- Rogulski W., Kasperska-Wołowicz W., Łabędzki L., Smarzyńska K., 2005. Temperatura i wilgotność powietrza w warstwie przygruntowej w okresie wegetacyjnym w różnie uwilgotnionych siedliskach łąkowych. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, IMUZ*, 5, 2(15), 111-130.
- Rogulski W., Łabędzki L., Kasperska-Wołowicz W., 2004. Pionowy układ temperatury w przyziemnej warstwie atmosfery w siedliskach łąkowych w rejonie Bydgoszczy. *Acta Agrophysica*, 3(1), 143-151.
- Willis, C. K. R., Jameson, J.W., Faure, P.A., Boyles, J.G., Brack, V.Jr., Cervone T.H., 2009. ThermoChroniButton and iBat temperature dataloggers emit ultrasound. *Journal of Comparative Physiology*, B. 179, 7, 867-874.

STRATIFICATION OF THERMO-HYGROMETRIC CONDITIONS
OF A GRASSY ECOSYSTEM IN THE OPEN AREA
AND ON THE EDGE OF A FOREST

Monika Panfil¹, Jacek Leśny², Jacek Alberski³

¹Department of Meteorology and Climatology, University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Pl. Łódzki 1, 10-719 Olsztyn

e-mail: monika.panfil@uwm.edu.pl

²Department of Meteorology, Poznań University of Life Sciences
ul. Piątkowska 95, 60-649 Poznań

³Department of Grassland, University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Pl. Łódzki 1, 10-719 Olsztyn

Abstract. The work is the analysis of the microclimatic conditions over the grassland ecosystem within the Teaching and Research Station in Bałdy, located in the Olsztyn Lake District. The study was carried out based on the resources of grassland station, devoted primarily to cattle grazing in the period from the first decade of May to end of October. In order to verify the thermal and moisture indicators, observations were made of air temperature and relative humidity for six heights: 0.05 m; 0.5 m; 1.0 m; 1.5 m; 2.0 m; 3.0 m; 4.0 m at the two selected points. They were located above the grassland ecosystem in the open area and at the border of the forest. Data on air temperature were recorded at a frequency of 5-minute measurements in two series : spring and autumn, each time for five days. As a result of the measurements, unique schedule of daily and hourly values at various altitudes were obtained. They show that the microclimates of the individual points are clearly differentiated.

Key words: iButton sensor, air temperature, environmental studies