

Urszula Kossowska-Cezak

**WPLYW ROZWOJU TERYTORIALNEGO WARSZAWY
NA WARUNKI TERMICZNE**

**EFFECT OF WARSAW AREA DEVELOPMENT
ON TEMPERATURE RECONDITIONS**

W pracy omówiono zmiany różnic temperatury pomiędzy centrum Warszawy i południowo-zachodnim krańcem miasta w okresie ostatnich 63 lat (1933–1995). Średnia wartość Δt wynosi 0,37 deg i wzrastała o około 0,01 deg/5 lat. Najniższą wartość Δt (0,22 deg) notowano w latach 1945–1955, co było spowodowane zniszczeniami miasta w okresie wojny (1944). Najwyższa wartość Δt (0,67 deg) przypadająca na lata 1963–1965 jest efektem przewagi cyrkulacji atmosferycznej z sektora południowo-zachodniego.

WSTĘP

Systematyczne pomiary temperatury powietrza przy Obserwatorium Astronomicznym w Warszawie podjęto pod koniec roku 1825 i są prowadzone do dziś. W początkach swego istnienia Obserwatorium znajdowało się poza miastem i jeszcze 90 lat później W. Gorczyński na podstawie porównania danych z tej stacji i ze stacji przy Muzeum Przemysłu i Rolnictwa przy Krakowskim Przedmieściu stwierdził, że temperatura w mieście jest średnio o 1,5 deg w lecie i o 0,5 deg w zimie wyższa niż poza nim (G o r c z y ń s k i, K o s i ń s k a 1916). Miasto jednak ulegało stałemu rozwojowi i z czasem Obserwatorium Astronomiczne znalazło się w śródmieściu, otoczone zwartą zabudową, aczkolwiek w obrębie znacznego kompleksu zieleni Ogrodu Botanicznego, Łazienek i parku Ujazdowskiego.

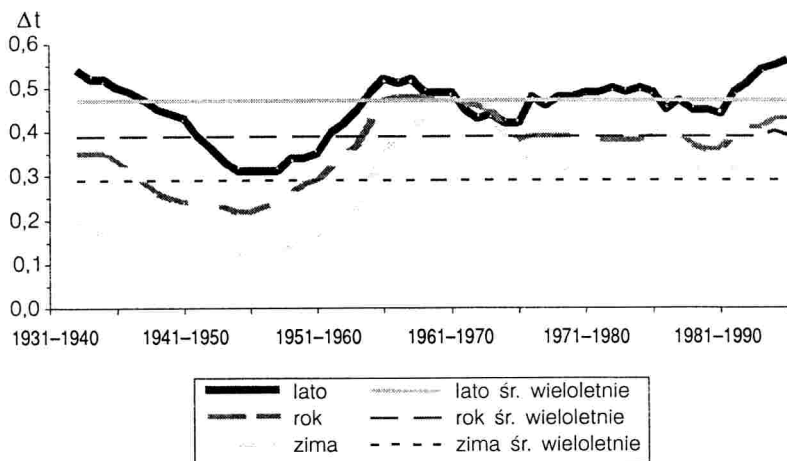
Jesienią 1932 r. została uruchomiona stacja meteorologiczna na lotnisku Okęcie – na odległych peryferiach południowo-zachodnich, z dala od zabudowy. Chociaż miasto w miarę rozwoju zbliża się swymi krańcami do lotniska, to stacja nadal znajduje się w otwartej przestrzeni i pod wieloma względami odznacza się cechami klimatu właściwymi obszarom pozamiejskim.

Istnienie ponad 60-letniej serii pomiarowej z obu tych stacji może stanowić podstawę do podjęcia próby określenia wpływu rozwoju terytorialnego Warszawy na wielkość różnicy temperatury między śródmieściem i peryferiami.

WYNIKI

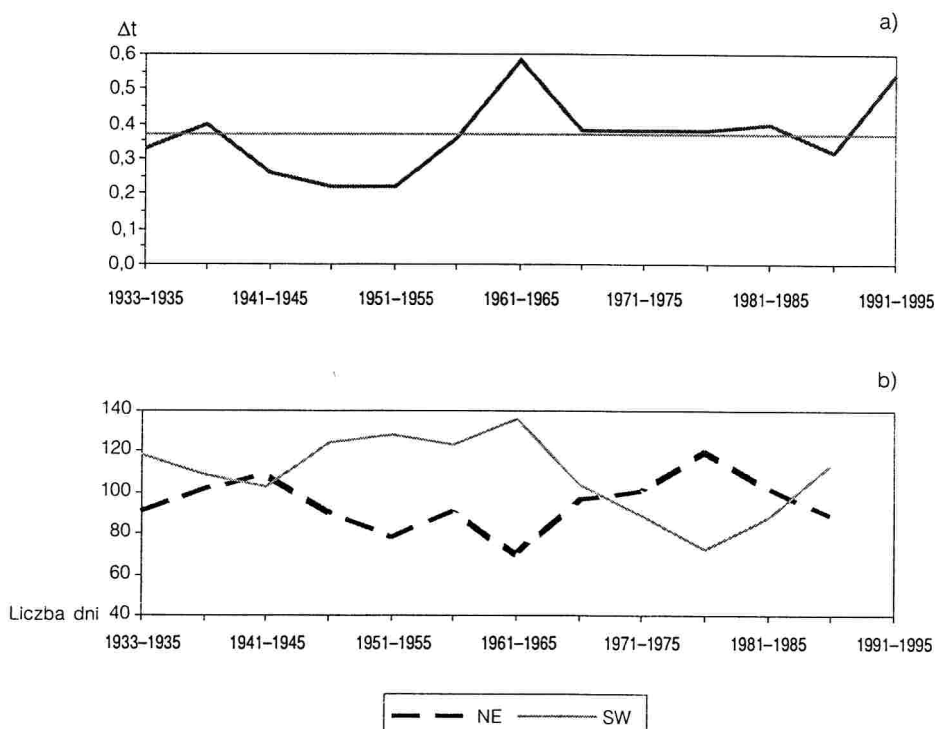
Średnia różnica temperatury między Obserwatorium i Okęciem (Δt) w okresie 1933–1995 wyniosła 0,37 deg; zmienia się od 0,20 deg w listopadzie do 0,51 deg w lipcu. W poszczególnych porach roku ta różnica wynosi: od 0,25 deg w zimie i 0,29 deg jesienią do 0,42 deg na wiosnę i 0,47 deg latem. Analiza zmian Δt sezonowych i w pojedynczych miesiącach od 1933 do 1995 r. wykazała duże podobieństwo: najmniejsze wartości w latach czterdziestych i pierwszej połowie pięćdziesiątych, największe zaś w pierwszej połowie lat sześćdziesiątych i ponownie tylko niewiele mniejsze w latach dziewięćdziesiątych, po okresie różnic zbliżonych do wartości średnich z całego wielolecia (rys. 1).

Podobieństwo przebiegu tych różnic w 63-leciu (przy wyrażeniu różnicowanej ich wielkości) każe przypuszczać, że charakter tego przebiegu jest uzależniony od czynników nie wykazujących zmian sezonowych. Stało się to podstawą do ograniczenia dalszej analizy do wartości średnich rocznych (rys. 2a).



Rys. 1. Różnice temperatury między Obserwatorium Astronomicznym i Okęciem w okresie 1933–1995 (średnie konsekwentne 10-letnie)

Fig. 1. The differences of air temperature between Astronomical Observatory and Okęcie in the period 1933–1995 (10-years running means)



Rys. 2. Przebieg wartości średnich 5-letnich (a) różnic temperatury między Obserwatorium Astronomicznym i Okęciem Δt (1933–1995) oraz (b) liczby dni z cyrkulacją atmosferyczną z sektora SW i NE (1933–1990)

Fig. 2. Run of mean 5-year values of (a) the air temperature differences between Astronomical Observatory and Okęcie Δt (1933–1995) and (b) number of days with atmospheric circulation from SW and NE sectors (1933–1990)

Średnia roczna różnica temperatury między stacjami: Obserwatorium Astronomiczne i Okęcie Δt wyniosła 0,27 deg i zmieniała się od 0,22 deg w latach 1945–1955 (w tym 0,20 deg od 1945 do 1948 r.) do 0,67 deg w latach 1963–1965 (w tym 0,70 deg w 1964 i 1965 r.). Mimo wyraźnych okresów zmniejszania się i powiększania Δt , zaznaczyła się słaba (na granicy istotności statystycznej) tendencja wzrostowa, wynosząca około 0,01 deg na 5 lat. Tendencję tę bez wątpienia należy przypisać powiększeniu obszaru zabudowy miejskiej, a także zmianom w najbliższym otoczeniu stacji Warszawa-Obserwatorium Astronomiczne. Stacja ta znajduje się na terenie Ogrodu Botanicznego UW, gdzie przed kilku laty wzniesiono pawilon odległy od klatki meteorologicznej zaledwie o kilka metrów. Rozrosły się

także sąsiednie drzewa, tak że klatka znajduje się na polance o średnicy kilku metrów, co wraz z bliskością pawilonu sprzyja utrzymywaniu się względnie wyższej temperatury niż w otwartej przestrzeni. Te czynniki lokalne mogą w ostatnich latach wywierać większy wpływ na warunki termiczne w otoczeniu stacji niż rozwój miasta jako całości.

Na tle ogólnej tendencji wzrostowej zwraca uwagę silne zmniejszenie się badanej różnicy Δt w okresie od 1940 do 1957 r., kiedy to w żadnym roku nie przekroczyła 0,3 deg. Przyczyną tego jest bez wątpienia zniszczenie miasta podczas działań wojennych, a szczególnie podczas powstania warszawskiego 1944 r., kiedy to była zburzona i wypalona cała śródmiejaska część miasta, w tym całkowicie zburzonych było 42% budynków w Warszawie. Dopiero w drugiej połowie lat pięćdziesiątych, kiedy już została odbudowana znaczna część śródmieścia, wielkość różnicy temperatury między Obserwatorium i Okęciem wróciła do poziomu z lat przed wojną.

W dalszym przebiegu Δt zwraca uwagę silny jej wzrost na początku lat sześćdziesiątych, aż do wartości najwyższych w całym 63-leciu, a następnie spadek i utrzymywanie się jej na zbliżonym średnim poziomie przez około 20 lat, mimo iż znaczny rozwój miasta w tym czasie nakazywałby oczekiwać jej wzrostu. Przyczyn takiego przebiegu Δt należy poszukiwać w zmianach charakteru cyrkulacji atmosferycznej w tym okresie.

Badania miejskiej wyspy ciepła w Warszawie (Kossowska 1973; Wawer 1995, 1997) wykazały, że wyspa ta zmienia w pewnym stopniu swoje położenie w zależności od kierunku wiatru. Przy przeważających w Warszawie wiatrach południowo-zachodnich, przy których Okęcie znajduje się po stronie dowietrznej miasta, wyspa ciepła jest oddalona od Okęcia i różnica temperatury między śródmieściem i Okęciem zaznacza się wyraźnie, w niektórych dniach sięgając nawet blisko 10 deg. Przy wiatrach z sektora przeciwnego wyspa ciepła ulega przesunięciu na południo-zachód i może wówczas swym skrajem objąć Okęcie, co przejawia się w zmniejszeniu lub nawet zaniku różnicy temperatury.

W celu zbadania zależności Δt od kierunku ruchu powietrza – z powodu braku danych dotyczących kierunku wiatru – posłużono się typami cyrkulacji atmosferycznej (wg Osuchowskiej-Klein 1978, 1991). Badania (Kossowska-Cezak, Nurzyńska – w tym tomie) wykazały, że średnie kierunki wiatru na Okęciu – odpowiadające poszczególnym typom cyrkulacji – są przeważnie przesunięte lewoskrętnie o około 20° w przypadku sektora południowego i zachodniego oraz o około 40° w przypadku sektora północnego. Można zatem przyjąć, że na kształtowanie się wielkości Δt mają wpływ typy cyrkulacji: północno-wschodni antycyklonalny (E) i północno-wschodni oraz wschodni cyklonalny (E_0) – jako prowadzące do zmniejszania

Δt , ponadto antycyklonalne zachodni (C_2D) i południowo-zachodni oraz południowy (D_2C), tudzież cyklonalne zachodni (A) i południowo-zachodni (D) – jako sprzyjające wzrostowi Δt .

Ponieważ opublikowane katalogi typów cyrkulacji (Osuchowska-Klein 1978, 1991) obejmują okres tylko do roku 1990, analizą objęto okres 58-lecia – 1933–1990. W tym okresie średnia liczba dni z wymienionymi typami cyrkulacji wyniosła: z sektora NE 95 dni (typ E 56 dni i E_0 39 dni), a z sektora SW 109 dni (typ C_2D 39,5 dnia, D_2C 14 dni, A 28,5 dnia, D 27 dni), zatem średnia różnica między liczbą dni z cyrkulacją sprzyjającą znaczniejszej wartości Δt (tzn. z sektora SW) a niesprzyjającą (tzn. z sektora NE) wyniosła 14. W poszczególnych okresach badanego wielolecia udział tych dwóch grup typów cyrkulacji ulegał jednak bardzo dużym zmianom: w 5-leciu 1961–1965 typy z sektora SW występowały średnio aż podczas 136 dni w roku, a z sektora przeciwnego tylko podczas 70 dni (różnica 66 dni), a w 5-leciu 1976–1980 odpowiednio podczas 72 i 120 dni (różnica – 48 dni) (rys. 2b). Badanie zależności wartości Δt od różnicy liczby dni z cyrkulacją z sektora SW i NE w kolejnych latach dało jednak wynik negatywny, wyrażający się wskaźnikiem korelacji bliskim zeru ($r = 0,04$). Wynik taki wyraźnie wskazuje, że natężenie miejskiej wyspy ciepła w Warszawie w badanym wieloleciu było zdominowane przez oddziaływanie innych czynników niż charakter cyrkulacji, przede wszystkim przez zniszczenie i ponowny rozwój miasta.

Rola czynników cyrkulacyjnych w kształtowaniu się badanej różnicy temperatury Δt daje się jednak wyraźnie zauważyć w krótszym powojennym okresie 20-lecia 1961–1980, kiedy miasto było już odbudowane z największych zniszczeń i stopniowo się rozwijało, a udział typów cyrkulacji z sektorów SW i NE ulegał skrajnym w całym tym okresie zmianom. Ich średni udział w tym 20-leciu wynosił 100 i 97 dni (różnica 3 dni, C_2D 38 dni, D_2C 12,5 dnia, A 25 dni, D 24,5 dnia i E 61 dni, E_0 36 dni), ale w roku 1961 wynosił odpowiednio 162 i 38 dni (różnica 124 dni), a w 1976 r. 55 i 147 dni (różnica 92 dni).

Związek wielkości różnicy temperatury między Obserwatorium i Okęciem Δt z różnicą liczby dni z cyrkulacją z sektora SW i NE (ld_{SW-NE}) okazał się istotny na poziomie 5% i wyraził się współczynnikiem korelacji $r = 0,35$; powiększeniu się różnicy ld_{SW-NE} o 25 dni odpowiada wzrost różnicy temperatury Δt o 0,02 deg. Na podstawie uzyskanego równania regresji ($\Delta t = 0,0008 ld_{SW-NE} + 0,428$) można wyznaczyć, że gdyby różnica temperatury między Obserwatorium a Okęciem zależała wyłącznie od częstości cyrkulacji z sektorów SW i NE, to w roku z wyłącznym udziałem tej pierwszej Δt wynosiłaby 0,72 deg, drugiej zaś tylko 0,14 deg. Uzyskany wynik daje właściwy pogląd na zmiany Δt po roku 1960: największe jej wartości

w okresie silnej przewagi cyrkulacji z sektora SW w latach 1961–1965 ($ld_{SW-NE} = 66$ dni, $\Delta t = 0,58$ deg), a następnie spadek i utrzymywanie się – mimo rozwoju miasta – na zbliżonym poziomie (0,38–0,40 deg) w latach stopniowej zmiany charakteru cyrkulacji: zmniejszania się udziału cyrkulacji SW i zwiększania udziału cyrkulacji NE.

WNIOSKI

Przedstawiona analiza przebiegu różnic temperatury między śródmieściem Warszawy i jej peryferiami wskazuje, że kształtowanie się miejskiej wyspy ciepła, która przejawia się tą różnicą, jest uwarunkowane licznymi czynnikami. Jest ona przede wszystkim kształtowana przez rozwój terytorialny miasta i charakter zabudowy. Dopiero wtedy, gdy czynniki te są względnie stałe, dochodzą do głosu czynniki natury meteorologicznej, takie jak przeważający kierunek ruchu powietrza, a także inne, które nie były tu rozpatrywane.

Z analizy tej wynika też wniosek, że wyniki dotyczące miejskiej wyspy ciepła, uzyskane z porównania danych z niewielu, a zwłaszcza tylko z dwóch stacji – miejskiej i pozamiejskiej – mogą dać wynik zupełnie przypadkowy, w zależności od położenia tej drugiej w stosunku do zabudowy i charakteru cyrkulacji w okresie badań. Wyniki takich badań odnoszą się tylko do konkretnej sytuacji i nie mogą być podstawą do uogólnień.

LITERATURA

- Gorczyński W., Kosińska S., 1916, *O temperaturze powietrza w Polsce*, Pam. Fizjograf., t. 23
- Kossowska U., 1973, *Osobliwości klimatu wielkomiejskiego na przykładzie Warszawy*, Pr. Stud. IGUW, nr 12, Klimatol., z. 7
- Kossowska-Cezak U., Nurzyńska M., 1998, *Zależność warunków wiatrowych w Warszawie od typów cyrkulacji atmosferycznej* (w tym tomie)
- Osuchowska-Klein B., 1978, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej*, WKiŁ, Warszawa
- Osuchowska-Klein B., 1991, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej (1976–1990)*, IMGW, Warszawa
- Wawer J., 1995, *Wpływ warunków pogodowych na intensywność miejskiej wyspy ciepła w Warszawie*, [w:] *Klimat i bioklimat miast*, red. K. Kłysik, Wyd. UŁ, Łódź
- Wawer J., 1997, *Miejska wyspa ciepła w Warszawie*, Pr. Stud. Geogr., t. 20, Warszawa

SUMMARY

In the paper changes of temperature differences between city centre of Warsaw and south-western peripheries during last 63 years (1933–1995) have been considered. Mean value Δt was 0.37 deg and increased about 0.01 deg per 5 years. The lowest Δt (0.22 deg) was in 1945–1955. It was caused by destruction of the city during the war (1944). The highest Δt (0.67 deg) was in 1963–1965. This was caused by prevailing of atmospheric circulation from south-western sector.