

PROPOZYCJA ZMIANY METODYKI POMIARÓW NIEKTÓRYCH ELEMENTÓW METEOROLOGICZNYCH W OGRODACH BOTANICZNYCH

Proposition of change meteorological measurement methodology in botanical gardens

Szymon ŁUKASIEWICZ

*Ogród Botaniczny Uniwersytetu im. A. Mickiewicza,
ul. Dąbrowskiego 165, 60-594 Poznań*

WSTĘP

Większość Ogrodów Botanicznych i parków w Polsce znajduje się na terenie dużych aglomeracji miejskich. Otoczone miejską zabudową stanowią one wyróżniający się fragment, naturalistycznie zagospodarowanej przestrzeni. W miejsce pierzei ulic, ścian i dachów budynków, w ogrodach botanicznych i zieleni miejskiej dominują układy złożone z naturalnych elementów, m. in: grup drzew i krzewów, sieci hydrograficznej, kultywowanych trawników, łąk itp. Dla cyrkulacji atmosfery stwarza to odmienne warunki, zarówno w porównaniu do zwartej zabudowy jak i w odniesieniu do powierzchni otwartych. Aby ukazać tę specyfikę, pomiary meteorologiczne w ogrodach botanicznych, w przeciwieństwie do standardowych stacji meteorologicznych, powinny być dokonywane w miejscach dla nich reprezentatywnych, tj. w bezpośrednim otoczeniu wymienionych grup roślin.*

CEL PRACY

Celem pracy jest przedstawienie modyfikującego wpływu roślinności na parametry atmosfery: temperaturę i wilgotność powietrza. Fito-klimat Ogrodu Botanicznego UAM został przedstawiony na tle pomiarów stacji meteorologicznej IMGW Poznań-Ławica, która zlokalizowana jest, na tym samym co Ogród, segmen-

cie geomorfologicznym, tj. wysoczyźnie morenowej płaskiej (Łukasiewicz 1996).

METODYKA BADAŃ

W latach 1995–1999 prowadzone były na terenie Poznania badania rytmiki sezonowej kasztanowca zwyczajnego (białego) *Aesculus hippocastanum* L. Wykonywano je w oparciu o metodykę obserwacji fenologicznych na dwudziestu jeden stanowiskach w obrębie miasta. Równoległe prowadzone były analizy wybranych czynników środowiska. Pozwoliło to na wykazanie związków komponentów abiotycznych z kondycją i stanem zdrowotnym drzew. Istotnym elementem tych badań były pomiary temperatury i wilgotności powietrza. Punktem odniesienia dla powierzchni badawczych w mieście było stanowisko w Ogrodzie Botanicznym UAM.

Na każdym stanowisku zainstalowano w marcu 1999 roku mikrorejestratory temperatury i wilgotności powietrza. Dysponując informacjami o sumie opadów i ich rozkładzie rocznym (dane z IMGW), wilgotności powietrza na stanowisku oraz o temperaturze tego miejsca, można określić dominujące cechy występującego tam reżimu stanów pogody. Wymienione parametry są bowiem głównymi elementami określającymi klimat danego obszaru (Woś 1994).

Mikrorejestratory temperatury i wilgotności powietrza Hobo Pro Series Data Loggers, Onset Computer Corporation, USA (Fot. 1), dzięki

* W ogrodach botanicznych, przy wyborze miejsca dla stacji meteorologicznej, powinien być uwzględniony cel oraz specyfika panujących warunków topoklimatycznych. Nieuwzględnienie tej specyfiki, pomija wpływ istniejącej tu, wielopiętrowej szaty roślinnej.



Fot. 1. Czujnik HOBO Pro Series Data Loggers, Onset Computer Corporation, USA.

Photo. 1. HOBO sensor, Pro Series Data Loggers, Onset Computer Corporation, USA.

dużej pojemności pamięci mikroprocesora (zdolnej do zapisania 65 000 pomiarów), wodoodporności, małym poborze energii (jedna ba-

teria wystarcza na 3 lata), dokładności ($\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ w zakresie od -30 do $+70^{\circ}\text{C}$, $\pm 3\%$ RH) i małym rozmiarom (średnica 8 cm) umożliwiają zapisywanie wartości temperatury i wilgotności na dowolnych stanowiskach. W omawianym przypadku zostały one zamocowane bezpośrednio przy pniu drzewa po jego północnej stronie, wewnątrz korony, na wysokości 4 metrów nad powierzchnią gruntu. Pozwoliło to na wyeliminowanie wpływu bezpośredniego promieniowania słonecznego na wartości pomiarów. Miejsce dokonywania pomiarów w ogrodzie botanicznym reprezentowało charakter powierzchni parkowej. Uniknięto skrajności leśnego zwarcia drzewostanu z jednej strony jak i powierzchni otwartej z drugiej (Ryc. 1). Urządzenia zaprogramowano tak, by zapisywały wartości temperatury i wilgotności co godzinę. Do obliczeń wykorzystano pomiary z godzin, o których mierzone są ww. parametry na stacji IMGW. Jest to osiem pomiarów: 00.00, 03.00, 06.00 09.00, 12.00, 15.00, 18.00 i 21.00. Czujniki zawieszono 9 marca 1999 roku w godzi-

Ryc. 1. Miejsce lokalizacji czujnika HOBO w Ogrodzie Botanicznym UAM w Poznaniu. Strzałka wskazuje miejsce wykonywania pomiarów na kwaterze G.

Fig. 1. Place of mounting the HOBO sensor in the botanical garden of UAM, Poznań. The arrow points shows the place, where the measurements was taken on area G.

nach porannych, a zdjęto 13 grudnia tegoż roku. Dokonywanie pomiarów zostało zaprogramowane od 10 marca, a ostatnie pomiary do obliczeń odczytano do 12 grudnia włącznie. Termin rozpoczęcia pomiarów na stanowiskach wyprzedzał o około miesiąc ukazywanie się pierwszych liści na osobnikach kasztanowców. Zdjęcia czujników dokonano po opadnięciu ostatnich liści na wszystkich drzewach *Aesculus hippocastanum* L. w mieście. Źródłem standardowych danych meteorologicznych była stacja sieci pomiarowej IMGW Poznań-Ławica, znajdująca się w linii prostej 3,5 km od wnętrza Ogrodu Botanicznego.

Błąd pomiarowy wynikający ze zwiększonej o dwa metry wysokości dokonywania pomiarów, w porównaniu do stacji IMGW, wydaje się być mało istotny z uwagi na fakt, że zmiana ta, dotyczy różnicy pomiędzy 2. a 4. metrami wysokości. Na wysokości dwóch metrów pominięte już bowiem zostały, zależne od nasłonecznienia, różnice temperatur jakie występują blisko powierzchni czynnej, tj. przy powierzchni gruntu. Można zatem dla tej różnicy wysokości przyjąć gradient adiabatyyczny, tj. spadek temperatur wraz z wysokością, który wynosi średnio od 0,6 do 1°C na 100 m wysokości. Zgodnie z tym, obniżenie temperatury, spowodowane zmianą wysokości o dwa metry, wynosi od 0,012 do 0,02°C, co przy różnicach temperatur między stanowiskami, dochodzącymi do kilku stopni C, stanowi wartość nieistotną.

Czujniki dokonywały automatycznie czterech pomiarów temperatury i wilgotności powietrza: wilgotności względnej, RH w (%), wilgotności bezwzględnej, HUM w (gm^{-3}), temperatury, T w (°C) oraz temperatury punktu rosy, DP w (°C).

W celu określenia wpływu koron kasztanowca na warunki świetlne przy powierzchni gruntu, wykonano pomiary natężenia światła pod koronami i poza ich obrębem, przy pomocy czujnika światła fotosyntetycznie czynnego LI-190SA Quantum Sensor ($\mu\text{mol s}^{-1}\text{m}^{-2}$) i Data Loggera typ LI-1000 (LI – COR, Lincoln, Nebraska, USA). Pomiary dokonano w sierpniu 2001 roku na stanowiskach z nisko ugałęzionymi koronami.

Przedrostki stosowane dla określenia warunków klimatycznych, wywodzą się z metodyki badań klimatycznych i przedstawiają różne skale przestrzenne. Pojęcie **mikroklimatu** dotyczy małej powierzchni, którą analizują biolodzy

w badaniach ekologicznych. Dotyczy to np. korony drzewa, kępy traw czy małej polanki śródlesnej o wyrównanych parametrach oświetlenia, temperatury i wilgotności. Większą powierzchnię terenu opisuje **topoklimat**, tj. klimat miejsca. Określenie to stosuje się dla obszarów jednorodnych lecz nie istniejących samodzielnie, rozróżnianych na mapie topograficznej, stąd przedrostek „topo”. Mogą to być np: stok wzniesienia o wystawie południowej lub północnej, wierzchowina, plaża, brzeg (jeziora, polany, lasu) itp. Natomiast na określenie zespołu mikroklimatów używany jest termin **mezoklimat**, który odnosi się do jednostek geograficznych samoistnych np. do rynny jeziornej, doliny, zespołu wzgórz czy terenu miasta (Okołowicz 1969). Na początku XX wieku J. Paczowski wprowadził pojęcie **fitoklimatu** (Celiński 1993). Termin ten oznacza wpływ jaki wywierają zbiorowiska roślinne na parametry atmosfery. „Fitoklimat” należy więc do kategorii pojęć jakościowych i ma zastosowanie do różnych skal przestrzennych. Może to dotyczyć zarówno skali mikroklimatu (np. kępy traw), topoklimatu (np. klimat lasu bukowego) czy mezoklimatu, gdy dotyczy obszaru wyróżnianego jako forma terenu pokrytego roślinnością.

Ze względu na dominujące na terenie Poznania, oddziaływanie otoczenia na korony drzew, uzyskane wyniki pomiarów temperatury i wilgotności należy rozpatrywać w kategorii pomiarów topoklimatycznych. Rozpatrując parametry pogodowe danego stanowiska należy pamiętać, że odniesieniem wyższego rzędu jest skala przestrzenna mezoklimatu miasta.

Podczas analizy wyników należy brać pod uwagę następujące uwarunkowania:

- Dokonywane pomiary obrazują wahania wartości elementów pogodowych we wnętrzu korony. Opisana lokalizacja czujników, po stronie północnej pni drzew, pozwoliła na dokonywanie przez urządzenia rzeczywistych pomiarów atmosfery. Pominięte zostały bowiem wartości skrajne na tzw. powierzchni czynnej, gdzie zachodzą intensywne procesy zamiany energii. Dotyczy to zarówno temperatur maksymalnych w dzień, jak i odczuwalnych, szczególnie nad ranem, na otwartej powierzchni, wychłodeń typu radiacyjnego.
- Na stanowiskach, pominiętych w niniejszej pracy, w obrębie miasta, uzyskano znaczące różnice wyników parametrów atmosfery, pomimo

zastosowania jednorodnych warunków pomiarów. Oznacza to przewagę właściwości podłoża w szerszej skali tj. w skali topoklimatycznej, nad fitoklimatem tworzoną przez koronę pojedynczego drzewa (Łukasiewicz 2002).

Zrozumiałe jest, iż zróżnicowanie pokrycia terenu (powierzchnie biologicznie aktywne a zabudowa miejska) oznacza zmianę charakteru powierzchni czynnej. Dotyczy to takich parametrów jak: pojemność cieplna, albedo czy emisja promieniowania długofalowego (Woś 1994, 1999, Lewińska 2000). Wydaje się, iż zarejestrowane parametry dobrze oddają istotę tych różnic. Dokonywanie pomiarów co godzinę umożliwiło (biorąc pod uwagę charakter procesów atmosferycznych), zapis parametrów pogodowych praktycznie w sposób ciągły. Uzyskano dzięki temu dane obrazujące różnice topoklimatyczne w obrębie klimatu miasta. Dzięki zachowaniu niezmiennych warunków pomiarów (wystawa, sposób zamocowania czujników), uzyskane parametry, dotyczące np. temperatur minimalnych, dobrze odzwierciedlają różnice, które osiągnęły nawet 5,7°C między stanowiskami: w Ogrodzie Botanicznym i na stacji IMGW.

WYNIKI

Temperatura minimalna

Przebieg temperatury minimalnej został przedstawiony na rycinie 2A. Średnia różnica temperatur na stanowiskach wynosiła 1,8°C, przy maksymalnej wartości dochodzącej do 5,7°C i różnicach wyników na poziomie wysoce istotnym statystycznie $p = 0.0003$. Na wykresie widoczne są dwie tendencje w przebiegu temperatur minimalnych. Od pierwszego dnia pomiarów, tj. od 10 marca, wartości pomiarów są zbliżone do siebie, co może wynikać z braku ulistnienia i możliwości swobodnego wypromieniowania energii w Ogrodzie, w postaci długofalowego promieniowania Ziemi. Natomiast początek wegetacji skutkuje powstaniem różnic, osiągających swe maksimum w okresie letnich upałów. Zjawisko to może tłumaczyć utrzymywanie się podwyższonych temperatur minimalnych w Ogrodzie Botanicznym, występujących równoległe z ulistnieniem roślin.

Temperatura maksymalna

Temperatura maksymalna została przedstawiona na rycinie 2B. Średnia różnica tempera-

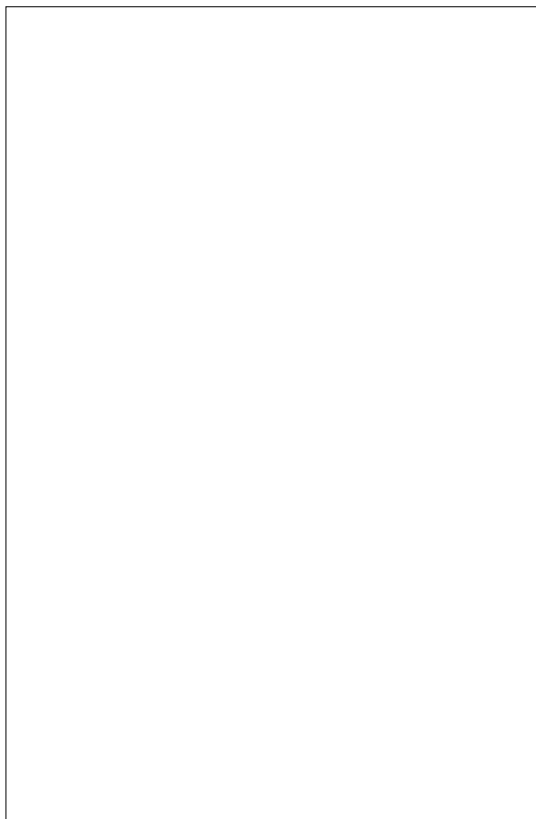
tur maksymalnych wyniosła 0,7°C, przy wartości maksymalnej różnic osiągającej 1,3°C i braku istotnych różnic statystycznych między stanowiskami. W okresie pomiarowym wyróżnia się tutaj okres z panującymi temperaturami powyżej 20°C. Po przekroczeniu tej wartości, temperatura maksymalna powietrza zanotowana na stacji IMGW jest wyraźnie wyższa od wartości w Ogrodzie Botanicznym. Może to świadczyć o tym że największy wpływ koron drzew na obniżenie temperatur maksymalnych w okresie letnich upałów, ujawnia się po przekroczeniu wartości 20°C.

Wilgotność względna powietrza

Przebieg wilgotności względnej powietrza (%) na tle wartości opadów (mm) został przedstawiony na rycinie 3. Średnie zróżnicowanie między stanowiskami wyniosło 4,2%, przy różnicach maksymalnych wynoszących 28% i wysoce istotnym zróżnicowaniu wyników na poziomie $p=0.0007$. Znacząco wyższe wartości wilgotności w Ogrodzie Botanicznym niż na stacji IMGW są skorelowane z występowaniem opadów, szczególnie gdy były one cykliczne, w krótkich odstępach czasu. Natomiast w okresach suszy i letnich upałów w lipcu, zaznacza się obniżenie wartości wilgotności względnej w Ogrodzie. Może to być spowodowane mechanizmem obronnym roślin, ograniczającym transpirację w wyniku bilansowania, będącej w deficycie wody i jej zużyciem na procesy fizjologiczne. Równoległe z cyklicznymi opadami i temperaturą poniżej 15°C w okresie jesiennym (Ryc. 3), uwidacznia się niemalże liniowy wzrost wilgotności powietrza w Ogrodzie Botanicznym, osiągając, przy panującej temperaturze poniżej 10°C, wartość bliską nasycenia, tj. 100%.

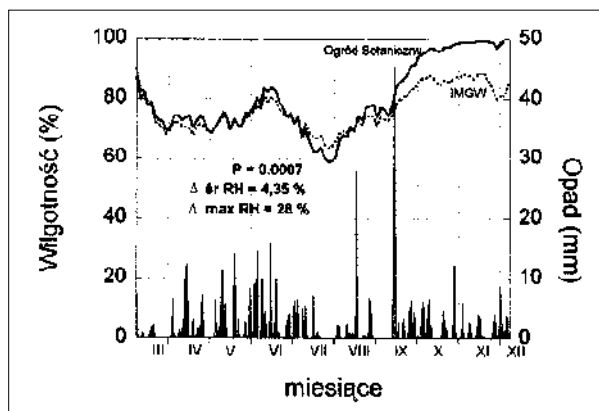
DYSKUSJA

Na obszarach miast w których zlokalizowane są Ogrody Botaniczne funkcjonują stacje IMGW (Lublin, Łódź, Poznań, Warszawa, Wrocław i in.) których celem jest zbieranie informacji o parametrach atmosfery, wg jednolitej metodyki badań. Celem obserwacji meteorologicznych w ogrodach botanicznych jest próba odpowiedzi na pytanie: w jakim stopniu wzajemne ocienianie drzew i krzewów modyfikuje (znane dzięki pomiarom IMGW), elemen-



Ryc. 2. Przebieg temperatury minimalnej (A) i maksymalnej (B) w Ogrodzie Botanicznym UAM i na stacji meteorologicznej IMGW Poznań Ławica, od 10 marca do 12 grudnia 1999 roku. ns – brak istotnych różnic

Fig. 2. Courses of minimum (A) and maximum (B) temperatures in the UAM botanical garden and in the meteorological station of IMGW in Poznań Ławica, from 10 March to 12 December 1999. ns – no substantial differences



Ryc. 3. Przebieg wilgotności względnej powietrza na tle opadów w Ogrodzie Botanicznym UAM i na stacji meteorologicznej IMGW Poznań Ławica, w okresie od 10 marca do 12 grudnia 1999 roku.

Fig. 3. Course of relative air humidity on the basis of precipitation in the UAM botanical garden and in the meteorological station of IMGW in Poznań Ławica, from 10 March to 12 December 1999.

ty meteorologiczne w napływających masach powietrza? Powierzchnie parkowe cechuje przy tym mozaika pokrycia terenu, od zwartych zadrzewień, poprzez kompozycje krzewów i bylin, do jednorodnych powierzchni trawników wyłącznie. Zróżnicowanie parametrów atmosfery w poznańskim Ogrodzie Botanicznym było badane przez Krotoską (1972), która wykazała różnice temperatury powietrza między zgrupowaniami roślin drzewiastych a zbiorowiskami traw dochodzące do kilku stopni C.

Zmiana właściwości atmosfery przez rośliny dotyczy amplitud temperatur, niedosytu wilgotności powietrza czy siły suszącej wiatru. Bezpośrednią przyczyną tych zmian jest zatrzymywanie przez ulistnione korony drzew około 80% krótkofalowego promieniowania Słońca, ograniczanie przez nie swobodnego wypromieniowania energii w postaci długofalowego promieniowania Ziemi oraz hamowanie swobodnego przepływu powietrza (Lewińska 2000). I tak na przykład, kasztanowce białe (zwyczajne) *Aesculus hippocastanum* L. posiadają jedne z największych powierzchni liści wśród drzew (Kmieć 1997, za cyt. tam lit.). Tak bogate ulistnienie ogranicza docieranie promieniowania fotosyntetycznie czynnego nawet do 0,5% wartości natężenia światła na terenie odkrytym (Łukasiewicz 2002). Konsekwencją silnego ocienienia gleby przez wysoką zieleń, jest obniżenie temperatury gruntu pod drzewami nawet o 10°C, w porównaniu do nasłonecznionej powierzchni trawnika, co potwierdza hipotezę o kluczowej roli szaty roślinnej w kształtowaniu się bilansu cieplnego (Walter 1976, Woś 1994, 1999, Kędziora 1999, Lewińska 2000).

W przypadku omawianego terenu, duże powierzchnie podszytu z roślin okrywowych oraz znaczący udział rozwiniętej warstwy krzewów sprawiają, iż opady nawilżają, niewspółmiernie większą od płaszczyzny poziomej, powierzchnię kolejnych pięter liści, konarów i pędów drzew, krzewów oraz bylin. Dane z literatury podają że powierzchnia liści, tylko w przypadku drzew, od 6 do 12 razy przekracza powierzchnię rzutu ich korony (!) (Siewniak, Zielonko 1973, Lewińska 2000). Wielopiętrowość oraz wzajemne osłanianie roślin osłabiają przy tym siłę wiatru i wymuszają turbulencję strumieni powietrza, co sumarycznie sprzyja dłuższemu utrzymaniu wilgotnych mas atmosfery w zadrzewieniach. Opóźnia to i ogranicza utratę wo-

dy z powierzchni roślin wywoływaną swobodnym przepływem wiatru, co jest skutkiem jego mniejszej prędkości oraz złagodzonego niedosytu wilgotności powietrza.

W większości ogrodów botanicznych istnieją także przestrzenie odsłonięte, umożliwiające swobodny przepływ powietrza i nieograniczone nasłonecznienie, przez co miejsca takie są klimatycznie mniej zależne od szaty roślinnej. Jednakże, badania w takich miejscach obciążone są logicznym błędem, powtarzając wyniki stacji IMGW. Pomiary dokonywane na powierzchniach otwartych przedstawiają bowiem odmienne właściwości atmosfery niż w bezpośrednim otoczeniu zespołu drzew i krzewów. Różnice te pogłębiają się w miarę oddalania od grup roślin. I tak, w odległości 50 m od skraju zieleni parkowej, obniżenie temperatury wynosi już tylko 0,4°C, będąc jedynie zauważalne przy odległości 100 m (Bencat, Supuka 1988, za: Lewińska 2000). Tak więc dokonywanie pomiarów poza obszarem wzajemnego oddziaływania roślin, na zewnątrz „w pełnym słońcu”, w istotny sposób zmienia wartości wyników. Dlatego też urządzenia pomiarowe, termometry lub czujniki parametrów atmosfery, powinny być umiejscowione wewnątrz wykształconych kompleksów zieleni, w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących tu roślin, ponieważ miarodajne dane dla miejsc otwartych dostarczają stacje meteorologiczne IMGW.

Sugerowana częstotliwość pomiarów co godzinę wynika z modyfikującego oddziaływania roślin na parametry atmosfery. Fitoklimat tworzony głównie przez korony drzew i krzewów zmienia godziny występowania temperatur minimalnych i maksymalnych. Jest on także sprawcą większej wilgotności powietrza po zaistnieniu opadów.

Wymienione w artykule czujniki Hobo zostały sprawdzone w badaniach terenowych, zarówno powietrza jak i gleby. Obecnie są one używane m.in. w Instytucie Dendrologii PAN w Kórniku. Hobo Data Loggers umieszczony wewnątrz klatki meteorologicznej dokonuje automatycznych pomiarów temperatury i wilgotności powietrza, w zlokalizowanej na terenie Instytutu, stacji meteorologicznej.

WNIOSKI

Powodowane przez rośliny zmiany parametrów atmosfery pozwalają na następujące wnio-

ski:

1. Powierzchnią czynną, tj. powierzchnią na której dokonuje się zamiana promieniowania całkowitego na energię ciepłą, są górne, zewnętrzne warstwy drzew i krzewów. Oznacza to ocienienie pod koronami i zmniejszenie dopływu energii słonecznej do powierzchni gruntu. W konsekwencji, **obniżeniu ulegają tu temperatury maksymalne** gdyż największe ilości ciepła zostają zatrzymane w koronach roślin. Natomiast w nocy, pod koronami roślin drzewiastych notowane są **wyższe temperatury minimalne**, w porównaniu do terenów otwartych (ulistnienie częściowo odbija długofalowe promieniowanie Ziemi). **Zjawisko to zmniejsza dobowe amplitudy temperatury powietrza w zwartych zespołach roślin**, w porównaniu do obszarów pozbawionych roślinności.
2. Zwiększona dostawa wody z procesów ewapotranspiracji, tj. jej transpiracja przez rośliny oraz parowanie z powierzchni gleby, cieków i stawów, skutkuje większą **wilgotnością względną powietrza**. Większa ilość pary wodnej oznacza **mniejszy niedosyt wilgotności atmosfery**. Zmniejsza to bezproduktywne parowanie roślin na rzecz produktywnej transpiracji.
3. Wypełnienie przestrzeni drzewami, krzewami, pnączami, roślinami okrywowymi itp., stanowi przeszkodę dla wiatru, osłabiając jego siłę. Zamiast swobodnego przepływu powietrza, porywającego cząstki wilgoci, istnienie naturalnych przeszkód zmniejsza prędkość wiatru wewnątrz zbiorowiska roślin i wymusza jego turbulencję. Wynikiem tego jest dłuższe przebywanie wilgotnych mas powietrza na terenie ogrodu-parku. Skutkuje to **mniejszą siłą ssącą atmosfery** w stosunku do wilgoci, zależną od prędkości wiatru.
4. W czasie trwania deszczu nawilżeniu ulega (do ponad 10 razy większa od terenu) powierzchnia liści kolejnych warstw roślinnych. Po opadach, parowanie z tak dużej ich powierzchni skutkuje większą wilgotnością względną powietrza, w porównaniu do obszaru pozbawionego roślin drzewiastych. Jednocześnie, **dzięki osłabieniu siły wiatru, po opadach, nasycenie parą wodną powietrza utrzymuje się dłużej**, w porównaniu do obserwacji na innych powierzchniach, w tym

na stacji meteorologicznej IMGW.

5. Zaproponowane modyfikacje dotyczą umieszczenia czujników w otoczeniu zwartych zespołów roślin oraz częstszego, automatycznego dokonywania pomiarów w rytmie dobowym, tj. co godzinę.

Podsumowując, zmiany parametrów atmosfery w zespołach roślin odnoszą się do:

- TEMPERATURY (obniżenia temperatur maksymalnych i podwyższenia minimalnych tj. zmniejszenia ich amplitud),
- WILGOTNOŚCI (wzrostu wilgotności względnej powietrza),
- PRĘDKOŚCI WIATRU (zmniejszenia prędkości wiatru),
- CZASU REAKCJI (dłuższego utrzymywania się wyższej wilgotności po zaistnieniu opadów).

SUMMARY

The article presents temperature and humidity differentiation in the botanical garden of Adam Mickiewicz University (UAM) in Poznań in comparison to a professional meteorological station, which is 3,5 km away in the straight line. The conclusions make us change the methodology of taking measurements in park-and-forest areas, which are botanical gardens, in comparison to standard climatic stations. The changes of atmosphere parameters caused by plants rely on:

1. The active surface, i.e. the surface on which light radiation is converted into thermal energy is the upper layer of tree and bush heads. This means shading under the heads and reducing the flow of solar energy to the ground surface. As a result, **maximum temperatures are lowered** at daytime (the largest amounts of heat are trapped in their heads), whereas at night, **recorded minimum temperatures are higher** in comparison to open areas: the foliage partially reflects long-wave radiation of the Earth. **This effect mitigates daily temperature amplitudes in solid plant complexes.**
2. Increased water supply from evapotranspiration processes, i.e. evaporation from the surface of the soil, watercourses, ponds, and its transpiration by plants result in **higher air humidity**. A larger amount of water vapor means a **lower shortage of atmosphere humidity**. This slows down unproductive plant evapora-

tion in favor of productive transpiration.

3. Filling the space with trees, bushes, climbing plants, cover plants, etc. is a considerable obstacle for the wind, thus decreasing its strength. As a result, instead of a free air flow taking moisture particles, natural obstacles decrease wind velocity within the plant complex and force its turbulence. This results in a longer stay of the humid air mass in the area of the garden, and therefore, **lower sucking force of the atmosphere** depending on wind velocity, **in respect to humidity**.
4. While raining, the moistened surface is unproportionally larger (up to over 10 times) than the area; this is the leaf surface of subsequent plant floors. After raining, evaporation from such a large surface results in higher air humidity, in comparison to the area without trees. Simultaneously, due to decreasing wind power, water vapor saturation of air after rains is maintained longer in comparison to observations in other areas, including the climatic station of the Meteorological Institute (IMGW).

LITERATURA

- Celiński F. 1993.** Fitoklimat. [W:] Szwejkowscy A.J. Słownik botaniczny. Wiedza Powszechna, Warszawa: 159.
- Kędziora A. 1999.** Podstawy Agrometeorologii, PWRiL, Poznań, ss. 364.
- Kmieć K. 1997.** Ocena zawartości escyny w nasionach kasztanowca *Aesculus hippocastanum* L. Rozprawa doktorska. Katedra Farmakognozji. Collegium Medicum UJ, Kraków, ss. 173.
- Krotoska T. 1972.** Wstępne badania nad mikroklimatem termicznym na terenie Ogrodu Botanicznego UAM. Biuletyn Ogrodów Botanicznych, Wiadomości Botaniczne T. XVI, z. 3: 202-206.
- Lewińska J. 2000.** Klimat miasta. Zasoby, zagrożenia, kształtowanie. IGPIK. Kraków, ss. 151.
- Łukasiewicz Sz. 1996.** Rzeźba terenu i warunki gruntowo-wodne Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Biuletyn Ogrodów Botanicznych, 5: 773-78.
- Łukasiewicz Sz. 2002.** Wpływ wybranych czynników na rozwój kasztanowca białego *Aesculus hippocastanum* L. w warunkach miejskich Poznania. Rozprawa doktorska, Wydział Biologii UAM, Poznań, mscr.
- Okołowicz W. 1969.** Klimatologia ogólna. PWN, Warszawa, ss. 395.
- Siewniak M., Zielonko A. 1973.** Rola zieleni w oczyszczaniu powietrza w miastach. Ogrodnictwo 1/73: 22-24.
- Walter H. 1976.** Strefy roślinności a klimat. PWRiL, Warszawa, ss. 244.
- Woś A. 1994.** Klimat Niziny Wielkopolskiej. Wyd. Naukowe UAM, Poznań, ss. 192.
- Woś A. 1999.** Klimat Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, ss. 302.