

Zróźnicowanie przestrzenne elementów meteorologicznych w miastach, na przykładzie Poznania

SZYMON ŁUKASIEWICZ, JACEK OLEKSYN

Powszechnie używany termin klimat charakteryzuje przyziemne warstwy troposfery, które mają bezpośredni wpływ na funkcjonowanie systemu przyrodniczego Ziemi. Określenie klimat powinno przy tym charakteryzować cyklicznie po-

stawie południowej lub północnej, wierzchołku wzniesienia, plaża, brzeg (jeziora, polany, lasu) itp. Natomiast **mezoklimat** oznacza zespół topoklimatów, co odnosi się do jednostek geograficznych samoistnych, np. do rynny jeziornej, doliny, ze-



Fot. 2. Uschnięty żarnowiec w Ogrodzie Botanicznym UAM, po zimie 1995/1996.

wtarzające się zjawiska atmosferyczne, analizowane z dłuższej, kilkudziesięcioletniej perspektywy czasu. W zależności od wielkości omawianej powierzchni, przed słowem klimat dodaje się różne przedrostki, określające wielkość terenu. I tak, pojęcie **mikroklimatu** dotyczy małej powierzchni, w niewielkiej skali przestrzennej. Może to być na przykład korona drzewa, kępa traw czy mała polanka śródleśna, na których występują wyrównane parametry oświetlenia, temperatury, wilgotności.

Większą powierzchnię terenu opisuje **topoklimat**, czyli klimat miejsca. Określenie to stosuje się do obszarów jednorodnych, które możemy wskazać na mapie topograficznej (stąd przedrostek „topo”), lecz nie istniejących samodzielnie. Są nimi na przykład: stok wzniesienia np. o wy-



Fot. 1. Utwardzona, zaasfaltowana i zabetonowana powierzchnia gleby w promieniu kilkuset metrów wokół drzew. Ul. Grunwaldzka w Poznaniu.

społu wzgórz czy terenu miasta. Na początku XX w. Józef Paczoski wprowadził pojęcie **fitoklimatu**. Termin ten oznacza wpływ, jaki wywierają zbiorowiska roślinne na parametry atmosfery. Fitoklimat w odniesieniu do wielkości powierzchni należy więc do kategorii pojęć jakościowych i ma zastosowanie do różnych skal przestrzennych. Może to dotyczyć zarówno skali mikroklimatu (np. kępa traw), topoklimatu (np. klimat lasu bukowego) czy mezoklimatu, gdy dotyczy obszaru



Fot. 3. Powierzchnie z przemrożonym bluszczem pospolitym *Hedera helix*, po zimie 1995/1996 w Ogrodzie Botanicznym UAM w Poznaniu.

wyróżnianego jako forma terenu pokrytego roślinnością.

W odniesieniu do terenu zabudowanego, mezoklimat aglomeracji miejskiej składa się z mozaiki topoklimatów dzielnic, parków, arterii komunikacyjnych itp. W przypadku drzew przyulicznych, przekształcone przez człowieka otoczenie w szerszej skali przeważa nad mikroklimatem tworzonym przez koronę pojedynczego drzewa. Dlatego też wyniki pomiarów temperatury i wilgotności w jego pobliżu są w rzeczywistości wypadkową oddziaływania korony drzewa i dominującego wpływu otoczenia. Z tego powodu należy je rozpatrywać nie w skali mikro-, lecz topoklimatu.

Miejska wyspa ciepła

Temperatura powietrza wewnątrz miasta jest zwykle wyższa niż na terenach leżących poza miastem. Zjawisko to określa się w literaturze terminem „wyspa ciepła”. Tak rozumiana wyspa ciepła nie stanowi jednorodnego obszaru o wyższej temperaturze, lecz składa się z wielu, różniących się termicznie, powierzchni. Tego rodzaju zjawisko jest obserwowane zarówno w polskich aglomeracjach miejsko-przemysłowych, jak i w większości miast na świecie. Kontrasty ciepłe w przygruntowej warstwie powietrza mogą wynosić nawet kilkanaście stopni. Miarą tego zjawiska w danej aglomeracji jest różnica temperatur maksymalnych między centrum miasta a obszarem poza miejskim. Na przykład w Poznaniu, różnica temperatury powietrza między centrum a obszarem nieurbanizowanym może wynosić nawet 6 do 7°C.

Warunki klimatyczne miasta

Położenie danej miejscowości, a więc jej szerokość geograficzna, decyduje zarówno o ilości energii słonecznej (kąt padania promieni słonecznych), jak i o jej cykliczności (pory roku). W tej sytuacji czynnikami decydującymi o możliwości rozwoju szaty roślinnej są wysokości opadów i temperatur oraz ich rozkład w czasie. Determinują one funkcjonowanie układu roślina – środowisko.

Aglomerację Poznania charakteryzują opady, które występują w sposób nierównomierny i cyklicznie zróżnicowany, charakterystyczny dla klimatu Polski, zarówno w okresach miesięcznych, jak i między kolejnymi latami. Przy średniej opadów z 50-lecia 1955-2004,

wynoszącej 523 mm, zdarzają się lata wybitnie wilgotne, np. 1967, o ilości opadów przekraczającej 760 mm, oraz lata katastrofalnych susz, 1982-1983, o sumie opadów wynoszących odpowiednio 275 i 356 mm. Tak duże różnice sum opadów rocznych, dochodzące do 300% między wartościami ekstremalnymi, uwiadcniają zmienność tego elementu meteorologicznego w kolejnych latach.

O przetrwaniu roślinności w warunkach deficytu wodnego, takiego z jakim mieliśmy do czynienia np. w latach 1982-1983, decyduje mniejsza ilość dostarczanej w naszych szerokościach energii słonecznej. Równie ważnym czynnikiem jest wykorzystanie zasobów wilgoci z głębszych warstw podłoża oraz mechanizmy obronne roślin, jak zamykanie szparek, a w skrajnych sytuacjach więdnienie, zasychanie i przedwczesne zrzucanie owoców oraz liści.

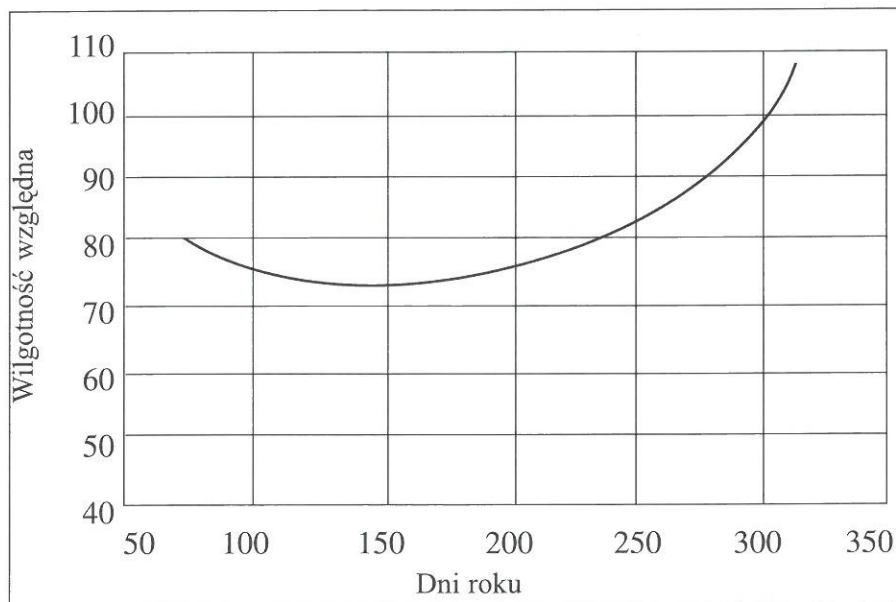
Aby dokładniej uzmysłowić wagę niedostatecznej ilości wody, okresowo zaznaczającej się w naszych warunkach klimatycznych, można przytoczyć wymieniany w hydrologii podział okresów suszy. Rozróżnia się w nim:

- suszę atmosferyczną,
- suszę glebową (prowadzącą do suszy biologicznej),
- suszę hydrologiczną.

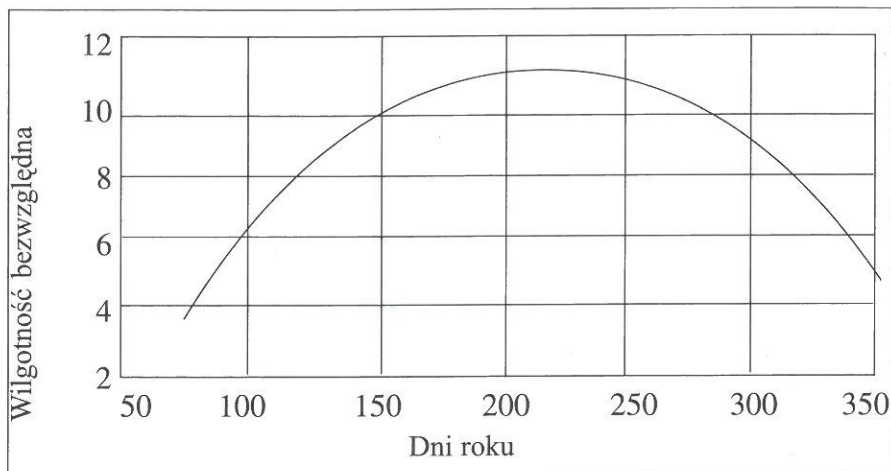
Należy dodać, że ilość opadów odprowadzanych w mieście przez kanalizację burzową, wynosi do 85%. Wielkość ta dobrze obrazuje drastyczne zmniejszenie powierzchni biologicznie czynnej na terenie aglomeracji, wywołane odizolowaniem powierzchni gleby od opadów

(fot. 1). Słuszne też jest twierdzenie, że klimat miejski nadaje siedliskom roślin skrajnie kseryczny charakter. Przemawiają za tym drastyczne ograniczenia możliwości infiltracji wód opadowych oraz znaczna przewaga parowania potencjalnego okresu wegetacji nad wysokością opadów na Niżu Polskim. Konsekwencją tego są pogłębiające się w miastach dysproporcje między zasobami wody w środowisku, a wielkością transpiracji niezbędnej dla procesów życiowych roślin. W warunkach niedoboru wilgoci glebowej to niekorzystne zjawisko jest dodatkowo zwiększane przez wysokie wartości niedosytu wilgotności powietrza.

Naturalna zmienność elementów meteorologicznych wydaje się czynnikiem stresowym nawet dla gatunków krajowych, uznanych jako w pełni dostosowane do naszych warunków klimatycznych. Na przykład w surowej zimie 1995/1996 zaobserwowano na większych powierzchniach w Ogrodzie Botanicznym UAM w Poznaniu przemarzanie niektórych gatunków rodzimych, m.in. żarnowca miotlastego, *Chamaecytisus scoparius* L. (fot. 2), oraz bluszczu pospolitego, *Hedera helix* L. (fot. 3), uznanych za w pełni zaaklimatyzowane. W sytuacji naturalnie występującej mozaiki pogodowej dodatkowe zmiany czynników atmosferycznych na terenach aglomeracji, takich jak podwyższone temperatury, zmniejszenie wilgotności powietrza oraz nasilenie prędkości wiatru, mogą istotnie osłabiać funkcje życiowe roślin. Nie może więc dziwić zarówno masowe zasychanie, jak i przemarzanie gatunków bardziej wrażliwych na



Rys. 1. Przebieg wilgotności względnej powietrza (%) od 10 marca do 12 grudnia 1999 roku na stanowisku pomiarowym w Ogrodzie Botanicznym UAM w Poznaniu



Rys. 2. Przebieg wilgotności bezwzględnej powietrza (gm^{-3}) od 10 marca do 12 grudnia 1999 roku na stanowisku pomiarowym w Ogrodzie Botanicznym UAM w Poznaniu

tak ekstremalne wartości temperatur. Dotyczy to zwłaszcza roślin pochodzących z obszarów o klimatach łagodniejszych, choć w tak zróżnicowanych warunkach klimatycznych również gatunki krajowe roślin cierpią w różnym stopniu.

Wspomniane skrajne wartości temperatury i wilgotności są szczególnie niebezpieczne, gdy pojawiają się kolejno, w następujących po sobie latach. Możemy wówczas mówić o niekorzystnym potęgowaniu się skrajnych wartości elementów meteorologicznych na organizmy roślin, od suszy atmosferycznej i glebowej w okresach upalnych, do mrozów i suszy fizjologicznej zimą.

Od marca do grudnia 1999 roku prowadzono w Poznaniu automatyczne pomiary temperatury i wilgotności na 21 stanowiskach w centrum miasta. Okazało się, że we wszystkich miesiącach średnie temperatury powietrza są wyższe niż takie same wartości, odczytywane na stacji meteorologicznej IMGW Poznań – Ławica. Największe wartości tych różnic dotyczą miesięcy letnich, od czerwca do września włącznie.

Temperatura powietrza

Największe różnice średnich temperatur powietrza między stanowiskami (sięgające do ponad 2°C) wystąpiły w lipcu i w sierpniu. Na podkreślenie zasługuje fakt, że tak znaczne różnice temperatur występowały w tym samym czasie na powierzchniach leżących w niewielkiej odległości od siebie. Jest to wynikiem znacznego zróżnicowania czynników radiacyjnych w mieście – bilansu promieniowania i bilansu ciepłego. Świadczy to także o tym, iż właściwości fizyczne podłoża w promieniu do kilku-

set metrów, mają bezpośredni wpływ na właściwości elementów meteorologicznych, takich jak temperatura i wilgotność (rys.1).

Temperatury maksymalne

Największe różnice temperatur maksymalnych zanotowano w lipcu, przy czym skrajne temperatury 14 lipca wynosiły odpowiednio $31,1^{\circ}\text{C}$ i $36,6^{\circ}\text{C}$, o tej samej godzinie. Za tak zróżnicowane wyniki odpowiada głównie różny charakter podłoża wokół roślin. Niższe temperatury były spowodowane ukształtowaniem terenu (dolinne położenie terasy zalewowej Warty), wystawą północną (osłonięcie ścianą wysokiego budynku) oraz naturalistycznym charakterem powierzchni. Natomiast ekstremalnie wysokie temperatury powodowało zabudowane, zaasfaltowane i utwardzone podłoża w promieniu do kilkuset metrów od drzew, w centrum miasta. Z przytoczonych danych wynika, że właściwości fizyczne podłoża, w tym przypadku nienaturalnej powierzchni czynnej, wywołują negatywne zmiany elementów meteorologicznych takich jak temperatura i wilgotność.

Temperatury minimalne

W Poznaniu potwierdziło się występowanie wyższych temperatur minimalnych na terenach intensywnej zabudowy, w porównaniu z powierzchnią otwartą. Powierzchnie zabudowane w centrum miasta cechuje przesunięcie dobowego przebiegu temperatury w kierunku wartości wyższych. Największe różnice dotyczą nocy, z minimum temperatury przypadającym na godziny 4–5 oraz dnia od 13 do 15. Warto w tym miejscu zauwa-

żyć, iż najniższe wartości zanotowano na stanowiskach o położeniu dolinnym, tj. na terasach zalewowych Warty i Bogdanki. Na tych stanowiskach w nocy zanotowano spadek średniej temperatury minimalnej o 2°C niższy, w porównaniu z zabudowanymi powierzchniami śródmiejskimi. Odzwierciedla to powolniejsze ochładzanie się przestrzeni zabudowanych, o większej pojemności cieplnej, w porze nocnej. Tłumaczyć to można większą ilością zakumulowanej energii w postaci ciepła nagrzanych budynków i nawierzchni ulic oraz zakłóceniem swobodnego wypromieniowania energii w postaci długofalowego promieniowania Ziemi, w porównaniu z terenami otwartymi. Następstwem tego jest utrzymywanie się na takich powierzchniach podwyższonych temperatur, także minimalnych, w całym przedziale dobowym.

Przedstawione powyżej wyniki prowadzą do wniosku, iż czynnikiem odpowiedzialnym za przestrzenny rozkład temperatur minimalnych w mieście jest spływ chłodnych mas powietrza do lokalnych obniżek, powodujący spadki temperatury a nawet tworzenie się zamrozków. W tym kontekście decydujące znaczenie odgrywa położenie dolinne jako forma terenu. Drugą ważną cechą jest brak, bądź niewielki stopień pokrycia powierzchni terenu roślinami i wynikające z tego potencjalnie duże możliwości radiacyjnego wychłodzenia podłoża. Dotyczy to w największym stopniu powierzchni trawiastych, ze słabo rozwiniętą szatą roślinną lub jej brakiem. Czynniki te można uznać za odpowiedzialne za zróżnicowanie temperatur minimalnych, występujących na terenie miasta.

Dopełnieniem charakterystyki warunków termicznych w mieście są średnie dobowe wartości amplitud obliczone jako różnice między temperaturami maksymalną i minimalną. W każdym przedziale pomiarowym, od marca do grudnia, uzyskane w poznańskiej aglomeracji wartości amplitud są niższe niż analogiczne dane ze stacji meteorologicznej Poznań-Ławica. Różnice są znaczne i wynoszą od 30 do 40% wartości zanotowanej na stacji IMGW. Biorąc pod uwagę jedynie okres sezonu wegetacyjnego, od kwietnia do października, różnice średnich amplitud temperatur na stanowiskach w porównaniu ze stacją meteorologiczną, wynoszą aż 35%.

W środowisku naturalnym zmniejszenie amplitud temperatur występuje w sytuacji swobodnego rozwoju zieleni,

z pełnym oświetleniem roślin. W takich warunkach drzewa cechują się dorodnymi koronami, co sprzyja maksymalnemu ocienieniu powierzchni gruntu przez liście. Z literatury oraz z pomiarów własnych wynika, że ulistnienie kasztanowca zwyczajnego (białego) redukuje natężenie światła do najniższych wartości, jakie są spotykane u lasotwórczych gatunków drzew. Na przykład, natężenie promieniowania fotosyntetycznie czułego redukowane jest do 0,5% natężenia oświetlenia w terenie niezadrzewionym! Dobrze wykształcone, bogate ulistnienie oddziałuje w dwojaki sposób na warunki termiczne. Istnienie cienia obniża w jego zasięgu temperatury maksymalne, gdyż największe ilości ciepła zatrzymują górne partie koron drzew. Jednocześnie zwarte korony drzew utrudniają w nocy utratę energii na skutek wypromieniowania. W konsekwencji, zmniejsza to samoistne wychłodzenie powierzchni, prowadząc do wzrostu temperatur minimalnych w ich obrębie.

W warunkach miejskich amplitudy temperatur maksymalnych i minimalnych są ściśle uzależnione od wielkości wolnej nieutwardzonej powierzchni gleby wokół drzew. Wahania amplitud temperatur na poszczególnych stanowiskach znajdują swoje odzwierciedlenie w różnicach pojawów fenologicznych drzew. Niższe wartości amplitud, występujące na terenach zabudowy śródmiejskiej, skutkują wcześniejszym rozpoczęciem, lecz zaburzoną wegetacją roślin. W warunkach miejskich, amplitudy temperatur maksymalnych i minimalnych są ściśle uzależnione od wielkości wolnej, nieutwardzonej powierzchni gleby wokół drzew. Na terenach otwartych natomiast rozwój pąków liściowych występuje o około 10 dni później niż w centrum, a rośliny przechodzą wszystkie fazy rozwoju fenologicznego.

Typy pogody

Zanotowane temperatury powietrza pozwalają na podział dni na typy pogody, które są określane na podstawie wartości średnich temperatur dziennych. Ogólnie w warunkach miejskich, w okresie pomiarowym od marca do grudnia, zwraca uwagę mniejsza o 40% ilość dni z temperaturą poniżej 0°C w porównaniu ze stacją IMGW. Największe natomiast różnice w zanotowanej ilości dni z danym typem pogody dotyczą zakresów wyższych od 15°C. Na terenie Poznania w przedziale od 15°C do 25°C zanoto-

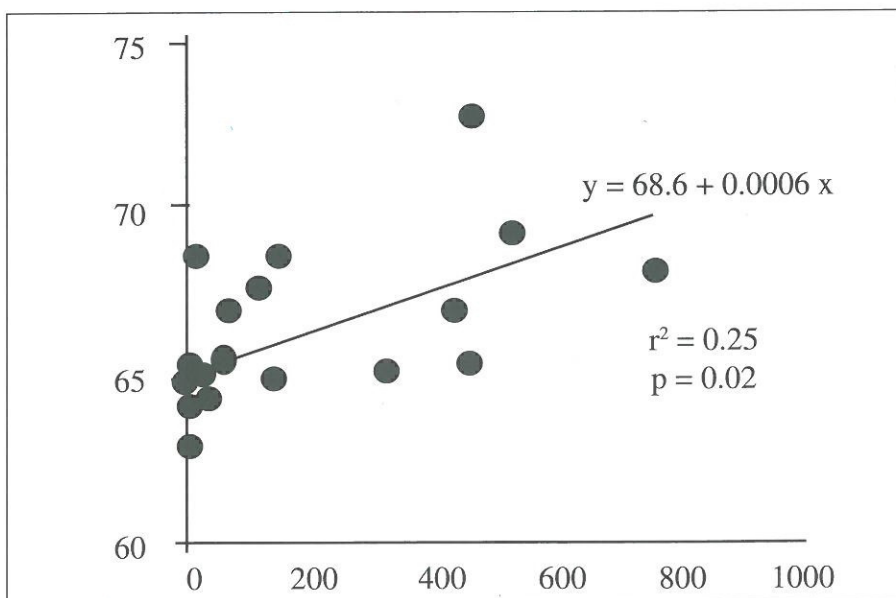
wano średnio o 10% dni więcej tego zakresu temperatur niż na stacji meteorologicznej IMGW. Jeszcze większe różnice występują w typie dni gorących, który charakteryzuje się średnimi temperaturami dobowymi 25°C. Przy jednym dniu takiej temperatury, odnotowanej na stacji IMGW, zanotowano na trzech stanowiskach aż od 10 do 12 dni z wymienionym wyżej typem pogody. Jednoczesna przewaga ilości dni zakwalifikowanych jako bardzo ciepłe i gorące świadczy o dominującym reżimie wyższych temperatur panujących na powierzchniach wewnątrz obszaru miasta.

Wilgotność względna powietrza

Na wszystkich 21 stanowiskach w Poznaniu zanotowano niższy niż na stacji meteorologicznej Poznań-Ławica, średni poziom tego elementu meteorologicznego, od marca do września włącznie. Zjawisko to obserwowano także przy wartościach maksymalnych, występujących w czasie opadów. Charakterystyczne były zwiększające się dysproporcje między wynikami ze stacji IMGW a stanowiskami w centrum miasta, w miarę zmniejszania się bezwzględnych wartości wilgotności. Jedynym wyjątkiem wśród stanowisk, i to tylko przy wilgotności przekraczającej 70 % jest stanowisko „Ogród Botaniczny”, gdzie duże powierzchnie podszytu z roślin okrywowych oraz znaczny udział rozwiniętej warstwy krzewów sprawiają, iż opady

nawilżają niewspółmiernie większą płaszczyznę poziomą, tj. powierzchnię liści, pędów, konarów. Wielopiętrowość oraz wzajemne osłanianie się roślin wymuszają przy tym turbulencje, co sprzyja dłuższemu utrzymywaniu się wilgotnych strumieni powietrza. Jednocześnie roślinność hamuje prędkość wiatru, osłabiając jego siłę ssącą w stosunku do pary wodnej. Dzięki temu większa wilgotność w warstwach przygruntowych powietrza utrzymuje się dłużej. W tym znaczeniu szerokie, nieosłonięte przestrzenie, np. szerokich ulic, sprzyjające tworzeniu się „tuneli aerodynamicznych”, będą wymuszały utratę wody, której jest niekiedy skrajny deficyt. Wskazuje to na niewaligiczną rolę wiatru (dynamicznej cechy atmosfery), w środowisku zurbanizowanym, ubogim w wilgoć.

Ponieważ w ciepłym półroczu obniżaniu się wartości względnej wilgotności powietrza towarzyszy wzrost temperatury, sumarycznie otrzymujemy obraz niekorzystnego dla roślin pogłębiania się różnic obydwu elementów meteorologicznych. Warto w tym miejscu dodać, że na stan wilgotności powietrza niewielki wpływ mają opady o charakterze nawałnym, które grawitacyjnie spływają i w minimalnym stopniu są retencjonowane. Ze zgromadzonych danych wynika, że decydujący wpływ na zmniejszanie wartości wilgotności względnej mają temperatury, szczególnie, gdy utrzymują się one powyżej 10°C. Nie koreluje to jednak z wartościami wilgotności bezwzględnej, której wzrost notowany był aż do lipca-sierpnia włącznie (rys. 1 i 2).



Rys. 3. Zależność wilgotności względnej powietrza od wielkości wolnej, nieutwardzonej powierzchni wokół drzew kasztanowca zwyczajnego (białego) na 21 stanowiskach w Poznaniu

Wydaje się, iż taki stan jest wynikiem wzrostu temperatury, która odpowiada za spadek wilgotności wyrażanej w procentach w okresie letnim, pomimo istotnego zwiększenia jej bezwzględnej zawartości, w gm^{-3} , w powietrzu.

Miasto cechuje się ubogimi, w porównaniu z terenami niezurbanizowanymi zasobami wilgoci w środowisku. Uwidacznia się to mniejszymi wartościami wilgotności powietrza, na skutek odizolowania podłoża (wokół stanowisk roślin) od wód opadowych, w promieniu nawet do kilkuset metrów. Wpływ opadów na wilgotność względną w śródmieściu uwidacznia się pod warunkiem jednoczesnego występowania: niższych zakresów temperatur z dłuższymi okresami opadów od kilku do kilkunastu dni. Może to świadczyć o istniejącej bezwładności środowiska antropogenicznego w odniesieniu do zmian elementów meteorologicznych, głównie wilgotności. Opóźniona reakcja wzrostu wilgotności powietrza po opadach świadczy o przedziale czasowym, jaki jest potrzebny do nasycenia wilgocią atmosfery na terenach intensywnej zabudowy w centrum miasta, z minimalną powierzchnią biologicznie czynną. Sam wzrost wilgotności względnej powietrza powoduje zmniejszenie jego siły ssącej w stosunku do wilgoci, wymuszającej bezproduktywne parowanie wody z powierzchni roślin. Dlatego też brak bądź spowolnienie wzrostu wilgotności powietrza po jednostkowych opadach na terenie aglomeracji należy uznać, w sytuacji kseryzmu warunków miejskich, za zjawisko niekorzystne, utrwalające deficyt wilgoci w środowisku. Wskazuje to na decydującą rolę rodzaju nawierzchni w bezpośrednim otoczeniu roślin, na zróżnicowanie omawianych elementów meteorologicznych.

Potwierdzają to dane przedstawione na rysunku 2, gdzie przedstawiono zależność wilgotności względnej powietrza od wielkości nieutwardzonej powierzchni wokół drzew. Zależność istotna statystycznie pokazuje wzrost wilgotności powietrza wraz ze zwiększaniem arealu wolnej, nieutwardzonej powierzchni gleby wokół drzew.

Niedosyt wilgotności powietrza

W okresie pomiarowym od marca do grudnia 1999 roku obserwowano wzrost niedosytu wilgotności w kolejnych miesiącach do lipca włącznie. W pełni lata zanotowano także największe

zróżnicowanie wartości ekstremalnych między poszczególnymi stanowiskami. Prowadzi to do różnic rzędu 45 hPa! Tak wysokie wartości niedosytu wilgotności powietrza notowano np. na terenach stepowo-pustynnych w rejonie Ałma-Aty!

Wyniki pomiarów wskazują, że przekroczenie progu 10°C jako średniej temperatury miesięcznej powodowało wzrost niedosytu wilgotności powietrza o ok. 100% w porównaniu z sąsiednimi, chłodniejszymi miesiącami. Zauważalne to było szczególnie w kwietniu i w maju oraz we wrześniu i w październiku. Widoczny był jednocześnie pozytywny wpływ, zwiększonej w stosunku do wielolecia częstotliwości i sum opadów w czerwcu, na zmniejszenie niedosytu wilgotności powietrza.

Ocenie wilgotności środowiska może służyć tzw. potencjalny klimatyczny bilans wodny, który jest różnicą między sumą opadów a wartością parowania potencjalnego. Wielkość parowania potencjalnego oznacza ilość wody, jaka mogłaby wyparować z danego obszaru, gdyby nie brakowało jej na parowanie, co oznacza chłonność atmosfery na parę wodną. Wartość ta np. dla Poznania wynosi około 500 mm w okresie wegetacyjnym IV–X, przy opadach na poziomie tylko 360 mm. Tak więc potencjalny deficyt wody pochodzącej z opadów w tym okresie można przeciętnie szacować na 140 mm. O istniejącym niedosycie wilgotności atmosfery świadczy więc fakt, że czynnikiem ograniczającym wartości parowania nie jest suma dostarczanej energii, lecz ilość wody, która mogłaby wyparować.

Michał Budyko podaje średnie wartości temperatur wybranych miesięcy dla 10° przedziałów kolejnych szerokości geograficznych. W lipcu, na półkuli północnej, dla przedziału 40° – 50° średnia temperatura wynosi 20°C , a dla szerokości 50° – 60° , 14°C . Wynika z tego, iż przesuując się o 10° na południe temperatura wzrasta o 6°C , czyli że na odcinku 1° ($1^{\circ} = 111,1 \text{ km}$) wzrasta o ok. $0,6^{\circ}\text{C}$, przyjmując niezmiennione warunki topograficzne. Poznań położony jest na 54° szerokości geograficznej północnej. Średnia temperatura 21 stanowisk w lipcu 1999 roku była wyższa o $1,5^{\circ}\text{C}$ od zanotowanej na stacji IMGW. W warunkach naturalnych oznaczałoby to przesunięcie obszaru o $2,5^{\circ}\text{C}$ kierunku południowym, czyli o prawie 300 kilometrów. Umysławia to skalę zaburzeń termicznych w zurbanizowanym środowisku Poznania.

Wnioski

- Uzyskane wyniki wykazały znaczne zróżnicowanie temperatury i wilgotności powietrza w obrębie szeroko rozumianego centrum Poznania.

- Wykazano istotną, dodatnią zależność między wielkością sztucznej, utwardzonej nawierzchni, a wzrostem temperatur i zmniejszeniem wilgotności powietrza. Na takich powierzchniach właściwości podłoża w szerszej skali dominowały nad modyfikacjami elementów meteorologicznych przez korony pojedynczych drzew.

- Wyższe temperatury minimalne w zabudowanym centrum miasta wskazują na istotne znaczenie obszarów zabudowanych w kształtowaniu warunków termicznych. Wypromieniowanie energii z obiektów kubaturowych w porze nocnej zmniejsza tempo wychładzania powietrza.

- W okresie pomiarowym, od marca do grudnia 1999 r., zanotowano wyższe średnie dobowe i miesięczne temperatury powietrza (także minimalne i maksymalne) na terenie Poznania, w stosunku do stacji meteorologicznej IMGW Poznań-Ławica.

- W centrum miasta od 10 marca do 10 grudnia zanotowano mniejszą wilgotność względną powietrza w porównaniu z terenem poza miejskim.

- Po wystąpieniu opadów atmosferycznych, wilgotność powietrza na terenie miasta wzrastała wolniej niż obserwowano to na stacji IMGW.

- Opady o charakterze nawałnym, w stosunku do swego natężenia, miały niewielki wpływ na wilgotność względną powietrza.

- Czynnikiem decydującym o wzroście niedosytu wilgotności powietrza były okresy z panującą średnią temperaturą dobową powyżej 10°C .

- Zmniejszeniu niedosytu wilgotności powietrza sprzyjały dłuższe, kilkudniowe okresy opadów.

- Zróżnicowanie temperatur: średnich, maksymalnych i minimalnych, średnia wilgotność powietrza (gm^{-3} , %) a także natężenie transpiracji są ściśle skorelowane z wielkością wolnej, tj. nieutwardzonej powierzchni gleby wokół drzew.

- Długość faz fenologicznych: listnienia, jesiennego przebarwienia oraz zamierania i opadania liści, były istotnie skorelowane z wysokością opadów pierwszego półrocza.

Literatura dostępna u autorów

Prof. dr hab Jacek Oleksyn – Instytut Dendrologii PAN w Kórniku;
Dr Szymon Łukasiewicz – Ogród Botaniczny UAM w Poznaniu.